CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Investigation of Usage of Red Beetroot and Black Carrot Extracts in Emulsifying Meat Products

Ö.P. Can[1], E. Hastaoğlu[1], H. Vural[2], A.S. Özmen[1]*

[1] Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[2] Hacettepe University, Ankara, Turkey

Abstract

Consumer concerns about artificial colorants used in meat products and the many side effects of these colorants on health have led to searches for the use of natural colorants in meat products. Owing to the powerful phenolic compounds contained in red beetroots and black carrot, it has found use in many industrial and domestic food products. Even though natural colorants are used in meat products, natural colorants in heat-treated meat products like salami are not preferred because they do not have thermal stability.

In this study, red beetroot and black carrot extracts were used to investigate the possibilities of salami production as an emulsifying meat product. Instead of carmine (0.016%) used as a colorant in emulsified meat products, powdered red beetroot and black carrot extracts were added in two different batches (0.5 and 1.0%) in salami dough and heat treatment (70^0C) was applied. Instrumental colour (L, a*, b*) and sensory analysis of the samples were performed.*

When the results were evaluated, L (lightness-darkness) values (54.82-57.45) were found to be close to each other in salami samples using natural extract instead of carmine. The a* (red-green) value of sample which included carmine was 19.27 and the sample included %1 red beetroot extract (20.02) closest to this. The a * values of the samples containing 0.5% and 1 beetroot extract were 9.20 and 9.32, respectively. The highest value among b * (yellow-blue) values was determined as the sample containing 0.5% red beetroot extract and the lowest value was determined as the sample containing 1% black carrot extract. According to sensory analysis, the best-liked sample has been the sample containing 1% red beetroot. It can be said that it is possible to use red beetroot as a colorant in the production of salami.*

Keywords: Chicken sausage, essential oils, antioxidant, shelf life, emulsified meat

1. GİRİŞ

Renk, gıdaların en etkileyici özelliklerinden biri olup, tüketici tercihini doğrudan belirlemektedir. Doğal gıdalar kendi renk yoğunluklarına sahip olmakla birlikte, ürünlerin rengi depolama koşulları, üretim metotları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bundan dolayı renklendirici gıda katkıları istenilme-yen renk özelliklerini maskeleme ve cazip renk verme bakımından önem taşımaktadırlar [1]. Tüketicilerin sentetik renklendiricilerin zararlı etkilerinin bulunduğuna ve doğal olanların daha güvenli olduğuna dair algısı nedeniyle doğal gıda renklendiricilerinin tüm Dünya'daki popülaritesi art-maktadır. Günümüzde gıdaların pazarlanmasında "doğal" kelimesi ekonomik bir önem taşımakta, tüketiciye sağlıklı olma kavramını çağrıştırmaktadır [2].

Tüketicilerin doğal katkılı ürün beklentilerini karşılayabilmek, daha sağlıklı ve aynı zamanda renk, lezzet, doku özellikleri geliştirilmiş yeni ürünler üretebilmek amaçlarıyla et ürünlerinin formülasyonlarında çeşitli düzenlemeler yapılmaktadır [3].

* *Corresponding author. Tel.: +90 346-219-1010/4977.*
E-mail address: ehastaoglu@cumhuriyet.edu.tr (E. Hastaoğlu).

Et ürünlerinin rengi çoğu zaman tüketicilerin göz zevkine hitap etmek zorundadır. Renk özellikleri, tat, koku ve yapı gibi diğer organoleptik özelliklerin belirlenmesini de etkilemektedir. Özellikle yüksek verimle çalışılan jambon, sosis ve salam gibi et ürünlerinde hemoglobin ve miyoglobin eksikliğinden dolayı renk kayıpları ortaya çıkmaktadır. Nitrit ve hemoglobin tarafından oluşturulan pembe kürleme rengi karmin ile desteklenmektedir. Karminin et ürünlerinde kullanılmasının ve belki de vazgeçilememesinin bir diğer nedeni de karminin pH ve sıcaklık gibi proses parametrelerindeki değişimlere karşı stabil olması ve ışık karşısında bozulmadan kalabilen tek doğal renklendirici olmasından kaynaklanmaktadır. Saf haldeki karmin suda çözünmez ancak daha önce de bahsedildiği gibi sodyum bikarbonat benzeri alkaliler ile işleme sokulduktan sonra gıda sanayiinde kullanılabilir [4]

Havuç, karotenler, antosiyaninler gibi sağlığı geliştirici bileşiklerin değerli bir kaynağıdır [5]. Turuncu havuç ana tür olmasına rağmen, turuncu havuçlardan daha yaşlı olan mor veya siyah havuçlar, batı ülkelerinde hala iyi bilinmemektedir. Kara havuç, Türkiye'de, Afganistan'da, Mısır'da ve Uzak Doğu'da geleneksel olarak yetiştiriliyor ve tüketiliyor [6]. Son zamanlarda, siyah ya da mor havuçlar, sentetik renklendiriciler için yasal kısıtlamalar ve doğal olanlar için artan tüketici talebi nedeniyle, doğal gıda renklendiricilerinin kaynağı olarak artan ilgiye sahip olmuştur [5]. Yüksek düzeyde antosiyaninlerden dolayı, çekici bir mavimsi-mor renge sahiptirler ve yüksek ısı, ışık ve pH stabilitesine sahip oldukları için doğal bir gıda renklendirici olarak kullanılabilirler [7]. Siyah havuç çeşitlerinin antosiyanin içeriğinin 1750 mg/kg olduğu bildirilmiştir [8] Siyah havuçların ana aktif bileşenleri siyanidin bazlı pigmentlerdir ve siyah havuçların antosiyanin profili birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır [5]. Et ve et ürünlerinde, sentetik antioksidanlar ve renklendiricilerin doğal olanlarla değiştirilmesinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için, araştırmalar biberiye ekstraktı, nar suyu, nar tozu, yeşil çay ekstraktı ve portakal lifi gibi bitki bazlı maddelerin antioksidan etkilerine ve renk özelliklerine odaklanmıştır. Sonuçlar, bu katkı maddelerinin, katkı maddeleri olmadan hazırlanan örneklere göre daha yüksek serbest radikal temizleme aktivitesi, düşük TBARS değerleri ve kalıntı nitrit seviyeleri, daha kabul edilebilir doku, renk, koku ve tat özellikleri gösterdiklerini göstermiştir [9]–[13].

Kırmızı pancar fenolik bileşikler ve betalain içeriğinden dolayı antioksidan ve doğal renklendirici kaynağıdır [14], [15]. Betalain suda çözünebilen nitrojen içeren pigmendir ve betayaninler ve betaksantin iki alt grubunu oluşturur [16], [17]. Betain, gıdalara kırmızı renk vermesi amacıyla sık kullanılan antosiyanine göre pH değişimine karşı daha stabildir [8], [18], [19]. Birçok çalışma kırmızı pancar betalain ve fenolik bileşiklerin analizi, saflaştırma ve ekstraksiyonu üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak gıda işleme kırmızı pancar uygulamaları üzerine az çalışma bulunmaktadır [20], [21].

Et ürünlerinde renk, görsel kalitesinin sağlanması için önemli bir kriter olduğundan doğal kaynaklı birçok renk maddesi üzerine araştırma yapılmıştır. Nitrosohemokromojen, salam gibi et ürünlerinde nitrit sayesinde oluşan pembe renkli ve arzu edilen renk bileşiğidir. Ekici ve ark. (2015), nitriti azaltılmış Türk tipi sucuğuna %2 kara havuç konsantresi ekleyerek ürün renginde çok olumlu sonuçlar elde etmiş ve üründe duyusal değişiklik oluşturmadan arzu edilen rengi sağlamışlardır. Jin ve ark. (2014), güçlü fenolik bileşen içeriğinden dolayı kırmızı pancar ekstraktını (%1 oranında) nitriti azaltılmış emüsifiye domuz sosisinde doğal renklendirici olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada, sosis üretiminde %4 oranında kırmızı pancar tozu kullanılmış ve kırmızı pancar tozunun doğal bir renk maddesi ve antioksidan olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir [3].

Bu amaçla, emülsifiye et ürünlerinde renklendirici olarak kullanılan karmin yerine toz haldeki kırmızı pancar ve kara havuç ekstraktları farklı konsantrasyonlarda salama eklenerek üretim gerçekleştirilmiştir. Örneklerin enstrümantal renk (L^*, a^*, b^*) ve duyusal analizleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Örneklerin hazırlanmasında hammadde olarak dana kaburga eti (Yıldız Et, Sivas) ve koyun kuyruk yağı (Yıldız Et, Sivas) kullanılmıştır. Yardımcı maddeler olan baharat karışımı, nişasta, soya, nitritli tuz (%0,6), karmin ve tütsü aroması ise Kutluer Gıda (İstanbul)'dan temin edilmiştir. Gerekli olan kırmızı pancar kökü tozu ve kara havuç tozu sertifikalı olarak satın alınmıştır (TGS, İstanbul).

2.2. Yöntem

Çalışmadaki deneysel örnekler Sivas'ta bir et işletmesinde (Yıldız Et, Sivas) hazırlanmıştır. Örneklerin üretilmesinde, işletmenin salam üretiminde kullandığı mevcut yöntem kullanılmıştır. Salam hamuru, donuk orta yağlı (%40 yağlı) dana kaburga eti (% 65), koyun kuyruk yağı (% 10), buz (%15), baharat karışımı (%2), nişasta (%5), soya (%2,5), tuz (% 1,7), tütsü aroması (% 0,1) ile hazırlanmıştır. Çalışmaya göre 5 kg hamur hazırlanmış ve 5'e bölünmüştür. 1'er kilogramlık 5 farklı örnek hamuru (K, H1, H2, P1, P2) oluşturulmuştur.

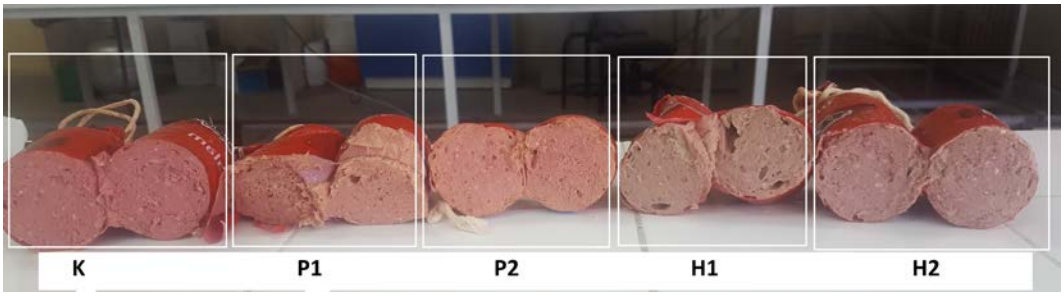
Kontrol örneği (K) karmin (% 0,02), P1 ve P2 kodlu örnekler sırasıyla %0,5 (w/w) ve %1 (w/w) oranlarında kırmızı pancar kökü tozu, H1 ve H2 kodlu örnekler sırasıyla %0,5 (w/w) ve %1 (w/w) oranlarında kara havuç tozu içermektedir.

Elde edilen hamur halindeki örnekler, kuterde hamur sıcaklığının 10^0C'yi geçmeyecek şekilde homojenize edilerek salam hamuru 38 Q kalibre plastik kılıflara doldurulmuş ve hızlıca iç sıcaklığı 70^0C olacak şekilde yaklaşık 75 dakika otomatik fırında ısıl işlem uygulanmıştır. Örnekler fırından çıkarıldıktan sonra hızla soğutulmuştur.

Örneklerin enstrümental renk ölçümleri Minolta Spektrophotometer CM-3600d cihazıyla Hunter renk skalası baz alınarak *L**, *a** ve *b** değerleri tespit edilmiştir [24].

Duyusal analiz 8 eğitimli panelist tarafından alüminyum tepsilerde gerçekleştirilmiştir. Panelistler ISO standartlarına göre seçilmiştir [25]. Panelistler tarafından örneklerin renk, görünüş, koku, gevreklik, lezzet ve genel beğeni düzeyleri hedonik tip skala ile 1'den 5'e kadar puanlama yolu ile yapılmıştır [26].

3. SONUÇ



Şekil 1. Farklı konsantrasyonlarda renklendiriciler kullanılarak üretilen salamı örnekleri

Örneklerin enstrümental renk analizi verileri arasında en yüksek *L** değeri H1 grubunda olup, en düşük ise H2 örneğinde olduğu belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre kırmızılık değerleri (*a**) arasında en kırmızı olan örnek kontrol grubunda olduğu ve ona en yakın örnek %1 oranında kırmızı pancar tozu içeren örnek olduğu görülmüştür. P1 örneği en yüksek *b** değerine, H1 örneği ise en düşük *b** değerine sahiptir (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı konsantrasyonlarda renklendiriciler kullanılarak üretilen salamı örneklerinin enstrümental renk analizi değerleri

Gruplar	***L****	***a****	***b****
K	55,84	20,02	13,89
P1	55,49	15,98	14,59
P2	56,91	19,27	10,21
H1	57,45	9,20	9,64
H2	54,82	9,32	12,72

Duyusal analizi yapılan örnekler arasında kontrol örneğinden sonra en kabul edilebilir bulunan örnek %1 oranında pancar kökü kırmızı içeren örnek olmuştur. Özellikle renk ve genel beğeni kriterleri açısından en az kabul edilebilir bulunan örnek %0,5 oranında kara havuç tozu içeren örnek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2. Farklı konsantrasyonlarda renklendiriciler kullanılarak üretilen salamı örneklerinin duyusal değerleri

Örnekler	Renk	Görünüş	Koku	Gevreklik	Lezzet	Genel Beğeni
K	4,5	4,2	4,4	3,9	4,7	4,4
P1	3,9	3,7	4,5	3,8	4,3	4,2
P2	4,2	3,9	4,2	3,8	4,3	4,3
H1	2,8	3,2	4,3	3,7	4,2	3,8
H2	3,4	3,5	4,1	3,6	4,1	3,7

Örnekler arasındaki farklar hem duyusal hem de enstrümental (*L**, *a**, *b**) olarak değerlendirilmiştir. Verilere göre %1 oranında kırmızı pancar kökü tozu içeren örnek hem duyusal hem de analitik olarak kontrol örneğine en yakın bulunmuştur.

Emülsifiye et ürünlerinde karmin yerine kırmızı pancar kökü tozunun, kara havuç tozuna göre daha iyi bir ikame olduğu ve karmin %1 oranında kırmızı pancar kökü tozu kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] N. Laokuldilok, P. Thakeow, P. Kopermsub, and N. Utama-Ang, "Optimisation of microencapsulation of turmeric extract for masking flavour," *Food Chem.*, vol. 194, pp. 695–704, 2015.

[2] N. Martins, C. L. Roriz, P. Morales, L. Barros, and I. C. F. R. Ferreira, "Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 52. pp. 1–15, 2016.

[3] G. Y. Turp, H. Kazan, and H. Ünübol, "Sosis Üretiminde Doğal Renk Maddesi ve Antioksidan Olarak Kırmızı Pancar Tozu Kullanımı The Usage of Red Beet Powder as Natural Colorant and Antioxidant in," vol. 12, no. 2, pp. 303–311, 2016.

[4] Hoogenkamp Henk, *Soy Protein & Meat Formulations*. USA: Dupont Business, 2001.

[5] D. Kammerer, R. Carle, and A. Schieber, "Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (Daucus carota ssp. sativus var. atrorubens Alef.) and evaluation of their color properties," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 219, no. 5, pp. 479–486, Oct. 2004.

[6] V. E. Rubatzky, C. F. Quiros, and P. W. Simon, *Carrots and related vegetable Umbelliferae*. Wallingford: CABI Publishing, 1999.

[7] A. Kırca, M. Özkan, and B. Cemerog˘lu, "Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars," *Food Chem.*, vol. 97, no. 4, pp. 598–605, Aug. 2006.

[8] G. Mazza and E. Miniati:, "Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains.," *CRC Press. Boca Raton, FL.*, vol. 26, p. 57, 1993.

[9] H. Bozkurt and M. Bayram, "Colour and textural attributes of sucuk during ripening," *Meat Sci.*, vol. 73, no. 2, pp. 344–350, Jun. 2006.

[10] S. K. Devatkal, K. Narsaiah, and A. Borah, "Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties," *Meat Sci.*, vol. 85, no. 1, pp. 155–159, 2010.

[11] S. K. Devatkal and B. M. Naveena, "Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage," *Meat Sci.*, vol. 85, no. 2, pp. 306–311, 2010.

[12] R. T. Nassu, L. A. G. Gonçalves, M. A. A. P. Da Silva, and F. J. Beserra, "Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant," *Meat Sci.*, vol. 63, no. 1, pp. 43–49, 2003.

[13] B. Yalinkiliç, G. Kaban, and M. Kaya, "The effects of different levels of orange fiber and fat on microbiological, physical, chemical and sensorial properties of sucuk," *Food Microbiol.*, vol. 29, no. 2, pp. 255–259, 2012.

[14] P. Mattila and J. Hellström, "Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 20, no. 3–4, pp. 152–160, 2007.

[15] K. Ravichandran, A. R. Ahmed, D. Knorr, and I. Smetanska, "The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet," *Food Res. Int.*, vol. 48, no. 1, pp. 16–20, 2012.

[16] F. Delgado-Vargas, A. R. Jiménez, O. Paredes-López, and F. J. Francis, "Natural pigments: Carotenoids,

anthocyanins, and betalains - Characteristics, biosynthesis, processing, and stability," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 40, no. 3, pp. 173–289, 2000.

[17] F. C. Stintzing and R. Carle, "Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 15, no. 1. pp. 19–38, 2004.

[18] E. Alexandra Pazmio-Durán, M. M. Giusti, R. E. Wrolstad, and M. B. Glória, "Anthocyanins from banana bracts (Musa X paradisiaca) as potential food colorants," *Food Chem.*, vol. 73, no. 3, pp. 327–332, 2001.

[19] K. Roy, S. Gullapalli, U. R. Chaudhuri, and R. Chakraborty, "The use of a natural colorant based on betalain in the manufacture of sweet products in India," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 39, no. 10, pp. 1087–1091, 2004.

[20] J. H. Lee and K. B. Chin, "Evaluation of antioxidant activities of red beet extracts, and physicochemical and microbial changes of ground pork patties containing red beet extracts during refrigerated storage," *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, vol. 32, no. 4, pp. 497–503, 2012.

[21] L. Martínez, I. Cilla, J. A. Beltran, and P. Roncalés, "Combined effect of modified atmosphere packaging and addition of rosemary (Rosmarinus officinalis), ascorbic acid, red beet root (Beta vulgaris), and sodium lactate and their mixtures on the stability of fresh pork sausages," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 54, no. 13, pp. 4674–4680, 2006.

[22] L. Ekici *et al.*, "Effects of black carrot concentrate on some physicochemical, textural, bioactive, aroma and sensory properties of sucuk, a traditional Turkish dry-fermented sausage," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 62, no. 1, pp. 718–726, 2015.

[23] S. K. Jin, J. S. Choi, S. S. Moon, J. Y. Jeong, and G. D. Kim, "The assessment of red beet as a natural colorant, and evaluation of quality properties of emulsified pork sausage containing red beet powder during cold storage," *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, vol. 34, no. 4, pp. 472–481, 2014.

[24] K. Candogan and N. Kolsarici, "Storage stability of low-fat beef frankfurters formulated with carrageenan or carrageenan with pectin," *Meat Sci.*, vol. 64, no. 2, pp. 207–214, 2003.

[25] BSI, "BS EN ISO 8586:2014 Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors," *Br. Stand. Inst.*, p. 40, 2013.

[26] Ü. Kurtcan and M. Gönül, "Gıdaların duyusal değerlendirilmesinde puanlama metodu," *Ege Univ. Mühendislik Fakültesi Derg.*, vol. 5, pp. 137–146, 1987.

[27] C. Varlık, M. Uğur, N. Gökoğlu, and H. Gün, *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*. Ankara: Ayrıntı Matbaa, 1993.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Study on the Comparison of Turkish Islamic Architectural Lighting Properties with Modern Architectural Lighting: Suleymaniye Mosque

A.Demirci[1], O.Akar[2], U.K. Terzi[3]*

[1]Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, Türkiye
[2]İstanbul Gedik Üniversitesi, Mekatronik Programı, 34700, İstanbul, Türkiye
[3]Marmara Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, 34722, İstanbul, Türkiye

Abstract

Architectural sustainability is becoming increasingly important due to the ever-decreasing energy resources, increased energy costs and environmental disruptive effects. The concept of sustainability is an important architectural lighting design that has a golden effect. Architectural Lighting designs are made while natural and artificial lighting devices are utilized in order to meet the physiological and psychological needs of living things. While natural and artificial lighting devices and architectural designs are being implemented, economic energy optimization must be realized without sacrificing quality and we need to show architectural designs that sustainable energy, environment and life are living by minimizing the environmental disturbance effects of our light design devices. In this study, the illumination and aesthetic characteristics underlying the success of the Suleymaniye Mosque, which was made by Mimar Sinan, one of the most important architects and engineers of the Turkish Islamic historical architecture known for his past day-to-day works. Turkish Islamic illumination was examined in terms of quantity and quality compared with the modern architecture of today's world and the period architecture made in terms of design techniques.

Keywords: Suleymaniye mosque, Lighting, Sustainable architecture.

1. GİRİŞ

Mimarlık tarihimizde akustik, ses, ısı, havalandırma, yalıtım, duman ve suyun yanında, aydınlatma gibi konular hala yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Bir mimari yapının mahiyetini ortaya koyan, gözler önüne seren, ışıktır. Aydınlatılması iyi yapılmamış bir yapı, hoş olmayan bir görüntü yaratabilmektedir. Işık olmadan bir yapının tümünü tamamıyla zihnimizde resmedemeyiz. Örneğin, kubbeden ışık almayan bir iç mekân, basık görülebilmektedir. Aydınlatmayı olumsuz yönde etkileyen birçok sebep olmasına karşın en önemlisinin iklim koşulları olduğu söylenebilir. Güneşlenme süresi az olan bölgelerde doğal aydınlatma sorununun yanında ısınma sorunları da önemli bir problem olmaktadır. Bu nedenle soğuk bölgelerde mimari yapıda daha az ve küçük pencere açıldığını sıklıkla görebiliriz [1].

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 212-383-5850.*
E-mail address: ademirci@yildiz.edu.tr (A. Demirci).

Tablo 1. Görsel konfor değerlendirmesi için ele alınması gereken konu başlıkları

EN12464-1 (Avrupa Birliği) [3]
• Aydınlık çevresi • Parıltı dağılımı • Aydınlık düzeyi • Aydınlık düzeyi gridi • Kamaşma • İç mekan aydınlatması • Renk • Işık titremesi ve stroboskopik etkileri • Görüntüleme ekranı ekipmanına sahip mekanlar için aydınlatma • Bakım faktörü • Enerji etkinlik gereksinimleri • Doğal aydınlatmanın yararları • Işığın değişkenliği
SLL- CIBSE (İngiltere) [4].
EN 12464 Standardında yer alan kriterler ile aynı
IESNA (Amerika) [2]
• Aydınlatma tasarımı etkenleri • Mekana bağlı etkenler • Fizyolojik etkenler • Psikolojik etkenler • Görsel işe bağlı etkenler • Sistem tasarımına bağlı etkenler

Genel olarak, bir caminin iç aydınlatması, cami içindeki mistik atmosferi bozmamalı, doğal aydınlatmayla uyumlu olmalı, gerekli aydınlık düzeylerini sağlamalı, kamaşma yaratmamalı, renksel geriverimi yüksek ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilmeli, cami içindeki tarihi eserlere zarar vermemeli ve cami içindeki mimari özellikleri ortaya çıkarmalıdır. Doğal aydınlatmadan yoğun biçimde faydalanılan tarihi camilerde gün ışığı yan duvarlarda ve kubbede bulunan çok sayıdaki küçük pencere aracılığıyla hacim içine alınır. Osmanlı Camileri'nde tercih edilen kubbe formu, ışığı toplayarak yansıtma ve dağıtma özelliğine sahiptir. Bu sayede ana kubbeden gelen ışık cami içinde bir genel aydınlatma sağlar. Yapay aydınlatma içinse, tavandan sarkıtılan avizeler veya eş merkezli demir dairesel elemanlar üzerine yerleştirilmiş ışık kaynakları kullanılmaktadır [2-5]. Osmanlı cami yapı faaliyetlerinde aydınlatma anlayışının XIV-XVII yüzyıllarda geliştiği ve özellikle Mimar Sinan'la doruk noktaya ulaştırıldığı tespit edilmiştir [1].

Günümüzde Türkiye'deki tarihi camilerin dış aydınlatmaları, özel bir hassasiyetle tasarlanırken, camilerin iç aydınlatmasında önemli bir gelişme olmamıştır [5].

Enerji verimliliği çalışmalarında aydınlatma da önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de toplam üretilen elektriğin %25'i aydınlatma amacı ile kullanılmaktadır ki bu da ısıtma ve soğutma sistemlerinden sonra gelen en büyük enerji tüketim kalemidir. Aydınlatma, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun da tanımladığı üzere, "çevrenin ve nesnenin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamaktır". Aydınlatmanın ve enerjinin bu kadar önemli olduğu bir noktada devreye enerji verimliliği girmektedir [6].

Tablo 2. Farklı tip aydınlatma aygıtlarının özellikleri

Lamba türü	PHILIPS STD 75W E27 230V A55 CL1CT/10X10F (Enkandesan Lamba)	OSRAM DULUXSTAR MINI TWIST 11 W/827 E14 (Tasarruflu Lamba)	OSRAM P CLAS A60 9 W/827 E27 (Led)
Güç Tüketimi	75W	11W	9W
Enerji verimliliği etiketi	E	A	A+
Ortalama ömür (Saat)	1000	6000	15000
Açma / kapama sayısı	-	10000	50000
Işık çıkışı	930lm	650lm	806lm
Renk	Sıcak beyaz	Sıcak beyaz	Sıcak beyaz
Renk sıcaklığı	2700 K	2700 K	2700 K
Işık etkinliği (lm/W)	12.5lm/W	59lm/W	90lm/W
Renksel geriverim indeksi (CRI)	100	80	=>80
Cıva içeriği	0 mg	1.7 mg	0 mg
Güç faktörü	0.43	0.55	0.5
Lamba akımı	320 mA	80 mA	65 mA

Camilerde yapılan hesaplamalar akkor telli lambaların kullanımıyla güç tüketiminin çok yüksek değerlerde olduğunu göstermektedir. LED lerin kullanımıyla benzer seviyede aydınlık düzeyleri, çok daha düşük güç tüketimleriyle elde edilebilir. Buna ek olarak LED lerin ekonomik ömür süreleri, geleneksel ışık kaynakları özellikle de akkor telli lambanın ömür değerleriyle karşılaştırınca çok uzundur. Tipik bir akkor telli lambanın ömür süresi 750-2000 saat arasında değişirken, bir LEDin kullanışlı ömür süresi 35000-50000 saat arasında kabul edilmektedir [7].

Bu çalışmamızda Süleymaniye Cami iç mekânın da belirli periyotlarla lüksmetre ile ölçümler yapılmış ve elde edilen ışık verilerini kullanarak Dialux programı yardımıyla cami mimari modellemesi yapılarak içi aydınlık düzeyini nicelik ve nitelik bakımından incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Kanuni Sultan Süleyman'ın 1550-1557 yılları arasında Mimar Sinan'a yaptırmış olduğu ve Sinan'ın "kalfalık eserim" dediği Süleymaniye Caminin doğal ve yapay aydınlatması incelenmiştir.

Şekil 1. Süleymaniye Cami Dış Görünümü

Süleymaniye Cami Osmanlı dönemi Mimarisinin en önemli eserlerinden ve örneklerinden biridir. Caminin avlusunun 4 köşe noktasında minareler mevcuttur ve camiye yakın olan iki minarede üçer, uzak olan ikisinde ise ikişer şerefe yapılmıştır. Minarelerin boyutları birbirinden farklıdır. Avlunun kuzey bölümünde bulunan minareler ikişer şerefeli ve 56 m boyutunda inşa edilmiştir ve bu iki minare son cemaatin giriş cephesi duvarının köşesindedir. Diğer iki minare ise camiye bitişik olarak inşa edilmiştir. Üçer şerefeli olup yükseklikleri 76 metredir. Caminin büyük kubbesini (Kubbe Çapı (D): ø27.25m, Kubbe Yüksekliği (h)=53 m) 4 adet sütün taşımaktadır. Bu büyük kubbe tıpkı Ayasofya'da olduğu üzere yarım kubbe ile dayanıklılaştırılmıştır. Yaklaşık 3500 metrekarelik iç alana sahip olan caminin uzunluğu 59 metre, eni 58 metre olup 238 pencereden ışık almaktadır. Caminin ana kubbe kasnağında Mimar Sinan'ın hesaplarına göre en iyi aydınlatmayı sağlamak üzere 32 adet pencere açılmıştır [8,9]. Cami duvarları açık renk ve tavanı beyaz üzerine kalem işi bezemelidir. Cami zemini kırmızı kenarları krem renkle çevreli halı ile kaplanmıştır. Caminin dış görünümü Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 2. Süleymaniye Cami iç mekân resmi

Tasarlanan doğal aydınlatma sistemlerinin etkinliğinin belirlenebilmesi amacıyla günümüzde çeşitli aydınlatma simülasyon programları kullanılmaktadır. Bu programlar iç mekanda oluşacak günlük veya mevsimsel aydınlık düzeyi değerlerinin saptanması, doğal aydınlatmaya bağlı olarak yapay aydınlatma sistemlerinin tasarlanması, mekanlarda aydınlatma enerjisinin minimize edilmesi, farklı gölgeleme stratejilerinin kullanımı ile kamaşma problemlerinin ortadan kaldırılması ve görsel konfor koşullarının gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır.

Tablo 3. İbadet Yerleri için Aydınlık Düzeyleri[10]

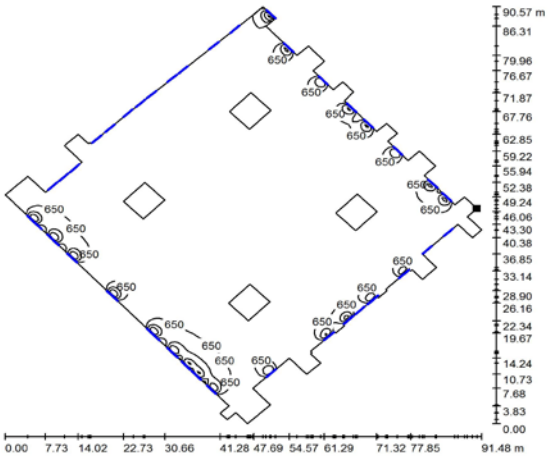
Aydınlık Ölçütleri			
	Aydınlık Niceliği		Ayd.Niteliği
Eylem Türü/Eylem Yeri	Aydınlık Düzeyi(lm/m²)	Eylem Düzlemi Konumu	Ayd. Düzeyi Dağılımı
Okuma/Rahle	300	Yatay	Bölgelik
Namaz Kılma(İmam)/Mihrap	300	Düşey/Yatay	Bölgelik/Genel
Namaz Kılma/Döşeme	100	Yatay	Genel
Minber/Konuşma	300	Düşey/Yatay	Bölgesel

Aydınlatma enerjisi performansı; binadaki gün ışığı kullanımı potansiyeli ve yapma aydınlatma sistemlerinin özellikleri ile belirlenmektedir. Fiziksel tasarım parametrelerinin her biri, binanın aydınlatma tasarımına doğrudan etki eden faktörlerdir. Günümüzde aydınlatma tasarımı programları aracılığıyla bu tür verilerin simülasyonu ile elde edilen sonuçlara yönelik olarak tasarım ön kararlarının optimize edilmesi mümkün olmaktadır. Radiance, Daysim, Ecotect, Relux, Dialux gibi çeşitli simülasyon programları, kullanıcılarına aydınlatma tasarımına yönelik aydınlık düzeyi ve parıltı dağılımın hesaplanması, güneş kontrolü elemanlarının etkisinin belirlenmesi, aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanması gibi farklı alanlarda veriler sunmaktadır. Çalışmamızda dünyada yaygın olarak kullanılan Dialux aydınlatma simülasyon programı kullanılacaktır [11].

Dialux programı, doğal ve yapay aydınlatma tasarımı için kullanılabilecek simülasyon araçlarındandır. Bu program ile farklı malzeme ve aydınlatma firmalarına ait aydınlatma elemanlarının kütüphaneleri sayesinde aydınlatma uygulamalarının geliştirilip görselleştirilmesi ve aydınlatma tasarımlarına ilişkin sonuçların elde edilmesi mümkündür. Bu programla aydınlatmanın niteliği ve niceliği ile ilgili olarak sayısal ve görsel çıktılar elde edilebilmektedir. Ayrıca dış engellerin dikkate alınması ile iç mekanda elde edilebilecek aydınlık düzeyinin belirlenmesi olanaklıdır. Dialux programı, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'nin Aydınlatma Programlarının Doğruluğunu Belirlemeye Yönelik Testler adlı yayını uyarınca akredite edilmiştir. Bu programda gün ışığına dayalı aydınlatma tasarımı gerçekleştirilirken, mekanların yer aldığı coğrafi konum, enlem ve boylam ve yapının konum bilgileri programa veri olarak girilebilmekte, ülkelerin kullanmış oldukları zaman dilimleri seçilebilmekte ve yaz saati uygulamasının zaman aralıkları belirtilebilmektedir. Programda CIE açık, CIE kapalı ve ortalama gök modeli olmak üzere üç gök modeli seçeneği bulunmaktadır. Pencerelerin programa tanıtılmasında saydam bileşenlerin optik özellikleri, iç mekanın kullanım durumu ve işlevine bağlı kirlilik katsayıları ve çerçeve malzemesinin sabit- hareketli olma durumlarına bağlı çerçeve katsayıları hesaplamalara dahil edilebilmektedir [11,12].

3. CAMİ MİMARİSİNİN DIALUX PROGRAMI İLE MODELLENİP AYDINLIK DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Süleymaniye cami iç mekânında belirli zaman aralıklarıyla lüksmetre ile alınan ölçümler değerlendirilerek gün ışığından faydalanma oranı tespit edilmiştir. Aynı zamanda dialux programı ile gün ışığının yeterli olması veya olmaması durumunda kullanılabilecek yapay aydınlatma aygıtları enerji tüketimi, ışık çıktısı, görsel konfor, kontrol ve ekonomik ömür açısından kıyaslanarak doğru yapay aydınlatma aygıtının tercihi noktasında veriler ortaya konulmuştur.



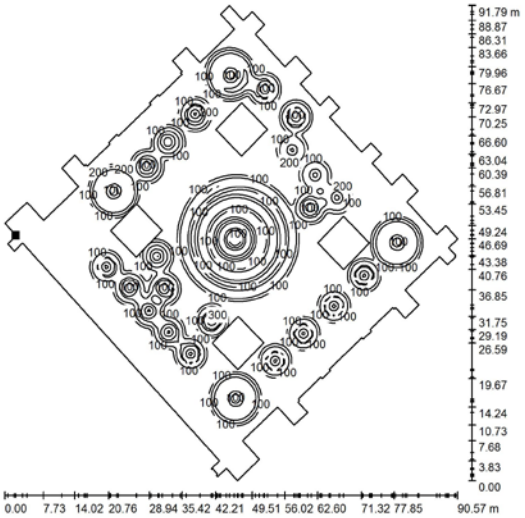
Şekil 3. Cami ana ibadet alanı için gün ışığında pencere önlerinde ölçülen aydınlık düzeyi dağılımı

Süleymaniye Cami'nde gün ışığı kubbe ve yan duvarlarda bulunan pencereler aracılığı ile cami içine alınmaktadır. Büyük kubbe, formu itibari ile gün ışığını toplayarak ışığı genel ibadet alanı başta olmak üzere ilgili bölümlere dağıtma görevini gerçekleştirir. Yine yan duvarlarda bulunan pencerelerde gün ışığının içeriye yoğun bir şekilde girmesini sağlayarak genel aydınlatma ihtiyacımızı karşılamaya yardımcı olmaktadır. Pencere boyutlarının büyüklüğü sayesinde gün ışığı yoğun bir şekilde cami genel ibadet alanına yayınık bir şekilde dağılmaktadır. Bununla birlikte duvar kalınlıklarının fazla olması ışık girişinin optimum olarak gerçekleşmesini engellemektedir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi cami pencere önlerindeki aydınlık düzeylerinin lüksmetre ile yapılan ölçümleri sonucunda 650 lx seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Genel

ibadet alanı zemin yüzeyinde ise yapay aydınlatma aygıtları olmaksızın yapılan ölçümlerde ortalama 100-120 lx aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Tarihi camilerde güvenlik amacıyla alçı ve demir korkuluklarla pencerelerin kapanması ve cami içerisinde mistik atmosfer oluşturmak amacıyla pencere camlarının vitraylı yapılması söz konusudur. Süleymaniye cami'nin pencere detayları incelendiğinde cami yan duvarlarındaki birinci katman pencerelerin gün ışığından daha fazla faydalanmak amacıyla daha büyük yapıldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte ilgili pencerelerde renkli cam ve alçı gibi detaylar söz konusu değildir. Burada dış koruma demirleri bir miktar ışığı azaltmakla birlikte koruma ihtiyacı nedeniyle bu işlem gerçekleştirilmiştir. Birinci katman pencerelerin aksine, diğer pencerelerin bir kısmı vitray ve alçı detayları ile bezenmiş olup içeride oluşturulmak istenen manevi atmosfer elde edilmiş ancak gün ışığından daha az faydalanılması sonucunu doğurmuştur. Cami genel ibadet alanında ölçülen ortalama aydınlık düzeyi gün ışığında 100-120 lx seviyelerinde bulunmaktadır. Tablo 3 'te de ifade edildiği gibi namaz kılma/döşeme alanlarındaki genel aydınlık düzeyi 100 lm/m² seviyelerinde olmak durumundadır. Namaz kılma alanları başta olmak üzere, rahlelerde Kur'an okuma, minberde hutbeyi gerçekleştirmek için genel ve bölgesel aydınlatma ihtiyacımız ortaya çıkmaktadır.

Süleymaniye Cami ana ibadet alanı içerisinde irili ufaklı başta büyük kubbenin tam ortasından sarkıtılmış dairesel demir halka üzerinde sarkıtılmış kandiller bulunmaktadır. Şekil 4'te de görüldüğü gibi sarkıt dairesel demir kandilli armatürler cami içerisinde belirlenen bölgelere yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Süleymaniye Cami zemin yüzeyinde tasarruflu ampullü mevcut durumda ölçülen aydınlık düzeyinin Dialux programı ile modellemesi

Cami kandillerinin içinde Osram Duluxstar Mini Twist 11 W/827 E14, 650 lm tasarruflu ampuller kullanılmıştır. Kandillerin dairesel sarkıt demirlerin üzerinde asılması bu dairesel armatürlerin cami içerisinde Şekil 4'de görüldüğü gibi aydınlık düzeylerinin cami içerisinde asılmış oldukları bölgede dairesel bir şekilde yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Gün ışığının yetersiz olduğu saatlerde 11W/827 E14 tasarruflu ampul kullanılan kandillerle yapılan aydınlatmada dairesel demir halka etrafında ışık yoğunlukları 130-150 lx seviyelerine çıkmakta iken ara bölgelerde aydınlık düzeyi 65-105 lx seviyelerinde ölçülmektedir. Dairesel sarkıt kandilli armatürlerin dışında kalan aydınlatma bölgelerinde ve cami mimarisinin karesel olması nedeniyle köşe ve pencereden uzak noktalarda aydınlık düzeyinin gün ışığının yoğun olarak faydalanıldığı zamanlarda istenilen aydınlık düzeylerinde olduğu, ancak diğer zaman dilimlerinde istenilen aydınlık düzeylerinin altına düştüğü görülmektedir.

Sürdürülebilir mimari aydınlatma, doğru aydınlatma sistemi tasarımı, görsel konfor kalitesi, genel ve bölgesel kontrol, sürdürülebilir çevre açısından ilgili aydınlatma sistem tasarım, kullanım ve kullanım ömrü sonrası atık konularında doğru tercihlerle mümkündür.

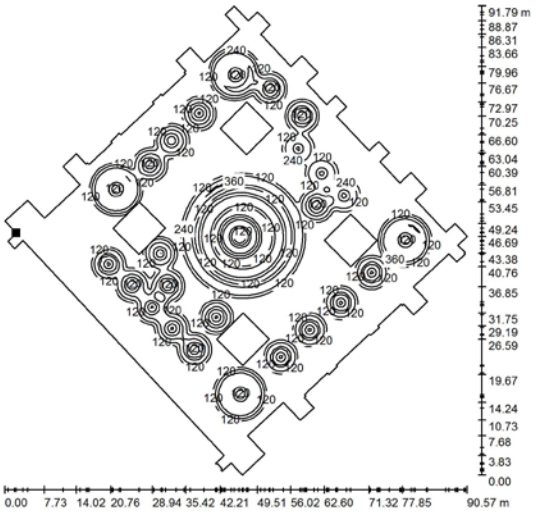
Tablo.2'de bulunan lamba tiplerine bakıldığında ışık etkinliği akkor flamanlı lambada 12.5 lm/W, tasarruflu lambada 59 lm/W ve led lambada 89 lm/W seviyelerindedir. Şekil 5'te görüldüğü üzere, Süleymaniye Camii'nde kullanılan Osram Duluxstar Mini Twist 11 W/827 E14, 650 lm tasarruflu ampuller yerine Osram P CLAS A60 OSRAM 9 W/827 E27 led ampullerin kullanılması durumunda; genel ibadet alanında tasarruflu ampulle yakalanan aydınlık düzeyine %20-25 daha az enerji tüketimi ile ulaşılabildiği gözlemlenmiştir.

Süleymaniye Camii'nde gün ışığından günün hemen hemen tamamında faydalanıldığını görebiliriz. Bu durum gün ışığı olduğu durumlarda yapay aydınlatma ihtiyacını ve dolayısıyla enerji tüketimini azaltmaktadır. Gün ışığından yüksek miktarda faydalanılması enerji tasarruflu 11 W/827 E14, 650 lm

tasarruflu ampullerin Tablo.1 de de belirtildiği gibi 10000 saatle kısıtlı olan kullanım ömürlerinin artırılmasını sağlamaktadır.

Cami içerisinde görsel konfor; minimum aydınlık düzeyi, renksel geriverim, aydınlatma düzgünlüğü ve yapay aydınlatma aygıtına bağlı kamaşma indislerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Caminin gün ışığından yüksek düzeyde faydalanması ve mimari tasarımda ilgili pencerelerin yeterince büyük yapılması insanlar için gerekli olan dış görüş ihtiyacını yeterince sağlamaktadır. Doğal aydınlatma ve dış görüşün istenilen düzeylerde oluşu ruh halini olumlu yönde etkilediği gibi karamsarlık ve yorgunluk gibi durumları iyileştirici etkisi nedeniyle gerek ibadet eden insanlarda motivasyonu olumlu yönde pekiştirmekte gerekse ziyarete gelen turistlerde doyurucu bir mistik atmosfer oluşturmaktadır. Tablo.3 'de belirtildiği gibi genel ibadet alanlarında görsel konfor için gerekli olan 100 lx aydınlık düzeyinin günün büyük bir kısmında sağladığı cami yüzeyinde yapılan ölçümler sonucunda tespit edilmiştir.

Renksel geri verim noktasında; kullanılan tasarruflu ampul renksel geri verimi Ra=80 olup referans aralıktadır. Yine görsel konfor belirleyici kriterler arasında bulunan yapay aydınlatma kamaşma indisi UGRmax dialux programında gerçekleştirilen modelleme sonucunda 23 olarak bulunmuş ve genel ibadet alanının kamaşma indisinin istenilen referans aralıkta olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Süleymaniye Cami zemin yüzeyinde 9W/827 E27 led ampullerin kullanılması halinde oluşacak aydınlık düzeyinin Dialux programı ile modellemesi

Dialux programında enerji tasarrufu amacıyla yapmış olduğumuz modelleme de tasarruflu ampuller yerine Osram 9W/827 E27 led ampullerin kullanılması halinde genel ibadet alanında tasarruflu ampulle yakalanan aydınlık düzeyinin %20-25 daha az enerji tüketimi ile yakalandığı Şekil 5.'de görülmekte fakat UGRmax kamaşma değerinin genel ibadet alanında maksimum 24 seviyelerinde çıktığı tespit edilmiştir. Bu kamaşma değeri uluslararası belirlenen kamaşma standartları içerisinde bulunmakla birlikte görsel konfor kalitesinde bu yönüyle bir miktar azalma meydana getirmektedir.

Çevresel atık yönüyle sarkıt dairesel kandil armatürlerde kullanılan 11 W/827 E14, 650 lm tasarruflu ampullerin kullanım ömrünün bir önceki teknoloji olarak sayabileceğimiz akkor flamanlı ampullere nazaran ışıksal etkinliği ve kullanım ömrü itibari ile üstünlüğü olmakla birlikte tavsiye edilen Osram 9W/827 E27 led ampule göre ışıksal etkinliği %30, kullanım ömrü itibari ile de %50 oranında daha az olduğu Tablo 2'de görülmektedir. Bu durum kullanılan ampullerin ömürlerini led ampullere nazaran daha hızlı tamamlamasını ve atık problemleriyle belirlenebilecek optimum sürelerden daha kısa zamanlarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Süleymaniye cami de kandillerde kullanılan Osram 11W/827 E14, 650 lm tasarruflu ampuller yerine Osram 9W/827 E27, 806 lm led lambaların kullanılması durumunda yaklaşık % 20-25 enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Bu durumda ampullerin tercihi sırasında doğru tercih aydınlatma için tüketilen enerji miktarında ciddi düşüş yaşanmasına ve buna paralel olarak yıllık CO2 salınım oranlarında da kayda değer azalma sağlayarak sürdürülebilir mimari aydınlatma tasarımının gerçekleşmesini mümkün kılacaktır. Led ampullerin bölgesel ve genel aydınlatmada yakalanması gereken aydınlık düzeyleri için kontrol edilebilirliği diğer ampullere göre daha iyi seviyedir. Kontrol edilebilir aydınlatma senaryoları Tablo 3'de belirtilen bölgesel aydınlatma düzeylerini elde etme kolaylığı sağlayarak görsel konfor kalitesini artırmaktadır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Süleymaniye Camii'nin sürdürülebilir mimari aydınlatma standartlarına uygunluğu yapılan çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir. Gün ışığının az veya olmadığı durumlar için kullanılan yapay aydınlatma aygıtları yerine enerji verimliliği daha yüksek olan led ampullerin kullanımının tüketilen enerji miktarını %30 oranında azaltacağı Dialux programında yapılan modelleme ile ispatlanmıştır. Kullanılacak led ampullerin ışık çıktısı, görsel konfor, kontrol, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik ömür açısından da üstünlüğü cami ibadet alanında alınan ölçümler ve dialux programında yapılan modellemeler sonucunda görülmüştür.

Bu veriler ışığında sürdürülebilir mimari aydınlatma standartlarına uygunluğu tespit edilen Süleymaniye Cami yeni nesil camilere uygun örnek model olarak belirlenebilmekle beraber kullanılan yapay aydınlatma aygıt ve sistemleri noktasında iyileştirmeler yapılmasının aydınlatma kalitesini artıracağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

[1] Tuncer, D. "Osmanlı Cami Mimarisi'nde Aydınlatma Düzenleri Açısından Gelişim (Xıv. – Xvıı Yüzyıl)", YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi (YYU Journal Of Education Faculty),2013,Cilt:X, Sayı:I,295-320

[2] Duysak, N. "20. Yüzyıl Türkiyesi'nde Cami Tasarımı ve Geleneksel Cami", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2000.

[3] Bolak, O., Camilerin Aydınlatılması Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Sayı 123, İstanbul, 1967

[4] Ünver, R., Enarun, D.; Lighting of Mosques, a Historical Overview, CIBSE National Conference, Lancester, pp. 3-11, 1998.

[5] Erdem, L.,Enarun, D., "Tarihi Camilerde Geleneksel Ve Ledli Aydınlatma Sistemlerinin Simülasyonlarla İncelenmesi", Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik-Elektronik Fakültesi İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

[6] Aydın, M. "Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi", Yönetim Bilimleri Dergisi / Journal of Administrative Sciences Cilt / Volume: 14, Sayı / N: 28, ss. / pp.: 409-441, 2016

[7] Erdem, Altıngay, L., "Tarihi Camilerin Modern Teknolojilerle Enerji Etkin Aydınlatılması", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Doktora Tezi, Ekim 2014

http://www.emo.org.tr/ekler/2581009737f5a71_ek.pdf 02.07.2018

[8] Süleymaniye Cami, https://www.mimarsinan.gen.tr/suleymaniye-camii/ 03.07.2018

[9] Süleymaniye Cami, http://www.fatih.gov.tr/suleymaniye-camii 03.07.2018

[10] Direk, Y.,Ş., Oğuz, G.,P., "Diyarbakir Ulu Cami, Şafiiler Bölümünün Doğal Aydinlatma Açisindan İrdelenmesi",Diçle Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, http://www.emo.org.tr/ekler/feed84c7cb1ae7b_ek.pdf

[11] Şener, Yılmaz, F., "Sürdürülebilir Çevre İçin Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Doktora Tezi, Ekim 2014

[12] Dialux, https://www.dial.de/en/dialux/ 03.07.2018

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

The Impact of Grid-Connected Distributed Power Generation Systems on Power Quality

O. Akar[1], Ü.K. Terzi[2], E. Dursun[3] O. Özgönenel[4], A.Demirci[5]*

[1]Mekatronic Department, Istanbul Gedik University Vocational School, Istanbul, Turkey
[2]Electrical-Electronics Engineering Department, Marmara University, Istanbul, Turkey
[3]Electrical-Electronics Engineering Department, Marmara University, Istanbul, Turkey
[4]Electrical-Electronics Engineering Department, Ondokuz Mayis University, Samsun, Turkey
[5]Yildiz Technical University, Electrical Engineering Department, 34220, Istanbul, Turkey

Abstract

The electricity problem in the world is continually increasing day by day. To solve this problem, it is considered to use Distributed Energy Production Systems that generate electricity by utilizing clean and sustainable Renewable Energy Resources. The unidirectional fed-up radial networks have resulted in bi-directional energy flow in the power distribution systems, which has changed the operating, planning, analysis and protection methods of the existing system. Besides, the electric grid has become more complicated due to the addition of the system to the Smart Electric Networks. After connecting the distributed power generation systems to the network, the current, voltage, frequency and harmonic effects will affect the continuity and quality of the electricity of the grid. In this study, suggestions were made to improve the quality of power by examining and evaluating the effects of the end-of-grid power quality of the connection of the electric power generation plants, which are defined as the Distributed Energy Production Systems, to the network.

Keywords: Distributed Energy Production Systems, Power Systems Quality, Renewable Energy Resources.

1. GİRİŞ

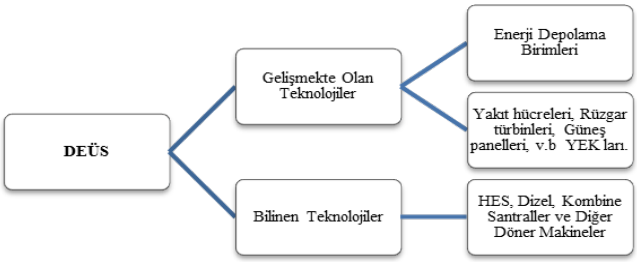
Dünyada teknolojinin gelişmesine paralel olarak elektrik enerjisinin kullanım alanının artması ve konvansiyonel yakıtların gün geçtikçe azalması talep edilen enerji ihtiyacını karşılayamaz duruma getirmiştir. Bugün, enerji sorunu küresel bir sorun halini almış ve uluslararası politikaları yönlendirmektedir. Dünyada kullanılmakta olan enerjilerin yaklaşık %90'ı fosil tabanlı enerji kaynaklarıdır. Elektrik enerji talebini karşılamak için YEK' nı kullanan mikro şebekeler toplam elektrik üretimini artırmada önemli bir alternatif enerji olarak düşünülmektedir. Mikro şebekeler elektrik kayıplarında önlemek ve güç kalitesini artırmak için düşünülmüştür. Mikro şebeke içerisinde bulunan YEK ile çalışan DEÜS ile elektrik üretimi uzun zamandır Dünyada uygulanmasına rağmen Türkiye de 2011 den itibaren "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik" yürürlüğe geçmesiyle DEÜS' nin önü açılmıştır. Tek yönlü beslenen Radyal şebekelere DEÜS' nin bağlantısı sonucu güç dağıtım sistemlerinde çift yönlü enerji akışına neden olmuştur. Bu durum eskiden kalan elektrik üretim ve dağıtımın, işletme, planlama, analiz ve koruma yöntemleri değişmiş ve üzerine Akıllı Elektrik Şebekeleri de eklenince karmaşık bir yapı halini almıştır. DEÜS ile üretilen elektriğin şebekeye entegrasyonu, dünyada olduğu gibi ülkemizde de ciddi bir problem oluşturmuştur. DEÜS' nin şebekeye bağlantısı sonucu akım, gerilim, frekans ve harmonik etkileri şebeke elektrik enerjinin sürekliliği ve kalitesine etki edecektir. Bu nedenle şebeke ve sistem üzerinde kurulacak arabağlantı ve ekipmanların titizlikle seçilmesi, uygulanması ve şebeke üzerindeki olası etkileri incelenip

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 216-595-2185: fax: +90 216-595-2155.*
E-mail address: onur.akar@gedik.edu.tr (O. Akar).

koruma ekipmanlarıyla desteklenip, takibi ve kontrolünün yapılması gerekmektedir[1-5]. Bu çalışmada DEÜS olarak şebekeye bağlanması sonucu şebeke güç kalitesindeki etkileri incelenecektir.

2. DAĞITILMIŞ ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİ (DEÜS)

DEÜS merkezi olmayan düşük (0,4 kV) ya da orta gerilim (34,5 kV) seviyesinde coğrafi konum ve kaynaklara bağlı olarak elektrik enerjisi üretimi ve enerji depolamasının yapıldığı, tüketicilerin yük ihtiyaçlarını karşılamak üzere tüketiciye yakın, elektrik dağıtım şebekesine bağlı olmadan veya bağlı olarak çalışabilen elektrik üretim sistemleridir[3]. DEÜS' leri fotovoltaik paneller, rüzgar türbinleri, yakıt hücreleri, küçük ölçekli dizel, hidroelektrik, kombine santraller ve enerji depolama birimleri olarak tanımlanır. DEÜS güçlerine göre; Mikro yapılı(1-5 kW), Küçük yapılı(5-5000 kW), Orta yapılı(5MW-50MW), Büyük yapılı(50MW-300MW), olmak üzere dört grupta sınıflandırılabilir[6-11]. DEÜS elektrik üretim şekline göre bilinen ve gelişmekte olan teknolojiler olarak iki ana grupta toplanabilir:

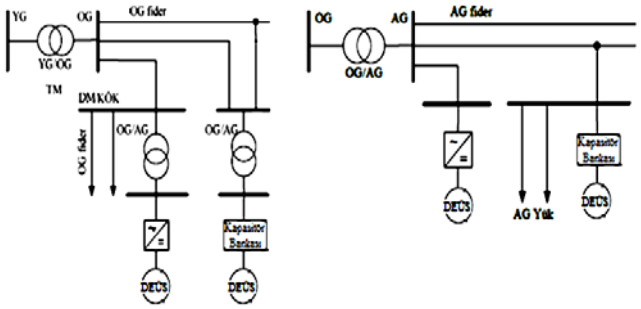


Şekil 1. DEÜS Sınıflandırması[11]

Uygun yerlere bağlanmayan DEÜS gerilim çökmelerine veya yükselmelerine sebep olabilir. Örneğin DEÜS tüketicilerden uzak mesafelere yapıldığında iletim hatlarının aşırı yüklenmesine ve kayıpların artmasına sebep olurken tüketicilere yakın noktalarda dağıtım şebekesine bağlı olursa iletimden kaynaklan kayıpları düşürmekte ve besleme hatlarının ucunda oluşan gerilim düşümlerini de azaltmaktadırlar[12,13].

3. DEÜS' ÜN ŞEBEKEYE BAĞLANTISI VE KORUMA

DEÜS' nin kurulu gücüne bağlı olarak, Alçak Gerilim(AG), Orta Gerilim(OG) ve Yüksek Gerilim(YG) şeklinde üç farklı gerilim seviyelerinde bağlantısı vardır. Birden çok orta büyüklükteki DEÜS' nden oluşan sistemlerde alt santraller Şekil 2' de görüldüğü gibi toplayıcı bir fidere bağlanabilir. Fakat santral orta ölçeğin üzerindeyse üretilen elektrik enerjinin gerilim değişimlerine sebep olmaması için yeterli büyüklük ve kısa devre gücünde bir şebekeye Kesici Ölçü Kabini yardımıyla Girdi-Çıktı şeklinde bağlanmalıdır. Ayrıca şebekeye bağlantı kısmında Trafo, şahıs veya şirkete ait ise bağlantı sınır yoktur[14,15].



Şekil 2. YG, OG ve AG DEÜS tek hat şebekeye bağlantı şeması[15].

DEÜS için uygulanacak bağlantı koşulları aşağıda sıralanmıştır.

- DEÜS, dağıtım tesisinin gerilim seviyesi ve frekans düzeyi aynı olmalıdır.
- Gerilim ve Akım harmonikleri ile fliker etkisi bakımından dağıtım sistemine zarar vermemelidir.
- Şebeke kaybı veya kısa devre arızası oluşması durumunda şebekeden bağlantısı kesilmelidir.
- DEÜS, dağıtım sisteminin topraklama sistemine ve ilgili teknik mevzuata uygun olarak bağlantısı yapılmalıdır.

- Dağıtım şebekesine ve DEÜS' ne uygun kesici, ayırıcı seçilmeli ve röle koordinasyonu yapılmalı.
- Bağlantı noktası itibarıyla, üretim tesisinin kısa devre akımına katkısı ile birlikte oluşabilecek kısa devre akımı, dağıtım sistemi teçhizatının kısa devre akımı dayanma değerini aşamamalı.
- AG seviyesinden bağlanacak üretim tesislerinin toplam kapasitesi, bu üretim tesislerinin bağlı olduğu dağıtım trafosunun gücünün % 30'unu geçmemelidir.
- DEÜS' nin Gücü 5 kW' tan küçük ise AG seviyesinden 1 fazlı, 5 kW' dan büyük ve faz akımı 16 A'den(yaklaşık 11 kW) küçük üretim tesisleri AG seviyesinden 3 fazlı olarak bağlanmalıdır,
- DEÜS' nin Faz akımı 16 A'den büyük ise yapılan teknik değerlendirme sonucunda AG veya YG seviyesinden 3 fazlı olarak şebekeye bağlanacaktır. Bağlantı gerilim seviyesinin kararı dağıtım şirketi tarafından belirlenecektir.

DEÜS, bu durumların her birinde sistemde adalaşmaya neden olmadan dağıtım sisteminden ayrılmalı ve diğer dağıtım sistemi kullanıcılarına olumsuz etki yapmamalıdır[1,14-16]. Koruma düzenekleri, arızayı en kısa sürede izole edip santralin ve şebekenin genel işletmesini koruyacak ve şebeke kararlılığının sürdürecek şekilde sağlanmalıdır. DEÜS' nin korunması Arabağlantı(irtibat) koruması, Generatör(ünite) koruması olarak iki başlıkta incelenebilir. Arabağlantı sistemi, santralin senkronizasyon, ölçüm ve görüntüleme, elektrik dağıtımı, kontrol birimi, topraklama gibi fonksiyonlar üzerinde; elektriksel koruma, elektrik üretim(gerilim ve frekans) ve güç kalitesi gibi gereksinimleri takibi için şebekeye bağlantı aracı olarak tanımlanabilir[14-19]

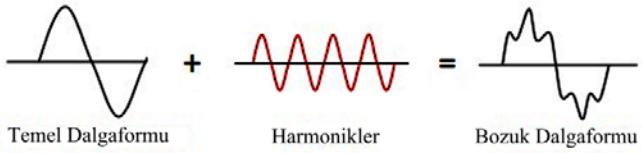
4. DEÜS'ÜN GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİ

DEÜS' nin artışıyla güç kalitesi enerji endüstrisinde çok önemli bir konu haline gelmiştir. DEÜS' nin güç kalitesine etki eden faktörleri;

- Gerilim dengesizliği,
- Frekans değişimi,
- Harmonik etki,
- Adalaşma,
- Kısa devre kapasitesi,
- Arıza süresi,
- DA bileşeni,
- Yüksek frekans taşınımı,
- Hat iletim kapasitesi,

olarak sıralayabiliriz[4,5,20-23].

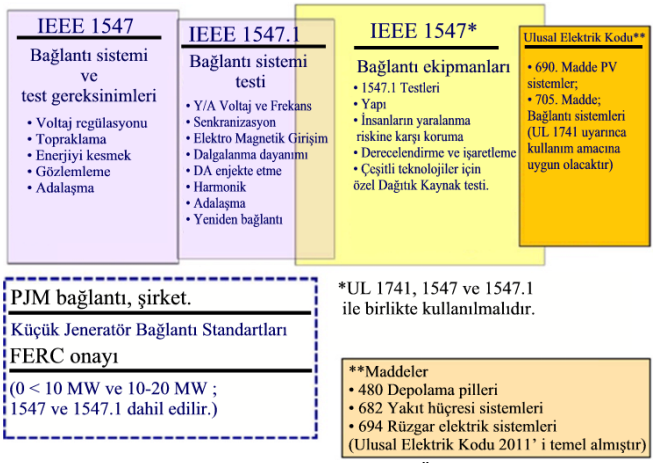
DEÜS' nin enerji dönüşüm ve şebeke bağlantısında güç elektroniği devreleri kullanıldığından şebekenin güç kalitesini bozmakta, eviriciler ve ara birim elemanları tarafından üretilen harmonikleri ise şebeke ile etkileşimi sonucunda rezonans olayı meydana getirmektedir[24-29].



Şekil 3. Harmonik dalga formunun kavramsal diyagramı[23]

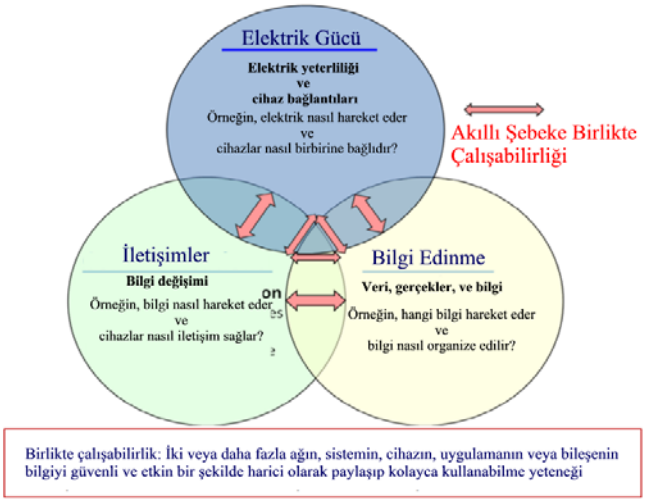
Yakın zamanda çok seviyeli invertör kullanılarak harmonik indirgeme için çalışılmalar yapılmaktadır[30]. Fotovoltaik, rüzgar, yakıt hücresi gibi statik anahtarlamalı eviriciler içeren güç sistemleride çok küçük seviyede de olsa harmonik üreterek enerji dağıtım sisteminde bozucu etkiye neden olmaktadırlar. Endüstriyel rüzgar türbinlerinin şebekeye güç aktarımında yüke bağlı olarak aktif/reaktif güç, akım, gerilim ve frekans değerlerine etki etmektedir. Bu etkileri yok etmek için birçok algoritma ve kontrol yöntemleri geliştirilmiştir. Bu bozucu etki anahtarlama kontrol yöntemleri ile azaltılmakta fakat tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Yine rüzgar türbinlerinde yük tarafına aktif/reaktif güç dengesini sağlamak için konpanzasyon işlemi uygulanır. Güç sistemlerinde IEC 61727, IEEE 519-2014, IEEE 1574, EN 50160 gibi standartlar ve yönetmeliklerle harmoniklerin bozucu etkilerinin önlenmesi amaçlanmış ve evirici cihazlara harmonik filtre eklenmiştir[26-29].

Bunun yanında sadece DEÜS' nin şebekeye entegrasyonuyla ilgili, IEEE 1547 standardı da mevcuttur. IEEE 1547, DEÜS teknolojilerinin; arabağlantı için teknik şartnameler ve testler üzerine odaklanmaktadır. Standart, ara bağlantının performansı, çalışması, testi, güvenlik önlemleri ve bakımıyla ilgili gereklilikleri sağlar. Genel gereklilikleri, anormal koşullara tepkileri, güç kalitesi, ada ve test özellikleri ile tasarım, üretim, kurulum değerlendirmesi, işletmeye alma ve periyodik testler için de şartları içerir[31]. Şekil 4' de IEEE 1547 standartları çerçevesinde DEÜS' nin gelişim aşaması görülmektedir.



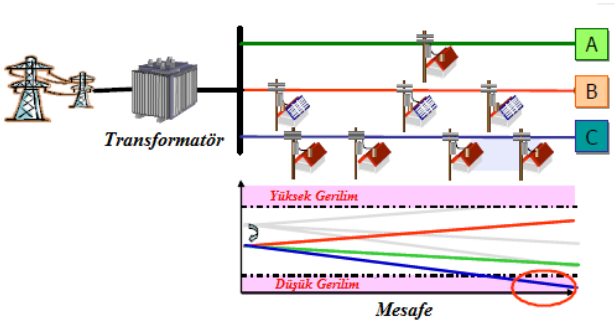
Şekil 4. IEEE 1547 standartları çerçevesinde DEÜS'nin gelişim aşaması[31]

1547 standardı DEÜS' nin dağıtım voltajlarında elektrik güç sistemleri ile birbirine bağlı ortak bağlantı noktasında kapasitesi 10 MVA veya daha düşük olarak kabul eder. Ara bağlantı için IEEE 2030 standardı vardır. Bir veya daha fazla veri bağlantısı ile uygulanan bir veya daha fazla veri akışını destekleyen mantıksal bir ara bağlantıdır. Şekil 5, birlikte çalışabilirliğin IEEE 2030 tanımını içerir ve Akıllı Şebeke'nin teknolojik kalbi oluşturan elektrik, iletişim ve bilgi teknolojileri için birlikte çalışabilirlik odak alanlarını grafik olarak gösterir[31].



Şekil 5. Akıllı Şebeke birlikte çalışabilirliği: güç, iletişim ve bilgi teknolojilerinin entegrasyonu [31].

Şebekenin farklı bölgelerindeki gerilim seviyesi güç kalitesi bakımından hayati önem teşkil eder. Güne Afrika da DEÜS AG seviyesinde bağlantıda -%15 ve %10, OG ve YG de ± %10 gibi standart voltaj aralığı belirtilmiştir. Bu değerleri korumak için OG ve YG transformatörlerine yük dönüştürücü deşarj cihazları, hat gerilim düşümü kompanzasyonu, Statik VAr kompanzasyonu bağlanmıştır. DEÜS' nin ortak bağlantı noktalarında gerilim yükselmesine neden olabilir[32,33]. Şekil 6 da radyal şebekede, A dağıtım hattında bir yükün beslenmesi, B dağıtım hattında birden fazla Yapı Tabanlı Mikro Dağıtık Enerji Üretim Sistemi(YTMDEÜS)[11] ve C hattında ise birden fazla yükün beslenmesi ve mesafeye göre gerilim seviyesindeki değişim grafikte gösterilmiştir.



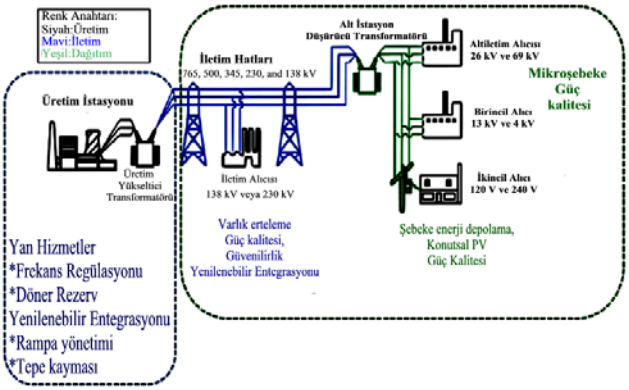
Şekil 6. DEÜS' nin neden olduğu voltaj değişikliği[23]

Ayrıca şebeke yükleri tarafından çekilen aktif/reaktif güçlerin değişimi sistemin voltaj değişimini etkiler. DEÜS' nin tipi, coğrafi konumu, gücü, bağlanacak şebekenin tipi, hat karakteristiği, bağlantı noktası, şebekenin gücü ve gerilimi, voltaj regülatör ayarı güç kalitesi için çok önemlidir[34,35].

IEEE 2030 standardına göre enerji depolama sistemleri uygulamaları belirtilmiştir. Bunlar;

- Frekans regülasyonu,
- Gerilim / VAr desteği,
- Müşteri odaklı enerji hizmetleri,
- Mikroşebeke için enerji depolama sistemleri,
- Yenilenebilir enerji entegrasyonu, güç yumuşatma ve zirve değişimi,
- Şebekeyi desteklemek için birden fazla servis kombine edildi[31].

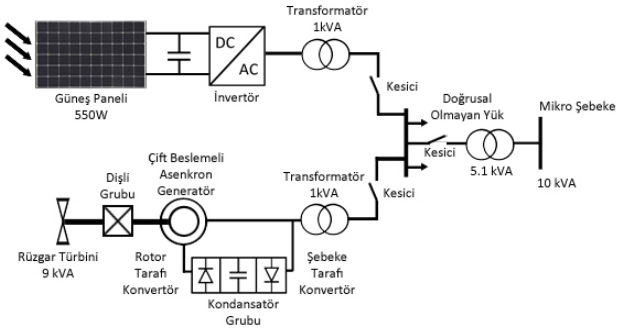
Şekil 7'de IEEE 2030 standardına göre şebekeye entegre edilmiş enerji depolama sistemleri uygulaması görülmektedir.



Şekil 7. IEEE 2030 standardına göre şebekeye entegre edilmiş enerji depolama sistemleri uygulaması[31].

Şebeke bağlantı noktalarına reaktif güç emici üniteler bağlanır. Enerji depolama üniteleri şebekede fazla gerilimi depolanabilir ve şebekede gerilim düşümünde ise tekrar şebekeye aktarılıp gerilim düşüşü engellenebilir[36]. Depolama üniteleri Akü depolama, basınçlı hava enerji depolama, kapasitör depolama, süper kapasitör depolama, termal enerji depolama, hidro pompalı depolama, volan depolama içerir[37]. Güç elektroniği ile ve depolama üniteleriyle desteklenmiş çok fonksiyonlu DEÜS ünitesi güç kalitesinde yeni bir yaklaşımdır[38]

DEÜS çoğu YEK tabanlı olması ve bu sistemlerin hava ve çevre şartlarına göre değişiyor olması talep edilen gücü karşılamada güç kalitesine çok büyük etki etmektedir. Bu olumsuz etkiyi azaltabilmek için hibrit sistemler kurulumu yapılabilmektedir. Şekil 8 de Rüzgar türbini ve PV panelden oluşan hibrit bir DEÜS görülmektedir[39,40]



Şekil 8. Hibrit hat şeması[39].

Bunlara ek olarak şebeke elektriği kesildiğinde DEÜS' nin şebekeden ayrılması (adalaşma) ve şebekeye bağlanması sırasında çok ciddi sorunlarla meydana gelebilir[41-43]. DEÜS' nin devreye girdiği durumdaki güç kalitesini bozucu etkisi ve adalaşma anındaki sorunlar iyi teşhis edilmeli ve oluşacak çok ciddi problemler önlenmelidir[44,45].

DEÜS' nin devreye girmesi, kısa devre arızası ve şebekedeki yük değişimi gerilim dengesizliğine neden olmakta buda güç kalitesini doğrudan etkilemektedir. Adalaşma ve Güç kalitesinde bozulma tespitinde, sinyal işleme alanının konusu olan Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ve uygulamasıyla hızla gelişmiştir. HFD' ler geçici voltaj, akım ve frekans sinyallerini analiz etmenin hızlı ve etkili bir aracıdır[32,40].

Bu gelişmeler göze alındığında Güç kalitesi enerji üretim, iletim ve dağıtımında çok büyük bir önem arz etmekte olduğu anlaşılmaktadır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada DEÜS' nin şebekeye bağlantısı ve güç kalitesine etkilerine değinilmiştir. Farklı güç ve özelliklere sahip DEÜS' nin bulunduğu bölgelerde, gerilim yükselmesi veya düşmesi, frekans uyumu, DC akım sızıntısına, toplam akım bozulması, aktif/reaktif güç ve faz dengesizliğine izin vermeyecek şekilde koruma ve kontrol elemanlarıyla önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu durum dağıtım firmalarının DEÜS' nin şebekeye bağlantısında çekingen kılmaktadır. Bu sorunlar çeşitli yöntem ve algoritmalarla önlenmeye çalışılmakta olsa da bölgesel, şebeke tipi ve gücüne bağlı olarak değişmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda şebekeye bağlanacak olan DEÜS birçok konudan ele alınıp iyi bir analiz yapılarak değerlendirilmeli ve devreye alınmalıdır. Aksi takdirde can kayıplarına ve çok büyük maddi kayıplara sebebiyet verebilir.

KAYNAKÇA

[1] EPDK: "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik", Sayı 28001, 21.07.2011.

[2] P.K.Ray, N.Kishor, S.R. Mohanty: "Islanding andpower quality disturbance detection in grid-connected hybrid power system using wavelet and S-transform" IEEE Transactions on Smart Grid, vol.3, no.3, pp. 1082-1094, Sep. 2012.

[3] O.Akar: "Akıllı Yapılarda Yenilenebilir Enerji Kaynakları Tabanlı Elektrik Üretimi ve Kullanımının Teknik ve Ekonomik Analizi", Y.L. Tezi, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

[4] J. A.P. Lopes, C. L. Moreira, A.G. Madureira: "Defining Control Strategies for Micro Grids, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 21, no. 2, pp.916-924, May 2006.

[5] D. Ilse, M. Vaziri, M. Zarghami, S. Vadhva: "Review of Concepts to increase Distributed Generation into Distribution System," in Sixth Annual IEEE Green Technologies Conference, Texas, 2014.

[6] Ş.Özdemir, E.Özdemir: "Güneş Pilleri İle Dağıtılmış Elektrik Üretim Sistemlerindeki Gelişmeler", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, 17-19.11.2008, 395- 404.

[7] A.B.Arsoy, C.Perdahçı: "Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Dağıtılmış Üretim", Kocaeli Üniversitesi, E.M.F, (03.13.2010).

http://www.emo.org.tr/ekler/1d1cd3a02276948_ek.pdf,

[8] E.Özdemir: "Dağılmış Enerji Üretim Sistemleri ve Yardımcı Hizmetler", 12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir, 14-18.11, 2007.

[9] T. Ackermann, G.Anderson, L.Söder: "Distributed Generation, A Definition," Electric Power Systems Research, vol.57, (2001), 195-204.

[10] B.Türkay: “Dağıtılış Enerji Kaynakları İçeren Şebeke Tasarım Önerisi”, Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi, İzmir Fuar Alanı, 10.05.2009. (12.12.2010).

http://www.emo.org.tr/ekler/1ab1c9e23198a83_ek.pdf,

[11] O.Akar, U.K.Terzi: “Yapı Tabanlı Mikro Dağıtılmış Enerji Üretim Sistemleri”, 3e Electrotech, Sayı 223, Ocak 2013, S.210-220.

[12] E.Akdeniz, A.Kaypmaz, E.A. Yağmur: “Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretiminin Şebekenin Enerji Kalitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”, ELECO’2006 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı Bildirileri, Bursa, 06.12.2006.

[13] R.C.Dugan, T.E.McDermott: “Operating conflicts for distributed generation on distribution systems”, IEEE Rural electric conference, Arkamsas, (2001).

[14] H.B.Çetinkaya: “Integration of Renewables to The Grid”, 2th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair, İstanbul, 8-9 Mayıs, 2014

[15] B.Şimşek, E.Bizkevelci: “Fotovoltaik Güneş Elektrik Santrallerinin Alçak Gerilim Şebekesine Bağlantı Esasları”, III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi”, İzmir, 21-24, Kasım, 2013

[16] E.A.Yagmur, O. Gul, E.Akdeniz, Others: “Grid Integration of Unlicensed Generation of Electrical Power Plants”, ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık 2012, Bursa

[17] J.C. Hernandez, J.De la Cruz, B. Ogayar: “Electrical protection for the grid-interconnection of photovoltaic distributed generation”, Electric Power Systems Research 89 (2012) 85– 99

[18] IEEE Std. 1547.2, Application Guide for IEEE 1547 Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, 2008.

[19] J.C. Hernández, M.J. Ortega, J. De la Cruz, D. Vera: “Guidelines for the technical assessment of harmonic, flicker and unbalance emission limits for PVdistributed generation, Electric Power Systems Research 81 (2011) 1247–1257

[20] S.Çalıkoglu, E.Özdemir, M.Uçar: “Şebeje Bağlantılı Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin Güç Kalitesine Etkileri”, Kocaeli Üniversitesi, T.E.F, (03.12.2017). http://www.emo.org.tr/ekler/c32d38f16f1aadb_ek.pdf

[21] E.Akdeniz: “Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretiminin Şebekenin Enerji Kalitesi ve Kararlılığına Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 43-57, (2006).

[22] V. Menon, M. H. Nehrir: “A hybrid islanding detection technique using voltage unbalance and frequency set point,” IEEE Trans. Power Syst., vol. 22, no. 1, pp. 442–448, Feb. 2007.

[23] International Energy Agency, “Overcoming PV Grid Issues in The Urban Areas”, IEA, Report IEA-PVPS T10-06-2009, 8, 9, (2009).

[24] A.M.Massoud, K. H. Ahmed, S. J. Finney, B.W.Williams: “Harmonic distortion-based island detection technique for inverter-based distributed generation,” IET Renewable Power Gen., vol. 3, no. 4, pp. 493–507, 2009.

[25] M.Pattnaik, D.Kastha: “Harmonic Compensation With Zero-Sequence Load Voltage Control in a Speed-Sensorless DFIGBased Stand-Alone VSCF Generating System”,IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 60, no. 12, pp. 5506-5514, 2013.

[26] P.J.M. Heskes: “Power Quality Behaviour of Different PV Inverter Topologies”, PCIM 2003, 24th International Conference, Germany, (2003).

[27] J.H.R. Enslin, P.J.M. Heskes, “Harmonic Interaction Between a Large Number of Distributed Power Inverters and the Distribution Network,” IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 19, No. 6, (2004).

[28] S.Erkurt, E.Özdemir, İ.M.Koç, A. Aktaş, K. Erhan: "Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin Güç Kalitesine Etkileri ve Performans Analizi", 6. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu bildiri kitapçığı, 6. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu (EVK 2015)

[29] A.S.Bubshait, A.Mortezaei, M.G.Simoes, T.D.C.Busarello: “Power Quality Enhancement for a Grid Connected Wind Turbine Energy System”, IEEE Transactıons On Industry Applıcatıons, Vol. 53, No. 3, May/June 2017

[30] A.B. Zadel, A.Gaikwad, Ku. P. M. Jeevane, G. Lohote: “Hybrid Solar and Wind Power Generation with Grid Interconnection System for Improving Power Quality”, 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES-2016), 978-1-4673-8587-9/16/$31 .00 ©2016 IEEE

[31] T.Basso, “IEEE 1547 and 2030 Standards for Distributed Energy Resources Interconnection and Interoperability with the Electricity Grid”, National Renewable Energy Laboratory, Prepared under Task Nos. SS13.0550 and DP12.2014

[32] T. Matlokotsi, S. Chowdhury: “Role of Grid Integration of Distributed Generation in Power Quality Enhancement : A Review”, 2016 IEEE PES Power Africa Conference, 978-1-4673-9981-4/16/$31.00 ©2016 IEEE

[33] T.J.Tengku Hashim, A. Mohamed, H, Shareef: “A review on voltage control methods for active distribution networks," Electrical Review, vol. 88, no. 6, pp. 304 - 312, 2012.

[34] S. Ruiz-Romero, A. Colmenar-Santos, F. Mur-Perez, A. Lopez-Rey: "Integration of distributed generation in the power distribution network: The need for smart grid control systems, communication and equipment for a smart city-Use cases," Renewable and sustainable energy reviews, vol. 38, pp. 223-234, 2014.

[35] A. Howlader, N. Urasaki, A. Yona, T. Senjyu, A. Y. Saber: "A review of output power smoothing methods for wind energy conversion systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 26, pp. 135- 146, 2013.

[36] D. Akinyele, R. Rayudu: "Review of energy storage technologies for sustainable power networks," Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 8, pp. 74-91, 2014

[37] J. Kennedy, P. Ciufo, A. Agalgaonkar: "Over-Voltage Mitigation within Distribution Networks with a High Renewable Distributed Generation Penetration," in Energy Conference (ENERGYCON), 2014 IEEE International, Cavtat, 2014.

[38] G. Tabita, B. Satish: "A Control Strategy for Implementation of Enhanced Voltage Quality in Micro Grid," International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), vol. 2, no. 4, p. 110 - 116, 2014.

[39] K.M.Priyadharshini, S.Srinivasan / C. Srinivasan: "Power Quality Disturbance Detection and Islanding in Micro Grid Connected Distributed Generation", 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 978-1-4799-3975-6/14/$31.00 ©2014 IEEE

[40] P.K.Ray, N.Kishor, S.R.Mohanty: "Islanding and power quality disturbance detection in grid-connected hybrid power system using wavelet and S-transform" IEEE Transactions on Smart Grid, vol.3, no.3, pp. 1082-1094, Sep. 2012.

[41] S. K. Kim, J. H. Jeon, C.H.Cho, J.B.Ahn, S. H.Kwon: "Dynamic modeling and control of a grid-connected hybrid generation system with versatile power transfer," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 4, pp. 1677–1688, Apr. 2008.

[42] M. G. Bartlett, M. A. Redfern: "A review of techniques for the protection of distributed generation against loss of grid," presented at the UPEC, Belfast, U.K., 6–8, 2000.

[43] S. K. Kim, E. S. Kim, J. B. Ahn: "Modeling and control of a gridconnected Wind/PV hybrid generation system," in Proc. IEEE PES Transmiss. Distrib. Conf. Exhib., 2006, pp. 1202–1207.

[44] S. Jang, K. Kim: "An islanding detection method for distributed generation algorithm using voltage unbalance and total harmonic distortion of current," IEEE Trans. Power Del., vol. 19, no. 2, pp. 745– 752, Apr. 2004.

[45] L. Lopes, Y. Zhang: "Islanding detection assessment of multiinverter systems with active frequency drifting methods," IEEE Trans Power Del., vol. 23, no. 1, pp. 480–486, Jan. 2008.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Experimental Comparison of Drying of Apples in a Drying System in which a Heat Pipe Solar Collector and a Heat Pump Drying System Are Used Together

H. Doğan[1], H. Budagov[2]*

[1]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye
[2]Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Abstract

Overall, when we look at the world crop production statistics, as well as geographical location, Turkey is one country that has an important place in the food sector in the world. Millions of tons of dried fruits and vegetables are exported each year. The clean, unspoilt and beautiful appearance of the products sold according to the world market competition conditions has become the most important competition conditions. Besides the quality of the product, the fact that the drying process is completed with little and clean energy consumption increases the competitive power of the foreign marketing sector. This is why the development and practical application of industrial drying systems is monitored every year. The main purpose of this development is to reduce the consumption of energy and to ensure that the moisture values in the environment can be kept at the desired value.

In this study, the same amount of dried fruit was dried under the same conditions as the (Golden) apples with Heat Pump and Heat Pipe Solar Collector. When 100 g of apples were dried for 7 hours in a Heat Pump Dryer, they weighed 9.6 g. Other results are; COP_{IP} 4.77; COP_{TS} 3.64; average heat gain load 1779.3 J/s, SMER 0.26 kg/kWh; MER 0.013 kg/h; SEC 49656, 86 kJ/kg yield was calculated as 73.5 %. In the same experiment with heat pipe solar collector dryer, the apples was 13.1 g have an average heat gain of 170.66 J/s; IPK value 6.77; SMER 0.048 kg/kWh; MER 0.012 kg/h; SEC was 69235.2 kJ/kg and the productivity was calculated as 40.1%.

Keywords: Renewable energy, drying, heat pipe, solar collector, heat pump.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Gürlek ve ark. (2015), ısı pompalı kurutma sisteminde azalan hız periyodunda 1579,5 kg kütleye sahip elma dilimlerini nem değerleri %10'un alt değerlerine kadar indirerek kurutma işlemini gerçekleştirmişler.

Aktaş ve ark. (2009), ısı pompalı ve güneş kolektörlü kurutma sisteminde elma dilimlerini kurutarak karşılaştırma yapmışlar. Yapılan karşılaştırmada 3,5 saat içerisinde ürünün nem değerleri Isı pompalı kurutma sisteminde 4,8 $g_{su}/g_{guru\ madde}$'den - 0,18 $g_{su}/g_{guru\ madde}$'e indiği halde güneş destekli kurutma sisteminde ise aynı saatte bu değer 4,8 $g_{su}/g_{kuru\ madde}$'den -1 $g_{su}/g_{guru\ madde}$ değerlere kadar indirilmiştir.

Ceylan ve ark. (2005), Isı pompalı kurutma odasında elma kurutulması ile ilgili deneysel çalışma yapmışlar. Bu çalışmada elma dilimleri 40^0C'de ve 2,8 m/s hava hızında 3,5 saat kurutularak deneyler yapılmıştır.

Aktaş ve Kara (2013), güneş enerjisi ve ısı pompalı kurutucuda dilimlenmiş kivi dilimlerinin kurutulması için kurutma işlemi gerçekleştirmişler. Dilimlenmiş kivi dilimleri 5mm kalınlığında olup; 6 $g_{su}/g_{kuru\ madde}$ başlangıç nem miktarından 35 ^{o}C sıcaklıkta 0,53 g su/g kuru madde, 40 ^{o}C sıcaklıkta 0,25 g $_{su}/g_{kuru\ madde}$,

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 533-172-8991.*
E-mail address: huseyn.budagov@gmail.com (H. Budagov).

45ºC sıcaklıkta 0,14 g $_{su}$/g $_{kuru\ madde}$ ve 50 ºC sıcaklıkta 0,15 g $_{su}$/g $_{kuru\ madde}$ nem miktarına kadar ve sırasıyla 8,5 saat, 7,5 saat,7,5 saat ve 6,5 saatte kurutulmuştur.

Çolak ve ark. (2007), ısı pompalı kurutma sisteminde nane yapraklarının kurutulması için ekserjetik değerlendirme yapmışlar.

Aktaş ve ark. (2010), güneş enerji destekli ısı pompalı kurutma sisteminde kırmızı biberi kurutarak sistemin performans analizlerini hesaplamışlar. Kırmızıbiberler başlangıç nem miktarından (10,81 g $_{su}$/g $_{kuru\ madde}$) son nem miktarına (0,16 g $_{su}$/g $_{kuru\ madde}$) kadar kurutulmuştur. Kurutuma işlemi 210 dakika devam ettirilmiştir.

Fudholi ve ark. (2015), güneş destekli kurutma sisteminde palmiye yapraklarını kurutarak deneysel analiz yapmışlar.

Aktaş ve ark. (2014), Isı pompalı bir kurutma sisteminde portakal kabuğu kurutarak kurutma işlemi gerçekleştirmişler. Deney 45 ºC kurutma havası sıcaklığı ve 1m/s hava hızında yapılmıştır. Deney sonucunda tüm sistem için performans katsayısı (COP_{ws}) değeri ortalama 3,83 olarak hesaplanmıştır. Portakal kabukları 8 saat 45 dakikada 3 $g_{su}/g_{kuru\ madde}$ nem miktarından 0.09 $g_{su}/g_{kuru\ madde}$ nem miktarına kadar kurutulmuştur.

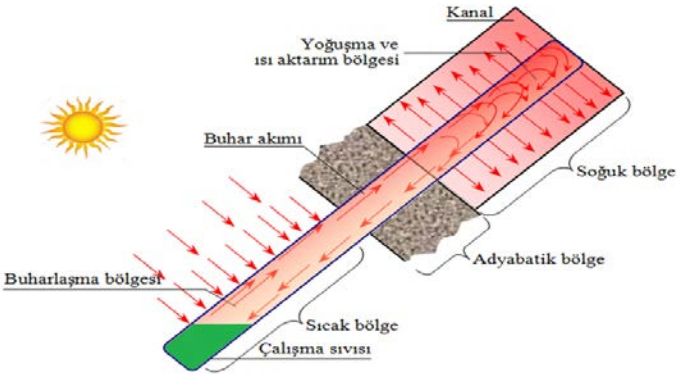
Yahya ve ark. (2016), güneş altında ve güneş destekli ısı pompalı kurutma sisteminde manyok kurutulması için deneysel çalışma yapmışlar. Güneşli kurutma ve GDIP kurutma sisteminde yapılan deneyler ardıcıl olarak; 13 ve 9 saat içinde 40 ^{0}C ve 45 ^{0}C sıcaklıklarda 30,8 kg'dan 17,4 kg'a düşürülmüştür.

2. KURUTMA SİSTEMİ

Güneş enerjisi ve ısı pompalı sistemin birlikte ve ya ayrı-ayrı kullanılması enerji tüketiminin azaltılması ve çevrenin korunması istikametinde önemli bir katkı sağlandığı bilinmektedir. Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde GDIP sistemlerin sıcak su ve hava elde edilmesi amacıyla kullanılmasının birçok bariz uygulamaları mevcuttur.

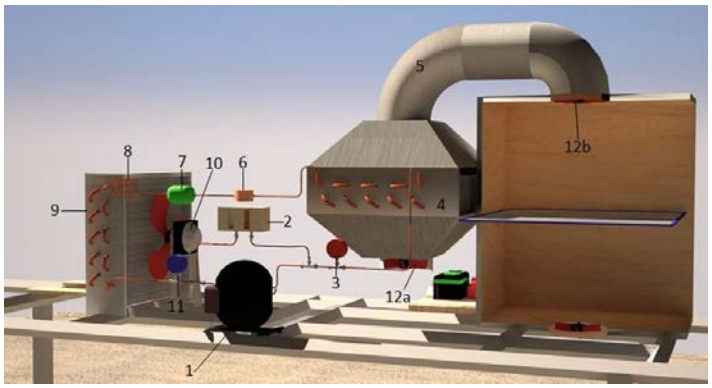
Bu çalışmada enerji tüketiminin minimum olması çevre kirliliğinin oluşmaması ve mevcut enerji kaynaklarının kullanılmadan temiz, güzel görünümlü ve sağlıklı elma kurutulması için deneysel kurutma işlemi gerçekleştirildi. Çalışmada güneş enerjisinden yararlanarak kurutma işlemi yapabilen ısı borulu güneş kolektörlü kurutma sistemi ve hava enerjisinden yararlanarak kurutma işlemi yapabilmesi için de hava kaynaklı ısı pompalı kurutma sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarımda sistemin gün boyu çalışması için günün güneşli zamanlarında ısı borulu güneş kolektörüyle ve güneş olmayan zamanlarda ise ısı pompalı sistemle kurutma yapabilmesi her iki sistemin sıcak çıkış hava kanalları aynı kabine vuracak şekilde bağlanmıştır. Isı borulu güneş kolektörü ve ısı pompalı kurutma sistemi bir birine bağlı olmadan, ayrı-ayrı ve birlikte kullanılarak çalışma sürekliliği kazanacaktır. Sisteme PID kontrol ünitesi bağlanılarak çalışma şartlarında kolaylık sağlanmıştır.

IBGK kurutma sistemi için güneşten ısı enerjisinin kazanılması amacıyla ısı borulu güneş kolektörü kullanılmaktadır. Güneşten gelen enerji ısı borularına yansıyarak içerisinde bulunan akışkan sıvıyı buharlaştıracaktır. Buharlaşan sıvı akışkan ise ısıyı diğer borulardan bin kat daha hızlı şekilde ısı aktarım kanatçıklarına taşıyacaktır. Enerji transfer yükünü arttırmak amacıyla da ısı borularına bakır malzemeden kanatçıklar bağlanmıştır. Şekil 1'deki gibi alt ucu sıcak bir bölgeye yerleştirilen ısı borusunun alt ucu sıcaklığı, ısı taşıyıcı akışkanın kaynama noktası sıcaklığını aştığında, çalışma sıvısı kaynamaya başlar. Çalışma sıvısı buharlaştıkça hacmi artacağından, borunun alt bölümünde buhar basıncı yükselir. Buhar haline gelmiş olan ısı taşıyıcı akışkan borunun üst kısmına doğru yükselir. Üst kısımda (soğuk bölgede) buharlaşma gizli ısısını vererek yoğuşan çalışma sıvısı, yer çekiminin etkisiyle borunun iç yüzeyinden tekrar aşağı doğru akar. Böylece borunun içerisindeki akışkan sürekli olarak çevrim yapmış olur. Akışkanı buharlaştırmak için gerekli olan ısı enerjisi, sıcak bölgeden sürekli olarak alındığından, aynı miktardaki ısı enerjisi yoğuşma bölgesinde (soğuk bölgede) atılmak durumundadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi ısı borusu içinde sürekli iki fazlı akış meydana gelir. Sıcak bölgede oluşan buhar yukarıya çıkarken, soğuk bölgede yoğuşan buhar, sıvı haline gedikten sonra boru iç yüzeyinden aşağıya doğru iner. Yoğuşan akışkanın kendi aralığı ile aşağıya aktığı bu hal (termosifon sistemi) olarak adlandırılır. İmalatı yapılan ısı boruları kolektöre yerleştirildikten sonra kurutma işlemi için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1. Isı borusunun ve IBGK'ün şematik çizelgesi

Günün güneşsiz saatlerinde kurutma sisteminin kurutma yapabilmesi için ısı pompalı sistem tasarlanmıştır ki, sistemin tasarım şekli 3 boyutlu olarak Şekil 2'de gösterilmektedir.

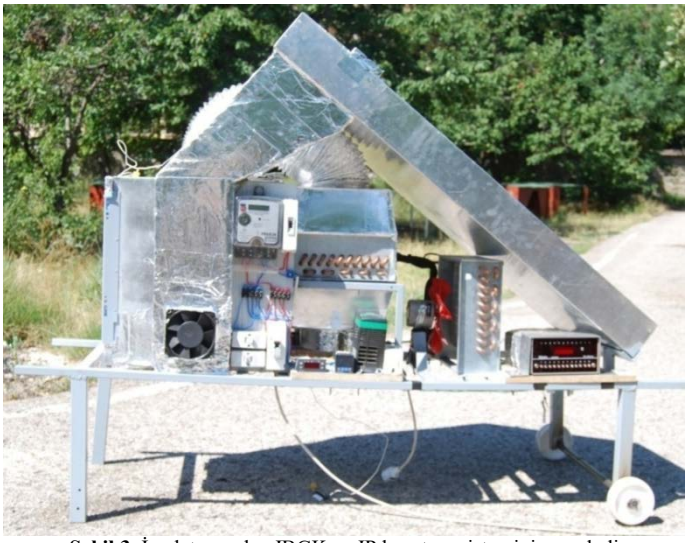


1. Kompresör	5. Kondenserden kabine geden boru	9. Buharlaştırıcı (Evaporatör)
2. Prosestat	6. Gözetleme camı	10. Fan
3. Yüksek basınç manometre	7. Fitler drier	11. Alçak basınç manometer
4. Yoğuşturucu (Kondenser)	8. Kılcal boru	12a -12b. Kondenser fanları

Şekil 2. IP kurutma sistemin 3 boyutlu görünüşü

Şekil 3.de görüldüğü gibi buharlaştırıcıda bulunan akışkan havadan ısıyı alır ve kılcal borulardan geçer, kılcal borudan geçen buhar fazındaki akışkan genleşir. Genleşmiş halde bulunan akışkan kompresörün yarattığı basınçla yoğuşturucuya iletilir. Yoğuşturucuda ise fanlar sıcak sıvıdaki ısı enerjisi borulara iletmektedir borulardan çıkan sıcak hava ise kurutma kabinine yerleştirilen ürün üzerine aktarılarak kurutma işlemini gerçekleştirir.

Sistem tasarlandıktan sonra IBGK ve IP kurutma sistemi bir birine bağlı olmadan çalışacak hale getirilerek imalatı yapılmıştır. İmalatı yapıldıktan sonra sistemin görünüşü Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. İmalatı yapılan IBGK ve IP kurutma sisteminin son hali

Dış hava ile çalışması sağlanılan kurutma sisteminin kurutma hava sıcaklığı Oransal-İntegral-Türevsel (PID) kontrol sistemi ile idare edilecektir. Bununla istenilen hava sıcaklığı sağlanılacaktır. Isı pompası sisteminde soğutucu akışkan olarak R134a akışkanı kullanılmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kurutma sistemi kurutulacak ürünün spesifik özelliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Tasarımı gerçekleştikten sonra sistemde kullandığımız ekipmanların kapasite hesapları ve aşağıda gösterilen eşitlikler teker-teker hesaplanarak deneyleri yapılmıştır.

IBGK ile yapılan kurutmada güneş kolektöründe toplanan enerji;

$$Q_{GT} = m_p \cdot c_p \cdot \left(\frac{dT_p}{dt}\right) \quad (1)$$

IBGK kurutma sisteminde kazanılan enerji yükü;

$$\dot{Q}_{IBGK} = m_h \cdot c_h \cdot \Delta T \quad (2)$$

IBGK'de güneş ışınımından emilen enerji yükü;

$$\dot{Q} = \eta \cdot I \cdot A \quad (3)$$

IBGK 'ün verimi;

$$\eta = \frac{m_h \cdot c_h \Delta T}{I \cdot A + W} \quad (4)$$

IBGK için Isıtma performans katsayısı IPK;

$$IPK = \frac{Q_{IBGK}}{W_f} \quad (5)$$

IP kurutma sisteminde yoğuşturucudan atılan ısı yükü;

$$\dot{Q}_{IP} = m_h \cdot c_h \cdot \Delta T \quad (6)$$

$$m_h = \rho_h \cdot v_h \quad (6a)$$

IP kurutma sistemi için ısıtma tesir katsayısı (COP_{IP});

$$COP_{IP} = \frac{\dot{Q}_Y}{W_{komp}} \quad (7)$$

IP kurutma sisteminin tüm performans katsayısı (COP_{TS});

$$COP_{TS} = \frac{\dot{Q}_Y}{W_{komp} + W_{fan\ eva} + W_{fan\ kond}} \quad (8)$$

Kurutma işleminde elma dilimlerinin kuru ve yaş baza göre nem miktarlarının hesaplanması;

$$SO_{KA} = \frac{YA - KA}{KA} \quad (9)$$

$$SO_{YA} = \frac{YA - KA}{YA} \quad (10)$$

Genellikle kurutucularda enerji verimliliği özgül nem alma hızı (SMER) ile ölçülür;

$$SMER = \frac{\text{ÜRÜNDEN UZAKLAŞTIRILAN NEM KÜTLESİ}}{\text{ENERJİ GİRDİSİ}} \quad (11)$$

Kurutucudan birim zamanda uzaklaştırılan nem kütlesi (MER);

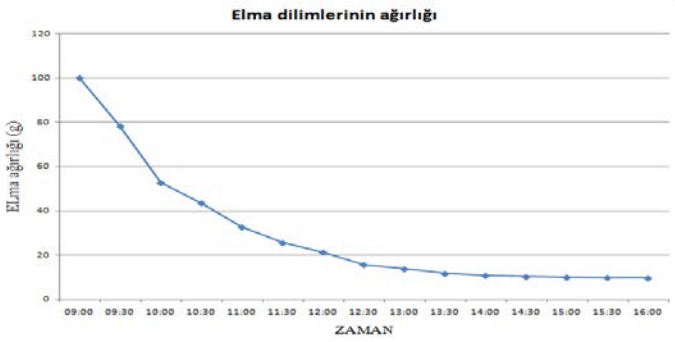
$$MER = \frac{\text{ÜRÜNDEN UZAKLAŞTIRILAN NEM KÜTLESİ}}{\text{KURUMA SÜRESİ}} \quad (12)$$

Özgül enerji tüketimi (SEC);

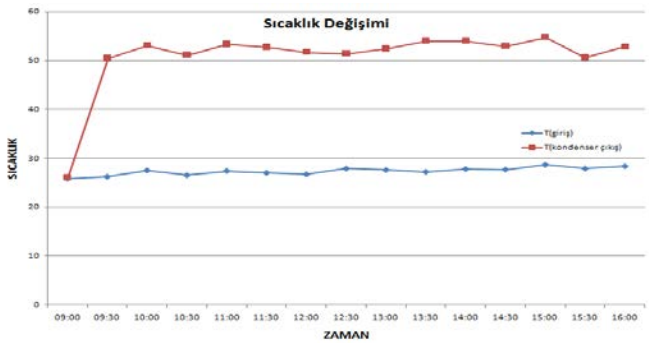
$$SEC = \frac{\text{SİSTEME GİREN TOPLAM ENERJİ}}{\text{ÜRÜNDEN UZAKLAŞTIRILAN SUYUN KÜTLESİ}} \quad (13)$$

4. IBGK VE IP KURUTMA SİSTEMİNDE ELMA DİLİMLERİNİN KURUTULMASI

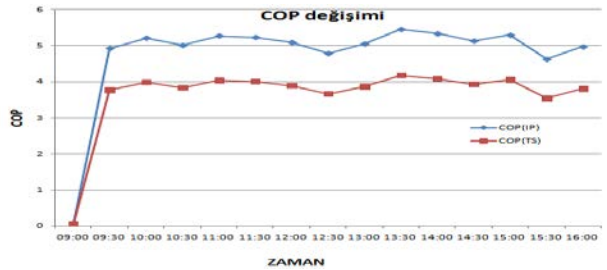
Sistem karşılaştırılması yapmak için aynı cins (Golden) Elma dilimleri aynı kalınlıkta doğranılmıştır. Bundan başka her iki sistemde kurutma işlemi aynı hava hızlarında ve kuruma sürelerinde yapılmıştır. İlk deney IP kurutma sistemi için gerçekleştirildi. Yapılan deneylerde 100 gr elma 7-8 mm kalınlığında dilimlenerek kurutma kabinine yerleştirildi. Ağırlık ölçümleri her 30 dk'da bir, sistem performans ölçümleri ise 15 dk aralıklarla ölçülerek kaydedilmiştir. İlk deney ısı pompalı kurutma sistemiyle yapıldı. Yapılan deneylerde elmanın Ağırlık, Sıcaklık, Isı yükü, COP değişimi Şekil 4'de gösterilmektedir.



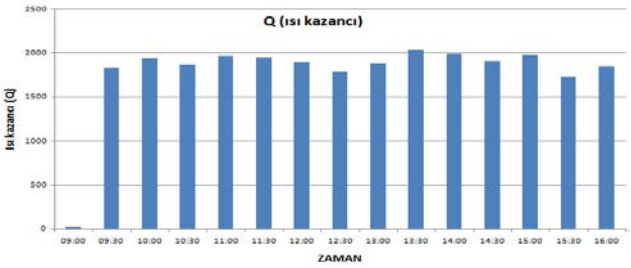
A) Zaman içerisinde ağırlık değişimi



B) Sıcaklık değişimi



C) COP değişimi



D) Zaman içerisinde ısı kazançları

Şekil 4. IP kurutma sisteminin performans göstericileri

Yapılan deneyler sonucu kaydedilen değerler dikkate alınarak her zaman aralığı için sistem performans göstericileri hesaplanmış ve sonuç olarak ortalama rakamlar ele alınmıştır.

IP kurutma sistemi ile yapılan kurutma işleminde ortalama ısı kazancı Eş.2'den

$\dot{Q}_{IP}$ = 1779,3 kJ/s

COP değerleri Eş 7 ve 8'den; COP_{IP} = 4,77 ve COP_{TS} = 3,64 olarak hesaplanmıştır.

Sistemin özgül nem çekme oranı (SMER) Eş 11'den;

SMER = 0,026 kg/kWh; Bundan başka MER değerleri ise Eş 12'den;

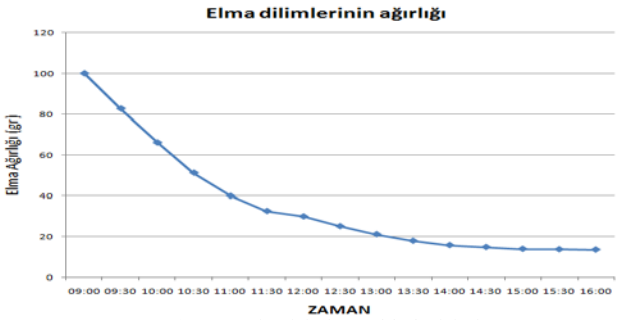
MER = 0,013 kg/h olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen performans analiz sonuçları literatür taramada diğer kurutma deneyleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen karşılaştırma sonuçları Çizelge 1'de gösterilmektedir.

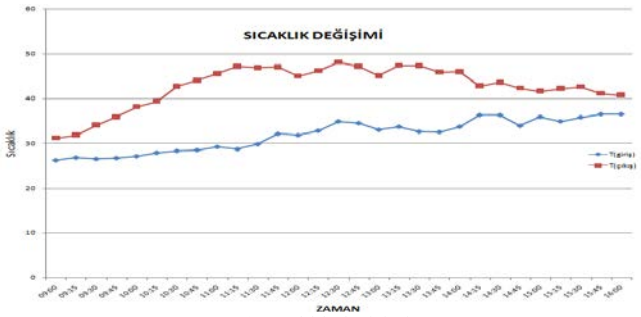
Çizelge 1. Literatür Taramada Bazı Karşılaştırmalar

Çalışmalar	COP_{IP}	COP_{TS}	Sıcaklık değeri	Çalışma süresi	SMER	MER
G.Gürlek ve ark (1)	-	-	50	90dk	2,26	0,54
M.Aktaş ve M. Çağatay. Kara (5)	3,02	2,37	50	6,5 saat	-	-
B.Aktekeli (12)	5,65	5,28	49,5	2,67 saat	67,52	-
M.Aktaş ve ark (7)	2,87	2,24	50	210 dk	0,209	
M.Yahya ve ark (10)	3,38	-	45	9 saat	0,47	-
H.Doğan ve H.Budagov	4,77	3,64	50	7 saat	0,26	0,013

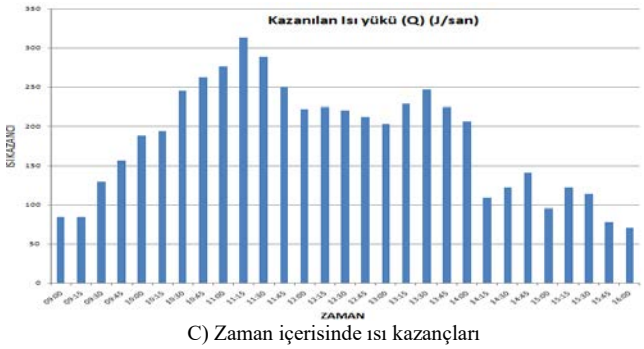
Aynı deney aynı çalışma şartlarında; 2 m/s hava hızında, 7 saat kuruma süresinde, 100 gr Golden cinsi elma 7-8 mm kalınlığında dilimlere bölünerek IBGK kurutma sisteminde kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deney zamanı elmanın ağırlık değerleri 30 dk aralıklarla ve sistemin performans değerleri ise 15 dk aralıklarla hesaplanarak kaydedilmiştir. Elde edilen değerlerle sistemin performans özellikleri hesaplanmış ve Şekil 5'dE şematik olarak gösterilmiştir.



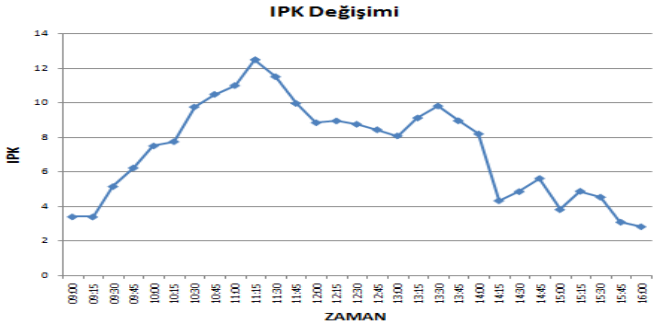
A) Zaman içerisinde ağırlık değişimi



B) Sıcaklık değişimi



C) Zaman içerisinde ısı kazançları



D) IPK değişimi

Şekil 5. IBGK kurutma sisteminin performans göstericileri

IBGK kurutma sisteminde 7 saat kurutma sonucu Golden cinsi elma 100,3 gr ağırlıktan 13,48 gr çeki ağırlığına kadar düşürülmüştür.

IBGK ile yapılan kurutma işlemi sonucu sistemin performans anazlileri ölçülerek kayd edilmiştir ve kaydedilen değerler dikkate alınarak her zaman aralığı için sistem performans göstericileri hesaplanmış ve sonuç olarak ortalama rakamlar ele alınmıştır.

IBGK kurutma sistemi ile yapılan kurutma işleminde ortalama ısı kazancı Eş.2'den

$\dot{Q}_{IBGK}$ = 170,66 j/s olarak hesaplanmış.

IPK değeri EŞ 5'den; IPK = 6,77

SMER = 0,048 kg/kWh;

MER = 0,012 kg/h

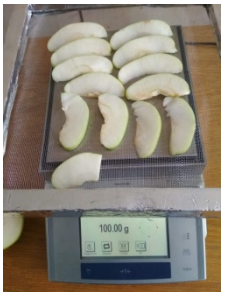
Sistem verimliliği ise Eş. 4'den;

η = %40,1 olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇ

Kurutma işleminin sonunda elmaların başlangıç ve kurutma işleminden sonraki görünümleri ve ağırlıkları Çizelge 2.'de görüldüğü gibi olmuştur. IBGK ile yapılan kurutmada IP ile yapılan kurutmaya göre süre kurutma süresi uzadığı için üründe renk sararması görülmüştür. Bunun yanında IBGK ile yapılan kurutma diğerine göre ürünün renk değişimi olmamıştır.

Çizelge 2. Elma kurutma öncesi ve sonrası

Elma kurumadan önce	IP ile yapılan kurutma	IBGK ile yapılan kurutma
100 g	9,6 g	13,4 g
		

Elde edilen değerlerden yola çıkarak söylenebilinir ki, IP ile yapılan kurutmada ve IBGK ile yapılan kurutma enerji tasarrufu sağlanmıştır. IBGK ile yapılan kurutmada enerji tasarrufu IP ile olan kurutmadan daha çok olmasına rağmen IP kurutma sistemi elma dilimlerini daha hızlı bir şekilde ve daha temiz (beyaz) bir şekilde kurutarak kurutma işlemini tamamlamıştır. Kurutma işleminde en öncül değer SMER değerleridir ki IBGK ile yapılan kurutmada SMER değeri IP kurutmadan daha fazla olmuştur.

Enerji maliyetinin düşürülmesi, sağlıklı temiz kurutma ürünün elde edilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması, verimliliğin arttırılması yapılan çalışmalarda temel amaç olmaktadır. Yaptığımız çalışmada bu temel amaçlar göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

REFERENCES

[1] Gürlek, G., Akdemir, Ö., Güngör, A., Gıda kurutmasında ısı pompalı kurutucuların kullanımı ve elma kurutmada uygulanması, Pamukkale Univ Müh Bilim Dergisi 21(9); 398-403, 2015.

[2] Aktaş, M., Ceylan, İ., Yılmaz, S. Determination of drying characteristics of apples in heat pump and solar dryer, Desalination 239; 266–275 , 2009.

[3] Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H. Isı pompalı kurutma odasında elma kurutulması, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 25, 2, 9-14, 2005

[4] Aktaş, M., Çağatay, M, K. Güneş Enerjisi Ve Isı Pompalı Kurutucuda Dilimlenmiş Kivi Kurutulması. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 28, No 4, 733-741, 2013

[5] Colak, N., Kuzgunkaya, E., Hepbaslı, A. Exergetic Assessment of Dryıng of Mınt Leaves in a Heat Pump Dryer, Journal of Food Process Engineering 31 ; 281–298, 2008.

[6] Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H., Aktekeli, Z. Güneş Enerjisi Destekli, Isı Pompalı Kırmızıbiber Kurutucusunun Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 30, 1, 111-120, 2010.

[7] Fudholi, A., Sopian, K., Alghoul, M. A. Ruslan, M. H., Othman, M. Y. Performances and improvement potential of solar drying system for palm oil fronds. Güneş Enerjisi Destekli, Isı Pompalı Kırmızıbiber Kurutucusunun Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri, Renewable Energy 78; 561-565, 2015.

[8] Aktaş, M., Menlik, T., Boran, K., Aktekeli, B., Aktekeli, Z. Isı Pompalı Bir Kurutucuda Portakal Kabuğu Kurutulması. Gazi Universitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji. 2(2); 229-238, 2014.

[9] Yahya, M., Fudholi, A., Hafizh, H., Sopian, K. Comparison of solar dryer and solar-assisted heat pump dryer for cassava, Solar Energy 136; 606–613,2016.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Complex Dynamics to the Compressional Dispersive Alfvén Waves in (1+1) Dimensions

H.M. Baskonus[1*]

[1]*Department of Computer Engineering, Munzur University, Tunceli, Turkey*

Abstract

This paper dealt with the dynamics of modulated Compressional Dispersive Alfvén waves arising in plasma physics in terms of complex dynamics properties. We use a power scheme, namely, modified exponential function method with sub equation in exponential form. Dark, bright, exponential, soliton, complex and hyperbolic function solutions are successfully obtained. We investigate also some special conditions for the existence of valid solutions. Choosing of suitable values of the parameters, 2D and 3D graphs for the dark and complex solutions are plotted by using several powerful computational programs.

Keywords: Compressional Dispersive Alfvén, Modified exponential function method, Hyperbolic, Trigonometric and Complex solutions.

1. INTRODUCTION

Many real world problems, along with recently outbreak, have been symbolized by using mathematical models being nonlinear partial differential equations. Especially, these models related to living beings attract scientist attention from all over the world. In this sense, some of these problems arising in various areas of nonlinear science such as hydromagnetic waves, hydrodynamics, plasma physics, nonlinear physical science, optical fiber, magnetized space and hydrodynamics among others are modelled in form of nonlinear Schrödinger equations etc.

Such a model of hydromagnetic waves comes across in the Alfvén waves arising in magnetic field [1]. One of such models emerges as nonlinear propagation of hydromagnetic waves which is of electromagnetic disturbances in magnetized space and laboratory plasmas [1, 2]. As a special attention, M.K. Ahmed and O.P. Sah have derived linear dispersion relation of the solitary kinetic Alfvén waves in non-extensive electron-positron-ion plasma [3]. Ved Prakash, Ruby Gupta and S.C.Sharma have observed the electromagnetic Alfven waves in three component dusty plasmas [4]. More recently, Qiangchang Ju and Xin Xu have rigorously proved the small Alfvén number limit of the plane magnetohydrodynamic flows [5].

Main aim of this study is to investigate the dynamics of modulated Compressional Dispersive Alfvén (CDA) waves arising in plasma physics [2] by using the newly modified $\exp\left(-\Omega\left(\xi\right)\right)$ -expansion function method (MEFM) [6-8]. The modulated Compressional Dispersive Alfvén (CDA) waves arising in plasma physics is considered as [1]

$$iu_t + i\lambda_1 u_x - \lambda_2 u_{xx} + \lambda_3 \left|u\right|^2 u = 0, \tag{1}$$

where λ_1 is the group velocity of the pump, and $\lambda_1 = \partial w_0 / \partial \kappa_0$, λ_2 is coefficient of the group dispersion, λ_3 is the coefficient of the nonlinearity, and, $\lambda_3 = \omega_0(2+\kappa_0^2\gamma_e^2)/2A_0^2$. The modulated Compressional

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 428-213-1794/2476: Fax: +90 428-213-1624.*
E-mail address: hmbaskonus@gmail.com (H.M. Baskonus).

Dispersive Alfvén (CDA) waves arise in plasma physics along with some important properties. Some important properties on this model have been introduced by R. Fedele, A. Hasegawa and so on [9, 10].

2. GENERAL PROPERTIES OF MEFM

Modified Exponential Function Method is summarized as follows [6-8];

$$P(u,u_t,u_x,u_{xx},\cdots)=0, \tag{2}$$

where, $u=u(x,t)$ is an unknown function, P is a polynomial in $u(x,t)$.

S**tep 1:** Combining the independent variables x and t by a dependent variable ξ

$$u(x,t)=U(\xi),\ \ \xi=k(x-ct), \tag{3}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}=kU'(\xi),\frac{\partial u}{\partial t}=-cU'(\xi), \tag{4}$$
$$\vdots$$

where k is wave number and c is the velocity of the wave. Taking the travelling wave transformation Eq.(3), it can be converted to Nonlinear Ordinary Differential equation (NODE) as following,

$$NODE\left(U,U',U'',U''',\cdots\right)=0, \tag{5}$$

where $NODE$ is a polynomial of $U=U(\xi)$.

S**tep 2:** We suppose the solution form of Eq.(5) in the following form;

$$U=\frac{\sum_{i=0}^{N}A_i\left[\exp\left(-\Omega(\xi)\right)\right]^i}{\sum_{j=0}^{M}B_j\left[\exp\left(-\Omega(\xi)\right)\right]^j}=\frac{A_0+A_1\exp\left(-\Omega(\xi)\right)+\cdots+A_N\exp\left(-N\Omega(\xi)\right)}{B_0+B_1\exp\left(-\Omega(\xi)\right)+\cdots+B_M\exp\left(-M\Omega(\xi)\right)}, \tag{6}$$

in which $A_i\ (0\le i\le N)$ and $B_j\ (0\le j\le M)$ are real-constants with $A_N\neq 0, B_M\neq 0$. Here, $\Omega=\Omega(\xi)$ satisfies the following differential;

$$\Omega'=\mu\exp(\Omega)+\exp(-\Omega)+\lambda. \tag{7}$$

Eq.(7) is of the following results under the several conditionals defined as;

Family-1: If $\mu\neq 0,\ \lambda^2-4\mu>0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(\frac{-\sqrt{\lambda^2-4\mu}}{2\mu}\tanh\left(\frac{\sqrt{\lambda^2-4\mu}}{2}(\xi+c_1)\right)-\frac{\lambda}{2\mu}\right), \tag{8}$$

Family-2: When $\mu\neq 0,\ \lambda^2-4\mu<0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2+4\mu}}{2\mu}\tan\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2+4\mu}}{2}(\xi+c_1)\right)-\frac{\lambda}{2\mu}\right), \tag{9}$$

Family-3: When $\mu=0,\ \lambda\neq 0,$ and $\lambda^2-4\mu>0,$

$$\Omega(\xi)=-\ln\left(\frac{\lambda}{\exp\left(\lambda(\xi+c_1)\right)-1}\right), \tag{10}$$

Family-4: When $\mu\neq 0,\ \lambda\neq 0,$ and $\lambda^2-4\mu=0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(-\frac{2\lambda(\xi+c_1)+4}{\lambda^2(\xi+c_1)}\right), \tag{11}$$

Family-5: When $\mu = 0,\ \lambda = 0,$ and $\lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln(\xi + c_1), \tag{12}$$

being $A_0, A_1, A_2, \cdots A_N, B_0, B_1, B_2, \cdots, B_M, c_1, \lambda, \mu$ are real-constants and non-zero.

Step 3: Setting Eqs. (3,4) into the Eq.(2), afterwards, we can find the polynomial of $\exp(-\Omega(\xi))$. Considering all the coefficients of same power of $\exp(-\Omega(\xi))$ to zero gives a system. By solving this system via various computational programs, we can obtain the values of parameters. This process gives many solutions to the model considered.

3. IMPLEMENTATION OF METHOD

In this subsection, we obtain some novel complex, soliton, exponential and dark and hyperbolic function solutions to the modulated Compressional Dispersive Alfvén waves by using MEFM.

Example-1 Let's consider the travelling wave transformation as following;

$$u(x,t) = e^{i\eta}U(\xi),\ \ \xi = x - kt,\ \eta = px - rt. \tag{13}$$

When we substitute Eq.(13) into the Eq.(1), we find the following nonlinear ordinary differential equation from the real part,

$$-\lambda_2 U'' + \left(r - \lambda_1 p + \lambda_2 p^2\right)U + \lambda_3 U^3 = 0, \tag{14}$$

while we get the following relationship from the imaginary part

$$k = \lambda_1 - 2\lambda_2 p. \tag{15}$$

Balancing between U'' and U^3, we obtain the following relationship between M and N;

$$N = M + 1. \tag{16}$$

This relationship among them gives many new complex, soliton, exponential, hyperbolic and dark solutions for the CDA model as follows;

Case-1 Choosing as $M = 1$ and $N = 2$ in Eq.(16), we can write following trial solution form for Eq.(14),

$$U = \frac{A_0 + A_1\exp(-\Omega) + A_2\exp(-2\Omega)}{B_0 + B_1\exp(-\Omega)} = \frac{\Upsilon}{\Psi}, \tag{17}$$

and

$$U' = \frac{\Upsilon'\Psi - \Psi'\Upsilon}{\Psi^2}, \tag{18}$$

$$U'' = \frac{\Upsilon''\Psi^3 - \Psi^2\Upsilon'\Psi' - \left(\Psi''\Upsilon + \Psi'\Upsilon'\right)\Psi^2 + 2\left(\Psi'\right)^2\Upsilon\Psi}{\Psi^4}, \tag{19}$$

$\vdots$

where $A_2 \neq 0, B_1 \neq 0$. When we use Eq.(17) and Eq.(19) in Eq.(15), we get a system of algebraic equations from the coefficients of polynomial of $\exp(-\Omega(\xi))$. Solving this system of algebraic equations with the help of some computational program yields following coefficients;

Case 1: it can be selected as following coefficients

$$\begin{aligned} &A_0 = \frac{\lambda B_0\sqrt{\lambda_2}}{\sqrt{2\lambda_3}}, A_1 = \frac{\left(2B_0 + \lambda B_1\right)\sqrt{\lambda_2}}{\sqrt{2\lambda_3}}, A_2 = \frac{B_1\sqrt{2\lambda_2}}{\sqrt{\lambda_3}}, \\ &r = p\lambda_1 - \frac{1}{2}\left(2p^2 + \lambda^2 - 4\mu\right)\lambda_2, \end{aligned} \tag{20}$$

where $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, B_0, B_1, p, \mu$ are real constants and non-zero.

Case 1.1a: Under the terms of ***Family-1*** conditions defined as $\mu \neq 0,\ \lambda^2 - 4\mu > 0$ with

$\Omega(\xi) = \ln\left(\frac{-\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2\mu}\tanh\left(\frac{\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2}(\xi + c_1)\right) - \frac{\lambda}{2\mu}\right)$, then, when we put coefficients Eq.(20) along with Eq.(8) in Eq.(17), we obtain new complex hyperbolic function solution to the Eq.(1) as following;

$$u_1(x,t) = \frac{\sqrt{2}e^{i(px-rt)}\mu\sqrt{\lambda_2}\left(2 + \frac{\lambda}{2\mu}\left(-\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 4\mu}\tanh\left(\frac{1}{2}(E + x - kt)\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}\right)\right)\right)}{\sqrt{\lambda_3}\left(-\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 4\mu}\tanh\left(\frac{1}{2}(E + x - kt)\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}\right)\right)}, \quad (21)$$

where $p, r, \mu, \lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, k, E$ are constants and non-zero.

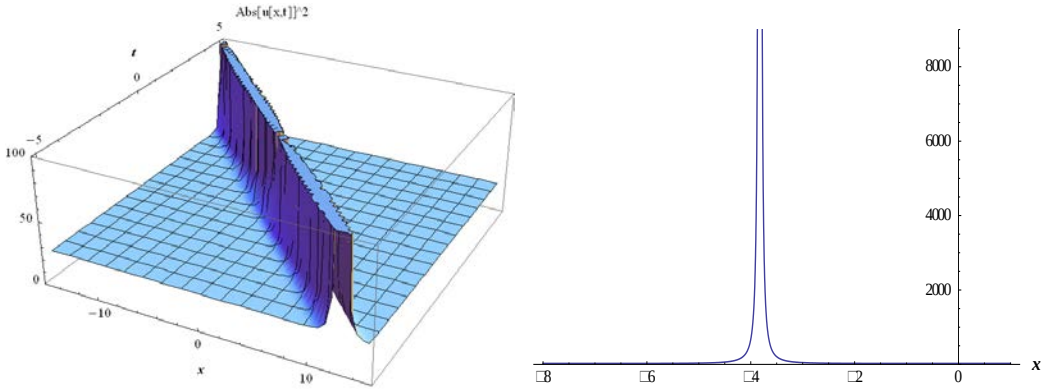


Fig. 1. The 3D and 2D surfaces of the complex hyperbolic function solution Eq.(21) by the values

$\lambda = 2,\ \mu = -0.3, \lambda_1 = 5, \lambda_2 = 2.5, \lambda_3 = 0.25, p = 0.65, k = -2.8, E = 0.25, r = -1.26375, -15 < x < 15,\ -5 < t < 5,$ for 3D graphics and $t = 0.85$ for 2D graphics

Case 1.1b: Under the terms of ***Family-2*** conditions defined as $\mu \neq 0,\ \lambda^2 - 4\mu < 0$, with

$\Omega(\xi) = \ln\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}}{2\mu}\tan\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}}{2}(\xi + c_1)\right) - \frac{\lambda}{2\mu}\right)$,

it can be written the following new trigonometric solution after putting the coefficients Eq.(20) along with Eq.(8) in Eq.(17),

$$u_2(x,t) = \frac{e^{i(px-rt)}\sqrt{\lambda_2}\left(\lambda^2 - 4\mu - \lambda\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}\tan\left(\frac{1}{2}(E + x - kt)\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}\right)\right)}{\sqrt{2\lambda_3}\left(\lambda - \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}\tan\left(\frac{1}{2}(E + x - kt)\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}\right)\right)}, \quad (22)$$

where $p, r, \mu, \lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, k, E$ are constants and non-zero. If we consider suitable values for the parameters, we plot the surfaces of the new trigonometric solution Eq.(22).

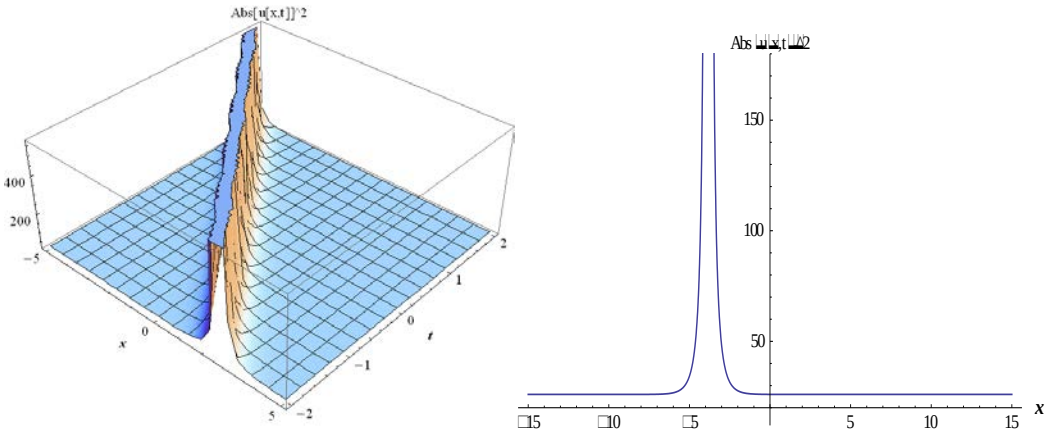


Fig. 2. The 3D and 2D surfaces of the complex trigonometric function solution Eq.(22) by the values

$\lambda = 2,\ \mu = -0.3, \lambda_1 = 0.45, \lambda_2 = 2.5, \lambda_3 = 0.25,\ p = 0.65, k = -2, E = 0.25, r = -4.26375, -5 < x < 5,\ -2 < t < 2,$ for 3D graphics and $t = 0.85$ for 2D graphics

Case 1.1c: Under the terms of ***Family-3*** conditions defined as $\mu = 0,\ \lambda \neq 0$, and $\lambda^2 - 4\mu > 0$, with

$$\Omega(\xi) = -\ln\left(\frac{\lambda}{\exp\left(\lambda\left(\xi + c_1\right)\right) - 1}\right),$$

it can be written the following new trigonometric solution after putting the coefficients Eq.(20) along with Eq.(8) in Eq.(17),

$$u_3(x,t) = \frac{\lambda\sqrt{\lambda_2}}{\sqrt{2\lambda_3}} e^{i(px - rt)} \coth\left(\frac{1}{2}\left(E + x - kt\right)\right), \tag{23}$$

where $\lambda, \lambda_2, \lambda_3, p, r, k, E$ are constants and non-zero. Taking suitable values for the parameters, it can be plotted the surfaces of the Eq.(23) by using computational program.

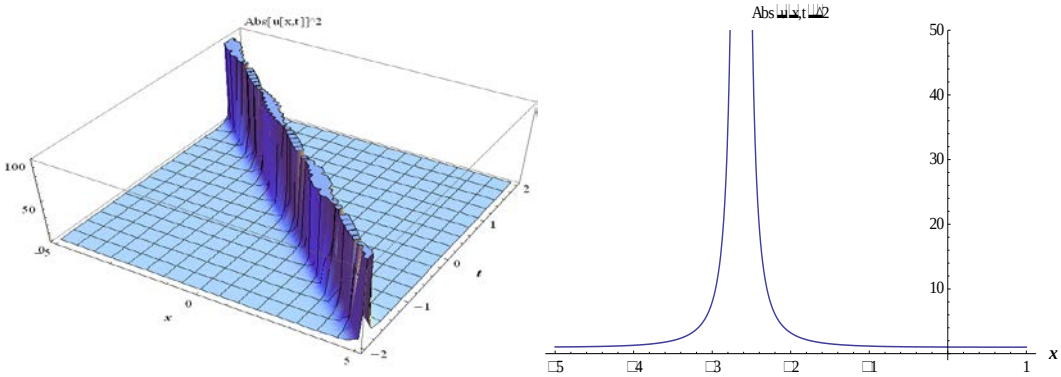


Fig. 3. The 3D and 2D surfaces of the complex hyperbolic function solution Eq.(23) by the values

$\lambda = 2,\ \mu = 0.3, \lambda_1 = 0.45, \lambda_2 = 2.5, \lambda_3 = 5, p = 0.65, k = -2.8, E = 0.25, r = -4.26375, -5 < x < 5,\ -2 < t < 2,$ for 3D graphics and $t = 0.85$ for 2D graphics

Case 2: Selecting the following coefficients;

$$A_0=\frac{i\lambda B_0\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},A_1=\frac{i\left(2B_0+\lambda B_1\right)\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},$$
$$A_2=\frac{2iB_1\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},\lambda_2=\frac{2\left(-r+p\lambda_1\right)}{2p^2+\lambda^2-4\mu}, \tag{24}$$

where $\lambda,\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,B_0,B_1,p,\mu$ are real constants and non-zero, we put these coefficients Eq.(24) along with Eq.(8) in Eq.(17), we obtain another new complex hyperbolic function solution to the Eq.(1) as following;

$$u_4(x,t)=\frac{2ie^{i(px-rt)}\mu\sqrt{r-p\lambda_1}\left(2+\frac{\lambda}{2\mu}\left(-\lambda-\kappa\tanh\left(\frac{\kappa}{2}\left(E+x-kt\right)\right)\right)\right)}{\sqrt{\left(2p^2+\kappa^2\right)\lambda_3}\left(-\lambda-\kappa\tanh\left(\frac{\kappa}{2}\left(E+x-kt\right)\right)\right)}, \tag{25}$$

where $p,r,\mu,\lambda,\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,k,E$ are constants and non-zero with $\kappa=\sqrt{\lambda^2-4\mu}$.

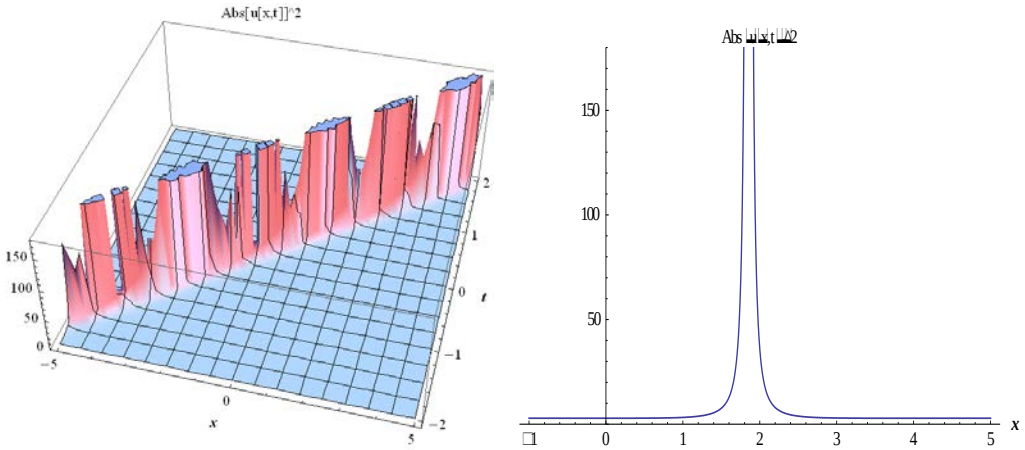


Fig. 4. The 3D and 2D surfaces of the complex hyperbolic function solution Eq.(25) by the values

$\lambda=2,\ \mu=-3,\lambda_1=5,\lambda_3=0.4,p=0.65,k=2.8,E=0.25,r=4,-5<x<5,\ -2<t<2,$ for 3D graphics and $t=0.85$ for 2D graphics

Case 3: Taking the following coefficients;

$$A_0=\frac{-i\lambda B_0\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},A_1=\frac{-i\left(2B_0+\lambda B_1\right)\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},$$
$$A_2=\frac{-2iB_1\sqrt{r-p\lambda_1}}{\sqrt{\left(2p^2+\lambda^2-4\mu\right)\lambda_3}},\lambda_2=\frac{2\left(-r+p\lambda_1\right)}{2p^2+\lambda^2-4\mu}, \tag{26}$$

where $\lambda,\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,B_0,B_1,p,\mu$ are real constants and non-zero, we put these coefficients Eq.(26) along with Eq.(8) in Eq.(17), we obtain another new complex hyperbolic function solution to the Eq.(1) as following;

$$u_5(x,t)=\frac{-2ie^{i(px-rt)}\mu\sqrt{r-p\lambda_1}\left(2+\frac{\lambda}{2\mu}\left(-\lambda-\kappa\tanh\left(\frac{\kappa}{2}\left(E+x-kt\right)\right)\right)\right)}{\sqrt{\left(2p^2+\kappa^2\right)\lambda_3}\left(-\lambda-\kappa\tanh\left(\frac{\kappa}{2}\left(E+x-kt\right)\right)\right)}, \tag{27}$$

where $p,r,\mu,\lambda,\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,k,E$ are constants and non-zero with $\kappa=\sqrt{\lambda^2-4\mu}$.

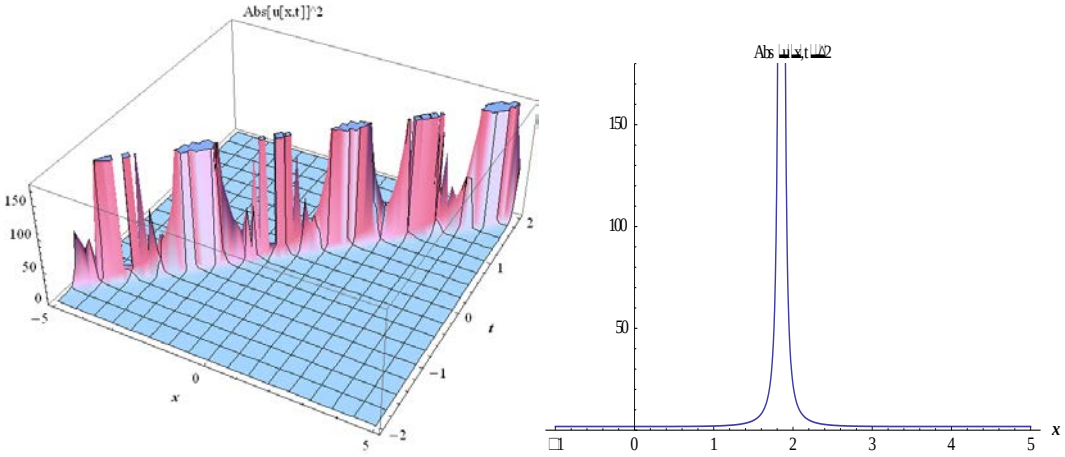


Fig. 5. The 3D and 2D surfaces of Eq.(27) by the values $\lambda = 2,\ \mu = -3, \lambda_1 = 5, \lambda_3 = 0.4, p = 0.65, k = 2.8,$

$E = 0.25, r = 4, -5 < x < 5,\ -2 < t < 2,$ for 3D graphics and $t = 0.85$ for 2D graphics

4. DISCUSSION AND REMARKS

Some important properties of the method and results obtained by using MEFM for the Eq.(1) are presented.

The method taken in this study is of some important properties comparing the $\exp\left(-\Omega(\xi)\right)$ -expansion method. It is of one more parameter M . It gives rise to many solutions in different travelling wave solutions. In this paper, for $M = 1,$ it gives three cases which are of different new travelling wave solutions under the terms of *Family 1, Family 2 and Family 3.*

We can write another solution form $M = 2$ for as following;

$$U = \frac{A_0 + A_1 \exp\left(-\Omega\right) + A_2 \exp\left(-2\Omega\right) + A_3 \exp\left(-3\Omega\right)}{B_0 + B_1 \exp\left(-\Omega\right) + B_2 \exp\left(-2\Omega\right)} = \frac{\Upsilon}{\Psi}, \tag{28}$$

and

$$U' = \frac{\Upsilon'\Psi - \Psi'\Upsilon}{\Psi^2}, \tag{29}$$

$$U'' = \frac{\Upsilon''\Psi^3 - \Psi^2\Upsilon'\Psi' - \left(\Psi''\Upsilon + \Psi'\Upsilon'\right)\Psi^2 + 2\left(\Psi'\right)^2\Upsilon\Psi}{\Psi^4}, \tag{30}$$

$\vdots$

where $A_3 \neq 0, B_2 \neq 0$. When we use Eq.(28) and Eq.(30) in Eq.(14), we get a system of algebraic equations from the coefficients of polynomial of $\exp\left(-\Omega(\xi)\right)$. The values of M with integer order are infinite. This is one of the most important aspects of method.

5. CONCLUSIONS

Reconsidering all analytical solutions obtained in this manuscript along with surfaces from Figure 1 to Figure 5, the CDA are of many different physical meaning, as mentioned upper sections. As being under the terms of these informations, it has been observed that MEFM has been a powerful tool for obtaining some new analytical solutions for Eq.(1). Moreover, analytical solutions such as hyperbolic, complex, hyperbolic and trigonometric solutions founded in this paper by using the MEFM have been verified Eq.(1). To the best of our knowledge, the application of MEFM to the Eq.(1) has not been submitted to literature, beforehand.

REFERENCES

[1] P.K. Shukla, B. Eliasson and Lennart Stenflo, Dark and grey compressional dispersive Alfven solitons in plasmas, Physics of Plasmas, (18), 6, 064511, 2011.

[2] A. Hasegawa and C. Uberoi, The Alfvén Wave (National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia, 1982).

[3] M.K. Ahmed, O.P. Sah, Solitary kinetic Alfvén waves in non-extensive electron-positron -ion plasma, Journal of King Saud University – Science 30, 375–380, 2018.

[4] Ved Prakash, Ruby Gupta, S.C.Sharma, Alfven Wave Instability with Streaming Electrons in Magnetized Dusty Plasma, Materials Today: Proceedings, 5(7), 15366-15370, 2018.

[5] Qiangchang Ju, Xin Xu, Small Alfvén number limit of the plane magnetohydrodynamic flows, Applied Mathematics Letters, Accepted, 2018, https://doi.org/10.1016/j.aml.2018.06.017

[6] H. M. Baskonus and H. Bulut, Analytical Studies on the (1+1)-dimensional Nonlinear Dispersive Modified Benjamin-Bona-Mahony Equation Defined by Seismic Sea Waves, Waves in Random and Complex Media, **DOI:**10.1080/17455030.2015.1062577, 1-13, 2015.

[7] M.G. Hafez, M.N. Alam, M.A. Akbar, Travelling wave solutions for some important coupled nonlinear physical models via the coupled Higgs equation and the Maccari system, Journal of King Saud University – Science, 27, 105–112, 2015.

[8] Uddin S., Alam N., Hossain S.M.S., Samiu H. and Akbar M.A., Some New Exact Traveling Wave Solutions to the (3+1)-Dimensional Zakharov-Kuznetsov Equation and the Burgers Equations via $\mathrm{Exp}(-\phi)$-Expansion Method, Frontiers of Mathematics and Its Applications, 1(1), 1-8, 2014.

[9] R. Fedele, Envelope Solitons versus Solitons, Physica Scripta, 65, 502-508, 2002

[10] A. Hasegawa, Plasma Instabilities and Nonlinear Effects, Springer-Verlag, Berlin, p.199, 1975.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

New Nonlinear Model for the Kaup's Higher Order Water-Wave Equation

H.M. Baskonus[1*]

[1]*Department of Computer Engineering, Munzur University, Tunceli, Turkey*

Abstract

In this manuscript, we apply an analytical method which is newly modified, and, called as modified exponential function method based on the exponential function technique. Applying this method, we find various new solutions in terms of inverse complex trigonometric function solutions to the Kaup's higher order water wave equation. These solutions differ from any studied in advance. With the help of various computational programs, surfaces of analytical solutions have been drawn.

Keywords: Modified exponential function method, Kaup's higher order water wave equation; Inverse complex trigonometric function solutions.

1. INTRODUCTION

Recently, many real world problems which are interconnected each other have been submitted to literature. This new aspect of applied sciences has been attracted many scientists attentions from all over the world. For example, V. E. Zakharov and A.M. Rubenchik have demonstrated that Boussinesq Equation can be derivable from Water-Wave equation along with some crucial properties of Boussinesq equation in terms of waveguides and solitons in nonlinear media in 1973[1]. They have also investigated characteristic instability of waveguides and solitons. D.J. Kaup has presented an extraordinary manuscript in 1974 [2]. Moreover, he has introduced some important properties of his model which is of cubic nonlinearity properties along with produced from Water-Wave equation [2]. R. Willox, I. Loris and J. Springael have shown an interconnection between nonlocal Boussinesq (nlBq)-system and KP-Hierarchy in 1995, which this nlBq system is closely tied to Kaup's higher order water wave equation defined as [3];

$$u_{tt} - \alpha u_{xx} + u_{xxxx} + \frac{1}{2}\left(u_x^2\right)_t + \left(u_x u_t + \frac{1}{2}u_x^3\right)_x = 0, \tag{1}$$

where α is real constant and non-zero. D.J. Kaup et al have proved this connection by taking the case of water waves propagating in an infinite narrow channel of constant mean depth, h [2,4]. More recently, investigation of solitary wave being another form of waves has been completed by Scottish engineer John Russel, and also, he has presented more general information about the water wave through a canal [5]. Direct bilinearization method has been successfully applied to the Kaup's higher order water wave equation by F Lambert et al [6]. They have remarked that the Kaup equation could not have been obtained by direct application of the bilinear Bäcklund techniques [6]. Generally, there are many important methods for solving nonlinear differential equations [7-14].

This paper is composed of various sections. The fundamental fact of newly Modified exponential function method (MEFM) is introduced in section 2. In section 3, Applying MEFM, we find some novel inverse

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 428-213-1794/2476: Fax: +90 428-213-1624.*
E-mail address: hmbaskonus@gmail.com (H.M. Baskonus).

complex trigonometric function solutions. Finally, we present the conclusion by giving some important properties of results.

2. GENERAL PROPERTIES OF MEFM

Modified Exponential Function Method is summarized as follows [15-17];

$$P(u,u_t,u_x,u_{xx},\cdots)=0, \tag{2}$$

where, $u=u(x,t)$ is an unknown function, P is a polynomial in $u(x,t)$.

S**tep 1:** Combining the independent variables x and t by a dependent variable ξ

$$u(x,t)=U(\xi),\ \ \xi=k(x-ct), \tag{3}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}=kU'(\xi),\frac{\partial u}{\partial t}=-cU'(\xi), \tag{4}$$
$$\vdots$$

where k is wave number and c is the velocity of the wave. Taking the travelling wave transformation Eq.(3), it can be converted to Nonlinear Ordinary Differential equation (NODE) as following,

$$NODE\left(U,U',U'',U''',\cdots\right)=0, \tag{5}$$

where $NODE$ is a polynomial of $U=U(\xi)$.

S**tep 2:** We suppose the solution form of Eq.(5) in the following form;

$$U=\frac{\sum_{i=0}^{N}A_i\left[\exp\left(-\Omega(\xi)\right)\right]^i}{\sum_{j=0}^{M}B_j\left[\exp\left(-\Omega(\xi)\right)\right]^j}=\frac{A_0+A_1\exp\left(-\Omega(\xi)\right)+\cdots+A_N\exp\left(-N\Omega(\xi)\right)}{B_0+B_1\exp\left(-\Omega(\xi)\right)+\cdots+B_M\exp\left(-M\Omega(\xi)\right)}, \tag{6}$$

in which $A_i\ (0\le i\le N)$ and $B_j\ (0\le j\le M)$ are real-constants with $A_N\neq 0, B_M\neq 0$. Here, $\Omega=\Omega(\xi)$ satisfies the following differential;

$$\Omega'=\mu\exp(\Omega)+\exp(-\Omega)+\lambda. \tag{7}$$

Eq.(7) is of the following results under the several conditionals defined as;

Family-1: If $\mu\neq 0,\ \lambda^2-4\mu>0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(\frac{-\sqrt{\lambda^2-4\mu}}{2\mu}\tanh\left(\frac{\sqrt{\lambda^2-4\mu}}{2}(\xi+c_1)\right)-\frac{\lambda}{2\mu}\right), \tag{8}$$

Family-2: When $\mu\neq 0,\ \lambda^2-4\mu<0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2+4\mu}}{2\mu}\tan\left(\frac{\sqrt{-\lambda^2+4\mu}}{2}(\xi+c_1)\right)-\frac{\lambda}{2\mu}\right), \tag{9}$$

Family-3: When $\mu=0,\ \lambda\neq 0,$ and $\lambda^2-4\mu>0,$

$$\Omega(\xi)=-\ln\left(\frac{\lambda}{\exp\left(\lambda(\xi+c_1)\right)-1}\right), \tag{10}$$

Family-4: When $\mu\neq 0,\ \lambda\neq 0,$ and $\lambda^2-4\mu=0,$

$$\Omega(\xi)=\ln\left(-\frac{2\lambda(\xi+c_1)+4}{\lambda^2(\xi+c_1)}\right), \tag{11}$$

Family-5: When $\mu = 0,\ \lambda = 0,$ and $\lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln(\xi + c_1), \tag{12}$$

being $A_0, A_1, A_2, \cdots A_N, B_0, B_1, B_2, \cdots, B_M, c_1, \lambda, \mu$ are real-constants and non-zero.

Step 3: Setting Eqs. (3,4) into the Eq.(2), afterwards, we can find the polynomial of $\exp(-\Omega(\xi))$. Considering all the coefficients of same power of $\exp(-\Omega(\xi))$ to zero gives a system. By solving this system via various computational programs, we can obtain the values of parameters. This process gives many solutions to the model considered.

3. IMPLEMENTATION OF METHOD

In this subsection, we have applied MEFM to find new analytical solutions to the Eq.(1).

Example-1 Let's consider the travelling wave transformation as following;

$$u(x,t) = U(\xi),\ \ \xi = kx - ct, \tag{13}$$

where k is the wave number and c is the wave velocity. Substituting Eq.(13) into Eq.(1), we obtain following *NODE*;

$$\left(c^2 - \alpha k^2\right)U'' + k^4 U^{(4)} - 3ck^2 U''U' + \frac{3}{2}k^4 U''(U')^2 = 0. \tag{14}$$

For simplicity, if we consider in Eq.(14) as

$$V = U' \tag{15}$$

we can rewrite this equation as following

$$\left(c^2 - \alpha k^2\right)V' + k^4 V''' - 3ck^2 V'V + \frac{3}{2}k^4 V'V^2 = 0. \tag{16}$$

By integrating Eq.(16) once with respect to ξ, and taking the integral constants to zero, we can find the following nonlinear equation;

$$2\left(c^2 - \alpha k^2\right)V + 2k^4 V'' - 3ck^2 V^2 + k^4 V^3 = 0. \tag{17}$$

When we rearrange to Eq.(6), for balance principle between V'' and V^3, we obtain the following relationship between M and N;

$$N = M + 1. \tag{18}$$

Considering different integer values of M and N, we obtain many, different and new, analytical solutions for Eq.(1) as following;

Case-1

If we choose $M = 1$ and $N = 2$, we can write follows;

$$V = \frac{A_0 + A_1 \exp(-\Omega) + A_2 \exp(-2\Omega)}{B_0 + B_1 \exp(-\Omega)} = \frac{\Upsilon}{\Psi}, \tag{19}$$

and

$$V' = \frac{\Upsilon'\Psi - \Psi'\Upsilon}{\Psi^2},$$

$$V'' = \frac{\Upsilon''\Psi^3 - \Psi^2\Upsilon'\Psi' - (\Psi''\Upsilon + \Psi'\Upsilon')\Psi^2 + 2(\Psi')^2\Upsilon\Psi}{\Psi^4}, \tag{20}$$

$$\vdots$$

where $A_2 \neq 0, B_1 \neq 0$. When we use Eqs.(19,20) in Eq.(17), we get a system of equations including coefficients of polynomials the $\exp(-\Omega(\xi))$. Solving this system yields many coefficients.

Case-1.1. We can choose the following coefficients with suitable;

$$A_0 = \frac{-c}{4k^2}(iA_1 + 4B_0) + \frac{B_0}{B_1}(A_1 - 2iB_0), A_1 = A_1, A_2 = 2iB_1, B_0 = B_0,$$
$$\mu = \frac{-1}{8B_1^2}\left(8B_0(iA_1 + 3B_0) + \frac{cB_1}{k^2}(A_1 - 12iB_0)\right), \lambda = i\left(\frac{c}{k^2} - \frac{1}{B_1}(A_1 - 2iB_0)\right), \tag{21}$$
$$\alpha = \frac{1}{2B_1^2}\left((A_1 - 4iB_0)\left(k^2(A_1 - 4iB_0) - cB_1\right)\right).$$

If we put the Eq.(21) along with Eq.(8) and Eq.(15) in Eq.(19), we find the new complex logarithmic function solution to the Eq.(1) under the terms of *Family-1* which are $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$ as following;

$$u_1(x,t) = -4\sqrt{2}Arc\tanh\left(\tanh\left(\frac{-1+t+x}{3\sqrt{2}}\right)\right) + 2i\ln\left(\frac{6i - 2\sqrt{2}\tanh\left(\frac{-1+t+x}{3\sqrt{2}}\right)}{10 - 4i\sqrt{2}\tanh\left(\frac{-1+t+x}{3\sqrt{2}}\right)}\right), \tag{22}$$

for $k = -1, c = 1, B_1 = 3, A_1 = -2, c_1 = 1,$ and, B_0 has been chosen as $B_0 = i$ for *Family-1* condition which is $\lambda^2 - 4\mu > 0.$

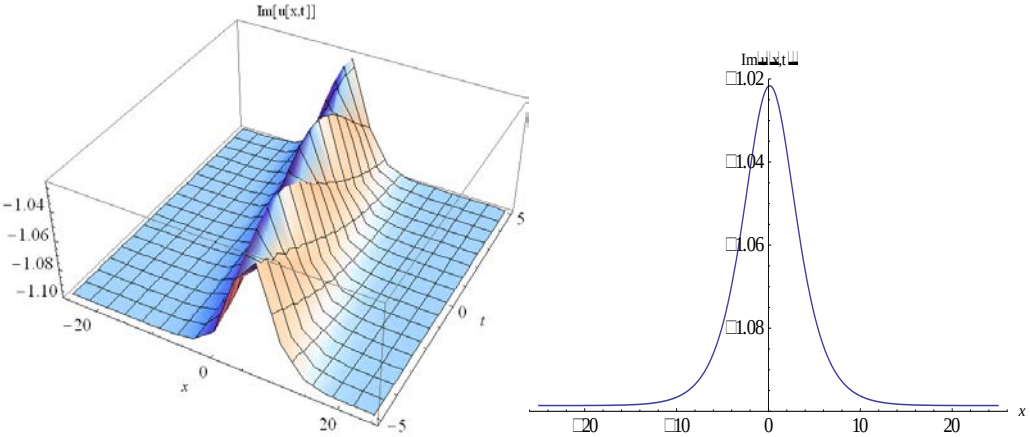


Fig. 1. The 3D and 2D surfaces of imaginary part of Eq.(22) considering for the values of

$k = -1, c = 1, B_0 = i, B_1 = 3, A_1 = -2, c_1 = 1, -25 < x < 25, -5 < t < 5,$ and $t = 0.85$ for 2D graph

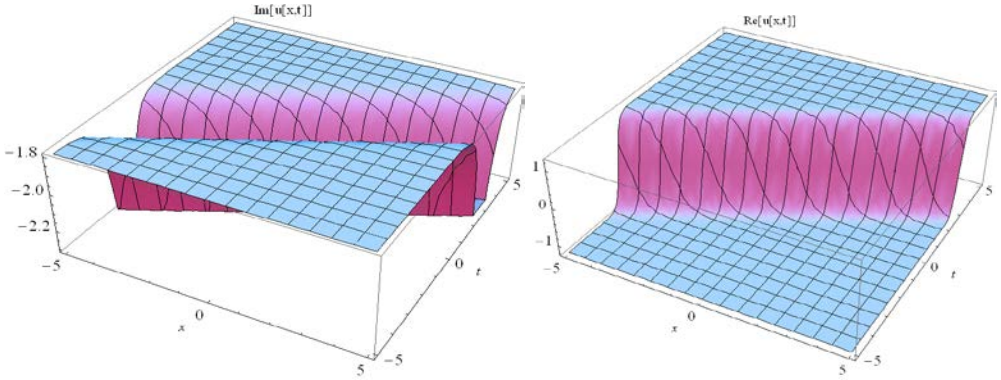
Case-1.2. We can consider another coefficients, being suitable one, as following;

$$A_0 = \frac{-i}{8B_1}\left(A_1^2 + \frac{4}{k^4}\left(-c^2 + \alpha k^2\right)\right), A_1 = A_1, A_2 = 2iB_1, B_0 = \frac{-i}{4}\left(A_1 - \frac{2cB_1}{k^2}\right),$$
$$\mu = \frac{1}{16}\left(\frac{4}{k^4}\left(c^2 - \alpha k^2\right) - \frac{A_1^2}{B_1^2}\right), \lambda = \frac{-iA_1}{2B_1}. \tag{23}$$

If we put the Eq.(23) along with Eq.(8) and Eq.(15) in Eq.(19), we obtain new inverse trigonometric and hyperbolic function solution to the Eq.(1) under the condition of *Family-1* which is $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$ as following;

$$u_2(x,t) = -2Arc\tan\left(\frac{3}{\sqrt{2}}\tanh\left(\frac{1-2t+x}{\sqrt{2}}\right)\right) + 2Arc\tan\left(\frac{2}{5}\sqrt{2}\tanh\left(\frac{1-2t+x}{\sqrt{2}}\right)\right) + i\ln\left(\frac{-56+88\cosh\left(\sqrt{2}-2\sqrt{2}t+\sqrt{2}x\right)}{272+528\cosh\left(\sqrt{2}-2\sqrt{2}t+\sqrt{2}x\right)}\right), \tag{24}$$

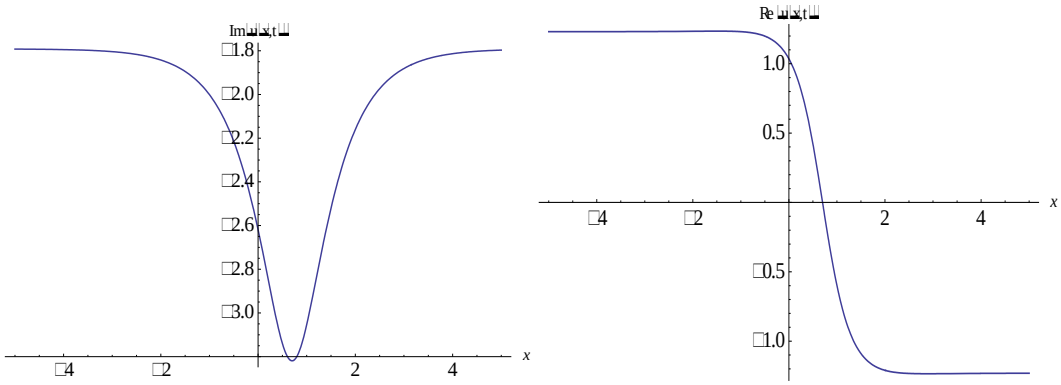
where $k=1, c=2, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=1.$



Imaginary part Real part

Fig. 2. The 3D surfaces of inverse trigonometric and hyperbolic function solution Eq.(24) considering for the values of

$$k=1, c=2, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=1, -5<x<5, -5<t<5,$$



Imaginary part Real part

Fig. 3. The 2D surfaces of inverse trigonometric and hyperbolic function solution Eq.(24) considering for the values of

$$k=1, c=2, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=1, t=0.85, -5<x<5.$$

Case-1.3. It can be taken one another coefficients, which is suitable one, as following;

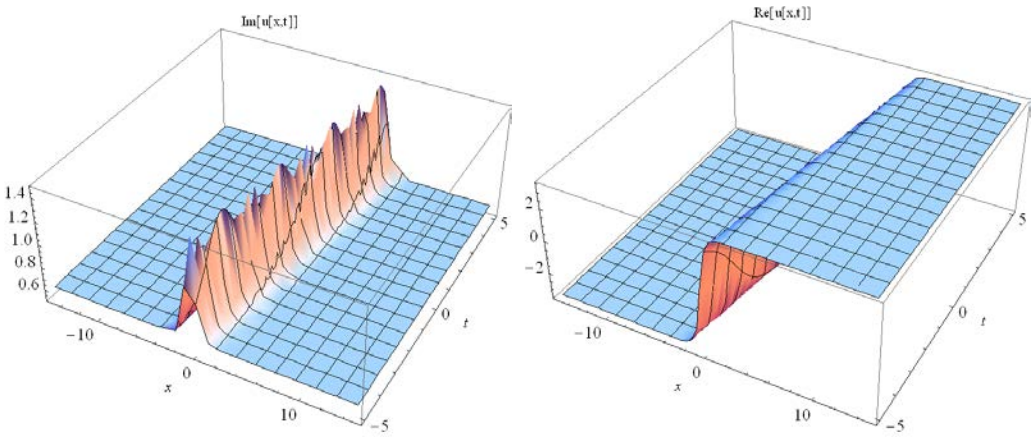
$$A_0 = \frac{2cB_0}{k^2} + \frac{2iB_0^2}{B_1} - \frac{i\alpha B_1}{2k^2}, A_1 = 4iB_0 + \frac{2cB_1}{k^2}, A_2 = 2iB_1, \lambda = -\frac{ic}{k^2} + \frac{2B_0}{B_1}, \quad \mu = -\frac{\alpha}{4k^2} + \frac{B_0^2}{B_1^2} - \frac{icB_0}{B_1k^2}. \tag{25}$$

When we put the Eq.(25) along with Eq.(8) and Eq.(15) into Eq.(19), we obtain new complex inverse trigonometric function solution to the Eq.(1) under the condition of *Family-1* which is $\mu \neq 0$, $\lambda^2 - 4\mu > 0$, as following;

$$u_3(x,t) = -4Arc\tan\left(\varpi\,\mathrm{sech}\left(f(x,t)\right)\left(-23i\sqrt{146}\cosh\left(f(x,t)\right) - 876\sinh\left(f(x,t)\right)\right)\right), \tag{26}$$

in which $k=5, c=2, B_0=i, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=-7$, and $f(x,t)=\kappa(5x-2t-7)$,

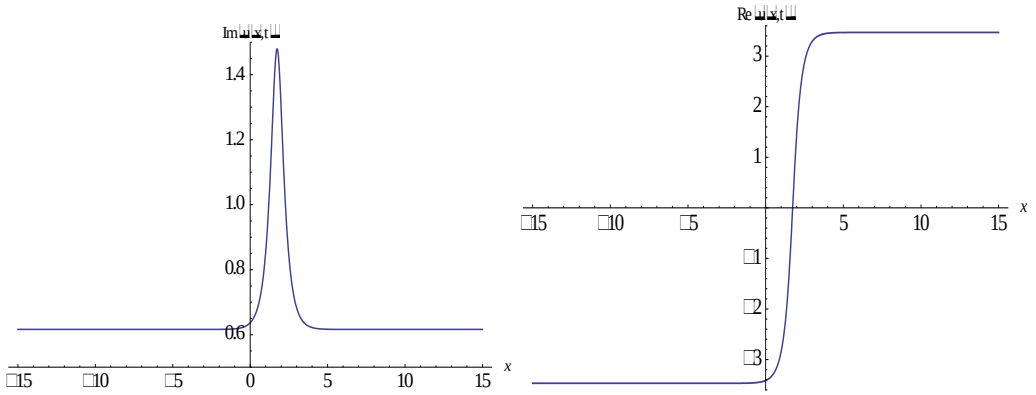
$\kappa=\frac{1}{25}\sqrt{73/2}, \varpi=\left(65\sqrt{146}\right)^{-1}$. B_0 has been chosen as $B_0=i$ for *Family-1* condition which is $\lambda^2-4\mu>0$.



Imaginary part Real part

Fig. 4. The 3D surfaces of new complex inverse trigonometric function solution Eq.(26) considering for the values of

$k=5, c=2, B_0=i, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=-7, -15<x<15, -5<t<5.$



Imaginary part Real part

Fig. 5. The 2D surfaces of new complex inverse trigonometric function solution Eq.(26) considering for the values of

$k=5, c=2, B_0=i, B_1=3, A_1=4, \alpha=6, c_1=-7, t=0.85, -15<x<15.$

4. CONCLUSIONS

In this study, we have used the MEFM in obtaining the analytical solutions to the Kaup's higher order water wave equation. Topological inverse complex trigonometric function solutions have successfully been extracted. By choosing the suitable values of the parameters, the 2D and 3D of the reported solutions have also been plotted. The inverse complex trigonometric function solutions have been compared and the comparison has been supported by graphical plots. After all, it can be said that the MEFM is an efficient mathematical tool which provides good analytical solutions when it is utilized on these analytical solutions.

REFERENCES

[1] V.E. Zakharov, A.M. Rubenchik, Instability of waveguides and solitons in nonlinear media, Zh. Eksp. Teor. Fiz. 65(219), 997-1002, 1973.

[2] D.J. Kaup, A Higher-Order Water-Wave Equation and the method for solving it, Progress of Theoretical Physics, 54(2), 1-13, 1975.

[3] R. Willox, I. Loris and J. Springael, The nlBQ-Hierarchy As A pq = C Reduction of the KP-Hierarchy, Part-I, 321-329, 1995.

[4] C. Gilson, F. Lambert, J. Nimmo and R. Willox, Proc. R. Soc. London (1995).

[5] J. S. Russell, Report on waves, 14th Mtg of the British Association for the Advancement of Science, 1844.

[6] F Lambert, I Loris, J Springael and R Willox, On a direct bilinearization method: Kaup's higher-order water wave equation as a modified nonlocal Boussinesq equation, J. Phys. A: Math. Gen. 27 5325, 1994.

[7] Carlo Cattani, Tukur Abdulkadir Sulaiman, Haci Mehmet Baskonus, Hasan Bulut, On the soliton solutions to the Nizhnik-Novikov-Veselov and the Drinfel'd-Sokolov systems, Optical and Quantum Electronics, 50(3), 138, 2018

[8] Carlo Cattani, Tukur Abdulkadir Sulaiman, Haci Mehmet Baskonus, Hasan Bulut, Solitons in an inhomogeneous Murnaghan's rod, European Physical Journal Plus, 133(228), 1-12, 2018,

[9] Haci Mehmet Baskonus, Carlo Cattani, Nonlinear dynamical model for DNA, 3rd International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences- (CMES-2018), May 04-06 2018, Girne/Cyprus

[10] Armando Ciancio, Haci Mehmet Baskonus, Tukur Abdulkadir Sulaiman, Hasan Bulut, New Structural Dynamics of Isolated Waves Via the Coupled Nonlinear Maccari's System with Complex Structure, Indian Journal of Physics, Accepted 2018,

[11] Tukur Abdulkadir Sulaiman, Hasan Bulut, Asif Yokus, Haci Mehmet Baskonus, On the Exact and Numerical Solutions to the Coupled Boussinesq Equation Arising in Ocean Engineering, Indian Journal of Physics, Accepted, 2018

[12] Haci Mehmet Baskonus and Hasan Bulut, On the Complex Structures of Kundu-Eckhaus Equation via Improved Bernoulli Sub-Equation Function Method, Waves in Random and Complex Media, 25(4), 720-728, 2015

[13] Haci Mehmet Baskonus and Hasan Bulut, Exponential Prototype Structures for (2+1)-Dimensional Boiti-Leon-Pempinelli Systems in Mathematical Physics, Waves in Random and Complex Media, 26(2), 201-208, 2016

[14] Haci Mehmet Baskonus, Hasan Bulut, Abdon Atangana, On the Complex and Hyperbolic Structures of Longitudinal Wave Equation in a Magneto-Electro-Elastic Circular Rod, Smart Materials and Structures, 25(3), 035022,(8 pp), 2016

[15] H. M. Baskonus and H. Bulut, Analytical Studies on the (1+1)-dimensional Nonlinear Dispersive Modified Benjamin-Bona-Mahony Equation Defined by Seismic Sea Waves, Waves in Random and Complex Media, DOI:10.1080/17455030.2015.1062577, 1-13, 2015.

[16] M.G. Hafez, M.N. Alam, M.A. Akbar, Travelling wave solutions for some important coupled nonlinear physical models via the coupled Higgs equation and the Maccari system, Journal of King Saud University – Science, 27, 105–112, 2015.

[17] Uddin S., Alam N., Hossain S.M.S., Samiu H. and Akbar M.A., Some New Exact Traveling Wave Solutions to the (3+1)-Dimensional Zakharov-Kuznetsov Equation and the Burgers Equations via $\mathrm{Exp}(-\phi)$-Expansion Method, Frontiers of Mathematics and Its Applications, 1(1), 1-8, 2014.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Evaluation of Machine Learning-based Schemes by Using Integrated AHP-VIKOR Method: A Case Study in Determination of Breast Cancer Prognosis

M.G. Pamuk[1], İ. Atacak[2]*

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Abstract

Gene expression data have an important role in the diagnosis of cancer disease and in the prognostic research related to cancer patients. There are many methods to be used in the process of classification of gene expression data in studies conducted on cancer genetics. In particular, machine learning-based schemes consisting of modules in which feature selection and classification methods are used are often applied to optimize the classification performance of gene expression data. Determining the most suitable ones among these learning schemes for a given cancer dataset is crucial in terms of achieving accurate predictions about this disease. In this study, the integrated AHP-VIKOR method is proposed to compare and evaluate the performance values obtained from the various learning schemes used in classification of breast cancer gene expression data. The proposed method is a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method that combines Analytical Hierarchy Process (AHP) and Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) methods. Experimental studies are carried out on 18 different learning schemes which are formed by dual combinations of 6 information theory-based feature selection methods and 3 classification methods. The results obtained from these studies show that the integrated AHP-VIKOR method provides a useful and rational solution in achieving a single preference order of the learning schemes that have performance measurements changing according to decision criteria for the breast cancer dataset.

Keywords: Classification, feature selection, MCDM, AHP method, VIKOR method.

1. GİRİŞ

Gen ifade verileri örnek sayısı düşük ancak öznitelik sayısı çok olan yüksek boyutlu verilerdir. Makine öğrenmesi problemini zorlaştıran anlamsız özniteliklerin oluşturduğu yüksek boyutluluk sınıflandırma performansını düşürür. Yüksek boyutlu veri kümesini daha az sayıda öznitelikle temsil etmek için öznitelik seçimi yapılır. Veri örneklerinden öğrenme sürecinde sıklıkla uygulanan makine öğrenmesi temelli şemalar genel itibarıyla öznitelik seçme ve sınıflandırma olmak üzere bütünleşik yapıdaki iki ana modül içerir. Öznitelik seçimi ve sınıflandırmaya dayanan çok sayıda farklı şema arasından eldeki problem verisine uygun olanları belirlemek karar vericiler açısından zor ve zaman alıcı bir süreci beraberinde getirir. Sınıflandırma problemine çözüm sunabilecek alternatif şemaların değerlendirilmesi birden çok metriğin etkisiyle şekillenen bir karar sürecidir. Bu metriklerin karar kriterleri olarak kullanılmasıyla değerlendirme ve seçim görevleri bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sürecine dönüştürülebilir. ÇKKV problemlerinin çözümü için birden çok alternatifi iki veya daha çok ölçütü dikkate alarak karşılaştırabilen karar verme yöntemleri kullanılır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) [1] ile Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR) [2] yöntemleri alternatifler arasında sıralama ve seçim yapma amaçlı oldukça sık uygulanan ÇKKV yöntemleri arasındadır.

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 506-827-5992.*
E-mail address: gulsahmeryempamuk.24@gmail.com (M. G. Pamuk).

Literatürde belirli bir problem verisine uygulanan makine öğrenmesi veya veri madenciliği yöntemlerini değerlendirmek amacıyla, farklı kriterlere göre ölçülen ve birbirleriyle uyum içinde olmayan performans değerlerini ÇKKV yöntemleri ile ele alan çalışmalara rastlamak mümkündür. Kou ve arkadaşları, ÇKKV yöntemlerini kullanarak finansal veriler üzerinde altı adet kümeleme algoritmasını sıralamıştır [3]. Finansal krizi analiz eden Hsu ve Pai yaptıkları çalışmada Destek Vektör Makineleri (DVM) modeli için uygun öznitelikleri VIKOR yöntemi ile belirlemiştir [4]. Topluluk öğrenmesi ve öznitelik seçimine dayanan DVM sınıflandırıcılarını değerlendirmek için önerilen modelde yapı seçimi problemi doğruluk, anma ve kesinlik olmak üzere üç performans kriteri kullanılarak VIKOR yöntemiyle çözülmüştür. Barral ve arkadaşlarının çalışmasında kuru göz teşhisinde yararlanılan öğrenme şemalarının gözyaşı filmi sınıflandırma performansları 3 ayrı ÇKKV yöntemi ile sıralanmıştır [5]. ÇKKV yöntemlerince üretilen farklı sıralamaların ortaya çıkardığı anlaşmazlıkları çözmek için önerilen çatışma yönetimi ile kararlı bir sıralama elde edilmiştir.

Bu çalışmada, gen ifade verilerini kullanarak göğüs kanseri hastalığının prognozunu tahmin etmek amacıyla makine öğrenmesi temelli şemalar kullanılır. Veriler ön işlemden geçirildikten sonra sınıflandırma performansını optimize etmek için 6 öznitelik seçici ve 3 sınıflandırıcının ikili kombinasyonları ile oluşturulan 18 farklı öğrenme şeması bu verilere uygulanır. Uygulanan şemalar 8 farklı metrik için ölçülen değerlere göre bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi ile değerlendirilir.

2. MATERYAL VE METOTLAR

Göğüs kanserinde prognozun belirlenmesi için kullanılan veri kümesi, veri kümesine uygulanan yöntemler, değerlendirme sürecinde kullanılan metrikler ve uygulanan ÇKKV yaklaşımı bu bölümde ele alınacaktır.

2.1. Veri Kümesi

Bu çalışmada iyi bilinen göğüs kanseri mikrodizi gen ifade veri kümesi kullanılır [6]. Göğüs kanseri veri kümesi 24481 özniteliğe sahip 97 örnekten oluşur. Örneklerin 46'sında 5 yıl içinde uzak metastazla kanserin tekrarladığı görülür. Diğer 51 örnekte ise hastalık iyi prognoz gösterir ve nüks olgusuna rastlanmaz.

2.2. Veri Ön İşleme

Ön işlem süreci, verilerin algoritmik olarak daha kolay ve etkili şekilde işlenmesini sağlayan tekniklerden oluşur. Bu çalışmada gen ifade verilerine uygulanan ön işlem adımları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Veri örneklerinde eksik olan öznitelik değerleri kullanıcı tanımlı sabit bir değer ile doldurulur.
- Standardizasyon işlemi ile değer aralıkları ya da ölçekleri aynı olmayan özniteliklerin hesaplamalar üzerindeki etkisi dengelenir.
- Denetimsiz ayrıklaştırma ile veri kümesinin sürekli formda olan öznitelik değerleri ayrıklaştırılır.

2.3. Öznitelik Seçim Yöntemleri

Öznitelik seçiminde kullanılan yöntemler filtre temelli ve sarmal yöntemler olmak üzere iki genel kategoride ele alınır [7]. Filtre temelli yöntemler verinin kendi içsel özelliklerini inceleyen bulgusal ölçümlerle öznitelikleri değerlendirir. Sarmal yöntemler ise öznitelikleri, belirli bir sınıflandırma algoritmasının performansına sağladığı katkıya göre değerlendirir. Literatürde, filtre ve sarmal yöntemlerin birbirlerine göre dezavantajlarını ortadan kaldırarak daha iyi bir öznitelik seçimi gerçekleştirme amaçlı geliştirilmiş hibrit yaklaşımlara da rastlanır. Filtre yöntemlerinin geliştirilmesinde bilgi teorisi [8] ölçümleri yaygın olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, öğrenme şemalarının öznitelik seçme aşamasında kullanılmak üzere Tablo I'de kısa açıklamaları verilen bilgi teorisi tabanlı öznitelik seçim yöntemlerinden yararlanılır.

Tablo I. Öznitelik seçim yöntemleri.

Öznitelik seçim yöntemi	Açıklama	Dinamik ağırlıklandırma
MIFS [9]	Karşılıklı bilgi tabanlı öznitelik seçimi	×
mRMR [10]	Minimum fazlalık maksimum ilgi yöntemi	×
CMIM [11]	Koşullu karşılıklı bilgi maksimizasyonu yöntemi	×
DWFS [12]	Dinamik ağırlıklandırma tabanlı öznitelik seçimi	✓
CMIFS [13]	Koşullu karşılıklı bilgiye dayalı öznitelik seçimi	×
WCMIFS [14]	Ağırlıklandırılmış koşullu karşılıklı bilgi ile öznitelik seçimi	✓

DWFS ve WCMIFS yöntemleri diğer yöntemlerden farklı olarak, öznitelikleri değerlendiren amaç fonksiyonunda dinamik ağırlık parametresi kullanır. Öğrenme şemalarında; MIFS, mRMR ve CMIM yöntemleri hibrit öznitelik seçimi yapan filtre yeniden sıralama yaklaşımı [15] ile uygulanırken diğer yöntemler yalın halde uygulanmaktadır.

2.4. Sınıflandırma Yöntemleri

Öznitelik seçiminden sonra uygulanan sınıflandırma sürecinde Naive Bayes (NB) [16], Sıralı Minimal Optimizasyon (SMO) [17] ve C4.5 Karar Ağacı (C4.5) [18] olmak üzere üç ayrı sınıflandırıcıdan yararlanılır.

2.5. Performans Metrikleri

Sınıf etiketleri bilinen veri kümesinin bir kısmı test örneği olarak ayrılarak sınıflandırma probleminin çözümü için uygulanan yöntemlerin performans ölçümü yapılır. Öğrenme şemalarının göğüs kanseri gen ifade verilerini sınıflandırmadaki performansları aşağıda açıklamaları verilen metrikler ile ölçülmektedir:

- Doğruluk: Sınıflandırıcının doğru tahminlerinin tüm tahmin sayısına oranıdır.
- Anma: Pozitif sınıf örnekleri için sınıflandırıcı öngörüsünün ne kadarının doğru olduğunu ölçer.
- Kesinlik: Sınıflandırıcının pozitif öngörülerinin ne kadarının doğru olduğunu ölçer.
- Seçicilik: Sınıflandırıcının negatif örnekleri tanıma gücünü ölçer.
- F-ölçütü: Anma ve kesinlik ölçülerini harmonik ortalama alarak tek bir metrikte birleştirir [3].
- Kappa istatistiği: Veri kümesinin sınıf etiketleri ile sınıflandırıcının tahminleri arasındaki uyumluluğu hesaplar. Şansa bağlı gerçekleşen uyum dışındaki uyumluluğun ölçüsüdür.
- ROC eğrisi altında kalan alan (AUC): Alıcı işletim karakteristiği (ROC) eğrisi anma ve seçicilik arasındaki ödünleşmeyi tasvir eder [19]. Sınıflandırıcı performansı AUC hesabı ile temsil edilir.
- PRC altında kalan alan (AUPRC): Kesinlik-anma eğrisi (PRC), veri örneklerini tahmini sınıflara ayıran potansiyel eşiklere göre kesinlik-anma değer çiftlerinin değişimini gösterir. Eğri altında kalan alan hesabıyla elde edilen AUPRC değeri sınıflandırıcı performansını temsil eder.

2.6. Bütünleşik AHP-VIKOR Yöntemi

ÇKKV yöntemleri alternatiflerin sıralama ve seçimi için ölçekleri farklı olabilen ve karar sonucuna etkisi birbiriyle büsbütün uyumlu olmayan birden çok kriterin gereklerini aynı anda karşılayacak optimum çözümü bulmayı amaçlar. Çoklu kriterler arasında en yararlı ödünleşmenin gerçekleştirilmesi en iyi karara ulaşmak açısından önemlidir. Bu nedenle karar kriterlerini önemlerine göre ağırlıklandırmak faydalıdır. Bütünleşik

AHP-VIKOR yönteminde klasik VIKOR'da kullanılan kriter ağırlıkları AHP ile hesaplanır. Bu ağırlıkları hesaba katan VIKOR metodu, kriterlere dayanarak problemin olası çözümlerinden ideal alternatife en yakın uzlaşmayı bulur. Karar probleminin bütünleşik AHP-VIKOR yöntemiyle çözümü için öncelikle çözüm seçeneklerini gösteren m adet alternatif (A_1, A_2, ..., A_m) ve alternatifleri değerlendirmede etkili olan n adet kriter (K_1, K_2, ..., K_n) belirlenir. Karar kriterlerinin önem ağırlıkları AHP yöntemiyle hesaplandıktan sonra alternatifler VIKOR yöntemiyle değerlendirilerek uzlaşık sıralama ve uzlaşık çözüm elde edilir.

Saaty tarafından önerilen AHP yönteminde basit ikili karşılaştırmalar temel alınarak kriterler ağırlıklandırılır [1]. AHP ile kriter ağırlıklarını hesaplama süreci aşağıdaki adımlardan oluşur [1], [20]:

Adım 1: Tablo II'de gösterilen temel ölçek kullanılarak kriterler arası tüm ikili karşılaştırmaları içeren $A[a_{ij}]_{nxn}$ karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisinde i. satır ve j. sütunda verilen kriterler için ikili karşılaştırma değeri a_{ij} ile ifade edilir. A kare matrisi $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ ve her $i = j$ için $a_{ij} = 1$ eşitliklerini sağlar.

Tablo II. İkili karşılaştırma için kulanılan temel ölçek.

Göreli önem derecesi	Tanım	Göreli önem derecesi	Tanım
1	Eşit önem	6	Güçlü üstü önem
2	Zayıf önem	7	Çok güçlü önem
3	Orta önem	8	Çok çok güçlü önem
4	Orta üstü önem	9	Mutlak önem
5	Güçlü önem		

Adım 2: $A[a_{ij}]$ karşılaştırma matrisi Denklem 1'de verilen formül kullanılarak normalize edilir. Elde edilen A_{norm} normalize matrisinin Denklem 2 kullanılarak hesaplanan satır ortalamaları kriter ağırlıklarını verir.

$$a_{ij_{norm}} = a_{ij} \Big/ \sum_{i=1}^{n} a_{ij} \tag{1}$$

$$w_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij_{norm}} \Big/ n \tag{2}$$

Adım 3: Hesaplanan ağırlıklara göre karşılaştırma matrisinin tutarlılığı doğrulanır. Bu amaçla öncelikle Denklem 3 ve 4 kullanılarak karşılaştırma matrisine karşılık gelen skaler özdeğer λ_{max} hesaplanır.

$$D = \left[a_{ij}\right]_{n\times n} \times \left[w_i\right]_{n\times 1} = \left[d_i\right]_{n\times 1} \tag{3}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{w_i} \tag{4}$$

Denklem 5'te verilen formüle göre hesaplanan tutarlılık indeksi (CI), Denklem 6'da gösterildiği gibi rassal indeks (RCI) değerine bölünerek tutarlılık oranı (CR) elde edilir. RCI değerleri standart olup, kriter sayısına göre belirlenen bu değerler Tablo III'te gösterilmiştir. CR değeri 0.1'den küçükse yeterli tutarlılık sağlanmış olur, 0.1'den büyükse karşılaştırma matrisindeki tutarsızlıklar düzeltilerek ağırlıklar yeniden hesaplanır.

$$CI = \left(\lambda_{\max} - n\right) / \left(n - 1\right) \tag{5}$$

$$CR = CI / RCI \tag{6}$$

Tablo III. Rassal tutarlılık indeksi.

Kriter sayısı	2	3	4	5	6	7	8	9
RCI değeri	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

AHP ile hesaplanan w_i kriter ağırlıkları VIKOR yönteminin ağırlık girdi değerleri olarak kullanılır. Opricovic tarafından önerilen VIKOR yöntemi ile uzlaşık çözümü bulma süreci aşağıdaki adımlardan oluşur [2], [21]:

Adım 1: Alternatif A_j için i. kriter fonksiyonunun değeri f_{ij}, (i = 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m) olmak üzere m adet alternatifin her birinin n adet kritere göre değerlendirmelerini içeren karar matrisi oluşturulur.

Adım 2: Kriter fonksiyonlarının en iyi f_i^* ve en kötü f_i^- (i = 1, 2, ..., n) değerleri Denklem 7 ile hesaplanır.

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \tag{7}$$

Adım 3: Alternatifler için S_j ve R_j (j = 1, 2, ..., m) puanları sırasıyla Denklem 8 ve 9 kullanılarak hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \left(f_i^* - f_{ij}\right) / \left(f_i^* - f_i^-\right) \tag{8}$$

$$R_j = \max_i \left[w_i \left(f_i^* - f_{ij}\right) / \left(f_i^* - f_i^-\right)\right] \tag{9}$$

Adım 4: Denklem 10 ve 11 kullanılarak her bir alternatifin Q_j, (j = 1, 2, ..., m) indeks değeri elde edilir.

$$S^* = \min_j S_j, \quad S^- = \max_j S_j, \quad R^* = \min_j R_j, \quad R^- = \max_j R_j \tag{10}$$

$$Q_j = v\left(S_j - S^*\right) / \left(S^- - S^*\right) + \left(1 - v\right)\left(R_j - R^*\right) / \left(R^- - R^*\right) \tag{11}$$

Burada, S^* tarafından elde edilen çözüm çoğunluğun maksimum grup faydasını temsil eder. R^* tarafından elde edilen çözüm rakibin asgari bireysel pişmanlığı ile ilgilidir. Q indeksi ile elde edilen uzlaşık çözüm karar vermede bu iki stratejinin etkisini birleştirir. $v \in [0, 1]$, maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığıdır. Bu ağırlık değeri kriter sayısı n dikkate alınarak $v = (n + 1) / 2n$ eşitliği ile hesaplanabilir.

Adım 5: S, R ve Q değerlerine göre alternatifler üç ayrı liste şeklinde iyiden kötüye doğru sıralanır. İndeks değeri daha küçük olan alternatifin sıralaması daha iyidir.

Adım 6: Q(minimum) ile en iyi sıralanan alternatif a' aşağıdaki iki koşulu da sağlıyorsa uzlaşık çözümdür.

Kabul edilebilir avantaj: Q indeksine göre en iyi sıralı iki alternatif olan a' ile a'' arasında önemli bir fark olup olmadığı kontrol edilir. $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$ ise kabul edilebilir avantaj koşulu karşılanır. Alternatiflerin sayısı m olmak üzere eşik değeri; $m \leq 4$ ise $DQ = 0.25$, $m > 4$ ise $DQ = 1 / (m - 1)$ olarak belirlenmektedir.

Karar vermede kabul edilebilir istikrar: Q listesinde ilk sırada yer alan a' alternatifinin S ve R listelerinin en az birinde daha en iyi alternatif olarak sıralanmış olup olmadığını denetleyen koşuldur. Bu iki koşuldan biri kabul edilmezse, uzlaşma çözümleri olarak birden fazla alternatif önerilir. Eğer yalnızca ikinci koşul kabul edilmezse karar vermede istikrar yoktur ve uzlaşık çözümler a' ve a'' alternatiflerinden oluşur. İlk koşul kabul edilmezse a', a'', ..., $a^{(M)}$ alternatifleri uzlaşık çözümlerdir. Q indeksine göre ilk M alternatif birbirlerine yeterli üstünlük gösterememiştir. Burada $a^{(M)}$, maksimum M için $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$ ilişkisi ile belirlenir.

3. DEĞERLENDİRME SÜRECİNİN ÖĞRENME ŞEMALARINA UYGULANMASI

Göğüs kanseri prognozunun tahmin edilmesi ile ilgili süreçte ön işlem adımları ve öğrenme şemalarının gen ifade verilerine uygulanmasında Weka [22] yazılımının kaynak kodlarından yararlanılmaktadır. Ön işlemlerde ilk olarak, göğüs kanseri gen ifade verilerindeki eksik değerlere, 100 sabit değeri atanır. Tüm öznitelikler sıfır ortalamaya ve birim varyansa ayarlanarak standartlaştırılır [12], ardından sürekli sayısal öznitelik değerleri eşit genişlikte olan 3'lü gruplara ayrıklaştırılır [23]. Veri kümesi üzerindeki ön işlemler tamamlandıktan sonra bütünleşik AHP-VIKOR yönteminin uygulanması için gerekli bileşenler tanımlanır. Bu süreçte öncelikle karar probleminin alternatifleri belirlenir. Bilgi teorisi tabanlı 6 öznitelik seçici ve 3 sınıflandırma yönteminin ikili kombinasyonları kullanılarak göğüs kanseri verilerini sınıflandırmak üzere 18 farklı alternatif oluşturulur. Tablo IV, alternatifleri ve bu alternatiflerin temsil ettiği öğrenme şemalarını gösterir. Tabloda her şema için seçili öznitelik sayısı öznitelik seçim yönteminin bitişiğinde parantez içinde belirtilir. Ayrıca filtre yeniden sıralama yaklaşımıyla uygulanan öznitelik seçiciler için sarmal değerlendirmelerin yapılacağı blok uzunluğunu belirleyen b parametresinin değeri parantez içinde verilmiştir. Öğrenme şemalarının performansını değerlendirmek için karar kriterleri olarak kullanılan 8 farklı metrik Tablo V'te gösterilmektedir. Alternatifler ve kriterler belirlendikten sonra karar kriterlerini ağırlıklandırmak için AHP yöntemi uygulanır. İlk olarak, karar kriterlerinin karşılaştırılması amacıyla metriklerin sağladığı avantaj ve dezavantajlar irdelenir. Performans metriklerinin göreli önemlerini belirlemek için yapılan

Tablo IV. Göğüs kanseri veri kümesine uygulanan öğrenme şemaları.

Alternatifler	Öznitelik seçici + Sınıflandırıcı	Alternatifler	Öznitelik seçici + Sınıflandırıcı
A_1	CMIM (14, b = 20) + NB	A_{10}	DWFS (33) + SMO
A_2	mRMR (10, b = 20) + NB	A_{11}	CMIFS (42) + SMO
A_3	MIFS (10, b = 20) + NB	A_{12}	WCMIFS (81) + SMO
A_4	DWFS (33) + NB	A_{13}	CMIM (7, b = 20) + C4.5
A_5	CMIFS (52) + NB	A_{14}	mRMR (7, b = 20) + C4.5
A_6	WCMIFS (28) + NB	A_{15}	MIFS (12, b = 40) + C4.5
A_7	CMIM (12, b = 30) + SMO	A_{16}	DWFS (8) + C4.5
A_8	mRMR (15, b = 40) + SMO	A_{17}	CMIFS (5) + C4.5
A_9	MIFS (12, b = 30) + SMO	A_{18}	WCMIFS (5) + C4.5

Tablo V. Kriterler ve bu kriterlere karşılık gelen metrikler.

Kriterler	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
Performans metrikleri	AUPRC	AUC	Doğruluk	F-ölçütü	Kappa istatistiği	Anma	Kesinlik	Seçicilik

değerlendirmeler şunlardır: Göğüs kanseri veri kümesinde sınıfların örnek dağılımı dengeli değildir. Dengesiz veri kümelerinde, PRC grafiği ROC eğrisinden daha bilgilendiricidir [24]. Model çapında değerlendirme yapan AUPRC ve AUC ölçümleri dengesiz veri kümelerinde görülen yanlı sonuçlardan daha az etkilendiği için doğruluğa göre daha önemlidir [24]. F-ölçütü, yanlış pozitif ve yanlış negatif tahmin sayılarını ifade eden iki farklı tür sınıflama hatasını bir arada değerlendirir. Kappa istatistiği tesadüfi etkileri dışlayan sınıflandırma performansını ölçer. Bu avantajlar dikkate alınarak doğruluk, F-ölçütü ve kappa istatistiği eşit önem derecesi ile ölçeklenir. Sınıflandırmada, pozitif etiketle tanımlanan kötü prognoza sahip örneklerin doğru şekilde tahmin edilmesi hayati açıdan daha önemlidir. Bu doğrultuda, anma kriterinin kesinlik ve seçicilikten önemli olduğu varsayılır. Değinilen bu bilgiler ışığında Tablo VI'da gösterilen karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Tablo VI. Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi.

Kriterler	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
K_1	1	2	3	3	3	4	5	6
K_2	1/2	1	2	2	2	3	4	5
K_3	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4
K_4	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4
K_5	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4
K_6	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	2	3
K_7	1/5	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2
K_8	1/6	1/5	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1

AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları Tablo VII'de gösterilmektedir. Bu ağırlıklara göre elde edilen CR = 0.0133 < 0.1 ile karşılaştırma matrisinin tutarlılığı doğrulanır. Bir sonraki aşamada kriter ağırlıkları kullanılarak VIKOR yönteminin uygulanmasına geçilir. Burada öncelikle öğrenme şemaları göğüs kanseri gen ifade verilerine uygulanarak 10-katlı çapraz doğrulamaya dayanan performans değerleri elde edilir. 10-katlı çapraz doğrulamada veri 10 parçaya ayrılarak her parça birer kez test kümesi olarak kullanılır. 10 kez tekrarlanan testlerin ortalaması nihai sonucu verir. Performans değerleri, göğüs kanseri verilerini sınıflandırmada öğrenme şemasının en yüksek doğruluğa ulaştığı seçili öznitelik sayısına göre belirlenmiştir. MIFS, mRMR ve CMIM yöntemlerinin uygulanmasında yararlanılan filtre yeniden sıralama yaklaşımında sarmal değerlendirmeler için ilgili şemada yer alan sınıflandırıcı performansı baz alınır. Ayrıca, bir blok içinde sarmal öznitelik seçimi yapılırken Weka'da kaynak kodu hazır bulunan arama stratejileri arasından genetik arama kullanılır. Sınıflandırma sürecinde veri kümesindeki kötü prognoza sahip örnekler pozitif sınıfı, iyi prognoza sahip örnekler negatif sınıfı temsil etmektedir. Ölçülen performans değerlerine VIKOR yöntemi uygulanarak tüm şemalar için *S*, *R* ve *Q* değerleri hesaplanır. Bu hesaplamalarda, ağırlık değeri $v = (8 + 1) / (2 \times 8) = 0.5625$ olarak belirlenmiştir. Göğüs kanseri veri kümesi için alternatiflerin performans ölçümleri ve bütünleşik AHP-VIKOR yöntemiyle hesaplanan *S*, *R* ve *Q* değerleri Tablo VIII'de verilmektedir.

Tablo VII. AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlık değerleri.

Kriterler	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
Ağırlıklar	0.2999	0.1964	0.118	0.118	0.118	0.0715	0.0463	0.0318

Tablo VIII. Alternatiflerin performans ölçümleri ve bütünleşik AHP-VIKOR ile elde edilen indeks değerleri.

	Performans ölçüm değerleri								İndeks değerleri		
Alternatifler	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	S	R	Q
A_1	0.994	0.995	0.979	0.979	0.959	1	0.958	0.961	0.0595	0.0107	0.0497
A_2	0.948	0.967	0.907	0.899	0.813	0.87	0.93	0.941	0.3145	0.0768	0.292
A_3	0.948	0.967	0.907	0.899	0.813	0.87	0.93	0.941	0.3145	0.0768	0.292
A_4	0.993	0.993	0.969	0.968	0.938	0.978	0.957	0.961	0.0852	0.0161	0.0723
A_5	0.829	0.922	0.876	0.87	0.752	0.87	0.87	0.882	0.6055	0.2526	0.7149
A_6	0.996	0.996	0.979	0.978	0.959	0.978	0.978	0.98	0.0551	0.0111	0.0477
A_7	0.871	0.905	0.907	0.899	0.813	0.87	0.93	0.941	0.4963	0.1906	0.562
A_8	0.886	0.928	0.928	0.925	0.855	0.935	0.915	0.922	0.4032	0.1684	0.4763
A_9	0.871	0.905	0.907	0.899	0.813	0.87	0.93	0.941	0.4963	0.1906	0.562
A_{10}	0.967	0.979	0.979	0.978	0.959	0.978	0.978	0.98	0.1166	0.0488	0.1378
A_{11}	0.905	0.938	0.938	0.935	0.876	0.935	0.935	0.941	0.342	0.1403	0.4004
A_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
A_{13}	0.899	0.905	0.835	0.81	0.666	0.739	0.895	0.922	0.6178	0.1492	0.5711
A_{14}	0.799	0.844	0.814	0.8	0.627	0.783	0.818	0.843	0.8722	0.2969	0.9322
A_{15}	0.805	0.854	0.835	0.833	0.671	0.87	0.8	0.804	0.8003	0.2881	0.8781
A_{16}	0.797	0.821	0.773	0.766	0.546	0.783	0.75	0.765	0.9832	0.2999	1
A_{17}	0.912	0.882	0.856	0.837	0.709	0.783	0.9	0.922	0.5764	0.13	0.5194
A_{18}	0.855	0.854	0.814	0.786	0.625	0.717	0.868	0.902	0.7857	0.2142	0.762

Göğüs kanseri gen ifade verilerine uygulanan alternatif öğrenme şemalarının, indeks değerlerine göre elde edilen sıralama sonuçları Tablo IX'da verilmektedir. Tabloda *Q* indeksine göre elde edilen liste uzlaşık sıralamayı gösterir. Uzlaşık sıralamaya göre A_{12} ile temsil edilen şema (WCMIFS + SMO) en yüksek sıralı alternatiftir. A_{12} alternatifinin uzlaşık çözüm olarak önerilmesi için gerekli koşullar kontrol edilir. Kabul edilebilir avantaj kontrolünde $m = 18$ için $DQ = 0.0588$ olarak bulunmuştur. $Q(a'') - Q(a') = 0.0477$ olup, DQ değerinden küçüktür. Buna göre kabul edilebilir avantaj sağlanamaz. *Q* listesinde en iyi sıralanan A_{12} alternatifi, *S* ve *R* listelerinde yine en üst sırada yer aldığı için kabul edilebilir istikrarı sağlar. İlk koşul kabul

edilmediği için A_{12} (WCMIFS + SMO), A_6 (WCMIFS + NB) ve A_1 (CMIM + NB) alternatiflerini gösteren en yüksek sıralı ilk üç öğrenme şeması uzlaşık çözümler olarak önerilmektedir.

Tablo IX. Alternatiflerin *S*, *R* ve *Q* indeks değerlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanması.

İndeks	Alternatif sıralamaları
S	$A_{12} > A_6 > A_1 > A_4 > A_{10} > A_2 = A_3 > A_{11} > A_8 > A_7 = A_9 > A_{17} > A_5 > A_{13} > A_{18} > A_{15} > A_{14} > A_{16}$
R	$A_{12} > A_1 > A_6 > A_4 > A_{10} > A_2 = A_3 > A_{17} > A_{11} > A_{13} > A_8 > A_7 = A_9 > A_{18} > A_5 > A_{15} > A_{14} > A_{16}$
Q	$A_{12} > A_6 > A_1 > A_4 > A_{10} > A_2 = A_3 > A_{11} > A_8 > A_{17} > A_7 = A_9 > A_{13} > A_5 > A_{18} > A_{15} > A_{14} > A_{16}$

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Göğüs kanseri veri kümesine uygulanan öğrenme şemaları içinde WCMIFS + SMO şeması test örneklerinin tamamını doğru sınıflandırarak tüm kriterler için en iyi performans değerini elde etmiştir. Diğer şemaların birbirlerine olan üstünlüğü karar kriterlerine göre değişim gösterir. Bütünleşik AHP-VIKOR yöntemiyle yapılan değerlendirmeye göre aralarında önemli ölçüde üstünlük bulunmadığı gerekçesiyle WCMIFS + SMO, WCMIFS + NB ve CMIM + NB şemaları uzlaşık çözümler olarak önerilmiştir. Gen ifadelerinin, örneklemi oluşturan bireylere bağımlı olduğu dikkate alınırsa daha farklı örnekler içeren veri kümelerinde bu uzlaşık çözümlerin her biri başarılı sonuçlar elde etme potansiyeline sahiptir. Öğrenme şemalarının performansının hem öznitelik seçici hem de sınıflandırıcıdan etkilendiği göz ardı edilemez. Bu kapsamda bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi ile elde edilen uzlaşık sıralama ve uzlaşık çözümler öznitelik seçiciler açısından değerlendirildiğinde, WCMIFS yönteminin etkinliği dikkat çekmiştir. WCMIFS ve DWFS öznitelik seçim yöntemlerinin NB ve SMO sınıflandırıcıları ile oldukça iyi bir performans sergileyerek uzlaşık sıralamada üst sıralardaki şemalar arasında yer aldığı gözlenmiştir. Sonuçlar sınıflandırıcıların etkisi açısından incelendiğinde, bütünleşik AHP-VIKOR ile önerilen uzlaşık sıralamada NB sınıflandırıcısının CMIFS dışındaki öznitelik seçiciler ile oluşturduğu şemaların üst sıralarda yer aldığı görülmüştür. C4.5 sınıflandırıcısının CMIFS dışındaki tüm öznitelik seçiciler ile oluşturduğu şemalardan kötü sıralama elde edilmiştir. SMO yönteminin kullanıldığı şemalardan orta veya iyi sıralamalar elde edildiği söylenebilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada göğüs kanseri gen ifade verilerini en iyi şekilde sınıflandıran makine öğrenmesi temelli şemaları tespit etme amaçlı bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi önerilmiştir. Bu amaçla bilgi teorisi tabanlı CMIM, mRMR, MIFS, DWFS, CMIFS ve WCMIFS öznitelik seçim yöntemleri ile NB, SMO ve C4.5 sınıflandırıcılarının kullanıldığı 18 farklı öğrenme şeması oluşturulmuştur. Öğrenme şemalarının performansları bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi ile 8 metrik üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen uzlaşık sıralamaya göre uzlaşık çözümler olarak WCMIFS + SMO, WCMIFS + NB ve CMIM + NB şemaları önerilmiştir. Sonuç olarak, göğüs kanseri gen ifade verilerinin sınıflandırılmasında kullanılabilecek en uygun öğrenme şemalarının tespiti için bütünleşik AHP-VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilen değerlendirme süreci özenli ve ölçülü karar verme açısından önemli katkılar sağlamıştır. Gelecek çalışmalarda öznitelik seçicileri değerlendirmede tekil sınıflandırıcı yargısını bulanık ÇKKV yöntemleri ile azaltmanın yolları araştırılacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Saaty, T. L., The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation, New York, *McGraw-Hill*, 1980.

[2] Opricovic, S., Multicriteria optimization of civil engineering systems, Belgrade, *Faculty of Civil Engineering*, 1998.

[3] Kou, G., Peng, Y., Wang, G., Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods, *Inf Sci* 275; 1-12, 2014.

[4] Hsu, M. F., Pai, P. F., Incorporating support vector machines with multiple criteria decision making for financial crisis analysis, *Qual Quant* 47(6); 3481-3492, 2013.

[5] Peteiro-Barral, D., Remeseiro, B., Mendez, R., Penedo, M. G., Evaluation of an automatic dry eye test using MCDM methods and rank correlation, *Med Biol Eng Comput* 55(4); 527-536, 2017.

[6] van't Veer, L. J., Dai, H., van de Vijver, M. J., He, Y. D., Hart, A. A. M., Mao, M., et. al., Gene expression profiling predicts clinical outcome of breast cancer, *Nature* 415(6871); 530-536, 2002.

[7] Sharma, A., Imoto, S., Miyano, S., Sharma, V., Null space based feature selection method for gene expression data, *Int J Mach Learn Cyber* 3(4); 269-276, 2012.

[8] Cover, T. M., Thomas, J. A., Elements of information theory, 2nd ed. New Jersey, *JohnWiley & Sons*, 2006.

[9] Battiti, R., Using mutual information for selecting features in supervised neural net learning, *IEEE Trans Neural Netw* 5(4); 537-550, 1994.

[10] Peng, H., Long, F., Ding, C., Feature selection based on mutual information: Criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy, *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 27(8); 1226-1238, 2005.

[11] Fleuret, F., Fast binary feature selection with conditional mutual information, *J Mach Learn Res* 5; 1531-1555, 2004.

[12] Sun, X., Liu, Y., Xu, M., Chen, H., Han, J., Wang, K., Feature selection using dynamic weights for classification, *Knowl Based Syst* 37; 541-549, 2013.

[13] Cheng, H., Qin, Z., Feng, C., Wang, Y., Li, F., Conditional mutual information-based feature selection analyzing for synergy and redundancy, *ETRI J* 33(2); 210-218, 2011.

[14] Celik, C., Bilge, H. S., Feature selection with weighted conditional mutual information, *J Fac Eng Arch Gazi Univ* 30(4); 585-596, 2015.

[15] Bermejo, P., de la Ossa, L., Gamez, J. A., Puerta, J. M., Fast wrapper feature subset selection in high-dimensional datasets by means of filter re-ranking, *Knowl Based Syst* 25(1); 35-44, 2012.

[16] John, G. H., Langley, P., Estimating continuous distributions in Bayesian classifiers. *In: Proceedings of the 11th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Montr´eal Canada, 18-20 Aug., p. 338-345, 1995.

[17] Platt, J. C., Fast training of support vector machines using sequential minimal optimization, *In: Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning*, Schölkopf, B., Burges, C. J. C., Smola, A. J., eds. Cambridge, *MIT Press*, p. 185-208, 1999.

[18] Quinlan, J. R., C4.5: Programs for machine learning, San Mateo, *Morgan Kaufmann Publishers*, 1993.

[19] Fawcett, T., An introduction to ROC analysis, *Pattern Recognit Lett* 27(8); 861-874, 2006.

[20] Saaty, T. L., Decision making with the analytic hierarchy process, *Int J Services Sciences* 1(1); 83-98, 2008.

[21] Opricovic, S., A compromise solution in water resources planning, *Water Resour Manag* 23(8); 1549-1561, 2009.

[22] Witten, I. H., Frank, E., Data mining: Practical machine learning tools and techniques, 2nd ed. San Francisco, *Morgan Kaufmann Publishers*, 2005.

[23] Dougherty, J., Kohavi, R., Sahami, M., Supervised and unsupervised discretization of continuous features. *In: Proceedings of the 12th International Conference on Machine Learning*, Tahoe City CA, 9-12 July, p. 194-202, 1995.

[24] Saito, T., Rehmsmeier, M., The precision-recall plot is more informative than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets, *Plos One* 10(3); 1-21, 2015.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Operational Modal Analysis of Aluminum Model Structures using Earthquake Simulator

A. Dushimimana[1] , F. Günday[2], S. Tuhta[3]*

[1, 2, 3] Ondokuz Mayis University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Atakum/Samsun, Turkey

Abstract

In this study the possibility of using the recorded micro tremor data on ground level as ambient vibration input excitation data for investigation and application of Operational Modal Analysis (OMA) on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table), for model aluminum structures was investigated . As known, OMA methods (such as EFDD, SSI) are supposed to deal with the ambient responses. For this purpose, analytical and experimental modal analyses of a model aluminum structure for examining its dynamic characteristics were evaluated. 3D Finite element model of the building was evaluated for the model aluminum structure based on the design drawing. Ambient excitation was provided by shake table from the recorded micro tremor ambient vibration data on ground level. Enhanced Frequency Domain Decomposition was used for the output only modal identification. From this study, best correlation was found between mode shapes. Experimental frequencies and analytical frequencies were in average difference of (only) 2.8%.

Keywords: OMA, experimental modal analysis; modal parameter; shake table

1. INTRODUCTION

In civil engineering field, currently there are many varieties of structural and architectural structures. Such structures can be managed to resist to both static and dynamic loads effectively. Structures under dynamic loads and vibrations can suffer substantially and thus leading to damage occurrence. Due to strong earthquake occurred in recent years, heavy loss has been mostly inevitable. This clearly shows how measures should be taken to reduce the negative impacts caused by those seismic loads. In this case, the emerging requirements should be to conduct and compare sufficient experimental and theoretical studies, as well as the use of finite element models in order to analyze the structural responses effectively. Currently, forced (shaker, impact, pull back or quick release tests) and ambient vibration techniques are available for vibration testing of large structures. However, force vibration methods are more complex and generally more expensive than ambient vibration tests. Ambient vibration testing (also called Operational Modal Analysis) is the most economical non-destructive testing method to acquire vibration data from large civil engineering structures for Output-Only Model Identification. The structural responses (appropriate frequency, displacement, velocity, and accelerations), and suggested measuring quantities (such as velocity or acceleration) which depend on the type of vibrations (Traffic, Acoustic, Machinery inside, Earthquakes, Wind…), are given in Vibration of Buildings [1].

Generally, structural response characteristics provide a general idea of the preferred quantity to be measured. A few studies on the analysis of ambient vibration measurements of buildings are discussed in [2]. Identification studies of buildings within last ten years regarding Output-Only Model are given in appropriate references of structural vibration solutions. Furthermore, for the modal updating of the structure it is necessary to estimate sensitivity of reaction of examined system to change of parameters of a building. Considering the modal

* *Corresponding author: Tel: +90 536-656-0436*

E-mail address: aloysdushimimana@yahoo.fr (A. Dushimimana)

updating of a structure, it is necessary to estimate the sensitivity of reaction of examined system to change of building's parameters. Referred to Kasimzade [3], System identification is a process of developing or improving a mathematical representation of a physical system using experimental data. This is similarly shown in [4-11]. Furthermore, the applications of system identification in civil engineering structures are presented in [12-21]. Extracting system physical parameters from identified state space representation was investigated in references of [22-29]. Accordingly, the solution of a matrix algebraic Riccati equation and orthogonality projection which is more intensively and inevitably used in system identification was deeply investigated in [30]. As it is generally known in engineering structures, there are three methods used for system identification: modal parameter identification; structural-modal parameter identification; and control-model identification methods. In the frequency domain the identification is based on the singular value decomposition of the spectral density matrix and it is denoted as Frequency Domain Decomposition (FDD). Its further development is the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD. It is also known that in the time domain there are three different implementation types of the Stochastic Subspace Identification (SSI) technique. These implementations are: Unweighted Principal Component (UPC); Principal component (PC) and Canonical Variety Analysis (CVA); all to be used for the modal updating of the structure as it is indicated in [31-32]. Additionally, it is necessary to estimate the sensitivity of reaction of examined system to change of random or fuzzy parameters of a structure. Also the investigated measurement noise perturbation influences the identified system modal and physical parameters, estimated measurement noise border, for which identified system parameters, are all acceptable for validation of finite element model of examined system. By using Kalman filter [33] and Subspace algorithms [11], it is then possible to perform the System identification. In special case observer gain may be coincided with the Kalman gain. Stochastic state-space models of the structure are simulated by Monte-Carlo method.

The Quanser Shake Table is a bench-scale earthquake simulator ideal for teaching structural dynamics, control topics related to earthquake, aerospace and mechanical engineering and widely used in applications. In this study, the possibility of using the recorded micro tremor data on ground level as ambient vibration input excitation data for investigating and applying the Operational Modal Analysis (OMA) on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table), for model aluminum structures was investigated.

Having the above purpose in mind, analytical and experimental modal analyses of a model aluminum structure for dynamic characteristics were evaluated. Based on the design drawing, 3D Finite element model of the building was evaluated for the concerned model aluminum structure. Ambient excitation was provided by shake table by using the recorded micro tremor ambient vibrations as excitation data. The Enhanced Frequency Domain Decomposition was then used for the output only modal identification.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Modal Parameter Extractions

The (FDD) ambient modal identification is an extension of the Basic Frequency Domain (BFD) technique, also called the Peak-Picking technique. This method is based on the fact that modes can be estimated from spectral densities calculated in the case of a white noise input and a lightly damped structure. This method is known as non-parametric and determines the modal parameters directly from signal processing. The FDD technique estimates the modes by using a Singular Value Decomposition (SVD) of each of the measurement data sets. This decomposition corresponds to a Single Degree of Freedom (SDOF) identification of the measured system for each singular value [14].

To extend the above technique (i.e. FDD), the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD) was developed. This technique is very simple and only requires some basics for anyone to adapt it. Modes are easily picked by locating the peaks in Singular Value Decomposition (SVD) plots calculated from the spectral density spectra of the responses. FDD technique is based on the use of a single frequency line from the Fast Fourier Transform analysis (FFT), where the accuracy of the estimated natural frequency is based on the FFT resolution; and no modal damping is calculated. On the other hand, EFDD technique provides an advanced estimation of natural frequencies and mode shapes, and includes the damping ratios [34]. In EFDD technique, the single degree of freedom (SDOF) Power Spectral Density (PSD) function, identified by use of resonance peak, is taken back to the time domain by using the Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT). Then the natural frequency is acquired by defining the number of zero crossing as a function of time. Furthermore, the damping is acquired by taking the logarithmic decrement of the correspondent single degree of freedom (SDOF) normalized by auto correlation function [16].

In this study, modal parameter identification was implemented by the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD). Based on this technique, the relationship between the input and output responses can be written as:

$$\left[G_{yy}(j\omega)\right] = [H(j\omega)]^{*}[G_{xx}(j\omega)][H(j\omega)]^{T} \quad (1)$$

Where, the unknown input and measured output are represented by $x(t)$ and $y(t)$ respectively. $G_{xx}(j\omega)$ is the $r\ x\ r$ Power Spectral Density (PSD) matrix of the input. $G_{yy}(j\omega)$ is the $m\ x\ m$ Power Spectral Density (PSD) matrix of the output, $H(j\omega)$ is the $m\ x\ r$ Frequency Response Function (FRF) matrix, and * and superscript T denote complex conjugate and transpose respectively. The FRF can be reduced to a pole/residue form as follows:

$$[H(\omega)] = \frac{[Y(\omega)]}{[X(\omega)]} = \sum_{k=1}^{n} \frac{[R_k]}{j\omega - \lambda_k} + \frac{[R_k]^*}{j\omega - \lambda_k^*} \tag{2}$$

Where n is the number of modes, λ_k is the pole and, R_k is the residue. Then Eq. (1) becomes as:

$$G_{yy}(j\omega) = \sum_{k=1}^{n} \sum_{s=1}^{n} \left[\frac{[R_k]}{j\omega - \lambda_k} + \frac{[R_k]^*}{j\omega - \lambda_k^*} \right] G_{xx}(j\omega) \left[\frac{[R_s]}{j\omega - \lambda_s} + \frac{[R_s]^*}{j\omega - \lambda_s^*} \right]^{\bar{H}} \tag{3}$$

Where s the singular values, superscript H denotes a complex conjugate and transpose. Multiplying the two partial fraction factors and making use of the Heaviside partial fraction theorem, after some mathematical manipulations, the output PSD can be reduced to a pole/residue form as fallows;

$$\left[G_{yy}(j\omega)\right] = \sum_{k=1}^{n} \frac{[A_k]}{j\omega - \lambda_k} + \frac{[A_k]^*}{j\omega - \lambda_k^*} + \frac{[B_k]}{-j\omega - \lambda_k} + \frac{[B_k]^*}{-j\omega - \lambda_k^*} \tag{4}$$

Where A_k is the kth residue matrix of the output PSD. In the EFDD identification, the first step is to estimate the output PSD matrix. The estimation of the output PSD, known from discrete frequencies, is then decomposed by taking the SVD (singular value decomposition) of this matrix:

$$G_{yy}(j\omega_i) = U_i S_i U_i^{\bar{H}} \tag{5}$$

Where the matrix $U_i = [u_{i1}, u_{i2}, \ldots, u_{im}]$ is a unitary matrix holding the singular vectors u_{ij} , and s_{ij} is a diagonal matrix holding the scalar singular values. The first singular vectors u_{ij} is an estimation of the mode shape. PSD function is identified around the peak by comparing the mode shape estimation u_{ij} with the singular vectors for the frequency lines around the peak. From the piece of the SDOF density function obtained around the peak of the PSD, the natural frequency and the damping can be obtained.

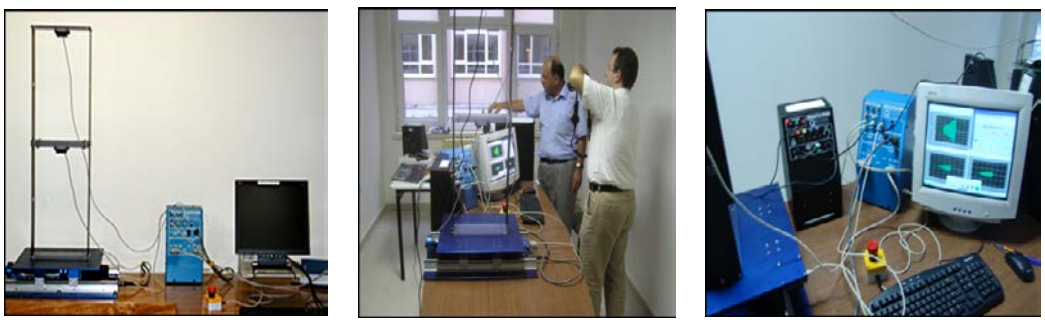
2.2. Description of Model Aluminum Structure

The Quanser shake table II is a uniaxial bench-scale shake table. The shake table unit can be controlled by appropriate software as illustrated in Figs. 1a, b, c. It is effective for a wide variety of experiments for civil engineering structures. Shake table specifications (see table 1) are as follows [35]:

Table 1. Shake Table Specifications

Dimensions (H x L x W)	61 cm x 46 cm x 13 cm
Total mass	27.2 kg
Payload area (L x W)	46 cm x 46 cm
Maximum payload at 2.5 g	7.5 kg
Maximum travel	± 7.6 cm
Operational bandwidth	10 Hz
Maximum velocity	66.5 cm/s
Maximum acceleration	2.5 g
Lead screw pitch	1.27 cm/rev
Servomotor power	400 W
Amplifier maximum continuous current	12.5 A
Motor maximum torque	7.82 N.m
Lead screw encoder resolution	8192 counts/rev
Effective stage position resolution	1.55 μm/count
Accelerometer range	± 49 m/s²
Accelerometer sensitivity	1.0 g/V

Model aluminum structure is 1.03m height. Thickness of elements is 0.001588 m. The structure dimensions are shown in Fig. 2.



(a) (b) (c)

Fig. 1a, b, c. Illustration of model steel structure and shake table

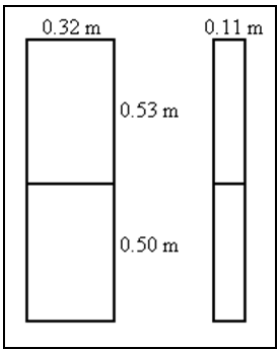


Fig. 2. Illustration of the model steel structure dimensions

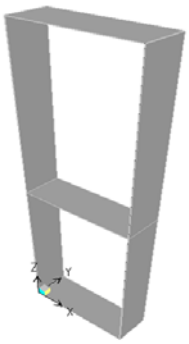


Fig. 3. Finite element model of model steel structure

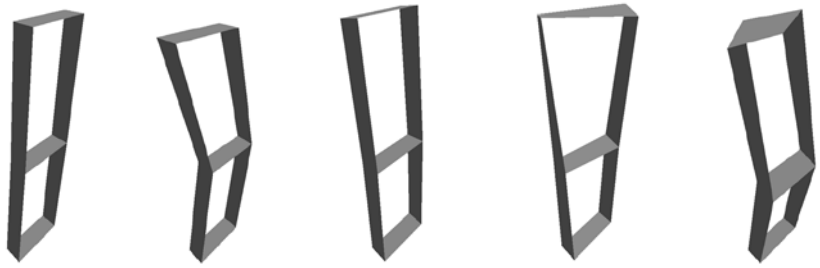
Analytical Modal Analysis of Model Aluminum Structure

A finite element model was generated as in [36]. Beams and columns were modeled as 3D beam-column elements (Fig.3 shown in black color). Structure modeled as an absolutely rigidity floor (rigid diaphragm). The selected structure was modeled as a space frame structure with 3D elements. Beams and columns were modeled as 3D beam-column elements which have 6 degrees of freedom. Elements at the base level were fixed. Based on the finite element model of the structure created in SAP2000, the following assumptions were taken into account: Model aluminum structure was modeled using an equivalent thickness and shell elements with isotropic property, all supports were modeled as fully fixed, and the members of aluminum frame were modeled as rigidly connected together at the intersection points. In modeling of beams and columns the modulus of elasticity E=6.963E10 N/m2, Poisson ratio μ=0.33, mass per unit volume ρ=27145 N/m3.

Five natural frequencies of the structure were taken into consideration, which ranged between 1 and 10 Hz. The first five vibration modes of the structure are shown in Figure 4. Analytical modal analysis results at the finite element model are then shown in Table 2.

Table 2. Analytical modal analysis result at the FE model.

Mode number	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	1.651	4.816	7.619	8.083	9.004



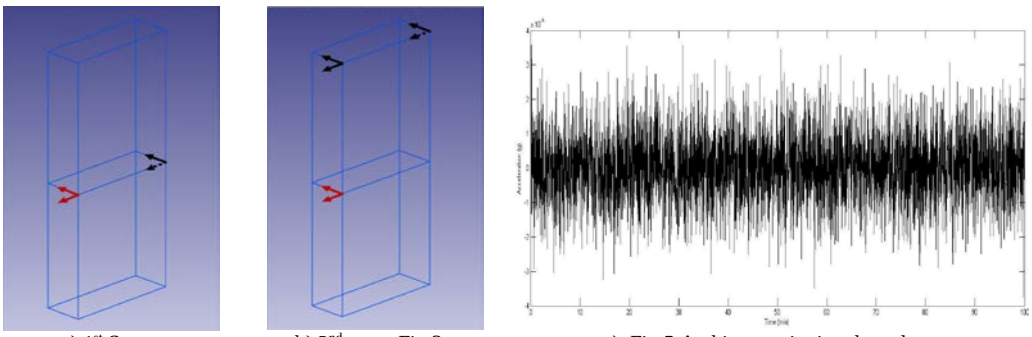
1st Mode shape (f=2.075 Hz) 2nd (f=5.890 Hz) 3rd (f=7.025 Hz) 4th (f=7.994 Hz) 5th (f=9.246 Hz)

Fig. 4. Analytically identified mode shapes of model steel structure

2.3. Experimental Modal Analysis of Model Aluminum Structure

Ambient excitation was provided by the recorded micro tremor data on ground level. Three accelerometers (with x and y directional measures) were used for the ambient vibration measurements, one of them was always located in the first floor (these are shown by the red line in Fig. 5a, b). Two accelerometers were used as roving sensors (these are shown by the black line in Fig. 5a, b). The response was measured in two data sets (Fig. 5 a, b). From these two data sets 3 and 5 degree of freedom records were used respectively (Fig. 5 a, b). Every data

set (Fig. 5 a, b) was measured for 100 min. The selected measurement points and directions are shown in Fig. 5 a, b.



a) 1st Setup b) 2nd setup Fig.3. c) Fig.5.Ambient excitation data plot

Fig. 5. Accelerometers location of experimental model in the 3D view,

The data acquisition computer was used to control the ambient vibration records. In between measurements, the data files from the previous setup were transferred to the data analysis computer using a software package. This arrangement allowed data to be collected on the computer while the second, and faster, computer could be used to process the data in site. This approach maintained a good quality control that allowed preliminary analyses of the collected data. Fig.5. shows the vibration data used to excite shake table.

Whenever the data showed unexpected signal drifts or unwanted noise or for some unknown reasons was corrupted, the data set had to be discarded and the measurements had to be repeated.

The Equipments used for the measurement include three Quanser accelerometers (with both x and y directional measures), geosig-uni-axial accelerometer and MATLAB data acquisition toolbox (wincon). For modal parameter estimation from the ambient vibration data, OMA [37] was used.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The simple peak-picking method (PPM) was used to find the eigen-frequencies as the peaks of non-parametric spectrum estimates. This frequency selection procedure becomes a subjective task in case of noisy test data, weakly excited modes and relatively close eigen-frequencies. Also for damping ratio estimation, the related half-power bandwidth method is not reliable at all. Frequency domain algorithms have been the most popular, mainly due to their convenience and operating speed.

Singular values of spectral density matrices, attained from vibration data using PP (Peak Picking) techniques are shown in Fig.6. Natural frequencies acquired from all the measurement setup are given in Table 3. The first five mode shapes extracted from experimental modal analyses are given in Fig. 7. When the analytically and experimentally identified modal parameters are checked with each other, it can be seen that there is a best agreement between the mode shapes as shown in (Table 4).

Table 3. Experimental modal analysis result of the model aluminum structure.

Mode number	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	1.601	4.674	7.388	7.853	8.745
Modal damping ratio (ξ)	1.947	1.880	1.395	2.178	1.472

Table 4. Comparison of analytical and experimental modal analysis results

Mode number	1	2	3	4	5
Analytical frequency (Hz)	1.651	4.816	7.619	8.083	9.004
Experimental frequency (Hz)	1.601	4.674	7.388	7.853	8.745
Difference (%)	3.028	2.948	3.031	2.845	2.876

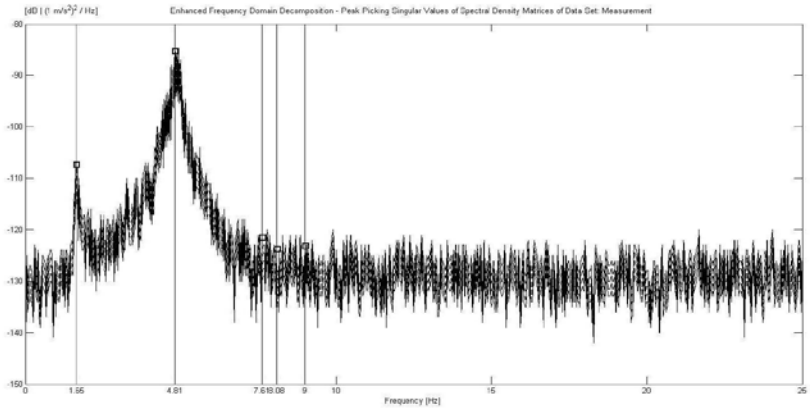


Fig. 6. Singular values of spectral density matrices

1st Mode Shape (f=2.012 Hz, ξ=0.836); 2nd (f=5.725 Hz, ξ=1.822); 3rd (f=6.813 Hz, ξ=1.576); 4th (f=7.754 Hz, ξ=0.695) and 5th Mode Shape (f=8.966 Hz, ξ=1.917)

Fig. 7. Experimentally identified mode shapes of model steel structure

4. CONCLUSIONS

In this study, the analytical and experimental modal analyses of a model aluminum structure were investigated. Comparing the result from these studies, the following observations were made: Briefly, from the studied 3D finite element model of the structure in SAP2000 software, a total of 5 natural frequencies were obtained analytically and these frequencies ranged between 1 and 10 Hz. Furthermore, the ambient vibration tests were conducted by using shake table excited by ambient vibration data from ground level. The Modal parameter identification was implemented by the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD) technique. Comparing the results of analytically and experimentally modal analyses, the detailed observations are as follows:

1. From the finite element of the model aluminum structure, the first five mode shapes were attained analytically and ranged between 1 and 10 Hz.

2. From the ambient vibration test, the first five natural frequencies were attained experimentally and ranged between 1 and 9 Hz.

3. When comparing the analytical and experimental results, it is clearly seen that there is best agreement between mode shapes.

4. Analytical and experimental modal frequencies differed only between 2.845%-3.031%.

5. Presented investigation results showed and confirmed the possibility of using the recorded micro tremor data on ground level as an ambient vibration input excitation data, for investigating and applying the Operational Modal Analysis (OMA) technique on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table) for model aluminum structures. This shed light on the development of related researches.

REFERENCES

[1] ANSI S2.47-1990 Vibration of buildings-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings.

[2] Ventura, C. E. and Schuster, N. D. (1996), "Structural dynamic properties of a reinforced concrete high-rise building during construction", Canadian Journal of Civil Engineering, **23**(4), 950-972.

[3] Kasimzade A.A. (2006), "Coupling of the control system and the system identification toolboxes with application in structural dynamics", International Control Conference (ICC2006), Glasgow, Scotland, UK, September.

[4] HO, B. and Kalman, R. E. (1966), "Effective construction of linear state-variable models from input/output functions", at-Automatisierungstechnik, 14(1-12), 545-548.

[5] Kalman, R. E. (1960), "A new approach to linear filtering and prediction problems", Journal of Basic Engineering, 82(1), 35-45.

[6]. Ibrahim, S. R. (1977), "Random decrement technique for modal identification of structures", Journal of Spacecraft and Rockets, 14(11), 696-700.

[7] Ibrahim, S.R. and Miculcik, E.C. (1977), "A method for the direct identification of vibration parameters from the free response", The Shock and Vibration Bulletin, 47(4), 183-194.

[8] Bendat, J. S. (1998), Nonlinear Systems Techniques and Applications, Wiley.

[9] Ljung, L. (1999), System Identification: Theory for the User, Prentice Hall.

[10] Juang, J. N. (1994), Applied System Identification, Prentice Hall.

[11] Van Overschee, P. and De Moor, B. L. (1996), Subspace Identification for Linear Systems: Theory-Implementation-Applications, Springer Science -Business Media.

[12] Trifunac, M. D. (1972), "Comparisons between ambient and forced vibration experiments", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1(2), 133-150

[13] Turker, T. (2014). "Structural evaluation of Aspendos (Belkis) masonry bridge". Structural Engineering and Mechanics, 50(4), 419-439.

[14] Brincker, R., Zhang, L. and Andersen, P. (2000), "Modal identification from ambient responses using frequency domain decomposition", Proceedings of the 18th International Modal Analysis Conference (IMAC), San Antonio, Texas, USA, February.

[15] Roeck, G. D. (2003), "The state-of-the-art of damage detection by vibration monitoring: the SIMCES experience", Journal of Structural Control, 10(2), 127-134.

[16] Peeters, B. (2000), "System identification and damage detection in civil engineering", Ph.D. Dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.

[17] Cunha, A., Caetano, E., Magalhaes, F. and Moutinho, C. (2005), "From input-output to output-only modal identification of civil engineering structures", 1st International Operational Modal Analysis Conference (IOMAC), Copenhagen, Denmark, April.

[18] Wenzel, H. and Pichler, D. (2005), Ambient Vibration Monitoring, John Wiley & Sons.

[19] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2007), "Ambient vibration analysis of steel structure", Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures (EVACES'07), Porto, Portugal, October.

[20] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2007), "Particularities of monitoring, identification, model updating hierarchy in experimental vibration analysis of structures", Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures (EVACES'07), Porto, Portugal, October.

[21] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2009), "Optimal estimation the building system characteristics for modal identification", 3rd International Operational Modal Analysis Conference (IOMAC), Porto Novo, Ancona, Italy, May.

[22] Alvin, K. F. and Park, K. C. (1994), “Second-order structural identification procedure via state-space-based system identification”, AIAA Journal, 32(2), 397-406.

[23] Balmes, E. (1997), “New results on the identification of normal modes from experimental complex modes”, Mechanical Systems and Signal Processing, 11(2), 229-243.

[24] Juang, J. N., Cooper, J. E. and Wright, J. R. (1988), “An eigensystem realization algorithm using data correlations (ERA/DC) for modal parameter identification”, Control-Theory and Advanced Technology, 4(1), 5-14.

[25] Juang, J. N. and Pappa, R. S. (1985), “An eigensystem realization algorithm for modal parameter identification and model reduction”, Journal of Guidance, Control, And Dynamics, 8(5), 620-627.

[26] Lus, H., De Angelis, M., Betti, R. and Longman, R. W. (2003), “Constructing second-order models of mechanical systems from identified state space realizations. Part I: Theoretical discussions”, Journal of Engineering Mechanics, 129(5), 477-488.

[27] Phan, M. Q., Longman, R. W., Lee, S. C. and Lee, J. W. (2003), “System identification from multiple-trial data corrupted by non-repeating periodic disturbances”, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 13(2), 185-192.

[28] Sestieri, A. and Ibrahim, S. R. (1994), “Analysis of errors and approximations in the use of modal coordinates”, Journal of Sound and Vibration, 177(2), 145-157.

[29] Tseng, D. H., Longman, R. W. and Juang, J. N. (1994), “Identification of the structure of the damping matrix in second order mechanical systems”, Spaceflight Mechanics, 167-190.

[30] Aliev, F. A. and Larin, V. B. (1998), Optimization of Linear Control Systems: Analytical Methods and Computational Algorithms, CRC Press.

[31] Friswell, M. and Mottershead, J. E. (1995), Finite Element Model Updating In Structural Dynamics, Springer Science-Business Media.

[32]Marwala, T. (2010), Finite Element Model Updating Using Computational Intelligence Techniques: Applications to Structural Dynamics, Springer Science-Business Media.

[33] Juang, J. N., Phan, M., Horta, L. G. and Longman, R. W. (1993), “Identification of observer/kalman filter markov parameters-theory and experiments”, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 16(2), 320-329.

[34] Jacobsen, N. J., Andersen, P., and Brincker, R. (2006), “Using enhanced frequency domain decomposition as a robust technique to harmonic excitation in operational modal analysis”, International Conference on Noise and Vibration Engineering (ISMA), Leuven, Belgium, September.

[35] Quanser (2008) Position control and earthquake analysis. Quanser Shake Table II User Manual, Nr 632, Rev 3.50, Quanser Inc, Markham, Canada

[36] SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA, 1997.

[37] ARTeMIS Extractor, Structural Vibration Solutions, Aalborg, Denmark, 1999.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Analytical and Experimental Modal Analysis of a Model Steel Structure Using Blast Excitation

F. Günday[1], A. Dushimimana[2], S. Tuhta[3]*

[1]Ondokuz Mayis University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Atakum/Samsun, Turkey
[2]Ondokuz Mayis University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Atakum/Samsun, Turkey
[3]Ondokuz Mayis University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Atakum/Samsun, Turkey

Abstract

The study on behavior of model steel structures by using the recorded quarry blast data on ground level as input excitation data is accomplished. The main purpose of the study is to investigate the possibility and feasibility to use quarry blast data in order to examine and apply Operational Modal Analysis (OMA) on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table) for steel structures. OMA methods like EFDD, SSI are the best methods to use while dealing with ambient responses of structures. With this in mind, EFDD is used in this study. Analytical and experimental modal analyses of a model steel structure are evaluated. Firstly, based on design drawing, mode shapes of a 3D Finite element model of steel structure are evaluated in SAP2000. Secondly, ambient excitation from the recorded quarry blast data on ground level is used to excite shake table. Then, Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD) is used to perform output only modal identification. In order to examine and evaluate the dynamic characteristics of the structure; the effects of blasting on responses of both models are compared. As a result, it is noted that there is a best correlation among mode shapes. The average difference between experimental and analytical frequencies is only found as 3.036%. This clearly shows the possibility of using the recorded quarry blast data on ground level as input excitation data for investigation and application of OMA on the bench-scale earthquake simulator.

Keywords: Experimental modal analysis, SAP2000, blast excitation, EFDD, shake table.

1. INTRODUCTION

In the regions of seismic hazards, structures are expected to have vibrations due to seismic loads. Due to such vibrations, structures might be exposed to damage. For the case of Turkey country, there are many quarries in the Black Sea region which are made during extraction of the filling material for constructions. Most quarries are operated for about 25 years and are usually close to the city centers. So it is in this context that if used in experimental tests, blast records can be very important for enhancement of structures. There are some stages for assessment of blast effects on structures Mahmoud [1]. The first stage includes determination of blasting. The second one is about dynamic analysis of structures under blast vibration by using a finite element program. The third stage includes the determination of dynamic characteristics (natural frequencies, mode shapes, and modal damping ratios); and the fourth, also taken as the last one, is about comparison of analytical and experimental results. The blasts and pressure produced are always felt by the regions near quarries. In the recent years many earthquakes have happened and resulted in great losses, and due to this measures should be take on how to mitigate their effects on both existing and new-to build structures. One of such measures includes both the

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 363-312-1919/1555*
E-mail address: furkan.gunday@omu.edu.tr (F. Günday).

experimental and analytical analyses' comparison to assess the structural responses during vibrations. In this study, theoretical, experimental and analytical determinations of the structural behavior during vibrations, and the creation of finite element model to represent the concerned structure are the emerging requirements. As commonly known, forced (shaker, impact, pull back or quick release tests) [2] and ambient vibration techniques are available for vibration testing of large structures. However Force vibration methods are more complex and are generally more expensive than ambient vibration tests. Ambient vibration testing, also known as Operational Modal Analysis, is the most economical non-destructive testing method to provide vibration data from large civil engineering structures by Output-Only Model Identification. General characteristics of structural responses (frequency, displacement, velocity, and acceleration) which depend on the type of vibrations (Traffic, Quarry Blast, Acoustic, Machinery inside, Earthquakes, Wind…) are given in Vibration of Buildings [3].This structure response characteristics give a general idea of the preferred quantity to be measured. Using some references like Ventura and Schuster [4], some studies on the analysis of ambient vibration measurements of buildings from 1982 until 1996 are discussed. Considering the modal updating of the structure, it is necessary to estimate the sensitivity of reaction of examined system, to change of parameters of building. Referring to Kasimzade [5], system identification is a process of developing or improving a mathematical representation of a physical system using experimental data. This also is demonstrated in [6-15] and system identification applications in civil engineering structures are presented in [16-27]. Extracting system physical parameters from identified state space representation was investigated in [28-35].Furthermore, the solution of a matrix algebraic Riccati equation and orthogonality projection which is more intensively and inevitably used in system identification was deeply investigated in works of Aliev [36].

As it is generally known, in engineering structures there are three types used for system identification: modal parameter identification; structural-modal parameter identification; and control-model identification methods. In the frequency domain the identification is based on the singular value decomposition of the spectral density matrix and it is denoted as Frequency Domain Decomposition (FDD). Its further development is the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD). It is also known that in the time domain there are three different implementations of the Stochastic Subspace Identification (SSI) technique, these implementations are: Unweighted Principal Component (UPC); Principal component (PC) and Canonical Variety Analysis (CVA) all to be used for the modal updating of the structure as it is indicated in [37-38]. Furthermore, it is necessary to estimate the sensitivity of reaction of examined system to change of random or fuzzy parameters of a structure. Finally, the investigated measurement noise perturbation influences to the identified system modal, physical parameters, and the estimated measurement noise border for which system parameters are identified; all these are acceptable for validation of finite element model of the examined system. By using Kalman filter [13-39] algorithms, it is then possible to realize the System identification. In some special cases, observer gain may coincide with the Kalman gain. Stochastic state-space model of the structure are simulated by Monte-Carlo method. In this study the possibility of using the recorded quarry blast data on ground level as ambient vibration input excitation data for investigation and application of Operational Modal Analysis (OMA) on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table) for model steel structures was investigated. Analytical and experimental modal analyses of a model steel structure for dynamic characteristics is evaluated. Firstly, a 3D Finite element model of the building is evaluated for the model steel structure based on the design drawing. Secondly, Ambient excitation is provided by shake table from the recorded quarry blast data on ground level.Thirdly, the Enhanced Frequency Domain Decomposition is used for the output only modal identification.

2. MODAL PARAMETER EXTRACTIONS

The (FDD) ambient modal identification is an extension of the Basic Frequency Domain (BFD) technique or the Peak-Picking technique. This method uses the fact that modes can be estimated from the spectral densities calculated in the case of a white noise input, and a lightly damped structure. It is a non-parametric technique which determines the modal parameters directly from signal processing. The FDD technique estimates the modes using a Singular Value Decomposition (SVD) of each of the measurement data sets. This decomposition corresponds to a Single Degree of Freedom (SDOF) identification of the measured system for each singular value [20].

The Enhanced Frequency Domain Decomposition technique is an extension to Frequency Domain Decomposition (FDD) technique. This technique is a simple technique that is extremely basic for use. In this technique, modes are easily picked by locating the peaks in Singular Value Decomposition (SVD) plots calculated from the spectral density spectra of the responses. FDD technique is based on using a single frequency line from the Fast Fourier Transform analysis (FFT), the accuracy of the estimated natural frequency is based on the FFT resolution and no modal damping is calculated. On the other hand, EFDD technique gives an advanced estimation of both natural frequencies and mode shapes, including damping ratios [40]. In EFDD technique, the single degree of freedom (SDOF) Power Spectral Density (PSD) function, identified as a resonant peak, is taken back to the time domain using the Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT). The natural frequency is then acquired by defining the number of zero crossing as a function of time, and the damping is acquired by the logarithmic decrement of the correspondent single degree of freedom (SDOF) normalized through auto correlation function Peeters [22].

In this study modal parameter identification is implemented by using Enhanced Frequency Domain Decomposition. The relationship between the input ($x(t)$) and responses ($y(t)$) in the EFDD technique can be written as,

$$[G_{yy}(j\omega)]=[H(j\omega)]^{*}[G_{xx}(j\omega)][H(j\omega)]^{T} \quad (1)$$

Where $G_{xx}(j\omega)$ is the rxr Power Spectral Density (PSD) matrix of the input. $G_{yy}(j\omega)$ is the mxm Power Spectral Density (PSD) matrix of the output, $H(j\omega)$ is the mxr Frequency Response Function (FRF) matrix, the superscript * and Tdenote complex conjugate and transpose respectively. The FRF can be reduced to a pole/residue form as follows:

$$[H(\omega)]=\frac{[Y(\omega)]}{[X(\omega)]}=\sum_{k=1}^{m}\frac{[R_k]}{j\omega-\lambda_k}+\frac{[R_k]^{*}}{j\omega-\lambda_k^{*}} \quad (2)$$

Where n is the number of modes, λ_k is the pole and R_k is the residue. Then Eq. (1) becomes as:

$$G_{yy}(j\omega)=\sum_{k=1}^{n}\sum_{s=1}^{n}\left[\frac{[R_k]}{j\omega-\lambda_k}+\frac{[R_k]^{*}}{j\omega-\lambda_k^{*}}\right] G_{xx}(j\omega)\left[\frac{[R_s]}{j\omega-\lambda_s}+\frac{[R_s]^{*}}{j\omega-\lambda_s^{*}}\right]^{\bar{H}} \quad (3)$$

Where s the singular values, the superscript (*) and H denote complex conjugate and transpose respectively. Multiplying the two partial fraction factors and making use of the Heaviside partial fraction theorem. After some mathematical manipulations, the output PSD can be reduced to a pole/residue form as fallows;

$$[G_{yy}(j\omega)]=\sum_{k=1}^{n}\frac{[A_k]}{j\omega-\lambda_k}+\frac{[A_k]^{*}}{j\omega-\lambda_k^{*}}+\frac{[B_k]}{-j\omega-\lambda_k}+\frac{[B_k]^{*}}{-j\omega-\lambda_k^{*}} \quad (4)$$

Where,A_k is the kth residue matrix of the output PSD. In the EFDD identification, the first step is to estimate the PSD matrix. Then the obtained output PSD, known at discrete frequencies, is then decomposed by taking the SVD (Singular Value Decomposition) of the matrix;

$$G_{yy}(j\omega_i)=U_iS_iU_i^{\bar{H}} \quad (5)$$

Where the matrix $U_i=[u_{i1},u_{i2},\ldots,u_{im}]$ is a unitary matrix holding the singular vectors u_{ij} and s_{ij}. G is a diagonal matrix holding the scalar singular values. The first singular vector u_{ij} is an estimation of the mode shape. PSD function is identified around the peak by comparing the mode shape estimation u_{ij} with the singular vectors for the frequency lines around the peak. From the piece of the SDOF density function obtained around the peak of the PSD, the natural frequency and the damping can then be obtained.

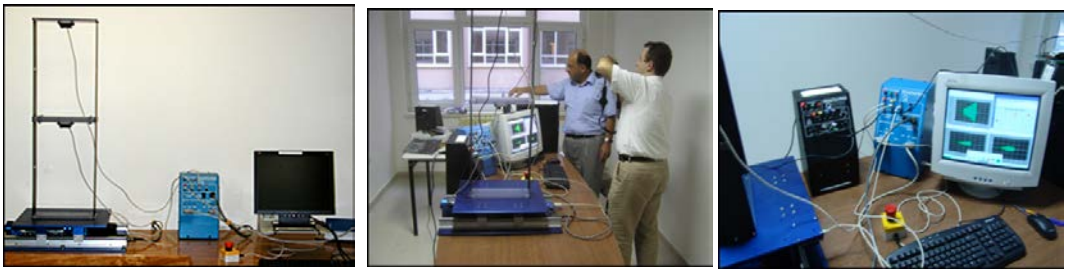
3. DESCRIPTION OF MODEL STEEL STRUCTURE

The model steel structure is fixed on the bench-scale shake table and the later provides shaking to the model. The Quanser shake table II is a uniaxial bench-scale shake table. This unit can be controlled by appropriate software as illustrated in Figs. 1a, b, c. It is effective for a wide variety of experiments for civil engineering structures and models. Shake table specifications are as shown in the table 1 below, Quanser [41]:

Table I. Shake Table Specifications

Dimensions (H x L x W)	(61 x 46 x 13) cm
Total mass	27.2 kg
Payload area (L x W)	(46 x 46) cm
Maximum payload at 2.5 g	7.5 kg
Maximum travel	± 7.6 cm
Operational bandwidth	10 Hz
Maximum velocity	66.5 cm/s
Maximum acceleration	2.5 g
Lead screw pitch	1.27 cm/rev
Servomotor power	400 W
Amplifier maximum continuous current	12.5 A
Motor maximum torque	7.82 N.m
Lead screw encoder resolution	8192 counts/rev
Effective stage position resolution	1.55 µm/count
Accelerometer range	± 49 m/s²
Accelerometer sensitivity	1.0 g/V

Model steel structure is 1.03 m height. Thickness of elements is 0.001588 m. The structure dimensions are shown in Fig. 2 as shown below:



(a) (b) (c)

Fig 1a, b, c. Illustration of model steel structure and shake table

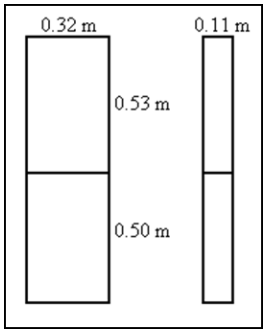


Fig.2. Illustration of the model steel structure's dimensions.

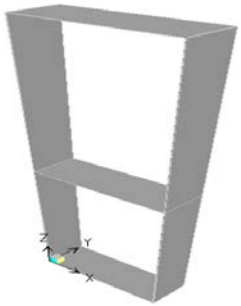


Fig.3. Finite element model of model steel structure

4. ANALYTİCAL MODAL ANALYSIS OF MODEL STEEL STRUCTURE

In order to perform a modal analysis on the shown model structure, both SAP2000 is used as explained here: The model used is "finite element" and is generated by SAP2000 [42]. All the components of this model are explained as follows: Beams and columns are modeled as 3D beam-column elements (Fig.3 shown by the black color). During modeling, the structure is modeled as an absolutely rigidity floor (rigid diaphragm). The selected structure is modeled as a space frame structure with 3D elements. At the base of the structural model, the ends of every element are fixed against translation and rotation. After these configurations, a finite element model of the structure in SAP2000 is created and its responses displayed. However, there are some assumptions: Model steel structure is modeled using an equivalent thickness and shell elements with isotropic property. Also it is assumed that all supports are modeled as fully fixed. Furthermore, all members of steel frame are modeled as rigidly connected together at the intersection points. In addition to these, there are some model characteristics that have been considered: when modeling beams and columns, the modulus of elasticity E=2.000E11 N/m2, Poisson ratio μ=0.3, mass per unit volume ρ=78500 N/m3

There are also other important considerations which need to be explained clearly here: Natural frequencies and vibration modes are the most important dynamic properties of structure, and have a very significant impact on the dynamic performance of buildings. In this study, a total of 5 natural frequencies are attained which range between 2 and 9 Hz. The first 5 vibration modes of the structure are shown in Figure 4. Additionally, for the check of Analytical modal analysis results for finite element model, Table 2 is referred to.

Table.2. Analytical modal analysis result at the first at the Finite Element (FE) model

Mode number	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	2.075	5.890	7.025	7.994	9.246

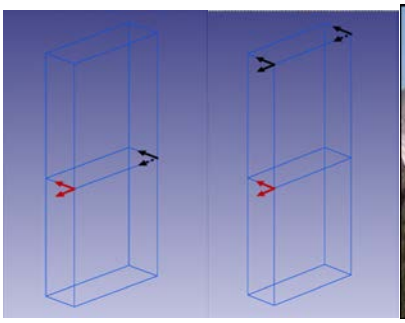
1st Mode Shape (f=2.075 Hz), 2nd (f=5.890 Hz), 3rd (f=7.025 Hz), 4th (f=7.994 Hz), 5th Mode Shape (f=9.246 Hz)

Fig.4. Analytically identified mode shapes of model steel structure

5. EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS OF MODEL ALUMINUM STRUCTURE

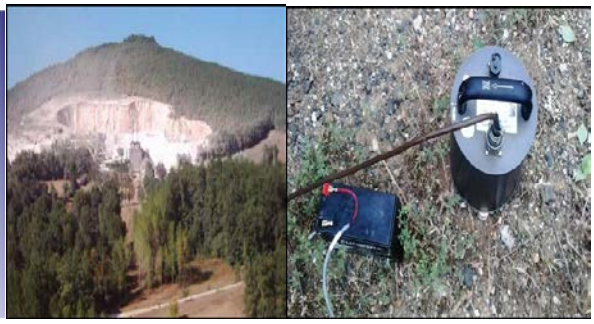
In order to obtain results for comparison with the ones from SAP2000, experimental modal analysis of the same model steel structure is performed. Ambient excitation is provided by the recorded micro tremor blast data on ground level. Three accelerometers (with both x and y directions) are used for the ambient vibration measurements, one of them is allocated as reference sensor, which is always located on the first floor (shown by

the red line in Fig. 5a, b). Two accelerometers are used as roving sensors (shown by the black line in Fig. 5a, b). The responses are then measured in two data sets (Fig. 5 a, b). 3 and 5 degrees of freedom records are used respectively (Fig. 5 a, b). Every data set (Fig. 5 a, b) is measured for 100 min. The selected measurement points and directions are shown in Fig. 5 a, b.



5. a) First setup 5.b) Second Setup

Fig.5. Location of accelerometers for experimental model in 3D view.



6.a) Samsun quarry view 6.b) Seismometer to record quarry

Fig.6. Samsun quarry and seismometer

The general setup of shake table and its working procedure: The data acquisition computer is dedicated to acquiring the ambient vibration records. In between measurements, the data files from the previous setup are transferred to the data analysis computer using a software package. This arrangement allows data to be collected on the computer while the second and faster computer could be used to process the data in site. This approach maintains a good quality control which allows preliminary analyses of the collected data. Whenever the data shows unexpected signal drifts or unwanted noise or for some unknown reasons becomes corrupted, the data set has to be discarded and the measurements have to be repeated. Blasting data were collected from quarries in Samsun as shown in Fig. 6 a, b, c.

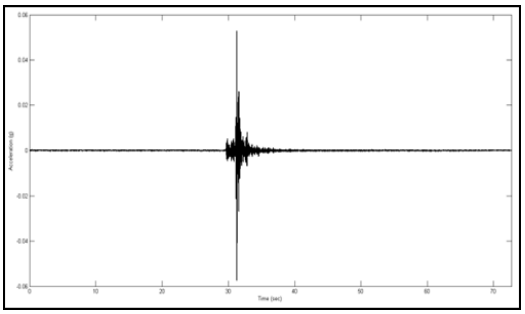


Fig.6c. The recorded quarry blast data used in the shake table.

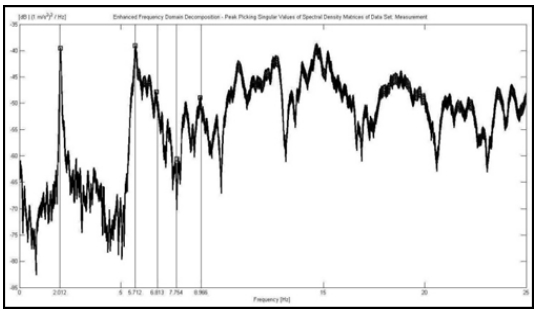


Fig.7. Singular values of spectral density matrices

During test, the roving sensors are systematically located from floor to floor until the test is complete. The Equipments used for the measurement include three Quanser accelerometers (with both x and y directional measures), geosig uni-axial accelerometer, and MATLAB data acquisition toolbox (wincon). Furthermore, concerning the model parameter estimation from ambient vibration data, the operational modal analysis (OMA) software ARTeMIS Extractor [43] is used.

It is also needed to know how some required structural responses are found during the test. Eigen frequencies are calculated, by using the simple peak-picking method (PPM), as peaks of non-parametric spectrum estimates. This frequency selection procedure becomes a subjective task in case of noisy test data, because of weakly excited modes and relatively closes Eigen frequencies. Another notice is that, for damping ratio estimation, the related half-power bandwidth method is not reliable at all. So, Frequency domain algorithms have been the most popular, mainly due to their convenience and operating speed.Singular values of spectral density matrices, attained from vibration data using PP (Peak Picking) technique are shown in Fig.7. Natural frequencies acquired from all measurement setup are given in Table 3. The first five mode shapes extracted from experimental modal analyses are given in Fig. 8. When both setup sets are experimentally identified, modal parameters are examined. it can be seen that there is a best agreement between the mode shapes in the experimental analysis. When the analytically and experimentally identified modal parameters are compared, it can also be noticed that there is a best agreement between the mode shapes as shown below (Table 4).

Table.3. Experimental modal analysis result for the model steel structure

Mode number	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	2.012	5.712	6.813	7.754	8.966
Modal damping ratio (ξ) (%)	0.836	1.479	1.576	0.695	1.917

1st Mode Shape (f=2.012 Hz, ξ=0.836), 2nd (f=5.725 Hz, ξ=1.822), 3rd (f=6.813 Hz, ξ=1.576), 4th (f=7.754 Hz, ξ=0.695), 5th Mode Shape (f=8.966 Hz, ξ=1.917)

Fig.8. Experimentally identified mode shapes of model steel structure

Table.4. Comparison of analytical and experimental modal analyses results

Mode number	1	2	3	4	5
Analytical frequency (Hz)	2.075	5.890	7.025	7.994	9.246
Experimental frequency (Hz)	2.012	5.712	6.813	7.754	8.966
Difference (%)	3.036	3.022	3.017	3.002	3.028

6. CONCLUSIONS

In this study analytical and experimental Modal Analyses of a Steel Model Structure Using Blast Excitation were examined. SAP2000 and Bench-scale shake table were the main requirements for this study to be realized. 3D finite element model of steel structure is constructed with SAP2000 software and its dynamic characteristics are determined analytically. For the second part, which consisted of experimental analysis, ambient excitation is provided by shake table from the recorded quarry blast data. Furthermore, Modal parameter identification is implemented by the Enhanced Frequency Domain Decomposition (EFDD) technique. After performing both types of analyses (Experimental and analytical), the results found are compared. Looking at the obtained results, the comparisons are interpreted as shown below:

- From finite element model of a steel structure, the first five mode shapes are attained analytically which range between 2 and 9 Hz. From the ambient vibration test, the first five natural frequencies attained experimentally range between 2 and 10 Hz.
- When comparing the analytical and experimental results, it is clearly seen that there is a best agreement between mode shapes. The difference between analytical and experimental modal frequencies lies within the interval of 3.002%-3.036%
- Based on the above results for both analytical and experimental analyses, it is noted that the Presented investigation results show the possibility to use the recorded quarry blast data on ground level as input excitation data for investigation and application of Operational Modal Analysis (OMA) on the bench-scale earthquake simulator (The Quanser Shake Table) for model steel structures. Finally, a number of similar researches need to be conducted as the existing related literature is still insufficient.

REFERENCES

[1] Mahmoud, S. (2014), "Blast load induced response and the associated damage of buildings considering SSI", *Earthquakes and Structures*, **7**(3), 349-365.
[2] Romo, L., Benavent-Climent, A., Morillas, L., Escolano, D. and Gallego, A. (2015), "Health monitoring of a new hysteretic damper subjected to earthquakes on a shaking table", *Earthquakes and Structures*, **8**(3), 485-509.
[3] ANSI S2.47-1990 Vibration of buildings-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings.
[4] Ventura, C. E. and Schuster, N. D. (1996), "Structural dynamic properties of a reinforced concrete high-rise building during construction", Canadian Journal of Civil Engineering, **23**(4), 950-972.
[5] Kasimzade A.A. (2006), "Coupling of the control system and the system identification toolboxes with application in structural dynamics", International Control Conference (ICC2006), Glasgow, Scotland, UK, September.
[6] HO, B. and Kalman, R. E. (1966), "Effective construction of linear state-variable models from input/output functions", at-Automatisierungstechnik, 14(1-12), 545-548.
[7] Kalman, R. E. (1960), "A new approach to linear filtering and prediction problems", Journal of Basic Engineering, 82(1), 35-45.
[8] Ibrahim, S. R. (1977), "Random decrement technique for modal identification of structures", Journal of Spacecraft and Rockets, 14(11), 696-700.
[9] Ibrahim, S.R. and Miculcik, E.C. (1977), "A method for the direct identification of vibration parameters from the free response", The Shock and Vibration Bulletin, 47(4), 183-194.
[10] Bendat, J. S. (1998), Nonlinear Systems Techniques and Applications, Wiley.
[11] Ljung, L. (1999), System Identification: Theory for the User, Prentice Hall.
[12] Juang, J. N. (1994), Applied System Identification, Prentice Hall.
[13] Van Overschee, P. and De Moor, B. L. (1996), Subspace Identification for Linear Systems: Theory-Implementation-Applications, Springer Science -Business Media.
[14] Lei, Y., Hua, W., Luo, S. and He, M. (2015), "Detection and parametric identification of structural nonlinear restoring forces from partial measurements of structural responses", *Structural Engineering and Mechanics*, **54**(2), 291-304.
[15] Li, D., Ren, W. X., Hu, Y. D. and Yang, D. (2016), "Operational modal analysis of structures by stochastic subspace identification with a delay index", *Structural Engineering and Mechanics*, **59**(1), 187-207.
[16] Trifunac, M. D. (1972), "Comparisons between ambient and forced vibration experiments", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1(2), 133-150
[17] Turker, T. (2014). "Structural evaluation of Aspendos (Belkis) masonry bridge". Structural Engineering and Mechanics, 50(4), 419-439.
[18] Le, T. H. and Caracoglia, L. (2015), "High-order, closely-spaced modal parameter estimation using wavelet analysis", *Structural Engineering and Mechanics*, **56**(3), 423-442.
[19] Bayraktar, A., Türker, T., Altunisik, A. C. and Sevim, B. (2010), "Evaluation of blast effects on reinforced concrete buildings considering Operational Modal Analysis results", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **30**(5), 310-319.
[20] Brincker, R., Zhang, L. and Andersen, P. (2000), "Modal identification from ambient responses using frequency domain decomposition", Proceedings of the 18th International Modal Analysis Conference (IMAC), San Antonio, Texas, USA, February.
[21] Roeck, G. D. (2003), "The state-of-the-art of damage detection by vibration monitoring: the SIMCES experience", Journal of Structural Control, 10(2), 127-134.
[22] Peeters, B. (2000), "System identification and damage detection in civil engineering", Ph.D. Dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
[23] Cunha, A., Caetano, E., Magalhaes, F. and Moutinho, C. (2005), "From input-output to output-only modal identification of civil engineering structures", 1st International Operational Modal Analysis Conference (IOMAC), Copenhagen, Denmark, April.
[24] Wenzel, H. and Pichler, D. (2005), Ambient Vibration Monitoring, John Wiley & Sons.
[25] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2007), "Ambient vibration analysis of steel structure", Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures (EVACES'07), Porto, Portugal, October.
[26] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2007), "Particularities of monitoring, identification, model updating hierarchy in experimental vibration analysis of structures", Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures (EVACES'07), Porto, Portugal, October.
[27] Kasimzade A.A. and Tuhta S. (2009), "Optimal estimation the building system characteristics for modal identification", 3rd International Operational Modal Analysis Conference (IOMAC), Porto Novo, Ancona, Italy, May.
[28] Alvin, K. F. and Park, K. C. (1994), "Second-order structural identification procedure via state-space-based system identification", AIAA Journal, 32(2), 397-406.
[29] Balmes, E. (1997), "New results on the identification of normal modes from experimental complex modes", Mechanical Systems and Signal Processing, 11(2), 229-243.
[30] Juang, J. N., Cooper, J. E. and Wright, J. R. (1988), "An eigensystem realization algorithm using data correlations (ERA/DC) for modal parameter identification", Control-Theory and Advanced Technology, 4(1), 5-14.
[31] Juang, J. N. and Pappa, R. S. (1985), "An eigensystem realization algorithm for modal parameter identification and model reduction", Journal of Guidance, Control, And Dynamics, 8(5), 620-627.
[32] Lus, H., De Angelis, M., Betti, R. and Longman, R. W. (2003), "Constructing second-order models of mechanical systems from identified state space realizations. Part I: Theoretical discussions", Journal of Engineering Mechanics, 129(5), 477-488.
[33] Phan, M. Q., Longman, R. W., Lee, S. C. and Lee, J. W. (2003), "System identification from multiple-trial data corrupted by non-repeating periodic disturbances", International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 13(2), 185-192.
[34] Sestieri, A. and Ibrahim, S. R. (1994), "Analysis of errors and approximations in the use of modal coordinates", Journal of Sound and Vibration, 177(2), 145-157.

[35] Tseng, D. H., Longman, R. W. and Juang, J. N. (1994), “Identification of the structure of the damping matrix in second order mechanical systems”, Spaceflight Mechanics, 167-190.
[36] Aliev, F. A. and Larin, V. B. (1998), Optimization of Linear Control Systems: Analytical Methods and Computational Algorithms, CRC Press.
[37] Friswell, M. and Mottershead, J. E. (1995), Finite Element Model Updating In Structural Dynamics, Springer Science-Business Media.
[38] Marwala, T. (2010), Finite Element Model Updating Using Computational Intelligence Techniques: Applications to Structural Dynamics, Springer Science-Business Media.
[39] Juang, J. N., Phan, M., Horta, L. G. and Longman, R. W. (1993), “Identification of observer/kalman filter markov parameters-theory and experiments”, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 16(2), 320-329.
[40] Jacobsen, N. J., Andersen, P., and Brincker, R. (2006), “Using enhanced frequency domain decomposition as a robust technique to harmonic excitation in operational modal analysis”, International Conference on Noise and Vibration Engineering (ISMA), Leuven, Belgium, September.
[41] Quanser (2008) Position control and earthquake analysis. Quanser Shake Table II User Manual, Nr 632, Rev 3.50, Quanser Inc, Markham, Canada
[42] SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA, 1997.
[43] ARTeMIS Extractor, Structural Vibration Solutions, Aalborg, Denmark, 1999.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Investigation of Cutting Tool Wears and Cutting Forces During Wear in Machining of GGG 90 Ductile Cast Iron Used as Crank Shaft

H. Koçak[1], G. Uzun[2],*

[1]Cihanbeyli MYO, Makine ve Met. Tek. Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
[2]Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara,

Abstract

In this study, tool wears and effect of tool wear on cutting force was investigated in machining of GGG 90 ductile cast iron used as crank shaft with cermet and carbide cutting tools. Tests were performed 400 m/min cutting speed, 0,3 mm/rev feed rate and 1,6 mm depth of cut by turning without coolant. After 12 cm³, 50 cm³, 100 cm³ and 200 cm³ volumes of material was removed by cermet and carbide cutting tools, flank wear and other tool defect were examined and cutting forces were measured. As a results, cermet tool exhibited better performance than cementide carbide tool in terms of flank wear but lower cutting forces were obtained in the tests which do with cementide carbide tool. It has been found that the tool coating on the side edge of the cermet tool has separated from tool and the notch wear has started on the carbide tool

Keywords: GGG 90, Carbide, Cermet, Tool wear, Cutting force.

1. INTRODUCTION

Ductile cast irons (DCI) have similar properties to steel, besides they are more light because their specific weight is lower than steel. For this reason, it is widely used in the automotive industry. It can be said that approximately one third of the parts used in automobiles are produced from DCI [1]. DCI is advantageous not only in terms of physical and mechanical properties, but also in terms of machinability. It is stated by some companies that the tool life is about 20% longer in manufacturing if DCI is used instead of steel material [2]. When compared to cast iron types in terms of machinability, they can be aligned as gray cast iron, temper cast iron, spheroidal graphite cast iron and fast chilled white cast iron from good to bed [3].

As known, the choice of tools in machining is an important issue. Machinability studies are being carried out in order to determine appropriate tool and to improve the tool life in machining of newly developed or revised materials [4]. In your day, there are many cutting tools with different features and they have different wear behaviors against the materials. Different wear behaviors affect cutting tool performance differently.

Besides tool wear is of great significance in manufacturing because it affects the quality of the components, tool life and machining costs. For this reason a relevant number of papers on tool wear can be emerged in literature [5]. Ghani et al. [6] have investigated tool wear, tool life, surface roughness and tool vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool. Surface finish was

[*] *Corresponding author Tel.: +90 3326734089: fax: +90 3326734090.*
E-mail address: harunkocak@selcuk.edu.tr (H. Koçak).

found to be almost constant with the progression of the flank wear under all cutting conditions. At low depth of cut, high differance was not observed in vibration with the increase of flank wear. The results show that the tool life of the alumina ceramic inserts is not satisfactory when machining nodular cast iron. Grzesik et al. [7] have tested performance of carbide and ceramic tools in terms of cutting forces, surface roughness, temperature of tool-chip interface and friction in machining of pearlitic-ferric ductile cast iron. Ucun et al. [8] investigated tool wear, surface roughness and cutting forces in machining of ductile cast iron and austempered cast iron by carbide tool. Cutting forces and tool wear were less in machining ductile cast iron.

In this study, tool wears and effect of tool wear on cutting force was investigated in machining of GGG 90 ductile cast iron used as crank shaft with cermet and carbide cutting tools.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Test sample

GGG 90 pearlitic spheroidal graphite cast iron was used in the experiments. Test sample in 90 mm diameter and 250 mm length were prepared by casting from spheroidal graphite cast iron material. Spectral analysis of the material was made and microstructure photographs were taken after standard metallographic sample preparation procedures. The chemical composition of the material is given in Table 1. It is seen that the GGG 90 spherical graphite cast iron has a pearlitic structure in the microstructure photograph (Fig 1). The material hardness was measured between 28 and 30 HRC on a cylindrical sample from outside to center under a load of 150 kg by a Wilson hardness tester.

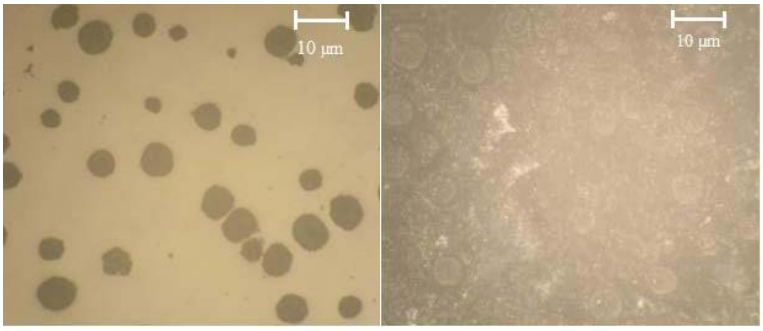


Fig. 1. Micro structure of GGG 90 material a) polished b) etched

Table I. Chemichal composition of DCI GGG 90 (% wt)

C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	V	Co
3,77	2,17	0,232	0,022	0,006	0,026	0,029	0,858	0,688	0,008	0,008	0,013	0,019

2.2. Machining condition

Machinability tests were carried out on a "Johnford TC-35" CNC lathe capable of operating up to 4000 rpm with Fanuc control system. Prior to the experiment, the outer surface of the sample was turned and cleaned from the casting residues. In the experiments, KC9315 quality carbide and KT315 quality cermet cutting tools, which have been SCMT120408 geometry recommended by Kennametal firm for spherical graphite cast iron were used. The cutting parameters are set close to the upper limits to allow for evaluating the performance of the cutting tools, taking into account the values recommended by ISO 3685 and the cutting tool manufacturer. The cutting parameters are specified in Table 2.

2.3. Experimental processes

After 12 cm³, 50 cm³, 100 cm³ and 200 cm³ volumes of material was removed by cermet and carbide cutting tools, flank wear and other tool defect were examined and cutting forces were measured. Test conditions are given in Table 2. Flank wear measurements are made as specified in ISO 3685. A 3-component piezo-electric KISTLER 9257B dynamometer that is capable of measuring three forces in different way (the cutting force "Fc", the feed force "Ff" and the passive / radial force "Fp") at the same time was used (Fig 2). The dynamometer was connected to KISTLER Type 5019 the signal amplifier and the data is transferred to the computer via the intermediate cable. The obtained data was converted into graphics with the "DynoWare Type 2825Al-2" program.

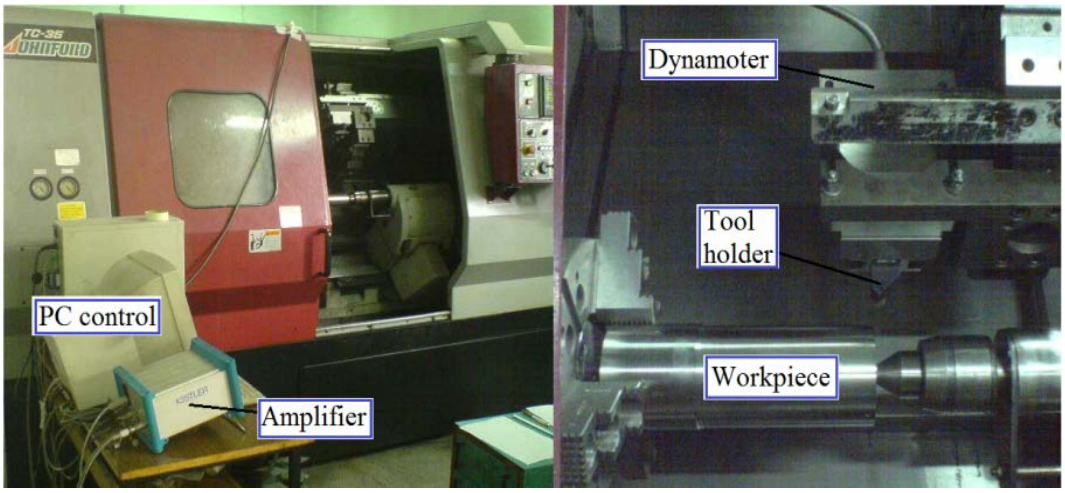


Fig. 2. Machinability test system

Table II. Test conditions

Number of tests	Cutting speed, V (m/min)	Feed, f (mm/rev)	Depth of cut, a (mm)	Cutting tool	Material removal rate, S (cm^3)
1	400	0,3	1,6	Carbide	12
2					50
3					100
4					200
5				Cermet	12
6					50
7					100
8					200

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Cutting tool wears

After machining tests, the cutting tools were examined with optical microscope to investigate the damage of the tools. Cutting speed and feed rate are chosen close to the upper limits of the values in the cutting tool catalogs in order to observe and compare the wear on the cutting tools. For this reason, the flank wear (V_B) occurred in both cutting tools even after 12 cm^3 material machining. As the machining volume increases, flank wear increases for both cutting tools. The flank wear depending on the machining volume are given in Fig 3. It has been showed less flank wear on cermet cutting tool according to carbide cutting tool. After 200 cm^3 volume of machining, 0,16 mm flank wear was measured on the cermet tool while 0.24 mm flank wear was measured on the carbide tool. 50% more flank wear occurred in the carbide tool after 200 cm^3 volume of machining.

The cermet tools that is sold on the market are produced from TiC, TiN, TaC and Mo_2C ceramics and Ni, Co metals at different ratios by sintering [11]. Cutting tools that is generally called sintered carbide, are produced from WC and Co by liquid phase sintering [12]. TiC ceramic material, which is predominantly the main component of cermet tools, is harder than WC and is more stable both thermally and chemically. For this reason, cermet tools have higher wear resistance than sintered carbide tools [13]. Abrasive wear mechanism which is effective on flank wear and is related to cutting tool hardness [14]. In this study the cermet tool performed better in terms of flank wear because of its high hardness and other properties.

It can be seen that the graph obtained for the cermet tool is close to the line, but that the graph of the carbide tool has an increasing tendency. This shows that the hardness of the carbide tool is more influenced by the increase in wear and the heat generated in the cutting zone. When the cutting tool starts to wear, the friction in the tool chip area also increases. For this reason, the hardness of the tool decreases because of the

temperature in the cutting zone is higher [13, 14]. Since the cermet tool is thermally and chemically more stable [15,16], increment of friction and temperature due to wear did not affect tool hardness too much. For this reason, as the volume of removed material increases, the flank wear increases linearly on cermet tool. However, the increment tendency of the wear diagram of the carbide tool (Fig 3) showed that the tool wear process is faster.

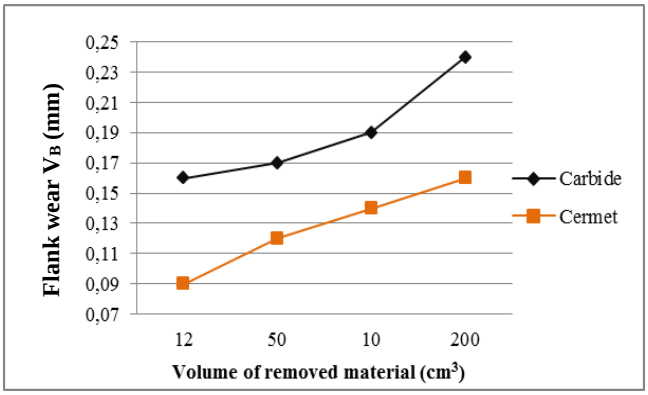
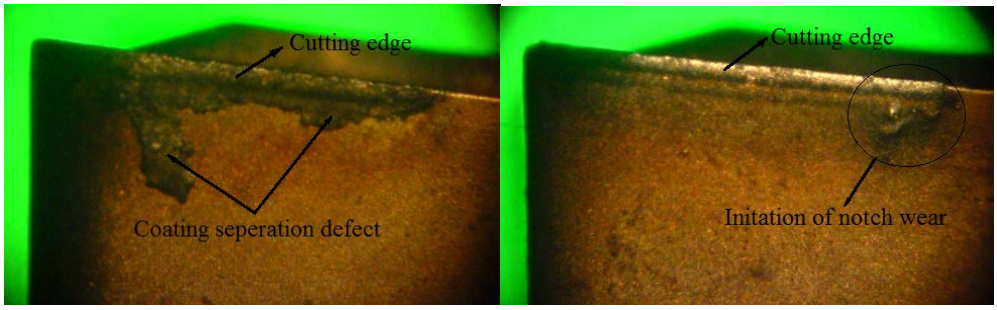


Fig. 3. Flank wear on cutting tools

When cermet tool examined after tests, it is seen that the coating layer was separated from tool in the cutting edge area (Fig 4). No coating damage was observed on the carbide tool. It is thought that the coating damage on cermet tool was caused by insufficient adhesion between the coating and tool due to the coating method.

The cermet tool is coated with TiN-TiCN-TiN from inside to outside with PVD method, and the carbide tool is coated with TiCN-Al_2O_3-TiN by CVD method [10]. PVD and CVD methods have some advantages and disadvantages caused from coating conditions and these affect cutting tool quality. For example, a lower coating temperature of 500 °C in the PVD methot does not cause to change mechanical properties such as toughness and bending strength of the cutting tool material. However, since the coating is carried out at 500 ° C, adhesion problems may arise between coating and cutting tool. It is stated in the literature that the coating temperature is 1000 °C in the CVD method and that the coating is better adhered to tool according to the PVD method [17]. As a result, the cermet was coated with the PVD method, so coating damage occurred during processing due to the adhesion problem of the coating. As a result, the cermet was coated by PVD method, so coating damage occurred during machining due to the adhesion problem of the coating.

When the cutting edge of the carbide tool is examined, it is seen that a black zone in the area where the chip is finished. It can be said that notch wear is beginning to emerge in this region that spreads downward and becomes black. The presence of heat and oxygen leads to oxidation in the chip removal process. Increment of oxidation leads to notch wear in the area where the chip finished at the cutting edge [14,16]. However, since the cermet tool is more thermally and chemically stable than the carbide tool, there was no occurrence of notch wear.



a) b)

Fig. 4. Cutting tools; a) Cermet after 200 cm³ , b) Carbide after 100 cm³

2.2. Effect of tool wear on cutting forces

Cutting forces were measured during the last 10 cm^3 machining in each wear test. The cutting forces in relation to wear are given in Fig 5. As volume of removed material increased, tool wear increases and the

cutting force increases as a result of this (Fig 5). With flank wear increasing from 0.16 mm to 0.24 mm on carbide tool, main cutting force increased from 786.5 N to 836.3 N. When the flank wear of the cermet tool was 0.09 mm, the main cutting force was 786 N, but the wear was 0.16 mm, the main cutting force increased to 998 N. After 12 cm³ volume of removed material, the main cutting force measured by both cutting tools is close to each other, but difference is increased by increasing the amount of wear. Lower cutting force is obtained with the carbide tool, although the flank wear on the cermet tool is less than on the carbide tool. This can be explained by the increase in temperature in the cutting zone due to wear. When flank wear increases on cutting tools, the friction between the tool and the material increases and the temperature rises in the cutting area. As the temperature increases in the cutting zone, the cutting force is also reduced because chip formation is facilitated.

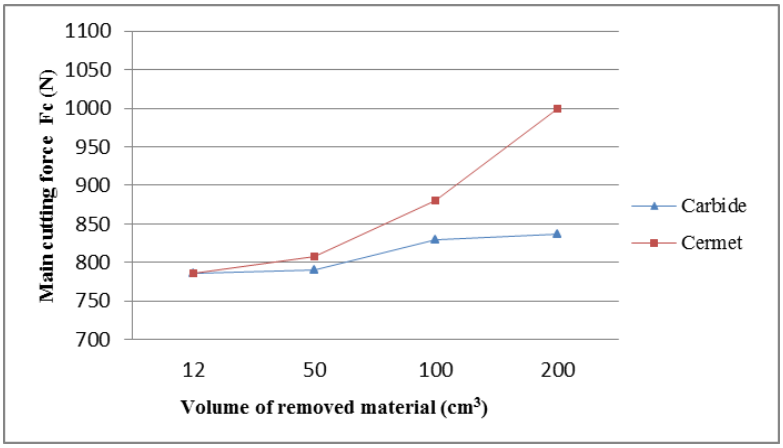


Fig. 5. Main cutting force change during wear

CONCLUSIONS

- After 200 cm³ in the tests, 0,16 mm flank wear was measured on the cermet tool but flank wear was 0.24 mm on the carbide tool. At the same conditions, the carbide tool is 50 % more worn.
- When cermet tool examined after tests, it is seen that the coating layer was separated from tool in the cutting edge area. In the carbide tool, notch wear starts to occur.
- After 12 cm³ volume of removed material, the main cutting force measured by both cutting tools is close to each other, but difference is increased by increasing the amount of wear.
- Lower cutting force is obtained with the carbide tool, although the flank wear on the cermet tool is less than on the carbide tool.

REFERENCES

[1] Özdemir, Ö., Otomotiv sektöründe kullanılan küresel grafitli dökme demir üretimine etki eden parametrelerin teorik incelenmesi ultrasonik ses hızı yöntemiyle tahribatsız kontrolü ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Eskişehir, 1-10 (2007).

[2] Metcut Research Associates Inc., Machining data handbook, 3rd ed., Cincinnati, Bosnjak, 1980.

[3] International Nickel Co. Inc., Machining ductile irons, New York; 2001.

[4] Koçak, H., Gülesin, M. ve Özdemir, M., GGG 90 Küresel Grafitli Dökme Demirin İşlenmesinde Farklı Takımların Radyal Kuvvete Etkisi. In Proceedings of II. Uluslar Arası Demir Çelik Sempozyumu (IISS'15) 1-3 Nisan, p. 408-412, 2015

[5] Attanasio, A., Ceretti, E., Rizzuti, S., Umbrello, D., Micari F., 3D finite element analysis of tool wear in machining, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 57, 61–64, 2008.

[6] Ghani, A.K., Choudhury, I.A., Husni, Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool, Journal of Mater. Proc.Tech. 127, 17–22, 2002.

[7] Grzesik, W., Rech, J., Zak, K., Claudin, C., Machining performance of pearlitic–ferritic nodular cast iron with coated carbide and silicon nitride ceramic tools, International Journal of Machine Tools & Manufacture 49, 125–133, 2009.

[8] Ucun İ., Aslantaş K., Taşgetiren S., Gök K., "östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin Sinterlenmiş karbür kesici takım ile tornalama İşleminde takım performansının incelenmesi" J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., 22: 4, 739-744, 2007.

[9] ISO, Tool-Life Testing With Single-Point Turning Tools, International Organization For Standardization, Second Edition, 4-10, 1993.

[10] Kennametal Inc., Torna takımları kataloğu, Latrobe, Pennsylvania, USA, A28-A32, 2004.

[11] Charpman W.A.J., Workshop Technology, Part 2, 4th edition, Edward Arnold Publisher Ltd., 1983.

[12] H. Koçak, M. Subaşı, A. Safarian, Ç. Karataş ve U. Şeker, Tokluğu Yüksek Wc-Co T Kanal Çakının Performans Araştırması, In Proceedings of UMTİK 2018, 03-06 haziran, 97-98, 2018

[13] Sahin, Y.,Talaş Kaldırma Prensipleri 1, Nobel Yayın Dagıtım, Ankara, 125-150 2003.

[14] Şeker, U., Takım tasarımı ders notu, *Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi*, Ankara, 1-133, 2017.

[15] Aslantas K., Ucun I., The performance of ceramic and cermet cutting tools for the machining of austempered ductile iron, Int J Adv Manuf Technol, 41:642–650, 2009.

[16] Çakır, M.C., Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 1-268 2006.

[17] Konyashin, Yu. I., PVD/CVD technology for coating cemented carbides, Surface and Coatings Technology, 71, 277-283, 1995.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Reinforcement Learning Approach in Home Environment Using Python

Z. Pala[1*]

[1] *Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mus Alparslan University, Mus, Turkey*

Abstract

Recent developments that combined deep learning with reinforcement learning to have led to a great excitement in this area. It has shown that general algorithms such as Q-learning can provide good performance on difficult problems. The difference between reinforcement learning and supervised learning is that only partial feedback is given to learners' predictions. The goal of a reinforcement learning, a branch of machine learning and interested in a series of decisions, is to control a computer agent in an unknown environment to accomplish an expected task. Furthermore, in addition to understanding the benefits and limitations of algorithms, it also enhances effective learning algorithms.

This study, based on an effort to reach the target point by finding the right path of an agent in a home with ten rooms. The end of this effort is to maximize the expected result. In other words, the aim is to find the shortest path between the starting point and the destination. Every time the agent in the home environment is given a random start point, a Q-learning algorithm is trained to find the best way between the starting point and the destination. In this work, we used the popular numpy, pylab and networkx libraries for the machine learning of the python programming language. We used numpy library to process the matrix, pylab and networkx libraries to draw graphs. In the study, the R matrix, the numerical equivalence of the agent's road map, and the Q matrix representing the memory of the agent were created and used. After the training was completed, the results were evaluated by showing the performance of the agent with a graphical support.

Keywords: Reinforcement learning, Q-learning, Python.

1. GİRİŞ

Yapay zekâ, geleceğimizi bu yüzyıldaki diğer yeniliklerden daha güçlü bir şekilde şekillendirecek şekilde hızlı adımlarla yoluna devam etmektedir. Makine öğrenmesi (MÖ) her ne kadar kavramsal olarak yapay zekâ ile karıştırılsa da ondan farklıdır. Teknik olarak MÖ, yapay zekânın bir alt dalıdır ve geldiği nokta itibari ile onu çoktan geride bırakmıştır. Benzer olarak derin öğrenme (DÖ) ise MÖ 'nin bir alt araştırma alanı olarak kabul edilmektedir. Bir dizi kararla ilgilenen ve aynı zamanda bir MÖ dalı olan takviyeli öğrenme (TÖ), zengin matematik teorisine sahiptir ve çeşitli uygulama alanlarında yer edinmiştir. DÖ' yi, TÖ ile birleştiren çalışmalar, gelecek için ümit verici olmuştur.

TÖ, bir ajanın herhangi bir ortamda eylemler gerçekleştirerek nasıl davranacağını ve buna karşın hangi sonuçlar ile karşılaşacağını öğrendiği önemli bir MÖ tipidir. TÖ' nün arka planını oluşturan fikir, ajanın çevre ile etkileşim esnasında öğrenme kabiliyetini geliştirmesi sonucunda ödüller kazanması ve yeni eylemler yapmasıdır. TÖ ajanı ortamdan ödül kazanabildiği gibi aynı zamanda ortam tarafından cezalandırılabilmektedir [1].

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 436-249 49 49/1071*

E-mail address: z.pala@alparslan.edu.tr

TÖ, hem denetimli öğrenme (supervised learning) hem de denetimsiz öğrenmeden (unsupervised learning) farklıdır. Diğer öğrenme türlerinde olmayan ancak MÖ'de ön plana çıkan problemlerden birisi keşif ve sömürü arasındaki darboğazdır [2]. Keşif bulunulan ortam hakkında daha fazla bilgi edinmeye dayanırken; sömürü, ödülü en üst düzeye çıkarmak için bilinen bilgileri kullanmaya dayanmaktadır. TÖ ajanının amacı beklenen kümülatif ödülü maksimize etmektir. Ancak burada tuzağa düşme ihtimali da gözden kaçırılmaması gereken bir husustur. Eğer sadece ödül odaklı çalışılırsa, asla daha büyük ödüllere ulaşılamayacaktır. Bunun yerine kendisine yakın daha küçük ödüller ile yetinilmektedir. Fakat eğer keşif süreci başlatırsa, o zaman daha büyük ödüllere ulaşma şansını yakalayabilecektir. Keşif ve sömürü darboğazını uygun bir şekilde aşacak bir kural tanımlamak gerekmektedir.

Bu çalışmada, on oda ve bir bahçeden meydana gelen, diğer bir ifadeyle 11 düğümden ibaret bir ortamın herhangi bir noktasına bırakılan TÖ-tabanlı bir ajanın, bulunduğu noktadan bahçeye en ideal geçiş noktalarını takip ederek hedefe ulaşması ve elde edeceği ödülün maksimize edilmesi ele alınmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Python programlama dili kullanılarak TÖ-tabanlı bir ajanın evin herhangi bir odasından deneme-yanılma ile bahçeye çıkış başarımı modellenmiştir.

Bir takviyeli öğrenme (TÖ) ajanı zamanla ortam ile etkileşim halinde olur. TÖ döngüsü sırasıyla durum (State-S), eylem (Action-A) ve ödül (Reward-R) biçiminde ilerler. Ajan başlangıçta S_0 durumundadır. Ajanın S_0 durumunda herhangi bir tarafa dönmesi A_0 eylemini gerçekleştireceği anlamına gelmektedir. Ortamın yeni bir duruma geçmesi diğer bir ifadeyle ajanın yeni bir ortama geçiş yapması halinde S_1 durumu işletilir. Bu durumda ortamın sunduğu yâda ortamdan sağlanan R_1 ödül söz konusudur [3]. Diğer bir ifadeyle durum ve eylem gerçekleştikten sonraki zaman diliminde ödül söz konusu olmaktadır.

Burada ajanın amacı beklenen ödülü kümülatif olarak maksimize etmektir. Bunun sebebi TÖ'nün, ödül hipotezi fikrine dayanmasındandır. Tüm hedefler, beklenen kümülatif ödülün maksimizasyonu ile tanımlanabilir.

İşte bu yüzden TÖ' de en iyi davranışa sahip olmak için, beklenen kümülatif ödülü en üst düzeye çıkarılması gerekmektedir. Her bir t zaman dilimindeki kümülatif ödül (G_t) şu şekilde yazılabilir:

$$G_t = R_{t+1} + R_{t+2} + R_{t+3} + \cdots \quad (1)$$

Buna karşın hedefe yaklaşıldıkça tuzaklara düşme ihtimali her zaman olduğundan dolayı elde edilebilecek azaltılmış kümülatif beklenen ödül formülümüz şöyle olmaktadır [4]:

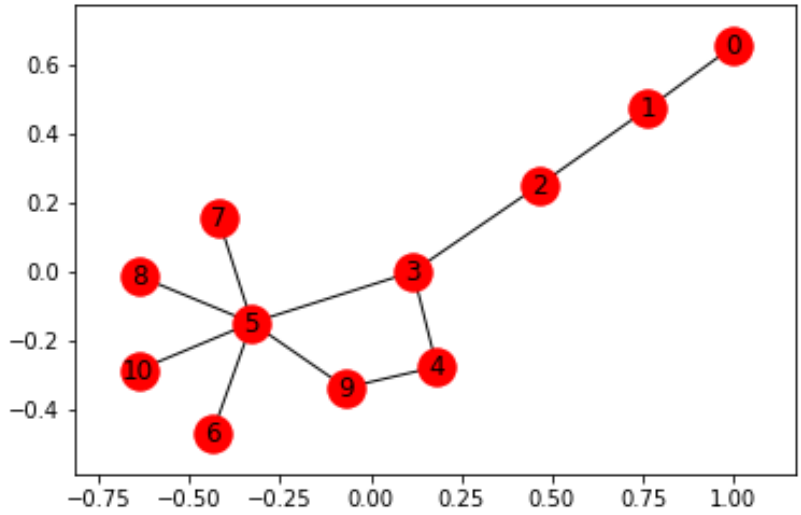
$$G_t = \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t r(x(t), a(t)) \, , \gamma \epsilon [0,1] \quad (2)$$

İndirim oranı olarak kullanılan gama (γ) [0,1] arasında bir sayı olmalıdır. Gama ne kadar büyük olursa, indirim o kadar az olur. Bu, öğrenen ajanın uzun vadeli ödül hakkında daha fazla umursadığı anlamına gelir. Öte yandan, gama ne kadar küçük olursa, o kadar büyük bir indirim söz konusudur. Bu, ajanımızın kısa vadeli ödülü daha fazla umursadığı anlamına gelir.

En sade haliyle, her ödül gama tarafından zaman adımının üssüne indirgenir. Zaman adımı arttıkça, ajan daha fazla tehlikeye maruz kalabilmektedir. Bu yüzden gelecekteki ödülün gerçekleşmesi daha az ve daha az olasıdır.

3. TARTIŞMA VE YORUM

On odalı, aynı zamanda bahçeli bir ev ortamındaki oda yerleşimi ve odalar arası bağlantı biçimi Şekil 1'de düğüm olarak gösterilmiştir.



Şekil. 1. Odaların geçişlerini gösteren düğümler

Şekil 1'deki düğüm yapısı, odalar arasındaki geçişi temsil eden ve ikili noktalardan oluşan {(0,1), (1,2), (2,3), (3,4),(3,5), (5,6), (5,7),(5,8),(5,9),(5,10),(9,4)} dizisini esas almaktadır. Görüldüğü gibi bulunulan (1) nolu noktadan, hedef olarak gösterilen (4) nolu noktaya giden tüm yollar ve bunun sonucunda elde edilecek kazanç bellidir. Başlangıç noktasını (0) sıfır olarak kabul ettiğimizde, ajanın hedefe ulaşması yanı bahçeye çıkması için takip edeceği en iyi yol (0, 1, 2, 3, 4) olmaktadır.

Şekilde görüldüğü gibi 10 odalı bir evin (4 nolu nokta bahçeyi göstermektedir) her bir odası birer düğüm ve odalar arasındaki kapılar ise bir link olarak gösterilmiştir. Ajan evin herhangi bir odasında bulunabilmektedir. Bulunduğu odadan bahçeye en iyi yolu bulmak ajanın en temel görevidir. Şekil 1'de verilen grafikte yer alan her bir düğümü temsil edecek sayısal bir değer kullanmak gerekmektedir.

Tablo I. R matrisi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	0	-1	100	0	-1	-1	-1	-1	-1
4	-1	-1	-1	0	100	-1	-1	-1	-1	0	-1
5	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	0
6	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1
7	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1
8	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1

9	-1	-1	-1	-1	100	0	-1	-1	-1	-1	-1
10	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1

Bir anlamda düğümlere karşılık gelen bir ödül matrisi oluşturulması gerekir. Bunun için R_{11x11} formundaki matrisimiz şöyle olmaktadır:

Başlangıçta matrisin tüm elemanları -1 yapılmıştır. Daha sonra matrisin her bir elemanı için bir güncelleme algoritması çalıştırılmaktadır. Eğer matristeki satır ve sütunlar uygulanan bir yolu ifade ediyorsa -1 değeri 0 olarak, hedefe giden bir yolu ifade ediyorsa 100 olarak değiştirilmektedir.

Tablo I'deki R (Reward-ödül) matrisinde gösterildiği gibi y-ekseni ajanın bulunduğu konumu yani durumları ifade ederken, x-ekseni muhtemel sonraki hareketi (aksiyonu) ifade etmektedir.

Tablo I'de verilen ödül matrisi R vasıtasıyla gösterildiği gibi hedefe doğru giden ancak direk hedefe çıkmayan yollarda 0 puan alınırken, hedefe direk çıkan yollarda ise 100 puan alınmaktadır. Bir düğümün kendisine dönmesi durumunda yâda direk yan yana olmayan bir anlamda direk bağlantısı olmayan düğümler için -1 değerleri kullanılmıştır.

Sonraki aşamada ajanın ortamdan öğrendiklerini kaydedebileceği bir anlamda ajanın hafızasını oluşturan Q-öğrenme matrisi oluşturulmaktadır. Q-öğrenme modeli, geçiş kuralı formülü ve gama öğrenme oranı parametresini kullanmaktadır. Q matrisi tıpkı R matrisinde olduğu gibi Q_{11x11} boyutundadır.

3.1. Q-öğrenme

Q-öğrenme, değer-tabanlı bir TÖ algoritmasıdır. Q-fonksiyonu durum (state) ve hareket (action) olmak üzere iki girişi alır. Bu fonksiyon beklenen gelecekteki ödülü, ilgili durumdaki harekete bağlı olarak dönderir [5]:

$$Q^{yeni}(s_t, a_t) = (1-\alpha).\underbrace{Q(s_t, a_t)}_{eski\ değer} + \underbrace{\alpha}_{öğrenme\ oranı}.(\underbrace{r_t}_{ödül} + \underbrace{\gamma}_{indirim\ faktörü}.\underbrace{\max_a Q(s_{t+1}, a)}_{Optimal\ tahmini\ değer}) \quad (3)$$

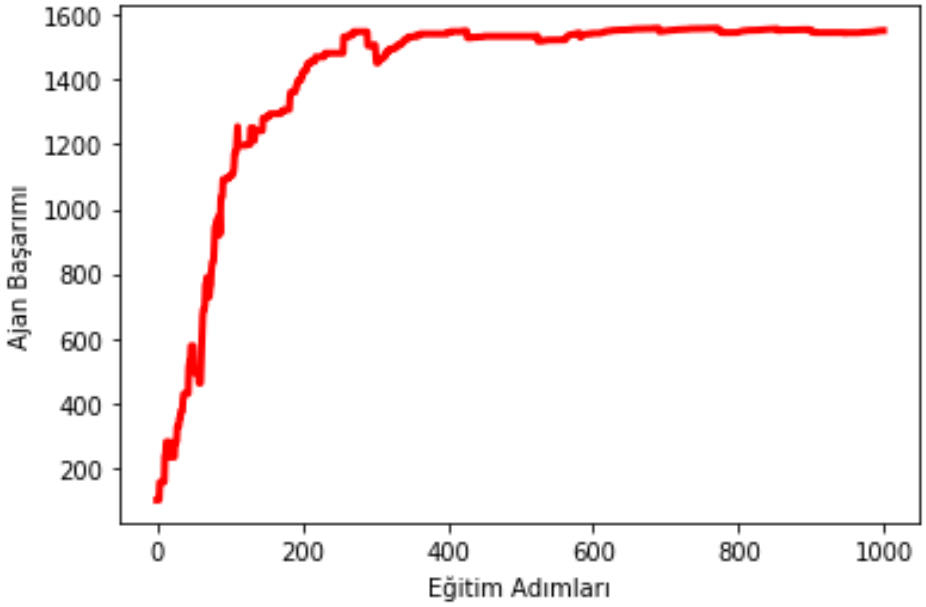
Burada r_t, s_t durumunda gözlenen ödülü, α ise öğrenme oranını ifade etmektedir ($0< \alpha \leq 1$). Q-Öğrenme algoritması Python programlama dili ortamında şu şekilde çalışmaktadır:

```
Gama parametresini ayarla ve R matrisini hazırla
Q matrisinin tüm değerlerini sıfırla
For (Her bir bölüm için):
        Rastgele bir durum seç
        Do While (Hedefe ulaşılana kadar)
                Mevcut durum için bir hareket seç
                Mümkün olan hareketi kullanarak yeni duruma geç
                Geçilecek durum için maksimum Q değerini muhtemel tüm durumlardan bul
                Denklem (3)'ü hesapla, Q matrisini güncelle (Şekil 3)
                Sonraki durumu mevcut durum olarak ayarla
        End Do
End For
```

```
Q= [[  0.    50.76   0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [ 40.60   0.    64.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.    51.2    0.    80.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.    63.45   0.   100.   63.22   0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.     0.    80.   99.85   0.    0.    0.    0.    80.    0.  ]
    [  0.     0.     0.    78.20  0.     0.    50.57 50.57 50.57 80.   50.57 ]
    [  0.     0.     0.     0.    0.    64.    0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.     0.     0.    0.    63.22  0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.     0.     0.    0.    64.    0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.     0.     0.   100.   63.22  0.    0.    0.    0.    0.  ]
    [  0.     0.     0.     0.    0.    64.    0.    0.    0.    0.    0.  ]]
```

Şekil. 3. Başlangıçta tamamen 0 elemanlarına sahip olan Q matrisinin eğitim işleminden sonraki güncellenmiş durumu

Ajan programını oluşturan eğitim işlemi 1000 kere yapıldıktan sonra test işlemine geçilmektedir. Test grafiğinde (Şekil 4) görüldüğü gibi 0 başlangıç noktasından 4 bitiş noktasına giderken ajanımızın 350. iterasyon civarında ortamı daha iyi tanıdığını ve en iyi çözümü bulduğunu söyleyebiliriz.



Şekil. 4. Ev ortamında ajan başarım grafiği

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Python programlama dili ortamında makine öğrenmesinin bir dalı olan Takviyeli Öğrenme'nin çalışma biçimi bir örnek desteğinde gösterildi. Uygulamada kullanılan TÖ ajanı, 10 odalı ve bir bahçesi olan bir evin herhangi bir odasında iken ortam ile etkileşim halinde kalarak, deneme yanılma sonucunda ortamı zamanla tanıyarak başarılı olarak hedefine ulaşmıştır.

Bu çalışmada Python programlama dilinin makine öğrenmesi için yoğun kullanılan numpy, pylab ve networkx kütüphanelerini kullandık. Numpy kütüphanesini matrisle işlemler için, pylab ve networkx kütüphanelerini ise grafikleri çizdirmek için kullandık.

Çalışma kapsamında, ajanın yol haritasının karşılığı olan R matrisi ve ajanın hafızasını temsil eden Q matrisi ikilisi oluşturularak kullanıldı. Ajanın eğitim işlemi 1000 kere yapıldıktan sona yapılan test işleminde ajanın 350. iterasyon civarında ortama daha aşina olduğunu ve hedefe en kısa yollardan ulaşabildiğini gösterdik.

REFERANSLAR

[1] Ravishankar, N.R., Vijayakumar, M.V., Reinforcement Learning Algorithms: Survey and Classification, Indian Journal of Science and Technology 10(1):1-8, 2017. [2] Sutton, R. S., Barto, G.B., Reinforcement Learning:An Introduction, 2nd ed. London, MIT Press, 2017.

[3] Li, Y. Deep Reinforcement Learning: An Overview, CoRR abs/1701.07274;1-70, 2017.

[4] Maini, V., Sabri, S., Machine Learning for Humans, 2017.

[5] The Wikipedia website, (2018), (online), Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Q-learning

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Forecasting Low Frequency Electromagnetic Fields Values Time Series Using Python

Z. Pala[1], İ.H. Ünlük[2], Ç. Şahin[3]*

[1] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mus Alparslan University, Mus, Turkey*
[2] Department of Computer Programming, Mus Alparslan University, Mus, Turkey

Abstract

The concern of being influenced by the effects of electromagnetic radiation, which is invisible but has effects on living things, continues for over thirty-five years. We live in electromagnetic fields with different frequencies at every point where we breathe practically, especially in the environment where all electrical appliances are working in daily life at first. Although the electric field effects are attenuated by many protective materials, it is more difficult to weaken the magnetic field effects. However, moving away from the sources of electricity and magnetic fields means that their effects also decrease.

In this study, the ARIMA model, which is one of the important models of time series, was used to predict the values of electric field in the Python programming language environment. In the estimation process, the electromagnetic field values measured at a height of 2 meters from the ground and at a distance of 1 meter to the high voltage line were used.

For the ARIMA model, a dataset containing electromagnetic radiation values measured regularly for 60 days was used. In the study, firstly, it was investigated whether the dataset used for the time series was stationary and then the estimation process was started with the ARIMA model, and the results obtained were evaluated.

Keywords: Electromagnetic radiation, Time series, ARIMA, Python,

1. GİRİŞ

Zaman serilerini modelleme ve bunun sonucunda geleceği tahmin etme pratik hayattaki birçok alan için oldukça büyük önem arz etmektedir. Son zamanlarda bu konu üzerinde oldukça önemli çalışmalar yapılmaktadır. Zaman serilerinin doğru ve verimli olarak modellenmesi ve tahmin edilmesi noktasında çok sayıda önemli model literatüre kazandırılmıştır. Geçmişe bakarak geleceği görme noktasında zaman serilerinin önemi ortaya çıkmaktadır [1]. Bundan dolayı başta mühendislik ve bilim alanları olmak üzere, ekonomi, ticari ve finans alanlarında da zaman serileri oldukça yoğun kullanılmaktadır. Literatüre kazandırılan önemli ve sık kullanılan stokastik zaman serilerinden bir tanesi ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modelidir. Bu modelin uygulanabilirliğini sağlayan arka plandaki temel düşünce, zaman serisini lineer olarak kabul etmesidir.

Lineer regresyon modeli oluşturulurken hataların birbirinden bağımsız olduğu kabul edilmektedir. Ancak zaman serilerinde durum farklıdır ve hataların birbirini etkilediği kabul edilmektedir. Daha açık bir ifadeyle hata terimleri zamana bağlı olarak bir öncekiyle ilişkili olmaktadır. Zaman serileri, zamanla aynı değişkenin sıralı ölçümleridir [2]. Zaman serilerini oluşturan ölçümler farklı zaman dilimlerinden oluşabilmektedir. Örneğin bu dilimler küçük zaman birimlerinden büyük zaman birimlerine kadar olan bir yelpazede olabilmektedir. Saniyelik, dakikalık, saatlik gibi zaman dilimleri yanında; günlük, haftalık, aylık ve yıllık

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 436-249 49 49/1071*
E-mail address: z.pala@alparslan.edu.tr (Z. Pala)

zaman dilimleri de olmaktadır. Eğer elimizde zaman serisi olarak ifade edilen ve bir bölgenin yıllık hava sıcaklık değerlerden meydana gelen y adında bir değişkenimiz varsa, t zaman aralığında ölçülen değerleri y_t olarak ifade edebiliriz. Zaman serisindeki her bir y_t değeri, y_{t-1} gibi önceki değerlere bağlı olarak aynı zaman serisinde regresyona tabi tutulduğunda otomatik regresyon modeli ortaya çıkmaktadır. Böyle bir modeli matematiksel olarak şöyle ifade edebiliriz:

$$y_y = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \epsilon_t \quad (1)$$

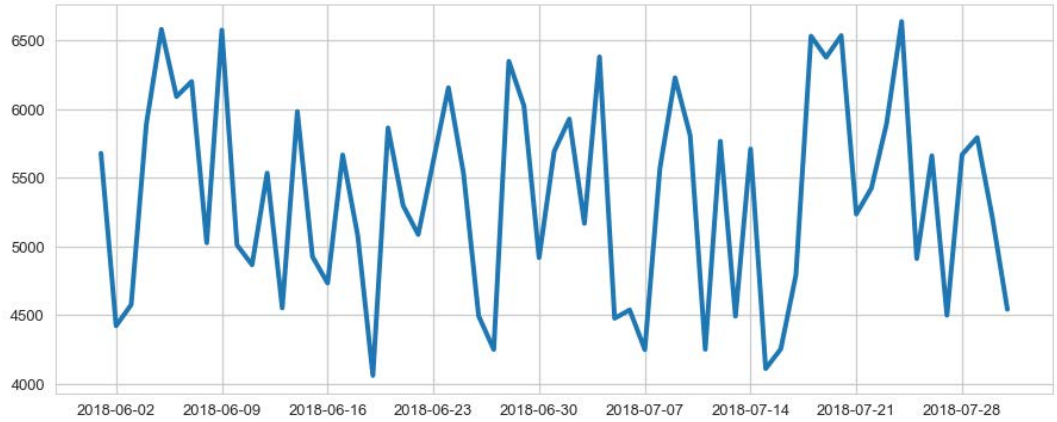
Böyle bir modelde; önceki zaman dilimine ait bir çıkış (response) değişkeni bu defa sonraki adım için giriş (predictor) değişkeni olmaktadır. Hatalar, basit doğrusal regresyon modelindeki hatalarla ilgili alışılmış varsayımlarımıza sahiptir.

Bu çalışmada, Python programlama dilinin istatiksel modüllerinden biri olan **statsmodels** yardımıyla , zaman serilerinin önemli modellerinden biri olan ARIMA kullanılarak elektromanyetik alan değerlerinin gelecek tahmini yapıldı. Tahmin işleminde, yerden 2 metre yükseklikte ve yüksek gerilim hattına 1 metre mesafede ölçülen elektromanyetik alan değerleri kullanıldı.

2. MATERYAL VE METOT

Muş ilinin Yeşilce mahallesinde yüksek gerilim hatlarının geçtiği noktalarda yapılan tüm ölçümler ICNRP tarafından belirlenen ve ülkemizde de kabul edilmiş olan standartlarda yapılmıştır. Ölçüm süresi bu standartlarda belirlendiği şekilde 6 dakikalık ölçümlerin ortalaması şeklinde yapılmıştır. Ölçümlerde Wavecontrol firmasına ait SMP2 EMR ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yüksek gerilim ve düşük frekans elektromanyetik radyasyon değerleri proje kapsamında 60 gün olarak düzenli ölçülmüş ve zaman serisinde kullanılmak üzere bir veri seti oluşturulmuştur. Ölçülen değerler 6686 V/m ile 4010 V/m arasında değişmekteydi. Zaman serileri analizi tamamen Python programlama dili ortamında gerçekleştirilmiştir.

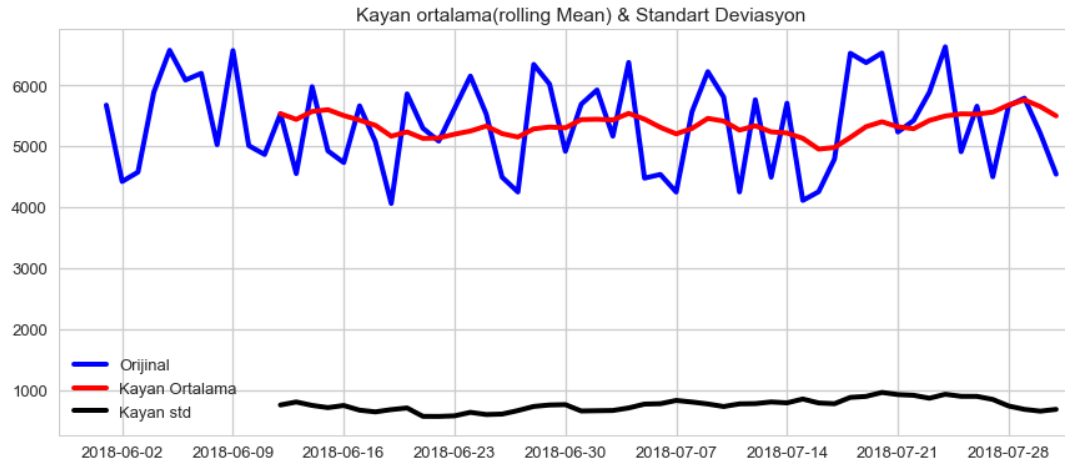
İki aylık olarak elde edilen veri setine ait çizdirilen zaman serisi grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir:



Şekil. 1. 2018 Haziran ve Temmuz aylarında ölçülen EMR değerlerine ait zaman serisi

3. TARTIŞMA VE YORUM

Zaman serisinin durağan (stationary) olup olmadığını test etmek için ortalama ve varyansın zamanla sabit kalıp kalmadığı hususu dikkate alınır. Çoğu zaman serisi modeli durağan seriler üzerinden çalışabildiklerinden dolayı zaman serisinin durağan olması büyük önem arz etmektedir. Durağanlık için Dickey-Fuller testini kullandık. Söz konusu testin sonuçlarına ait grafik Şekil 2'de gösterilmiştir. Test İstatistiği değeri kritik değer %1 ve %5'ten büyük olduğundan dolayı zaman serisinin 100% durağan olmadığını söyleyebiliriz. Buna karşın zaman serisinin Test istatistiği değeri %10 'dan küçük olduğundan dolayı, %90 civarında durağan olduğunu söyleyebiliriz.




```
Dickey-Fuller Test Sonuçları:
Test İstatistiği                -2.878888
p-value                          0.047859
#Lags Used                      11.000000
Number of Observations Used     49.000000
Kritik Değer (1%)               -3.571472
Kritik Değer (5%)               -2.922629
Kritik Değer (10%)              -2.599336
```

Şekil. 2. Zaman serisi durağanlık test sonuçları

Bir zaman serisinin durağan olmamasının iki sebebi vardır. Biri eğilim (trend) diğeri ise mevsimsellik (seasonality) tir. Eğilime ortalamanın zamanla değişmesi etki ederken, mevsimselliğe ise özel zaman dilimlerindeki değişiklikler etki etmektedir. ARIMA modeli kullanılarak zaman serilerinin gelecek tahmini yapılabilmektedir. ARIMA modelleri üç temel bileşenden meydana gelmektedirler. Bunlar otoregresif model(AR), kayan ortalama (MA) modeli ve ikisinin birleşimi olan ARMA modeli olarak ifade edilebilir [3]. Durağan zaman serileri için ARIMA tahmini, doğrusal (doğrusal regresyon gibi) bir denklemden başka bir şey değildir. ARIMA(p, d, q) modelin matematiksel formülasyonu gecikmeli polinomlar vasıtasıyla şöyle ifade edilebilir [4]:

$$\left(1-\sum_{i=1}^{p}\varphi_i L^i\right)(1-L)^d y_t = \left(1+\sum_{j=1}^{q}\varphi_j L^j\right)\epsilon_t \quad (2)$$

Burada p, d ve q birer tamsayı olup (sıfır yâda daha büyük) sırasıyla modelin otoregresif, tümleşik ve hareketli ortalama kısımlarının derecelerini ifade ederler. d=0 olduğu durumda ARIMA modeli ARMA (p, q) modeline indirgenir. p ve q parametrelerinin ikisi de 0 olursa ARIMA (0,0, q) modeli MA(q) modeline indirgenir. ARIMA(0, 1, 0) modeli olarak kullanıldığında karşımıza Random Walk modeli çıkar.

Tahmini sonuçların karşılaştırmalı analizi yapıldığında, üç farklı doğruluk ölçüm metriği kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MAD (Mean Absolute Deviation) ve MSD (Mean Squared Deviation) modelleridir. Her üç metrik için de elde edilen değerin küçük olması, modelin o derece iyi eğitildiğinin göstergesi olmaktadır. Bunlara ait denklemler şu şekildedir [5]:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{y_t}\right| X100 \quad (3)$$

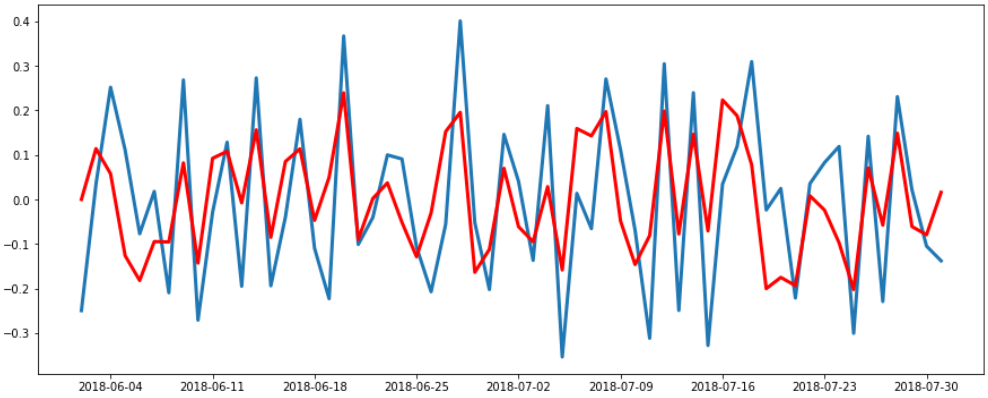
$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|e_t| \quad (4)$$

$$MSD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|e_t|^2 \quad (5)$$

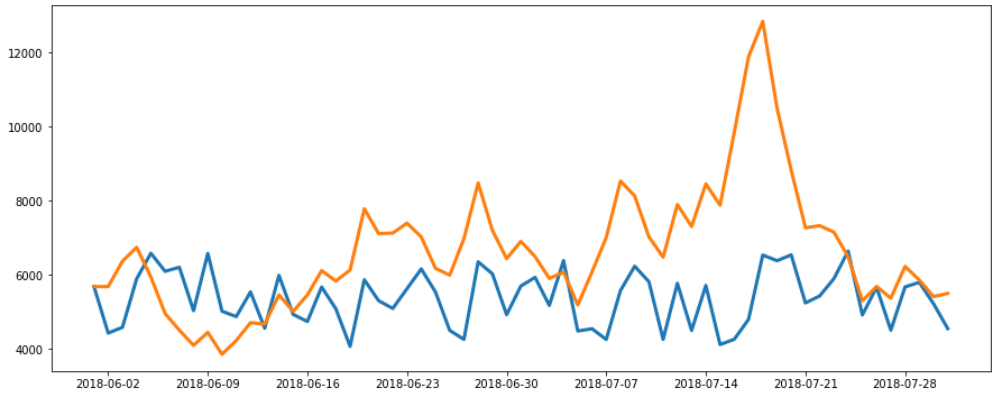
Burada y_t *çıkış değeri ve* $\hat{y}_t$ *ise tahmini çıkış değeridir.*e_t=$(y_t - \hat{y}_t)$ dir.

Şekil 3'te logaritmik zaman serisi ve ARIMA (1, 1, 1) verilirken, Şekil 4 ise orijinal zaman serisi ve ARIMA (1, 1, 1) model ile tahmin edilen grafik verilmiştir.

Eldeki veri setinin sınırlı sayıda kayıt içermesinden kaynaklı ulaşılan tahminin çok tatmin edici olmadığını ve yaklaşık bir tahmin olduğunu ifade edebiliriz. Burada tahminin beklentilerin altında olması hasebiyle ARIMA modelinin dezavantajlarından olan daha çok veriye ihtiyaç duymasından kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil. 3. Logaritmik zaman serisi (mavi)ARIMA modeli ile tahmin edilen zaman serisi (Kırmızı)



Şekil. 4. Orijinal (mavi) ARIMA (1, 1, 1) modeli ile tahmin edilen zaman serisi (Turuncu)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Python programlama dili ortamında, zaman serilerinin önemli modellerinden olan ARIMA modeli elektromanyetik alan değerlerini tahmin etmek için kullanıldı. Tahmin işleminde, yerden 2 metre yükseklikte ve yüksek gerilim hattına 1 metre mesafede ölçülen elektromanyetik alan değerleri kullanıldı. Kullanılan değerler Muş ili Yeşilce mahallesindeki Wavecontrol firmasına ait SMP2 EMR cihazı ile ölçülen yüksek gerilim hatlarına ait değerler idi. Eldeki veriler ARIMA modelin tahmin işlemi için yetersiz kalması nedeniyle tahmin işleminde istenilen başarı elde edilemedi. Projenin ilerleyen zamanlarında daha fazla veri kullanılarak yeniden tahminler yapılabilecektir. Bu durumda elde edilmesi planlanan neticelerin daha iyi olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından BAP-18-MMF-4901-01 kodlu proje ile desteklenmiştir.

REFERANSLAR

[1] Weigend, A.S., Time Series Prediction Forecasting The Future And Understanding The Past, 1st ed. NY, Routledge, 2018.

[2] Brockwell , P. J, Davis, R.A., Introduction to Time Series and Forecasting, 3rd ed. Switzerland, *Springer*, 2016.

[3] Han, P., Wang, P. X., Zhang S.Y., Zhu, D. H., Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models, Mathematical and Computer Modelling 51 (2010) 1398-1403

[4] Agrawel, R.K. An Introductory study on Time Series Modelling and Forecasting, Germany, LAP Lambert Academic Publishing, 2013.

[5] Yang, Y., Gao, W., Guo, C., Aero-engine Lubricating Oil Metal Content Prediction Using Non-stationary Time Series ARIMA Model. *In: Proceedings of 10th International Symposium on Computational Intelligence and Design*, Hangzhou, China, 9-10 Dec., p.51-54, 2017

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Experimental Investigation of Aluminium Electrode Machinability Performance by Electro Discharge Machining

A. Kalyon[1*]
[*1] *Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Karabük, Türkiye,*

Abstract

In this study, AISI D2 cold work tool steel has been tested for machinability with aluminum electrode in different machining parameters in the electro discharge machining. The parameters used in the experimental study were three different discharge currents (6A, 12A, 25A) and three different pulse durations (100 µs, 400 µs and 800 µs). Kerosene was used as dielectric medium. As a result of the study, the lowest surface roughness value was found to be 3.74 µm in the experimental study where the lowest value of discharge current and the pulse duration were used. The highest surface roughness value was found to be 11.67 µm in the experimental study condition where the discharge current and the duration of the pulse were highest. ANOVA analysis showed that discharge current was the most effective parameter on material removal rate and electrode wear rate.

Keywords: EDM, Aluminium, Taguchi, AISI D2.

1. GİRİŞ

Elektro erozyon ile işleme (EEİ) çok sert malzemelerin ve karmaşık biçimlerin kolaylıkla işlenebilmesini sağlayan bir işleme tekniğidir [1,2]. 1943 yılında Rus araştırmacılar hangi sertlikte olursa olsun, kıvılcım atlaması ile metallerin birbirlerini aşındırabildiklerini bulmuşlardır. İş parçasının yüzeyine uygulanan kıvılcım, noktasal olarak erime ve buharlaşmaya neden olur ve bir miktar talaşı yüzeyden kaldırır. Bu esnada iş parçasında herhangi bir mekanik kesme kuvveti uygulanmaz [3]. Elektro erozyon tekniği ile elektrik iletebilen bütün metaller işlenebilmektedir. Elektro erozyon ile işleme için bir şablona ihtiyaç vardır. Tezgah bu şablonun negatifini iş parçasına işler [4].

Elektrik ileten metallere gerilim uygulandığında elektrot ismini alırlar. Elektro erozyon işleminde iki elektrot kullanılmaktadır. Elektrottan biri takım, diğeri iş parçasıdır. İki elektrot arası dielektrik sıvı ile doludur. Dielektrik sıvı elektrik iletmeyen bir sıvıdır. Dielektrik sıvı belli bir gerilim değerinden sonra iyonlaşmaktadır. Elektrot ile iş parçası arasında en yakın olan noktada dielektrik kırılır ve iyonlaşır. Burada oluşan akım geçişi parça yüzeyinden talaş kaldırılması sağlamaktadır [5].

EEİ'de kontröllü elektrik arklarıyla talaş kaldırılarak işleme yapılmaktadır. Her bir ark iş parçası üzerinde küçük bir krater meydana getirmektedir. Arkın devamlı hareketleriyle şablonun şekli işparçası üzerine uygulanır. Klasik tezgahların aksine EEİ'de serleştirilmiş parçalar ve sert maden uçları kolaylıkla işlenebilmektedir. Bu özelliği sayesinde EEİ kendine alışılmamış imalat yöntemleri içerisinde çok önemli bir özel yer sağlamaktadır [6].

EEİ, kalıpçılık alanında, yüksek tokluğa sahip malzemelerin işlenmesinde başarılı olarak kullanılmaktadır. Özellikle işlenmesi zor olan veya imkansız karmaşık şekilli kalıp parçalarının işlenmesi operasyonlarını rahat bir şekilde gerçekleştirmektedir. İşleme sürelerinin uzun olması EEİ tekniğinin dezavantajıdır [4].

** Corresponding author. Tel.: 0 370 433 82 10 / 1275: fax: +90 370 433 82 04*

E-mail address: alikalyon@karabuk.edu.tr (A. Kalyon).

EEİ, elektrot seçimi işlenecek malzemeye ve gerçekleştirilecek işleme göre yapılmaktadır. İş parçalarından olduğu gibi takım elektrotlarından da beklenen özellik elektrik iletkenliğidir. Elektrottan beklenen diğer bir

özellik ise ergime sıcaklığının ve aşınma direncinin yüksek olmasıdır. En çok kullanılan elektrot malzemeleri bakır, grafit, pirinç ve alüminyumdur [7].

EEİ daha önce yapılan bir çok çalışmada optimizasyon teknikleri kullanılarak uygun işleme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır [8-10]. Yapılan çalışmalarda yüzey pürüzlüğünün yanı sıra elektrot performansını ölçmek amacıyla elektrot işleme hız ve elektrot aşınma hızları da incelenmiştir [11-13]. Yapılan çalışmalar istatiksel ve matematiksel modeller ile desteklenmişlerdir [14-16].

Bu çalışmada kalıpçılık sektöründe sıklıkla kullanılmakta olan AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin EEİ tezgahında alüminyum elektrot ile işlenebilirliği araştırılmıştır. Alüminyum elektrot maliyeti açısından diğer elektrotlardan daha ekonomiktir. Bu sebeple alüminyum elektrot ile EEİ uygun parametrelerin seçimi ile iş parçalarının işlenebilirliği diğer elektrotlar ile rekabet edebilir hale gelecektir. Bu amaçla elektrot performansını değerlendirmek için işleme sonrası iş parçası yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Elektrot işleme hızı (EİH) ve elektrot aşınma hızları (EAH) hesaplanmıştır. Elde edilen grafikler yardımıyla elektrot performansı değerlendirilmiştir.

2. MALZEME VE METOD

Deneysel çalışmada AISI D2 iş takım çeliği kullanılmıştır. Elektrot olarak alüminyum kullanılmıştır. Elektrot yüzeyleri sırasıyla 200'lük zımparadan 1200'lük grid zımparaya zımparalanmıştır. Deneysel çalışma, FURKAN EDM M25A tipi elektro erozyon tezgahında yapılmıştır. Tablo 1'de elektro erozyon tezgahına ait özellikler verilmektedir. Deneylerde işleme süresi 1 saat olarak sabit tutulmuştur. Dielektrik ortam sıvısı olarak kerosen kullanılmıştır. Tablo 2'de alüminyum elektrota ait fiziksel özellikler gösterilmektedir.

Tablo. 1. FURKAN EDM M25A tezgah özellikleri

Güç	3KVA (220 V, 50 Hz, 3 Faz)									
Boşalım akımı kademeleri	1,5	3	6	12			25			
Vurum Süresi Kademeleri (µs)	3	6	12	25	50	100	200	400	800	1600
Bekleme Süresi Kademeleri (µs)	3	6	12	25	50	100	200	400	800	1600
Çalışma Süresi Kademeleri (s)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4	12,8	Sürekli çalışma	
Geri Çekme Süresi Kademeleri (s)	0,1		0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4	12,8	

İşleme parametreleri literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir. İşlenebilirlik parametreleri olarak boşalım akımı, vurum süresi ve bekleme süresi kullanılmıştır. Her parametre için üç seviye belirlenmiştir. Taguchi L_9 deney tasarımı kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'te işleme parametreleri ve seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo. 2. İşleme parametreleri ve seviyeleri

	Boşalım Akımı (A)	Vurum süresi (µsn)	Bekleme süresi (µsn)
Seviye 1	3	100	6
Seviye 2	12	400	25
Seviye 3	25	800	100

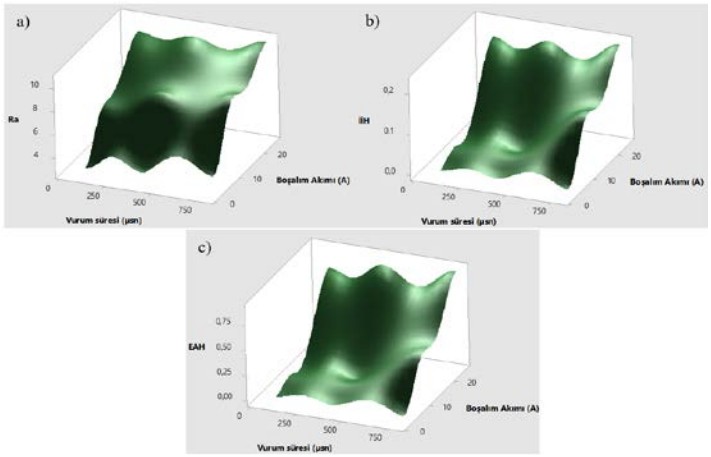
Yüzeylere ait pürüzlülük ölçümleri Mitutoyo marka SJ 410 model cihaz ile ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümünde tarama boyu 5.6 mm alınmıştır. İşleme yapılan bölgeden 3 farklı ölçüm yapılmıştır. Elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Malzeme kaldırma hızları ve bağıl elektrot aşınma hızları 1/10000 hassasiyetindeki Precisa XB200h marka hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür. İşleme öncesi ve işleme sonrası iş parçalarının ve elektrotların ağırlık farklarının karşılaştırılmasıyla ölçülmüştür. Hacimsel işleme ve aşınma hızları ağırlık değerlerinin numunelerin yoğunluğuna bölünmesi ile elde edilmiştir. Hacimsel malzeme kaybı işleme sürelerine bölünerek İİH ve EAH değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler sonrası Eşitlik 1, ve 2 kullanılarak iş parçası işleme hızı ve elektrot aşınma hızı hesaplanarak EEİ performans kriteri hesaplanmıştır.

$$\text{İ}HH(mm^3/dak) = \frac{\text{İş par çası toplam aşınma hacm i } (mm^3)}{Toplam\ \ işleme\ süresi\ (dak)} \quad (1)$$

$$EAH\ (mm^3/dak) = \frac{Elektrot\ \ toplam\ \ aşınma\ \ hacmi\ \ (mm^3)}{Toplam\ \ işleme\ süresi\ (dak)} \quad (2)$$

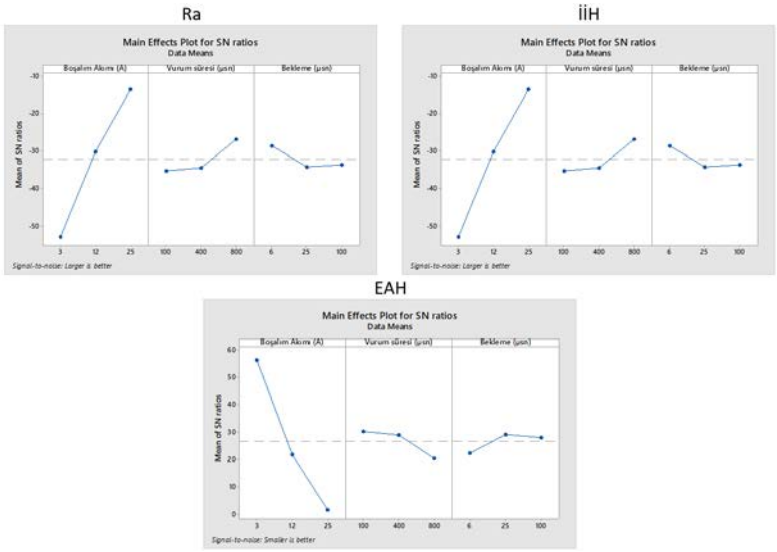
3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kontrol faktörlerinin seviyeleri, deneysel çalışma sonucunda ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri ve hesaplanan İİH ve EAH sonuçları ve sinyal/gürültü (S/N) oranları Minitab program yardımıyla hesaplanmıştır. Taguchi tekniğinde performans belirlemede üç farklı analiz mevuttur. Bu çalışmada en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri ve elektrot aşınma hızı ve de yüksek iş parçası işleme hızı değerlerini elde etmektir. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü ve elektrot aşınma hızında "en küçük en iyi", iş parçası işleme hızında "en büyük en iyi" yaklaşımı kullanılmıştır. Şekil 1'de Boşalım akımı ve vurum süresinin deney sonuçlarına etkileri gösterilmektedir.



Şekil. 1. Boşalım akımı ve vurum süresinin etkileri a) Ra b) İİH c)EAH

Şekil 1'deki grafikler incelendiğinde boşalım akımı ve vurum süresinin artmasının Ra, İİH ve EAH değerlerinde artışa sebep olduğu görülmektedir. Boşalım akımının etkisi vurum süresinden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Deneysel çalışma sonucunda en düşük yüzey pürüzlülük değeri 2,74 µm olarak boşalım akımının 3 A, vurum süresinin 100 µsn ve bekleme süresinin 6 µsn uygulandığı deney şartında gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri boşalım akımının 25 A, vurum süresinin 800 µsn ve bekleme süresinin 100 µsn olduğu deney şartında 10,67 µm olarak ölçülmüştür. En düşük İİH deneysel parametrelerin en düşük seviyeleri olan 3 A boşalım akımı, 100 µsn vurum süresi ve 6 µsn bekleme süresinin kullanıldığı durumda 0,0018 mm^3/dak olarak hesaplanmıştır. En yüksek İİH 25 A boşalım akımı, 800 µsn vurum süresi ve 100 µsn bekleme süresinin uygulandığı deney şartında 0,2280 mm^3/dak olarak hesaplanmıştır. EAH en düşük değeri 0,0012 mm^3/dak olarak boşalım akımın 3 A, vurum süresinin 100 µsn ve bekleme süresinin 6 µsn deney şartında elde edilmiştir. En yüksek EAH 0,9150 mm^3/dak olarak deney şartlarının en yüksek olduğu parametreler olan 25 A, 800 µsn ve 100 µsn durumda elde edilmiştir. Şekil 2'de S/N oranları grafiğinde boşalım akımı ve vurum süresinin artmasıyla beraber yüzey pürüzlülük değeri, İİH ve EAH değerlerinin arttığı görülmektedir. Boşalım akımı değeri arttıkça yüzeyde oluşan krater boyutu arttığı için yüzey pürüzlülüğü bu durumdan olumsuz etkilenmektedir [8] . Boşalım akımının artmasıyla beraber İİH değerlerindeki artışın nedeni boşalım enerjisinin birim zamanda iş parçası yüzeyinden daha fazla malzeme ergitmesi ve buharlaştırmasıdır [17]. Daha önce yapılan birçok çalışmada belirtildiği gibi boşalım akımının artması EAH arttırmaktadır [11,13,14]. Vurum süresinin artması yüzey pürüzlülüğünü, EAH ve İİH arttırdığı görülmektedir [18]. Bekleme süresinin etkisinin işlenebilirlik performansı üzerinde etkisinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.



Şekil. 2. Ra, İHH ve EAH için S/N oranları grafiği

Tablo 3'te faktör ve seviyelerin Ra, İİH ve EAH üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 2'deki grafik değerleri tablolaştırılmıştır. Tablo 3 incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili faktör ve seviyeler boşalım akımı (1), vurum süresi (1) ve bekleme süresi (2) şeklindedir. İİH üzerinde en etkili faktör ve seviyeler boşalım akımı (3), vurum süresi (3) ve bekleme süresi (1) olarak bulunmuştur. EAH üzerinde en etkili faktör ve seviyeler boşalım akımı (1), vurum süresi (1) ve bekleme süresi (2) olarak hesaplanmıştır.

Deneysel sonuçlar kullanılarak Tablo 4'te yüzey pürüzlülüğü, İİH ve EAH için varyans tabloları (ANOVA) oluşturulmuştur. Tablo 4'te yüzey pürüzlülüğü, İİH ve EAH değerlerine etki eden faktörlerin etki oranları yüzde (%) olarak gösterilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametre %95,85 oranında boşalım akımı olduğu görülmektedir. Vurum süresinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Her bir faktör için hesaplanan P değerinin $P<0.05$ olması durumunda, ilgili faktörün ortalama yüzey pürüzlülüğü için önemli olduğu kabul edilmektedir. Bekleme süresinin P değeri 0,452 olarak hesaplandığı için yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisiz olduğu görülmektedir. İİH üzerinde boşalım akımının %86,61 oranında etkisi olduğu hesaplanmıştır. İİH üzerinde vurum süresi ve bekleme süresinin etkisi olmadığı görülmektedir. EAH üzerinde en etkili parametre boşalıma akımı olup %90,63 etkiye sahip olduğu hesaplanmıştır. Vurum süresi ve bekleme süresinin P değeri göz önünde bulundurulduğunda etkilerinin olmadığı kabul edilmektedir.

Tablo. 3. Faktör ve seviyelerin etkileri

Ortalama yüzey pürüzlülüğü faktörleri için S/N oranları			
Seviye	Boşalım akımı (A)	Vurum süresi (µsn)	Bekleme süresi (µsn)
1	**-10,03**	**-14,99**	-15,91
2	-17,74	-16,02	**-15,60**
3	-20,19	-16,95	-16,46
Delta	10,16	1,96	0,86
İş parçası işleme hızı faktörleri için S/N oranları			
Seviye	Boşalım akımı (A)	Vurum süresi (µsn)	Bekleme süresi (µsn)
1	-52,83	-35,26	**-28,56**
2	-30,16	-34,46	-34,26
3	**-13,54**	**-26,80**	-33,71
Delta	39,30	8,45	5,70
Elektrot aşınma hızı faktörleri için S/N oranları			
Seviye	Boşalım akımı (A)	Vurum süresi (µsn)	Bekleme süresi (µsn)
1	**56,215**	**30,213**	22,312
2	21,755	28,924	**29,160**
3	1,551	20,384	28,049
Delta	54,664	9,828	6,847
Koyu renkli değerler değişkenlerin optimum seviyeleridir.			

Tablo.4. Deneysel sonuçlara ait ANOVA sonuçları

Ortalama yüzey pürüzlülüğü ANOVA sonuçları						
Faktörler	SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri	PCR (%)
Boşalım Akımı (A)	2	76,2169	38,1084	267,8	0,004	95,85
Vurum süresi (µsn)	2	2,6685	1,3342	9,38	0,096	3,36
Bekleme süresi (µsn)	2	0,3453	0,1726	1,21	0,452	0,43
Hata	2	0,2846	0,1423			0,36
Toplam	8	79,5152				100,00
İİH ANOVA sonuçları						
Faktörler	SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri	PCR (%)
Boşalım Akımı (A)	2	0,070277	0,035139	28,29	0,034	86,61
Vurum süresi (µsn)	2	0,005116	0,002558	2,06	0,327	6,30
Bekleme süresi (µsn)	2	0,003266	0,001633	1,31	0,432	4,02
Hata	2	0,002485	0,001242			3,06
Toplam	8	0,081144				100,00
EAH ANOVA sonuçları						
Faktörler	SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri	PCR (%)
Boşalım Akımı (A)	2	1,18051	0,590254	80,13	0,012	90,63
Vurum süresi (µsn)	2	0,06119	0,030593	4,15	0,194	4,70
Bekleme süresi (µsn)	2	0,04621	0,023104	3,14	0,242	3,55
Hata	2	0,01473	0,007366			1,13
Toplam	8	1,30263				100,00

Taguchi optimizasyon metodu kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda ortalama yüzey pürüzlülüğü, İHH ve EAH değerlerinin ideal sonuçları elde edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada ortalama yüzey pürüzlülüğü için ideal deney şartı $A_1B_1C_2$ kodlu deneydir. İİH için ideal işlenebilirlik parametreleri $A_3B_3C_1$ deney şartını ve EAH için $A_1B_1C_2$ deney şartını göstermektedir.

Doğrulama deney sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir. Ra için ve EAH optimize deney şartı $A_1B_1C_2$'dir. Yüzey pürüzlülüğü için yapılan doğrulama deneyde 2,36 µm değeri elde edilmiştir. İHH için yapılan doğrulama deney şartında 0.25 mm^3/dak bulunmuştur. EAH için doğrulama deneyi sonucunda 0,001 değeri hesaplanmıştır.

Tablo. 5. Doğrulama Deneyi Sonuçları

	Optimize deney şartı	Doğrulama deneyi sonucu	Tahmin sonucu	Fark
Ra	$A_1B_1C_2$	2,36	2,24	0,12
İİH	$A_3B_3C_1$	0,25	0,27	0,02
EAH	$A_1B_1C_2$	0,001	0,0011	0,0001

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada EEİ tekniği kullanılarak AISI D2 soğuk iş takım çeliği alüminyum elektrot kullanılarak işlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, İİH ve EAH hesaplamalarının yapıldığı, işlenebilirlik performansının değerlendirildiği çalışma sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

• Boşalım akımı, yüzey pürüzlülüğünü, İİH ve EAH en fazla etkileyen işleme parametresidir.

• Boşalım akımın artması yüzey pürüzlülüğü ve EAH olumsuz etkilemektedir.

• Boşalım akımının artması İİH arttırmaktadır.

• ANOVA analizi sonuçlarında bekleme süresinin işlenebilirlik üzerinde etkili bir parametre olmadığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Özçatalbaş, Y., Baş, A., Tornalamada hava püskürtme ile soğutmanın kesme kuvvetleri ve takım ömrüne etkilerinin araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 21, 451-455, 2006.

[2] Kiyak, M., Çakır, O., Examination of machining parameters on surface roughness in EDM of tool steel, *Journal of Materials Processing Technology* 191, 141–144, 2007.

[3] Kalyon, A., Dielektrik ortamın elektro erozyon ile işlemeye etkisi, *International Conference on Materials Science and Technology in Cappadocia*, Nevşehir. 6-8 Nisan, p.892–897, 2016.

[4] Avlar, E., EDM ile kaba işlemede küresel uçlu elektrotların kullanılabilirliğinin deneysel olarak araştırılması: dikdörtgen ceplerin boşaltılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Konya, 2006.

[5] Kalyon, A., Günay, M., AISI D2 çeliğinin elektro erozyon ile işlenmesinde parametrelerin optimizasyonu, 5. *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu*, Bursa. 23-25 Ekim, p.483–493, 2014.

[6] Doval-Gandoy, J., Pasandín, R., Fernández, B., Sharpened of saw blades by electrical discharge machining, *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, Raleigh, NC, USA. 6-10 Nov. p.463–467, 2005.

[7] Md Ali, M. A., Laily, S., Manshoor, B., Syahrian, N. I., Izamshah, R., , Hadzley, M., Muhamad, M. R., Performance of copper tungsten, graphite and brass electrode on mrr, ewr and sr of aluminium lm6 in edm die sinking, *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics* 6(1), 30-36, 2015.

[8] Rangajanardhaa, G., Rao, S., Development of hybrid model and optimization of surface roughness in electric discharge machining using artificial neural networks and genetic algorithm, *Journal of Materials Processing Technology* 209, 1512–1520, 2009.

[9] Keskin, Y., Halkaci, H. S., Kizil, M. An experimental study for determination of the effects of machining parameters on surface roughness in electrical discharge machining (EDM), *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 28, 1118–1121, 2006.

[10] Ho, K. H., Newman, S. T., State of the art electrical discharge machining (EDM). *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 43, 1287–1300, 2003.

[11] Uhlmann, E., Roehner, M., Investigations on reduction of tool electrode wear in micro-EDM using novel electrode materials. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 1, 92–96, 2008.

[12] Pham, D. T., Ivanov, A., Bigot, S., Popov, K., Dimov, S., A study of micro-electro discharge machining electrode wear, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science* 221, 605–612, 2007.

[13] Luis, C. J., Puertas, I., Villa, G., Material removal rate and electrode wear study on the EDM of silicon carbide, *Journal of materials processing technology* 164–165, 889–896, 2005.

[14] Zarepour, H., Tehrani, A. F., Karimi, D., Amini, S., Statistical analysis on electrode wear in EDM of tool steel DIN 1.2714 used in forging dies, *Journal of Materials Processing Technology* 187–188, 711–714, 2007.

[15] Marafona, J., Wykes, C., New method of optimising material removal rate using EDM with copper-tungsten electrodes, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 40, 153–164, 2000.

[16] Datta, S., Mahapatra, S. S., Modeling, simulation and parametric optimization of wire EDM process using response surface methodology coupled with grey-Taguchi technique. *International Journal of Engineering, Science and Technology* 2, 162–183, 2010.

[17] ERGÜN, Z. E., ÇOĞUN, C., Elektro erozyon ile işleme (EEİ) iş parçası yüzey karakteristiklerinin deneysel incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 21, 3, 2006.

[18] Yılmaz, V., Dilipak, H., Özdemir, M., Uzun, G., Hadfield çeliğine elektro erozyon ile işleme yöntemiyle mikro derin deliklerin delinmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi, *2nd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Karabük. 18-20 Haziran, p.156–164, 2014.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

The Effect of Welding Speed on the Microstructure Properties of Robotic Laser Welded Ferritic Sainless Steel

C. Köse[1], C.Topal[2]*

*[*1]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye*
[2]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Abstract

In this study, AISI 410S (X6Cr13) ferritic stainless steel plates were joined with robotic laser welding method. The samples were joined in butt welding position without using filler metal. The microstructure characterization of welded samples was carried out using with optical microscope, scanning electron microscope (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), elementel mapping analysis. As a result of this study, it was found that the microstructure morphology of weld metal altered and a fine grained microstructure occured by increasing laser welding speed due to high cooling rate.

Keywords: Robotik lazer kaynağı, Ferritik paslanmaz çelik, Kaynak hızı, Mikroyapı.

1. GİRİŞ

Paslanmaz çelikler, esas olarak mükemmel korozyon dirençlerinden ve ekonomik olmaları sebebiyle yoğun bir şekilde tercih edilen bir mühendislik malzeme türüdür. Bileşimlerinde en az %10,5 krom bulunan çelikler "paslanmaz çelik" olarak adlandırılırlar. Paslanmaz çelikler mikroyapılarına bağlı olarak; östenitik, martenzitik, ferritik, dubleks (östenitik + ferritik) ve çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler olmak üzere beş kategoride sınıflandırılmaktadır [1,2]. Bu çeliklerin korozyon direnci, çok yoğun ve koruyucu bir krom oksit (ince pasif yüzey) tabakasının oluşmasına dayanır. Korozyona karşı korumayı sağlayan bu mekanizmanın anlamı şudur; çeliğin yüzeyindeki pasif tabaka kırıldığında çelik bölgesel olarak korozif saldırıya uğrar ve bu şekilde aktif hale gelen bölgede metalin korozyonu devam eder. Bu nedenle oyuklanma ve çatlak korozyonu, gerilmeli ve tane sınırı korozyonu gibi bölgesel korozyon tipleri genellikle genel korozyondan daha kritiktir [3]. Ferritik paslanmaz çelikler bileşimlerinde %12–30,5 krom, %0,20'ye kadar nikel ve çok düşük miktarda Al, Nb, Ti ve Mo gibi ferrit dengeleyici elementler içermektedirler. Bu tip paslanmaz çelikler her sıcaklıkta ferritik yapıda olduklarından ısıl işlemle sertleştirilemezler [4]. Bu tür paslanmaz çeliklerin sahip olduğu başlıca özellikleri korozyon dayanımı orta ile iyi derece arasında olup, bileşimde krom miktarının artması ile iyileşir. Isıl işlemle dayanımları artırılabilir. Manyetiktirler ve kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür. Şekillendirme kabiliyeti östenitik paslanmaz çeliklere göre daha azdır [5].Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynaklı birleştirmelerinde bazı problemler ile karşılaşılmaktadır. Kaynak esnasında ve ısı etkisi altındaki bölgede oluşan ve kaynak dikişinin tokluğunda önemli derecede düşüşe neden olan tane büyümesi ve gevrek çatlama problemidir. Bu çalışmada, lazer kaynak işlemi iki farklı lazer hızıyla gerçekleştirilmiş olup farklı ısı girdisi şartlarında lazer kaynaklı ferritik paslanmaz çelik birleştirmelerin mikroyapı değişimleri incelenmiştir.

* *Tel.: +90 356-252-1616/2901*
E-mail address: ceyhunia@gmail.com;ceyhun.kose@gop.edu.tr (C. Köse).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Kaynak İşlemi

Bu çalışmada, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen AISI 410S ferritik paslanmaz çelik alaşımı kullanılmıştır

Tablo. 1. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (% ağırlık)

%C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	Cr	Fe
0.047	0.374	0.414	0.020	0.015	<0.0001	0.060	14.065	Kalan

Ferritik paslanmaz çelik levhalar Tablo 2'de verilen parametreler kullanılarak, HAN'S Laser marka 300W gücüne sahip Nd:YAG lazer kaynak makinesine monte edilmiş 6 eksenli FANUC M-20iA marka robot yardımıyla, yatay pozisyonda ve ilave metal kullanmadan birleştirilmiştir.

Tablo 2. Lazer kaynak parametreleri

Numune	Lazer gücü (W)	Kaynak hızı (mm/s)	Koruyucu gaz	Gaz basıncı (bar)	Odak mesafesi (mm)	Isı girdisi (kJ/mm)
A	300	0.5	Ar	0.6	190	0.60
B	300	2.5	Ar	0.6	190	0.12

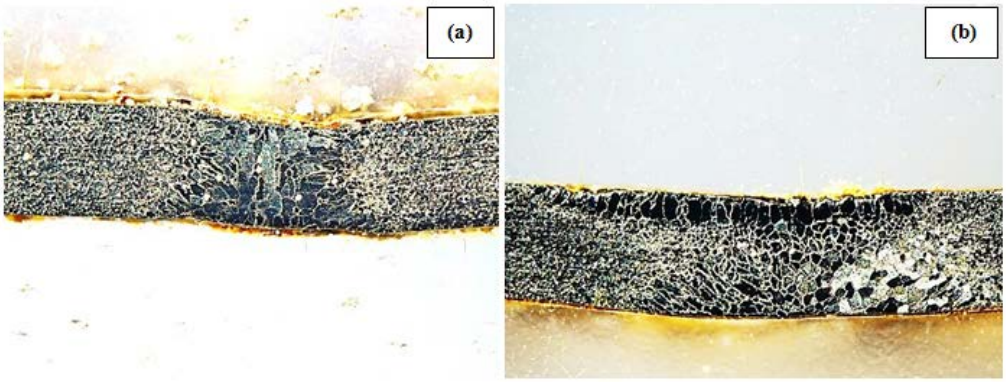
2.2. Metalografik İncelemeler

Lazer kaynaklı numunelerin mikroyapı değişimlerini karakterize etmek için Kalling's No.2 solüsyonu ile dağlama prosedürü uygulanmıştır. Mikroyapı incelemeleri 5X-100X büyütmeli NIKON marka optik mikroskop, JEOL JSM 6060 LV marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve (EDS) donanımı ile gerçekleştirilmiştir. Makroyapı incelemeleri ise NIKON SMZ25 marka optik stereoskop vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

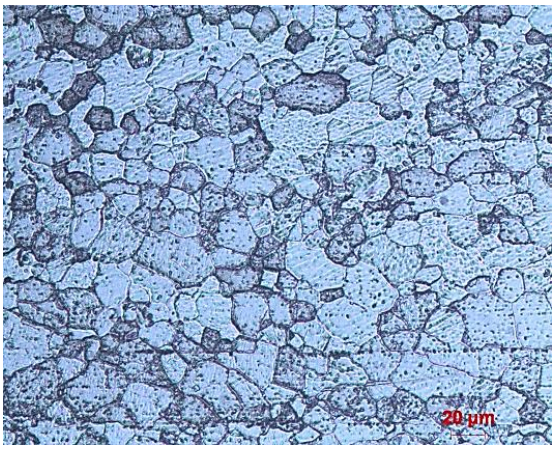
3.1. Makro ve Mikroyapı İncelemeleri

Farklı kaynak ilerleme hızına bağlı olarak değişiklik gösteren kaynak dikiş boyutları (Şekil 1'de) gösterilmiştir. Bulgular, artan kaynak ilerleme hızına bağlı olarak azalan ısı girdisinden dolayı kaynak metali genişliğinin daraldığına işaret etmektedir. Çünkü kaynak ilerleme hızı ısı girdisine ters yönde etki eden kaynak parametrelerinden birisidir. Kaynak hızının azalmasına bağlı olarak (ısı girdisinin artışı) kaynak dikiş genişliğinin arttığı Şekil 1'den görülebilmektedir.



Şekil. 1. Lazer kaynaklı birleştirmelerin makroyapı görüntüleri; (a) 0.5mm/sn, (b) 2.5mm/sn

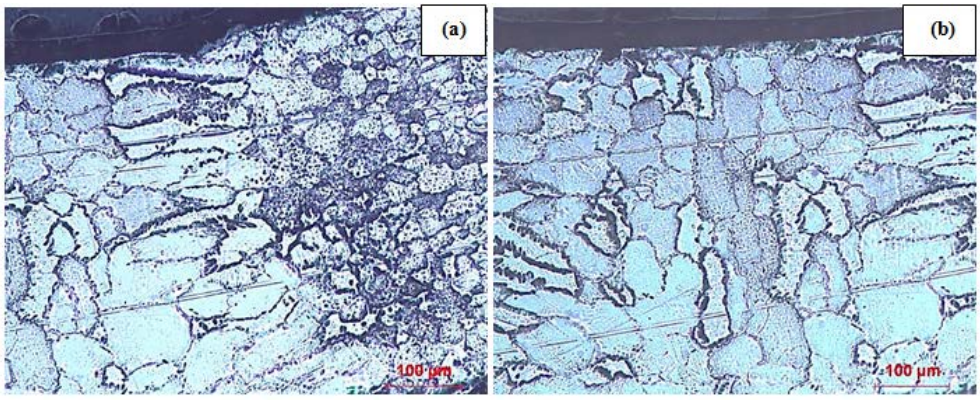
Lazer kaynaklı numunelerin ana malzemesinin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde baskın bir şekilde eş eksenli ferrit tanelerinden oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 2).

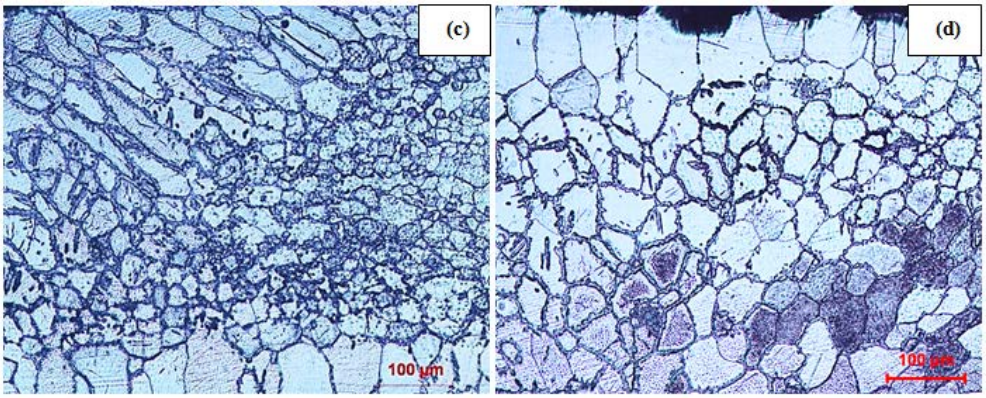


Şekil. 2. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin mikroyapısı

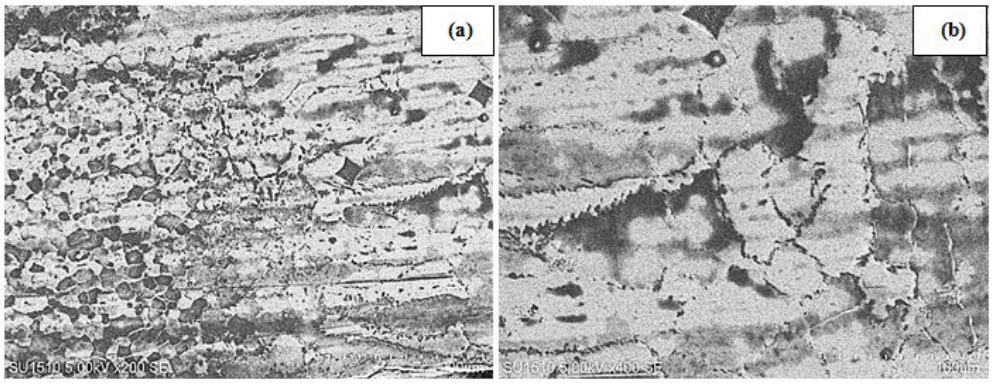
Farklı ısı girdisi ile birleştirilen numunelerin ITAB'ında açık bir şekilde tane irileşmesinin meydana geldiği, tane büyüklüğünün kaynak metali taneyapısından daha iri oldukları görülmektedir (Şekil 3). Ferritik paslanmaz çeliğin kaynak metali her zaman başlangıçta birincil ferrit (primary ferrite) taneleri biçiminde katılaşır. Kaynak metali tamamen ferritiktir ya da ferrit ve martenzit tanelerinden oluşum gösterebilir, martenzit, ferrit tane sınırlarında konumlanmaktadır [6]. Kaynak metali mikroyapısının ise kısmen sütunsal ve eşeksenli ferrit tane yapısından meydana geldiği gözlenmiştir. Yüksek kaynak ilerleme hızıyla yani düşük ısı girdisi ile birleştirilen numunenin mikroyapısının düşük kaynak hızıyla (yüksek ısı girdili) birleştirmenin mikroyapısına kıyasla daha ince tanelerden oluşum gösterdiği Şekil 3'den anlaşılmaktadır. Düşük ısı girdili kaynaklı birleştirmelerde kaynak bölgesinde hızlı soğumanın meydana gelmesi nedeniyle, kaynak termal çevriminin erken evrelerinde, çift fazdan ($\alpha + \gamma$) soğutulduklarında ITAB'da östenit çekirdeklenmesi baskılanabilir ve tamamen ferritik mikroyapı modu elde edilebilir. Ferrit içerisinde karbon çözünürlüğü çok düşüktür bu nedenle soğuma çevrimi boyunca ferrit-ferrit tane sınırında aşırı karbür ya da nitrür oluşumlarına neden olur. Yüksek ısı girdili kaynaklı birleştirmelerde ise, kaynak sürecinde 1300ºC ve üzerindeki sıcaklık aralığında yapı tamamen ferritiktir ve hızlı soğuma durumunda $Cr_{23}C_6$ ya da Cr_2N çökeltilerinin oluşmasına neden olur. Yüksek ısı girdili kaynaklı birleştirmelerde soğuma hızı düşük ise, mikroyapıda östenit oluşur ve C+N arayer elementleri östenite difüz eder ve burada çözünür ve böylelikle arayer çökelti oluşumlarında azalma meydana gelir. 500 ºC -800 ºC gibi daha düşük sıcaklık aralığında, östenit ferrite dönüşür ve oda sıcaklığına kadar ferritik ITAB'ı içerisinde tane sınırı martenziti olarak kalır. Martenzitteki karbon miktarını soğuma oranı belirlemektedir [7]. Kaynak metali veya ITAB'da herhangi bir boşluk veya gözenek oluşumu gözlenmemiştir. Ayrıca, ITAB ve kaynak metalinde meydana gelen sigma fazı gibi ikincil faz partikülleridir. İkncil faz oluşumları kaynaklı birleştirmelerin tokluğunda ve sünekliğinde düşüşe neden olmaktadır [8].

EDS analiz ve elementel haritalama sonuçları incelendiğinde bu malzemeye ait spektral analiz sonuçlarıyla (Tablo 1) uyumlu bulunmuştur. Kaynak işleminden dolayı belirgin alaşım elementi kayıplarının yaşanmadığı ve kaynak metalinde alaşım elementi miktarlarında değişim meydana gelmediği tespit edilmiştir

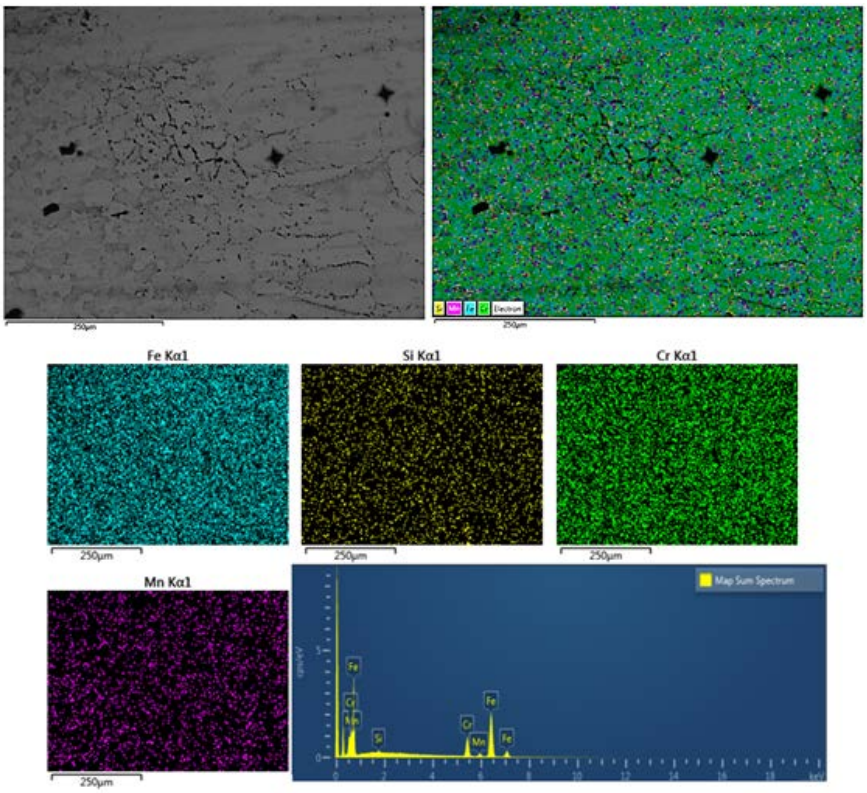




Şekil.3. (a),(b) A Numunesin ITAB ve kaynak metali görüntüsü, (c),(d) B Numunesinin optik mikroskop ITAB ve kaynak metali görüntüsü



Şekil. 4. A Numunesin SEM ile (a) ITAB, (b) kaynak metali görüntüsü



Şekil. 5. B Numunesin EDS ve haritalama (mapping) analizi

4. SONUÇLAR

- Ana malzeme mikroyapısının eşeksenli ferrit tanelerinden oluşum gösterdiği, lazer kaynaklı numunelerin mikroyapılarında ısı girdisinin etkisi doğrultusunda değişim gösterdiği tespit edilmiştir**.** Kaynak metali mikroyapısının kısmen sütunsal ve eşeksenli ferrit tane yapısından meydana geldiği gözlenmiştir. Yüksek kaynak ilerleme hızıyla yani düşük ısı girdisi ile birleştirilen numunenin mikroyapısının düşük kaynak hızıyla birleştirmenin mikroyapısına kıyasla daha ince tanelerden oluşum gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ITAB tane boyutunun kaynak metali tane boyutundan daha iri oldukları gözlenmiştir. Mikroyapıda ikincil faz çökeltileri gözlenmemiştir.
- Kaynaklı birleştirmelerin makro ve mikroyapılarında herhangi bir gözenek oluşumu, çatlama gibi süreksizliklerle karşılaşılmamıştır.
- EDS analiz ve elementel haritalama sonuçları bu malzemeye ait spektral analiz sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Kaynak işleminden dolayı belirgin alaşım elementi kayıplarının yaşanmadığı ve kaynak metalinde alaşım elementi miktarlarında değişim meydana gelmediği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Köse, C. Medikal Alanda Kullanılan Paslanmaz Çeliklerin Lazer Kaynak Kabiliyeti ve Kaynaklı Bağlantıların Biyoaktivite ve Biyokorozyon Davranışlarının Araştırılması, Karabük Üniversitesi F.B.E., Doktora Tezi, 2015.

[2] Köse, C., Kaçar, R. Kaynak İlerleme Hızının AISI 316l Paslanmaz Çelik Lazer Kaynaklı Birleştirmelerinin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 30, No 2, 225-235, 2015.

[3] ASM, "Introduction to Stainless Steels", Materials Park, Ohio, ASM Handbook, USA, 1-5 (2000).

[4] Harvey, P., "Engineering Properties of Steel", ASM Metal Handbook, ASM Handbook, 70-97 (1982).

[5] Smith, W.F., "Paslanmaz Çelikler", "Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri", Bölüm 5, Cilt 1., Çeviri: Erdoğan, M., Nobel Yayınları, Ankara, 169-214 (2000).

[6] Lippold, J.C., and Kotecki, D.J., "Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels", John Wiley and Sons, 63–70 (2005).

[7] Amuda, M.O.H., Mridha, S. An Overview of Sensitization Dynamics in Ferritic Stainless Steel Welds, International Journal of Corrosion Volume, 2011, Article ID 305793, pp. 9.

[8] Ma, L., Shengsun H., Bao, H., Shen, J., Younghui, W. Activating flux design for laser welding of ferritic stainless steel, Transactions of Tianjin University, December 2014, Volume 20, Issue 6, pp 429–434.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Investigation of Mechanical Properties of Robotic Laser Welded Ferritic Stainless Steel

C. Köse[1], C.Topal[2]*

[1]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye
[2]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Abstract

In this study, AISI 410S (X6Cr13) ferritic stainless steel plates were joined with robotic laser welding method. The samples were joined in butt welding position without using filler metal. Tensile tests and microhardness measurements were conducted to understand the mechanical properties of laser welded joints. When we look at the results, they show us that tensile strength and microhardness were lower for samples which are joined using high heat input than for the ones joined using low heat input.

Keywords: Robotik lazer kaynağı, Ferritik paslanmaz çelik, Çekme dayanımı, Mikrosertlik.

1. GİRİŞ

Paslanmaz çelikler, esas olarak mükemmel korozyon dirençlerinden ve ekonomik olmaları sebebiyle yoğun bir şekilde tercih edilen bir mühendislik malzeme türüdür. Bileşimlerinde en az %10,5 krom bulunan çelikler "paslanmaz çelik" olarak adlandırılırlar. Paslanmaz çelikler mikroyapılarına bağlı olarak; östenitik, martenzitik, ferritik, dubleks (östenitik + ferritik) ve çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler olmak üzere beş kategoride sınıflandırılmaktadır [1,2]. Ferritik paslanmaz çelikler bileşimlerinde %12–30,5 krom, %0,20'ye kadar nikel ve çok düşük miktarda Al, Nb, Ti ve Mo gibi ferrit dengeleyici elementler içermektedirler. Bu tip paslanmaz çelikler her sıcaklıkta ferritik yapıda olduklarından ısıl işlemle sertleştirilemezler [4]. Bu tür paslanmaz çeliklerin sahip olduğu başlıca özellikleri korozyon dayanımı orta ile iyi derece arasında olup, bileşimde krom miktarının artması ile iyileşir. Isıl işlemle dayanımları artırılabilir. Manyetiktirler ve kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür. Şekillendirme kabiliyeti östenitik paslanmaz çeliklere göre daha azdır [5]. Lazer kaynak yöntemini nitelikli kılan durum, küçük bir alan üzerine odaklanmak suretiyle yüksek güç yoğunluğu elde edilerek kullanılabilmesi ve otomasyona uygunluğudur [6]. Lazer, tek renkli, düz, yoğun ve aynı fazlı paralel dalgalar halinde genliği yüksek, başka bir ifade ile suni radyasyon tetiklemesiyle oluşturulan bir ışık demetidir [7]. Lazer kaynağı düşük ısı girdisine ve yüksek soğuma oranına sahiptir, yüksek yoğunlaşma enerjisi, yüksek kaynak hızı, dar kaynak bölgesi, derin nüfuziyet, otomasyona uygunluğu, yüksek mekanik dayanım, düşük distorsiyon ve ilave tel kullanmadan kaynak yapabilme imkanı sağlamaktadır [8].

Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynaklı birleştirmelerinde bazı problemler ile karşılaşılmaktadır. Kaynak esnasında ve ısı etkisi altındaki bölgede oluşan ve kaynak dikişinin tokluğunda önemli derecede düşüşe neden olan tane büyümesi ve gevrek çatlama problemidir. Bu çalışmada, lazer kaynak işlemi iki farklı lazer hızıyla gerçekleştirilmiş olup farklı ısı girdisi şartlarında lazer kaynaklı ferritik paslanmaz çelik birleştirmelerin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

* *Tel.: +90 356-252-1616/2901*
E-mail address: ceyhunia@gmail.com;ceyhun.kose@gop.edu.tr (C. Köse).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Kaynak İşlemi

Bu çalışmada, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen AISI 410S ferritik paslanmaz çelik alaşımı kullanılmıştır.

Tablo .1. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (% ağırlık)

%C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	Cr	Fe
0.047	0.374	0.414	0.020	0.015	<0.0001	0.060	14.065	Kalan

Ferritik paslanmaz çelik levhalar Tablo 2'de verilen parametreler kullanılarak, HAN'S Laser marka 300W gücüne sahip Nd:YAG lazer kaynak makinesine monte edilmiş 6 eksenli FANUC M-20iA marka robot yardımıyla, yatay pozisyonda ve ilave metal kullanmadan birleştirilmiştir.

Tablo. 2. Lazer kaynak parametreleri

Numune	Lazer gücü (W)	Kaynak hızı (mm/s)	Koruyucu gaz	Gaz basıncı (bar)	Odak mesafesi (mm)	Isı girdisi (kJ/mm)
A	300	0.5	Ar	0.6	190	0.60
B	300	2.5	Ar	0.6	190	0.12

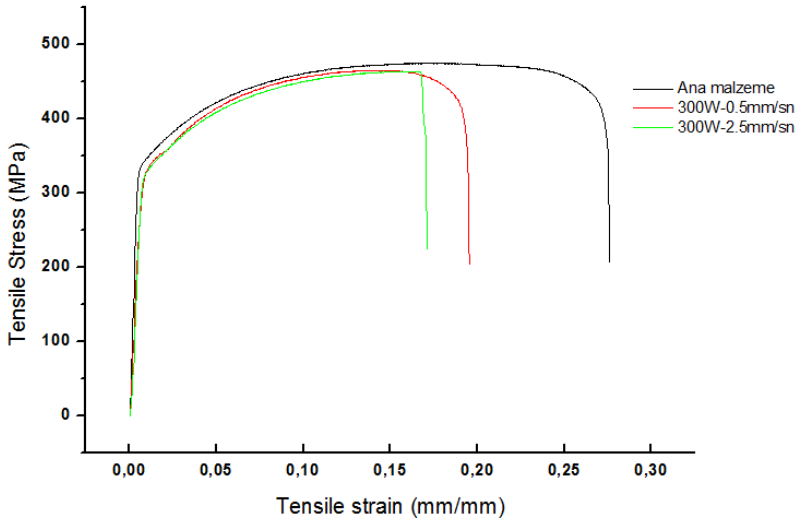
2.2. Mekanik Deneyler

Çekme testi INSTRON marka 100kN kapasiteli çekme test cihazında 10mm/dk ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümü ise, GALILEO marka ölçüm cihazında uca 15 saniye 200g yük uygulanarak belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Deneyi

Ana malzeme ve lazer kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme testi uygulanmış ve sonuçlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

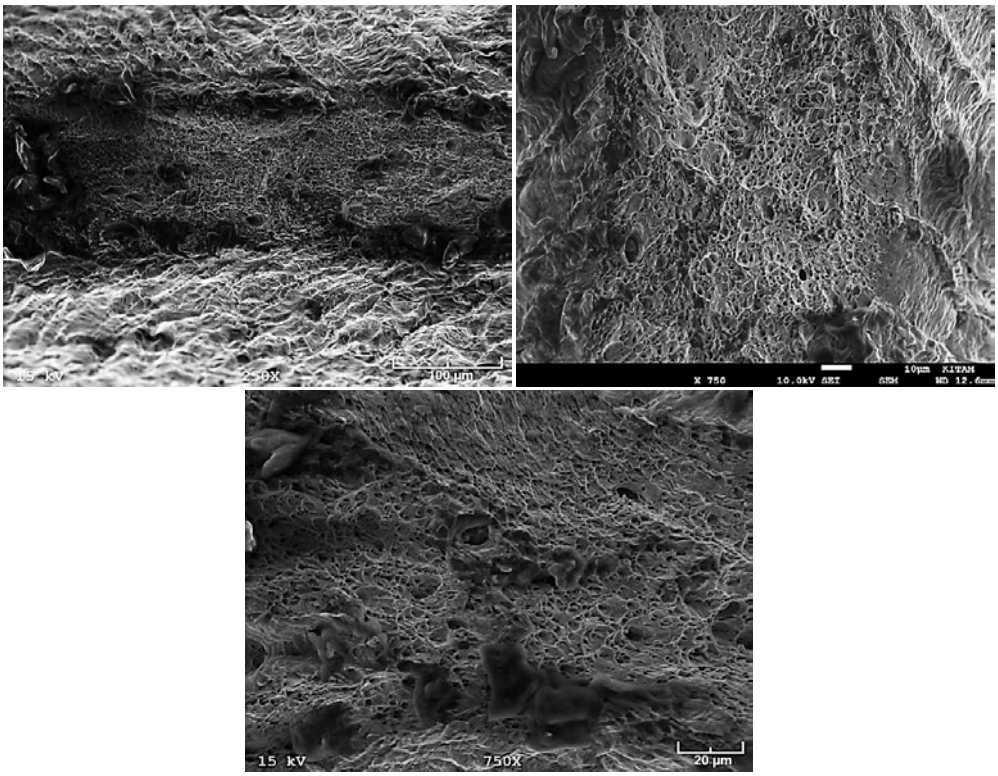


Şekil. 1. Ana malzeme ve lazer kaynaklı numunelerin çekme deneyi sonuçları

Çekme deneyi sonuçları incelendiğinde, ana malzemenin çekme dayanımı, akma dayanımı ve yüzde uzama değerleri, farklı ısı girdisiyle birleştirilen lazer kaynaklı numunelerden daha yüksek bulunmuştur. Ana malzemenin çekme dayanımı 474 MPa, akma dayanımı 345 MPa, uzama miktarı ise %28 bulunurken, düşük ısı girdisiyle birleştirilen A numunesinin çekme dayanımı 467 MPa, akma dayanımı 320 MPa, uzama miktarı ise %16, yüksek ısı girdisiyle birleştirilen B numunesinin çekme dayanımı 460 MPa, akma dayanımı 325 MPa, uzama miktarı ise %19 olarak tespit edilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerinin ana

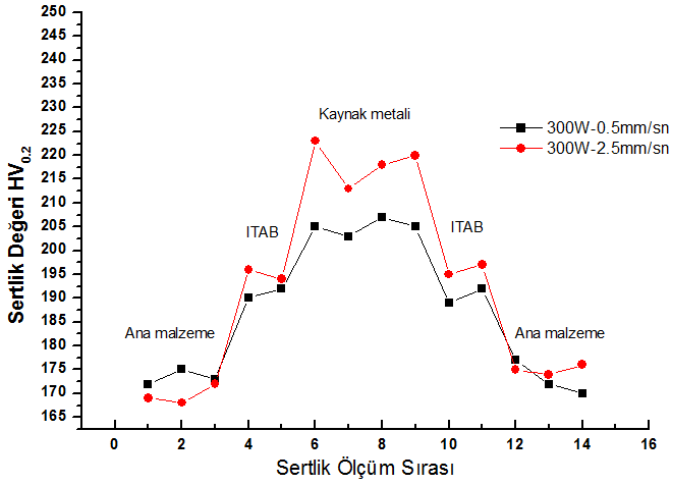
malzemeye kıyasla daha düşük çıkmasının ana nedeni olarak kaynak işlemiyle birlikte kaynak dikişinde meydana gelen mikroyapısal dönüşümler sayılabilir. Kaynak bölgesine iletilen ısı girdisi sonucunda, tane boyutlarında meydana gelen irileşmeler çekme ve akma dayanımında düşüşe neden olduğu düşünülmektedir.

Çekme deneyi sonrası ana malzeme ve lazer kaynaklı numunelerin kırılma yüzeylerine ait SEM görüntüleri incelendiğinde (Şekil 2), yüzey morfolojisinden anlaşılacağı üzere ana malzemede ve lazer kaynaklı numunelerde sünek kırılma biçimini ifade eden lokal çukurcuk (dimples) yüzey morfolojisiyle birlikte klivaj (quasi-cleavage) kırılmanın gerçekleştiği, kırılmanın tanelerarası gerçekleştiği açık bir şekilde görülebilmektedir. Kaynaklı birleştirmelerin kırılma yüzeyi görüntülerinde herhangi bir inklüzyon oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil. 2. Ana malzeme ve lazer kaynaklı numunelerin çekme deneyi sonrası kırılma yüzeyi SEM görüntüleri

Lazer kaynağı geleneksel kaynak yöntemlerine göre yüksek güç yoğunluğuna sahip olması nedeniyle düşük ısı girdisi ve hızlı katılaşma oluşturur ve böylelikle kaynaklı birleştirmelerde yüksek sertlik değerleri elde edilir. Kaynaklı birleştirmelerdeki sertlik dağılımı mikroyapı ile doğrudan ilişkilidir, özellikle ferritik paslanmaz çeliklerin mikroyapısında oluşan martenzit, ITAB ve kaynak metalinin sertlik artışındaki önemli faktörlerdendir, ısı girdisi ise mikrosertlik değişiminde en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı lazer gücüyle yani farklı ısı girdisi ile birleştirilen numunelerin ortalama sertlik değerleri incelendiğinde (Şekil 3), kaynak metali ve ITAB sertliğinin ana metalden daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Düşük ısı girdisiyle birleştirilen numunenin sertlik değerinin yüksek ısı girdisiyle birleştirilen numuneden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca, yüksek ısı girdisiyle birleştirme sonucunda meydana gelen tane irileşmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil. 3. Lazer kaynaklı numunelerin sertlik profili

4. SONUÇLAR

• Çekme testi sonucunda ana malzemenin çekme dayanımı lazer kaynaklı numunelerden yüksek bulunmuştur. Düşük ısı girdisi ile birleştirilen numunenin çekme dayanımı yüksek ısı girdisi ile birleştirilen numuneden daha yüksek bulunmasına rağmen uzama miktarı daha düşük bulunmuştur.

• Çekme deneyi sonrası ana malzeme ve lazer kaynaklı numunelerin kırılma yüzeylerine ait SEM görüntülerinden, ana malzemede ve lazer kaynaklı numunelerde sünek kırılma biçimini ifade eden lokal çukurcuk (dimples) yüzey morfolojisiyle birlikte klivaj (quasi-cleavage) kırılmanın gerçekleştiği, kırılmanın tanelerarası gerçekleştiği gözlenmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin kırılma yüzeyi görüntülerinde herhangi bir inklüzyon oluşumu gözlenmemiştir.

• Farklı lazer gücüyle yani farklı ısı girdisi ile birleştirilen numunelerin ortalama sertlik değerleri sonuçlarından, kaynak metali ve ITAB sertliğinin ana metalden daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Düşük ısı girdisiyle birleştirilen numunenin sertlik değerinin yüksek ısı girdisiyle birleştirilen numuneden daha yüksek olduğu, bu sonuca, yüksek ısı girdisiyle birleştirme sonucunda meydana gelen tane irileşmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Köse, C. Medikal Alanda Kullanılan Paslanmaz Çeliklerin Lazer Kaynak Kabiliyeti ve Kaynaklı Bağlantıların Biyoaktivite ve Biyokorozyon Davranışlarının Araştırılması, Karabük Üniversitesi F.B.E., Doktora Tezi, 2015.

[2] Köse, C., Kaçar, R. Kaynak İlerleme Hızının AISI 316l Paslanmaz Çelik Lazer Kaynaklı Birleştirmelerinin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 30, No 2, 225-235, 2015.

[3] ASM, "Introduction to Stainless Steels", Materials Park, Ohio, ASM Handbook, USA, 1-5 (2000).

[4] Harvey, P., "Engineering Properties of Steel", ASM Metal Handbook, ASM Handbook, 70-97 (1982).

[5] Smith, W.F., "Paslanmaz Çelikler", "Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri", Bölüm 5, Cilt 1., Çeviri: Erdoğan, M., Nobel Yayınları, Ankara, 169-214 (2000).

[6] Lippold, J.C., and Kotecki, D.J., "Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels", John Wiley and Sons, 63–70 (2005).

[7] C. Köse, R. Kaçar, Effect of welding speed on the mechanical properties and microstructure of laser welded AISI 316L stainless steel, J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ. 30

(2015) 225–235.

[8] Köse C. Weldability of 5754 aluminum alloy using a pulsed Nd:YAG micro scale laser. Mater. Test. 2016; 58(11-12): 963-969.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Analysis of Radio Frequency Electromagnetic Waves of Compact Flourescent Lamps for One Dimension Plane

Y. Tanış[2], İ. Koşalay*[1]

[1,2*] *Department of Electric-Electronic Enginneering, Ankara University, Ankara, TURKEY*

Abstract

In this paper, an experimental setup was prepared for the measurement of (EMF) electromagnetic field radiation of compact fluorescent lamps (CFLs) in anechoic laboratory and measurements were implemented in 1-D coordinate plan for defined points. EMFs of CFLs with different power values from different brands were measured for 50-300 MHz and 601-900 MHz frequency range for 11 points with 10 cm range. Power values of CLFs are 8, 15, 50 and 73 W. The unit used for EF is V / m and MF is mA/m. The EF and the MF values change in inversely proportion as the distance from the source at LF, MF and HF. As the distance increases, the field values drop and stay constant at a certain distance. However, this is not valid for VHF and UHF. EF and MF values for VHF and UVF are lower than the measurements for LF, MF, HF and, decrease of field values not depend on the distance of the source. There is no big difference between these values, whose tendency is unpredictable. This measurements are preparatory work for the thesis "Analysis of Radio Frequency Electromagnetic Waves of Compact Flourescent Lamps Using Artificial Immune System". Measurements will be used in artificial immune system algorithm to estimate values at the unmeasured points.

Keywords: compact fluorescent lamp, electric field, magnetic field.

1. INTRODUCTION

Electromagnetic (EM) environment, as natural electromagnetic fields and artificial electromagnetic fields, is examined in two type. Natural electromagnetic field occur external and internal sources such as electrical discharge in the atmosphere, space and solar radiation. Natural fields have very wide frequency band which compose excessive noise explosion with extra high field. However, artificial fields are occured by human-made electronic devices and systems with radio frequency (RF). Electromagnetic fields propagating electronic devices are an issue which is examined in long time [1]. One of this electromagnetic field sources is also compact flourescent lamps.

Electromagnetic fields are propagated in the form of electromagnetic waves both in space and in the environment of the material. This propagating is an energy transmission or energy propagating in form of wave or particle. Electromagnetic wave is catogorized based on frequency and wave lenght. λ wave length, f frequency and c light velocity in space are seen at equlation 1. Inverse proportion is available between wave lenght and frequency. While increase of frequency decrease wavelenght, the decrease of the frequency increases the wavelength [2].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

One of the two fundamental pairs of the electromagnetic field is the electric field, the other is the magnetic field. The electric field refers to the pull or push effect of an electric charge on another electric charge. Each electric charge produces an electric field. The electric field occur in the presence of electric charges.

* *Corresponding author. Tel.: +90 5354543448*
E-mail address: yeliz.tanis@gmail.com (Y. Tanış).

In these reasons, a lamp connected to the grid generate a electric field even though the current do not flow through it. The increase of the supply voltage of a device also increases the electric field. Electric field intensity decrease rapidly depending on distance of the source. A important point about the electric field is that even a small insulator (building, tree, etc.) is blocking the electric field [3].

In equlation 2; q electric charge, R is the distance between the load and the observation point, and , $\hat{R}$ is the radial unit vector of the load. . ε_0 is a universal constant known as the coefficient of electrical permeability in space. In this situation; electric field is proportional to the product of the magnitudes of two charges and inversely proportional to the square of distance between them.

$$E = \hat{R}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \quad (V/m) \qquad (2)$$

Magnetic field consist of charges displacement . In other word, it consists of the electric current circulation. On switch on a lamp, Not only magnetic field occur due to electric field, but magnetic field is also occur due to supply cable. As a result, the magnetic field increase according to the value of current, an mangetic field discrease according to the distance of the source. However; the magnetic field as a different from electric field can not be nearly blocked by the insulators [4].

In equlation 3; B magnetic field, I current, μ_0 the magnetic permeability coefficient of the cavity, r radial distance from curent and $\hat{\emptyset}$ refers to the unit vector in the azimuth (ground plane) [2].

$$B = \hat{\emptyset}\frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (T) \qquad (3)$$

1.2. Compact Flourescent Lamps

Compact Flourescent lamps (CFL) consist of flourescent tube and balast. CFL emits light with electric discharge. Balast is used to rectification of grid voltage. Rectification generates 20 kHz – 100 kHz frequency range. Thus, electrots in lamp heat up and firing occurs. The electrons emitted from the lead electrodes collide with the electrons of the mercury atoms in the tube (Since the mercury vapor alone can not provide the continuation of the discharge, inert gases such as argon and krypton are also present in the fluorescent tube.) and deviate from their orbits, so that ultraviolet radiation forms and becomes visible light through the phosphor crystals on the surface of the lamp [5].

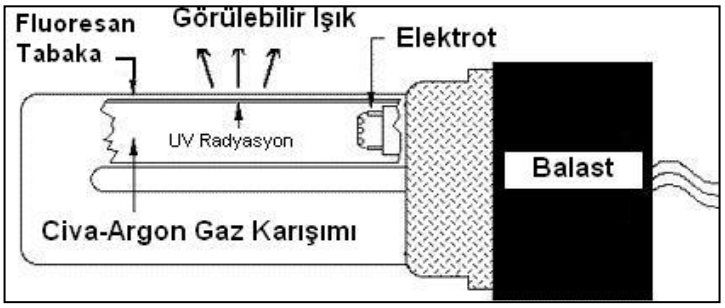


Fig. 1. Internal structure of CFL

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Experiment Preparation

Prior to the experiment, the experiments regarding issue up to now are examined. Baran and Leonida (2015) stated that the electric field emitted from compact fluorescent lamps does not change in the same ratio as power of the lamps in experiments in the 20 kHz to 10 Mhz frequency range. In measurements of lamps at different power values,the electric field is not be depend on the lamp power.

Bossche vd. (2014) measure electric field and magnetic field for 5 points with 10 cm range from the source between 9 kHz and 30 MHz frequency range without using any experimental environment [6].

Letertre vd. (2009) measure magnetic field for 1 KHz -1 MHz frequency range. In measurememts; differrent magnetic fields observed for same power values according to measuremets; Mangetic field values is not depended on lamp power, the number of tube in lamp and tube size. Differences are resulted from balasts. On the other hand, As distance to the source increase, magnetic field value decrease [7].

Kvasznicza ve Elmer (2006) measured electromagnetic field value for 1 kHz- 1Mhz frequency range in an anechoic chamber. According to measurements, As the distance increases to 2 meters, the field values drop regulary and then stay constant at a certain distance[8].

Bakos et al. (2010) researched lamps with different brands, diffferent types and different power values for 1-100 kHz frequency range on x-y coordinate system. According to research, change of electric field of lamp does not depend on distance of the source, type of lamp or lamp power value. Even same power value, lamps from different manufacturers occur differenet electric field value[9].

According to research; an anechoic experiment environment, frequence range, measuring range, lamps with different power and measuring device should be considered issues for measurements of electric and magnetic field.

2.2. Experiment Environment

Electric field and magnetic field measurements of compact fluorescent lamps were carried out at Gölbaşı Campus Electrical Appliance Measurement and Evaluation Laboratory of Ankara University. Laboratory is an anechoic chamber and not reflect any signal out of to chamber. In this reason, there is no singal effect on CFLs during experiments.

In experiments; electric field and magnetic field of CFLs with diffirent power and type are measured for 50-300 Mhz and 601-900 MHz frequency range for 11 points with 10 cm range. Power values of CLFs are 8, 15, 50 and 73 W. The unit used for EF is V / m and MF is mA/m. Each measurement was repeated 5 times to check the accuracy of the measurements.

In the experiment, Aaronia's HF 6065 V4 type electromagnetic field measuring device was used and measurement range of devide is 10 Mhz to 6 Ghz.

Measurements have firstly checked in 1 kHz - 30 MHz frequency range in the parallel to investigated experiments conditions. In the scope of this; electric field and magnetic field of 8 W, 15 W, 50 W and 73 W CFLs were measured for 50-300 kHz frequency distance at 100 cm distance from the source for 5 points with 25 cm range.

Table. 1. Electric field and magnetic field values of 8 W CLF for 50-300 kHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (mA/m)
0 cm	387.5 (50 kHz)	11.84 (50 kHz)
25 cm	61.10 (60 kHz)	4.344 (50 kHz), 5.016 (65 kHz), 3.226 (130 kHz)
50 cm	23.56 (55 kHz)	4.742 (60 kHz), 3.064 (240 kHz)
75 cm	22.86 (130 kHz), 21.63 (135 kHz)	4.238 (50 kHz), 4.156 (135 kHz), 3.6 (200 kHz)
100 cm	4.039 (55 kHz), 3.124 (130 kHz)	4.039 (55 kHz), 3.124 (130 kHz)

Table. II. Electric field and magnetic field values of 15 W CLF for 50-300 kHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	585.4 (50 kHz)	5.296 (50 kHz)
25 cm	85.43 (50 kHz)	4.162 (65 kHz), 3.8 (140 kHz)
50 cm	32.70 (55 kHz)	4.059 (100 kHz), 4.695 (75 kHz),
75 cm	24.76 (50 kHz), 22.64 (120 kHz)	3.5 (120 kHz)
100 cm	22.54 (50 kHz), 21.90 (130 kHz)	3.9 (60 kHz9, 4.568 (70 kHz), 3.321 (225 kHz)

Table. III. Electric field and magnetic field values of 50 W CLF for 50-300 kHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	1.651 kV/m (50 kHz), 1.353 kV/m (55 kHz)	43.04 (55 kHz), 37 (50 kHz)
25 cm	712.6 (50 kHz)	11.65 (55 kHz), 10.92 (50 kHz)
50 cm	66.31 (55 kHz)	4.20 (80 kHz), 4.90 (120 kHz), 6.903 (125 kHz)
75 cm	35.32 (55 kHz)	4.042 (75 kHz), 4.420 (65 kHz), 3.909 (105 kHz)
100 cm	23.01 (55 kHz), 22.81 (130 kHz)	4.145 (50 kHz), 5.055 (65 kHz), 4.157 (195 kHz)

Table. IV. Electric field and magnetic field values of 73 W CLF for 50-300 kHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	1.0821 kv/m (50 kHz), 2.163 kV/m (55 kHz)	38.09 (50 kHz)
25 cm	248.8 (50 kHz)	8.195 (55 kHz), 9.013 (55 kHz)
50 cm	74.84 (50 kHz)	6.161 (50 kHz), 3.096 (90 kHz), 3.144 (260 kHz)
75 cm	36.51 (50 kHz), 32.62 (55 kHz)	4.473 (65 kHz), 4.180 (190 kHz), 3.102 (155 kHz)
100 cm	36.51 (50 kHz), 32.62 (55 kHz)	4.660 (115 kHz), 4.581 (65 kHz), 5.051 (55 kHz)

In measurements; More than one values were taken for one measurement point. Increase of distance from source, field value is discreased. Accordingly, when compared with researched experiments, the reliability of experiment conditions and measurement results understood.

3. EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

Table. V. Electric field and magnetic field values of 8 W CLF for 50-300 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.134(60-86-200 Mhz)	0.323 (60-100-200 Mhz)
10 cm	0.106 (60-100-200Mhz)	0.337 (60-100-300 Mhz)
20 cm	0.102(60-100-200 Mhz)	0.249 (60-100-300 Mhz)
30 cm	0.100(60-100-200 Mhz)	0.259 (60-100-300 Mhz)
40 cm	0.100(60-100-200 Mhz)	0.259 (60-100-300 Mhz)
50 cm	0.098(60-86.3-200 Mhz	0.328 (60-86.3-300 Mhz
60 cm	0.077(60-100-200 Mhz)	0.273 (60-100-300 Mhz)
70 cm	0.090 (60-80-140 Mhz)	0.257 (60.1-100-200 Mhz)
80 cm	0.082(60-100-300 Mhz)	0.314 (60-100-140 Mhz)
90 cm	0.091(60-140-300 Mhz)	0.292 (60-100-300 Mhz)
100 cm	0.084 (60-86-200 Mhz)	0.281 (60-100-200 Mhz)

Table .VI. Electric field and magnetic field values of 8 W CLF for 601-900 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.129 (800-860 900Mhz)	0.310 (800-860-900Mhz)
10 cm	0.131 (800-860-900Mhz)	0.324 (800-860-900Mhz)
20 cm	0.122(800-860-900Mhz)	0.311 (800-860-900Mhz)
30 cm	0.109 (800-860-900Mhz)	0.310 (800-860-900Mhz)
40 cm	0.113 (800-860-900Mhz)	0.312 (800-860-900Mhz)
50 cm	0.116 (800-860-900Mhz)	0.310 (800-860-900Mhz)
60 cm	0.119 (760-800-900Mhz)	0.299 (800-860-900Mhz)
70 cm	0.117 (760-800-900Mhz)	0.298 (800-860-900Mhz)
80 cm	0.117 (760-800-900Mhz)	0.290 (800-860-900Mhz)
90 cm	0.116 (760-800-900Mhz)	0.297 (800-860-900Mhz)
100 cm	0.117 (760-800-900Mhz)	0.303 (800-860-900Mhz)

Table .VII. Electric field and magnetic field values of 15 W CLF for 50-300 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.086 (60-88-140 Mhz)	0.298 (60-86-140 Mhz)
10 cm	0.084 (60-85.2-300 Mhz)	0.252 (54.6-80-200 Mhz)
20 cm	0.076 (60-100-300 Mhz)	0.288 (60-100-280 Mhz)
30 cm	0.080 (60-100-300 Mhz)	0.295 (60-100-300 Mhz)
40 cm	0.073 (60-100-300 Mhz)	0.272 (60-100-200 Mhz)
50 cm	0.064 (60-100-300 Mhz)	0.279 (60-86.1-200 Mhz)
60 cm	0.065 (60-100-300 Mhz)	0.270 (60-100-200 Mhz)
70 cm	0.066 (60-100-300 Mhz)	0.269 (60-100-200 Mhz)
80 cm	0.070 (60-100-300 Mhz)	0.289 (60-100-200 Mhz)
90 cm	0.064 (60-100-300 Mhz)	0.296 (60-100-200 Mhz)

100 cm	0.059 (60-100-300 Mhz)	0.261 (60-87.1-200 Mhz)

Table. VIII. Electric field and magnetic field values of 15 W CLF for 601-900 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.125(760-800-860 Mhz)	0.422(800-860-900 Mhz)
10 cm	0.126 (760-800-860Mhz)	0.356 (760-800-880Mhz)
20 cm	0.123(760-800-860 Mhz)	0.345(620-800-880 Mhz)
30 cm	0.120(760-800-860 Mhz)	0.329(800-840-880 Mhz)
40 cm	0.115(760-800-860 Mhz)	0.322(800-840-900 Mhz)
50 cm	0.116(760-800-860 Mhz)	0.324(800-860-900 Mhz)
60 cm	0.118(760-800-860 Mhz)	0.363(800-860-900 Mhz)
70 cm	0.118(760-800-860 Mhz)	0.331(800-860-900 Mhz)
80 cm	0.116(760-800-860 Mhz)	0.322(800-860-900 Mhz)
90 cm	0.117(760-800-860 Mhz)	0.317(800-860-900 Mhz)
100 cm	0.116(760-800-860 Mhz)	0.299(800-860-900 Mhz)

Table. IX. Electric field and magnetic field values of 50 W CLF for 50-300 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.168(56.9-88.4-140 Mhz)	0.448 (58.1-100-300 Mhz)
10 cm	0.116 (60-100-140 Mhz)	0.436 (60-100-200 Mhz)
20 cm	0.120 (60-100-140 Mhz)	0.363(59.5-100.1-200 Mhz)
30 cm	0.117 (60-100-140 Mhz)	0.358(58.5-100.1-200 Mhz)
40 cm	0.120 (60-86-200 Mhz)	0.352 (60-100- 200 Mhz)
50 cm	0.121 (60-86-200 Mhz)	0.329 (54.4-80- 200 Mhz)
60 cm	0.119 (60-100-200 Mhz)	0.316 (59.1-100- 200 Mhz)
70 cm	0.112 (60-87.4-200 Mhz)	0.299 (50.8-80- 300 Mhz)
80 cm	0.108 (60-100-300 Mhz)	0.257 (58.4-100- 300 Mhz)
90 cm	0.100 (60-100-300 Mhz)	0.248 (59.8-100- 140 Mhz)
100 cm	0.096 (60-100-300 Mhz)	0.228 (60-100- 300 Mhz)

Table. X. Electric field and magnetic field values of 50 W CLF for 301-600 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.166(800-860-900 Mhz)	0.472(620-860-900 Mhz)
10 cm	0.168 (800-860-90 Mhz)	0.445 (620-860-900Mhz)
20 cm	0.175(800-860-900 Mhz)	0.494(620-860-900 Mhz)
30 cm	0.157(800-860-900 Mhz)	0.474(620-860-900 Mhz)
40 cm	0.154(800-860-900 Mhz)	0.464(620-860-900 Mhz)
50 cm	0.138(700-860-900 Mhz)	0.436(620-860-900 Mhz)
60 cm	0.136(700-800-900 Mhz)	0.475(620-860-900 Mhz)
70 cm	0.120(760-800-900 Mhz)	0.453(620-860-900 Mhz)
80 cm	0.126(660-800-900 Mhz)	0.479(800-860-900 Mhz)
90 cm	0.121(760-800-900 Mhz)	0.483(800-860-900 Mhz)
100 cm	0.117(760-800-880 Mhz)	0.476(800-860-900 Mhz)

Table. XI. Electric field and magnetic field values of 73 W CLF for 50-300 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.118 (60-100-140 Mhz)	0.298 (60-86-140 Mhz)
10 cm	0.115 (60-86-140 Mhz)	0.252 (54.6-80-200 Mhz)
20 cm	0.121 (50.8-86-200 Mhz)	0.288 (60-100-280 Mhz)
30 cm	0.111(56.5-100.1-200 Mhz)	0.295 (60-100-300 Mhz)
40 cm	0.109 (51.8-80-200 Mhz)	0.272 (60-100-200 Mhz)
50 cm	0.113 (56.9-100-200 Mhz)	0.279 (60-86.1-200 Mhz)
60 cm	0.118 (57.2-100-200 Mhz)	0.270 (60-100-200 Mhz)
70 cm	0.118 (57.2-100-200 Mhz)	0.269 (60-100-200 Mhz)
80 cm	0.103 (50.4-80-200 Mhz)	0.289 (60-100-200 Mhz)
90 cm	0.107 (55.1100.1-300 Mhz)	0.296 (60-100-200 Mhz)
100 cm	0.096 (60-100.1-300 Mhz)	0.269 (60-87.1-200 Mhz)

Table. XII. Electric field and magnetic field values of 73 W CLF for 300-601 MHz frequency range

Measurement ranges (y=90 °)	Electric Field	Magnetic Field
	Measured value and measuring frequency (V/m)	Measured value and measuring frequency (V/m)
0 cm	0.160(800-860-900 Mhz)	0.334 (800-860-900Mhz)
10 cm	0.161 (800-860-900Mhz)	0.339 (800-860-900Mhz)
20 cm	0.168(800-860-900 Mhz)	0.334(800-860-900 Mhz)
30 cm	0.167(800-860-900 Mhz)	0.318(800-860-900 Mhz)
40 cm	0.168(800-860-900 Mhz)	0.313(800-860-900 Mhz)
50 cm	0.171(800-860-900 Mhz)	0.334(800-860-900 Mhz)
60 cm	0.168(800-860-900 Mhz)	0.332(800-860-900 Mhz)
70 cm	0.168(800-860-900 Mhz)	0.330(800-860-900 Mhz)
80 cm	0.155(800-860-900 Mhz)	0.323(800-860-900 Mhz)
90 cm	0.150(800-860-900 Mhz)	0.321(800-860-900 Mhz)
100 cm	0.156(800-860-900 Mhz)	0.314(800-860-900 Mhz)

Researched measurements and measurements of 8,15,50 and 73 w CFLs for 50-300 Khz frequency range are depend on distance. As increase of the distance from the source, electric fied value and magnetic field value decrease. But, In measurements of 8,15,50 and 73 w CFLs for 0-301 Mhz and 601-900 Mhz frequency range, It is seen the same electric field value and the same magnatic field value at three different frequency. At same measuring point, electric field value and magnatic field value do not change for different frequency. Moreover, It does not seen significant difference in measurements in spite of increase of the distance from the source and, measurements do not decrease in spite of increase of the distance from the source.

This experiments show that; increase of the distance from the source is not effected the values of electric and magnetic field emitted by CLFs for very high frequency measurements. The measurements are not change to inverse proportion to the distance to the source as expected.

4. CONCLUSION

It is an known situation that; at low, medium and high frequencies; As the increase of the measuring distance to the source, electric field and magnetic field emitted by a source regularly decrease and remain constant at a certain distance. However, the measurements do not indicate the same comments for very high frequency.

whether electric and magnetic fields decrease, is not depend on the distance to the source and there is no big changes among measurement value.

The results obtained from the measurements and will be used in the artificial immune system algorithm to estimate the values at the unmeasured points.

REFERENCES

[1] Güler, İ., Çetin, T., Özdemir, A. R., & Uçar, N. (2010). *Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, İstanbul.

[2] Yazgan, E. , Turgut, G. Birinci, I. and Öncü, E. , *Fundamentals of Applied Electromagnetics*, Nobel Akademik Yayıncılık Danışmanlık Tic. Ltd Şti, P: 12-16. 2013.

[3] The EMO website, (2018), (online), Availabe: www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf

[4] Tamam, C. , Evrensel M. and Tamam Y. , The Affects of Electromagnetic Fields on Human Health, *Journal of Complementary Medicine, Regulation and Neural Therapy*, Vol. 10, No: 3:2016.

[5] KÜ. 2012. Aydınlatma Tekniği ve Laboratuvarı Deney Kitabı, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü (01.02.2018), Available: http://elektrik.kocaeli.edu.tr/files/7022Ayd_Lab_Kitap_2016.pdf

[6] Van Den Bossche, M., Verloock, L., Aerts, S., Joseph, W., & Martens, L. (2014). In Situ Exposure Assessment of Intermediate Frequency Fields of Diverse Devices. Radiation Protection Dosimetry, 164(3), 252-264.

[7] Letertre, T., Azoulay, A., Destrez, A., Gaudaire, F., & Martinsons, C. (2009). Characterization of Compact Fluorescent Lights RF Emissions in the Perspective of Human Exposure. *IEICE EMC*, *9*.

[8] Kvasznicza, Z., & Elmer, G. (2006, August). Radio frequency emissions of public lighting devices, *In Power Electronics and Motion Control Conference*, 2006. EPE-PEMC 2006. 12 th. International (pp. 1340-1344). IEEE.

[9] Bakos, J., Nagy, N., Juhász, P., & Thuróczy, G. (2010). Spot Measurements of Intermediate Frequency Electric Fields in the Vicinity of Compact Fluorescent Lamps. Radiation Protection Dosimetry, 142(2-4), 354-357.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Numerical Investigation of Heat Transfer Performance of Al2O3-Water Nanofluid in a Circular Pipe

E. Işık[1], V.Tuğan[2]*

*[*1]Munzur Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Turkey*

Özet

Nowadays, nanofluids with better cooling qualities are necessary in order to meet adequate cooling needs in applications that require high heat performance. Because nanofluids have a high thermal conductivity value, they are considered as new generation heat transfer fluids to improve heat efficiency.

In this study, Al2O3-water nanofluid's heat transfer performance was analyzed numerically under turbulent flow conditions. Thermophysical qualities of Al2O3-water nanofluid used in the analysis were calculated using theoretical formulations in literature. After a three dimensional circular pipe was designed using ANSYS packaged software, heat transfer analysis of water and Al2O3-water fluids was conducted through CFX. The diameter of the designed circular pipe is 12 mm and its length is 0.8 m. The entrance velocity of the fluids into the circular pipe with 10 °C constant wall temperature and their temperature were regarded as 0.6 m/s and 90 °C, respectively. Numerical analysis of Al2O3-water nanofluid was conducted for 3 different volumetrical concentrations, which were 1%, 3% and 5%. It was observed from the results obtained from the analyses that there was an increase of about 4.6%, 9.5% and 16.1% in the heat convection coefficient of Al2O3-water nanofluid with 1%, 3% and 5% volumetrical concentrations, respectively, when compared to water. It was realized that Al2O3-water nanofluid increased heat transfer in a significant amount when compared to water, which is the traditional heat transfer fluid, and when the volumetrical concentration of nanofluids increased, their heat transfer performance also increased. It was observed that the results were in good agreement with the experimental and numerical studies in literature.

Anahtar Kelimeler: Nanoakışkan, Al_2O_3-su, dairesel boru, ısı transferi.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, mevcut enerjinin daha etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasına alternatif bir enerji kaynağı gözüyle bakılmaktadır. Özellikle endüstri uygulamalarında, mevcut enerjinin küçük miktarlarında bile sağlanacak verim büyük miktarlarda geri dönüşler sağlayacaktır. Günümüzde, yüksek ısıl performansın arzu edildiği uygulamalarda, yeterli soğutma ihtiyacı büyük önem taşımaktadır. Giderek artan bu ihtiyacı karşılayabilmek için etkili soğutma yapabilen akışkanlara gereksinim duyulmaktadır. Son yıllarda, ilgi çeken konulardan bir tanesi olan nanoakışkanlar, temel ısı transfer akışkanlarıyla mukayese edildiğinde daha yüksek ısıl iletkenlik değerlerine sahip oldukları için ısıl verimi iyileştirmek amacıyla yeni nesil ısı transfer akışkanları olarak düşünülmektedir.

Nanoakışkankanlar, metalik veya metalik olmayan 100 nm'den küçük partiküllerin su, yağ ve etilen glikol gibi geleneksel ısı transfer akışkanlarının içerisine katılmasıyla elde edilen akışkanlardır. Yıllar boyunca endüstriyel uygulamaların birçoğunda ısı transferini iyileştirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiş fakat geleneksel ısı transfer akışkanlarının düşük ısıl iletim katsayısına sahip olması nedeniyle ısı transferindeki arzu edilen artışa ulaşılamamıştır. Yüksek ısıl iletkenlik değerine sahip olan nanoakışkanlar, güç santrallerinden elektronik cihazların soğutulmasına kadar ısı transferinin önemli olduğu birçok uygulama alanında heyecan verici performans vaat etmektedirler.

Literatürde, nanoakışkanların mühendislik uygulamalarında kullanımını baz alan çalışmalar çok zengin değildir. Özellikle son yıllarda, nanoteknolojideki gelişmelere paralel olarak nanometre boyutlarında katı partikullerin üretilebilmesiyle, ısı transfer akışkanı olarak kullanılan nanoakışkanların ısıl iletkenliklerinin belirlenebilmesi adına modeller geliştirmeye yönelik çalışmaların yoğunluk kazandığı görülmektedir. Fakat henüz gelinen nokta yeterli olmadığından, bu konu ile ilgili daha sağlam altyapı oluşturabilmek ve daha sağlıklı veriler sunabilmek için deneysel çalışmaların yanında sayısal çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Nanoakışkanların sayısal analizi ile ilgili önemli çalışmalardan biri Ghasemi vd. [1] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada CuO-su nanoakışkanının soğutma performansı dairesel ve dikdörtgen şeklinde olmak üzere iki farklı geometriye sahip kanal için numerik olarak incelenmiştir. Nanoakışkanların ısı transfer karakteristiklerini belirlemek amacıyla yapılan CFD analizlerinde iki fazlı ve tek fazlı modeller kullanılmıştır. Sayısal veriler ile deneysel veriler kıyaslanmış ve elde edilen sonuçlara göre iki fazlı model tek fazlı modele göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda farklı hacimsel konsantrasyon ve farklı geometrilere göre CuO-su nanoakışkanının ısı transfer özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki CuO-su nanoakışkanı geleneksel ısı transfer akışkanı suya göre daha iyi ısı transfer oranına sahiptir. Ayrıca aynı Reynolds sayısında, dairesel ve dikdörtgen şeklindeki kanalların ısıl performansı kıyaslandığında dikdörtgen kanala sahip soğutucunun daha düşük termal dirence sahip olduğu görülmüştür. Wang vd. [2], 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında, farklı nanopartiküller içeren nanoakışkanların doğal taşınım şartları altında ısı transfer özelliklerini farklı hacimsel konsantrasyon ve Grashof sayıları için sayısal olarak çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, bütün Grashof sayılarında, nanopartikül ilave edildiğinde meydana gelen ısı transfer hızı önemli ölçüde artmıştır. % 10 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanı için ortalama ısı taşınım katsayısındaki artış yaklaşık % 30 olarak bulunmuştur. % 10 hacimsel konsantrasyona sahip Cu-su nanoakışkanı için ise ısı taşınım katsayısındaki artış yaklaşık % 80 olarak elde edilmiştir. Ek olarak % 1 hacim konsantrasyonuna sahip karbonnanotüp-yağ nanoakışkanı için ise ısı taşınım katsayısında yaklaşık % 100 artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, baz akışkan içerisindeki nanopartiküllerin akışkanın akış yapısını değiştirdiği de gözlemlenmiştir. Karabulut vd. [3], düz bir boruda grafen oksit (GO)-su nanoakışkanının ısı transferine ve basınç düşüşüne olan etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Çalışmada, GO-su nanoakışkanının ısı transfer performansının, farklı ısı akısı ve farklı hacimsel konsantrasyonlarda nasıl değişkenlik gösterdiği incelenmiştir. %0,02 hacimsel konsantrasyona sahip GO-su nanoakışkanının 1,5 l/dk'lık debi ve 2536.62 W/m^2'lik ısı akısı şartları altında, ısı taşınım katsayısındaki artış değeri %13,9 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre GO-su nanoakışkanının ısı transferi uygulamalarında geleneksel çalışma akışkanlarına iyi bir alternatif olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Heris vd. [4], laminer akış ve sabit duvar sıcaklığı sınır şartları altında, 20 nm partikül boyutuna sahip Al_2O_3-su nanoakışkanının ısıl performansını araştırmışlardır. Sonuçlar, nanopartikül konsantrasyonunun ve Peclet sayısının artması ile ısı transferinin de arttığını göstermiştir. Bir başka çalışmalarında ise Al_2O_3-su ve CuO-su nanoakışkanlarının ısıl performansını kıyaslamışlardır. Bu kıyaslama sonucunda Al_2O_3-su nanoakışkanının ısı transferini artırma konusunda daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Anoop vd. [5], çalışmalarında, nanopartikül boyutunun Al_2O_3-su nanoakışkanının ısı transfer eğilimine olan etkisini araştırmışlardır. 45 nm ve 150 nm olmak üzere iki farklı boyuta sahip nanopartiküller ile hazırlanan nanoakışkanların ısı transfer özelliklerini araştırmış ve 45 nm boyuta sahip nanopartikül içeren nanoakışkanların daha yüksek ısı transferi gerçekleştirdiğini gözlemlemişlerdir. Roy vd. [6], 2004 yılında yaptıkları çalışmada, Al_2O_3-su nanoakışkanının soğutma performansını sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre baz akışkan içerisine katılan nanopartikül ilavesi arttıkça ısı transfer hızının da arttığı görülmüştür. %10 hacimsel konsantrasyona sahip nanoakışkan, baz akışkan ile kıyaslandığında ısı transfer hızının iki kat daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Pak ve Cho [7], türbülanslı akış şartları altında, sırasıyla 13nm ve 27nm nanopartikül boyutuna sahip Al_2O_3-su ve TiO_2-su nanoakışkanlarının, taşınımla gerçekleşen ısı transfer performansını araştırmışlardır. Sınır şartı olarak sabit ısı akısının kullanıldığı çalışmada, hacimsel konsantrasyonu %2.78 olan Al_2O_3-su nanoakışkanının taşınımla gerçekleşen ısı transferini yaklaşık %75 artırdığı gözlemlenmiştir. TiO_2-su nanoakışkanı ile elde edilen ısı transfer artışının Al_2O_3-su nanoakışkanı ile elde edilene göre daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Li ve Xuan [8], benzer bir çalışmayı laminer ve türbülanslı akış şartları altında, Cu-su nanoakışkanı için gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ısı transfer katsayısındaki artışın yaklaşık %60 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Reynolds sayısı arttıkça ısı transfer katsayısının da arttığı sonucuna varılmıştır. Bianco vd. [9], sabit duvar ısı akısı sınır şartı altında, tek fazlı ve çift fazlı modelleri kıyaslamak ve Al_2O_3-su nanoakışkanının termal özelliklerini araştırmak amacıyla sayısal bir çalışma yapmışlardır. Isıl ve hidrodinamik olarak gelişmekte olan laminer akış için tek fazlı ve iki fazlı modeller için sonuçlar alınmış ve bu sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucu iki fazlı modelin ısı transfer katsayısının tek fazlı modele göre yaklaşık %11 daha fazla olduğu görülmüştür. Akbarinia vd. [10], eğime sahip bir silindirik kanalda, iki fazlı karışım modelini kullanarak nanopartikül boyutunun ısı transferi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla sayısal olarak çalışmışlardır. %1 hacimsel konsantrasyonlu Al_2O_3-su nanoakışkanı için farklı boyuta sahip nanopartiküller kullanılarak ısıl ve hidrodinamik olarak mukayese edilmiştir. Elde edilen

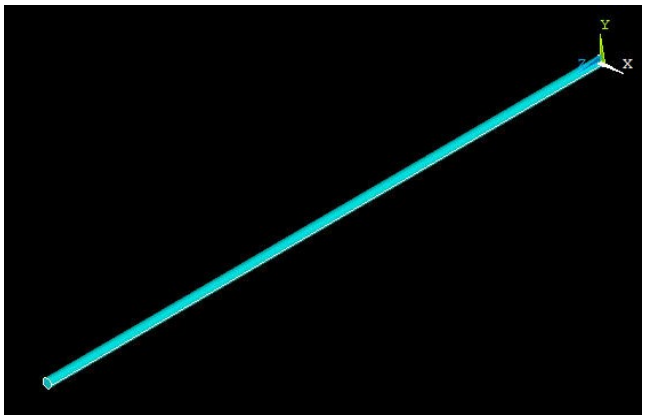
sonuçlara göre, aynı hacimsel konsantrasyonda, daha büyük boyuta sahip nanopartikül içeren nanoakışkanın eksenel yöndeki akış hızını artırdığı ve akış sıcaklığını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Partikül boyutu arttıkça sürüklenme kuvvetinin arttığını ve meydana gelen ısı transferinin de azaldığı sonucuna varılmıştır. Fard vd. [11], nanoakışkanların ısı taşınım katsayısını hesaplamak için sabit duvar sıcaklığına sahip dairesel bir boru kullanarak numerik olarak analiz gerçekleştirmişlerdir. Tek ve iki fazlı modeller kullanılarak, nanopartikül boyutunun, Peclet sayısının ve nanopartikül hacimsel konsantrasyonunun ısı transfer miktarına olan etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre hacimsel konsantrasyon ve Peclet sayısı arttıkça ısı transfer katsayısı da artmıştır. Bununla birlikte, iki fazlı modelden elde edilen sonuçların tek fazlı modele göre deneysel verilerle daha uyum içerisinde olduğu anlaşılmıştır. %0.2 hacimsel konsantrasyona sahip Cu-su nanoakışkanı için ortalama hata tek fazlı modelde %16 bulunurken, iki fazlı model için yaklaşık %8 bulunmuştur. Elde edilen veriler göstermiştir ki ısı transfer oranının tahmininde iki fazlı model tek fazlı modele göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Nassan vd. [12], 2010 yılında yaptıkları çalışmada, kare kanal içerisindeki Al_2O_3-su ve CuO-su nanoakışkanlarının laminer akış koşulları için ısı transfer karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada nanoakışkanların suya göre ısı transferini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Zhao vd. [13], sabit ısı akısı sınır şartları altında, bir düz tüp kanal içerisinden akan Al_2O_3-su nanoakışkanının akış ve ısı transfer özelliklerini sayısal olarak çalışmışlardır. Tek fazlı model yaklaşımı kullanarak, Al_2O_3-su nanoakışkanının termal özellikleri üzerinde nanoparçacık konsantrasyonu, nanoparçacık boyutu, Reynolds sayısı ve sıcaklık gibi farklı parametrelerin etkisini araştırmışlardır. Ayrıca bu çalışmada, nanoakışkanların üstün özelliklerini değerlendirmek amacıyla entropi üretimi analizi de yapılmıştır. Düz kanallar için elde edilen sonuçlar, baz akışkana nanopartikül eklenmesiyle ısı transferinin ve basınç kaybının arttığını göstermiştir. Bununla birlikte, nanoparçacık boyutunun azalması ve hacimsel konsantrasyonun artmasıyla, hem ortalama ısı taşınım katsayısının hem de basınç düşüşünün arttığı gözlemlenmiştir. Huminic vd. [14], laminar akış şartları altında bir çift tüplü helisel ısı değiştiricisinde, nanoakışkanların ısı transfer özelliklerini araştırmak için üç boyutlu numerik analiz gerçekleştirmiştir. Çalışma akışkanı olarak 24nm boyuta sahip %0.5-3 hacimsel konsantrasyonlu CuO ve TiO_2 nanopartikülü içeren su bazlı nanoakışkanı kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre %2 hacimsel konsantrasyona sahip CuO-su nanoakışkanının ısı transfer oranını, saf suya göre yaklaşık %14 arttırdığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, Dean sayısı ve kütle akış oranının artmasıyla, nanoakışkanların taşınım ısı transfer katsayısının da arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, 12 mm çapa ve 0.8 m uzunluğa sahip dairesel bir boru içerisinden akan su ve nanoakışkanların ısı transfer performansları sayısal olarak araştırılmıştır. Baz akışkanın ve nanopartikülün termofiziksel özellikleri kullanılarak, literatürden alınan teorik formüller aracılığıyla nanoakışkanların termofiziksel özellikleri hesaplanmış ve analizlerde kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde, termofiziksel özellikleri kullanılan nanopartikül, 25 nm boyuta sahiptir. 10 ^oC sabit duvar sıcaklığına sahip dairesel boruya akışkanların giriş hızı ve sıcaklığı sırasıyla 0.6m/s ve 90 ^oC olarak kabul edilmiştir. Al_2O_3-su nanoakışkanının sayısal analizi, %1, %3 ve %5 olmak üzere 3 farklı hacimsel konsantrasyon için gerçekleştirilmiştir. Nanoakışkanların farklı hacimsel konstanstrasyonlara göre ısı taşınım katsayıları hesaplanmış, birbirleriyle ve baz akışkan olarak kullanılan su ile kıyaslanarak grafikler şeklinde sunulmuştur.

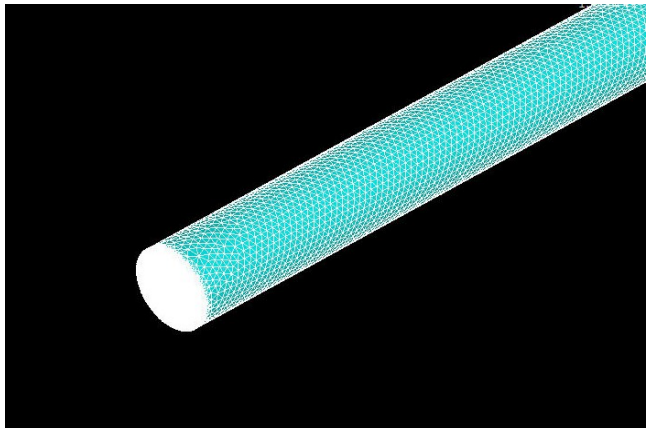
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, türbülanslı akış şartı altında, Al_2O_3-su nanoakışkanının ısı transfer performansı sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmada kullanılan Al_2O_3-su nanoakışkanının termofiziksel özellikleri, literatürde bulunan teorik formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Sayısal çözümlemelerde sonlu hacimler yöntemine dayalı çözümleme yapabilen ANSYS paket programı kullanılarak üç boyutlu dairesel bir boru tasarlanmıştır. Daha sonra CFX aracılığıyla su ve Al_2O_3-su akışkanlarının akış analizi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan dairesel borunun çapı 12 mm ve uzunluğu 0.8 m'dir. 10 ^oC sabit duvar sıcaklığına sahip dairesel boruya akışkanların giriş hızı ve sıcaklığı sırasıyla 0.6 m/s ve 90 ^oC olarak kabul edilmiştir. Al_2O_3-su nanoakışkanının sayısal analizi, %1, %3 ve %5 olmak üzere 3 farklı hacimsel konsantrasyon için gerçekleştirilmiştir.

Aşağıda Şekil 1 ve Şekil 2' de görüldüğü gibi modelin 3 boyutlu geometrisi oluşturulduktan sonra mesh atma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mesh atma işlemi gerçekleştirilirken dairesel borunun ön ve arka yüzey alanı 0.0001 ve yanal alanları 0.001 elemana bölünmüş ve 3 boyutlu geometride oluşan toplam node sayısı ve eleman sayısı sırasıyla 217030 ve 1124635 olarak bulunmuştur.



Şekil. 1. Modelin 3 boyutlu görüntüsü



Şekil. 2. Modelin mesh yapısı

Nanoakışkanın termofiziksel özellikleri aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanmaktadır. Nanoakışkanın yoğunluğu (ρ_{nf}) ;

$$\rho_{nf} = (1-\phi).\rho_{bf} + \phi.\rho_{np} \quad (1)$$

nanoakışkanın ısıl kapasitesi;

$$c_{pnf} = [(1-\phi).(\rho c_p)_{bf} + \phi.(\rho c_p)_{np}]/[(1-\phi).\rho_{bf} + \phi.\rho_{np}] \quad (2)$$

nanoakışkanın dinamik viskozitesi;

$$\mu_{nf} = (1+2{,}5.\phi).\mu_{bf} \quad (3)$$

nanoakışkanın ısıl iletkenlik katsayısı;

$$k_{nf} = k_{bf}.[(k_{np} + 2k_{bf} - 2.\phi.(k_{bf} - k_{np})) / (k_{np} + 2k_{bf} + \phi.(k_{bf} - k_{np}))] \quad (4)$$

eşitlikleriyle hesaplanmıştır [14].

Yukarıdaki eşitliklerde ρ,ϕ,c_p,μ ve k sırasıyla akışkanın yoğunluğunu, hacimsel konsantrasyonunu, sabit basınçta özgül ısısını, dinamik viskozitesini ve ısıl iletkenlik katsayısını belirtmektedir. Alt indisler nf,np ve bf sırasıyla nanoakışkan,nanopartikül ve baz akışkanı temsil etmektedir. Yapılan analizlerde kullanılan su ve Al_2O_3 nanopartikülünün termofiziksel özellikleri aşağıda Tablo 1'de verilmektedir. Formüller yardımıyla hesaplanan nanoakışkanların termofiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo . 1. Su ve Al_2O_3 nanopartikülünün termofiziksel özellikleri [1].

	ρ(kg/m^3)	c_p(J/kgK)	μ(Pa.s)	k(W/mK)
Su	997.1	4179	0.001003	0.613
Al_2O_3	3970	750	-	46

Tablo. 2. Al_2O_3-su nanoakışkanının %1,%3 ve %5 hacimsel konsantrasyonlardaki termofiziksel özellikleri

	ρ(kg/m^3)	c_p(J/kgK)	μ(Pa.s)	k(W/mK)
%1 Al_2O_3-su	1026.82	4046.43	0.001028	0.630
%3 Al_2O_3-su	1086.28	3803.04	0.001078	0.661
%5 Al_2O_3-su	1145.8	3584.93	0.001129	0.710

Enerjinin korunumu prensibine göre duvar yüzeyinden transfer edilen ısı enerjisi akışkan tarafından kazanılan ısı enerjisine eşit olup aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$m .c_p.(T_{out}-T_{in}) = h.A_s.(T_w-T_b) \quad (5)$$

Ortalama sıcaklık;

$$T_b = (T_{out}+T_{in})/2 \quad (6)$$

kütlesel debi;

$$m = \rho.V.A \quad (7)$$

ısı taşınım katsayısı ;

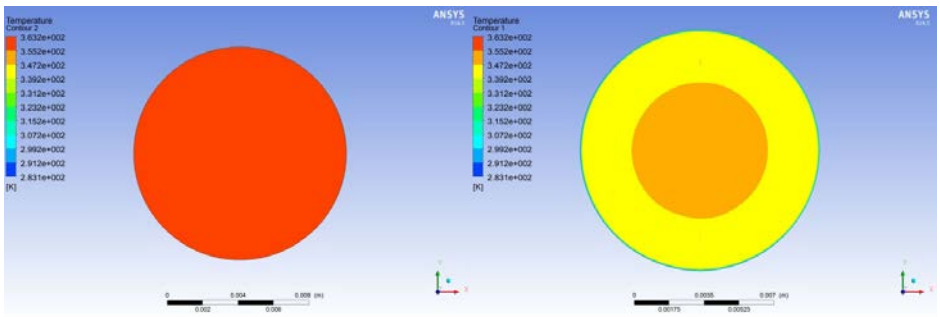
$$h= [(m.c_p.(T_{out}-T_{in})) / (A_s.(T_w-T_b))] \quad (8)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

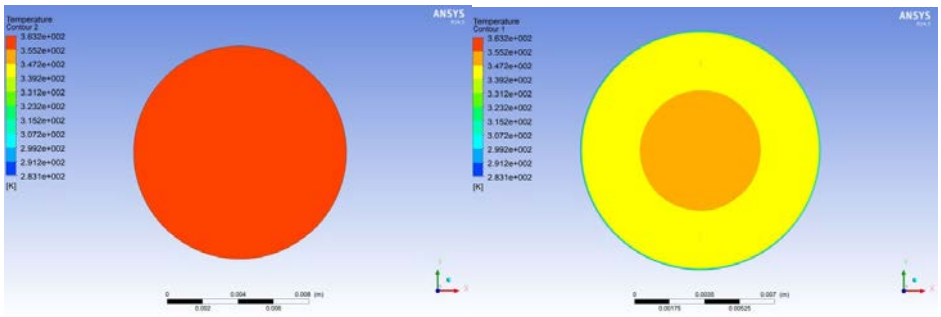
Buradaki m kütlesel debiyi, c_p sabit basınçtaki özgül ısıyı, A_s yüzey alanını, ρ akışkanın yoğunluğunu, V akışkanın hızını, T_{in},T_{out}, T_w ve T_b sırasıyla akışkanın boruya giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı, duvar sıcaklığı ve ortalama sıcaklığı ifade etmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

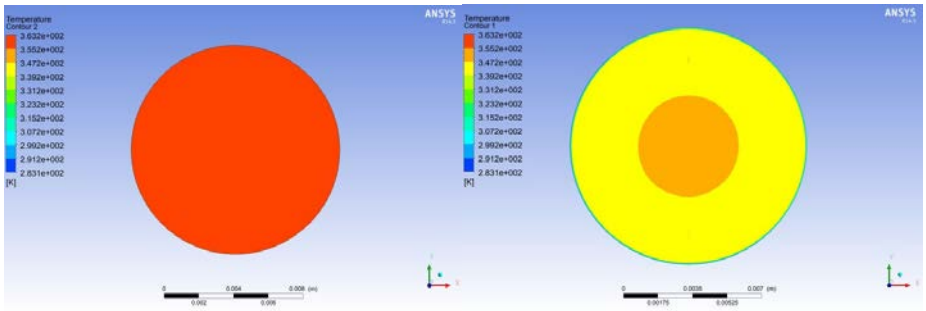
Aşağıda Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da sırasıyla suyun ve %1, %3 ve %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanlarının 12 mm çap ve 0.8 m uzunluğa sahip dairesel boruya giriş ve çıkış sıcaklıklarının dağılımı verilmiştir. Akışkanlar 10 ^oC sabit duvar sıcaklığına sahip boruya 90 ^oC sıcaklıkta ve 0.6 m/s hızla girmiş olup gerçekleşen ısı transferine göre çıkış sıcaklıklarında değişim meydana gelmiştir.



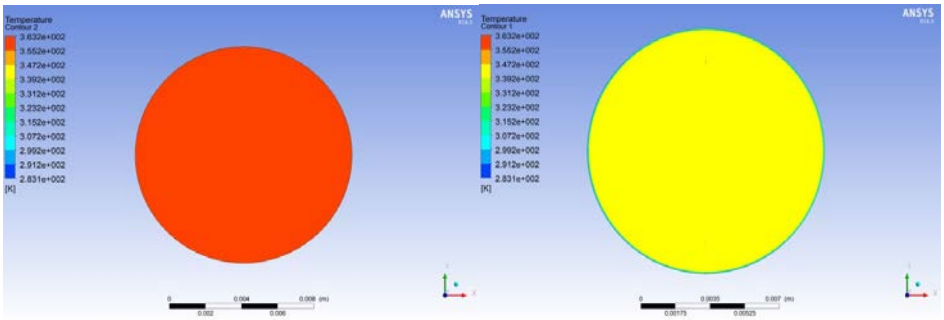
Şekil.3. Suyun dairesel boruya giriş ve çıkış sıcaklık dağılımları



Şekil. 4. %1 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanının dairesel boruya giriş ve çıkış sıcaklık dağılımları

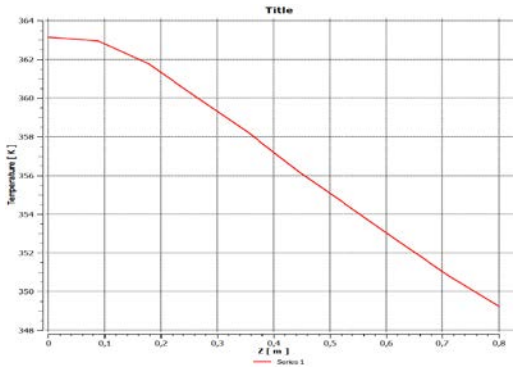


Şekil. 5. %3 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanının dairesel boruya giriş ve çıkış sıcaklık dağılımları

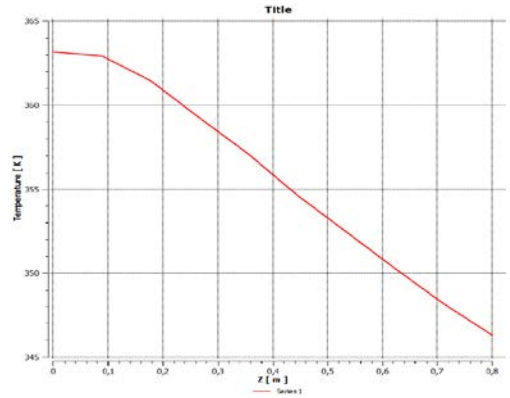


Şekil. 6. %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanının dairesel boruya giriş ve çıkış sıcaklık dağılımları

Su ve %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanının 3 boyutlu dairesel borunun merkez çizgisi boyunca sıcaklık değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 7 ve Şekil 8' de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi su dairesel boruya 363.2 K sıcaklığında girmiş ve 349.6 K sıcaklığında çıkmıştır. %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanı ise dairesel boruya 363.2 K sıcaklığında girmiş ve 346 K sıcaklığında çıkmıştır.

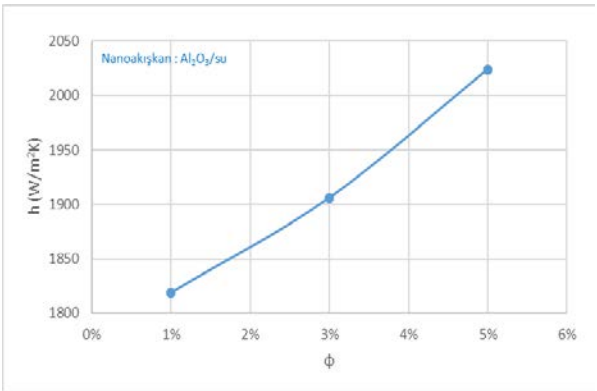


Şekil. 7. Dairesel borunun merkez çizgisi boyunca su için sıcaklık değişimi



Şekil. 8. Dairesel borunun merkez çizgisi boyunca %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanı için sıcaklık değişimi

Şekil 9'da Al_2O_3-su nanoakışkanının hacimsel konsantrasyon yüzdelerine göre analizlerden elde edilen ısı taşınım katsayısındaki değişim grafiği verilmiştir. Türbülanslı akış şartı altında gerçekleştirilen analizlerde, su için ısı taşınım katsayısı 1740.532 W/m^2K olarak bulunmuştur. %1, %3 ve %5 Al_2O_3 nanopartikülü içeren nanoakışkan için ise ısı taşınım katsayısı sırasıyla 1819.109 W/m^2K, 1906.08 W/m^2K ve 2023.84 W/m^2K olarak hesaplanmıştır. Şekilden de anlaşılacağı gibi nanoakışkanın hacimsel konsantrasyonu arttıkça ısı taşınım katsayısı da artmıştır. En büyük h değeri %5 hacimsel konsantrasyona sahip Al_2O_3-su nanoakışkanı için bulunmuştur.



Şekil. 9. Nanoakışkanlar için hacimsel konsantrasyona göre ısı taşınım katsayısının değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, türbülanslı akış şartı altında suyun ve farklı hacimsel konsantrasyonlardaki Al_2O_3-su nanoakışkanının 12 mm çap ve 0.8 m uzunluğa sahip dairesel bir borudan akışının ısı transfer analizi numerik

olarak gerçekleştirilmiştir. Su ve Al_2O_3-su nanoakışkanı ısıl performans açısından mukayese edilmiştir. Ek olarak nanoakışkanın, nanopartikül oranının artmasıyla ısı taşınım katsayısındaki değişim incelenmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen veriler kontürler ve grafikler şeklinde sunulmuştur. Analizlerden elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Su ve %1, %3, %5 Al_2O_3 nanopartikülü içeren nanoakışkanlar, 10^oC sabit duvar sıcaklığına sahip boruya 90^oC sıcaklıkta ve 0.6m/s hızla girmiş olup gerçekleştirilen analizler sonucunda meydana gelen ısı transferine göre çıkış sıcaklıklarında farklılıklar meydana gelmiştir.
- Türbülanslı akış şartı altında gerçekleştirilen analizlerde, su için ısı taşınım katsayısı 1740.532 W/m^2K olarak bulunmuştur. %1, %3 ve %5 Al_2O_3 nanopartikülü içeren nanoakışkanlar için ise ısı taşınım katsayısı sırasıyla 1819.109 W/m^2K, 1906.08 W/m^2K ve 2023.84 W/m^2K olarak hesaplanmıştır.
- Analizlerden elde edilen sonuçlara göre Al_2O_3-su nanoakışkanı, baz akışkan olan suya göre ısı transferini önemli ölçüde artırmıştır.
- Sonuçlar göstermiştir ki nanoakışkanlarda hacimsel konsantrasyon arttıkça ısı taşınım katsayısı da artmaktadır.
- %1, %3 ve %5 Al_2O_3 nanopartikülü içeren nanoakışkanlar için baz akışkan olan suya göre ısı taşınım katsayısında sırasıyla %4.6, %9.5 ve %16 iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.
- Nanoakışkanlar, yüksek ısıl iletkenlik özelliğine sahip oldukları için ısı değiştiricilerinde, elektronik sistemlerin soğutulmasında, güneş kollektörlerinde, kısacası ısı transferinin önemli olduğu uygulamalarda kullanılması, enerji tasarrufu açısından büyük ölçüde fayda sağlayacaktır.
- Sonuçların literatürde bulunan deneysel ve sayısal çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Ghasemi, S.E., Ranjbar, A.A., Hosseini, M.J., Numerical study on effect of CuO-water nanofluid on cooling performance of two different cross-sectional heat sinks, *Advanced Powder Technology* 6(28); 1495-1504, 2017.

[2] Wang, X. Q., Mujumdar, A. S., Yap, C., Free convection heat transfer in horizontal and vertical rectangular cavities filled with nanofluids, *in: International Heat Transfer Conference IHTC-13,* Sydney Australia, 2006.

[3] Karabulut, K., Buyruk, E., Kılınç, F., Grafen oksit nanoparçacıkları içeren nanoakışkanın taşınım ısı transferi ve basınç düşüşü artışı üzerindeki etkisinin düz bir boruda deneysel olarak araştırılması, *Mühendis ve Makina 690*(59); 45-67, 2018.

[4] Heris, S.Z., Esfahany, M.N., Etemad, G., Numerical investigation of nanofluid laminar convective heat transfer through a circular tube, *Numerical Heat Transfer A-Appl* 52, 1043, 2007.

[5] Anoop, K., Sundararajan, T., Das, S.K., Effect of particle size on the convective heat transfer in nanofluid in the developing region, *Int. J. Heat Mass Tran* 52; 2189-2195, 2009.

[6] Roy, G., Nguyen, C. T., Lajoie, P. R., Numerical investigation of laminar flow and heat transfer in a radial flow cooling system with the use of nanofluids, *Superlattices and Microstructures* 35; 497-511, 2004.

[7] Pak, B.C., Cho, Y.I., Hydrodynamic and heat transfer study of dispersed fluids with submicron metallic oxide particles, *Exp. Heat Transfer* 11; 151-170, 1998.

[8] Li, Q., Xuan, Y., Convective heat transfer and flow characteristics of cu- water nanofluid, *Sci. China Ser. E, 45*; 408-416, 2002.

[9] Bianco, V., Chiacchio, F., Manca, S., Nardini, S., Numerical investigation of nanofluids forced convection in circular tubes, *Applied Thermal Engineering* 29; 3636-3642, 2009.

[10] Akbarinia, A., Laur, R., Investigating the diameter of solid particles effects on a laminar nanofluid flow in a curved tube using a two phase approach , *International Journal of Heat and Fluid Flow 30*; 706-714, 2009.

[11] Fard, M.H., Esfahany, M.N., Talaie, M.R., Numerical study of convective heat transfer of nanofluids in a circular tube two-phase model versus single-phase model, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 37; 91-97, 2010.

[12] Nassan, T.H., Heris, S.Z., Noie, S.H., A comparison of experimental heat transfer characteristics for al_2o_3/water and cuo/water nanofluids in square cross-section duct, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 37; 924-928, 2010.

[13] Zhao, N., Yang, J., Li, H., Zhang, Z., Li, S., Numerical investigations of laminar heat transfer and flow performance of al_2o_3–water nanofluids in a flat tube , *International Journal of Heat and Mass Transfer* 92; 268-282, 2016.

[14] Huminic, G., Huminic, A., Heat transfer characteristics in double tube helical heat exchangers using nanofluids, *International Journal of Heat and Mass Transfer 54*; 4280-4287, 2011.

[15] ANSYS 11.0 (Academic Teaching Introductory) command References and gui.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Conversion power of a Crystalline Vertical Parallel Silicon Solar Cell with electrical parameters

G. Şahin[1*]

[*1]*Department of Electric and Electronic Engineering, Iğdır University. Iğdır, Turkey*

Abstract

This paper presents a new technics based on the junction recombination velocity (Sf) at the incidence angle for the evaluation of the series and shunt resistances. Then, the study of the response of the solar cell and the parameters of recombination in incidence angle are the object of the studies are related the study of the static characteristic I-V and electrical parameters Rs and Rsh. Based on a polychromatic modelling of the cell, the short circuit current density, the open circuit voltage, the shunt and series resistance, capacitance and the conversion efficiency are calculated, taking into account the base junction recombination velocity. I will study the I-V characteristic of the solar cell to then be able to propose a model of determination of the shunt resistance Rsh and the series resistance Rs and capacitance for he short and open circuit stuation. A series resistance, including numerical simulations and field data tests, are conducted to examine the energetic behavior of the PV modules during the power. Experimental results show that the proposed direct resistance-estimation method allows the PV modules to achieve their maximum power under various operation conditions.

Keywords: Vertical Parallel Silicon Solar cell, Incidence Angles, Series and Shunt Resistance, Capacitance, Power, short and open circuit.

1. INTRODUCTION

Solar cells are semiconductor devices that are able of direct conversion of light into DC electric power. Space research and the need of clean and renewable energies have led to a rapid growth of the production and use of solar cells. In that way, a plethora of solar cell technologies has been developed like thin films, organic solar cells, crystalline silicon solar cells, nanowire solar cells, vertical junction solar cells, quantum dot solar cells and so on. Since their introduction [1] these devices have been improved to minimize electrical and optical losses leading to a significant increase in their performance [2-3].This increase of the solar cell performance is directly related to a better knowledge of some important parameters and the technological processes when designing these optoelectronic devices. Many characterization methods in steady state as well as in transient state or frequency modulation were developed for the determination of one or several parameters of the solar cell.

In this work, the electrical parameters of a crystalline silicon solar cell are investigated theoretically using a polychromatic model. The purpose of the work is to show how short circuit current density, open circuit voltage and parasitic resistances are related to the junction recombination velocity and to exhibit the role played by those parasitic resistance and capacitance versus operating point.

2. THEORY

We present on Fig. 1, a schematic diagram of the crystalline vertical parallel silicon solar cell showing the different coordinates. H is the base width, θ is the illumination incidence angle and x is the depth in the base.

[*] *Corresponding author. Tel.: +90-476-223 0010 / 4492: fax: +90- 476-223 0017.*
E-mail address: gokhan.sahin@igdir.edu.tr (G. Şahin).

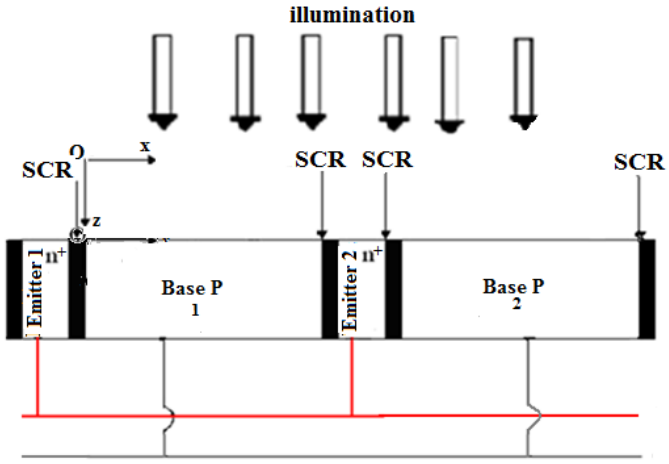


Fig. 1. Vertical parallel junction silicon solar cell

The excess minority carrier distribution δ(x, y, z, t) under modulation frequency in the solar cell base is derived by solving the following continuity equation [4-6]:

$$D(\omega)\cdot\frac{\partial^2\delta(x,\theta,t)}{\partial x^2}-\frac{\delta(x,\theta,t)}{\tau}=-G(z,\theta,t)+\frac{\partial\delta(x,\theta,t)}{\partial t} \quad (1)$$

D(ω) [7] and τ are respectively, the excess minority carrier diffusion constant and lifetime.
The excess minority carriers' density can be written as:

$$\delta(x,t)=\delta(x)\exp(-j\omega t) \quad (2)$$

Carrier generation rate G(z,θ,t) is given by :

$$G(z,\theta,\lambda,t)=g(z,\theta,\lambda)\exp(-j\omega t) \quad (3)$$

Were

$$g(z,\theta,\lambda)=\alpha(\lambda)(1-R(\lambda)).\phi(\lambda)\exp(-\alpha(\lambda).z)\cos(\theta) \quad (4)$$

x is the base depth along x axis, ω is the angular frequency, θ is the incidence angle, z the base depth according to the vertical axis ; Sf is the junction recombination velocity and λ the illumination wavelength.
If we replace equation (2) into equation (1), the temporary part is eliminated and we obtain:

$$\frac{\partial^2\delta(x)}{\partial x^2}-\frac{\delta(x,\theta,t)}{L(\omega)^2}=-\frac{g(z,\theta)}{D(\omega)} \quad (5)$$

The solution of this equation is:

$$\delta(x,\omega,\theta,z,Sf,\lambda)=A\cosh\left(\frac{x}{L(\omega)}\right)+B\sinh\left(\frac{x}{L(\omega)}\right)+\frac{L(\omega)^2}{D(\omega)}\cdot\alpha(\lambda)(1-R(\lambda))\cdot\phi(\lambda)\cdot\exp(\alpha(\lambda)\cdot z)\cdot\cos(\theta) \quad (6)$$

Coefficients A and B are determined through the following boundary conditions [8]:
- at the junction (x = 0):

$$D(\omega)\cdot\left.\frac{\partial\delta(x,\omega,\theta)}{\partial x}\right|_{x=0}=Sf\cdot\delta(x,\omega,\theta)\big|_{x=0} \quad (7)$$

Sf is the excess minority carrier's recombination velocity at each junction [9].
- at the middle of the base (x = H/2) [10]:

$$D(\omega)\cdot\left.\frac{\partial\delta(x,\omega,\theta)}{\partial x}\right|_{x=\frac{H}{2}}=0 \quad (8)$$

2.1. Photocurrent density

The photocurrent density (J_{ph}) is given by the following expression:

$$J_{Ph} = 2 \cdot q \cdot D(\omega) \cdot \left. \frac{\partial \delta(x, \omega, \theta)}{\partial x} \right|_{x=0} \tag{9}$$

D is a constant defined above and the elementary charge is q.

2.2. Photovoltage

According to the Boltzmann's relation, the photovoltage (V_{ph}) can be expressed as [11-14]:
can be expressed as:

$$V_{ph} = V_T \cdot \ln\left[1 + \frac{Nb}{n_0^2} \cdot \delta(0)\right] \tag{10}$$

with $V_T = \frac{k.T}{q}$ = 0.026 V is the thermal voltage at T = 300 K, Nb the base doping density, n_i the intrinsic carrier's density.

3. SIMULATION RESULTS AND DISCUSSION

The dependence of the conversion efficiency on base doping density can also get affected if the values of the cell parameters like shunt resistance (Rsh) and series resistance (Rs) themselves change with base doping. To know more about those dependencies, we have to determine both series and shunt resistances.

3.1. Series and shunt resistances

To do that, let us consider the two following figures, Fig. 2a and 2b and Fig. 3a and 3b where the solar cell is illuminated [15-17]:

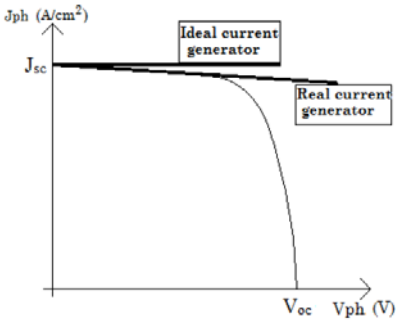


Fig. 2. (a) Illuminated I-V curve

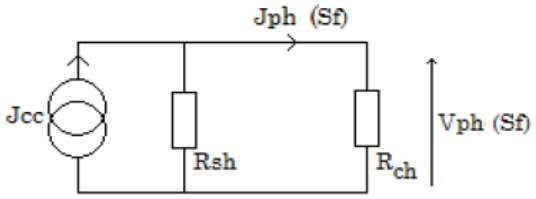


Fig. 2. Corresponding equivalent electrical circuit near short circuit

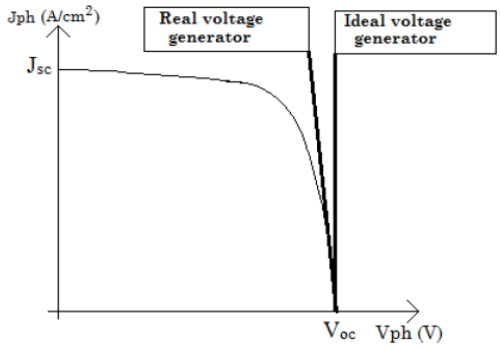


Fig. 3. (a) Illuminated I-V curve

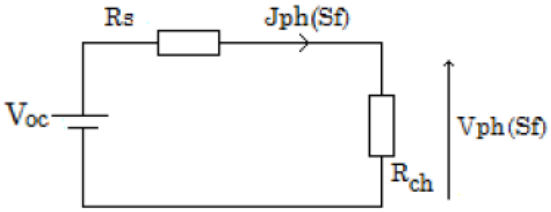


Fig. 3. (b) Corresponding equivalent electrical circuit near short circuit

Fig. 2a shows that when the solar cell operates near short circuit, which is for higher values of Sf, it behaves like a real current generator and then can be represented as an ideal current generator Jsc shunted by a parasitic resistance Rsh as presented in Fig. 2b. Based on Fig. 2b, we can write that:

$$Vph(Sf) = \mathrm{Rsh}.[\mathrm{Jsc} - \mathrm{Jph(Sf)}] \tag{11}$$

This equation can be rearranged leading to an expression of the shunt resistance Rsh in the form:

$$Rsh(Sf) = \frac{\mathrm{V_{ph}}(Sf)}{J_{sc} - \mathrm{J_{ph}}(Sf)} \tag{12}$$

Since this expression has been determined near short circuit, it holds only for high Sf values.
On Fig. 3a, considering now that the solar cell operates near open circuit, we can see on this I-V curve that it behaves like a real generator; thus this corresponds to an ideal voltage generator in series with a parasitic resistance (Rs) as presented on Fig. 3b. From Kirchhoff law applied to Fig. 3b, we have:

$$Rs.Jph(Sf) = \mathrm{Voc} - \mathrm{Vph(Sf)} \tag{13}$$

We then deduce that:

$$Rs(Sf) = \frac{V_{co} - \mathrm{V_{ph}}(Sf)}{\mathrm{J_{ph}}(Sf)} \tag{14}$$

Contrary to equation (16) this above equation holds only for very low Sf values. The series resistance profile is given, depending on the junction recombination velocity for different incidence angle in figure 4-a and figure 4-b:

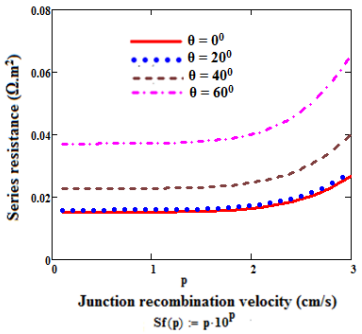


Fig. 4. (a) Module of series resistance versus the junction recombination velocity various incidence angles, $\omega = 10^3$ rad/s, H = 0.03cm, L_o = 0.02cm, D_o=26cm²/s, z = 0.0001cm, λ = 0.52µm, $\theta_1 = 0^0$, $\theta_2 = 20^0$, $\theta_3 = 40^0$, $\theta_4 = 6\,0^0$.

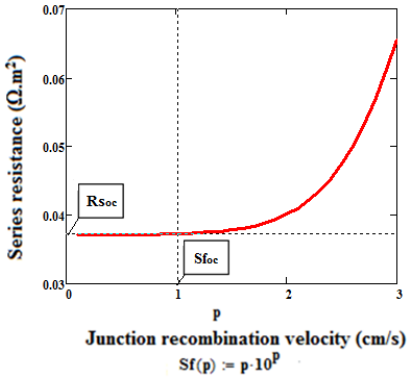


Fig. 4. (b) Technique of junction recombination velocity determination beginning to the open circuit $\theta = 0^0$
$\omega = 10^3$ rad/s, H = 0.03cm, L_o = 0.02cm, D_o=26cm²/s, z = 0.0001cm, λ = 0.52µm

Figure 4-a and figure 4-b shows clearly that series resistance is an increasing the function of junction recombination velocity. Since the amount of free carriers decrease with the junction recombination velocity, the apparent mobility of that carriers decrease leading to the observed increase of Rs. The series resistance values can be determined by replacing in the expression of Rs the junction recombination velocity Sf by Sfoc (junction recombination velocity initiating the open circuit).

The shunt resistance characterizes current losses at the junction. In this study, for determining the shunt resistance Rsh, we propose the equivalent electrical model of the solar cell in short circuit [18, 19]. The illustrative model of this device is given to the figure 5-a and figure 5-b:

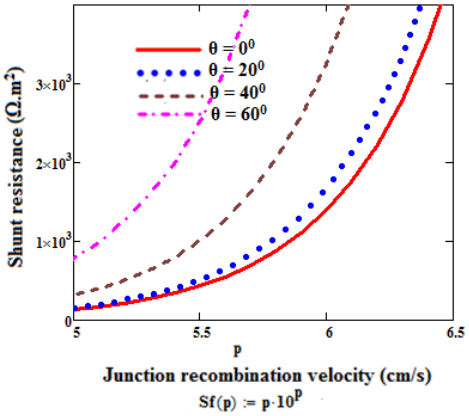


Fig. 5. (a) Module of resistance shunt according to the speed of recombination to the junction for various angles of incidence of the light.
$\omega = 10^3$ rad/s, H = 0.03cm, L_o = 0.02cm, D_o = 26cm²/s, z = 0.0001cm, λ=0.52µm
$\theta_1 = 0^0$, $\theta_2 = 20^0$, $\theta_3 = 40^0$, $\theta_4 = 60^0$.

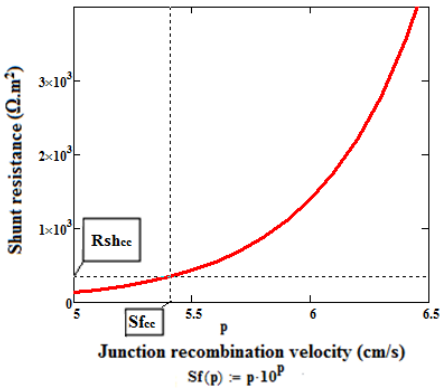


Fig. 5. (b) Technique of junction recombination velocity determination beginning to the short circuit $\theta = 0^0$, $\omega = 10^3$ rad/s, H = 0.03cm, L_o = 0.02cm, D_o = 26cm²/s, z = 0.0001cm, λ=0.52µm

Shunt resistance versus junction recombination velocity for various incidence angles values. For shunt resistance, there is firstly and increase followed by a marked decrease. The insertion of impurities first diminishes the amount of free carriers so that Rsh firstly increase; after a certain threshold, there are also more and more defects that induce current losses in the base: the solar cell then behaves as short circuited. The shunt resistance value can be determined [19, 20] in its work by replacing in the expression of Rsh the recombination velocity Sf by Sfcc (the junction recombination velocity initiating the short circuit).
We give some series and shunt resistance values for different incidence angle in tables 1 and table 2 in open circuit condition and a short circuit respectively:

Table. I. Module of series resistance values for different incidence angles in open circuit condition with recombination velocity (Sf = 7,149 $cm.s^{-1}$)

θ (^{0}C)	0	20	40	60
Rs_{CO} ($F.cm^{-2}$)	0,016	0,019	0,038	0.099

Table. II. Module of series resistance shunt values for different incidence angles in short circuit condition with recombination velocity (Sf = 1,831.10^5 $cm.s^{-1}$)

θ (^{0}C)	0	20	40	60
Rsh_{sc} ($F.cm^{-2}$)	52.16	62.122	121.165	303.969

3.2. Capacitance

This capacitance result from carriers diffusion in the base of the solar cell; the solar cell's capacitance can be expressed by [20-23]:

$$C = \frac{dQ}{dV} \tag{15}$$

with

$$Q = q\delta(x)\big|_{x=0} \tag{16}$$

Given the photovoltage expression (eq.10), the capacitance can be rewritten as:

$$C(\omega,\theta,z,Sf,\lambda) = \frac{q}{V_T}\cdot\left(\frac{n_i^2}{Nb} + \delta(0)\right) \tag{17}$$

Figure 6 presents the profile of the capacitance versus junction recombination velocity for various incidence angles values:

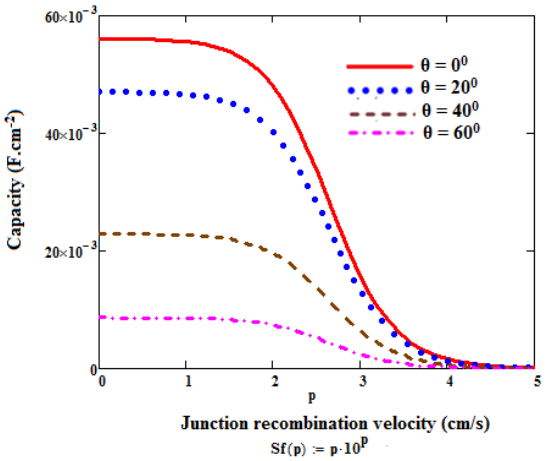


Fig. 6. Module of capacitance versus junction recombination velocity for various incident angles.
$\omega = 10^3$ rad/s, H = 0.03cm, L_o = 0.02cm, D_o = 26cm²/s, z = 0.0001cm, λ = 0.52µm.
$\theta_1 = 0^0$, $\theta_2 = 20^0$, $\theta_3 = 40^0$, $\theta_4 = 6\ 0^0$.

Figure 6 shows that capacitance decrease with junction recombination velocity; near open circuit, excess minority carriers are stored in the base because they cannot cross the the junction leading to an important associated capacitance. Near short circuit, stored charge move to and cross the junction and the associated capacitance decrease.

Now we can look table 3 and table 4 in open circuit and short circuit condition on the capacitance values for different various incidence angles.

Table. III. capacitance values for different incidence angles in open circuit condition with recombination velocity (Sf = 7,149 $cm.s^{-1}$)

θ (^{0}C)	0	20	40	60
C_{CO} ($F.cm^{-2}$)	0,057	0,048	0,024	$8{,}61.10^{-3}$

Table. IV. capacitance values for different incidence angles in short circuit condition with recombination velocity (Sf = $1{,}831.10^5$ $cm.s^{-1}$)

θ (^{0}C)	0	20	40	60
C_{CC} ($F.cm^{-2}$)	4.10^{-4}	3.10^{-4}	10^{-4}	5.10^{-5}

3.3. Electric Power of the Photopile

From the photocurrent density and the photovoltage we can access the electrical power that can be supplied by the solar cell. Power reflects the ability of the photovoltaic to supply power to an external circuit under normal operating conditions. It depends not only on the intrinsic parameters of the photovoltaic system, but also on several extrinsic parameters, essentially the operating temperature, the solar conditions and the load connected to the photopile terminals [25-27].

$$P(\omega, \theta, z, Sf, \lambda) = J_{Ph}(\omega, \theta, z, Sf, \lambda) \cdot V_{ph}(\omega, \theta, z, Sf, \lambda) \quad (18)$$

The fig. 7, represented the profile of the power of the solar cell.

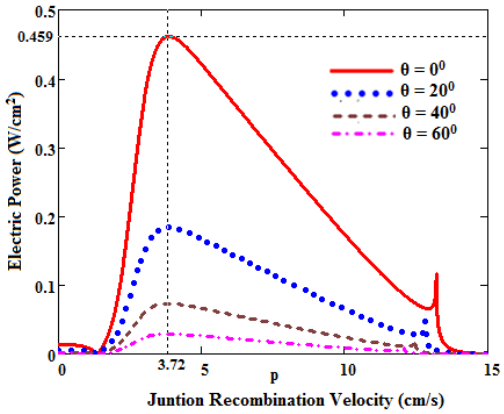


Fig. 7. Module of the electric power (W/cm^2) versus to the module the junction recombination velocity for various depth base. H = 0.03cm, L_o= 0.02cm, D_o = 26cm^2/s,ω = 10^3rad/s,θ = 20°, z = 0.0001cm,λ= 0.52µm

When the fig. 7 for a low junction recombination velocity, that is to say when the circuit is open, the current is low, this results in a failing power of the photovoltaic cell. But as the junction recombination velocity increases, the current also increases little by little, resulting in an increase in power until reaching a maximum value. When tending towards an operation of the photovoltage in a short-circuit situation, the phototension tends to equalize; This simultaneously causes a decrease in power. This figure thus shows the existence of an optimal operating point for which the transfer power to the load is maximum; This optimum operating point corresponds to an optimum load connected to the terminals of the photovoltaic cell. If the actual load is not close to this optimum load, an electronic impedance matching device such as a DC-DC or DC-AC converter must be inserted between the module and the load [26, 27].
We presents in Fig.8 the variations of the maximum power as a function of the parameters of the incidence angle mentioned.

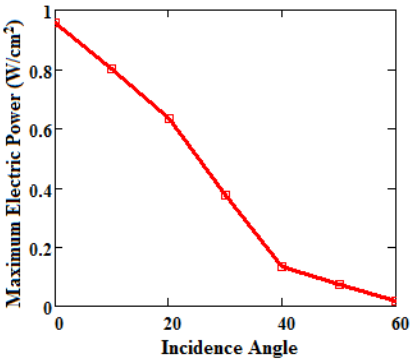


Fig. 8. Variations in the maximum power of the photovoltaic system versus function of the incidence angle. H = 0.03cm, L_o= 0.02cm, D_o = 26cm^2/s,ω = 10^3rad/s,θ = 20°, z = 0.0001cm,λ= 0.52µm

Fig. 9 shows the optimum power decreases with the increase of practically all the parameters considered. This decay is quite rapid with the depth base. Indeed, when the modulation frequency increases, the phenomena of diffusion and generation are greatly reduced, resulting in a sudden decrease in the number of carriers generated and collected and thus a decrease in the optimum power. With the depth base, there is a stronger absorption near the surface and therefore less generation in depth and thus a further decrease in the optimal power available.

4. CONCLUSION

In this work, we studied conversion efficiency of a crystalline vertical parallel silicon solar cell with electrical parameters. Electrical parameters such as series resistance and shunt resistances, diffusion capacitance, the photovoltaic conversion efficiency and the electrical parameters were then determined and computed versus the junction recombination velocity, for various incidence angles. This allowed us to establish the expressions of series and shunt resistances following two operating points (open circuit situation and short-circuit situation) whose profiles were studied versus junction recombination velocity for various incidence angles values.
Our computed results have shown that the performance of solar cell is better in the junction recombination velocity and conversion efficiency reaches about 34%.

REFERENCES

[1] Mori H,. Radiation energy transducing device. , 4th ed.U. S., 1966

[2] Untila, G. G., T. N. Kost, A. B. Chebotareva, M. B. Zaks, A. M. Sitnikov, O. I. Solodukha and Z. ShvartsBifacial low concentrator argentum free crystalline silicon solar cells based on ARC of TCO and current collecting grid of copper wire. *AIP Conference Proceedings*., 1556, 106. , 2013.

[3] Moehlecke, A., V. C. Osório and I. Zanesco,. Analysis of thin bifacial silicon solar cells with locally diffused and selective back surface field. *Material research*. 2014

[4] M. L. Samb, S. Sarr, S. Mbodji, S. Gueye, M. Dieng and G.Sissoko, "Etude en modélisation à3-D d'une photopile au silicium en régime statique sous éclairement multispectral : détermination des paramètres électriques", *J. Sci*.Vol. 9, N° 4 (2009) 36 – 50; http ://www.cadjds.org

[5] S. MbodjI, A. S. Maiga, M. Dieng, A. Wereme and G. Sissoko, "Removal charge technic applied to a bifacial solar cell under constant magnetic field", *Global journal of pure and applied sciences*, vol 16, no. 4 2010: 469- 477 http://www.globaljournalseries.com

[6] D. Caputo, G. De Cerare, F. Irrera, F. Palma and M. Tucci, "Characterization of intrinsic a-Si:H in p-i-n devices by capacitance measurements: Theory and experiments", *J.Appl.Phys*.76 (6), 1994, pp.3524-3541

[7] J. Roos Macdonald, "ac complex conductivity in NaCl:No new universality", *J.Appl.Phys.75* (2), 1994, pp 1059- 1069.

[8] Avraham Gover, Paul Stella; Vertical Multijunction Solar-Cell One-Dimensional Analysis ;IEEE transactions on electron devices, vol. ed-21, no 6,june 1974,pp351-356.

[9] El Hadji Ndiaye, Gokhan Sahin, Moustapha Dieng, Amary Thiam, Hawa Ly Diallo, Mor Ndiaye, Grégoire Sissoko, Study of the Intrinsic Recombination Velocity at the Junction of Silicon Solar under Frequency Modulation and Irradiation, *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 2015, 3, 1522-1535,

[10] Bashahu M, Habyarimana A. Review and test of methods for determination of the solar cell series resistance. *Renewable Energy* 1995;6(2):127–38.

[11] Pysch D, Mette A, Glunz SW. A review and comparison of different methods todetermine the series resistance of solar cells. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2007;91:1698–706.

[12] Barro Fabe Idrissa, Sane Moustapha, Zouma Bernard. On the capacitance of crystalline silicon solar cells in steady state. *Turk J Phys* 2015;39:122–7. http:// dx.doi.org/10.3906/z-1408-3. TUBITAK.

[13] Balenzategui JL, Chenlo F. Measurement and analysis of angular response of bare and encapsulated silicon solar cells. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2005;86:53–83.

[14] Wenham SR, Green MA, Watt ME, Corkish R. Applied Photovoltaics. 2nd ed. ARC Centre for Advanced Silicon *Photovoltaics and Photonics*; 2007.

[15] Barro, F. I., S. Gueye, M. Deme, H. L. Diallo, M. L. Samb, A. M. Samoura, S. Mbodji and G. Sissoko, 2008. Influence of grain size and grain boundary recombination velocity on the series and shunt resistances of a polycrystalline silicon solar cell. Proceedings of the *23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, 612-615.

[16] Mbodji, S., I. Ly, H. L. Diallo, M. M. Dione, O. Diasse and G. Sissoko, 2012. Modeling study of n+/p solar cell resistances from single I-V characteristic curve considering the junction recombination velocity (Sf). *Res. J. Appl. Sci. Eng. Techn.*, 4(1): 1-7.

[17] K. Bouzidi, M Chegaar, A. Bouhemadou, Solar cell parameters evaluation considering the series and shunt resistance, *Solar EnergyMaterials and Solar cells* 91 (2007) 1647-1651.

[18] G.sissoko, C. Museruka, A. Corréa, I. Gaye, A. L. Ndiaye. Light spectral effect on recombination parameters of silicon solar cell. *World Renewable Energy Congress* (1996), part III, pp.1487-1490.

[19] C. C. Hu, "Modern Semiconductor Devices for Integrated Circuits", Pearson/Prentice Hall, New Jersey, 2010.

[20] Sane Moustapha, Sahin Gokhan, Barro Fabe drissa, Maiga Amadou Seidou. Incidence angle and spectral effects on vertical junction silicon solar cell capacitance. *Turk J Phys* 2014;38:221–7. http://dx.doi.org/10.3906/fiz-1311-9. TUBITAK.

[21] Gökhan Sahin, Dieng Moustapha, El Moujtaba Mohamed Abderrahim Ould, Ngom Moussa Ibra, Thiam Amary, Sissoko Grégoire. Capacitance of vertical parallel junction silicon solar cell under monochromatic modulated illumination. *J Appl Math Phys* 2015;3:1536–43. http://dx.doi.org10.4236/jamp.2015.311178

[22] Amadou Diao, Ndeye Thiam, Martial Zoungrana, Gokhan Sahin, Mor Ndiaye, Grégoire Sissoko, Diffusion Coefficient in Silicon Solar Cell with Applied Magnetic Field and under Frequency: Electric Equivalent Circuits, *World Journal of Condensed Matter Physics*, 2014, 4, 84-92, Published Online May 2014 in SciRes. http://www.scirp.org/journal/wjcmp, ttp://dx.doi.org/10.4236/wjcmp.2014.42013

[23] Fabe Idrissa BARRO, Moustapha SANE, Bernard ZOUMA, On the capacitance of crystalline silicon solar cells in steady state, *Turk J Phys* (2015) 39: 122-127, TUBITAK, doi:10.3906/z-1408-3

[24] Wenham SR, Green MA, Watt ME, Corkish R. Applied Photovoltaics. 2nd ed. ARC, Centre for Advanced Silicon *Photovoltaics and Photonics;* 2007.

[25] ‘‘World record solar cell with 44.7% efficiency". Science Daily. Retrieved 2014– 06-22.

[26] Jump up, De Vos A, Pauwels H. On the thermodynamic limit of photovoltaic energy conversion. *Appl Phys* 1981;25:119–25. http://dx.doi.org/10.1007/ BF00901283. Bibcode:1981ApPhy. 25...119D.

[27] Jump up, Cheng-HsiaoWu,Williams Richard. Limiting efficiencies for multiple energy-gap quantum devices. *J Appl Phys* 1983;54:6721. http://dx.doi.org/10.1063/1.331859. Bibcode:1983JAP....54.6721W.

[28] Jump up, Molki A. Dust affects solar-cell efficiency. *Phys Educ* 2010;45:456–8. http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/45/5/F03. Bibcode:2010PhyEd.45.456M

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Research about the Effects of the Nitriding Methods on the Hot Working Tool Steel

S.Tabak[*1] , T.Demirel*[2]

[*1] *Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Turkey*
[2] *Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Turkey*

Abstract

An important part of today's technological research is focused on improving the quality of life of human beings. For this reason, it is necessary to improve the performance of the materials used. The nitriding method, which has been used frequently in the production sector recently, is a surface hardening process. While the parts of the machine fulfill the functions expected from them, the surfaces of the parts are affected by higher stresses and abrasive forces compared to the inner parts. When these stresses and abrasive forces exceed the surface resistance limit of the material, cracks and abrasions start to occur on the material surface. As a result, corrosion occurs at the region where the deformation occurs. In order to prolong the life of machine parts, the surface resistances of these materials must be increased. In this study, a literature search was conducted to investigate the mechanism of nitriding, and different nitriding methods used in the industry were investigated. The advantages and disadvantages of the commonly used gas-salt baths and plasma nitriding methods are described. How the plasma nitriding process is carried out and the laws of physics behind this technology are examined. H13 hot work tool steels are widely used in nitriding process. As a result of the investigations made, the effects of nitriding methods on H13 type tool steel are explained.

Keywords: Nitriding, Gas Nitriding, Plasma Nitriding, Nitrocarburization.

1. GİRİŞ

Nitrürleme, çelik için 450 - 600 ° C arasındaki sıcaklıklarda uygulanan bir sertleştirme ısıl işlem prosesidir. İşlemin amacı, malzemenin farklı alaşım elementleriyle etkileşimi sonucunda nitrürler ve yüksek aşınma direncine sahip olan bileşik tabakaları oluşturmasına yönelik olarak; azotun, ferrit ve karbür faz alanı içindeki sıcaklıklarda termokimyasal olarak bir ortamdan çeliğe aktarılmasıdır [1].

Yüzeyin sert ve aşınmaya dayanıklı olduğu, buna karşın darbelere dayanım için sünek bir çekirdek istendiği durumda makine parçalarına yüzey sertleştirme işlemleri uygulanır. İşlemin amacı, aşınmaya maruz kalan yüzeylerin aşınma dayanımının arttırılmasının yanı sıra, parçanın yorulma ömrünü arttırma ve korozyon direncini iyileştirmektir. Sertleştirilmesi istenmeyen yüzeyler, özel bir macun, pasta ya da kille kapatılır. Dişli çark yüzeyi, cıvata, muylu, mil, perno yatakları gibi birçok makine elemanlarında sadece yüzey tabakasının sertleştirilmesiyle istenilen aşınma ve ezilme dayanımına ulaşılır [2].

Nitrürleme, malzeme yüzeyinin kimyasal bileşimini değiştirdiğinden ve işlem orta sıcaklıkta gerçekleştirildiği için, bir termokimyasal işlem olarak sınıflandırılmaktadır. Yeni teknolojilerin yardımıyla birçok farklı malzeme nitrülenebilir. Nitrürleme sürecinin gerçekleştirildiği sıcaklıkta(çeliğinferritik fazında) azot difüzyonu meydana gelir, malzemenin soğuması sırasında ise faz dönüşümü meydana gelmez.Bu mekanizma, sementasyon gibi geleneksel malzeme sertleştirme yöntemlerinden farklıdır. Sementasyon yapıldığında, çeliğin kararlı fazının östenit olduğu sıcaklıklarda işlem uygulanmasından dolayı malzemenin soğutulması sırasında bir faz dönüşümü meydana gelir. Burada çelik yüzeyinin karbon içeriği arttırılır ve daha sonra ostenitin yüksek sertlik ve aşınma direncini sağlayan faz olan martenzite dönüştürülmesi için su verilir. Nitrürleme prosesi sırasında kütlenin faz dönüşümünden kaçınmak büyük bir avantaj sağlar, çünkü normal sementasyon ve su verme ısıl işlem süreçlerinden kaynaklanan bozulmalar en aza indirilir. Bu durum, ısıl işlem sonrası talaşlı imalat veya son işlem gereken parça veya takımları işlerken, maliyet açısından büyük bir öneme sahiptir. Normal nitrürleme derinliği 0,1 ila 0,7 mm arasındadır, nitrürleme süresi 100 saate kadar çıkabilir ve çeliğin sertliğini 1200 HV'ye kadar artırabilir[3].

Takım çelikleri; plastik, demir dışı metaller ve çeliklerin işlenmesi ve şekillendirilmesinde kullanılan araçlar olmasının yanı sıra döküm, dövme ve ekstrüzyon kalıbı malzemesi olarak da kullanılan çelikler olarak tanımlanmaktadır. Sertleşme ve temperlenme özeliklerine sahip olup, çok çeşitli alanlarda kullanıldığından farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma; sıcak iş takım çelikleri, soğuk iş takım çelikleri ve yüksek hız takım çelikleri şeklindedir. Sıcak iş takım çelikleri 200°C'nin üzerindeki uygulamalarda kullanılan çelikler

olup; sıcak aşınma direnci, ısıl iletkenliği, yüksek sıcaklıklarda darbe direnci, meneviş direnci ve tokluğu yüksek malzemelerdir. Kullanım alanından da anlaşılacağı üzere, kimyasal kompozisyonu sayesinde tekrarlanan sıcak şekillendirme işlemlerinde yumuşamaya karşı dayanım göstermesi en önemli özelliğidir. Sıcak iş takım çelikleri ısı, basınç ve aşınma özelliklerinin birlikte olduğu bir çeliktir. Sahip olduğu özellikler dolayısıyla endüstriyel alanda oldukça tercih edilen bir çelik grubudur. Metal enjeksiyon kalıpları, dövme kalıpları, ekstrüzyon profil kalıpları, sıcak dövme yoluyla şekillendirilen pres takımları sıcak iş takım çeliklerinden üretilmektedir [4].

Nitrürleme, yüksek yüzey sertliği üretse de, süreç her zaman aşındırıcı uygulamalar için en iyi seçim değildir. Yüksek nokta yükler nitrür tabakasını yontabilir. Aslında nitrürleme, yapışkan aşınma (adhesive wear) uygulamaları için en iyi yöntemdir. Dış bileşen tabakası sürtünmeyi azaltır ve paslanmaz çelikler hariç çeliğin korozyon direncini artırır. Yüksek sertliği ve temperleme direnci nedeniyle, yaklaşık 600° C'lik yüksek sıcaklıklarda çalışacak elemanlara nitrürleme uygulanabilir. Günümüzde, nitrürleme sıcaklıklarını düşürmek ve böylece bu işlemin uygulanabileceği malzeme sayısını arttırmak için daha fazla çaba sarf edilmektedir [5].

Bu çalışmada, nitrürleme mekanizmasını incelemek için literatür araştırması yapılmış, sanayide kullanılan farklı nitrürleme yöntemleri incelenmiştir. Yaygın olarak kullanılan gaz-tuz banyosu ve plazma nitrürleme yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır. Plazma nitrürleme işleminin nasıl gerçekleştirildiği ve bu teknolojinin arkasındaki fizik kuralları incelenmiştir. H13 sıcak iş takım çelikleri nitrürlenmiş şekilde yaygın şekilde kullanılan bir malzemedir. Yapılan incelemeler sonucunda nitrürleme yöntemlerinin H13 tipi takım çeliği üzerindeki etkileri anlatılmıştır.

2. ÇEŞİTLİ NİTRÜRLEME METODLARI

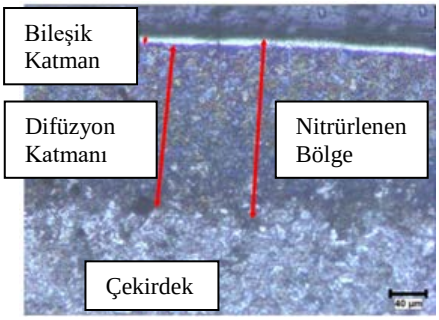
Pek çok mühendislik malzemesi çok sert yüzey alanı gerektiren yerlerde çalışır. Bu nedenle çeşitli nitrürleme yöntemleri uygulanır. Temel olarak katı nitrürleme, sıvı nitrürleme, gaz nitrürleme ve iyon (plazma) nitrürleme olmak üzere dört farklı nitrürleme çeşidi vardır. Tüm bu nitrürleme işlemleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Katı Nitrürleme Yöntemi

Nitrürlenmek istenen parçaların nitrürasyon tozlarıyla birlikte fırına yerleştirilerek uygun sıcaklıklara kadar ısıtılması kuralına dayanmaktadır. Bu yöntemdeki uzun nitrürleme zamanları nedeniyle malzemenin yüzeyinde kabarmalar ve kopmalar şeklinde yüzey hasarları oluşmaktadır [6].

2.2. Sıvı Nitrürleme Yöntemi

"Tuz Banyosu Nitrürleme" adı da verilen sıvı nitrürlemede nitrürlenecek parçalar erimiş tuz kombinasyonları içeren bir tuz banyosuna daldırılır. Literatürde sıvı nitrürlemenin temel olarak siyanür (Sodyum siyanür - NaCN veya Potasyum siyanür - KCN) ve siyanat (Sodyum siyanat - NaCNO veya Potasyum siyanat - KCNO) tuzlarından oluştuğu belirtilmektedir. Bu nedenle, azotun yanı sıra karbon da, bu işlem sırasında çeliğe yayılır. Böylece, bu işlem sıklıkla "sıvı nitrokarbürizasyon" olarak adlandırılır. Tüm nitrürleme banyolarındaki siyanat içeriği nitrürleme etkisinden sorumludur, dolayısıyla siyanat oranı kritiktir ve sıvı banyo nitrürleme tiplerine göre değişir. Sıvı nitrürleme işlemi, düşük uygulama sıcaklığından (500-600 °C) dolayı giderek yaygınlaşan bir ısıl işlem metodudur. Ferritik bölgedeki düşük proses sıcaklığı, nitrürleme işleminden sonra parçaların boyutsal olarak kontrol edilebilmesini sağlar. Buna ek olarak, beyaz tabaka ve nitrürleme derinliğinin arttırılması istenen durumlarda, nitrürleme prosesi östenitik bölgede de uygulanmaktadır. Yaman'ın yaptığı araştırmasında, Şekil 1'de sıvı nitrürleme ile oluşturulan çeliğin mikro yapısının görüntüsü verilmiştir. Sıvı nitrürlemede banyonun siyanür içeriği azalırken, siyanit ve karbonat muhtevası siyanürün siyanata oksitlenmesiyle oluşan yaşlanmanın bir sonucu olarak artmaktadır. Tüm nitrürleme banyolarındaki siyanür içeriği nitrürleme etkisinden sorumludur, dolayısıyla siyanür oranı kritiktir ve sıvı banyo nitrürleme tiplerine göre değişir [7].



Şekil. 1. Sıvı Nitrürlenmiş Çeliğin Mikro Yapısı [7]

Sıvı nitrürlemeyle nitrür tabakası kalınlığı büyük nitrürlemeler yapılamaz. Nitrürleme süresinin uzaması ile parça yüzeyinde boşluklar oluşmaktadır bu sorunu gidermek için tuz banyosuna hava veya oksijen verilerek, siyanat (CNO) homejenliği düzenlenerek parça yüzeyindeki boşluk oluşumu kontrol altına alınmaktadır. Bu yöntem ekonomik olmasının yanında; malzemenin çabuk ısınması, çekirdeğin aşırı temperleme ile yumaşaması gibi sorunlar oluşmamaktadır [6].

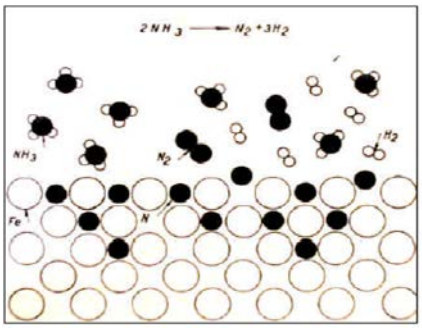
2.3. Gaz Nitrürleme Yöntemi

Gaz nitrürlemede parçaların nitrürlenmesi için amonyak (NH_3) gazından yararlanılmaktadır. Fırında iş parçası 500-550ºC sıcaklık aralığına getirildikten sonra, amonyağın;

$$2NH_3 \rightarrow 3H_2 + N_2 \quad (1)$$

şeklinde ayrışması ile oluşan azot malzemeye difüze olur. Bu ayrışma meydana geldiğinde, azot atomik formunda bulunur ve böylece çelik tarafından emilir. Ayrışan amonyağın oranı % 15-30 arasındadır. Nitrürleme süresinin uzun tutulması durumunda parçaların ısınmasıyla oluşan aşırı temperleme yumuşamaya neden olabilmektedir. Bu da göz önüne alınarak kullanılan temperleme sıcaklığının seçimine dikkat edilmelidir. Burada önemli olan bir diğer nokta ise; amonyağın hava ile karışımının patlayıcı özellikte olmasıdır [6].

Gaz nitrürlemede parçaların nitrürlenmesi kapalı odada gerçekleşir. İşlem süresi, uygulamaya ve nitrürlenmiş tabakanın derinliğine (400 HV için 0,5 mm veya 300 HV için 0,7 mm) bağlı olarak 10 ila 120 saat arasında olabilir. Nitrürlü tabaka için işlem derinliği genellikle sertliğin 400 HV'ye düştüğü derinlik olarak tanımlanır, bu da tasarım kriterlerine bağlıdır. Azot, demir içindeki kristal yapıda çözünebilen atomlardan biridir, böylece yüzeyindeki gazdan, çeliğin içine doğru bir difüzyon işlemi oluşur. Bu işlemde su verme gerekliliği yoktur, çünkü sertleştirme mekanizması sementasyonda olduğu gibi martenzit oluşumu değil, işlemden sonra ferrit kafesini bozan sert ve ince dağılmış nitrürler ve karbonitrürler oluşmasıdır. Nitrürleme için itici güç, gaz atmosferindeki azot potansiyeli olup, atmosferin azot kapasitesini tanımlar. Bu potansiyel kontrol edilerek, malzemedeki farklı yapıların oluşumu kontrol edilebilir. Genel olarak, daha yüksek potansiyel; yüksek yüzey azot konsantrasyonu ve çekirdek malzemesine doğru yüksek azot konsantrasyon ölçütleri oluşturur. Daha az azot potansiyeli; nitrürlenmiş yüzeylerin çok ince gevrek bileşik tabaka veya "beyaz tabaka" ile nitrürlenmesine neden olur. Çelik yüzeyindeki azotun ayrışma ve difüzyon olayları Şekil 2'de şematik olarak gösterilmektedir. Gaz nitrürleme, paslanmaz çelik gibi yüksek krom içeriğine sahip çelikler için kullanılmaz. Bunun nedeni bu tip çeliklerin kimyasal bileşimleri nedeniyle, azotun malzeme içine difüzyonu için kırılması gereken, çeliğin yüzeyi üzerinde korozyondan koruyucu film şeklinde bulunan bir krom oksit tabakası oluşturmasıdır [3].



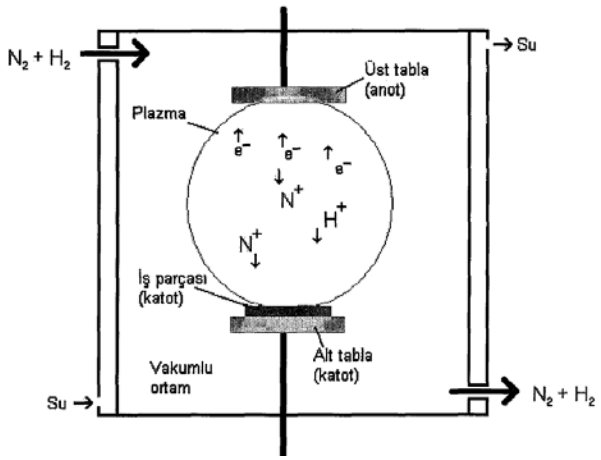
Şekil. 2. Çelik Yüzeyde Amonyak Ayrışması ve Azot Difüzyonu [3]

2.4. Plazma (İyon) Nitrürleme Yöntemi

Azot gazına elektrik enerjisi verilerek iyonlaştırılıp, hızlandırılarak parça yüzeyine çarptırılması şeklinde oluşan nitrürleme yöntemidir. Diğer nitrürleme yöntemlerine göre avantajlı olup, son yıllarda da plazma nitrürleme çalışmaları ilerleme kaydetmiştir. Bu yöntemde temel prensip, vakumlu ortamda azot atomlarına elektrik verilerek iyonlaştırılıp yerleştirilen parça yüzeyine çarptırılmasıdır. Bu işlem; 10 mbar basınçlı vakum ortamında, 400-1000 V gerilim altında uygulanan doğru akımın (DC) azot atomlarını;

$$N \rightarrow N^+ + e^- \quad (2)$$

şeklinde iyon haline getirmesi ve bu iyonların malzeme yüzeyine çarptırılarak difüze olmaları ile gerçekleşir. Doğru akımın kullanılması plazma ortamının sürekliliğini sağlamak içindir. Şekil 3'te plazma nitrürleme mekanizması verilmiştir.



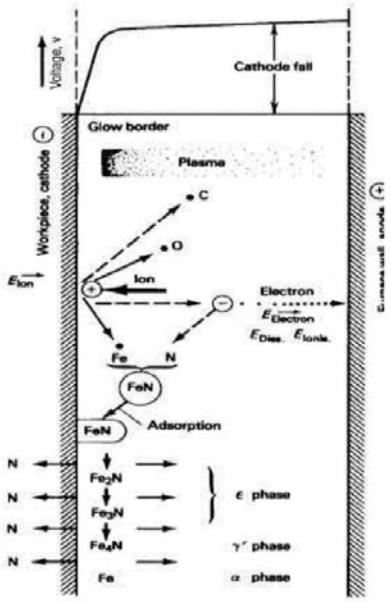
Şekil. 3. Plazma Nitrürleme Mekanizması [6]

Şekil 3'teki nitrürleme mekanizması temel alınarak, nitrürlenmek istenen parçalar havası dışarı atılmış kapalı kap içerisine yerleştirilir. Ortama verilen azot, elektrik enerjisi yardımıyla iyonlaştırılır ve plazma oluşumu sağlanır. Plazma içindeki pozitif yüklü azot iyonları negatif kutup (katot) halindeki parça yüzeyine çarpar. Bu çarpma esnasında azot, iyonlaşıp aldığı fazla enerjiyi parçaya geçirirken, hem bu enerji hem de çarpmanın etkisi ile malzeme yüzeyine difüze olur [6].

Plazma (İyon) nitrürlemede, vakumda yüksek voltajlı elektrik enerjisi plazmayı oluşturmak için kullanılır. Plazma vasıtasıyla azot iyonları iş parçası üzerinde etkili olmak için hızlanır. Bu iyon bombardımanı işparçasını ısıtır, yüzeyi temizler ve aktif azot sağlar. Bu işlem N_2, H_2, Ar ve NH_3gazlarının çeşitli gaz atmosferlerinde uygulanır ve uygulama sıcaklığı 350 ° C ila 600 ° C arasındadır [7].

Plazma nitrürleme "iyon nitrürleme" veya "kızdırma deşarj nitrürleme" olarak da isimlendirilir. Nitrürlenecek parçalar katot olarak bağlanır ve fırın duvarları anottur. 0.3 - 1 KV arasında bir potansiyel ile beslenirler. Plazma nitrürleme işleminde, parçacıklar hızlandırılır ve tüm kinetik enerjilerini aktarıp ısıtmak için katoda (iş parçası) çarptırılır. Gaz partiküllerinin aktarılırken yeterli kinetik enerjiye sahip olabilmeleri için; oldukça büyük bir serbest yola sahip olmaları ve bu şekilde bir başka gaz parçacığı ile çarpışmadan iş parçası ile çarpışma hızının elde edilmesi gerekir. Bu nedenle, bu işlem ve çoğunlukla tüm plazma süreçleri, hızlandırılmış parçacıkların serbest yolunu arttırmak için, bir önlem olarak vakum altında çalışır. Plazma nitrürleme için kullanılan vakumlama basıncı normal olarak 100 - 1000 Pa arasındadır. Plazma nitrürleme işleminde, işlem gazları ayrı ayrı tanıtılmaktadır. Sıklıkla kullanılan bir kombinasyon ise Azot + Hidrojen'dir. Ayrıca Argon, başlangıç aşamasında nitrürlenecek malzemenin yüzey temizliği için bir plazma püskürtme gazı olarak kullanılır. Şekil 4'te Koebel'in kızdırma deşarjı iyon nitrürleme mekanizması için modelini göstermektedir. Voltaj düşüşü, iyonların katoda doğru hızlandığı ve en yüksek kinetik enerjilerine sahip olduğu, pozitif yüklü bir alan olan plazma kılıfında ortaya çıkmaktadır [3].

Koebel'in kızdırma deşarjlı iyon nitrürleme mekanizmasında, iyon nitrürleme sırasında işlemden geçirilen malzemenin yüzeyinde üç reaksiyon meydana gelecektir. İlk tepkimede, demir ve diğer kirletici maddeler, işin yüzeyinden püskürtme ya da hidrojen ile indirgeyici bir reaksiyon işlemiyle çıkarılır. Çalışma yüzeyini bombalayan hidrojen veya argon iyonlarının etkisi, vakum sistemi tarafından ortamdan atılan kirletici maddeyi ortadan kaldırır. Bu kirletici maddelerin uzaklaştırılması, azotun yüzeye yayılmasına izin verir.



Şekil. 4. Koebel'in Kızdırma Deşarjı İyon Nitrürleme Mekanizması [3]

İkinci reaksiyon sırasında ve püskürtülen iyon atomlarının etkisinin sonucu olarak, çalışma yüzeyinde demir nitrür (Püskürtülen Fe + N=FeN) oluşumu başlar. Üçüncü reaksiyon sırasında ise, plazmadan gerçekleşen sürekli iyon bombardımanı altında FeN'nin çökelmesi başlar. Bu olay, ε-fazına ayrılmaya başlayan FeN'nin kararsızlığına ve ardından γ- fazı ve bir demir-azot bileşiği bölgesi oluşmasına neden olur. Bu süreç Şekil 5' te gösterilmiştir ve aşağıdaki denklemlerle açıklanmıştır [3].

$$2FeN \longrightarrow Fe_2N + N$$

$$3Fe_2N \longrightarrow 3Fe_3N + N\ (\varepsilon\text{-Fazı})$$

$$4Fe_3N \longrightarrow 3Fe_4N + N\ (\gamma\text{-Fazı})$$

$$Fe_4N \longrightarrow 4Fe + N\ \text{(demir-azot bileşiği bölgesi)}$$

Şekil 5. Demir-Azot Bileşiği Bölgesi Oluşma Safhaları [3]

Plazmada, hızlandırılmış elektronlar azot partikülleri ile çarpışır. Düşük elektron enerjilerinde bu çarpışmalar elastiktir, ancak elektronun enerjisini yükselttiğimizde, kızdırma deşarj plazmaları için olduğu gibi, bu çarpışmalar elastik değildir. Gaz molekülleri veya atomlarıyla olan elastik olmayan çarpışmalar, moleküllerin uyarılmalarına neden olur. Böylelikle moleküllerde aşağıdaki işlemler oluşur: (1) elektron gevşemesi, (2) ayrışma ve (3) iyonizasyon. Bu işlemler, plazmanın nitrürleme işlemini gerçekleştirme sürecinde, yüzey reaksiyonuna ve azot difüzyonuna katkıda bulunacak olan iyonları, serbest radikalleri ve uyarılmış durumdaki molekülleri oluşturmak için gaz molekülleri ile elektron çarpışmalarını sağlayan temel aşamalardır. Nitrürlenecek parçaya püskürtme uygulanması, plazma nitrürlemenin diğer bir büyük avantajıdır, çünkü bu işlemde parçalar atomik olarak temizlenir ve darbe enerjisi sadece parçayı ısıtmak için değil, aynı zamanda yüzey temizliği ve aktivasyonu için kullanılır [3].

3. NİTRÜRLEME İŞLEMLERİNİN SICAK İŞ TAKIM ÇELİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bu teorik çalışmada, H13 (DIN 1.2344-X40CrMoV5) sıcak iş takım çeliği ve bu çeliklerin yüzeylerinin sertleştirilmesi amacıyla kullanılan prosesler hakkında genel bilgi verilerek literatür değerlendirilmiştir.

Termokimyasal yöntemlerden sıvı, gaz ve plazma ortamındaki nitrürleme prosesleri üzerinde durulmuştur. AISI H 13 sıcak iş takım çeliğinin nitrürlenebilirliğinin çok iyi olduğu araştırma sonuçlarından bulunmuştur [8].

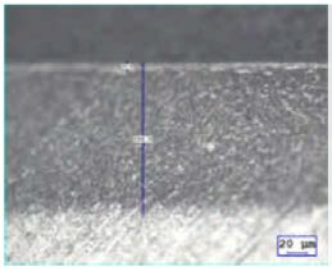
Literatürde yapılan çalışmaların sonucunda; Gaz Nitrürleme, Nitrokarbürizasyon (Tuz Banyosu Nitrürleme) ve Plazma Nitrürleme yöntemleri üç numune üzerine uygulanmıştır. Sonuç olarak elde edilen; İşlem Sıcaklığı, İşlem Gazı, İşlem Süresi, Bileşik Katman Kalınlığı ve Toplam Katman Kalınlığı bilgileri Tablo 1'de verilmiştir [3].

Tablo. 1. Üç Farklı Sıcak İş Takım Çeliği Numunesinin Nitrürleme Deneyi Değerleri [3]

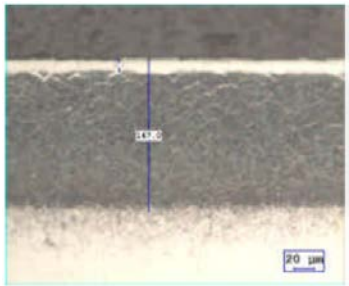
Numune	**1**	**2**	**3**
İşlem	Gaz Nitrürleme	Nitrokarbürizasyon	Plazma Nitrürleme
İşlem Sıcaklığı	510ºC	580ºC	480ºC
İşlem Gazı	Kırık Amonyak (NH_3)	N_2: 55% NH_3: 40% O_2: 5%	N_2: 25% H_2: 75%
İşlem Süresi	30 h	4 h	30 h
Bileşik Katman Kalınlığı	10 µm	11,3 µm	1,6 µm
Toplam Katman Kalınlığı	159 µm	147 µm	138,6 µm

Nitrürleme çoğunlukla yüksek aşınma direncinin elde edildiği orta karbonlu çeliklere uygulanır. Alaşımlı çeliklerin nitrürlemeleri aşırı dağılmış partiküllerin kayma düzlemlerini birbirine bağlar ve böylece nitrürleme işlemi uygulanmış yüzeyin sertliği büyük ölçüde artar. Nitrürleme ile Al, Cr, Mo, V sertliği büyük oranda arttırılabilir [8].

Bernal'ın yapmış olduğu araştırmasında, nitrürlenmiş tabakalara bakabilmek için numuneler % 2 oranında zımparalanmış ve parlatılmıştır. Fotoğraflar 200X büyütülmüştür. Şekil 6, 7 ve 8 sırasıyla gaz nitrürlenmiş numuneyi, nitrokarbürlenmiş numuneyi ve plazma nitrürlenmiş numuneyi göstermektedir [3].



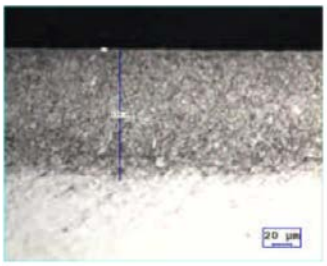
Şekil. 6. H13 Tipi Çeliğin Gaz Nitrürlenmiş Kısmının Bileşik Bölge ve Difüzyon Tabakası [3]



Şekil. 7. H13 Tipi Çeliğin Nitrokarbürlenmiş Kısmının Bileşik Bölge ve Difüzyon tabakası [3]

Nitrokarbürlenmiş numunenin yanı sıra gaz nitrürlenmiş numune, plazma nitrürlenmiş numuneye kıyasla kalın bir bileşik tabakası göstermektedir. Bunun nedeni fırın atmosferindeki azot potansiyelidir. İlk iki durumda azot potansiyelinin, plazma nitrürleme fırınınkinden daha yüksek olduğu Tablo 1'deki oranlardan görülmektedir. Bu durum, atmosferden iş parçası yüzeyine ve çekirdeğe daha yüksek bir azot konsantrasyonu oluşturur ve bu da sürecin ilk aşamalarında γ ve ε nitrürlerinin hızlı oluşumuna neden olmaktadır [3].

Bernal'ın yapmış olduğu araştırmasından elde ettiği diğer bir sonuca gore; gaz nitrürleme prosesi ile malzemede daha yüksek bir azot penetrasyonu bulunduğunu görmek önemlidir.



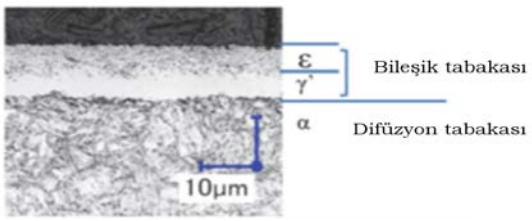
Şekil. 8. H13 Tipi Çeliğin Plazma Nitrürlenmiş Kısmının Bileşik Bölge ve Difüzyon Tabakası [3]

Bu durum, plazma sürecinin daha verimli olmasıyla ilgili yapılan açıklama ile çelişir. Bu sonucun nedeni, iki süreç arasındaki sıcaklık farkıdır. Gaz nitrürleme 510 °C sıcaklıkta gerçekleştirilirken, plazma nitrürleme 480 °C'lik bir sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda, azotun çeliğe difüzyonu artar. Bunu ispatlamak için nitrokarbürlenmiş numunenin nitrürleme derinliğine bakmak yeterlidir. Bu örnekte, sadece 4 saatlik bir işlem süresiyle diğer iki örnekten daha derin bir birleşik katman elde edilmiştir. Bunun nedeni, yine 580 °C olan bu işlemin sıcaklığından dolayı açıklanabilir. [3].

Nitrürlemeye elverişli çeliklerde, nitrürleme işlemi sonucu ince yapılı nitrürler oluşur. Nitrürler bir faz teşkil ediyorsa mikroskobik bir dağılım gösterirler. Yüksek sertlik derecesi bu ince nitrür dağılımından meydana gelir. Erimeyen nitrürler demir yapısı içinde hemen ince taneler halinde çökelmekte ve bu bölgelerin deformasyonu sonunda sertlik artmaktadır. Demir, nitrasyon işleminde taşıyıcı bir rol oynamaktadır. Önce çözünebilen demir nitrürler daha sonra erimiş halde alaşım elementleri ile reaksiyona girip alaşım nitrürleri oluştururlar. Bu çözünmeyen alaşım nitrürleri çok ince taneler halinde çökelmekte ve sertlik de nitrür partiküllerinin bölünmesinin fonksiyonu olmaktadır. Bu partiküllerin bir araya toplanması sertliği azaltır [9].

Şekil 9'da nitrürlemede üretilen bileşik ve difüzyon tabakaları, nitrürleme koşullarına bağlı olarak formasyon halinde değişir, bu da parçaların sertlik ve kayma özelliklerinde önemli farklılıklar ile sonuçlanmıştır. Bu nedenle, gerekli özellikler için uygun olan belirli koşullar altında parçaların işlenmesi gereklidir. Sertleştirme derinliği bileşik tabaka kalınlığından daha büyüktür ve sertliğin esas olarak difüzyon tabakası tarafından sağlandığı bulunmuştur [10].

H13 çelik kalıpların yüzeylerine azotun difüzyonunun sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için uyulması gereken en önemli kurallar; uygun sıcaklığın sağlanması, banyonun hava ile karıştırılması, banyonun optimum kimyasal bileşime sahip olması ve parçaların belirlenen minimum süre boyunca banyo içerisinde kalmasıdır [8].



Şekil. 9. Nitrürlenmiş Bölümün Yapısı [10]

McQuaid ve Ketcham beyaz tabaka veya bileşik bölgeye yönelik araştırmalarında; "Beyaz Yapı"nın hem demir, hem de alaşım elementlerini içeren demir nitrürler veya kompleks bir nitrür katmanından oluştuğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, beyaz tabakanın ya da bileşik bölgenin son derece sert ve çok kırılgan olduğunu bulmuşlar, mümkünse bu katmandan kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir [11].

4. SONUÇLAR

Nitrürleme işlemi bütün çelik yüzeylerinin aşınma, yorulma ve korozyon direncini arttırmak için çok iyi bilinen bir ısıl işlem metodudur. Nitrürlemenin gelişimi sadece sürecin kendisi ile ilgili değil, son zamanlarda yüzey mühendisliğinin hızla gelişmesine de bağlıdır. Son araştırmalar sonucunda, nitrürlemenin PVD ve CVD gibi süreçler için mükemmel bir tamamlayıcı olduğu ve bu süreçlerle birlikte yeni nitrürleme yöntemlerinin geliştirildiği görülmüştür.

Nitrürleme teknolojisi üç ana sürece dayanmaktadır. Kırık amonyak atmosferinde gaz nitrürleme mevcut ilk nitrürleme yöntemidir, kolayca uygulanabilecek bir süreç için basit ve ucuz ekipman kullanıldığından endüstriyel düzeyde nitrürlemenin yayılmasını sağlamıştır. Daha sonra tuz banyosu nitrürleme işlemi geliştirilmiştir. Tuz banyosu nitrürleme, nitrürleme sürelerini önemli ölçüde azaltan siyanür banyolarının yüksek reaktivitesine bağlı olarak gaz nitrürlemesine kıyasla birçok avantaj sağlamıştır. Yapılan deneysel çalışmaların incelenmesi sonucunda, tuz banyolarının çeliğin yüzeyine karbon ve sülfür de difüze etme seçeneğine sahip olduğu görülmüştür. Karbon, sertliği arttırmaya yardımcı olur ve sülfür ise malzemeye çok iyi tribolojik özellikler vererek sürtünme katsayısını azaltır. Çevresel düzenlemeler nedeniyle, siyanür bazlı tuz banyoları geliştirilmiştir. Bu teknoloji, bir yardımcı ekipmanın yardımıyla tuzların bertaraf edilmesinin düzenlendiği ve kontrol edildiği işlemin gerçekleştirilmesine izin vermiştir.

İyon nitrürleme olarak da bilinen plazma nitrürleme, en son geliştirilen nitrürleme işlemidir. Nitrürleme işleminin plazma teknolojisiyle desteklendiği bu teknoloji, gaz nitrürleme işleminin verimliliğini arttırmıştır. Çelik ve dökme demir malzemelerde çoğunlukla yüzey sertliğini ve aşınma direncini artırmak için kullanılan nitrasyon işlemi, faz değişimine neden olmamasıyla (ferritik fazda gerçekleşmesiyle) diğer ısıl işlem yöntemlerinden ayrılmaktadır. Nitrürleme yöntemleri arasında en düşük işlem sıcaklığına sahip olan Plazma Nitrürleme, böylece diğer yöntemlere göre önemli bir avantaj sunar. Ölçüsel değişiklik ve çarpılma risklerini en aza indiren plazma nitrürleme, aynı zamanda ön sertleştirilmiş soğuk iş ve yüksek hız çeliklerinin nitrürlenmesinde de geniş olanaklar tanır. İşlem sırasında kullanılabilen gazların ve bunların oranlarının esnek bir şekilde ayarlanabilmesi metalurjik olarak önemli bir üstünlüktür. Bu yöntem, çelik yüzeyinin mekanik ve tribolojik özelliklerini arttıran PVD veya CVD kaplamaları ile birleştirilerek, nitrürleme işleminin birçok varyasyonuna izin veren temiz çevre dostu bir teknolojidir. Plazma nitrürleme ayrıca, paslanmaz çeliklerin nitrürlenmesi ve bu teknolojinin geliştirilmesinden önce nitrürlenemeyen Al, Cr, Mo, Ti, V vb. demir dışı metallerin nitrürlenmesi için de imkân sağlamaktadır. En gelişmiş nitrürleme prosesi olmasının yanı sıra, plazma nitrürlemedeki düşük gaz ve güç tüketimi nedeniyle düşük maliyetli bir süreçtir. Süreç endüstriyel düzeyde oldukça yaygın olsa da, plazma nitrürleme pek çok pazar için erişilemeyen çok pahalı bir teknolojiye sahiptir.

Bu çerçevede, plazma nitrürlemenin yukarıda bahsedilen üstün özelliklerine yapılan bu inceleme makalesi kapsamındaki deney sonrasında da açıkça ulaşılmıştır. Plazma nitrürleme işleminde uygulanan düşük işlem sıcaklığı ve gaz oranıyla, Gaz Nitrürleme ve Tuz Banyosu Nitrürleme işlemlerindeki sertleştirilmiş bölge kalınlığına çok yakın değerler elde edilmiştir. Prosesin diğerlerinden daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesi hem parça deformasyonunun daha az olmasına, hem de enerji tasarrufuna yol açmaktadır. Daha az gaz ile işlem gerçekleştirilmesi ise işlemin maliyetini düşürmektedir. Bunun yanında, kırılgan beyaz tabaka içeren bileşik katman bölgesinin plazma nitrürleme ile yapılan işlemde en az kalınlıkta oluştuğu görülmektedir. Nitrürleme işlemlerinde beyaz tabaka çok sert ve gevrek olup, kullanımda pullanma şeklinde aşındığından istenmeyen bir olaydır ve plazma nitrürleme ile kontrol edilebilir olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Yang, M., Nitriding-Fundamentals, Modeling and Process Optimizations, Worcester Polytechnic Institute, April 2012.

[2] Güven, Y. Ş., Delikanlı, K. Öncel, E., AISI 4140 Çeliğine Uygulanan İyon Nitrasyon Yüzey Sertleştirme İşleminin Yorulma Dayanımına Etkisi, SDU Journal of Technical Sciences, Cilt. 4, Sayı. 2, Sayfa. 29-39, 2014.

[3] Bernal, A. "Investigation on Nitriding with Emphasis in Plasma Nitriding Process, Current Technology and Equipments", Royal Institute of Technology - KTH, Stockholm, January 2006.

[4] Bostan, B., Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Yüksek Sıcaklık Aşınma Dayanımına Nitrasyon İşleminin Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

[5] Berg, M., Plasma Nitriding of Steels, Surface and Coatings Technology 124, p.25–31, 2000.

[6] İğdil, C., M., Düşük Sıcaklıkta Yapılan Plazma Nitrürleme İşleminin 316 L Ostenitik Paslanmaz Çeliğinin Malzeme Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.

[7] Yaman, O., Assessment of The Nitriding Process Paramaters to Improve The Wear Resistance of Selected Steels, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstütüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.

[8] Akbulut, H., Bengü, E., İki Farklı Sıvı Ortamda Nitrürlenmiş H13 Çeliğinin Aşınma Davranışı, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8.Cilt, l.Sayı, 2004

[9] Polat, Ş.,Atapek Ş. H., Topaç H., Gaz Nitrasyon ile Yüzeyleri Sertleştirilmiş AISI 4140 ve DIN 1.2344 Çeliklerinde Mikroyapısal Karakterizasyon, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), p. 498-502, 2011.

[10] Umeda, T., Miyabe, K., Development of Manufacturing Technology for Nitriding Processes Using Nitriding Potential Control, Komatsu Technical Report, VOL. 60 NO.167, 2014.

[11] ASM International, Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing (#06950G), P-7, Ohio, USA, 2003. Available: http://www.asminternational.org/

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Awareness Analysis On Occupational Health And Safety In The Construction Sector: Sample Of Mediterranean And Black Sea Regions

M. Akgül[1], Y. Doğan[2]*

[1] *Tunceli Vocational High School, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Turkey*
[2] *Department of Civil Engineering, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Turkey*

Abstract

The construction sector is growing with the dynamics of its connectedness, meeting the needs of both advanced technology and increasing population. The construction sector both in Turkey and a maximum turnover when taken on the basis of some developed countries, the volume of business and the business is located at the top among the hosts accident sectors.

This study was formed by students from civil engineering college construction program and engineering faculty of civil engineering in terms of being actively involved in the research universe sector and often being primarily responsible for the business. Selected samples for face-to-face survey; It consists of students from different universities in the Mediterranean and Black Sea regions. In this study; academic and sectoral work is very similar and there are important considerations in terms of determining the graduates' readiness for the market.

By measuring the knowledge and awareness of the study universe about the construction sector and the work accidents in the sector, deficiencies and on-the-job training.

According to the data, 59.5% of the participants thought that it would be beneficial for the participants to be given at the universities as a compulsory/ elective course, while the participants were trained in occupational health and safety as an elective/compulsory subject. The participants also obtain information levels for questionable inform the work environment/life situations, and they have received from the university (60.79%), a high rate of specifying the respondents (58.59%) is possible to say that they have at the construction site in any active way.

Keywords: Construction sector, health and safety in workplace, work accidents, awareness of occupational safety

1. GİRİŞ

Uluslararası anlaşmaların onaylanarak ulusal mevzuatın bu anlaşmalara uygun hale getirilmesi, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu gibi proaktif bir kanunun yürürlükte olması, yeni düzenlemelerin uygulanması yine de Türkiye'yi iş kazalarında dünyada üçüncü Avrupa'da ilk sırada yer almaktan kurtaramamıştır. Çalışanların can güvenliğinin yanı sıra, işverenlerin malzeme kaybı, saygınlık kaybı, üretim düşüklüğü, verimlilik kaybı, ulusal ve uluslararası alanda devletin uğradığı kayıplar bu işin olumsuz yönlerinden bazılarıdır. Uluslararası düzeyde ve Türkiye' de dâhil olmak üzere iş kazalarının her yıl ölüm ve yaralanmalara yol açtığı bu durumun çalışanlar ve aileleri için sosyal ve ekonomik yönden sorunlar yarattığı ayrıca bilinen bir gerçektir. Bu perspektiften bakıldığında iş kazaları yarattığı sosyal yıkımın yanında önemli miktarda ekonomik maliyetler de oluşturmaktadır [1]

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 428 213 17 94*
E-mail address: melekakgul@munzur.edu.tr.

İnşaat sektörü, kendisine bağlı 200'den fazla alt sektörün ürettiği mal ve hizmete talep yaratan konumunda olup, bu yaygın etki, sektörün "ekonominin lokomotifi" olma vasfının en temel göstergesidir. İngiltere'de yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, yeni bir evde ortalama 150 farklı meslek kolunu ilgilendiren 23.000 parça bulunmaktadır. Hiçbir ekonomik faaliyetin bu kadar çok doğrudan ya da dolaylı etki doğurma gücü olmadığı dikkate alındığında sektörün lokomotif gücünün, gelişmekte olan ülkeler için vazgeçilemez değeri daha açık olarak ortaya çıkmaktadır [2].

İnşaat sektörü, artan dünya nüfusunun bir fonksiyonu olarak geçtiğimiz yıllarda yoğun bir şekilde büyümüştür. Gelişmişlik seviyesinin ve kentleşmenin artmasıyla, daha fazla altyapı ve tesislere ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya çapında inşaat sektörü, 2016 yılında küresel gayri safi milli hasılanın (GSMH) %11'den fazlasını oluşturmakta ve 2020 yılına kadar dünya GSMH'nın %13,2'sini oluşturacağı öngörülmektedir [3].

İnşaat sektörü çok tehlikeli bir faaliyet alanı olduğu için, riskleri tanımlamak ve bu riskleri azaltmak için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarına çözümler bulmak için, farklı araştırmacılar farklı ülkelerde sorunu araştırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedirler. İnşaat kazalarında saha koşulları veya çalışma ortamları önemli bir rol oynamaktadır [3].

Bu çalışma Türkiye'de üniversitelerde ilk yıllarda seçmeli ders olarak varlık gösteren ve zamanla birçok üniversitede zorunlu ders olarak müfredatlarda yer almaya başlayan iş sağlığı ve güvenliği kavramı ve öğrencilerin sahip olduğu farkındalık üzerine odaklanmaktadır. Benzer katılımcı örneklemi içeren akademik ve sektörel çalışmaların çok az sayıda olması çalışmayı daha gerekli kılmaktadır. Gerek inşaat programı gerekse inşaat mühendisliği öğrencilerinin sektörel çalışmalara ve iş sahasına hazırbulunuşluk edinmiş halde varlık sürdürmeleri için iş sağlığı ve güvenliği, piyasa bilgisi ve iş kazaları hakkında bilgi birikimin gerekliliği bu çalışmanın odağında yer almaktadır.

2. YÖNTEM

Yapılan bu çalışmanın araştırma evrenini inşaat sektörünün asli çalışanlarından olan inşaat mühendisi ve inşaat teknikerleri oluşturmaktadır. Toplamda 454 katılımcıya yüzyüze uygulanan anket çalışması Akdeniz ve Karadeniz bölgesindeki farklı üniversitelerde Mayıs- Haziran 2018 tarih aralığında gerçekleştirilmiş ve elde edilen verilerin analizi SPSS (Statistical Package For Social Sciens) Paket programı ile tablolar halinde incelenerek hazırlanmıştır. Katılımcılara uygulanan anketin birinci bölümü demografik özellikler ve daha önce edinilmiş gerek sektör gerekse sektöre bağlı iş kazaları hakkında sorular içermektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde 5'li likert sorularından oluşan 15 madde yer almaktadır. Toplamda 32 soru ile katılımcıların demografik özellikleri, sektör hakkındaki bilgi ve algıları, iş kazaları/güvenliği hakkında aldıkları eğitim/memnuniyet durumu ve beklenti/algıları ölçülmüştür. Verilerin güvenilirlik ve geçerliğini yanıltıcı düzeyde eksik ve hatalı kodlamaların yer aldığı anketler çalışmaya dahil edilmemiştir. Gerekli frekans ve çapraz değerlendirmeler yapılmış ve yorumlamalar getirilmiştir.

Bu çalışma ile sektörde meydana gelen iş kazaları ve güvenliği hakkında katılımcıların gerek eğitim gerekse bilgilendirme düzeyinde kazanımları için hangi kaynakların, hangi kanallarla daha verimli, daha ulaşılabilir olması üzerinde yargılara varılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

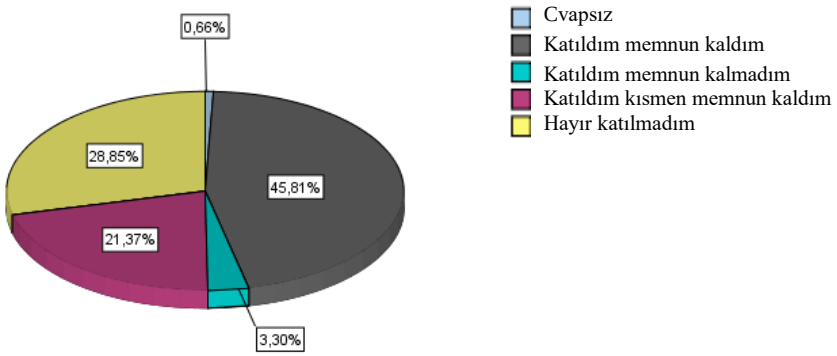
Tablo. I. Demoğrafik özellikler

Yaş Dağılımı Verileri			Eğitim Durumu Verileri			Sınıf Dağılımı Verileri		
Yaş Aralığı	**%**	**Kişi Sayısı**	**Eğitim Aldığı Program/Bölüm**	**%**	**Kişi Sayısı**	**Şube/Sınıf**	**%**	**Kişi Sayısı**
14-18	0,9	4	İnşaat Mühendisliği	29,7	135	Müh Fak. 1. Sınıf	4,4	20
19-25	83,9	381	İnşaat Programı	70,3	319	Müh Fak. 2. Sınıf	22,9	104
26-35	13	59				Müh Fak. 3. Sınıf	35,2	160
36-45	2,2	10				Müh Fak. 4. Sınıf	7,9	36
46 ve üzeri	0	0				MYO 1. Sınıf	8,1	37
						MYO 2. Sınıf	21,4	97
Toplam	100	454	Toplam	100	454	Toplam	100	454

Şantiyede Aktif Şekilde Bulunma Durumu Verileri**;** Katılımcıların %58,6 ile hiç bulunmadığını belirtirken, %25,8 ile 12 aydan az, %5,9 ile 13-24 ay, %2,4 ile 25-36 ay, %0,7 ile 37-48 ay, %6,6 ile 49 ay ve daha fazla bulunduğu cevabını vermiştir.

Tablo. II. Şantiyede aktif şekilde bulunma durumu verileri (kişi sayısı)

Grup	12 aydan az	13-24 ay	25-36 ay	37-48 ay	49 ay ve daha fazla	Hiç bulunmadım
Müh Fak. 1. Sınıf	7	2	1	0	1	9
Müh Fak. 2. Sınıf	22	4	0	0	8	70
Müh Fak. 3. Sınıf	42	11	4	0	10	93
Müh Fak. 4. Sınıf	7	2	3	1	4	19
MYO 1. Sınıf	8	3	1	0	2	23
MYO 2. Sınıf	31	5	2	2	5	52
Toplam	117	27	11	3	30	266



Grafik. I. İş sağlığı ve güvenliğine dair herhangi bir eğitim/ders/sertifika programına katılma verileri

Tablo. III. İş sağlığı ve güvenliğine dair alınan eğitim/ders/sertifika programından memnuniyet verileri (Kişi)

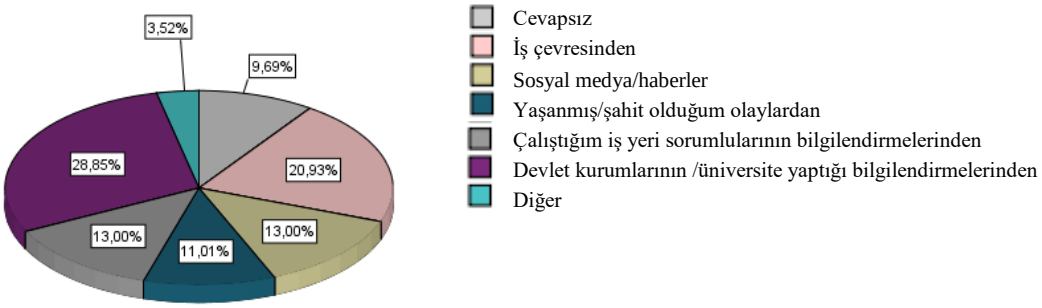
Grup	Evet katıldım			Hayır katılmadım	Cevapsız
	Memnun kaldım	Memnun kalmadım	Kısmen memnun kaldım		
Mühendislik Fak. 1. Sınıf	5	0	7	8	0
Mühendislik Fak. 2. Sınıf	37	9	22	35	1
Mühendislik Fak. 3. Sınıf	84	5	39	32	0
Mühendislik Fak. 4. Sınıf	10	1	13	12	0
MYO 1. Sınıf	11	0	5	21	0
MYO 2. Sınıf	61	0	11	23	2
Toplam	208	15	97	131	3
G. Toplam	454				

İş sağlığı ve güvenliğine dair her hangi bir eğitim/ders/sertifika programına katılan katılımcıların hangi eğitim türünü aldıklarına dair sorulan soruda; katılımcıların % 20,7'sı cevap vermemişken, en büyük kümelenmenin % 46,9'u üniversitede seçmeli ders, % 12,6'sı üniversitede zorunlu ders, % 4,0'ü halk eğitim sertifika programı, %5,5'i özel kurs sertifika programı, % 7,9'u seminer/ sempozyum/konferans, % 2,4'ü diğer eğitimler cevabını vermiştir.

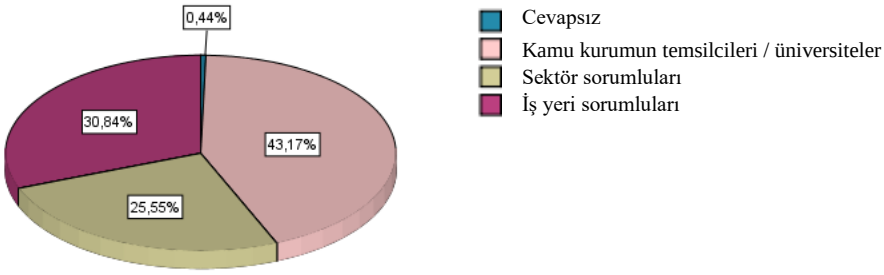
İş sağlığı ve güvenliğine dair eğitim/ders/sertifika programının nasıl olması gerektiğine dair sorulan soruda; katılımcıların %56,4'ü üniversitede zorunlu ders, % 26,2'si üniversite seçmeli ders, %12,3'ü gönüllü katılımlı ücretsiz kurs, % 4,0'ü ücretli kurs cevabını verirken katılımcıların %1,1'i ise cevap vermemiştir.

Herhangi bir kaza anında birinci dereden sorumlu kimdir sorusuna katılımcıların %55,28'i şantiye şefi cevabını vermiştir. Bu cevabı veren katılımcıların %82,47'si inşaat mühendisliği öğrencilerinden oluşmaktadır. Tüm katılımcıların %9,59'u bilgim yok ve %17,4'ü ise firma sahibi cevabını vermiştir.

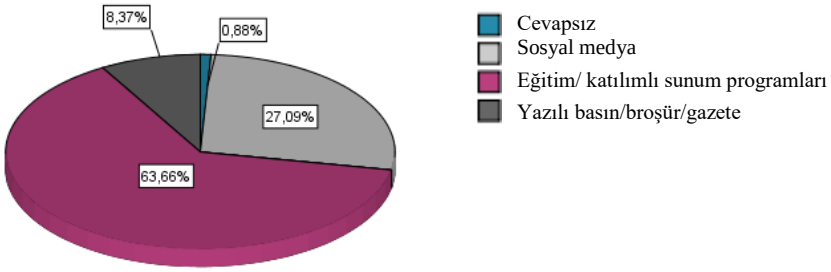
En fazla bilgi edinme kanalın iş çevresi ve üniversiteler olduğuna dair veriler göz önüne alındığında iş sağlığı ve güvenliğine dair derslerin seçmeli/zorunlu hale gelmesinin kaçınılmaz bir gerçek olduğu, konferans, seminer, halk eğitim merkezleri, özel kurslara dair katılım ve verimin etkili olmadığı ve staj eğitimin gerekliliği göze çarpmaktadır.



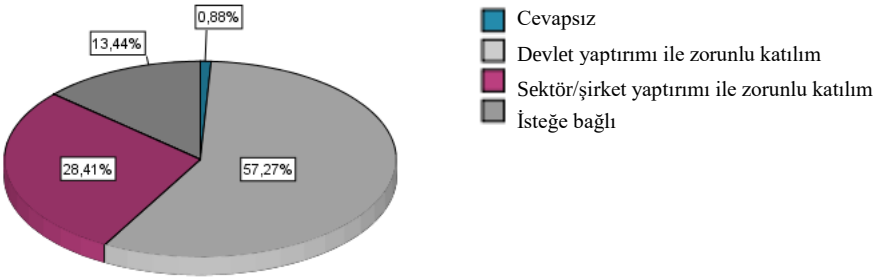
Grafik. II. Şantiye sorumlusunun kim olduğuna dair bilgi edinme kaynağı verileri



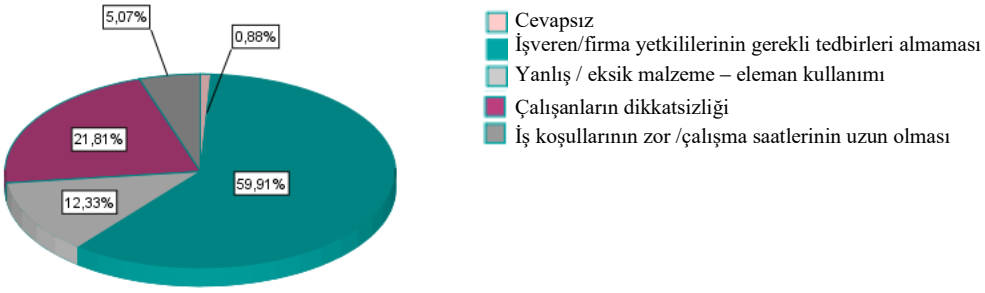
Grafik. III. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmeyi öncelikle kimler tarafından yapılması gerektiğine dair veriler



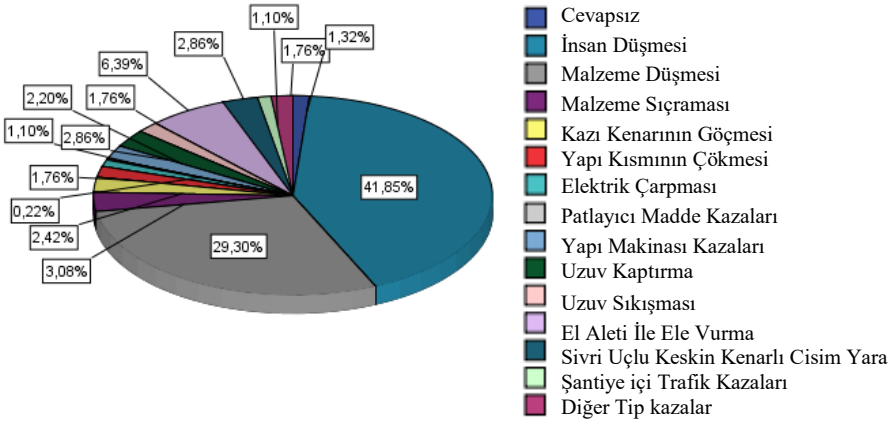
Grafik. IV. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmenin hangi kanalla yapılması daha ulaşılır olacağına dair veriler



Grafik. V. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmenin nasıl yapılması gerektiğine dair veriler



Grafik. VI. İş kazalarının birinci dereceden sorumlusu hakkında veriler



Grafik. VII. İnşaat Sahasında Gerçekleşme Oranı En Yüksek Olan İş Kazası Verileri Dağılımı

5'li likert sorularına bağlı olarak değerlendirmeler; (X=aritmetik ortalama)

X= 1-1,79 Aralığı "kesinlikle katılmıyorum"
X= 1,80- 2,59 Aralığı "katılmıyorum"
X= 2,60 – 3,39 Aralığı "bilgim yok"
X= 3,40 – 4,19 Aralığı "katılıyorum"
X= 4,20 – 5,00 Aralığı "kesinlikle katılıyorum"

1. "Dünyada iş kazalarının gerçekleştiği sektörler arasında inşaat sektörü üst sıralarda yer almaktadır." Yargısına, katılımcıların yorumu (X=4,40) ile " kesinlikle katılıyorum" şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 59,9'u "kesinlikle katılıyorum" yanıtını vermiştir.
2. "Türkiye'de iş kazalarının gerçekleştiği sektörler arasında inşaat sektörü üst sıralarda yer almaktadır." Yargısına, katılımcıların yorumu (X=4,38) ile " kesinlikle katılıyorum" şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 58,1'i "kesinlikle katılıyorum" yanıtını vermiştir.

3. “Türkiye’de inşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarının büyük bir yüzdesi ölüm-malullük ile sonuçlanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,70) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 35’i “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
4. “Dünyada inşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarının büyük bir yüzdesi ölüm-malullük ile sonuçlanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,59) ile “ katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 31,9’u “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
5. “Türkiye’de inşaat sektöründeki ekonomik büyüme tüm sektörler ile kıyaslanırsa üst sıralarda yer alır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,87) ile “ katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 35,5’i “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
6. “Türkiye’de inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için alınan önlemler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,49) ile “ katılmıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 36,3’ü “katılmıyorum” yanıtını vermiştir.
7. “Dünyada inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için alınan önlemler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,98) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 36,8’i “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
8. “Türkiye’de inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için yapılan yasal düzenlemeler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,71) ile “katılmıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 26,4’ü “katılmıyorum” ve %24,7’si “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
9. “Dünyada inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için yapılan yasal düzenlemeler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,10) “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 38,8’i “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
10. “İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal düzenleme ve mevzuat hakkında bilgim vardır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,34) “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 46’sı “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
11. “Yasal haklarımı ve herhangi bir kaza anında yapmam gerekenleri biliyorum.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,37) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 38,8’i “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
12. “İş kazalarına sebebiyet verebilecek teçhizat/alet çalışanlar tarafından doğru şekilde kullanılmaktadır.” Yargısına, yorumu (X=3,07) ile “ bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 29,1’i “ katılmıyorum” ve %26,7’si “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
13. “İnşaat sahasındaki kazaların büyük bir yüzdesi eksik – yanlış ekipman kullanımından kaynaklanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,56) ile “ katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 33,7’si “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
14. “İnşaat sektörünün çalışanları yasal mevzuat ve hakları konusunda yeterince bilgilendirilmektedir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,93) ile “ bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 25,8’i “ katılıyorum” ve %24,4’ü “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
15. “İş kazalarının çoğu iş/şirket sorumlularının gerekli tedbirleri almamasından kaynaklanmaktadır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,91) ile “ katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların % 39,6’sı “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.

Katılımcıların dünyadaki iş sağlı ve güvenliği önlemlerinin yeterlilik düzeyi hakkında büyük oranda (38,8) bilgim yok cevabını vermişken dünyadaki inşaat sektöründe meydana gelen kazalar hakkında bilgi düzeyleri kabul edilebilir seviyelerde kalmıştır.

Katılımcıların İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal düzenleme ve mevzuat hakkında bilgim yoktur cevabını verdikleri oran % 46 ile dikkat çeker düzeydedir.

Ayrıca katılımcılar herhangi bir kaza anında yasal haklarımı ve yapmam gerekenleri bilmiyorum cevabını %38,8 ile cevaplamışlardır.

İnşaat sektörünün çalışanları yasal mevzuat ve hakları konusunda yeterince bilgilendirilmektedir diyen katılımcı yüzdesi % 25,8 iken bu konuda bilgisi olmayan katılımcı sayısı % 24,4’tür. Katılımcıların aktif şekilde şantiye ve iş sahasında bulunmamaları bilgim yok diyen katılımcıların büyük bir çoğunluğunu oluşturduğu çapraz analizler ile tespit edilmiştir.

İş kazalarına sebebiyet verebilecek teçhizat/alet çalışanlar tarafından doğru şekilde kullanılmaktadır (% 29,1) ancak iş kazalarının çoğu iş/şirket sorumlularının gerekli tedbirleri almamasından kaynaklanmaktadır (% 39,6) yargısında olan katılımcı yüzdesi benzer şekilde %59,91 ile iş kazalarına İşveren/firma yetkililerinin gerekli tedbirleri almamasını bağlamaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektörünün de büyük eksiklik ve hukuki zorluklar yaşadığı alanlardandır. En fazla gelişen sektörler arasında olması, iş hacminin her geçen gün artması ve iş kazalarının sıklığı gibi kavramların tamamı göz önüne alındığında eğitimli ve donanımlı bireyler için kamu/ üniversitelere çok fazla görev ve sorumluk düşmektedir.

İnşaat mühendisliği ve inşaat teknikerliği öğrencilerinin mezuniyet öncesi seçmeli/zorunlu ders olarak iş sağlığı ve iş güvenliği dersinin yanı sıra üniversiteler tarafından düzenlenen konferans/seminer ve isteğe bağlı sertifika programlarını ile gerek sektör hakkında gerekse sorumluk ve iş sağlığı/güvenliği hakkında donanımlı hale gelmeleri sektör ve kişisel mesleki gelişimleri anlamında gerekli görülmektedir.

4. REFERENCES

[1] Kacır E., Taçgın E., "6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Kapsamında Proaktif Yaklaşım Üzerine Risk Değerlendirme Ve Bazı Öneriler", Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi The Journal of Marmara Social Research, Sayı 12, Aralık 2017

[2] İNTES. Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası (İNTES), "Genel Ekonomik Veriler İnşaat Sektörü Sorunları ve Çözüm Önerileri", Mayıs 2011

[3] A. Bilim, O. N. Çelik "Türkiye'deki İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Genel Değerlendirmesi" Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Volume 7, Issue 2, (2018), 725-731

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Novel Planar Dual Band Monopole Antenna Design for Wearable Smart Glasses

M.H.Nisanci[1*]

[1] *Department of Electrical and Electronics Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey*

Abstract

In this study, a novel planar dual band monopole (PDM) antenna for both GPS and Bluetooth applications is designed and numerically simulated to observe the frequency dependent return loss characteristics. This novel antenna is implemented in a smart glasses which has 41.4 mm lens width, 16.5 mm bridge width and 151.3 mm temple arm length. Moreover, the effect of the smart glasses on the performance of the PDM antenna is studied in the frequency range of interest. Finally, this study is completed by computing the distribution of the specific absorption rate (SAR) values averaged over 1g and the 3D far field radiation patterns of the proposed antenna with smart glasses at the resonant frequencies.

Keywords: Planar dual band monopole (PDM) antenna, smart glasses, specific absorption rate (SAR).

1. INTRODUCTION

In recent years, smart wearable technologies (SWTs) such as glasses, watches, earbuds and wristbands have become very popular due to the improvements in battery, sensor, communication and data processing technologies [1]-[4]. These SWTs allow people to access data over wireless networks to improve quality and efficiency of life [5]-[6]. However, designing of the SWT has several critical issues, one such issue is the wearable antennas operate close to the body [7]-[10]. Thus, the effect of such wearable antennas on human body should be quantified considering the specific absorption rate (SAR) limit. The other issue is that the wearable antennas should be flexible and conformable enough to carry on his daily activities [5].

In the literature, several wearable antenna designs such as patch antenna, microstrip monopole type antenna, printed strip antenna, planar inverted-F antenna are presented. In [11], a flexible rectangular shaped microstrip wearable antenna is introduced for Bluetooth applications. Compared to the circular shaped microstrip antenna, the rectangular shaped provides a larger bandwidth as well as an easily manufacturing advantages. In addition, in [12] a planar inverted-F antenna (PIF) implemented in smartwatch is suggested for both Wi-Fi and Bluetooth frequency bands. The overall size of the PIF antenna makes it suitable for placing at different positions. Another interesting work is presented in [13], where a planar dipole antenna on fully flexible rubber polymer composite is used for wearable applications in the 2.36-2.50 GHz band. The composite planar dipole antenna provides a significant improvement in both mechanical and electromagnetic properties.

In the proposed study, a novel planar monopole antenna operating in different frequency ranges is considered. In Section 2, the design and performance of the considered planar monopole antenna with and without smart glasses is demonstrated. Moreover, in this section the distribution of the SAR values as well as 3D far field radiation patterns of the proposed antenna are presented at the resonant frequencies by considering the head phantom model. Finally, Section 3 presents the conclusions of this study.

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 264-295-5813.*
E-mail address: nisanci@sakarya.edu.tr (M.H. Nisanci).

2. PDM ANTENNA DESIGN AND NUMERICAL RESULT ANALYSIS

In this study, initially, a planar dual band monopole antenna for GPS and Bluetooth frequency bands is designed by using a full-wave commercial electromagnetic solver CST Microwave Studio (MWS) [14]. The basic geometry of the proposed antenna which consists of two conducting patches printed onto a grounded dielectric substrate with a relative permittivity of εr and a thickness of T_{Subst} is shown in Fig. 1. As can be seen from Fig.1, in the design of PDM antenna, two monopoles are placed in parallel with a gap of $W_{Gap\text{-}Monop}$ in between them to provide dual band-notched frequency response. The longer monopole of $L_{Monop\text{-}1}$ is optimized to resonate at 1.575 GHz, whereas the shorter monopole of $L_{Monop\text{-}2}$ is optimized to resonate at the upper 2.4 GHz frequency. Finally, the optimized dimensions for the proposed antenna are listed in Table I.

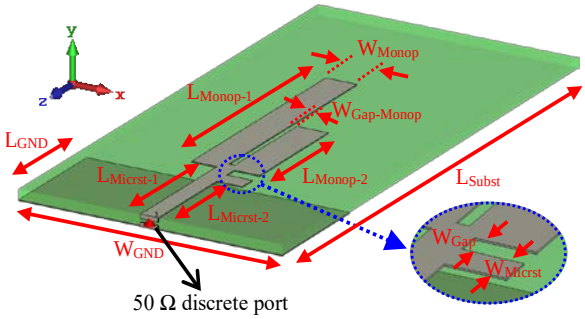


Fig. 1. Proposed planar dual band monopole antenna

Table I. Optimized design parameters of the proposed antenna

Parameter	Value	Parameter	Value
L_{GND}	20 mm	$L_{Monop\text{-}2}$	20.33 mm
W_{GND}	45 mm	W_{Monop}	5.36 mm
L_{Subst}	89.01 mm	$W_{Gap\text{-}Monop}$	0.93 mm
$L_{Micrst\text{-}1}$	22.44 mm	W_{Gap}	2.24 mm
$L_{Micrst\text{-}2}$	17.20 mm	T_{Subst}	1.6 mm
W_{Micrst}	3 mm	ε_r	4.4
$L_{Monop\text{-}1}$	40 mm		

In the simulations, the designed antenna is excited by a Gaussian pulse using a 50 Ω S-parameter discrete port between the monopole and ground (GND) plane as shown in Fig 1. Fig. 2 shows the simulated return loss characteristics of the proposed antenna in the frequency range of 1 GHz to 3 GHz.

It can be clearly seen from the simulation results, two resonant frequencies at about 1.575 and 2.4 GHz are successfully achieved. The 10 dB return loss bandwidths for the lower and the upper resonant frequencies are 190 MHz (1.48 GHz-1.67 GHz) and 150 MHz (2.34 GHz-2.49 GHz) respectively. This makes the proposed PDM antenna suitable for GPS and Bluetooth applications [15]-[16]. To observe the operating principle of the proposed dual-band antenna, the surface current distributions are simulated at each of its resonant frequencies. As shown from Fig. 3, the current mainly distributed along the longer and shorter monopoles at 1.57 and 2.4 GHz respectively. As expected, the resonant frequency is related with the monopole dimensions and this indicates that the lower resonant frequency is associated with the longer monopole whereas the higher resonant frequency is associated with the shorter monopole.

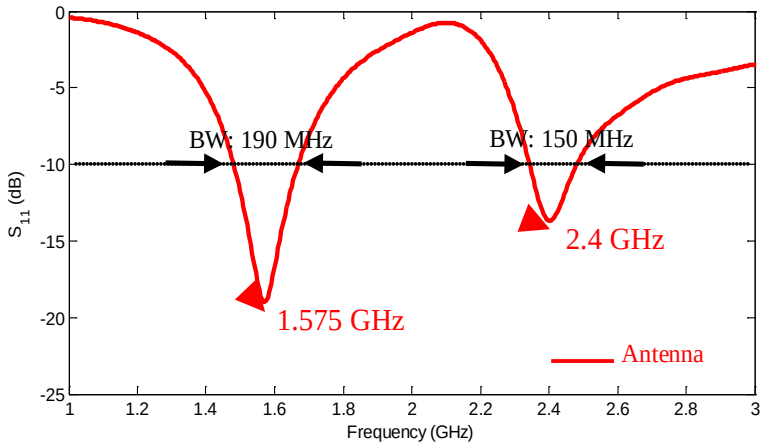


Fig. 2. Simulated return loss characteristics of the proposed antenna

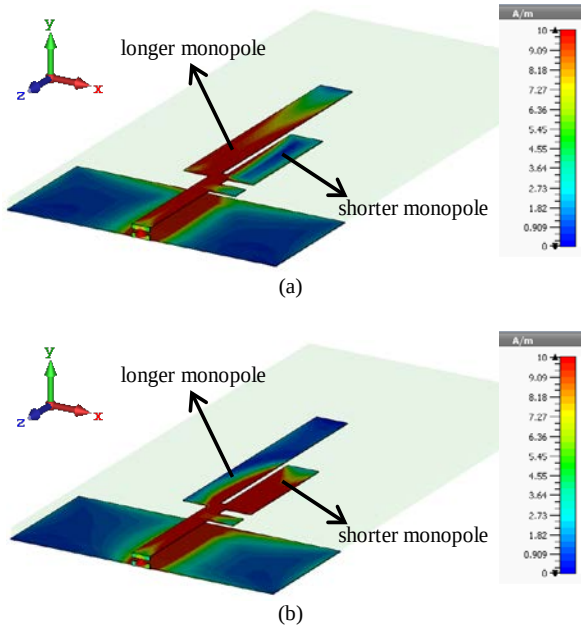


Fig. 3. Surface current distributions of the proposed antenna (a) at 1.575 GHz and (b) 2.4 GHz

In the second phase of the study, the designed antenna is located inside the plastic frame of the smart glasses shown in Fig. 4. As it can be seen from Fig. 4, the considered smart glasses include a front camera with microphone mounted at the corner of the frame, a battery at the end of the temple arm, a prism installed at one side of the lens as well as GPS, Wi-Fi, Bluetooth and GSM antennas located inside the frame. It is worth to note that in the design of PDM antenna, the right temple arm is used for GPS and Bluetooth antennas while the other temple arm is left for GSM antenna. The overall dimensions of the smart glasses are illustrated in Fig. 5, with the top, front, and side views. In order to analyze the effect of the smart glasses on the performance of the antenna, the design shown in Fig. 6 is simulated in the frequency range of interest. Finally, the return loss characteristics of the antenna with and without smart glasses are compared in Fig. 7.

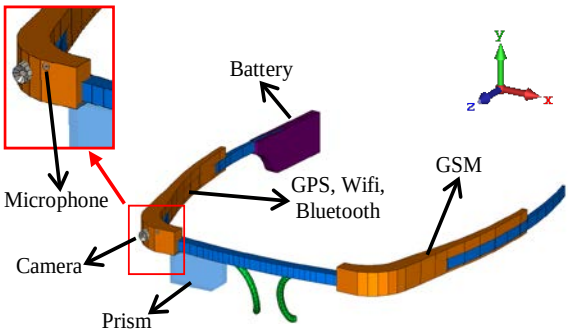


Fig. 4. Considered smart glasses

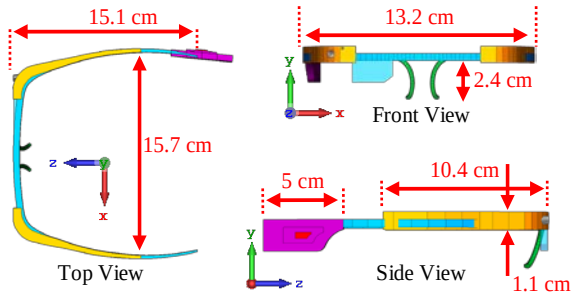


Fig. 5. Overall dimensions of the smart glasses

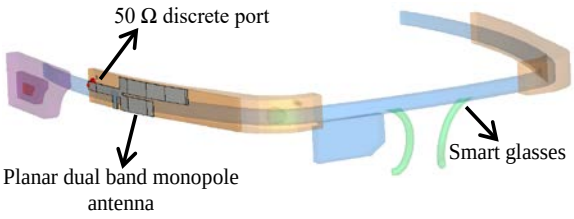


Fig. 6. PDM antenna location

From Fig. 7, it can be clearly seen that the lower and higher resonant frequencies of the proposed antenna with smart glasses respectively shift approximately 20 MHz and 30 MHz towards low frequency side in comparison with the resonant frequencies of the antenna without smart glasses. This shift occurs due to the dielectric material characteristic of the plastic frame coated on the PDM antenna. Consequently, the results compared in Fig. 7 are in good agreement with each other.

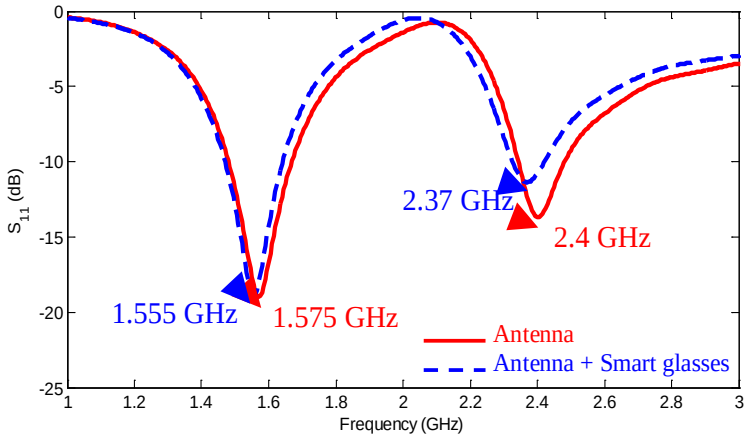


Fig. 7. Simulated return loss characteristics of the antenna with and without smart glasses

In the third phase of the study, since the smart glasses with the designed PDM antenna is located on the side of the user's head next to the eye, the specific absorption rate (SAR) of the proposed antenna on head phantom model is simulated. The phantom model shown in Fig. 8 consists of head equivalent shell filled with a liquid. The complex frequency dependent dielectric permittivity values of the head equivalent shell and liquid are plotted in Fig. 9(a) and Fig. 9(b) respectively.

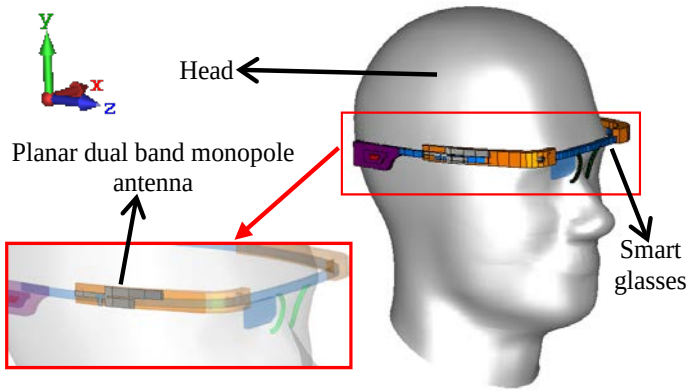
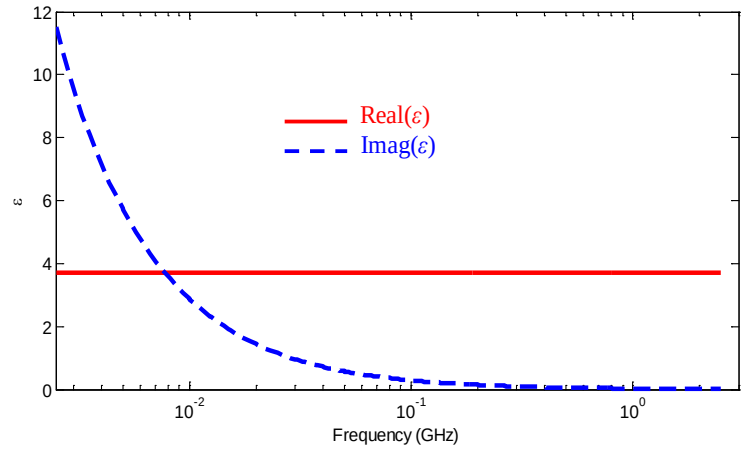
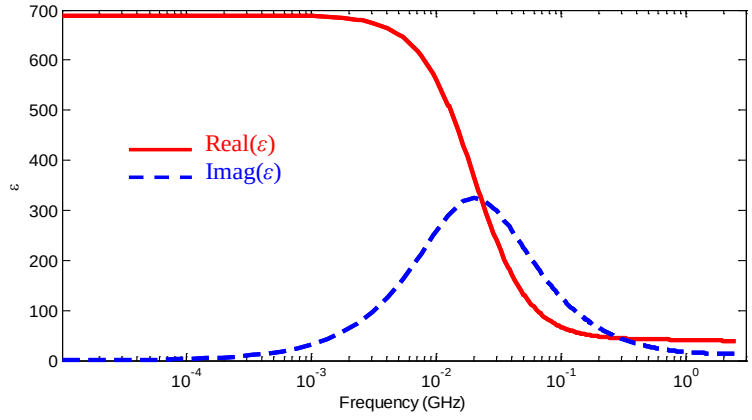


Fig. 8. Head phantom model



(a)



(b)

Fig.9. Complex frequency dependent dielectric permittivity values of the head phantom model (a) equivalent shell and (b) equivalent liquid

The distribution of the SAR values averaged over 1g are presented in Fig. 10 both for the lower and the upper resonant frequencies of the proposed antenna. Fig. 10 shows the peaks of the simulated SAR values at 1.575 GHz and 2.4 GHz are 0.5056 W/kg and 0.6854 W/kg respectively. Considering the limits specified by IEEE C95.3 standard, both peak values are below the SAR limit of 1.6 W/kg [17].

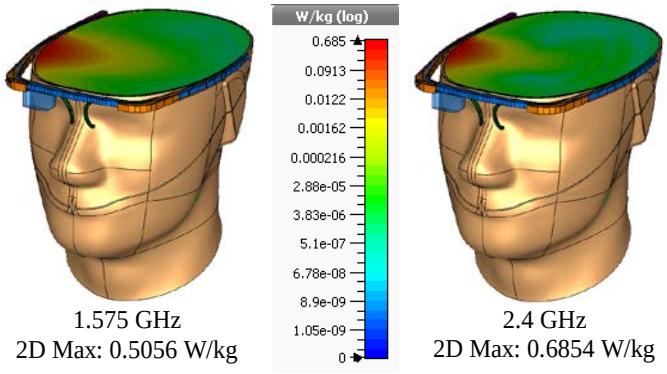


Fig. 10. Simulated SAR values (a) at 1.575 GHz and (b) 2.4 GHz

This study is completed by computing the 3D far field radiation patterns of the proposed antenna with smart glasses at the resonant frequencies. It can be seen from Fig. 11, the main lobe directions are almost perpendicular to the ground plane and radiated out from the front of the antenna. Therefore, the proposed antenna effectively radiates its energy outward from the user's head to space which reduces the biological effects of the antenna.

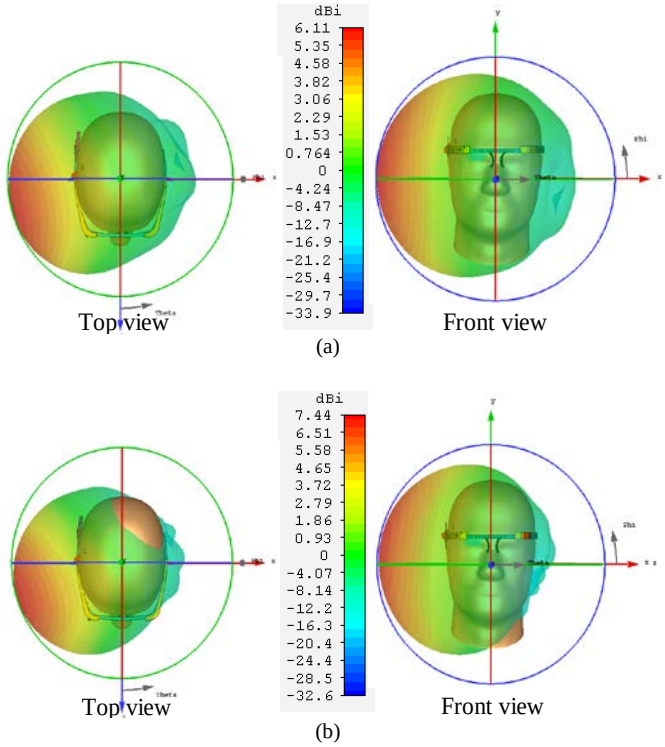


Fig. 11. 3D far field radiation patterns of the proposed antenna (a) at 1.575 GHz and (b) 2.4 GHz.

3. CONCLUSION

In this study, a dual band antenna design based on planar monopole is proposed. The designed antenna resonates at two frequency bands that are the one with 1.575 GHz central frequency and 190 MHz bandwidth and the other with 2.64 GHz central frequency and 150 MHz bandwidth. Moreover, the designed antenna is

located on the right temple arm of the smart glasses. Then, the return loss characteristics of the antenna with and without smart glasses are compared in the frequency range of interest. The comparison demonstrates that there are only 20 MHz and 30 MHz differences between the central frequencies of the antenna with and without smart glasses for lower and higher resonant frequencies, respectively and these values are in the bandwidth range of the antenna. Finally, the SAR values and 3D far field radiation patterns of the smart glasses with head phantom model are presented at the resonant frequencies. The SAR values which meet the IEEE C95.3 standard limits are 0.5056 W/kg and 0.6854 W/kg at 1.575 GHz and 2.4 GHz respectively. From far field results, it is observed that the directivities of the PDM antenna are 5.75 dBi at lower resonant frequency and 6.64 dBi at higher resonant frequency. Moreover, the antenna radiates its energy outward from the user's head thus it makes the antenna preferable in the means of the biological side effects.

REFERENCES

[1] Bashir S., Khan, M. S., Jan, K. U., Ullah, S., Performance enhancement of wearable antenna using high impedance surfaces, *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 9(1); 30-39, 2017.

[2] Agneessens, S., Lemey, S., Vervust, T., Rogier, H., Wearable, small, and robust: The circular quarter-mode textile antenna, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 14; 1482-1485, 2015.

[3] Salam, A., Khan, A. A., Hussain, M. S., Dual band microstrip antenna for wearable applications, *Microwave and Optical Technology Letters*, 56; 916-918, 2014.

[4] Sundarsingh, E. F., Velan, S., Kanagasabai, M., Sarma, A. K., Raviteja, C., Alsath, M. G. N., Polygon-shaped slotted dual-band antenna for wearable applications, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 13; 611-614, 2014.

[5] Flint, J. A., Seager, R. D., Ali, U., Ullah, S., Khan, J., Shafi, M., Kamal, B., Basir, A., Design and SAR analysis of wearable antenna on various parts of human body using conventional and artificial ground planes, *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 12; 317-328, 2017.

[6] Lee, J., Kim, D., Ryoo, H.-Y., Shin, B.-S., Sustainable wearables: Wearable technology for enhancing the quality of human life, S*ustainability*, 8(5); 2-16, 2016.

[7] Soh, P. J., Vandenbosch, G., Wee, F. H., Bosch, A., Martinez-Vazquez, M., Schreurs, D., Specific absorption rate (SAR) evaluation of textile antennas, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 57; 229-240, 2015.

[8] Cabedo, A., Anguera, J., Picher, C., Ribó, M., Puente, C., Multiband handset antenna combining a PIFA, slots, and ground plane modes, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 57(9); 2526-2533, 2009.

[9] Singh, N., Singh, A. K., Singh, V. K., Design and performance of wearable ultrawide band textile antenna for medical applications, *Microwave and Optical Technology Letters*, 57; 1553-1557, 2015.

[10] Hertleer, C., Tronquo, A., Rogier, H., Vallozzi, L., Langenhove, L. V., Aperture-coupled patch antenna for integration into wearable textile systems, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 6; 392-395, 2007.

[11] Sankaralingam, S., and Gupta, B., A bluetooth antenna for on-body communications, *In: Proceedings of European Conference on Antennas and Propagation*, Barcelona, Spain, Apr. 12-16, 2010.

[12] Nisanci, M. H., Teşneli, A. Y., Tesneli, N. B., Gurler, E., A smartwatch design with a novel PIF antenna for Wi-Fi and bluetooth frequencies and analysis on a human hand modal, *Sakarya University Journal of Science*, 22(1); 128-134, 2018.

[13] Al-Sehemi, A. G., Al-Ghamdi, A. A., Dishovsky, N. T, Atanasov, N. T., Atanasova, G. L., Flexible and small wearable antenna for wireless body area network applications, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 31(11); 1063-1082, 2017.

[14] Computer Simulation Technology, CST Studio Suite 2018, User Guide, CST, Darmstadt, Germany, 2018, available at www.cst.com 01-25 April 2010.

[15] Cao, Y. F., Cheung, S. W., Yuk, T. I., A multiband slot antenna for GPS/WiMAX/WLAN systems, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 63(3); 952- 958, 2016.

[16] Bod, M., Hassani, H. R., Taheri, M. M. S., Compact UWB printed slot antenna with extra bluetooth, GSM, and GPS bands, *IEEE Antennas Wireless Propagation Letters*, 11; 531-534, 2012.

[17] Belrhiti, L., Riouch, F., Tribak, A., Terhzaz, J., Sanchez, A. M., Internal compact printed loop antenna for WWAN/WLAN/ISM/LTE smartphone applications, *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, 9(10); 1961-1973, 2017.

Muhammet Hilmi Nisanci was born in Istanbul, Turkey, in 1983. He received the B.S. and M.S. degrees from Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey, in 2006 and 2009, respectively, both in Electronic and Telecommunication Engineering, and the Ph.D. degree in Electrical Engineering at University of L'Aquila, L'Aquila, Italy, in 2013. Since November 2013, he has been working as an

Assistant Professor in Department of Electrical and Electronics Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey. He was involved in the research activities at the UAq EMC Laboratory from February 2007 to March 2009, L'Aquila, Italy.
His research interests include the numerical analysis of general electromagnetic problems, reverberation/anechoic chambers, interaction of electromagnetic field with dielectrics and composite media, their modeling and application for EMC.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Occupational Health and Safety Awareness Analysis in the Construction Sector of University Students in Eastern Anatolia and Southeast Anatolia

M. Akgül[1*], *Y. Doğan*[2]

[*1] *Tunceli Vocational High School, Tunceli, Turkey*
[2] *Department of Civil Engineering, Tunceli, Turkey*

Abstract

The construction sector is among the sectors with the most economical power in many countries of the world, as well as the sub-sectors it has created as a natural result. In particular, the construction industry is a major economic source for Turkey, deaths that occur each year, resulting in accidents at work are faced with disability and loss of work days. The economic and social losses in the sector have brought together many studies and developments both on the sectoral and academic basis. When combined with evolving and advancing technology, complex business environments and human rights / freedoms, many countries have brought many legal regulations to the agenda.

Numerous studies have been carried out with construction workers sampling on work accidents in the construction sector. However, a number of studies have been carried out with the sampling of construction engineers and construction technicians. The universe of this work is constituted by a total of 835 students enrolled in the civil engineering and construction program of different universities in Eastern Anatolia and Southeastern Anatolia. Participants have established a focus on working to identify occupational health and safety training and awareness levels. This study finds that the participants will be able to transition to the sector and business fields without having to provide in-service training, as awareness about occupational health / work safety and work accidents.

As a result of the evaluations of the questionnaire survey data applied to the research universe, it is seen that the participants gain knowledge and gain about occupational health and safety with different application methods until the graduation period, as well as the education / course / certificate programs on occupational health and safety as compulsory / elective courses in universities, state sanction. When we consider that the participants do not have enough knowledge about the existing legal regulations with a significant percentage, and that they do not know their legal rights / responsibilities in case of a possible accident; it is possible to say that great tasks and expectations have been put into public institutions and organizations in such educational programs.

Keywords: Construction sector**,** health and safety in workplace, work accidents, awareness of occupational safety

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 428 213 17 94*
E-mail address: melekakgul@munzur.edu.tr.

1. GİRİŞ

İşçi sağlığı ve iş güvenliği, iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi için yapılması gereken tüm uygulamaları, çalışma ortamında alınması gereken tüm önlemleri, risk analizleri ve acil durum planlarının hazırlanması ve uygulanması, ortam gözetimlerinin sağlanması, yapılan çalışmalarda çalışanların işçi sağlığı ve iş güvenliği eğitimleri almalarının sağlandığı ve bu alanda çalışana, devlete ve işverene haklar ve sorumluluklar yüklemiş olan gelişmiş olan bir sistemdir [1].

İş sağlığı; Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından; "Bütün mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hallerinin en üstün düzeyde tutulması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi çalışmalarıdır." şeklinde tanımlanmıştır. İş güvenliği, yapılan iş nedeniyle oluşabilecek her türlü uzun ve kısa vadeli sağlık problemlerini ortadan kaldırmayı amaçlayan çalışmaların geneline verilen isimdir. Genel itibari ile iş sağlığı ve güvenliği kavramı birçok gelişmiş ülkede ücretli çalışılıp çalışılmamasına bakılmaksızın her türlü iş kolunu kapsamaktadır [2].

İş sağlığı ve güvenliği kültürü sanayileşmiş, gelişmiş ülkelerde ilerleyen teknolojik gelişmeler ışığında 20. YY da kendini daha belirgin şekilde gösteren bir olgu olmuştur. Zamanla özellikle yaşanan ölüm ve malullük ile sonuçlanan kazalar gerek sosyo-ekonomik düzeyde gerekse sağlık alanında dikkat çeker şekilde ülkelerin gündemine taşınmıştır.

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiklerine göre, 2009 yılında ülkemizde 64316 iş kazası, 429 meslek hastalığı vakası tespit edilmiştir. Bunların 1171'i ölümle sonuçlanırken, 1885 kişi sürekli iş göremez hale gelmiştir. 2009 yılında iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu kaybedilen iş günü sayısı ise 1 milyon 533 bin 749'dur. Son yıllarda İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) çalışmalarının ülke düzeyinde etkinliğinin artırılması sonucunda meydana gelen iş kazası sayılarında önemli bir azalma olmuştur. Ancak gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında, gerek meydana gelen kaza sayıları, gerekse ölüm sayıları dikkate alındığında hâlâ iş güvenliği açısından çok iyi bir noktada olmadığımız bir gerçektir [3].

İnşaat sektörü ve onun beraber yarattığı yan sektörler en fazla insan gücüne dayalı sektörlerdir. İşçiler, teknikerler, teknisyenler, mühendisler, yöneticiler ve operatörler bu sektörün ayrılmaz ve vazgeçilmez bileşenleridir. İnşaat sektörü ilerleyen teknoloji ile beraber birçok gelişme ve değişime maruz kalmıştır. Teknoloji ve makineleşmeden dolayı da iş sahaları daha karmaşık ve hassas bir hal almıştır. Tüm bu sebepler daha uygun kontrol sistemlerine ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Bu kontrol sistemlerin en önemli kaynağı da iş sağlığı ve güvenliğine dair yasal düzenlemelerdir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kazaların yoğunlaştığı sektörler vardır. İnşaat en tehlikeli işkollarından birisidir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre inşaat işçileri, diğer sektörlerde çalışan işçilere oranla 3-6 kat daha fazla kazaya uğrama riski taşımaktadırlar. Ülkemizde inşaat sektörü gerek ölümlü, gerekse sürekli iş göremezlik kaza sıklığının en fazla olduğu sektördür. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre, ülkemizde bir yılda gerçekleşen tüm iş kazalarının yaklaşık %9'u, sürekli iş göremezliklerin % 18'i ve ölümlü iş kazalarının % 28'i inşaat işlerinde gerçekleşmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın iş kazalarıyla mücadele açısından belirlediği öncelikli üç sektörden birisi de inşaat sektörüdür [3].

İş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenebilmesi için ülkemizde de 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği yasası çıkarılmıştır. Bu yasayla birlikte farklı sektörlerde iş sağlığı ve güvenliği daha fazla eleştirilere, inceleme ve düzenlemelere açık bir kavram haline gelmiştir. Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğinde özellikle sektörün aktif rol oynayan bireylerinde farkındalık yaratmanın ilk basamağı bu alandaki temel ve zorunlu iş sağlığı ve güveliği eğitimleri ile sağlanabilmektedir.

Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için gerekli yasal düzenlemeler; 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliği, Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, Yapı Müteahhitlerinin Kayıtları ile Şantiye Şefleri ve Yetki Belgeli Ustalar Hakkında Yönetmelik, Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik ve Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiştir. Bunların dışındaki bazı kanun ve yönetmeliklerde de iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hükümler bulunmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili 2012 yılından itibaren peyderpey yürürlüğe girmiş olan yasal mevzuat; uygulanabilmesi durumunda yeterli görünmekle birlikte, yapılan araştırmalar, inşaat sektöründe istenen düzeyde uygulanmadığını göstermektedir. Sektörün kendine has özellikleri ile yasal düzenlemelerin getirdiği kurallara hazır olmaması nedeniyle, tüm sektörler arasında iş kazası açısından en riskli sektörlerden birisi olan inşaat sektörünün, iş sağlığı ve güvenliği açısından beklenen seviyeye ulaşması zaman alacaktır [4]. 2016 yılı verilerine göre ülkemizde yaşanan ölümlü iş kazalarının %35'i inşaat sektöründe gerçekleşmiştir [5].

2. YÖNTEM

Bu çalışmada Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yer alan farklı üniversitelerde toplamda 835 katılımcıya yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Katılımcılar Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan farklı üniversitelerde eğitim alan inşaat mühendisi ve inşaat programı öğrencilerinden oluşmaktadır.

Değerlendirmelere kaynak olan anket çalışması iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde demografik özelliklerin tespitine yönelik sorular ve iş sağlığı, güvenliği ile ilgili geçmiş deneyimler ve eğitimler/memnuniyet durumları, eğitim

kaynakları, kanalları ve iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili beklentilerine yönelik 17 çoktan seçmeli soru yer almaktadır. İkinci bölüm ise 15 soruluk 5'li likert çalışmasından oluşmaktadır. Verilerin analizinde SPSS (Statistical Package For Social Sciens) Paket programı kullanılmış gerekli tablo ve değerlendirmeler elde edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde gerekli anlamlılık, güvenilirlik ve geçerlik test edilmiş olup sorular arasında korelasyonlar elde edilmiştir. Verilerin güvenilirlik ve geçerliğini etkileyecek düzeyde eksik ve yanıltıcı kodlamaların yer aldığı anketler çalışmaya dahil edilmemiştir. Gerekli frekans ve çapraz değerlendirmeler yapılmış ve yorumlamalar getirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

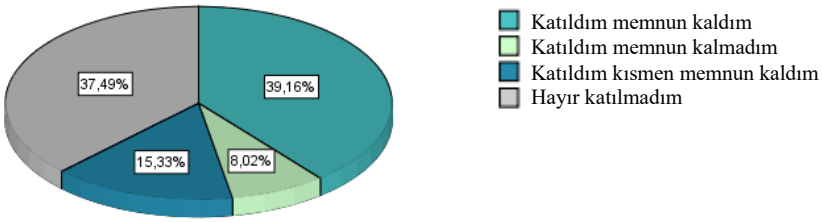
Yaş dağılımı; Katılımcıların %1,3 ile 14-18 yaş aralığı, %85,9 ile 19-25 yaş aralığı, %10,3 ile 26-35 yaş aralığı, %1,8 ile 36-45 ve %0,7 ile 46 ve üzeri yaş aralığındadır.

Eğitim durumu verileri; Katılımcıların %73,06'sı inşaat mühendisliği öğrencisi ve %26,94'ü inşaat programı öğrencisinden oluşmaktadır. Ayrıca katılımcılardan İnşaat mühendisliği 1. Sınıf öğrencileri %9,10, 2. Sınıf öğrencileri %12,57, 3. Sınıf öğrencileri 23,71, 4. Sınıf öğrencileri %27,78 iken inşaat programı 1. Sınıf öğrencileri 13,29 ve 2. Sınıf öğrencileri %13,53'tür.

Şantiyede Aktif Şekilde Bulunma Durumu Verileri; Katılımcıların %43,47 ile hiç bulunmadığını belirtirken, %30,90 ile 12 aydan az, %11,02 ile 13-24 ay, %3,95 ile 25-36 ay,%2,04 ile 37-48 ay, %8,62 ile 49 ay ve daha fazla bulunduğu cevabını vermiştir.

Tablo. I. Şantiyede aktif şekilde bulunma durumu verileri (kişi)

Grup	12 aydan az	13-24 ay	25-36 ay	37-48 ay	49 ay ve daha fazla	Hiç bulunmadım
Müh Fak. 1. Sınıf	14	12	6	1	2	41
Müh Fak. 2. Sınıf	23	13	5	0	12	52
Müh Fak. 3. Sınıf	67	16	6	5	17	87
Müh Fak. 4. Sınıf	89	31	6	4	20	82
MYO 1. Sınıf	26	8	5	4	11	57
MYO 2. Sınıf	39	12	5	3	10	44
Toplam	258	92	33	17	72	363



Grafik. I. İş sağlığı ve güvenliğine dair herhangi bir eğitim/ders/sertifika programına katılma /memnuniyet durumu verileri

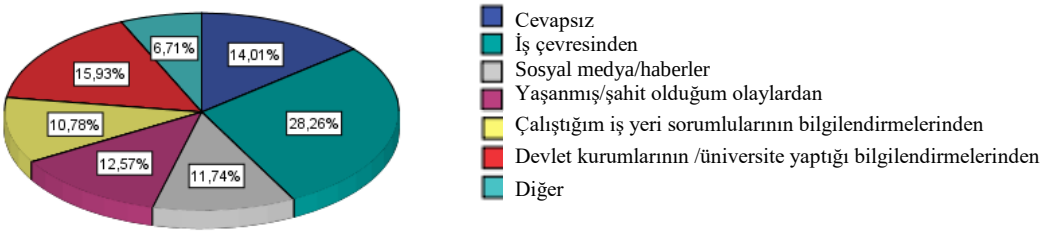
Tablo. II. İş sağlığı ve güvenliğine dair alınan eğitim/ders/sertifika programından memnuniyet durumu verileri (kişi sayısı)

Grup	Evet katıldım			Hayır katılmadım
	Memnun kaldım	Memnun kalmadım	Kısmen memnun kaldım	
Mühendislik Fak. 1. Sınıf	29	4	14	29
Mühendislik Fak. 2. Sınıf	35	9	11	50
Mühendislik Fak. 3. Sınıf	56	17	21	104
Mühendislik Fak. 4. Sınıf	94	19	50	69
MYO 1. Sınıf	58	8	16	29
MYO 2. Sınıf	55	10	16	32
Toplam	327	67	128	313
G. Toplam	835			

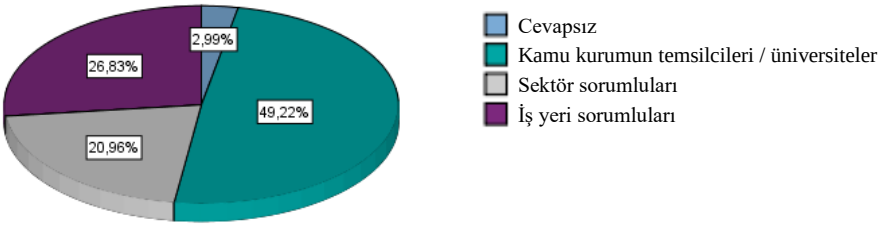
İş sağlığı ve güvenliğine dair her hangi bir eğitim/ders/sertifika programına katılan katılımcıların hangi eğitim türünü aldıklarına dair sorulan soruda; katılımcıların %5,2'si cevap vermemişken, %32,3'ü üniversitede seçmeli ders, %20,9'u üniversitede zorunlu ders, %7,0'si halk eğitim sertifika programı, %10,1'i özel kurs sertifika programı, %18,9'u seminer/ sempozyum/konferans, %5,6'sı diğer eğitimler cevabını vermiştir.

İş sağlığı ve güvenliğine dair eğitim/ders/sertifika programının nasıl olması gerektiğine dair sorulan soruda; katılımcıların %56,77'si üniversitede zorunlu ders, % 21,80'i üniversite seçmeli ders, %15,09'u gönüllü katılımlı ücretsiz kurs, % 3,35'i ücretli kurs cevabını verirken katılımcıların %2,99'u ise cevap vermemiştir.

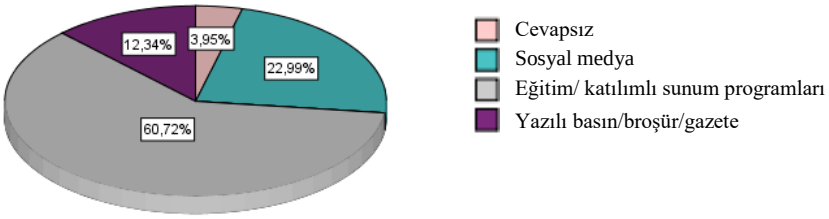
Herhangi bir kaza anında birinci dereden sorumlu kimdir sorusuna; katılımcıların %45,98'i şantiye şefi cevabını vermiştir. Bu cevabı veren katılımcıların %25,86'sı inşaat mühendisliği 3 ve 4. Sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Tüm katılımcıların %14'ü bilgim yok, %16,8'i ise firma sahibi cevabını vermiştir.



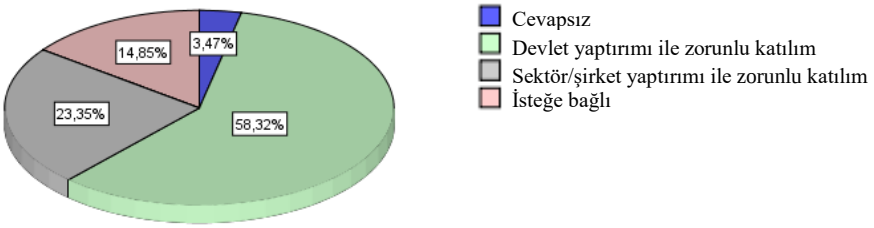
Grafik. II. Şantiye sorumlusunun kim olduğuna dair bilgi edinme kaynağı verileri



Grafik. III. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmeyi öncelikle kimler tarafından yapılması gerektiğine dair veriler

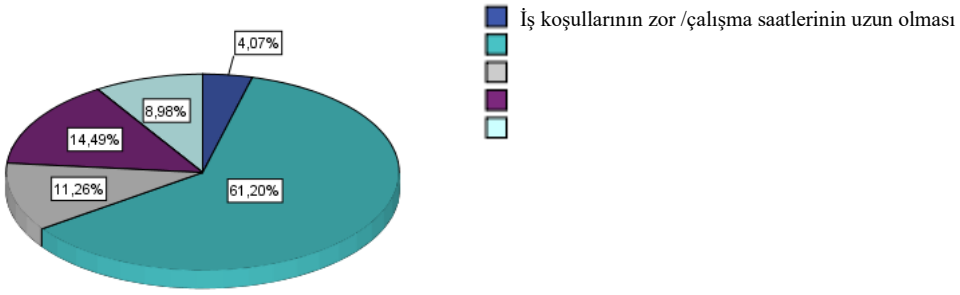


Grafik. IV. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmenin hangi kanalla yapılması daha ulaşılır olacağına dair veriler

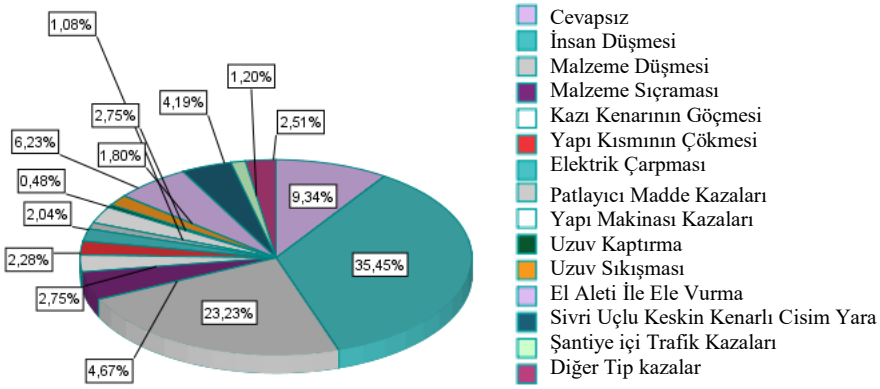


Grafik. V. İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmenin nasıl yapılması gerektiğine dair veriler

Cevapsız
İşveren/firma yetkililerinin gerekli tedbirleri almaması
Yanlış / eksik malzeme – eleman kullanımı
Çalışanların dikkatsizliği



Grafik. VI. İş kazalarının birinci dereceden sorumlusu hakkında veriler



Grafik. VII. İnşaat sahasında gerçekleşme oranı en yüksek olan iş kazası verileri dağılımı

Katılımcıların %43,47 ile şantiye ortamında hiç bulunmadığını belirtirken bu oran öğrencilerin ştaj da dahil olmak üzere iş sahasına olan yabancılıklarını göstermektedir.

İş sağlığı ve güvenliğine dair her hangi bir eğitim/ders/sertifika programına katılan katılımcıların % 53,2'si üniversitede seçmeli/zorunlu ders aldığını belirtmiştir. İş sağlığı ve güvenliğine dair eğitim/ders/sertifika programının nasıl olması gerektiğine dair sorulan soruda; katılımcıların %78,57'si üniversitede seçmeli/zorunlu ders şeklinde olması gerektiğini belirtmiştir. Katılımcıların %49,22'si İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgilendirmenin öncelikle Kamu kurumun temsilcileri/üniversiteler tarafından yapılması gerektiği kanısındadır (bk. Grafik 3). Hangi kanalın bilgilendirmeler için daha uygun olacağı sorusuna katılımcıların %60,72'sı Eğitim/katılımlı sunum programları cevabını verirken sosyal medya, yazılı basın/broşür/gazete gibi kanallar bu değerin çok çok gerisinde kalmıştır (bk. Grafik 4). Herhangi bir eğitim ve bilgilendirmenin nasıl olması gerektiği sorusuna katılımcıların % 58,32'si devlet yaptırımı ile zorunlu katılım cevabını vermiştir (bk. Grafik 5).

Şantiye Sorumlusunun Kim Olduğu hakkında bilgi edinme kaynağına yönelik sorulan soruda; katılımcıların %28,26'sı iş çevresinden bilgi edindiğini belirtmiştir (bk. Grafik 2). İş çevresinden bilgi edindiğini belirten katılımcıların %86,2'si inşaat mühendisliği 3 ve 4. Sınıf ile inşaat teknikerliği 2. sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır Buda öğrencilerin bilgi edinme düzeylerine iş sahasında staj da dahil olmak üzere aktif şekilde bulunmalarının katkısına vurgu yapmaktadır.

Bu veriler ışığında katılımcıların büyük bir yüzdesi eğitim/sertifika/bilgilendirme programlarını kamu kurum ve kuruluşlarından ve özellikle üniversite eliyle zorunlu yapılması gerektiği kanısındadır.

5'li likert sorularına bağlı olarak değerlendirmeler; (X=aritmetik ortalama)

X= 1-1,79 Aralığı “kesinlikle katılmıyorum”
X= 1,80- 2,59 Aralığı “katılmıyorum”
X= 2,60 – 3,39 Aralığı “bilgim yok”
X= 3,40 – 4,19 Aralığı “katılıyorum”
X= 4,20 – 5,00 Aralığı “kesinlikle katılıyorum”

1. “Dünyada iş kazalarının gerçekleştiği sektörler arasında inşaat sektörü üst sıralarda yer almaktadır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=4,40) ile yargı “kesinlikle katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %58,7’si “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.
2. “Türkiye’de iş kazalarının gerçekleştiği sektörler arasında inşaat sektörü üst sıralarda yer almaktadır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=4,33) ile “kesinlikle katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %55,1i “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.
3. “Türkiye’de inşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarının büyük bir yüzdesi ölüm-malullük ile sonuçlanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,86) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %35,9 ü “katılıyorum”, %30,1i “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.
4. “Dünyada inşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarının büyük bir yüzdesi ölüm-malullük ile sonuçlanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,63) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %33,5i “bilgim yok” ve %33,2’si “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
5. “Türkiye’de inşaat sektöründeki ekonomik büyüme tüm sektörler ile kıyaslanırsa üst sıralarda yer alır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,67) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %28,7’si “katılıyorum”, %33,9’u “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.
6. “Türkiye’de inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için alınan önlemler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,23) ile “katılmıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %36,5’i “kesinlikle katılmıyorum” % 29,2’si “katılmıyorum” yanıtını vermiştir.
7. “Dünyada inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için alınan önlemler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,67) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %28,9’u “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
8. “Türkiye’de inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için yapılan yasal düzenlemeler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,37) ile “katılmıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %28,1’i “kesinlikle katılmıyorum” ve %31,1’i “katılmıyorum” yanıtını vermiştir.
9. “Dünyada inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için yapılan yasal düzenlemeler yeterlidir.” Yargısına, katılımcıların yok yorumu (X=2,79) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %22,5’i “katılmıyorum” ve %34,9’u “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
10. “İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal düzenleme ve mevzuat hakkında bilgim vardır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,24) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %43,4’ü “bilgim yok” ve %28’i “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
11. “Yasal haklarımı ve herhangi bir kaza anında yapmam gerekenleri biliyorum.” Yargısına, yorumu (X=3,35) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %32,8’i “bilgim yok” ve %34,9’u “katılıyorum” yanıtını vermiştir.
12. “İş kazalarına sebebiyet verebilecek teçhizat/alet çalışanlar tarafından doğru şekilde kullanılmaktadır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,99) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %29’u “katılmıyorum” ve %25’i “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
13. “İnşaat sahasındaki kazaların büyük bir yüzdesi eksik – yanlış ekipman kullanımından kaynaklanır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,60) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %35,2’si “katılıyorum” ve % 24,9’u “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.
14. “İnşaat sektörünün çalışanları yasal mevzuat ve hakları konusunda yeterince bilgilendirilmektedir.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=2,79) ile “bilgim yok” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %25,7’si “katılmıyorum” ve %21,4’ü “bilgim yok” yanıtını vermiştir.
15. “İş kazalarının çoğu iş/şirket sorumlularının gerekli tedbirleri almamasından kaynaklanmaktadır.” Yargısına, katılımcıların yorumu (X=3,90) ile “katılıyorum” şeklindedir. Ayrıca katılımcıların %30,4’ü “katılıyorum” ve %41,2’si “kesinlikle katılıyorum” yanıtını vermiştir.

İnşaat sektörünün iş hacmi, ciro, ve artan hızla devam eden büyüme potansiyeli gibi olumlu verilerinin yanı sıra iş kazları gibi hukuki/sosyal/ekonomik kayıplara yol açan kollarının da var olması sektöre hazır ve donanımlı bireylerin gerekliliğini doğurmaktadır. Bu anlamda üniversitelerin öncelikle zorunlu/seçmeli ders sonrasında ise konferans/seminer/tanıtım günleri/sertifikalı kurs uygulamaları gibi öğrencilerin gerek sektör gerekse iş sağlığı/iş

güvenliği/iş kazaları alanında gerekli donanıma erişmesi sağlanmalıdır. Bu çalışmada elde edilen verilerden de katılımcıların en fazla istek ve verimi bu kaynaklardan sağladığı görülmektedir.

4. REFERENCES

[1] Ö. Akboğa Kale, S. Yanık "İnşaat Sektörü Çalışanlarının İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Eğitimleri Konusundaki Bilinç Düzeylerini Ölçmeye Yönelik Bir Sektörel Araştırma" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 639~651, 2018

[2] isgnedir.com.tr, (2018), erişim https://www.isgnedir.com/is-guvenligi-nedir/

[3] Ceylan H., "Türkiye'deki İş Kazalarının Genel Görünümü Ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması", International Journal of Engineering Research and Development, Vol.3, No.2, June 2011

[4] Ş. T. Güvel, E. Laptalı Oral, "İş Sağlığı ve Güvenliği Yasal Mevzuatının Türkiye İnşaat Sektöründe Uygulanma Düzeyi" Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, 33(1), pp. 189-198, March 2018

[5] A. Bilim, O. N. Çelik "Türkiye'deki İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Genel Değerlendirmesi" Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Volume 7, Issue 2, 725-731, 2018

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Effects of $Na_2SO_4.10H_2O$ on Marble Glossiness

F.Polat Güzel[1] , D.Eren Sarıcı[2], N.Kızılkaya1[3], Engin Özdemir[4]

[1,2,3,4]Department of Mining Engineering, School of Engineering, Malatya, Turkey

Abstract

The acid rain and salt crystallization are the most powerfull effect on surface quality of natural stones which were used as decorative and cladding purposes. Natural building stones are exposed to various physical, chemical and environmental effects. Some of these effects are atmospheric pollution, natural geochemical and physical processes-slow dissolution by rain water, salt deposition and recrystallization, freeze-thawing cycles, spalling, climatic factors, air pollution, industrial pollutant, chemical contaminants, solar radiation, (notably acid rain), bio deterioration and thermal effects. It is well known that deterioration effects of SO_2 and NO_2 especially in industrial area.

In this study some marbles were subjected to %14 $Na_2SO_4.10H_2O$ solutions during 30 days. The changes of surface glossiness and some physical properties (porosity, dry unit weight, water absorbtion capacity) were evaluated. As the cycles progressed, it has been seen that the surface gloss values of the samples decreased, the pores expanded and the fractures developed.

Keywords: Marble, natural stones, salt crystallization, surface glossiness

1. GİRİŞ

Doğal taşlarda renk, yüzey parlaklığı gibi estetik özellikler ; dekoratif amaçlarla kullanımını ve satış koşullarını etkikeyen önemli parametrelerdendir. Elverişsiz atmosferik koşullar, tekrarlayan kristalize olma-çözünme, hidrate- dehidrate olma koşulları, güneş ışınlarının yaydığı radyasyona maruziyet, kayaçların ve diğer yapı malzemelerinin hızlı bir biçimde bozunmasına neden olmakta ve yüzey estetik özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek değerini düşürmektedir [1].Bu bozunma sebebiyle kayaçta var olan kırıklar genişlemekte, yeni kırık oluşumları meydana gelmekte, yüzey parlaklığı azalmakta ve ekonomik kayıplar oluşmaktadır. Bu durumu en çok tarihi ve kültürel yapılarda gözlemlemek mümkündür [2]. Doğal taşlarda yüzey kalitesini bozan en önemli etkenlerden bir tanesi olan tuz kristallenmesi olayı ; porozitesi yüksek, su geçirimliliği fazla olan, yeryüzüne yakın bölgelerde bulunan kayaçlarda etkili olan bir bozunma türüdür. Özellikle sodyumsülfat kayaç yüzeyine en fazla zarar veren kirleticidir [3-5].Bu çalışmada bazı mermerler %14 lük $Na_2SO_4.10H_2O$ çözeltisine 30 gün boyunca tabii tutulmuştur. Yüzey parlaklığında ve bazı fiziksel özelliklerinde (porozite, kuru birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi) meydana gelen değişiklikler belirlenerek yüzey parlaklığında gelişen değişimlerle olan ilişkileri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL ve METOD

2.1 Materyal

Deneysel çalışmalarda 4 farklı mermer türü kullanılmıştır. Mermerlerin ticari isimleri ve kodları Çizelge 1'de, fiziksel ve bazı mekanik özellikleri Çizelge 2 'de, verilmiştir.

Çizelge. I. Deneylerde kullanılan örneklerin ticari isimleri, kodları

Örneklerin ticari isimleri	Kodları
Elazığ Vişne	EV
Hazar Yeşil	HY
Malatya Kayısı	MK
Hazar Bej	HB

Çizelge. II. Örneklerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Örnek	Kuru birim hacim ağırlığı (kN/m^3)	Ağırlıkça su emme (%)	Porozite (%)
Elazığ Vişne	26,45±0,144	0,33±0,15	0,91±0,40
Hazar Yeşil	26,38±0,68	0,88±0,30	2,37±0,77
Malatya Kayısı	26,47±0,14	0,22±0,13	0,61±0,35
Hazar Bej	26,55±0,005	0,11±0,03	0,32±0,10

2.2.Tuz Kristallenmesi Döngülerinin Uygulanması

Tuz kristallenmesi deneylerinde $NaSO_4.10\ H_2O$'nun mermer örnekleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Tuz kristallenmesi çevrimleri TS EN 12370'de tanımlanan yönteme göre gerçekleştirilmiştir [6]. Döngülerde %14 lük $NaSO_4.10\ H_2O$ çözeltisi kullanılmıştır. Deneyler için kenar uzunlukları 40±1 mm olan 6 adet numune taş kesme testeresi ile kesilerek hazırlanmıştır. Döngülere başlamadan önce numuneler 105 ºC'lik etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve desikatörde soğutularak tartılmıştır. Daha sonra hazırlanan %14 lük $NaSO_4.10\ H_2O$ çözeltisine daldırılarak (20 ± 0,5)°C'da 2 saat çözelti içerisinde bırakılmıştır. Bekleme süresi sonunda numuneler çözeltiden alınarak etüvde kurutulmuştur Etüv kurutmanın ilk anlarında yüksek bağıl nemlilik sağlayacak şekilde ve numunelerin sıcaklığını 10 saatten az 15 saatten fazla olmayan bir süre içerisinde (105 ± 5)°C ye yükseltecek şekilde düzenlenmiştir. Başlangıçtaki yüksek bağıl nem, soğuk etüve su dolu bir kap yerleştirerek numuneleri koymadan önce (30 ± 5) dakika süreyle ısıtıcıyı çalıştırarak elde edilmiştir.

Numuneler 16 saat süreyle etüvde bırakılmış ve yeniden soğuk $NaSO_4.10\ H_2O$ çözeltisine daldırılmadan önce oda sıcaklığına soğutulmuştur. Bu işlem bir çevrim olarak kabul edilmiştir. Deney süresince numunelere 30 çevrim uygulanmıştır. İşlem sonrası numuneler etüvden alınarak (23 ± 5)°C sıcaklıktaki suda (24 ± 1) saat bekletilmiş, sonunda çeşme suyunda iyice yıkanmıştır. Numuneler yeterince bütünlüklerini muhafaza ediyorsa sabit kütleye kadar kurutulduktan sonra tartılmıştır.Her beş döngü 1 periyod olarak tanımlanmıştır.Döngülerin başlangıcında ve her beş çevrim sonunda numunelerin yüzeyinde parlaklık ölçümleri alınmıştır.

2.3.Fiziksel Özellik Değişimlerinin Belirlenmesi

Yapılan tuz kristallenmesi döngüleri sonucunda mermer örneklerinin fiziksel özelliklerinde (porozite, su emme, kuru birim hacim ağırlık, birim hacim ağırlığı) gerçekleşen değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla tuz kristallenmesi döngülerine başlamadan önce ve 30. döngünün sonunda numunelerin porozite, ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlığı ve kuru ağırlıkları TS 699'da belirtilen yöntemlere göre belirlenmiştir [7].

Deneylerde kenar uzunluğu 40± 1 mm olan kübik numuneler kullanılmıştır. Deneylere başlamadan önce numuneler sert bir fırça yardımıyla temizlenmiş ve 105 ± 5ºC etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler desikatörlere yerleştirilmiş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğuması beklenmiştir. Oda sıcaklığına ulaşan numuneler 0,1 gr hassasiyetle tartılarak kuru ağırlıkları saptanmıştır. Numuneler içerisinde 20 ± 5ºC su bulunan kap içine yarısına kadar suyun içinde kalacak şekilde düzgün bir şekilde yerleştirilerek 1 saat bekletilmiştir. 1 saat bekletildikten sonra numune boyutlarının ¾ 'ü su içinde kalacak şekilde su ekleyerek 1 saat daha bekletilmeye bırakılmıştır. Süre sonunda numunelerin üzeri tamamen kapanacak şekilde su ilave edilip değişmez kütleye gelinceye kadar bekletilmiştir. Suya doygun hale getirilen numuneler suyun içerisinden çıkarılmış, üzerindeki su damlaları nemli bir bezle alındıktan sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılarak doygun ağırlıkları kaydedilmiştir.
Örneklerin hacimleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

V=a*a*a (1)

V: Hacim (cm^3)

a: Örnek kenar uzunluğu (cm)

2.3.1.Birim Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi

Örneklerin kuru birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$d_k = \frac{G_k}{V} \text{x}9{,}81 \quad (2)$$

Burada;
d_k: Kuru birim hacim ağırlığı (kN/m^3)
G_k: Numunelerin kuru haldeki ağırlığı (gr)
V: Hacim (cm^3)

2.3.2.Ağırlıkça Su Emme Değerlerinin Belirlenmesi

Numunelerin ağırlıkça su emme oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

Sk: Ağırlıkça su emme (%)
G_d: Numunelerin doygun haldeki ağırlıkları (gr)
G_k: Numunelerin kuru ağırlıkları (gr)

2.3.3.Porozite Değerlerinin Belirlenmesi

Kayaçların porozitesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır

$$N = \frac{G_d - G_k}{V} \times 100 \quad (\%) \quad (4)$$

Burada;
N: Porozite (%)
G_d: Numunelerin doygun haldeki ağırlıkları (gr)
G_k: Numunelerin kuru ağırlıkları (gr)
V:Hacim (cm^3)

2.3.4. Ağırlık kayıplarının belirlenmesi

Yapılan tuz kristallenmesi döngüleri sonucunda meydana gelen ağırlık kayıpları aşağıda yeralan eşitlik kullanılarak bulunmuştur.

$$\Delta m = \frac{mf - mo}{mo} \times 100 \quad (5)$$

Burada;
m_o: deney öncesi kuru ağırlık
m_f: Deney sonrası kuru ağırlık

2.4.Parlaklık Ölçümleri

Parlaklık ölçümleri Q TQC GL0010 60^0 solo glossmeter ile 60^0 açı ile yapılmıştır. Parlaklık ölçerin çalışma prensibine göre cihaz ölçüm yapılacak yüzeye belli bir açı ile bir ışık göndermektedir. Yüzey parlaklığı yüzeyden yansıyan ışığın nümerik olarak belirlenmesiyle belirlenmektedir. Birimi GU (birim parlaklıktır) [8].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Fiziksel Özellik Değişimlerinin Tespiti

Numunelerin tuz kristallenmesi döngülerine tabii tutulmadan önce ve 30 tuz kristallenmesi döngüsü uygulaması sonunda porozite, kuru birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, kuru ağırlık değerleri standartlarda önerilen yöntemlere göre hesaplanmıştır. Döngüler öncesi ve döngüler sonrası fiziksel özellik değerleri Çizelge 3'de, fiziksel özelliklerde meydana gelen değişimler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge. III. Tuz kristallenmesi döngüleri öncesi ve sonrasında belirlenen porozite, birim hacim ağırlık ve kuru ağırlık değerleri

	Porozite (%)		Ağırlıkça su emme (%)		Kuru birim hacim ağırlığı (kN/m^3)		Kuru ağırlık (gr)	
Örnek	Deney öncesi	Deney sonrası	Deney öncesi	Deney sonrası	Deney öncesi	Deney sonrası	Deney öncesi	Deney sonrası
Elazığ Vişne	0,91±0,4	2,05±0,51	0,33±0,15	0,73±0,19	26,66±0,66	27,59±0,48	108,14	107,86
Hazar Yeşil	2,37±0,77	13,84±9,52	0,88±0,30	5,05±3,65	26,38±0,68	27,25±1,06	114,51	106,22
Malatya Kayısı	0,59±0,35	0,61±0,12	0,22±0,1	0,2±0,04	26,45±0,14	27,68±0,04	130,67	130,21
Hazar Bej	0,32±0,1	1,39±0,43	0,11±0,03	0,50±0,16	26,55±0,05	27,06±0,27	130,99	129,79

Çizelge. IV. Döngüler sonucunda porozite, ağırlıkça su emme, kuru birim hacim ağırlığı ve ağırlık kaybı değerlerinde gelişen % değişimler

Örnek	Ağırlık değişimi (%)	Porozite değişimi (%)	Kuru Birim hacim ağırlığı değişimi (%)	Ağırlıkça su emme değişimi (%)	Parlaklık değişimi (%)
Elazığ Vişne	-0,25	125,27	3,48	121,21	-9,84
Hazar Yeşil	-7,23	483,96	3,29	473,86	-10,52
Malatya	-0,35	3,38	4,65	45,45	-3,65
Hazar Bej	-0,91	334,34	1,92	354,54	-12,5

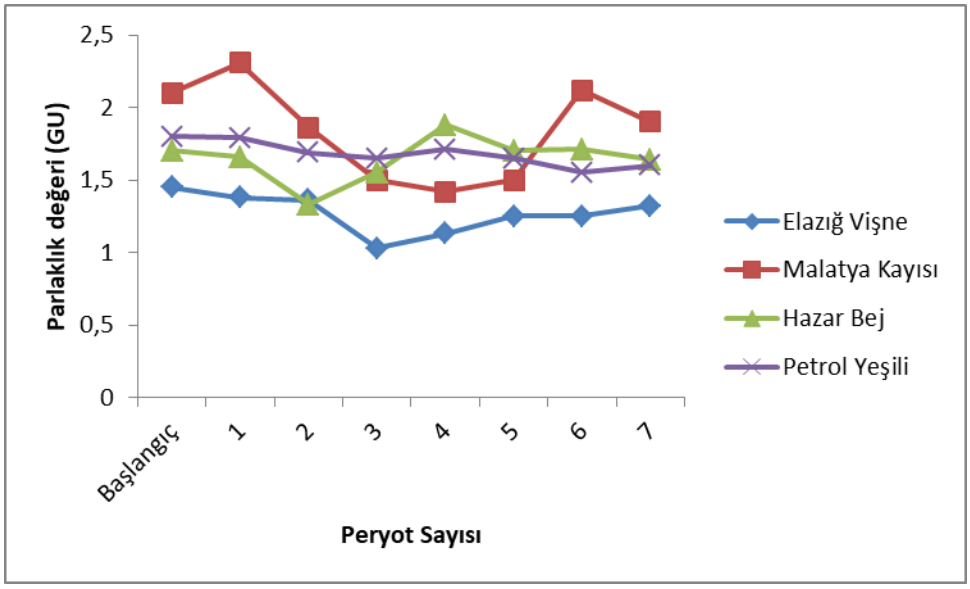
Yapılan tuz kristallenmesi döngüleri sonucunda mermer örneklerinin tümünün fiziksel özelliklerinde değişik oranlarda değişimler meydana gelmiştir. Döngüler sonucunda mermer örneklerinin porozite, ağırlıkça su emme değerleri artarken kuru ağırlıkları azalmıştır. Tuz kristallenmesi döngüleri esnasında numunelerde yeni çalak oluşumları gelişmiş , koparak parçalanmalar ve ayrılmalar gözlemlenmiştir. Bu nedenle örneklerin porozite ve su emme değerlerinde büyük ölçüde değişim gelişmiştir. En fazla ağırlık kaybı Hazar Yeşil örneğinde en az Malatya Bej örneğinde gözlenmiştir. Porozite ve ağırlıkça su emme değerlerindeki artış en fazla Hazar Yeşil mermerinde gözlenmiştir.

3.2. Parlaklık Değişimlerinin Tespiti

Tuz kristallenmesi döngüleri sonunda mermer örneklerinin tümünde yüzey parlaklıkları değişik oranlarda değişim göstermiştir. Deneylere başlamadan önce ve her 5 döngü sonunda alınan parlaklık ölçümlerinin ortalama değerleri Çizelge 5'de , bu değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge. V. Tuz kristalenmesi döngüleri esnasında mermerlerin yüzeyinde alınan parlaklık değerleri ortalamaları

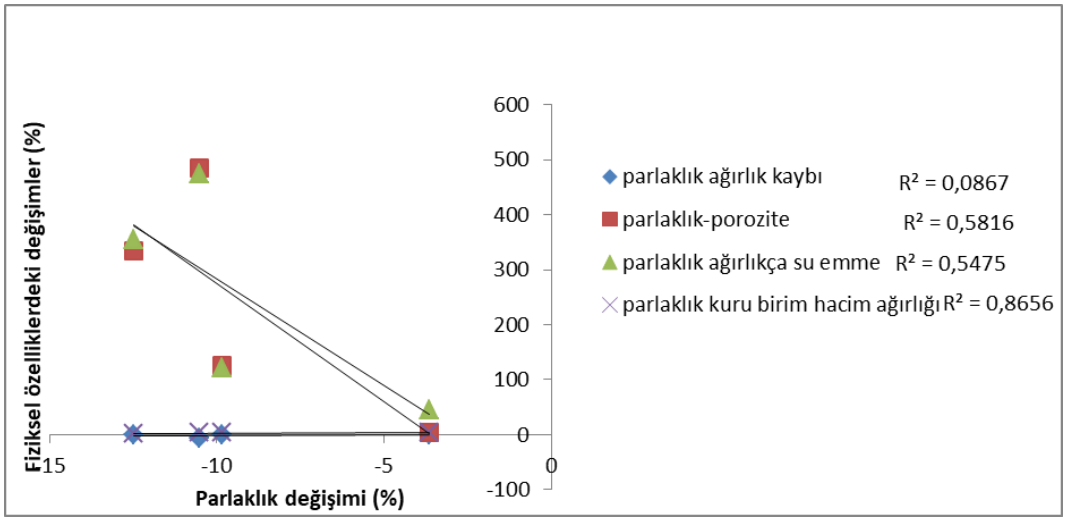
Örnek	Başlangıç	1. Periyot	2. Periyot	3. Periyot	4. Periyot	5. Periyot	6. Periyot	7. Periyot
Elazığ Vişne	1,45	1,38	1,36	1,03	1,13	1,25	1,25	1,32
Malatya Kayısı	2,1	2,31	1,86	1,5	1,42	1,5	2,12	1,9
Hazar Bej	1,7	1,66	1,33	1,55	1,88	1,7	1,71	1,64
Petrol Yeşili	1,8	1,79	1,69	1,65	1,71	1,65	1,55	1,6



Şekil. I. Her beş döngü sonunda ölçülen parlaklık değerlerinin grafiksel gösterimi

Çizelge 5 ve Şekil 1 incelendiği zaman mermer örneklerinin yüzey parlaklık değerlerinin değişik oranlarda değiştiği görülmektedir. Bu değişim tüm mermerlerde azalma biçiminde gerçekleşmiştir. En fazla azalma %12,5 değeri ile Hazar Bej mermerinde en az %3,65 değeriyle Malatya Kayısı örneğinde gözlemlenmiştir.

Fiziksel özelliklerde gerçekleşen değişiklikler ile parlaklık değişimi arasındaki ilişkiler Şekil 2'de verilmiştir



Şekil. II. Fiziksel özellik değişimleri ile parlaklık değişimlerinin ilişkisi

Örneklerin fiziksel özellikleri ile toplam parlaklık değişimleri arasındaki ilişkilere bakıldığında kuru birim hacim ağırlığı ve porozite ile parlaklık değişiminin arasında diğer özelliklere nazaran daha güçlü bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Na2SO4.10H2O 'nun mermer yüzey parlaklığında ve fiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin belirlenmesi için mermer örneklerine tuz kristallenmesi döngüleri uygulanmıştır. Mermer örnekleri üzerinde 30 tuz kristallenmesi döngüsü uygulanmıştır. Her beş döngü sonunda örneklerin

yüzeylerinde parlaklık ölçümleri alınmıştır. Döngülerin sonunda yüzey parlaklık değerlerinde en fazla değişimin Hazar Bej örneğinde en az değişimin ise Malatya Kayısı örneğinde geliştiği görülmüştür.bDöngülere başlamadan önce ve döngülerin sonunda mermerlerin ağırlıkları, poroziteleri, ağırlıkça su emme değerleri, kuru birim hacim ağırlığı değerleri belirlenmiş ve bu özelliklerde gelişen değişiklikler hesaplanmıştır. Parlaklık değişimleri ile fiziksel özelliklerde gelişen değişimler ilişkilendirildiğinde kuru birim hacim ağırlığı ve porozite değişimi ile parlaklık değişimi arasında daha güçlü ilişkilerin olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: FYL-2018-184.

KAYNAKLAR

[1] Steiger, M., Charola, A.E., Weathering and deterioration. In Siegesmund , S., Snenthloge, R., (eds) Stone in architecture, Berlin, *Springer*, 2011.

[2] Angeli, M., R. Hebert, B., Menendez, C., David, J-P.Bigas, Influence of temperature and salt concentration on the salt weathering of a sedimentary stone with sodium sulphate, *Engineering Geology* 115 ; 193-199, 2010.

[3] Matsukuro, Y., Matsuoka, N., Rates of tafoni weathering on uplifted shore platforms in Nojima-Zaki, Bosso Peninsula, Japan, *Earth Surface Processes and Landforms*, 16; 51-56, 1991.

[4] Grossi, C.M., Esbert, R.M., Sourez del Rio, L.M., Montoto, M., Laurenzi-Tabasso, M., Acoustic emission monitoring to study sodium sulphate crystallisation in monumental porous carbonate stone, *Studies in Conservation*, 42(2); 115-125, 1997.

[5] Steiger, M.,Amussen, S., Crystallisation of sodium sulphate phases in porous materials: the phase diagram Na_2SO_4-H_2O and the generation of stress, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72; 4291-4306, 2008.

[6] TS EN 12370, Doğal taşlar deney metotları-tuz kristallenmesine direncin tayini, *TSE*, Ankara, 2001

[7] TS 699, Tabii yapı taşları- muayene metodları, *TSE*,Ankara, 1987.

[8] Ozcelik, Y., Careddu N, Yılmazkaya, E., The effects of freeze-thaw cycles on the gloss values of polished stone surface, Cold Region Science and Technology. 82; 49-55, 2012.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

On Classification of News Documents in Turkish

A.K. Uysal[1*]

[1]*Department of Computer Engineering, Eskisehir Technical University, Eskisehir, Turkey*

Abstract

This study analyses the effectiveness of four text feature selection methods for classification of news documents in Turkish using two widely-known classifiers namely Support Vector Machines (SVM) and k nearest neighbor (kNN). In the study, a recently published dataset namely TTC-3600 including Turkish news documents was utilized in the experiments. For evaluation, Micro-F1 and Macro-F1 success measures were used. Also, 3-fold cross-validation is preferred for a fair performance evaluation. In the study, four univariate filter-based text feature selection methods are considered. These methods are Gini index (GI), distinguishing feature selector (DFS), discriminative features selection (DFSS), and improved comprehensive measurement feature selection (ICMFS). However, two different stemming algorithms were applied in the experiments. These stemming algorithms are fixed-prefix algorithm with prefix length equal to 7 (F5) and Zemberek. Experiments indicated that GI feature selection method is generally superior to the other feature selection methods according to the overall highest Micro-F1 and Macro-F1 scores achieved on Turkish news dataset. While highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for F5 stemming were obtained with the combination of GI feature selection method and SVM classifier, highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for Zemberek stemming were achieved with the combination of GI feature selection method and kNN classifier.

Keywords: Text classification, news classification, feature selection.

1. INTRODUCTION

Number of electronic documents in worldwide has been increased dramatically since the improvements in the Internet technologies. Due to this increase, automatic classification of electronic documents has become a necessity. Text classification aims to match electronic documents with pre-defined set of categories considering their contents [1]. However, text classification can be applied on different types of domains. It can be used to solve such problems as author identification [2],spam e-mail detection [3], spam short message detection [4], web page classification [5], classification of medical documents [6], and news classification [7].

Classification of news documents is one of the mostly studied domain in text classification. Annotation of news articles is easy as most newspapers provide articles with their categories. Researchers can collect news documents with categories and construct new datasets with the help of these kind of information. There exist studies in the literature focused on classification of news documents written in various languages such as English [8], Chinese [9], Arabic [10], Bengali [11], and Turkish [7, 12]. In the following paragraphs, a literature review is given about classification of news documents in Turkish language as this study specifically focuses on classification of news documents in Turkish.

Alparslan et al. [12] proposed an accurate framework for classification of news documents in Turkish language using Support Vector Machines (SVM) classifier. In the study, they classified 15000 news documents belonging to 3 categories which was collected from a daily newspaper. Toraman et al. [13] aimed to find a classification framework providing accurate results for classification of news documents in Turkish. They created two different datasets namely BilCat-MIL and BilCat-TRT by exploiting Bilkent News

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 222-321-3550/6572: fax: +90 222-323-9501.*
E-mail address: akuysal@anadolu.edu.tr (A.K.Uysal).

Portal. BilCat-MIL and BilCat-TRT datasets consist of 3886 and 3654 news documents belonging to 6 categories, respectively. They employed four classifiers and various fixed prefix stemming settings in the experiments. In this study, highest accuracies were achieved with SVM classifier on BilCat-MIL and BilCat-TRT datasets, respectively. Torunoglu et al. [14] investigated the impact of preprocessing approaches on classification of Turkish text documents consisting of news articles. In the study, they employed three datasets consisting of Turkish text documents. They utilized different classifiers such as Support Vector Machines (SVM), naïve Bayes (NB), and k-nearest neighbor (kNN). They concluded that stop word removal and stemming has little impact on the performance of classification. Tufekci et al. [15] investigated the performance of classification on web based news articles in Turkish using grammatical features. They performed the experiments on two different datasets using four classifiers. In the study, they applied different stemming behaviors for different types of words such as noun, word, etc. When the word stems with noun type and the maximum root length for stemming are used, the success rate seems to be improved according to their findings. Akkus and Cakici [16] examined the effects of morphological analysis on classification of Turkish news documents. They used stems and word categories that were obtained with morphological analysis as features and compared them with fixed prefix length stemmers in a bag-of-words approach with three different classifiers. They used a dataset consisting of 80293 news articles from a newspaper in the experiments. They stated that the first five characters of each word can be used represent text documents in classification tasks. Uysal and Gunal [8] analyzed the impact of preprocessing for classification of spam e-mail and news documents in both Turkish and English language using SVM classifier. They concluded that choosing appropriate preprocessing settings may provide a serious improvement on the performance of classification depending on the language and domain. Karaca and Bayir [17] examined the impact of feature selection methods for text classification on a dataset including news documents in Turkish and English language using two different classifiers. They stated that kNN classifier produced much better results than SVM classifier. However, sum of term frequency (STF) feature selection method was most successful feature selection method in both datasets according to their findings. Kilinc et al. [7] created a new dataset namely TTC-3600 which can be utilized in studies related to classification of news in Turkish. TTC-3600 is a dataset which provides various file formats compatible with some machine learning tools. The performance of five classifiers and two feature selection methods were evaluated on TTC-3600 dataset using WEKA [18] machine learning library. They stated that the best accuracy was achieved with the combination of random forest classification algorithm and attribute ranking-based feature selection.

It should be noted that there exist limited number of studies performed for automatic classification of Turkish news articles. According to the literature, most of the researchers created their own dataset and carried out experiments on these datasets. However, feature selection methods used in some of the studies are not specific to text classification. However, some of these studies employ feature selection methods proposed for pattern recognition problems rather than the methods specific to text classification. This study aims to make an extensive analysis on a recently published public dataset namely TTC-3600. Therefore, the performances of two widely-known classifiers namely SVM and kNN were analyzed using four text feature selection methods on TTC-3600 dataset. In the experiments, two different stemming algorithms were also employed.

The next sections of the paper are organized as follows. Section 2 briefly explains feature selection methods used in the experiments. Section 3 describes classification algorithms utilized in the study. Results of the experiments and findings are given in Section 4. Finally, a conclusion is given in Section 5.

2. FEATURE SELECTION

Filter-based feature selection methods, not employing classifiers during feature selection, are mostly preferred in text classification studies as there exist high number of features. Therefore, four widely-known successful univariate filter-based text feature selection approaches are utilized in the study. These are Gini index [19], distinguishing feature selector [1], discriminative features selection [20], and improved comprehensive measurement feature selection [21]. Theoretic backgrounds of these methods are given in the following subsections.

2.1. Gini index (GI)

GI is an improved version of the node splitting criteria applied in the construction of decision trees [19]. It is a global feature selection method as it produces a unique score for each term in the collection. The formula of GI is as below.

$$GI(t) = \sum_{i=1}^{M} P(t \mid C_i)^2 P(C_i \mid t)^2 \quad (1)$$

$P(t \mid C_i)$ is the probability of term *t* inside the documents of class C_i. $P(C_i \mid t)$ is the probability of class C_i when term *t* presents.

2.2. Distinguishing feature selector (DFS)

DFS is a filter-based feature selection technique for text classification [1]. It is a global selection method as it produces a unique score for each term in the collection. DFS relies on some pre-defined criteria and the formula of DFS is as below.

$$DFS(t) = \sum_{i=1}^{M} \frac{P(C_i \mid t)}{P(\bar{t} \mid C_i) + P(t \mid \bar{C}_i) + 1} \tag{2}$$

In this equation, $P(C_i \mid t)$ denotes to the conditional probability of class C_i when term t presents. M denotes to the total number of classes. $P(\bar{t} \mid C_i)$ denotes to the conditional probability of lack of term t given class Ci. However, $P(t \mid \bar{C}_i)$ denotes to the conditional probability of term t when all other classes except C_i present.

2.3. Discriminative features selection (DFSS)

DFSS [20] is one of the recent univariate filter-based text feature selection methods aiming to select features with a high document frequency and high average term frequency in documents of a specific class. The formula of DFSS is as below.

$$DFSS(t,C) = \frac{\mathrm{tf}(t,C) / \mathrm{df}(t,C)}{\mathrm{tf}(t,\bar{C}) / \mathrm{df}(t,\bar{C})} \times \frac{a}{(a+b)} \times \frac{a_i}{(a+c)} \times \left| \frac{a}{(a+b)} - \frac{c}{(c+d)} \right| \tag{3}$$

In this equation, $\mathrm{tf}(t,C)$ and $\mathrm{tf}(t,\bar{C})$ are the occurrence frequency of feature t in category C and in other categories, respectively. Also, $\mathrm{df}(t,C)$ denotes to the amount of text documents feature t occurs in category C and $\mathrm{df}(t,\bar{C})$ denotes to the amount of text documents feature t occurs in other categories. a is the amount of text documents in category C including feature t and b denotes to the amount of text documents in category C not including feature t. c is the amount of text documents in categories except C that includes feature t. d is the amount of text documents in the categories except category C not including feature t. After calculating class-based feature scores, these scores are globalized using maximum globalization function.

2.4. Improved comprehensive measurement feature selection (ICMFS)

ICMFS is an extended version of existing comprehensive measurement feature selection method [21]. ICMFS score of a feature for a class can be calculated as below.

$$\mathrm{ICMFS}(t,\mathrm{C}) = \frac{P(t \mid \mathrm{C}) \times P(C \mid t)}{P(\mathrm{C}) \times \max_{\mathrm{C}_j \neq \mathrm{C}} \left\{ \frac{P(t \mid \mathrm{C}_j) + \Delta}{P_{avg} + \Delta} \right\}} \tag{4}$$

In the formula, Δ is a constant that the authors proposing ICMFS method set to 0.001. P_{avg} denotes to the average of $P(t \mid \mathrm{C}_j)$ scores when $\mathrm{C}_j \neq \mathrm{C}$. After calculating class-based feature scores, these scores are globalized using maximum globalization function.

3. CLASSIFIERS

Two widely-known classifiers are utilized to examine the effectiveness of the selected features. These classifiers are linear Support Vector Machines (SVM) and k-nearest neighbor (kNN). The statements in the next subsections explain these three classifiers.

3.1. Support Vector Machines (SVM)

The main idea of SVM classifier is margin maximization. It aims to find decision surface whose distance is far away from the sample points in the two classes [22, 23]. Support vectors are used to adjust the location of the margin. They are the subset of sample points in the training data lying at the border between the two classes. Linear version of SVM classifier is widely applied for text classification. LIBSVM toolbox [24] was utilized in the experiments and linear SVM classifier [22] in LIBSVM toolbox was employed with the default parameters.

3.2. K-nearest Neighbor (kNN)

kNN is an essential algorithm which classifies testing samples based on the labels of closest training samples [23]. An unknown sample is assigned with the help of the labels of closest training samples where *k* is a positive integer representing the number of closest samples. In this study, kNN classifier in MATLAB software [25] was used and *k* was set as 1. Therefore, the sample is assigned to the class of its nearest neighbor.

4. EXPERIMENTAL WORK

In this section, a comprehensive analysis was attained to compare the performances of four filter-based feature selection methods regarding two stemming algorithms and two classifiers. Term weighting is performed using TF-IDF method. In the following subsections, some details about utilized dataset, success measures, and experiments results are presented.

4.1. Dataset

A recently published public TTC-3600 dataset [7] was utilized in this study. Although a preprocessed version of this dataset is already distributed, raw version of the news documents is retrieved from the Internet and used in the experiments. More information about the dataset is presented in Table 1.

Table. I. TTC-3600 dataset

Class Label	Number of Documents
economy	600
culture-arts	600
health	600
politics	600
sports	600
technology	600

4.2. Success Measures

In the study, Micro-F1 and Macro-F1 [26, 27] measures are used for evaluation. While Micro-F1 score considers classification performance in entire dataset, Macro-F1 score considers induvial classification performances of classes. Micro-F1 measure can be expressed as below.

$$Micro-F1=\frac{2\times p\times r}{p+r}, \tag{5}$$

In the formula, *p* and *r* are precision and recall scores for the corresponding classifier. Macro-F1 measure can be expressed as below.

$$Macro-F1=\frac{\sum_{k=1}^{C}F_k}{C}, \qquad F_k=\frac{2\times p_k\times r_k}{p_k+r_k}, \tag{6}$$

In the formula, p_k and r_k are precision and recall scores for class *k*, respectively.

4.3. Accuracy Analysis

In this section, the performances of classification for four text feature selection methods were assessed using Micro-F1 and Macro-F1 scores. The selected features were fed into SVM and kNN classifiers as input. In the experiments, different feature sizes were used. Lowercase conversion and stemming [28] were used in addition to weighting terms with TF-IDF. Two different stemmers used for texts in Turkish language were applied in the experiments. These are fixed-prefix algorithm with prefix length equal to 7 (F5) [8, 29] and Zemberek [30] stemmer. For a fair performance evaluation, 3-fold cross-validation is used in the experiments. Micro-F1 and Macro-F1 scores achieved in the experiments with F5 stemmer are listed in Tables 2-3, respectively. In the tables, the highest Micro-F1 and Macro-F1 scores are indicated in bold.

According to Table 2, highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for SVM classifier were achieved using GI feature selection. While uppermost Micro-F1 score for kNN classifier were achieved using GI and DFSS feature selection methods, uppermost Macro-F1 score for kNN classifier were obtained using GI feature

selection according to Table 3. It should be also noted that the highest performances were obtained with 1000 features for all settings and the performance of SVM is better than kNN according to the highest Micro-F1 and Macro-F1 scores.

Table. II. Success measures (%) using F5 stemmer and SVM

	Micro-F1				Macro-F1			
Feature Size	100	300	500	1000	100	300	500	1000
GI	82.77	83.50	84.47	**86.66**	82.93	83.57	84.64	**86.80**
DFS	82.63	83.00	84.80	86.22	82.90	83.21	84.96	86.36
DFSS	82.83	83.41	85.08	86.55	82.95	83.54	85.15	86.67
ICMFS	80.75	82.41	84.33	85.94	80.97	82.59	84.49	86.10

Table. III. Success measures (%) using F5 stemmer and kNN

	Micro-F1				Macro-F1			
Feature Size	100	300	500	1000	100	300	500	1000
GI	79.94	84.05	84.75	**86.13**	79.95	84.04	84.74	**86.13**
DFS	79.86	84.66	85.50	85.66	80.04	84.65	85.50	85.65
DFSS	79.91	84.16	84.88	**86.13**	79.89	84.12	84.83	86.11
ICMFS	78.30	84.02	84.94	85.83	78.34	84.00	84.93	85.81

Micro-F1 and Macro-F1 scores accomplished in the experiments with Zemberek stemmer are listed in Tables 4-5, respectively. In the tables, the highest Micro-F1 and Macro-F1 scores are indicated in bold. According to Table 4-5, highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for SVM and kNN classifier were attained using GI feature selection method. It should be also noted that the performance of kNN classifier is better than SVM classifier according to the highest Micro-F1 and Macro-F1 scores.

Table. IV. Success measures (%) using Zemberek stemmer and SVM

	Micro-F1				Macro-F1			
Feature Size	100	300	500	1000	100	300	500	1000
GI	81.72	83.25	84.25	**86.13**	82.02	83.41	84.37	**86.32**
DFS	83.13	83.86	84.83	86.05	83.52	83.99	84.96	86.22
DFSS	82.94	84.44	84.52	85.83	83.04	84.53	84.66	86.02
ICMFS	80.25	81.72	82.97	85.08	80.58	81.85	83.10	85.32

Table. V. Success measures (%) using Zemberek stemmer and kNN

	Micro-F1				Macro-F1			
Feature Size	100	300	500	1000	100	300	500	1000
GI	79.47	83.80	85.36	**86.83**	79.64	83.72	85.31	**86.79**
DFS	81.27	85.16	85.91	86.58	81.39	85.16	85.87	86.54
DFSS	80.00	84.61	85.50	86.47	79.97	84.54	85.43	86.42
ICMFS	76.86	84.63	84.91	86.44	76.98	84.60	84.85	86.41

When overall highest Micro-F1 and Macro-F1 scores are considered, GI performed better than the others in general. Overall highest Micro-F1and Macro-F1 scores were accomplished with the combination of Zemberek stemmer, GI feature selection method, and kNN classifier. While highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for F5 stemming were accomplished with the combination of GI feature selection method and SVM

classifier, highest Micro-F1 and Macro-F1 scores for Zemberek stemming were accomplished with the combination of GI feature selection method and kNN classifier. It should be noted that DFS feature selection method is effective than the others in general for feature dimensions lower than 1000. However, ICMFS seems less effective in comparison to the others.

5. CONCLUSIONS

In this study, the performance of four successful text feature selection methods in the literature were examined for news document classification in Turkish. SVM and kNN classifiers were utilized to test the efficacy of these approaches. A recently published dataset namely TTC-3600 were utilized in the experiments. Two different success measures were used in this study, Experiments indicated that most of the highest classification performances were attained with GI feature selection method. Highest overall Micro-F1and Macro-F1 scores were obtained with the combination of Zemberek stemmer, GI feature selection method, and kNN classifier. DFS feature selection method is effective than the others in general for lower feature dimensions. However, ICMFS seems less effective in comparison to the others. As a future work, the performances of these successful text feature selection algorithms can be analyzed with various different classifiers.

REFERENCES

[1] Uysal, A. K. and Gunal, S., "A novel probabilistic feature selection method for text classification," *Knowledge-Based Systems*, vol. 36, pp. 226-235, 2012.

[2] Sarwar, R., Li, Q., Rakthanmanon, T., and Nutanong, S., "A scalable framework for cross-lingual authorship identification," *Information Sciences*, vol. 465, pp. 323-339, 2018/10/01/ 2018.

[3] Kaya, Y. and Ertuğrul, Ö. F., "A novel approach for spam email detection based on shifted binary patterns," *Security and Communication Networks*, vol. 9, pp. 1216-1225, 2016/07/10 2016.

[4] Nagwani, N. K. and Sharaff, A., "SMS spam filtering and thread identification using bi-level text classification and clustering techniques," *Journal of Information Science*, vol. 43, pp. 75-87, 2017.

[5] Onan, A., "Classifier and feature set ensembles for web page classification," *Journal of Information Science*, vol. 42, pp. 150-165, 2016.

[6] Parlak, B. and Uysal, A. K., "The impact of feature selection on medical document classification," in *2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2016, pp. 1-5.

[7] Kılınç, D., Özçift, A., Bozyigit, F., Yıldırım, P., Yücalar, F., and Borandag, E., "TTC-3600: A new benchmark dataset for Turkish text categorization," *Journal of Information Science*, vol. 43, pp. 174-185, 2017.

[8] Uysal, A. K. and Gunal, S., "The impact of preprocessing on text classification," *Information Processing & Management*, vol. 50, pp. 104-112, 2014.

[9] Wu, X., Fang, L., Wang, P., and Yu, N., "Performance of using LDA for Chinese news text classification," in *Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2015 IEEE 28th Canadian Conference on*, 2015, pp. 1260-1264.

[10] Hmeidi, I., Al-Ayyoub, M., Abdulla, N. A., Almodawar, A. A., Abooraig, R., and Mahyoub, N. A., "Automatic Arabic text categorization: A comprehensive comparative study," *Journal of Information Science*, vol. 41, pp. 114-124, 2015.

[11] Chy, A. N., Seddiqui, M. H., and Das, S., "Bangla news classification using naive Bayes classifier," in *Computer and Information Technology (ICCIT), 2013 16th International Conference on*, 2014, pp. 366-371.

[12] Alparslan, E., Bahsi, B., and Karahoca, A., "Classification of Turkish News Documents Using Support Vector Machines," presented at the INISTA, 2009.

[13] Toraman, C., Can, F., and Kocberber, S., "Developing a text categorization template for Turkish news portals," in *International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, Istanbul, Turkey, 2011, pp. 379-383.

[14] Torunoglu, D., Cakirman, E., Ganiz, M. C., Akyokus, S., and Gurbuz, M. Z., "Analysis of preprocessing methods on classification of Turkish texts," in *International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, 2011, pp. 112-117.

[15] Tüfekci, P., Uzun, E., and Sevinç, B., "Text classification of web based news articles by using Turkish grammatical features," in *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2012 20th*, 2012, pp. 1-4.

[16] Akkuş, B. K. and Cakici, R., "Categorization of turkish news documents with morphological analysis," in *51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics Proceedings of the Student Research Workshop*, 2013, pp. 1-8.

[17] Karaca, M. F. and Bayir, S., "Examining the Impact of Feature Selection Methods on Text Classification," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8, pp. 380-388, 2017.

[18] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., and Witten, I. H., "The WEKA data mining software: an update," *ACM SIGKDD explorations newsletter*, vol. 11, pp. 10-18, 2009.

[19] Shang, W., Huang, H., Zhu, H., Lin, Y., Qu, Y., and Wang, Z., "A novel feature selection algorithm for text categorization," *Expert Systems with Applications*, vol. 33, pp. 1-5, 2007.

[20] Zong, W., Wu, F., Chu, L.-K., and Sculli, D., "A discriminative and semantic feature selection method for text categorization," *International Journal of Production Economics*, vol. 165, pp. 215-222, 2015.

[21] Feng, L., Zuo, W., and Wang, Y., "Improved comprehensive measurement feature selection method for text categorization," in *Network and Information Systems for Computers (ICNISC), 2015 International Conference on*, 2015, pp. 125-128.

[22] Joachims, T., "Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features," in *10th European Conference on Machine Learning*, Chemnitz, Germany, 1998, pp. 137-142.

[23] Theodoridis, S. and Koutroumbas, K., *Pattern Recognition*, 4 ed.: Academic Press, 2008.
[24] Chang, C.-C. and Lin, C.-J., "LIBSVM: A library for support vector machines," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 2, pp. 1-27, 2011.
[25] Theodoridis, S., Pikrakis, A., Koutroumbas, K., and Cavouras, D., *Introduction to Pattern Recognition: A Matlab Approach*: Academic Press, 2010.
[26] Manning, C. D., Raghavan, P., and Schutze, H., *Introduction to Information Retrieval*. New York, USA: Cambridge University Press, 2008.
[27] Gunal, S., "Hybrid feature selection for text classification," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 20, pp. 1296-1311, 2012.
[28] Porter, M. F., "An algorithm for suffix stripping," *Program*, vol. 14, pp. 130-137, 1980.
[29] Can, F., Kocberber, S., Balcik, E., Kaynak, C., Ocalan, H. C., and Vursavas, O. M., "Information retrieval on Turkish texts," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 59, pp. 407-421, 2008.
[30] Zemberek. (2013, January 2013). *Zemberek Natural Language Processing Library for Turkic Languages*. Available: http://code.google.com/p/zemberek/

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Concept Design for the Solar-Powered Pontoon

A. Kilic[1], U. C. Karabulut[2], L. Bilgili[2] , O. Sert[3]*

[1]Department of Maritime Business Administration, Bandirma Onyedi Eylül University, Bandirma, Turkey
[2]Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Bandirma Onyedi Eylül University, Bandirma, Turkey
[3]Department of Marine Engineering, Bandirma Onyedi Eylül University, Bandirma, Turkey

Abstract

Maritime activities have been very important for humanity since ancient times. Most of the human population live on the sea shore. Throughout history, all major cities were built by the sea. The sea has great importance both in terms of economy and military.

In the early days the ships were moving with the oars and the wind. After the Industrial Revolution the ships started to move with steam power and with the motor power. Today, there is a trend towards alternative energy sources because of the depletion of fossil fuels and the resulting in damages to the environment.

In this work, a conceptual design of a solar-powered pontoon for leisure purposes will be realized. It is aimed that the conceptual design can fulfill the required tasks in the most efficient and effective manner in accordance with the relevant legislation.

Keywords: Maritime, Recreational Boat, Pontoon, Solar Power, Renewable Energy.

1. GİRİŞ

Günümüzde gerek fosil yakıtların tükenmekte oluşu ve gerekse çevresel zararlarından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda büyük bir eğilim bulunmaktadır. Demiryolu ve karayolu taşımacılığında elektrik gücüyle çalışan araçlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektrik motorları küçük turistik tekneler için de gittikçe önemli hale gelmektedir. Bunun ana sebeplerinden bir tanesi yine çevrenin korunması iken, diğer bir sebep te ses emisyonunun azaltılmasıdır. Bir diğer avantajlarından bir tanesi de, tekne üzerindeki akülerin sahil beslemesinden şarj edilebiliyor olmasıdır ki, tüm marinaların iskelelerinde elektrik bağlantı noktaları mevcuttur [1]. Tekne ve yelkencilikle ilişkili egzoz gazları, gürültü ve titreşim, sadece çevre üzerinde değil, aynı zamanda özellikle uzun yolculuklar sırasında mürettebatın ve yolcuların refahı üzerinde de olumsuz bir etkiye sahiptir [2].

Lapko (2016), küçük tekneler için yaptığı analizler sonucunda, düşük güçlü motorlarda, elektrikli motorların içten yanmalı motorlara ilginç bir alternatif olduğunu göstermiştir. Elektrik motorları bataryalar ile birlikte çok daha ağır olsalar da, maliyet açısından bu çözüm çok çekici görünmektedir. Daha yüksek güçlerde teknik ve ekonomik faktörler dikkate alındığında, geleneksel bir içten yanmalı motorun kullanılması avantajlı görünmektedir. Bu, elektrikli motorların çok sayıda akü kullanımını gerektirmesinden kaynaklanmaktadır, bu da sistemin ağırlığını artırır ve maliyetleri geleneksel çözümlerle kıyaslandığında orantısız olarak daha da arttırmaktadır [1].

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 266-717-0117/2001.*
E-mail address: alperkilic@bandirma.edu.tr (A. Kilic).

Duba türü tekneler çift veya üç gövdeli olarak imal edilmektedirler. Genellikle gezi, yolcu taşımacılığı, su yüzeyi temizleme, yangın söndürme, vinç gibi amaçlar için kullanılmaktadırlar. Duba tipi tekneler, marin tip alüminyum alaşımlardan üretilmektedir. Bu sayede daha hafif yapılı olup, boya ve bakım gerektirmezler. Düşük draftları sayesinde sığ sularda da rahatlıkla kullanılabilirler. Diğer bir deyişle, düşük güçlerde bile kolayca yol alabilirler. Çok sayıda su geçirmez bölmeleri sebebiyle batmama özellikleri mevcuttur. Tek gövdeli teknelere göre daha dengelidirler. Dikdörtgen güverteleri sayesinde tekne alanının tamamı kullanılabilmektedir. Yüksek taşıma kapasiteleri de ayrıca güneş enerji sistemlerinin montajı için elverişli olmalarını sağlamaktadır [3].

Elektrik motorlu duba tekneleri, içten yanmalı motor kullanılan bu tür teknelere göre daha küçük ebatlarda üretilmektedir. Ayrıca bu teknelerin daha hafif olması ve aküler için de yerleşim yerlerinin bulunması gerekmektedir. Bu tekneler, çevrenin korunması gereken özellikle göller için kullanışlıdır [4].

Dıştan takma elektrik motorlarında motor ve pervane beraber bulunmaktadır. Bu sayede verimi yüksektir ve ayrıca teknede yer kaplamazlar. Fırçasız motor ve değişik torklarda akımı değiştiren yapısı ile düşük enerji tüketimiyle yüksek güç sağlarlar [3].

2. TASARIM SÜRECİ

Tasarım, sınırlı bir hedefe hizmet eden tekrarlı ve yaratıcı bir süreçtir [5]. Deniz araçlarının tasarımı bir sarmal şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Tasarım sürecinde ilk aşamayı görev isterleri (mission requirement) oluşturmakta olup müşterinin talepleri ile pazar araştırmasından elde edilen bilgiler belirlemektedir. Görev isterlerinden sonra sırasıyla kavramsal tasarım (concept design), ön tasarım (preliminary design), temel tasarım (basic/contract design), ayrıntılı tasarım (detailed design) yapılmaktadır. Tasarımlardan sonra malzeme temini (material procurement), üretim (production), montaj ve teslimat (assembly and delivery), eğitim (training), devreye alma ve işletme (commissioning and operation), tamir ve bakım (maintenance and refit) ve işletmeden çıkarma (decommisioning) gelmektedir. Tasarım aşamalarının her birisi görev isterlerinden başlayarak sırasıyla teknik, ekonomik, üretim, sürdürebilirlik ve işletim açısından değerlendirilir. Kavramsal tasarım aşamasında uygun bir tasarım alanı tanımlanmıştır. Alternatif tasarım çözümleri kümesi sentezlenir ve her bir setin hedefleri karşılayıp karşılamadığını görmek için bir fizibilite çalışması yapılır. Bu aşamada, ürün bilgisi çok azdır, ancak performansın fizibiliteyi göreceği tahmin edilmeli ve bu tahmin, ayrıntılı bir bilimsel analizin yokluğunda, daha sonraki bir aşamada yeniden işlenmenin önlenebilmesi için yeterince doğru olmalıdır. Örneğin ticari bir gemiden bahsediyorsak, bu aşamada geminin uzunluğu, eni, derinliği, su çekimi ve blok katsayısı gibi bir dizi ana parametreler belirlenir. Aynı zamanda, geminin tek veya çift gövdeli oluşu, baş formu, teknenin malzemesi, makineleri, şaft sevk sistemlerine karar verilir. Ayrıca geçmiş deneyimler ve istatistikler gözönünde tutularak sınırlı bir bilgi de olsa inşa maliyeti tahmin edilir [6].

R. K. Kiss' e göre, yeni geliştirilen büyük bir ticari gemi için kavramsal tasarım aşaması 1950'li yıllarda yaklaşık 20 adam-gün iken, bilgisayar ve yazılım geliştirme ile, bu çaba bugün yaklaşık 1 / 20' ye indirilmiştir. Bu nedenle, bugün, fizibilite yani kavramsal tasarımı, uygun bir yazılım ve gemi veritabanı altyapısı ile 1 günde (veya daha da az sürede) gerçekleştirilebilir [7].

3. GÜNEŞ ENERJİLİ TEKNE DONANIMLARI

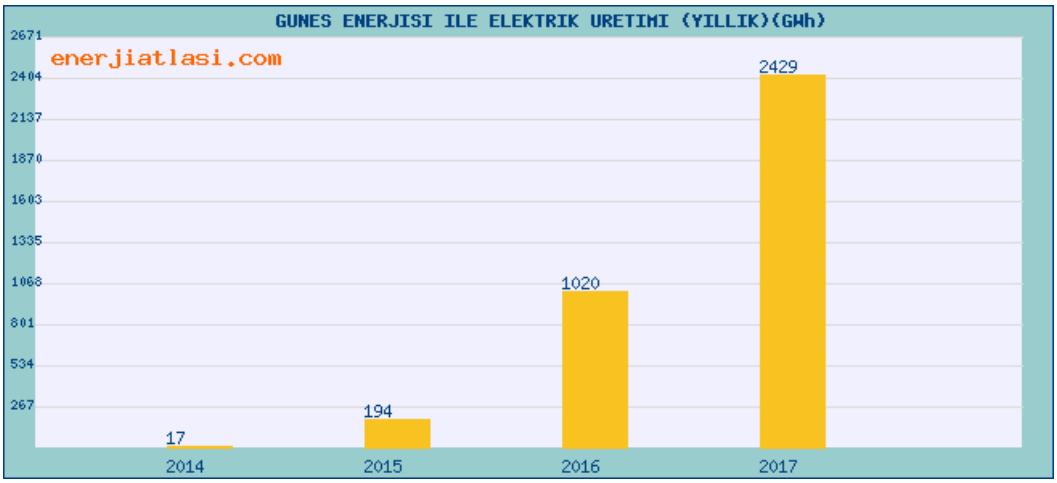
Bu bölümde, güneş enerjili teknede kullanılacak donanımlar, bunların teknik özellikleri ve yaklaşık maliyetlerinden bahsedilecektir.

Daha iyi performans ve güvenilirlik açısından etkili bir kullanım sürdürmeye olanak tanıması güneş panellerinin önemini vurgulamaktadır. Solar hücrelerden yazılıma kadar her bir ticari güneş sistemi, mükemmel sonuçlar elde etmek için güçlü sonuçlar ve olağanüstü değer sunmak üzere tasarlanmıştır. Güneş pillerinin, rutubetli ısı ve sıcaklık dalgalanmaları nedeniyle korozyona ve hücre kırılmasına karşı dayanıklı, sağlam bir bakır temel üzerine inşa edilmesi sürekli deniz yüzeyinde bulunacak olan tekne için çok önemli bir faktördür [8]. Ayrıca teknenin su üstünde bulunacak olan kısmının aerodinamik yapıda olması oluşacak olan rüzgar direncinin azaltılması konusunda önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle kullanılacak olan güneş panellerinin tekne tasarımına uygun hale getirilebilir olması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek amacıyla esnek yapıya sahip güneş panellerinin kullanılması performans parametrelerini etkileyen önemli bir unsurdur.

Güneş panellerinin yanında bazı donanımlar da gerekmektedir. Kurulum sırasında herhangi bir sorun yaşamamak için olabildiğince kolay ve hızlı kurulabilir olması gerekmektedir. Kablo klipsleri, koniler ve tepsilerin, kabloları aşındırıcı deniz etkilerinden koruyacak yapıda olması, kullanılabilirlik açısından sistemin ömrünün uzatıp, işletimin kolay olmasını sağlar.

3.1. Güneş Panelleri

Teknede enerji üretmek amacıyla yenilenebilir ve çevreci yöntem olan güneş panelleri kullanılmıştır. Bu sayede tükenmeyen ve bedava olan güneş enerjisinden yararlanılmıştır. Şekil 1' de görüldüğü gibi ülkemizde güneş enerjisi kullanım trendi yıllar içerisinde artış göstermiştir. Bu doğrultuda tekne tasarımında güneş enerjisi kullanılması hem trende uygunluğu açısından hem de Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretme konusundaki coğrafi uygunluğu açısından uygun bir durumdur.



Şekil. I. Türkiye'de güneş enerjisinden yararlanılarak üretilen elektrik enerjisi miktarı [9].

Güneş panelleri teknenin ihtiyacına uygun olarak maksimum güç üretimi 250-320 watt arasında değişen paneller piyasada mevcuttur. Fiyatları 700tlden başlayan bu panellerin 1500 tl'ye kadar genişleyen bir fiyat aralığı bulunmaktadır. Panellerin maksimum güç voltajı 28 volt ile 42 volt arasında değişmektedir. Panellerin ağırlıkları genellikle çerçevelerinin yapıldığı malzemeyle bağlantılı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle çerçevenin kalınlığına bağlı olarak alüminyum çerçeveli olan bu panellerin ağırlıkları 11,8 kg ile 29 kg arasında değişmektedir [10]. Bu paneller tekne üzerinde kullanılacaklarından denizin korozyon etkilerinden korunmak için ekstra donanıma gerek duyabilir ve bu da panellerin ağırlıklarının artmasına neden olabilir. Panellerin boyutları 1959-1652x997-990x35-40 gibi fazla geniş olmayan bir aralıkta değişim göstermektedir [11].

3.2. Enerji Depolama Birimleri

Enerji depolama birimi olarak aküler kullanılmaktadır. Aküler sayesinde içlerinde depolanan kimyasal enerji elektrik enerjisine çevrilmekte bu sayede elektrik enerjisi bir noktadan başka bir noktaya farklı bir formda taşınabilmektedir. Kompakt ve ağırlığı az olması tasarlanan geminin menzilini en çok etkileyen unsurdur. Boyutlar arttıkça aküleri kapasitesi artmaktadır buna karşılık ağırlıkları da arttığından güneş enerjisi ile çalışan teknemizin menzilini belirli bir sınıra kadar maksimize edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Ticari kullanımda ve ağırlık konusundaki avantajı sayesinde piyasada bulunan lityum iyon piller incelenmiştir. Nominal gerilim miktarı 12,8 volt olan akülerin maksimum kapasiteleri 100 amper-saat ile 40 amper-saat arasında değişmektedir. Daha düşük veya daha yüksek kapasitelere sahip aküler mevcut olmasına rağmen kullanılabilirliği açısından, kapasite aralığı konunun uzmanından alınan bilgiye göre belirlenmiştir. İncelenen akülerin ömürleri 3000-5000 dolum arasındadır. Akülerin tasarım açısından en önemli özellikleri olan ağırlıkları kapasiteleri doğrultusunda artıp azalmaktadır ve incelenen akülerin ağırlık aralığı 6,5kg ile 13kg arasındadır. Akülerin izin verdikleri maksimum paralel ve seri bağlantı sayısı 4' tür bununla birlikte aküler %99 verimlidir. 100 AH kapasiteye sahip olan akünün 329 x 172 x 223 mm boyutları varken en düşük kapasiteye sahip 40 AH'lık akünün ise 197 x 166 x 173 mm boyutlarına sahiptir. Bu akülerin fiyatları yine kapasitelerine göre $1,340.84- $577.56 arasındadır [12].

3.3. Tahrik Motoru

Teknede kullanılmak üzere karar verilen motor türü dıştan takma elektrik motorudur. Üstün manevra özellikleri bakımının kolay olması, kompakt tasarımı sayesinde tercih edilmiştir. İçten takma motorlarda tekne içerisinde yer kaplamaları dıştan takma motorlara göre daha büyük boyutlarda olmaları ayrıca kapalı hacim içerisinde yer almalarında dolayı bakım ve onarımlarının daha zor olması içten takma motorların

dezavantajlarıdır. Dıştan takma fırçasız motorlar sessiz çalıştıklarından gürültü bakımından daha çevreci bir kullanıma sahiptirler.

Motor ağırlığı güneş enerjisi ve aküden aldığı enerji nedeniyle teknenin menzilini doğrudan etkilemektedir. Bu konuda dıştan takma fırçasız elektrik motorları hafif yapıları sayesinde büyük bir avantaj oluşturmaktadırlar. Yüksek verimlilikleri ve küçük yapıları sayesinde sürtünmenin az olması enerji kayıplarının önüne geçip bu motorları güneş enerjili sistemler için uygun hale getirmektedir. Modern motorlarda ürün ile birlikte gelen monitoring sistemleri sayesinde güvenli seyire olanak sağlamaktadırlar.

Teknenin ihtiyacı olan motor gücü minimum 5 HP olarak tespit edilmiştir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda 5 HP ile 8 HP arasında değişen dıştan takma fırçasız motorların giriş güçleri 2000 watt ile 4000 wat arası değişirken nominal gerilimleri 48 volttur. Ağırlıkları 16,1 kg'dan 19,4 kg'a kadar değişen motorlar uzaktan kontrol ve motor üzerinden manevra sistemlerine sahip modelleri mevcuttur. Bu motorların manevra aralıkları 61,3 °'dir. Şaft uzunluğu 62,5-75,5 cm arasında değişen motorların maksimum dönüş hızı 1300rpm'dir. Bu bakımından motorların fiyatları 2799 €- 8999 € aralığında değişmektedir [13].

4. GÜNEŞ ENERJİLİ TEKNE KAVRAMSAL TASARIMI

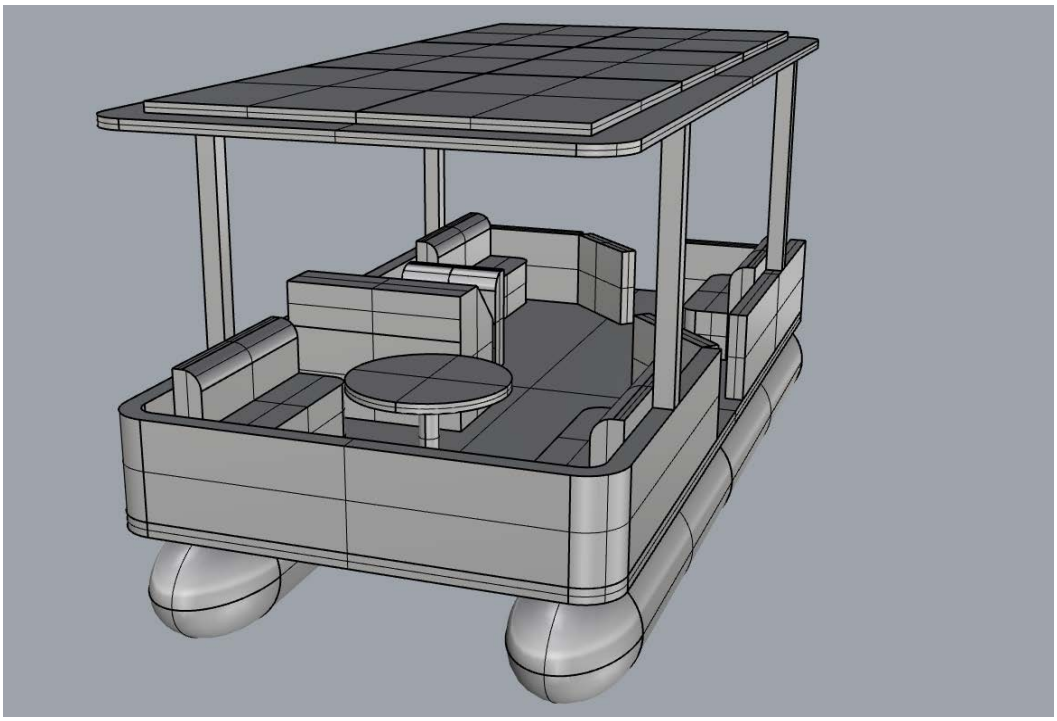
Bu çalışmada, belirli amaçları sınırlı şartlar altında yerine getirecek güneş enerjili bir gezi teknesinin kavramsal tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Teknenin gezi amaçlı olması dolayısıyla, Balıkesir' in Edremit ile Bandırma ve Erdek Körfezlerinde 1 Mayıs-31 Ağustos tarihleri arasında sadece gündüz çalışacağı varsayılmıştır.

Tekne boyutları büyüdükçe içten yanmalı motorlara göre güneş enerji sistemlerinin maliyetlerinin artması, teknenin gerektiğinde karayoluyla taşınabilmesi ve ayrıca vergi gibi unsurlar göz önüne alınarak, teknenin boyunun 5 m ve genişliğinin 2.4 m olmasına karar verilmiştir. Bu ölçülerdeki bir ponton tekne, alan kayıplarının az oluşu nedeniyle daha uzun gezi teknelerine göre daha kullanışlıdır. Bu ölçülerdeki bir ponton tekne 5-6 kişi için gezi amaçlı olarak yeterli olacağı düşünülmektedir.

Şekil 2' de teknenin kavramsal tasarımının ön görünüşü bulunmaktadır. Kavramsal tasarım Rhino programı kullanılarak üç boyutlu olarak oluşturulmuştur. Tekne iki adet silindir üzerinde katamaran bir yapıya sahiptir.

Tekne üzerine yerleştirilmiş güneş panelleri enerji üretimi ve aynı zamanda gölge amaçlı olarak yeterli bir alana sahiptir. Teknenin üzerine her biri 250 W gücünde 6 adet panel yerleştirilebilmektedir.



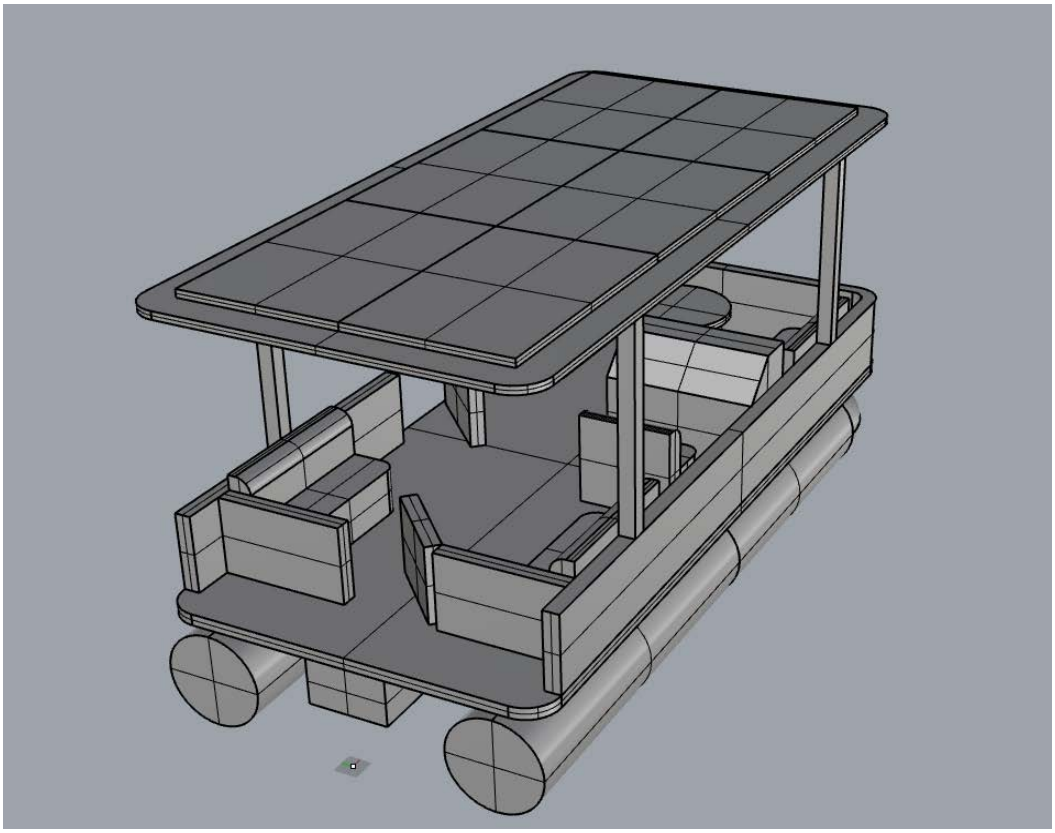
Şekil. II. Teknenin önden görünüşü

Şekil 3' te, kavramsal tasarımın arkadan görünüşü bulunmaktadır. Tekneyi kullanan kişinin tekne etrafındaki tüm cisimleri görebilmesi amacıyla, teknenin idaresi için sancak vasatta kontrol konsolu yerleştirilmiştir.

Burada teknenin kullanımı ve elektrik donanımlarının kullanımı için gerekli gösterge ve kumandalar bulunmaktadır.

Tekneyi su üzerinde tutan silindirler arasında, akülerin konuşlandırılacağı bir hazne bulunmaktadır. Bu haznenin deniz yakın konmasının nedeni, akülerin performansının sıcaklığa bağlı olması nedeniyle mümkün olduğunca serin tutulmaya çalışılmasıdır. Teknenin seyir yarıçapı ve elektrik motor gücü düşünülerek, 4 adet 12 V' luk akü seri bağlanarak 48 V doğru akım bara oluşturulmuştur.

Tekneden denize giriş çıkışlar için teknenin hem kıç, hem de iskele tarafında birer kapı bırakılmıştır. Yine teknenin kıç tarafında denize girişlerde kullanılmak üzere bir platform alanı bırakılmıştır.

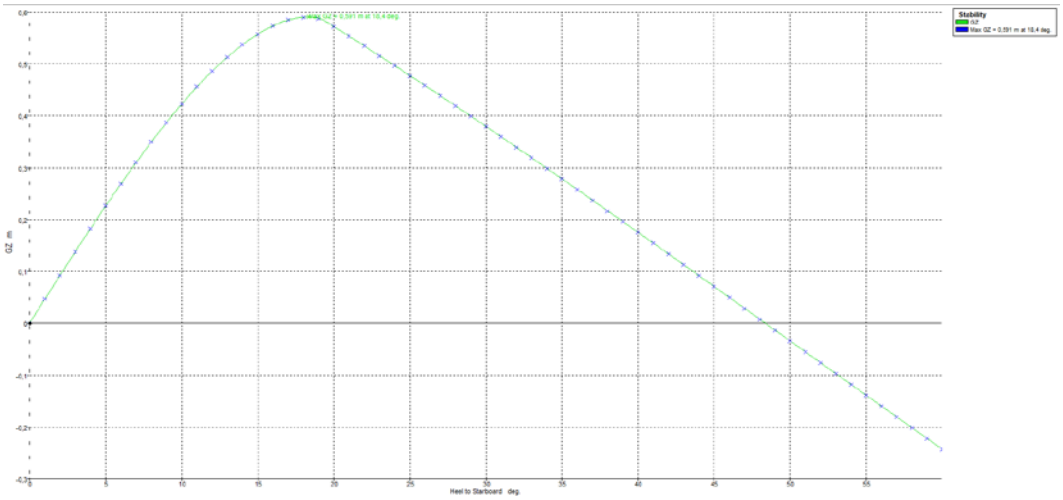


Şekil. III. Teknenin arkadan görünüşü

Rhino ile elde edilen üç boyutlu tasarımlar, Maxsurf Stability Advanced programına aktarılarak denge ve hidrostatik eğriler elde edilmiştir.

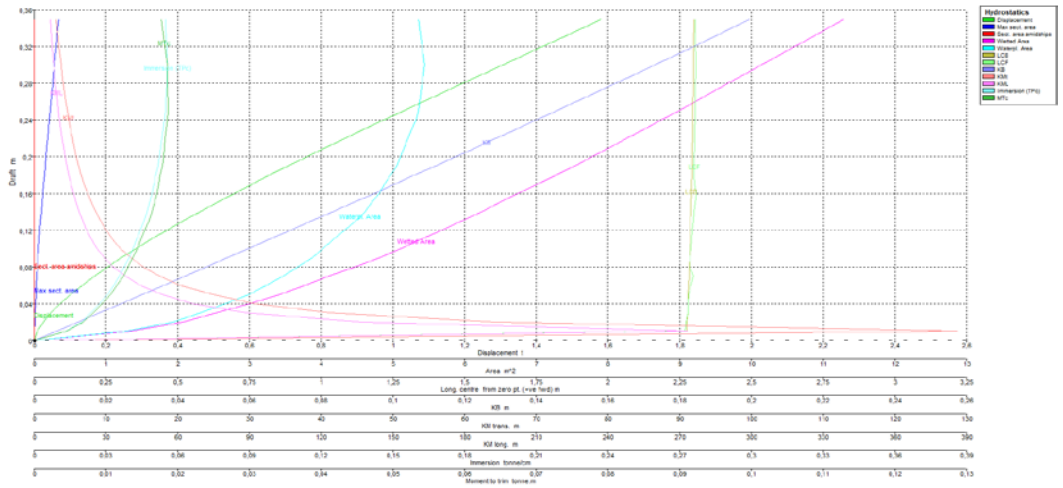
Hesaplamalarda baş tarafta bulunan elipsoid geometri ihmal edilmiştir. Enine stabilite hesabında ağırlık merkezinin kıç dikeyden boyuna konumu 2.5 m ve kaide hattından yüksekliği 1.1 m olarak kabul edilmiştir. Tam yüklü durumda su çekimi 0.3 m olarak tasarlanmıştır. Teknenin Lightship kütlesinin (batarya ve güneş panelleri ile birlikte) 900 kg olduğu tahmin edilmiştir. Taşıyacağı 5-6 kişi ile birlikte toplam ağırlığının 1.4 t olacağı öngörülmüştür.

Şekil 4' de, tekneye ait GZ eğrisi görülmektedir. Maksimum GZ değeri 18.4 derecede 0.591 m olarak hesaplanmıştır.



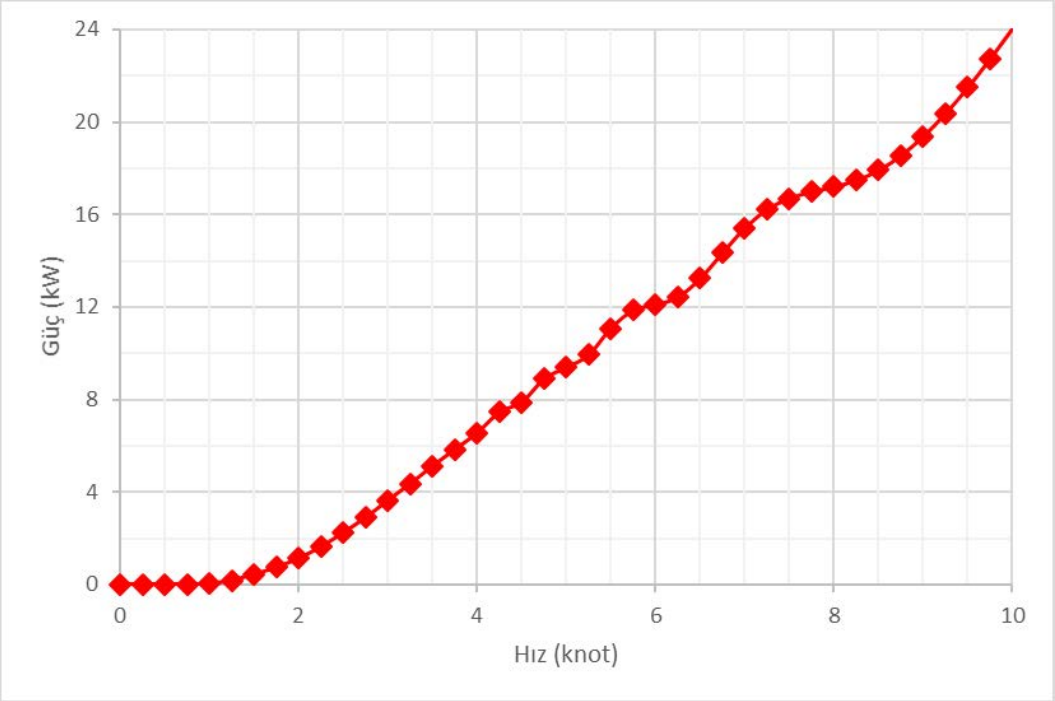
Şekil. IV. GZ Eğrisi

Tekneye ait hidrostatik eğriler Şekil 5' te verilmektedir. Bu eğriler, teknenin su hattına uygun olarak, düşey eksendeki draft (m) değerine göre oluşturulmaktadır.



Şekil. V. Hidrostatik eğriler

Teknenin hızına bağlı güç ihtiyacı Şekil 6' da verilmektedir. Bu grafik yalnızca teknenin suya karşı direnci için geçerlidir. Yaklaşık olarak 5 Knot hız için 10 kW güç gereksinimi bulunmaktadır. Buna sevk verimi ve elektrik donanımlarının güç ihtiyacı dahil edilirse yaklaşık 15 kW civarında güce ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.



Şekil. VI. Güç ihtiyacı

Yaz ayları olmasına rağmen, bazı günlerde havanın kapalı olması dolayısıyla teknenin emniyetli şekilde kıyıla ulaşması gerekecektir. Bu amaçla, teknenin güneşlenme olmadığı durumda 2 saat süre boyunca 4 knot hızla, güneşlenme olduğu durumda ise 4 saat süre boyunca yine 4 Knot hızla seyir yapması düşünülmüştür. Boyu 5 m civarındaki bir teknenin kıyıdan çok fazla uzaklaşması, can emniyeti açısından istenmemektedir.

5. SONUÇLAR

Güneş enerjili ponton teknenin 5 m x 2.4 m olarak boyutları, kısıtları ve çalışma amacı gözönüne alındığında, 4 adet akü, 6 adet güneş paneli ve 2 kW gücünde bir fırçasız DC motor olarak tasarlanması öngörülmüştür.

Güneş panellerinin maksimum elektrik üretimi için belli bir açıyla yerleştirilmesi gerekmektedir. Ancak tasarlanan teknede panellerin yatay olarak konuşlandırılması verimi bir miktar düşürecektir. Verimi arttırmak için esnek paneller ile eğimli tasarımlar yapılabilir. Ayrıca motorun tüm ihtiyacını tamamen panellerden karşılayabilmek için toplam panel alanını arttırmak amacıyla farklı tasarımlar kullanılabilir, ancak panel alanının arttırılmasının teknenin dengesine olan etkilerinin de hesaba katılması gereklidir. Yine panel alanını arttıracak farklı tasarımların uygulanabilirliği ve toplam maliyete olan etkilerinin de değerlendirilmesi gereklidir.

Balıkesir' in deniz kıyılarında Eylül ayı içinde de gezi ve su sporları yapılabilir, ancak bu ayda güneşlenme oranı düşmektedir ki, bu durum gerekli panel alanını arttırmaktadır. Bu sebeple, gerektiğinde akülerin karadan şarj edilebilecek şekilde elektrik donanımının geliştirilmesi gereklidir. Bu da tasarımın iş yükünü arttıran bir faktördür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (This work was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Bandırma Onyedi Eylül University). Proje No: BAP-18-DF-1009-078.

KAYNAKÇA

[1] Lapko, A. (2016). The use of auxiliary electric motors in boats and sustainable development of nautical tourism – cost analysis, the advantages and disadvantages of applied solutions. *Transportation Research Procedia, 16*, 323-328.

[2] Litwin, L. W. (2013). Napędy i zasilanie hybrydowe niewielkich jednostek pływających. *Napędy i sterowanie, 5*, 76.

[3] İmtes, & Sunlego. (2014). *Temiz Bir Çevre İçin Elektrikli Güneş Enerjili Tekneler.*

[4] Princecraft. (2018). *Princecraft*. Princecraft: https://www.princecraft.com/us/en/products/Pontoons/2018/Brio-Electric Series/Brio-e--17.aspx
[5] Rawson, K. J. (1979). Maritime system design methodology. *Advances in Marine Technology, 1*, 25-41.
[6] Misra, S. C. (2016). *Design Principles of Ships and Marine Structures.* Boca Raton: CRC Press.
[7] Targart, R. (1980). *Ship design and construction.* New York: SNAME Publications.
[8] Wagner, E. T. (1992). U.S. Patent No. 5,164,020. *U.S. Patent and Trademark Office*, 8.
[9] Yılmaz, A. (2018, 9 1). *Enerji Atlası*. Enerji Atlası Web Sitesi: http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/gunes
[10] AYETEK Solar. (2018, 9 1). *Hakkımızda: Solarevi*. Solar Evi: https://solarevi.com/gunes-paneli
[11] SOLARTECH Power Inc. (2018, 9 1). *Solar Tech Power Inc.* Solar Tech Power Inc. https://www.solartechpower.com/index-2.html
[12] Northern Arizona Wind & Sun. (2018, 9 1). *About Us: Solar-Electric*. Solar-Electric Web Site: https://www.solar-electric.com/marine-rv/batteries-and-accessories/deep-cycle batteries.html?p=2&product_list_dir=desc&product_list_order=price
[13] Torqueedo. (2018, 9 1). *Company: Torqueedo*. Torqueedo Web Site: https://www.torqeedo.com/en/products/outboards

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Analysis of Radio Frequency Electromagnetic Waves of Compact Flourescent Lamps For Three Dimensional Plane

Y. Tanış[*2], İ. Koşalay*[1]

[1,*2] *Department of Electric-Electronic Enginneering, Ankara University, Ankara, TURKEY*

Abstract

The electromagnetic field (EMF) has ben a topic always pays attention of researchers. Many electronic device, from household appliance to smart grids, has been investigated by measuring up to certain criteria in terms of electromagnetic field. In this scope; an experimental setup was prepared for the measurement of EMF of (CFLs) compact fluorescent lamps in anechoic laboratory and measurements were implemented in 3-D coordinate plan. All values were measured for 1 to 999 MHz frequency range with 100 KHz band width. Dimensions of anechoic laboratory is 2.9x4.35x2.4 and measurements were carried for h= 0, 1.2 and 2.2 mt. Power values of CLFs are 8, 15, 50 and 73 W. Experiment was carried at 30 measurement points for every CFL. The unit used for EMF is dBμV. At measurements carried for 1 to 999 MHz frequency range, change of signal level are depend on the distance of the source. However; the main reason of signal level change is the frequency value is measured. While frequency level is decreased, signal level of EMF is increased. This measurements are preparatory work for the thesis "Analysis of Radio Frequency Electromagnetic Waves of Compact Flourescent Lamps Using Artificial Immune System". Measurements will be used in artificial immune system algorithm to estimate values at the unmeasured points.

Keywords: compact fluorescent lamp, electric field, magnetic field

1. INTRODUCTION

Electromagnetic (EM) environment, as natural electromagnetic fields and artificial electromagnetic fields, is examined in two type. Natural electromagnetic field occur external and internal sources such as electrical discharge in the atmosphere, space and solar radiation. Natural fields have very wide frequency band which compose excessive noise explosion with extra high field. However, artificial fields are occured by human-made electronic devices and systems with radio frequency (RF). Electromagnetic fields propagating electronic devices are an issue which is examined in long time [1]. One of this electromagnetic field sources is also compact flourescent lamps.

Electromagnetic fields are propagated in the form of electromagnetic waves both in space and in the environment of the material. This propagating is an energy transmission or energy propagating in form of wave or particle. Electromagnetic wave is categorized based on frequency and wave lenght. λ wave length, f frequency and c light velocity in space are seen at equlation 1. Inverse proportion is available between wave lenght and frequency. While increase of frequency decrease wavelenght, the decrease of the frequency increases the wavelength [2].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 5354543448*
E-mail address: yeliz.tanis@gmail.com (Y. Tanış)

1.2. Compact Flourescent Lamps

Compact Flourescent lamps (CFL) consist of flourescent tube and balast. CFL emits light with electric discharge. Balast is used to rectification of grid voltage. Rectification generates 20 kHz – 100 kHz frequency range. Thus, electrots in lamp heat up and firing occurs. The electrons emitted from the lead electrodes collide with the electrons of the mercury atoms in the tube (Since the mercury vapor alone can not provide the continuation of the discharge, inert gases such as argon and krypton are also present in the fluorescent tube.) and deviate from their orbits, so that ultraviolet radiation forms and becomes visible light through the phosphor crystals on the surface of the lamp [3].

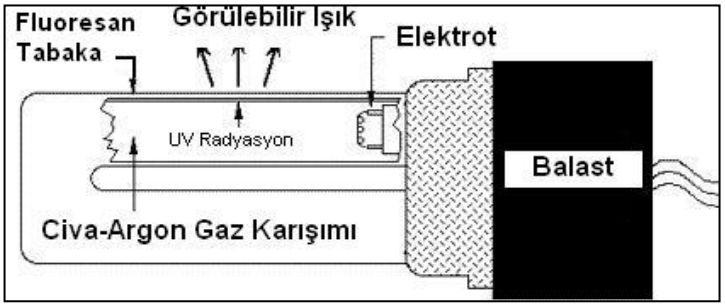


Fig. I. Internal structure of CFL

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Experiment Preparation

Prior to the experiment, the experiments regarding issue up to now are examined. Baran and Leonida (2015) stated that the electric field emitted from compact fluorescent lamps does not change in the same ratio as power of the lamps in experiments in the 20 kHz to 10 Mhz frequency range. In measurements of lamps at different power values,the electric field is not be depend on the lamp power.

Bossche vd. (2014) measure electric field and magnetic field for 5 points with 10 cm range from the source between 9 kHz and 30 MHz frequency range without using any experimental environment [4].

Letertre vd. (2009) measure magnetic field for 1 KHz -1 MHz frequency range. In measurememts; differrent magnetic fields observed for same power values according to measuremets; Magnetic field values are not depended on lamp power, the number of tube in lamp and tube size. Differences are resulted from balasts. On the other hand, As distance from the source increase, magnetic field value decrease [5].

Kvasznicza ve Elmer (2006) measured electromagnetic field value for 1 kHz- 1Mhz frequency range in an anechoic chamber. According to measurements, As the distance increases to 2 meters, the field values drop regulary and then stay constant at a certain distance[6].

Bakos et al. (2010) researched lamps with different brands, diffferent types and different power values for 1-100 kHz frequency range on x-y coordinate system. According to research, change of electric field of lamp does not depend on distance of the source, type of lamp or lamp power value. Even same power value, lamps from different manufacturers occur differenet electric field value[7].

According to research; an anechoic experiment environment, frequence range, measuring range, lamps with different power and measuring device should be considered issues for measurements of electric and magnetic field and experiments related to the this paper were carried out according to these conditions.

2.2. Experiment Environment

Electromagnetic power signal of compact fluorescent lamps were carried out at Gölbaşı Campus Electrical Appliance Measurement and Evaluation Laboratory of Ankara University. Laboratory is an anechoic chamber and not reflect any signal out of to chamber. In this reason, there is no singal effect on CFLs during experiments.

In experiments; electromagnetic power signal of CFLs with diffirent power and type are measured for 1-999 Mhz frequency range with bandwidth of 100 Khz. The width, height and height of the laboratory are 2.9, 4.35 and 2.4 meters. The measurements were made for three height (2.2 mt , 1.2 mt and 0 mt). The x sign indicates points that are not measured. The location of the lamp is at coordinates (x_2, y_2). Power values of CLFs are 18, 50 and 73 W. dBμV unit is used as the electromagnetic power unit. Each measurement was repeated 5 times to check the accuracy of the measurements.

In the experiment, Aaronia's HF 6065 V4 type electromagnetic field measuring device was used and measurement range of devide is 10 Mhz to 6 Ghz.

In measurements; More than one signal values were taken for one measurement point. As increase of distance from source, field value is discreased. Accordingly, when compared with researched experiments, the reliability of experiment conditions and measurement results understood.

3. EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

Three signal levels are measured at each measurement point and the signal levels are measured at different frequencies. Electromagnetic field measuring device displays measurements for the three highest signal levels. Measurement points, signal levels and frequency value are indicated on tables.

Table. I. Electromagnetic signal level of 73 W CLF for h=2.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	88 (8.4 Mhz) 71 (120 Mhz) 64 (340 Mhz)	89 (7.8 Mhz) 69 (120.1 Mhz) 67 (280 Mhz)	90 (7.5 Mhz) 69 (110 Mhz) 67 (340 Mhz)
y2	88 (7.9 Mhz) 69 (120 Mhz) 64 (340 Mhz)	89 (9,7 Mhz) 68 (120 Mhz) 65 (280 Mhz)	89 (6 Mhz) 68 (140.5Mhz) 62 (360 Mhz)
y3	88 (7.6 Mhz) 68 (120 Mhz) 66 (340 Mhz)	87 (40 Mhz) 72 (140 Mhz) 66 (300 Mhz)	86 (20 Mhz) 69 (120 Mhz) 66 (340 Mhz)
y4	85 (54 Mhz) 70 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)	x	83 (40 Mhz) 69 (160 Mhz) 66 (360 Mhz)

73 W lamp power is calculated by summing up 20 W, 30 W and 23 w lamp power value (20 W + 30 W + 23 w = 73 W). The signal levels in the coordinate point of the source are 65 dBμV for 280 MHz, 68 dBμV for 120 MHz, and 89 dBμV for 9.7 MHz. Electromagnetic power level is measured 89 dBμV and 88 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 6 Mhz and 7.9 Mhz.

Table. II. Electromagnetic signal level of 73 W CLF for h=1.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	89 (5.2 Mhz) 68 (110 Mhz) 64 (340 Mhz)	89 (8.1 Mhz) 70 (120 Mhz) 66 (340 Mhz)	88 (6.7 Mhz) 69 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)
y2	88 (5.1 Mhz) 67 (200 Mhz) 66 (360 Mhz)	88 (7.3 Mhz) 68 (140.1Mhz) 66 (340 Mhz)	88 (7.8 Mhz) 71 (141 Mhz) 66 (307 Mhz)
y3	87 (6.6 Mhz) 72 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)	86 (37 Mhz) 68 (140.1 Mhz) 63 (340 Mhz)	85 (40 Mhz) 66 (140 Mhz) 67 (360 Mhz)
y4	84 (40 Mhz) 67 (200 Mhz) 66 (360 Mhz)	x	83 (40 Mhz) 67 (140 Mhz) 66 (340 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 66 dBμV for 340 MHz, 68 dBμV for 140 MHz, and 88 dBμV for 7.3 MHz. Electromagnetic power level is measured 88 dBμV and 88 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 6 Mhz and 7.9 Mhz.

Table. III. Electromagnetic signal level of 73 W CLF for h=0 mt.

	x1	x2	x3
y1	89 (8.2 Mhz) 69 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)	91(5.4Mhz) 72(120Mhz) 66 (340 Mhz)	89 (7.2 Mhz) 74 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)
y2	88 (6 Mhz) 74 (120 Mhz) 63 (280 Mhz)	88 (6.1Mhz) 72 (120 Mhz) 67 (300 Mhz)	89 (9 Mhz) 70 (108 Mhz) 66 (360 Mhz)
y3	x	84 (26.7 Mhz) 72 (140.1 Mhz) 66 (300 Mhz)	84 (40 Mhz) 66 (140 Mhz) 66 (340 Mhz)
y4	84 (5.5 Mhz) 68 (105 Mhz) 63 (340 Mhz)	x	84 (8.1 Mhz) 71 (120 Mhz) 67 (460 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 67 dBμV for 300 MHz, 72 dBμV for 120 MHz, and 88 dBμV for 6.1 MHz. Electromagnetic power level is measured 88 dBμV and 89 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 6 Mhz and 9 Mhz.

Table. IV. Electromagnetic signal level of 50 W CLF for h=2.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	83 (6.9 Mhz) 68 (140.1Mhz) 67 (340 Mhz)	89 (7.8 Mhz) 69 (120.1Mhz) 67 (280 Mhz)	89 (8.9 Mhz) 68 (120.1 Mhz) 68 (340 Mhz)
y2	88 (7.8 Mhz) 69 (120.1 Mhz) 67 (340 Mhz)	90 (10.6 Mhz) 69 (140 Mhz) 67 (340 Mhz)	88 (7.8 Mhz) 68 (120 Mhz) 64 (340 Mhz)
y3	88 (6.3 Mhz) 68 (106.8 Mhz) 64 (340 Mhz)	87 (8.2 Mhz) 73 (140.1Mhz) 67 (280 Mhz)	88 (6.4 Mhz) 70 (120.1 Mhz) 65 (340 Mhz)
y4	86 (9.1 Mhz) 70 (120 Mhz) 67 (360 Mhz)	x	84 (7.6 Mhz) 68 (140 Mhz) 65 (340 Mhz)

50 W lamp power is calculated by summing up 20 W and 30 W lamp power value (20 W + 30 W = 50 W). The signal levels in the coordinate point of the source are 67 dBμV for 340 MHz, 69 dBμV for 140 MHz, and 90 dBμV for 10.6 MHz. Electromagnetic power level is measured 88 dBμV and 88 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 7.8 Mhz and 7.8 Mhz.

Table. V. Electromagnetic signal level of 50 W CLF for h=1.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	85 (12.3 Mhz) 69(120.1Mhz) 68 (340 Mhz)	88 (7.9 Mhz) 69 (120.1Mhz) 64 (340 Mhz)	85 (10.2 Mhz) 73 (140.1 Mhz) 67 (340 Mhz)
y2	87 (7 Mhz) 68 (108.3Mhz) 67 (340 Mhz)	88 (5.8 Mhz) 69 (120.1Mhz) 68 (340.1Mhz)	87 (6.5 Mhz) 73 (120 Mhz) 64 (280 Mhz)
y3	86 (6 Mhz) 72 (140 Mhz) 63 (340 Mhz)	87 (5.7 Mhz) 73 (140.1Mhz) 66 (280 Mhz)	87 (6.9 Mhz) 68 (120 Mhz) 65 (360 Mhz)
y4	86 (8.1 Mhz) 68 (120 Mhz) 66 (360 Mhz)	x	85 (10.2 Mhz) 69 (110 Mhz) 66 (280 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 68 dBμV for 340 MHz, 69 dBμV for 120.1 MHz, and 88 dBμV for 5.8 MHz. Electromagnetic power level is measured 87 dBμV and 87 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 7 Mhz and 6.5 Mhz.

Table. VI. Electromagnetic signal level of 50 W CLF for h=0 mt.

	x1	x2	x3
y1	86 (10 Mhz) 72 (140 Mhz) 68 (340 Mhz)	86 (8.6 Mhz) 71 (160 Mhz) 63 (320.1 Mhz)	85 (6.7 Mhz) 70 (120 Mhz) 67 (460 Mhz)
y2	85 (5.8 Mhz) 71 (120 Mhz) 66 (300 Mhz)	89 (10.2 Mhz) 68 (120 Mhz) 67 (340 Mhz)	89 (5.2 Mhz) 70 (120 Mhz) 68 (340 Mhz)
y3	x	84 (26.7 Mhz) 72 (140.1 Mhz) 66 (300 Mhz)	87 (6.6 Mhz) 75 (120 Mhz) 64 (280 Mhz)
y4	83 (32.8Mhz) 71 (180 Mhz) 66 (340 Mhz)	x	84 (8.1 Mhz) 71 (120 Mhz) 67 (460 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 67 dBμV for 340 MHz, 68 dBμV for 120 MHz, and 89 dBμV for 10.2 MHz. Electromagnetic power level is measured 85 dBμV and 89 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 5.8 Mhz and 5.2 Mhz.

Table. VII. Electromagnetic signal level of 18 W CLF for h=2.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	79(40MHz) 70(140MHz) 66(360 MHz)	83(6.7 MHz) 69(140 MHz) 66(300 MHz)	84(7.1 MHz) 68(200 MHz) 67(360 MHz)
y2	79(40MHz) 68(200MHz) 66(360 MHz)	84(6.7 MHz) 68(200 MHz) 68(360 MHz)	78(40 MHz) 67(140 MHz) 66(300 MHz)
y3	84(9.7MHz) 67(200MHz) 64(360 MHz)	84(5.9 MHz) 75(120 MHz) 69(300 MHz)	79(40 MHz) 67(140 MHz) 63(360 MHz)
y4	84(8.4 MHz) 66(200 MHz) 66(360 MHz)	x	79(60 MHz) 67(200 MHz) 64(360 MHz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 68 dBμV for 300 MHz, 68 dBμV for 200 MHz, and 84 dBμV for 6.7MHz. Electromagnetic power level is measured 79 dBμV and 78 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 40 Mhz and 40 Mhz.

Table. VIII. Electromagnetic signal level of 18W CLF for h=1.2 mt.

	x1	x2	x3
y1	79 (40 Mhz) 66 (140 Mhz) 66 (360 Mhz)	84 (9.8 Mhz) 67(140 Mhz) 67(360 Mhz)	80 (9.7 Mhz) 69 (200 Mhz) 67 (360 Mhz)
y2	83(6.9 Mhz) 67 (200 Mhz) 67 (360 Mhz)	84 (6.3 Mhz) 67 (140 Mhz) 66 (360 Mhz)	78 (40 Mhz) 68 (200 Mhz) 67 (360 Mhz)
y3	84 (7 Mhz) 67 (120 Mhz) 66 (360 Mhz)	84 (8.1Mhz) 68 (140 Mhz) 66 (360 Mhz)	85 (6 Mhz) 65 (120 Mhz) 65 (380 Mhz)
y4	84(10.7 Mhz) 66 (140 Mhz) 66 (360 Mhz)	X	80 (40Mhz) 67 (200 Mhz) 66 (360 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 66 dBμV for 360 MHz, 67 dBμV for 140 MHz, and 84 dBμV for 6.3 MHz. Electromagnetic power level is measured 83 dBμV and 78 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 6.9 Mhz and 40 Mhz.

Table. IX. Electromagnetic signal level of 18W CLF for h=0 mt.

	x1	x2	x3
y1	78 (40 Mhz) 72 (140 Mhz) 67 (300 Mhz)	84 (5.9 Mhz) 68 (140 Mhz) 67 (300 Mhz)	84 (10.3 Mhz) 70 (120 Mhz) 66 (300 Mhz)
y2	79 (40 Mhz) 68 (200 Mhz) 67 (300 Mhz)	84 (6.7 Mhz) 69 (120 Mhz) 64 (300 Mhz)	84 (9.3 Mhz) 69 (120 Mhz) 67 (300 Mhz)
y3	x	79 (60 Mhz) 66 (200 Mhz) 63 (300 Mhz)	85 (9.5 Mhz) 75 (120 Mhz) 63 (280 Mhz)
y4	83(5.4Mhz) 70 (140 Mhz) 66 (300 Mhz)	x	80 (10.7 Mhz) 75 (120 Mhz) 62 (460 Mhz)

The signal levels in the coordinate point of the source are 64 dBμV for 300 MHz, 69 dBμV for 120 MHz, and 84 dBμV for 6.7 MHz. Electromagnetic power level is measured 79 dBμV and 84 dBμV on the (x_1,y_2) and (x_3,y_2) for 40 Mhz and 9.3 Mhz.

In result of experiments, different electromagnetic signal levels are measured for different frequency values in same coordinate point. At each measurement points, signal levels are measured for the three highest frequency values. The signal level is changed not only to the distance from the source, but also the frequency value accordingly. The distance from the source is not affected the electromagnetic signal level but, it is changed frequency value accordingly. As the frequency value increases, the signal level decreases. In general, low levels are observed in high frequency values for measured .

4. CONCLUSION

In three dimensional plane for 1-999 Mhz frequency range; electromagnetic signal level of 50 W CLF for h=0 mt. is 89 dBμV for 5.2 MHz. , signal level of 73 W CLF for h=1.2 mt. is 89 dBμV for 5.2 MHz. and signal level of 18 W CLF for h=0 mt. is 62 dBμV for 460 MHz. Measurement device catch at most measured frequency as 460 MHz. There is no any higher frequency values measued. According to the measurements, chancing signal value is depended on to the distance from the source for 1 kHz-30 Mhz but, at very high frequency range, the main reason of changed signal level is measured value of frequency. As increase of frequency value measured, signal level is discreases.

REFERENCES

[1] Güler, İ., Çetin, T., Özdemir, A. R., & Uçar, N. (2010). *Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, İstanbul.

[2] Yazgan, E. , Turgut, G. Birinci, I. and Öncü, E. , *Fundamentals of Applied Electromagnetics*, Nobel Akademik Yayıncılık Danışmanlık Tic. Ltd Şti, P: 12-16. 2013.

[3] KÜ. 2012. Aydınlatma Tekniği ve Laboratuvarı Deney Kitabı, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü (01.02.2018), Available: http://elektrik.kocaeli.edu.tr/files/7022Ayd_Lab_Kitap_2016.pdf

[4] Van Den Bossche, M., Verloock, L., Aerts, S., Joseph, W., & Martens, L. (2014). In Situ Exposure Assessment of Intermediate Frequency Fields of Diverse Devices. Radiation Protection Dosimetry, 164(3), 252-264.

[5] Letertre, T., Azoulay, A., Destrez, A., Gaudaire, F., & Martinsons, C. (2009). Characterization of Compact Fluorescent Lights RF Emissions in the Perspective of Human Exposure. *IEICE EMC*, *9*.

[6] Kvasznicza, Z., & Elmer, G. (2006, August). Radio frequency emissions of public lighting devices, *In Power Electronics and Motion Control Conference*, 2006. EPE-PEMC 2006. 12 th. International (pp. 1340-1344). IEEE.

[7] Bakos, J., Nagy, N., Juhász, P., & Thuróczy, G. (2010). Spot Measurements of Intermediate Frequency Electric Fields in the Vicinity of Compact Fluorescent Lamps. Radiation Protection Dosimetry, 142(2-4), 354-357.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

A Review on Control Systems Used in Commercial Vessels

E. Güneş[1] , A.Kılıç[2], C. Taş[3], M.A. Bahçe[4], O.Sert[5]*

*[*1,3,4]Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Balıkesir, Türkiye*
[2,5]Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Balıkesir, Türkiye

Özet

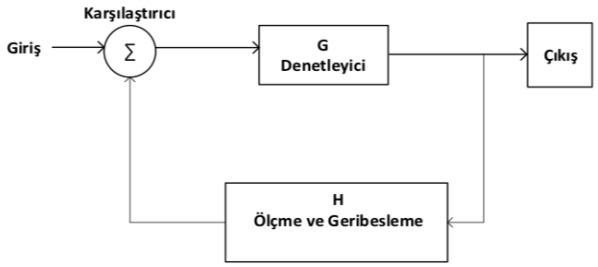
Control systems used in ships are digitized thanks to developments in technology. Automatic control systems are very significant for energy conservation, safety and to perform maneuver in short time and the loading & discharging operation. The current operation of the ships (underway sailing, moored, at drift or anchored) is integrated into the automation systems. Control and automation systems in ships are used in such areas as propulsion systems, stability, steering and maneuvering, tracking trail by using electronic charts and weather forecasting, docking and draft and depth measurement. In this study, examples of control systems in the application will be examined and possible control applications which will further reduce the workload in the future will be emphasized.

Keywords: Control applications in ships, automation systems.

1. GİRİŞ

Otomasyon, verileri aktif olarak seçen, bilgiyi dönüştüren, kararlar veren veya süreçleri kontrol eden teknolojidir. [1]. Otomatik kontrol sistemleri kurum ve kuruluşlar, tesisler ve fabrikalarda olduğu gibi gemilerde de hayatı kolaylaştırmaktadırlar. Gemilerde otomatik kontrol sistemlerinden seyir, haberleşme, yükleme& tahliye, köprüüstü yönetimi ve makine kontrolünde faydalanılmaktadır. Tek kişi ile kumanda edilen köprüüstü ya da vardiya tutmaksızın makine kontrol odasının kontrolü günümüzde ticari gemilerin çoğunda olan bir uygulamadır [2].

Otomatik kontrol sistemleri mekanik prensiplere göre çalışmakta ya da programlanmış bir mikroişlemci tarafından yönetilebilmektedir. Temelde kapalı ve açık olmak üzere iki çevrimli denetim sistemi bulunmaktadır. Kapalı çevrim denetim sistemindeki geri besleme elemanı koşula göre farklı dönütte bulunarak duruma uygunluk sağlamaktadır. Kapalı çevrim sistemler sistemin çıkışını veya sonucunu, tasarlanan çıkışa göre karşılaştırır ve uygun düzeltici eylemleri gerçekleştirir [3]. Şekil 1' de geri besleme kontrol sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



*Sorumlu yazar. Tel.: +90 266 717 01 17/2025:.
E-mail adresi: egunes@bandirmaedu.tr (E. Güneş).

Şekil. I. Geri besleme kontrol sisteminin blok diyagramı

Teknolojinin gelişmesi ile beraber gemilerde de yeni sistem ve donanımların çalışılması zorunlu hale gelmiştir. Gemilerde her bir kontrol sistemi diğer kontrol sistemlerini dikkate alan (duruma göre bütünleşmiş bir şekilde) çalışma prensibine sahiptir. Çünkü gemi sevk ve idaresinde kullanılan donanım ve sistemler makine dairesinde, liman operasyonlarında kullanılanlarla uyumlu olmalıdır. Ekipmanlar, cihazlar ve sistemler arasındaki uyum otomasyon ile sağlanmaktadır.

Köprüüstünün tek kişi ile kumanda edilmesi ve makine dairesinin vardiya tutulmadan kontrolü, teknik gereklilikleri meydana getirir ve uygun bir üst düzey kontrol yapısı ile bir ISCS (Entegre Gemi Kontrol Sistemi) tasarlayarak mümkün hale gelir [2].

Modern gemiler, karmaşık ve yerleşik veri işleme süreçleri aracılığıyla yüksek miktarlarda gemi performans ve seyir bilgilerini toplamak, depolamak ve iletmek üzere tasarlanmıştır. Bu veriler daha fazla analiz ve depolama için veri merkezlerine aktarılır [4]. Gemilerde otomatik kontrol sistemleri, kontrol elemanları, sensörler, kapalı çevrimli denetim ve programlanabilir denetleme kontrolü vasıtasıyla çalışır.

Sensörler ve ilgili ölçüm sistemleri, teknik sistemlerde herhangi bir işlem hakkında gerekli ölçülebilir bilgi sağlar. Sensörlerin birincil işlevi ölçülen büyüklüğü algılamak ve onu uygun bir sinyale dönüştürmektir. [5] Algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara transduser denir. Gemilerde manyetik transduser ve sensörler, basınç (gerilme) transduserleri, optik transduser ve sensörler, ses transduser ve sensörleri gibi türleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ilk bölümde gemilerde bulunan otomasyon sistemlerinden köprüüstünde kullanılan entegre sistemden ikinci bölümde ana makine ve yardımcı makine otomasyon sistemlerinden bahsedilmiş ve son bölümde de günümüzdeki gelişmeler doğrultusunda gemilerde gelecekte olası sistemler üzerinde durulmuştur.

2. KÖPRÜÜSTÜNDE KULLANILAN ENTEGRE SİSTEMLER

Günümüz modern gemilerinde köprüüstündeki bütün otomasyonların toplandığı entegre köprüüstü sistemi (IBS) bulunmaktadır. Bu sistem dahilinde ECDIS, AIS, ARPA, dinamik konumlandırma sistemi, VDR vb. teknolojiler entegre bir şekilde yer almaktadır. Mevki bilgisi, pruva ve hareket bilgisi, çevresel bilgiler köprüüstündeki sistemler tarafından kullanılmakta ve işlenmektedir.

Entegre köprüüstü sistemleri GPS, radar, ARPA, ECDIS, derinlikölçer (echo- sounder), hızölçer, anemometre vb. gibi ayrı seyir yardımcılarını bütünleştiren bir ünitedir. Tüm sensörlerden gelen bilgiler, IBS işlem birimi tarafından toplanır, işlenir ve farklı menüler aracılığıyla görüntülenebilir [6].

Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Sistemi (Electronic Chart Display and Information System-ECDIS), çeşitli kaynaklardan gelen verileri görüntülemenin ve seyir araçlarını sunmanın yanı sıra, seyir ve güvenlik sorunlarına ve güvenlik veya acil durum prosedürlerinin otomatik olarak uygulanmasına yönelik çözümler sunan uzman bir sistem olarak düşünülebilir [7].

Otomatik Tanımlama Sistemi (Automatic Identification System-AIS), geminin kimliği, türü, konumu, rotası, hızı, seyir durumu ve diğer güvenlikle ilgili bilgiler dahil olmak üzere, uygun şekilde donatılmış sahil istasyonlarına, diğer gemilere ve uçaklara otomatik olarak bilgi sağlar. Benzer şekilde takılan gemilerden otomatik olarak bilgi alıp gemileri de izler. Kıyı bazlı tesisler ile veri değişimi yapar [8].

Otomatik Radar Plotlama Sistemi (Automatic Radar Plotting Aid-ARPA), Geçen gemilerin, şamandıraların, kanal yapılarının ve bankların görüntülerini verebilen deniz radarları çevrenin algılanması ve seyir halindeki gemilerin çatışmasının önlenmesinde, köprüüstü ekipmanlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Radar, görüntülerdeki hareketi tanımlayarak hedefleri otomatik olarak plotlayabilme yeteneğine sahiptir; bu sisteme Otomatik Radar Plotlama Aygıtları (ARPA) adı verilir [6].

Sefer Veri Kaydedicisi (Voyage Data Recorder-VDR), uçaklardaki “Kara Kutu” a benzeyen bir Yolculuk Veri Kaydedicisi, geminin geminin üzerinde bulunan ve geminin gemiyle ilgili ayrıntılarını ve kazaların araştırılması sırasında hayati bilgileri yeniden oluşturmak için kullanılabilecek çeşitli verileri kaydeden bir teçhizattır [9].

Bilgi, bir geminin süre boyunca ve bir olayı takiben pozisyon, hareket, fiziki durumu, komuta ve kontrolü ile ilgili olarak güvenli ve geri alınabilir bir formda saklanır. Bu bilgi, olayın nedenini / sebeplerini belirlemek için müteakip herhangi bir güvenlik soruşturması sırasında kullanılır. Kaza araştırmasında kullanılmasının yanı sıra, güvenliği artırmak ve işletme maliyetlerini azaltmak için önleyici bakım, performans verimliliği izleme, ağır hava hasarları analizi, kazadan kaçınma ve eğitim amacıyla da kullanılabilir [10].

PPU (Portable Pilot Unit; Taşınabilir Kılavuz Kaptan Birimi), yüksek riskli deniz alanlarında kılavuz kaptan tarafından karar verme işleminde yardımcı olması için gemi üzerinde kullanılan, bilgisayara dayanan bir sistemdir. Taşınabilir kılavuz kaptan birimi, bilgileri elektronik harita tabanlı bir bilgisayar programında işleyerek ekranda kullanıcısına ulaştırır [11].

Dinamik Konumlandırma sistemi genel bir tanımlamayla gemiyi verilen bir mevkiye yönlendiren, ya da bir mevkii üzerinde sabit kalmasını sağlayan merkezi bir bilgisayar sistemidir. DK sistemi bu görevi gerçekleştirirken sadece bir kaynaktan değil, birçok kaynaktan her an mevkii bilgisi alır ve aldığı bu bilgileri rüzgar, akıntı vs.gibi çevresel faktörleri de hesaba katarak geminin ana makinesi ve çok sayıdaki baş ve kıç iterlerini istenilen manevrayı gerçekleştirmek üzere harekete geçirir [12]. Şekil 2' de, dinamik konumlandırma sisteminin temel çalışma diyagramı gösterilmektedir.

Şekil. II. Dinamik konumlandırma sisteminin temel çalışma diyagramı [12].

3. GEMİ MAKİNELERİNDE OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ

Gemilerde daha az insan gücü ve daha optimize edilmiş kararlar alabilmek amacıyla gemi makineleri üzerinde otomatik kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Özellikle ticari gemilerde hız ve optimizasyona olan ihtiyaç gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Bunu sağlayabilmek için gemideki enerji verimini arttırıp operasyonel ihtiyaçları azaltmak amacıyla günümüz ticari gemilerinin birçoğunda çeşitli otomatik kontrol sistemleri bulunmaktadır.

Makine dairelerinde önceden mühendisler vardiyaları sırasında turlar atarak sitemlerin kontrol ve denetimlerini sağlamaktaydılar. Makine tesisatı ve sistemlerini incelemek ayrıca bunu periyodik olarak yerine getirmek bazı hataların ve gözden kaçan noktaların oluşmasına engel olamamıştır. Genellikle mühendis kendi hisleri ve basit gözlemlemeler yardımıyla bu denetleme ve kontrol olaylarını gerçekleştirmekteydi.

Gemilerdeki istihdam talebini azaltmaya yönelik çalışmaların artmasıyla birlikte, makine dairelerinde bir mühendisin gözetimine ihtiyaç duyulmaksızın işletilebilen makine dairesi sistemlerinin geliştirilmiştir. Bu

sayede makine daireleri otomatik kontrol sistemleriyle donatılmıştır. Bu şekilde güvenli bir şekilde işletilebilen gemilere "Unmanned" gemiler adı verilmiştir.

Gemilerde kullanılan otomatik kontrol sistemleri operasyonları esnasında ortamdan ve makineler üzerinden çeşitli verileri toplayıp, bunları alarm durumunda göstererek makine dairesi çalışanlarına çeşitli uyarılar ve bilgiler sunmaktadır. "Unmaned" durumunda işletilen gemilerde bu sistemler bir karar verici unsur olarak değil daha çok makine dairesi çalışanlarına yönlendirici ve uyarılar verici niteliktedirler. Makine dairesinde genel olarak kontrol veya denetleme yapılan parametreler; sıcaklık, basınç, seviye, debi, viskozite, devir, akış kontrolü, hız, partikül oranı, voltaj, akım, titreşim, açma/kapama kontrolleridir. Bu tür sensör ve kontrol ögelerinin yardımıyla makine dairesindeki arızaların tespiti ve operasyonların daha kolay yapılabilmesine olanak sağlaması otomatik kontrol sistemlerinin başlıca amacını yerine getirmiş olurlar [13].

3.1. Gemi Ana Makinelerinde Otomatik Kontrol Sistemleri

Gemi ana makineleri hem makine dairesi üzerinden hem de köprüüstünden kontrol edilebilmektedir. Makine üzerinden bir çok farklı değer sensörler yardımıyla okunabilmektedir. Ana makine otomatik kontrolü sırasında edilirken aşağıdaki ögeler kullanılırlar:

1. Kam milinin doğru konumlandırılmasında
2. Başlangıç havası verilmesinde
3. Yakıtın makineye girmesi sırasında
4. Başlangıç havası kesilmesinde
5. Uygun değere göre hız ayarının yapılmasında
6. Ana makine doldurma havası miktarı ve aşırı dolurma yapılmasında
7. Governor hızı ayarlanırken
8. Soğutma suyu ve ceket suyu sıcaklıklarının kontrolünde
9. Yağlama ve silindir yağı basınç ve sıcaklıklarının kontrolünde
10. Egzoz sıcaklıklarının denetiminde

Yukarıda verilen ögelerin kontrolü sırasında otomatik kontrol sistemleri mühendisi uyararak gerekli müdahalenin yapılmasını bildirir. Bu gözlemler doğrultusunda mühendis gerekli onarım veya işletme yöntemi ile arızalı durumu ortadan kaldırır.

3.2. Gemi Yardımcı Dizel Makinelerinde Otomatik Kontrol Sistemleri

Gemi ana makinelerinde olduğu gibi dizel jeneratörlerde de çalışması sırasında kontrolü yapılan sistemler ortaktır. Bunun dışında dizel jeneratörler elektrik üretmede kullanıldıklarından farklı kontrol sistemleriyle donatılmışlardır. Ayrıca gemilerde güç ihtiyacının değişken olması jeneratörlerin çiftlenmesi yani birden fazla jeneratörün aynı anda devreye alınması sırasında fazladan otomatik kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Gemi dizel makinelerinin kontrolü sırasında aşağıdaki ögeler kullanılırlar:

1. Başlangıç havasının verilmesinde
2. Governör üzerinden devir ve hızın ayarlanmasında
3. Üretilen elektrik gücünün (kW) cinsinden görüntülenmesinde
4. Dizel jeneratörlerin çiftlenmesi sırasında senkronizasyon işlemi gerçekleştirirken
5. Jeneraörlerin güç yükünün görüntülenmesi ve kontrolü
6. Egzoz sıcaklıklarının denetiminde
7. Jeneratörlerin aşırı yüklenme durumunda üzerlerindeki yükü atması sırasında

3.3. Gemi Kazanlarda Otomatik Kontrol Sistemleri

Gemi kazanları genellikle iki farklı modda çalışabilen buhar kazanlarıdır. Yakıt yakılarak üretilen enerji sayesinde buhar üretme ve baca gazı sıcaklığı yardımıyla buhar üretme olarak adlandırılan iki yöntem mevcuttur. Baca gazı yardımıyla buhar üreten modda yakıt ile ilgili kontrol ögeleri kullanılmamaktadır. Aşağıda verilen ögeler buhar kazanlarının kontrolü sırasında kullanılır:

1. Kazan sistemi (açık / kapalı besleme)

2. Buhar basıncı
3. Buhar sıcaklığı
4. Su seviyesi
5. Besleme suyu seviyesi
6. Besleme pompası
7. Besleme suyu sıcaklığı
8. Akaryakıt sistemi
9. Hava ısıtıcısı
10. Duman yoğunluğu
11. Çekiş fanı zorla

3.4. Seperatörlerde Kullanılan Otomatik Kontrol Sistemleri

Gemilerde seperatörler yağlama yağının ve yakıtın içerisinde bulunan yabancı katı partikül ve suyun ayrıştırılması sırasında kullanılır. Seperatörlerin makine kontrol dairesinde olduğu gibi seperatör dairesinde de bulunan kontrol üniteleri yardımıyla otomatik kontrolü sağlanır. Speratörler kontrolü sırasında suya ihtiyaç duyarlar yani üzerlerinde küçük bir hidrolik devre barındırırlar. Bu devrenin elektriksel kontrolü ile de seperatörün çalışma modu ve farklı operasyonlara geçişi sağlanır. Aşağıda verilen ögeler speratörlerin kontrolü sırasında kullanılır:

1. Yakı/yağ giriş debilerinin kontrolünde
2. Operasyon suyunun seperatöre girişinde
3. Şok durumunun ayarlanmasında
4. Seperatörün governörünün ayarlanıp yakıt yağ çıkışının ayarlamasında
5. Dışarı atılan sludge (çamurun) içerisinde bulunan yakıtın kontrolünde
6. Ayrıştırılan yakıtın/yağın içerisinde bulunan su miktarının ölçülmesinde
7. Seperatörün purfier ve klarifier çalışma modlarının değiştirilmesi sırasında

3.5. Diğer Yardımcı Makinelerde Kullanılan Otomatik Kontrol Sistemleri

Diğer yardımcı makine izleme ve kontrol, aşağıdaki gibi birkaç sistemi kapsar: deniz suyu soğutma sistemi, tatlı su soğutma sistemi, başlangıç havası sistemi, kontrol havası sistemi, sewage sistemi, sintine suyu, tatlı su üretimi, yağ sistemi ve yakıt sisteminde bulunan sensör, valf ve diğer dedektörleri kapsar. Deniz suyu ve tatlı su soğutma sistemi üzerinde bulunan pompaların kontrolü, devereye alınması, devrelerin üzerinde bulunan tankların seviyeleri ayrıca devre üzerinde bulunan ısı değiştiricilerin sıcaklıkları sistem tarafından gözlemlenip arıza durumunda tespiti sağlanır. Başlangıç ve kontrol havası sistemlerinde kompreörlerin çıkış basınçları ve bunların açılıp kapanması, hava tüplerinin basınç seviyeleri ve buna göre kompresörlerin devreye alınıp alınmaması otomatik kontrol sistemi tarafından kontrol edilir. Ayrıca pnomatik çalışan sistemlerde pnomatik valflerin devreye girip girmemesi sistemin alarm durumuna alınmasına neden olabilir. Sewage sisteminde yine pompaların kontrolü ve eğer vakumlu bir sistem ise kontrol havasının kontrolü makine kontrol odasında gözlemlenir. Sintine seperatörünün çalışması sırasında sintine tankının seviyesi sintine kuyularının seviyeleri ve seperatörden çıkan suyun içerisinde bulunan kirleticilerin ppm olarak kontrolü sistem tarafından gerçekleştirilip temiz olan suyun dışarı pompalanabilmesine olanak sağlamaktadır [14].

4. GEMİLERDEKİ OTOMASYON VE OTONOM SİSTEMLERİN İŞLEYİŞİ

Son 30 yılda, ajan temelli akıl yürütme, makine öğrenimi, biyolojik formları taklit etme gibi çeşitli yapay zeka formlarını kullanarak akıllı yazılımlar yaratmak için kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte sanayide sürücüsüz otomobiller gibi çok fazla otomasyon yazılımı üretildi. Yakın gelecekte günlük işlerinde ve vardiya tutma konusunda zabite yardımcı olan yeni sensorlar ve yazılımlar geliştirilmiş olacak. Her ne kadar gemide gözcülük ve kontrolün gerekli olduğu düşünülse de gelecekte yerini otonom sistemlere bırakması muhtemeldir.

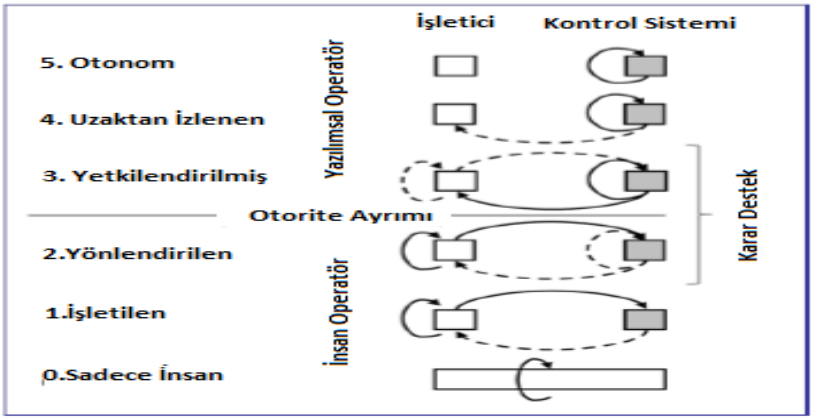
Otonom sistemlerin gelişimi boyunca birçok zorlukla karşılaşılmaktadır. Temel zorluklardan bazıları; farklı otomasyon sistemlerinin birbirleriyle uyumu, sistemlerin daha yüksek seviyede zeka kullandığında hangi yeteneklere sahip olacakları ve potansiyel riskleri gibi.

Otomasyon, çok çeşitli sistemlerde uygulanmıştır ve genel olarak gerçekleştirilecek mantıksal adımlar veya işlemler sağlamak için yazılım uygulaması içerir. Geleneksel otomasyon sistemleri, işlevini yerine getirmek için operatör yardımına ihtiyaç duymayan veya çok az ihtiyaç duyan sistemler olarak tanımlanabilir fakat sistemlerin performansları tasarlanan belli eylemlerle sınırlıdır. Modern gemilerde bazı otomasyon sistemleri Dinamik Konumlama için, kumanda ve seyir için, köprüüstü ve makine kontrolde enerji verimliliği için uygulanmaktadır. Bu örnekler özel amaçlar için farklı seviyelerde otomasyon sistemlerinin uygulanabileceğini göstermektedir.

Bu kavram son zamanlarda bilgisayar bilimiyle birlikte önem kazanmıştır. Genel olarak yüksek seviyeli otonom davranışlar sağlayabilmek üzere daha fazla sensör ve yazılım kullanımına dayanır. Otonomi kavramı temel olarak sistemlerin belirsizliklerin olduğu durumlarda performans gösterme ve kısıtlı veya hiç iletişimin olmadığı durumlarda sistem hatalarını telafi etme yeteneği olan ve bağımsız olarak görev hedeflerine ulaşabilecek kabiliyete sahip olan sistemleri anlatır. Bu amaca ulaşmak için otonom sistemler, tasarımda bulunmayan veya öngörülememiş durumlara da yanıt verilmesini sağlayacak biçimde zeka tabanlı (karar verme yeteneği olan) olmalıdır.

Otonom sistemlerin kendi kendilerini yöneten ve yönlendiren davranışları vardır çünkü bu yazılımlar hesaplama mantığının ötesinde yaparak öğrenen sayısal zekaya (bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi) sahiptirler. Büyük verilere dayanan bilgi işleme süreciyle bağlı olarak yüksek otonomi, değişen koşullar altında proaktif eylemler gerçekleştirme yeteneğine sahiptirler.

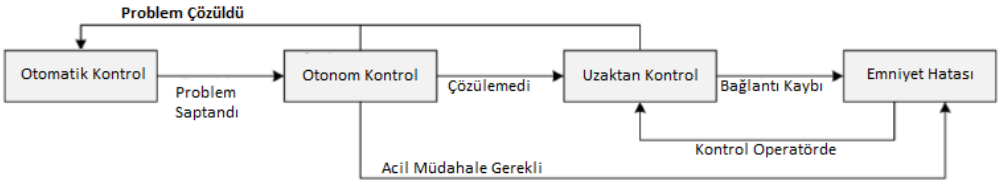
Otonomi, yeteri kadar bağımsız çalışma izni verildiğinde çok üst düzey görevler için ve hemen hemen tamamen beklenmeyen koşullar altında bile verilen komutları insan zekasından beklediğimiz kadar başarılı olarak yürütebilir. Yapay zeka sistemleri çok iyi tasarlanmış ve yüksek kapasiteli otomasyon sistemleri olarak düşünülebilir [15].



Şekil. III. Gemi Kontrol Sistemleri Metodları [15].

Fonksiyonları kontrol etmek için kullanılan 5 yöntem örneği şekilde gösterilmiştir. Bu metotlar geleneksel insanlı yönetim (metot 0) ve tamamen otonom yönetim (metot 5) arasında değişmektedir. Beyaz kareler insan operatörleri, gri kareler ise yerleşik yazılımsal sistemleri göstermektedir. Kareler arasındaki oklar birimler arası bilgi akışını temsil eder. Düz çizgili oklar yetki ve inisiyatif tabanlı verileri gösterir. Kesikli çizgili oklar ise olayların ilerleyişi için daha az önem arzeden bilgileri temsil eder. Bir kare etrafında dönen oklar, insan operatör veya yerleşik yazılımın kavrama ve sonuçlandırma kabiliyetini gösterir. İnsansız sistemlerin çoğunluğu bu kontrol metotlarından birkaçını farklı işlevler ve alt sistemler için birleştirecek şekilde tasarlanır ve kontrol için kullanılacak yöntem operasyonel şartlara göre değişiklik gösterir. Bu sebeple uygun yöntem seçimi, otonom sistemlerdeki fonksiyonların ve operasyonel içeriğin tanımlanması ve değişen koşullarda iletişim kurma yeteneğine dayanmalıdır. Gemide insan olduğunda yöntem 0 olarak tanımlanır [15].

Eğer herhangi bir kısıtlama bulunmuyorsa sistem "zeki" olarak tanımlanabilir. Bu sistemin uzmanlık alanı içerisinde eylemde bulunma konusunda özgür olduğu anlamına gelir ve kararın olası sonuçlarının tam olarak ne olacağını yapmadan anlayamaz. Bununla birlikte sistem yazılımcılarının hiç ele almadığı yeni bir durumla karşılaştığında, karasal kontrol birimine kendi kontrol sisteminin üzerine veri yazmasına izin verecek alarmlar gönderecektir. Bunun gibi son kararın insan operatörler tarafından verildiği durumlarda gemi yarı-otonom formda (bazı işlevler için hala otomatik fonksiyonlar takip edilmektedir.) kabul edilir.



Şekil. IV. Otonom Gemi Sistem İşleyişi [15].

Düşük otonomide, vardiya zabitine bir işaret gönderebilir veya zabit bir eylem gerçekleştirmediğinde bir süre sonra alarm çalabilir. Orta otonomide, Kaçınma Yazılımı zabite çözüm alternatifi önerebilir. Eğer bir karasal kontrol birimi mevcutsa, durumdan haberdar edebilir ve gemi alarmını çalmak üzere veya zabit bir hareket yapmazsa gemi rotasını değiştirmek üzere izin alabilir. Yüksek otonomide, Kaçınma Yazılımı vardiya zabiti veya karasal kontrol birimine planladığı kaçış rotasını bildirir ve herhangi bir müdahale olmazsa uygulamaya koyar. Gemi tehlikeden neta olduğunda tekrar orijinal rotasına döner. Tam otonomide ise, Karasal Kontrol Birimi mevcut durum ve uygulanacak manevra hakkında bilgilendirilir. Fakat hiç kimsenin yanıtlaması veya müdahale etmesi gerekmez. Sadece gerekli görürlerse müdahale ederler [15].

5. SONUÇLAR

Ticaret gemilerinin inşası, donatımı ve işletimi yüksek miktarda maliyetlere sahiptir. Gemilerin taşıdıkları yükler, sefer yaptıkları bölgeler ve kendi donanımları düşünüldüğünde, etkin ve verimli bir şekilde işletilmeleri gerekmektedir.

Gemi operasyonlarının çeşitliliği, çalışma şartlarının zorluğu ve deniz şartları göz önüne alındığında, olası insan hatalarının etkileri de, can, mal ve çevresel kayıplara neden olabilmektedir. Bu sebeple, mümkün olduğunca insan hatalarının azaltılmasına ve gemideki sistemlerin etkili çalışmasına katkı sağlayacak otomatik kontrol sistemleri gün geçtikçe gemilerde yaygınlaşmıştır.

Her sektörde olduğu gibi, gemilerin işletilmelerinde de otonom sistemlerinin gittikçe yaygınlaşması beklenmektedir. Nitekim yakın zamanda düşük emisyon oluşturan otonom gemilerin üretileceğine dair kaynakların sayısı artmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Lee ve See, J. D., Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. Human Factors, 5 2004.

[2] Śmierzchalski, R., Automation of ship and control. Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 133, 2012.

[3] Schueller, J. K., Chapter 4 Mechatronics and Applications. J. K. Schueller içinde, Automation and Control (M. SOYASLAN, Çev., s. 185-195). St. Joseph, Michigan, USA: CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering, 2006.

[4] Perera ve Mo, L. P., Ship performance and navigation data compression and communication under autoencoder system architecture. Journal of Ocean Engineering and Science 2018.

[5] Isermann, R., 2.2 Sensors. R. Isermann, & S. T. ÖZGÜVEN (Dü.) içinde, CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology (P. D. BÖĞREKCİ, Çev., Cilt 6, s. 32-52). St. Joseph, Michigan, USA: CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering 2006.

[6] Özkan ve Atik, E. D., Gemi Köprüüstü Otomasyon Sistemlerinin Kaptan ve Kılavuz Kaptanların Durumsal Farkındalık Seviyesiyle İlişkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 293-320, 2016.

[7] Pillich ve Buttgenbach, B., ECDIS-the intelligent heart of the hazard and collision avoidance system. IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings, 2001.

[8] IMO AIS: http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/AIS.aspx Sep. 5, 2018.

[9] IMO VDR: http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/VDR.aspx Sep. 4, 2018.

[10] (2018, 09 05). marineinsight: https://www.marineinsight.com/guidelines/voyage-data-recorder-on-a-ship-explained/ Sep. 4, 2018.

[11] İstikbal, C., PPU ve Kılavuz Kaptan. http://www.denizhaber.com/ppu-ve-kilavuz-kaptan-makale,100903.html Sep. 4, 2018.

[12] Anıker, A. T.,GEMİ MANEVRASI VE DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMİ. http://www.gemimanevrasi.com/makaleler/2_DK_VE_GEMI_MANEVRASI.pdf Sep. 4, 2018.

[13] Sanguri, C. E., About: Bright Hub Engineering. Bright Hub Engineering: https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/73565-ships-control-systems/ Sep. 7, 2018.

[14] Admin, S., www.shippipedia.com. www.shippipedia.com/ship-automation-control-system/. Sep. 7, 2018.

[15] Robert Rylander, V. S., Autonomous Safety On Vessels. Lighthouse Swedish Maritime Competence Centre, 2016.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Investigation of the Effect of NGO-PEG-DOX Drug Systems on MDA-MB-231 Cells

A. Taş[1], N. K. Çakmak[2], E. Gümüs[3], M. Atabey[4], Y. Silig[5]*

[1]Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[2]Engineering Faculty, Chemical Engineering, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[3]Faculty of Medicine, Department of Histology Embryology, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[4]Sivas Medicana Hospital, General Surgery Clinic, Sivas, Turkey
[5]Faculty of Medicine, Department of Biochemistry, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

Abstract

Breast cancer is a significant threat to women's health, and with increasing rates of incidence, it is currently one of the most common malignancies in women. However, as diagnostic tools and treatment methods continue to improve, a decrease in the mortality rate for breast cancer patients has been observed. The aim of this study is 1) to increase the biocompatibility of the NGO nanoparticle by activating with PolyEthylene Glycol (PEG) to develop a new nanostructure system and 2) to determine anticancer activity of Doksorubisin (DOX) loaded NGO-PEG on MDA-MB-231 cell lines.

NGO nanoparticles used in this study were synthesized, coated with PEG, and PEG- NGO nanostructure system was loaded with DOX. XRD and UV analyses of suspensions NGO, NGO-PEG and NGO-PEG-DOX nanostructured system were performed. The synthesized drugs were applied to the MDA-MB-231 breast cancer cell line and cytotoxic effects of these drugs were determined by using MTT method. The MDA-MB-231 cells were treated with different concentrations of NGO (5-100 μg/mL) for 24, 48 and 72 hours.

The effects of NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX on the MDA-MB-231 cell line were compared with the control group and IC_{50} values were determined for 24, 48 and 72 hours.

In this study, it was shown that the effect of NGO-PEG-DOX nanostructured system on MDA-MB-231 cell line was inhibitory to growth in cancer cells and induced apoptosis when compared with control group and DOX.

Keywords: Breast Cancer, MDA-MB-231, PEG- NGO, DOX

1. INTRODUCTION

Cancer is ranked as one of the leading causes of death second only to heart disease and represents a major worldwide health concern [1]. Breast cancer is a significant threat to women's health, and with increasing rates of incidence, it is currently one of the most common malignancies in women. However, as diagnostic tools and treatment methods continue to improve, a decrease in the mortality rate for breast cancer patients has been observed [2]. The primary and most efficient form of cancer treatment consists of surgical resection of tumors followed by chemotherapy as a means of improving therapeutic efficacy and patient survival outcomes [3]. In recent years, nanopolymer material has become a novel type of carrier due to its unique hydrophilic carbon atom structure and satisfactory physical-chemical properties. Moreover, it can exert better synergistic effects among single component, and has been widely applied in the targeted treatment of tumors in clinic [4]. Next-generation polymer such as graphene oxide (GO)–polyethylene glycol (PEG), or hydroxyl graphene-PEG, can be used as the carrier for antitumor drugs to improve the treatment efficacy of loading drugs [5]. Targeted drug delivery system expands the therapeutic window of the drug (i) by delivering the drug to the therapeutic site and (ii) by reducing delivery to the unwanted site. This reduces the minimum effective dosage of the drug compared to the usual route and thus reduces the toxic side effects of the drug. This enhances the therapeutic efficacy and equivalent plasma concentration [6,7]. Previous studies showed that the

unique two-dimensional structure of nanoscale-GO could enable them to carry drugs by conjugated effects [8,9]. For example, drug loading rate of doxorubicin (DOX) can reach 180%, indicating it could be used as a novel nanoscale drug carrier in clinic. DOX, an anthracycline antibiotic is among the most effective anticancer agents used to treat breast cancer [10]. It exerts its cytotoxic effect by intercalating between DNA base pairs on the double helix and inhibiting Topoisomerase II (TOPO-II), the enzyme responsible for DNA helix conformation and stability. Unfortunately, chronic cardiotoxicity including development of a cardiomyopathy is a major limiting factor of the chemotherapeutic use of DOX [11]. In this study, we generated PEG-GO-DOX complex, whose cytotoxicity and antitumor efficiency were evaluated in human MDA-MB-231 breast cancer cells.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Synthesis of PEGylated Graphene Oxide

Graphene oxide (GO) was prepared from expandable graphite flake according to the modified Hummer's method [12-14]. To obtain NGO, GO was cracked by ultrasonic probe at 570 W for 2 h. For pegylation, NaOH (1.2 g) and ClCH2COOH (1.0 g) were added to NGO aqueous suspension (10 mL, 2 mg/mL) and sonicated at 500 W for 3 h to convert OH groups to COOH via conjugation of acetic acid moieties resulting in NGO-COOH. The NGO-COOH solution was neutralized, and purified by repeated rinsing and filtrations, producing well dispersed NGO-COOH aqueous solution. N-(3-dimethylaminopropyl-N'-ethylcarbodiimide) hydrochloride (EDC) was added to the NGO-COOH suspension (10 mL, 1 mg/mL) at pH 5.6 and the mixture was sonicated for 5 min 4-arm polyethylene glycol-amine (2 mg/mL) was then added to the above suspension and stirred for 24 h at room temperature. The final product (NGO-PEG) was washed by repeated centrifugation and filtration, first with 5% HCl aqueous solution, and then distilled water for several times [15,16].

2.2 Characterization

The morphologies of NGO and NGO-PEG-DOX were characterized using XRD and ultraviolet-visible (UV-VIS) spectrometer. X-ray diffraction (XRD) data were obtained by a diffractometer (Rigaku DMAX IIIC). UV-Vis spectrophotometer (UV-1280, Shimadzu, Japan) was utilized to record the spectra of prepared samples range from 200 to 800 nm.

2.3 Drug loding on NGO-PEG

DOX loading onto NGO-PEG was done by simply mixing 0.4 mg/mL of DOX with NGO-PEG solution (0.2 mg/mL) at pH 8 overnight. Unbound DOX was removed by repeated washing and filtration through a 100 kDa filter (Millipore). The resulting NGO-PEG-DOX complexes were resuspended and stored at 4 ˚C.

2.4 Cell Culture

Cell lines including MDA-MB-231 cells were maintained in DMEM medium, containing 10% fetal bovine serum (FBS), penicillin (100 U/mL) and streptomycin (10 mg/L). Cells were grown in at 37 °C, 5% CO2 and 95 % air in a humidified incubator. For each cell line, 70-80% confluent cell culture flask was trypsinized and cells were seeded in 96 well plates.

2.5 Cytotoxic effect of NGO targeted drug in and MDA-MB-231 cells

The in vitro cytotoxicity of the NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX against MDA-MB-231 cell lines was performed with the MTT 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay according to the Skehan's method. Briefly, cells were trypsinized and plated into 96-well plates (Corning, USA) in 0.1 mL of complete culture medium at a density of 1 × 105 cells per well and allowed to attach for 24 h. 1 μL of test substance at concentrations ranging between 5-100 μM were added into each well containing the cells. Test substance was diluted with sterilized water into the desired concentrations from the stock. The plates were incubated at 37°C with an internal atmosphere of 5% CO2. After 24, 48 and 72 h incubation, with different concentrations of compounds, MTT (5 mg/ml dissolved in PBS) 10 μl/well was added directly to all the wells and incubated for 2 hours at 37°C. The supernatant was carefully removed from each well and 100 mL of DMSO was added to each well to dissolve the formazan crystals. After mixing with a mechanical plate mixer for 15min, the absorbance of plates were recorded at 570 nm on a microplate reader (Bio-Tek, USA). All drug doses were parallel tested in triplicate and were performed at least 3 times; control samples were run with 1% sterilized water.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Synthesis and characterization of NGO-PEG and NGO-PEG-DOX

NGO was obtained by oxidation of graphite following the modified Hummers method and then modified with amine terminated 4-armed PEG to improve the biocompatibility and enhance blood circulation of graphene [13,17,18]. NGO-PEG was highly stable in physiological solutions. In our strategy, we chose Dox, a widely used anthracyclinic antibiotic, as a model drug to treat breast cancer. The anticancer effect of Dox derives from DNA intercalation, the interaction with DNA topoisomerase I and II, reactive oxygen species (ROS) production, and the

induction of apoptosis [19]. Dox was loaded onto NGO-PEG via physisorption, mainly in the form of π–π stacking and hydrophobic interactions [12,17].

The distances between the sheets as well as their folding and structural disruptions in graphite and its functionalized derivatives are highly different. Therefore, the graphite, NGO and carboxylated functionalized samples were characterized by XRD for more structural analysis. The XRD patterns confirmed the chemical oxidation of the exfoliated graphite and formation of NGO (Fig. 1). Graphite demonstrate a very strong and sharp peak at 2θ = 26.40˚, which corresponds to the diffraction of the (002) plane. After graphite oxidation to NGO, the (002) reflection of graphite disappears and a diffraction peak at 2θ = 10.21° is present, which matchs to the diffraction of the (001) plane indicative of the successful oxidation of graphite [20,21]. Further carboxylation process under basic conditions resulted in a more dispersion and exfoliation of nano-sheets probably due to the addition of the chloroacetic acid residue (–O–CH2–COOH). As a result, the carboxylated sample showed a much weaker and broader diffraction peak at 2θ = 9.82° as compared to the NGO which indicates an increase in the interlayer spacing.

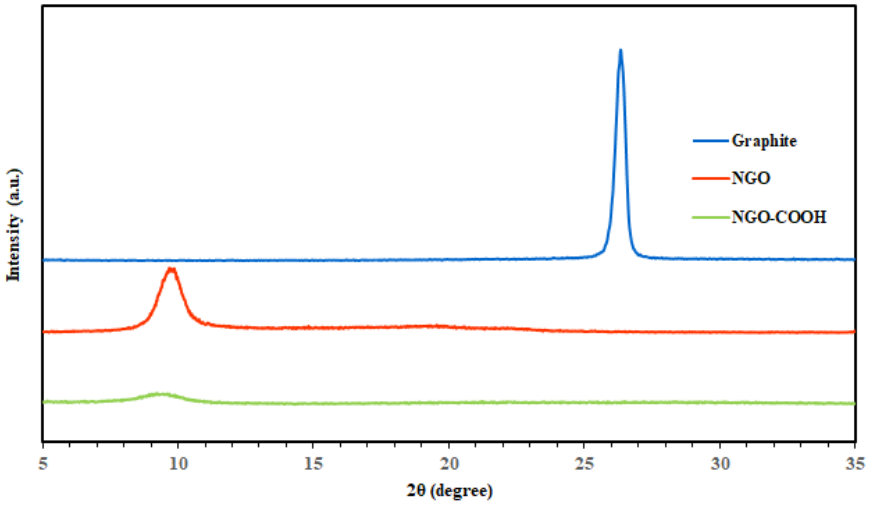


Fig. I. The XRD patterns of graphite, NGO and NGO-COOH

UV−vis spectra were employed to examine the drug loading behavior of NGO-PEG (Figure 2). The characteristic absorption peak of Dox (~490 nm) appeared in the sample of NGO-PEG-DOX, indicating successful formation of NGO-PEG-Dox conjugates. This peak indicating efficient loading of Dox by NGO-PEG.

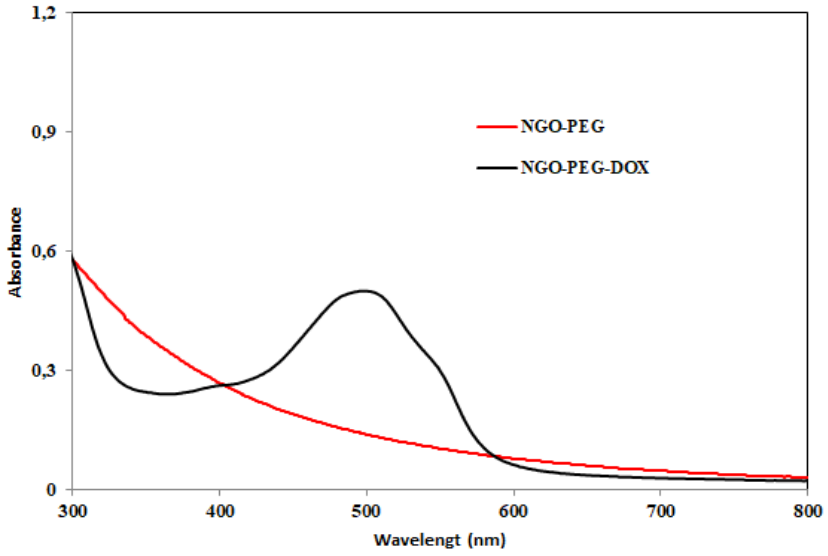


Fig. II. Ultraviolet–visible absorbance spectra of NGO-PEG and NGO-PEG-DOX

3.2 Cytotoxicity activities of NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX drugs on MDA-MB-231 cells

Figure 3 shows changes in cell inhibition for 24, 48 and 72 hours versus increasing concentrations of MDA-MB-231 cell lines. x-axis shows cell types and varying time points, while the y-axis shows the inhibition rates of cancer cells relative to the control. Compared to the control group, NGO-PEG-DOX treated MDA-MB-231 breast cancer cells showed significantly decreased tumor survival rate after 24h, 48h and 72h of incubation. Compared to the DOX group, the NGO-PEG-DOX group had significantly reduced survival rate after 24h, 48h and 72 h of incubation. Cell survival rates in all groups after 24h, 48h and 72 h of incubation were significantly decreased than those in the control group. With elongated treatment time, the survival rate of tumor cells was significantly reduced. NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX drugs on MDA-MB-231 cells was the most active for 72 h of incubation. In addition, the most active NGO-PEG-DOX and IC50 values for 24, 48 and 72 hours were 40,70 µg/ml, 39,16 µg/ml and 31,24 µg/ml respectively (Table 1).

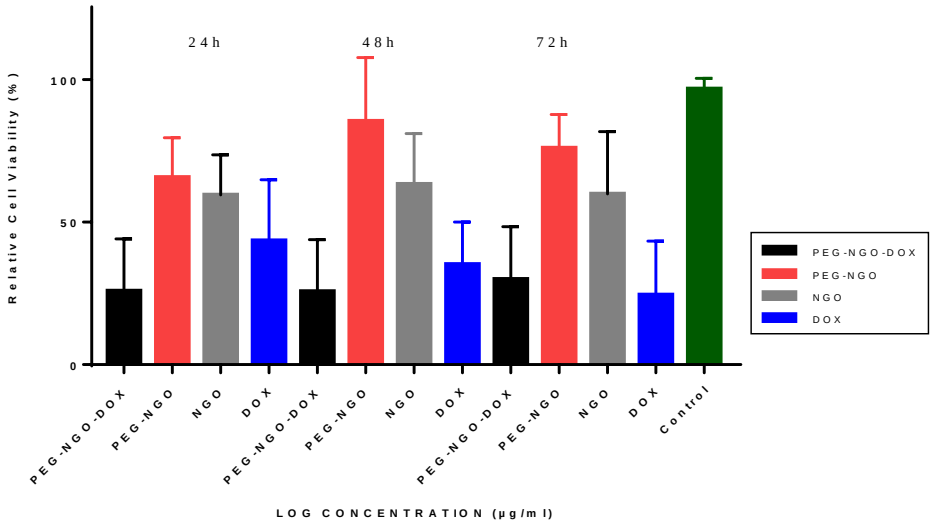


Fig. III. Cytotoxity effect of NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX drugs on MDA-MB-231 cell line

Table. I. Comparison of IC50 values between NGO, NGO-PEG, NGO-PEG-DOX and DOX on MDA-MB-231 after 24 h, 48 h and 72 h of incubation

IC_{50} (µg/mL)			
Drugs	**MDA-MB-231**		
	24h	**48h**	**72h**
NGO-PEG-DOX	40,70	39,16	31,24
NGO-PEG	66,72	51,39	50,52
NGO	59,38	44,78	43,95
DOX	51,93	44,71	35,37

4. CONCLUSIONS

In summary, we have developed modified PEGylated NGO drug carriers (NGO-PEG-DOX) for targeting drug delivery and therapy. This study demonstrates the possibility of using NGO-PEG-DOX to inhibit the growth of breast cancer (MDA-MB–231) and their cytotoxicity for potential therapeutic treatments and offers a new method to develop molecule for cancer therapy. Finally, the present results showed that NGO-PEG-DOX might be a potential alternative agent for human breast cancer therapy. Based on the results of this study, further in vitro drug release and in vivo studies will be performed.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out at Cumhuriyet University's Advanced Technology Application and Research Center (CUTAM).

6. REFERENCES

[1.] Siegel, R.L.; Miller, K.D.; Jemal, A. Cancer statistics, 2016. CA Cancer J. Clin. 2016, 66, 7–30.

[2.] Marsh S and McLeod HL: Pharmacogenetics and oncology treatment for breast cancer. Expert Opin Pharmacother 8: 119 127, 2007.

[3.] Xu, X.; Ho, W.; Zhang, X.; Bertrand, N.; Farokhzad, O. Cancer nanomedicine: From targeted delivery to combination therapy. Trends Mol. Med. 2015, 21, 223–232

[4.] Qiu S, Xing W, Mu X, et al. A 3D nanostructure based on transition-metal phosphide decorated heteroatom-doped mesoporous nanospheres interconnected with graphene: Synthesis and applications. ACS Appl Mater Interfaces 2016; 8:32528.

[5.] Liu J, Liu K, Feng L, et al. Comparison of nanomedicinebased chemotherapy, photodynamic therapy and photothermal therapy using reduced graphene oxide for the model system. Biomater Sci 2017; 5:331.

[6.] B.A.J. Sudimack, R.J. Lee, Adv. Drug Deliv. Rev. 41, 147 (2000)

[7.] M. Yokoyama, J. Artif. Organs 8, 77 (2005)

[8.] Chng C, Ambrosi A, Chua CK, et al. Chemically reduced graphene oxide for the assessment of food quality: How the electrochemical platform should be tailored to the application. Chemistry 2017; 23:1930.

[9.] Wang Q, Yang Y, Gao F, et al. Graphene oxide directed one-step synthesis of flowerlike Graphene@HKUST-1 for enzyme-free detection of hydrogen peroxide in biological samples. ACS Appl Mater Interfaces 2016; 8:32477.

[10.] Weiss RB: The anthracyclines: will we ever find a better doxorubicin? Semin Oncol 1992, 19(6):670–686.

[11.] Lefrak EA, Pitha J, Rosenheim S, Gottlieb JA: A clinicopathologic analysis of adriamycin cardiotoxicity. Cancer 1973, 32(2):302–314.

[12.] Zhang L, Xia J, Zhao Q, Liu L, Zhang Z. Functional graphene oxide as a nanocarrier for controlled loading and targeted delivery of mixed anticancer drugs. Small 2010; 6:537-44.

[13.] Hummers WS, Offeman RE. Preparation of graphitic oxide. J Am Chem Soc 1958; 80:1339.

[14.] Stankovich S, Piner RD, Nguyen ST, Ruoff RS. Synthesis and exfoliation of isocyanate-treated graphene oxide nanoplatelets. Carbon 2006; 44:3342-7.

[15.] Zhang, Wen, et al. "Synergistic effect of chemo-photothermal therapy using PEGylated graphene oxide." Biomaterials 32.33 (2011): 8555-8561.

[16.] Sun, X., Liu, Z., Welsher, K., Robinson, J. T., Goodwin, A., Zaric, S., & Dai, H. (2008). Nano-graphene oxide for cellular imaging and drug delivery. Nano research, 1(3), 203-212.

[17.] Zhang, L., Wang, Z., Lu, Z., Shen, H., Huang, J., Zhao, Q., ... & Zhang, Z. (2013). PEGylated reduced graphene oxide as a superior ssRNA delivery system. Journal of Materials Chemistry B, 1(6), 749-755.

[18.] Yang, K., Zhang, S., Zhang, G., Sun, X., Lee, S. T., & Liu, Z. (2010). Graphene in mice: ultrahigh in vivo tumor uptake and efficient photothermal therapy. Nano letters, 10(9), 3318-3323.

[19.] Lotfi, K., Zackrisson, A. L., & Peterson, C. (2002). Comparison of idarubicin and daunorubicin regarding intracellular uptake, induction of apoptosis, and resistance. Cancer letters, 178(2), 141-149.

[20.] Pradhan, S. K., Xiao, B., Mishra, S., Killam, A., & Pradhan, A. K. Resistive switching behavior of reduced graphene oxide memory cells for low power nonvolatile device application. Scientific reports, 6, 26763, 2016.

[21.] Angelopoulou, A., Voulgari, E., Diamanti, E. K., Gournis, D., & Avgoustakis, K. Graphene oxide stabilized by PLA–PEG copolymers for the controlled delivery of paclitaxel. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 93, 18-26, 2015.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Analysıs Of The Discontinuous Contact Problem Of A Homogeneous Layer By Using Fınıte Element Method

A. POLAT [1], Y. KAYA [2] , P. BORA [3] ,T.Ş.ÖZŞAHİN [4],*

[1] *Construction Technology Department, Munzur University, Tunceli, Turkey.*
[2] *Civil Engineering Department, Gumushane University, Gumushane, Turkey.*
[3] *Civil Engineering Department, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey.*
[4] *Civil Engineering Department, Karadeniz Technical University, 61000, Turkey.*

Abstract

In this study, the discontinuous contact problem of a homogeneous layer loaded by two rigid flat blocks resting on elastic half plane is investigated using the finite element method. It is assumed that all surfaces are frictionless and only compressive stress is transferred along the contact surfaces. Using the ANSYS package program, the two-dimensional finite element analysis of the problem was performed. The normal stresses between the layers and separation distances were determined. Finally FEM results were shown in graphs and tables.

Keywords: Finite element method, discontinuous contact, load factor, seperation distance**,** homogeneous layer, ansys

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarında yükler, yapının farklı elemanları veya bölümleri arasındaki temas ile aktarılırlar. Bu nedenle temas problemleri, temeller, yol ve havaalanı üst yapıları, demiryolları, akaryakıt tankları, tahıl siloları, silindirik miller gibi yapılarda geniş uygulama alanları bulmuşlardır. Temas mekaniği konusu ilk olarak 1882 yılında Hertz tarafından ele alınmış ve Muskhelishvili tarafından Kompleks değişkenler metodunun geliştirilmesi ve Sneddon' un integral dönüşüm tekniklerini elastisite teorisinde kullanması ile beraber temas problemleri üzerine yapılan çalışmalarda bir artış gözlenmiştir [1,2]. Daha sonra birçok araştırmacı çeşitli temas problemleriyle ilgili analitik çözümler gerçekleştirmişlerdir [3-8].

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi sayesinde, analitik çözümlerin karmaşık matematiksel denklemlerin çözülmesi ve uzun zaman alması sebebiyle araştırmacılar, problemlerin çözümü için yaklaşık yöntemler kullanmaya başlamışlardır. Bu yöntemlerden bazıları sonlu farklar yöntemi, sınır elemanlar yöntemi, sonlu elemanlar yöntemi ve sonlu hacimler yöntemidir. Mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan, en popüler sayısal yöntemlerden birisi sonlu elemanlar yöntemidir. İlk kez 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiş olan bu yöntem, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de başarıyla kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemine bağlı olarak çözüm bölgesine sahip, basit ve çok sayıda sonlu eleman adı verilen alt bölgelerden oluşur. Sonlu eleman sayısı ne kadar fazla olursa, kesin çözüme o kadar yaklaşılır. Temas problemlerinin yaklaşık yöntemlerle çözümü yaklaşık son 50 yılda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Chan ve Tuba (1971), elastik cisimlerin düzlem

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 507 2596968*
E-mail address: apolat80@gmail.com (Alper Polat)

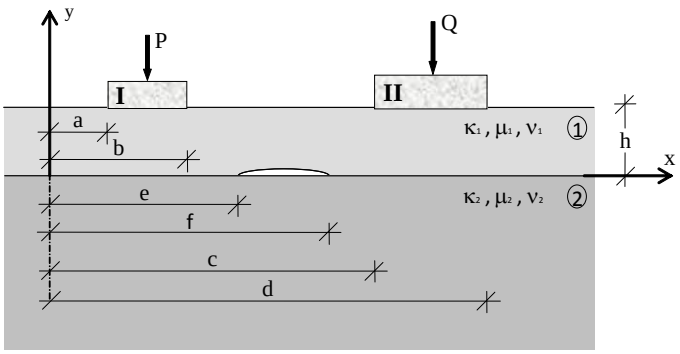
temas problemine sonlu elemanlar yönteminden yola çıkarak bir çözüm yolu geliştirmişlerdir [9]. Daha sonra birçok araştırmacı, temas problemlerini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak çözmüşlerdir [10-17].

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak, kütle kuvvetlerinin dikkate alındığı temas problemlerinin incelendiği çalışmaların az olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada elastik yarım düzleme oturan ve iki farklı yükle yüklenmiş rijit iki bloğun süreksiz temas problemi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Farklı blok aralıkları ((c-b)/h), farklı kayma modülü oranları (μ_2/μ_1) ve farklı yük faktörleri (λ) için homojen tabaka ile elastik yarı sonsuz düzlem arasındaki gerilme dağılışları ve ayrılma başlangıç (e) ve bitiş (f) mesafeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik ve tablolar halinde verilmiştir.

2. PROBLEMİN TANIMI

Elastik yarım düzleme oturan (h) yüksekliğindeki homojen tabakanın süreksiz temas problemi, Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEM) yardımıyla sayısal olarak çözülmüştür. P ve Q dış yükleri farklı iki rijit blok ile tabakalara aktarılmaktadır. Problemdeki bütün yüzeyler sürtünmesizdir. Ayrıca rijit bloklar (a, b) ve (c, d) aralıklarında homojen tabaka ile temas halindedir. Çözümde tabakanın kütle kuvveti ρgh olarak dikkate alınmıştır. Burada ρ homojen tabakanın yoğunluğu, g ise yer çekimi ivmesidir.

Tabaka ve rijit düzlem x ekseni boyunca ($-\infty$, $+\infty$) aralığında uzanmaktadır. Ayrıca problem düzlem hal için inceleneceğinden z ekseni doğrultusundaki kalınlık birim olarak alınmıştır. Problemin geometrisi Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Problemin geometrisi

Farklı blok aralıkları ((c-b)/h), farklı kayma modülü oranları (μ_2/μ_1) ve farklı yük faktörleri (λ) için çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Buradaki λ ifadesi

$$\lambda = \frac{P}{\rho g h^2} \tag{1}$$

şeklinde tanımlanmıştır. λ yük faktörünün belli bir kritik değere ulaşması durumunda (λ_{cr}) tabaka ile elastik yarım düzlem arasında ayrılma meydana gelir ve problem süreksiz temas problemi halini alır. İlk ayrılmanın olduğu uzaklık (x_{cr}) olarak adlandırılır.

Yükün kritik yüke ulaşması durumunda ($P=P_{cr}$) olması durumunda yük faktörü formülü;

$$\lambda_{cr} = \frac{P_{cr}}{\rho g h^2} \tag{2}$$

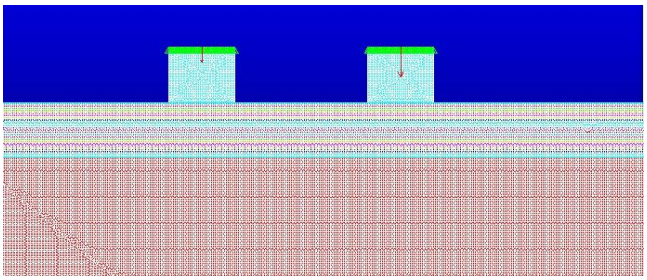
halini alır.

3. SONLU ELEMANLAR ÇÖZÜMÜ

Sonlu elemanlar yöntemi (SEM), herhangi bir fiziksel olgunun sonlu elemanlar analizini (SEA) gerçekleştirmek için kullanılan sayısal bir tekniktir. Bir akışkanın veya yapının davranışı, termal iletim, dalga yayılımı gibi fiziksel olayları kapsamlı olarak anlamak ve onu nicelleştirmek için matematiğin kullanılması gerekir. Ancak gelişen ve değişen teknoloji matematiğin bilgisayar ile bütünleşmesini sağlamıştır. Uzun ve karmaşık ifadelerden oluşan analitik çözümler yerini kısa sürede etkili sonuçların alınabildiği çözüm metotlarına bırakmıştır. Bu metotlardan biri olan SEM yaygın bir kullanım alanına ulaşarak bilim dünyasında önemli bir yere sahip olmuştur. Bu yöntem, çözüm alanının çok sayıda sonlu bölgeye ayrılması prensibine

dayanır. Ağlara bölme (mesh) denilen bu işlemde problemin bütünü yerine çok sayıda küçük alt parçalar üzerinde işlem yapılarak problem basite indirgenir. SEM kullanarak çözümler üreten çeşitli bilgisayar programları yazılmıştır. Bu çalışmada ANSYS [18] programı kullanılarak modelleme yapılmış ve çözümler elde edilmiştir. Modelleme yapılırken sürtünme kuvvetleri ihmal edilmiştir.

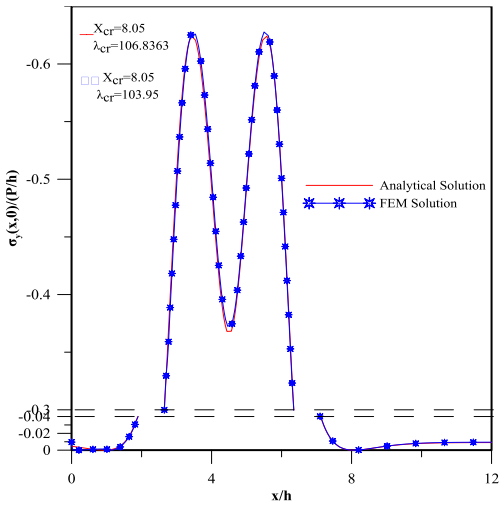
Modelin tüm parçalarında lineer, elastik ve izotropik malzeme kullanılmıştır. Eleman tipinin belirlenmesi problemin çözümünde doğru sonuçlar alma bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışma, statik ve 2 boyutlu düzlem şekil değiştirme problemi olduğundan eleman tipi olarak 8 düğüm noktalı PLANE183 kullanılmıştır. Bu eleman her düğüm noktasında x ve y doğrultularında serbestlik derecesine sahip ve dönme serbestliği yoktur. Temas algoritması olarak toplam potansiyel enerji teoremini kullanan ve hızlı sonuçlar veren Augmented Lagrangian Method tercih edilmiştir. Problemin sonlu eleman modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.



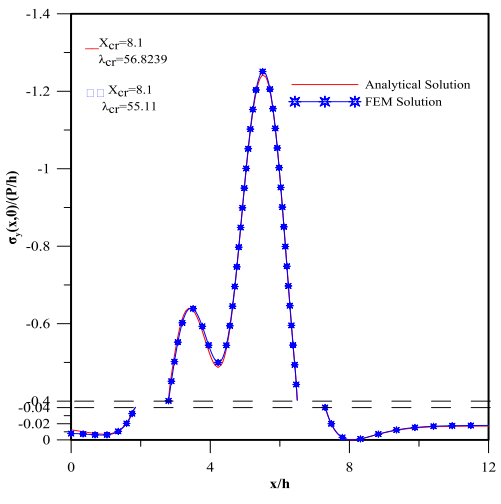
Şekil 2. Problemin sonlu eleman modeli

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada süreksiz bir temas probleminin sonlu elemanlar yöntemi (SEM) ile analizi gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak farklı kayma modülü oranları (μ_2/μ_1), farklı blok uzaklıkları ($(c\text{-}b)/h$) ve farklı yük faktörleri gibi çeşitli boyutsuz büyüklükler için süreksiz temas problemlerinin çözümünden elde edilen sonuçlar şekil ve tablolarda sunulmuştur. Homojen tabaka ile elastik yarı düzlem arasındaki ayırma başlangıç ve bitiş noktaları ve ayırma bölgesi araştırılmıştır. Temas gerilmesi $\sigma y_1(x,0)/P/h$ olarak sunulmuştur. Şekil 3 ve 4'te problemin analitik çözümü ile SEM çözümüne ait karşılaştırmalar verilmiştir. Şekil 3'te homojen tabaka ile elastik yarı sonsuz düzlem arasında meydana gelen temas gerilmelerinin dağılımı verilmiştir. Bu grafikte her iki blok yükünün eşit olması durumuna göre ve ilk ayrılma yükü ve uzaklıklarının analitik ve sonlu elemanlar sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 4'te ise 2. Blok yükün 1. Blok yükünden 2 kat fazla olması durumuna göre analizler yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Her iki grafikte de sonuçların birbirleriyle oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3. $\sigma_y(x,0)$ Elastik yarım düzlem ile tabaka arasındaki gerilme dağılışı (a/h=3, b/h=4, c/h=5, d/h=6, Q=P,κ_1= κ_2=2, μ_2/μ_1=2)



Şekil 4. $\sigma_y(x,0)$ Elastik yarım düzlem ile tabaka arasındaki gerilme dağılışı (a/h=3, b/h=4, c/h=5, d/h=6, Q=2P,κ1=κ2=2, μ_2/μ_1=2)

Tablo 1'de bloklar arası mesafe değişimine göre $\lambda > \lambda_{cr}$ yükleme durumları için homojen tabaka ile elastik yarı sonsuz düzlem arasındaki ayrılma mesafeleri incelenmiştir. Bloklar arasında mesafe açıldığında ayrılma bölgesi küçülmektedir. Bunun sebebi bloklar arası etkileşimin azalmasıdır. Yük faktörü arttığında ayrılma bölgeleri arttığı görülmektedir. Ancak bu durumda da bloklar arası mesafe arttığında ayrılma bölgesinin azaldığı görülmektedir.

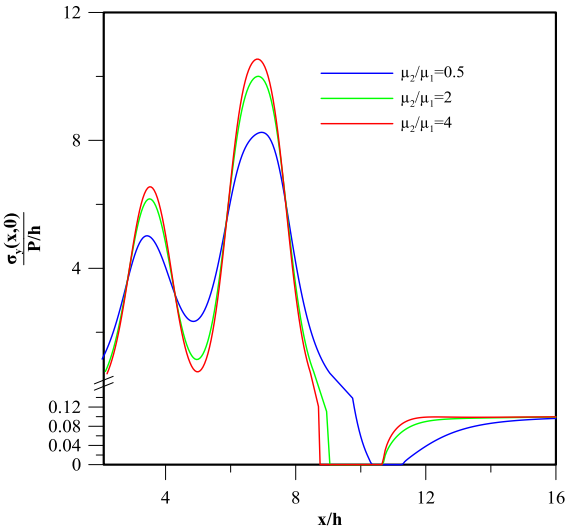
Tablo 1. Bloklar arası mesafe değişimine göre ayrılma mesafeleri (a/h=3, b/h=4, d-c/h=1.5, Q=2P, $\kappa_1 = \kappa_2 = 2$, $\mu_2/\mu_1 = 1$)

$(c-b)/h$	$\lambda = 100$		$\lambda = 200$	
	$(e-d)/h$	$(f-d)/h$	$(e-d)/h$	$(f-d)/h$
1	2.00	3.35	1.60	5.40
2	2.05	3.25	1.60	5.25
4	2.10	3.15	1.60	5.15

Tablo 2'de elastik yarı sonsuz düzlem ile homojen tabakanın kayma modülleri oranına göre ayrılma mesafeleri incelenmiştir. Elastik düzlemin kayma modülü büyüdükçe ayrılma bölgesinin büyüdüğü açıkça görülmektedir. Yük faktörünün artması durumunda ise ayrılma bölgesinin arttığı Tablo 1'e benzer olarak görülmektedir.

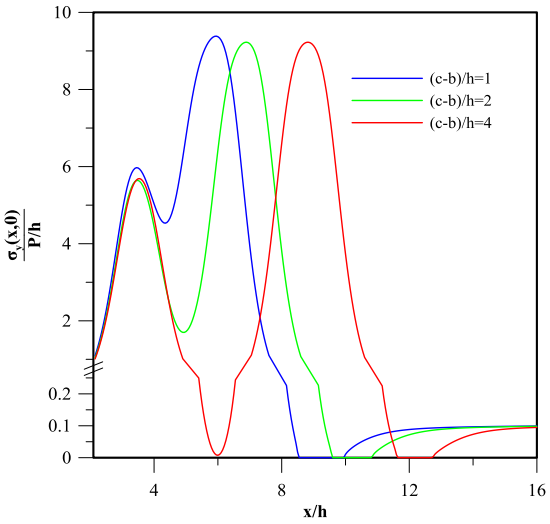
Tablo 2. Elastik düzlem ile homojen tabakanın kayma modülü oranının değişimine göre ayrılma mesafeleri (a/h=3, b/h=4, c/h=6, d/h=7.5, Q=2P, $\kappa_1 = \kappa_2 = 2$)

μ_2/μ_1	$\lambda = 100$		$\lambda = 200$	
	$(e-d)/h$	$(f-d)/h$	$(e-d)/h$	$(f-d)/h$
0.5	2.80	3.70	2.05	6.25
2	1.50	3.10	1.25	4.75
4	1.20	3.10	1.05	4.55



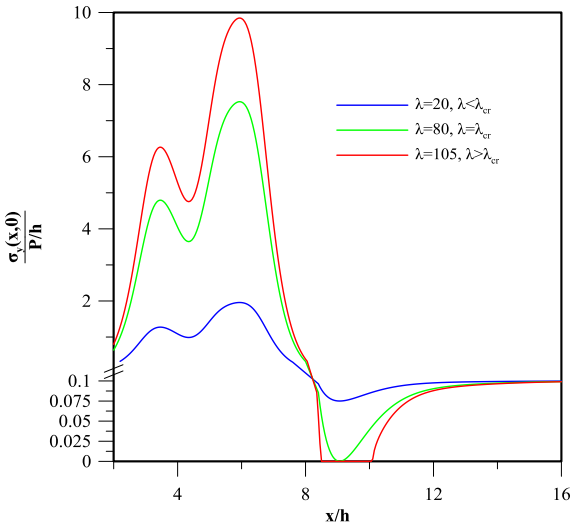
Şekil 5. Kayma modülü oranına göre gerilme dağılışının değişimi (a/h=3, b/h=4, c/h=6, d/h=7.5, Q=2P, κ_1= κ_2=2)

Süreksiz temas durumu için normalize edilmiş gerilmeler, homojen tabaka ile elastik yarı sonsuz düzlem arasındaki üç farklı bölgeyi göstermektedir. Bunlar, sürekli temas bölgesi, ayrılma bölgesi ve dış yükler olan Q/h ve P/h' ın etkisinin azalarak kaybolduğu sürekli temas bölgesidir. Şekil 5'te süreksiz temas durumu için homojen tabaka ile elastik yarım düzlem arasındaki gerilme dağılışının kayma modülü oranına göre değişimi verilmektedir. Elastik yarı sonsuz düzlem homojen tabakadan daha rijit olması durumunda ayrılma bölgesi artmaktadır. Bu durumda, temas gerilmelerinin tepe değeri de artmaktadır. Ayrıca kayma modülü oranı μ_2/μ_1 arttıkça ayrılmaların bloklara yaklaştığı ve ayrılma uzunluklarının arttığı görülmektedir.



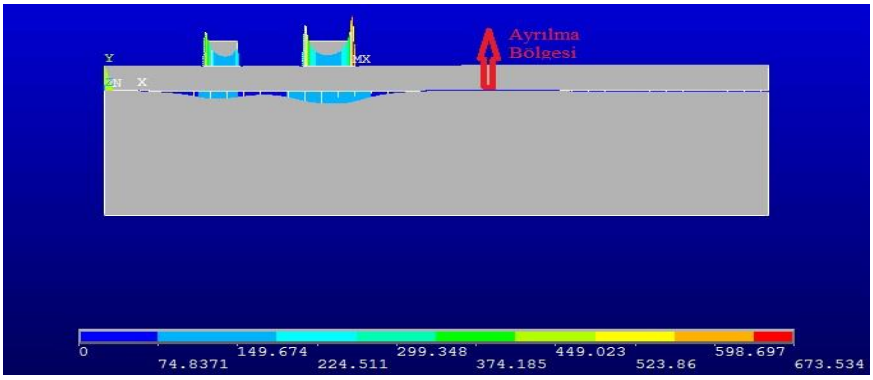
Şekil 6. Bloklar arasındaki mesafeye göre gerilme dağılışının değişimi (a/h=3, b/h=4, d-c/h=1.5, Q=2P, κ_1= κ_2=2, μ_2/μ_1=1)

Şekil 6'da süreksiz temas durumu için homojen tabaka ile elastik yarım düzlem arasındaki gerilme dağılışının bloklar arasındaki mesafeye göre değişimi verilmektedir. Bloklar arasındaki mesafe azaldıkça ayrılmalar bloklara doğru yaklaşmaktadır. Öte yandan temas gerilmelerinin tepe değeri de artmaktadır.

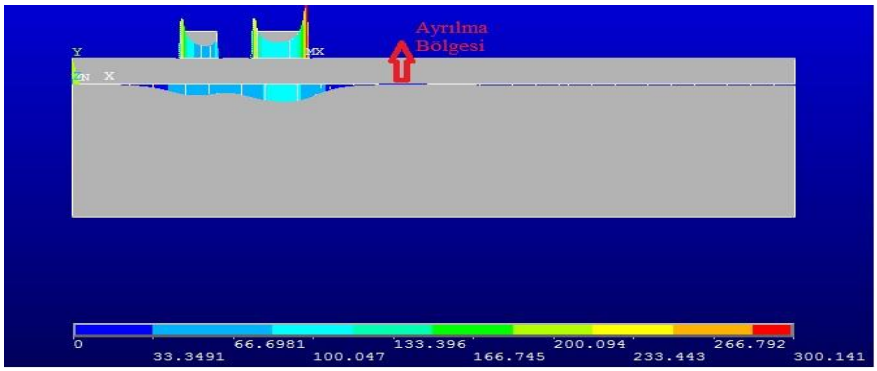


Şekil. 7. Yük faktörlerine göre gerilme dağılışının değişimi (a/h=3, b/h=4, c/h=6, d/h=7.5, Q=2P, $\kappa_1=\kappa_2=2$, $\mu_2/\mu_1=1$)

Şekil 7'de, üç farklı yük faktörü için homojen tabaka ile elastik yarım düzlem arasındaki gerilme dağılışları verilmektedir. Bu yük faktörleri sırasıyla $\lambda<\lambda_{cr}$, $\lambda=\lambda_{cr}$ ve $\lambda>\lambda_{cr}$ olduğu durumlardır. Yük faktörü değerinin kritik yükten büyük olduğu durumda ayrılmanın meydana geldiği görülmektedir.



Şekil. 8. Kayma gerilmeleri oranına göre ayrılma bölgesinin SEM grafiği (a/h=3, b/h=4, c/h=6, d/h=7.5, Q=2P, $\kappa_1=\kappa_2=2$, $\mu_2/\mu_1=0.5$)



Şekil. 9. Bloklar arası mesafe değişimine göre ayrılma bölgesinin SEM grafiği (a/h=3, b/h=4, c/h=5, d/h=6.5, Q=2P, $\kappa_1=\kappa_2=2$, $\mu_2/\mu_1=1$)

Tablo ve grafiklerde verilen değerlerin ANSYS ile elde edilen sonuçları Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo ve grafikler incelendiğinde SEM yapılan analizlerin analitik sonuçlarla oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Analitik yöntemin kompleks matematiksel ifadelerin ve uzun süren işlem sürelerinin yerine sonlu elemanlar metodu ile çok daha kısa sürede etkili sonuçların alınabildiği görülmektedir.

5. KAYNAKÇA

[1] Hertz, H., Gessammelte Worke von Heinrich Hertz, Leipzig - 1895.

[2] Sneddon, I.N., The Use of Integral Transforms, McGraw-Hill - 1972.

[3] Birinci, A., Kahya, V. ve Erdöl, R., Elastik Mesnete Oturan Bileşik Tabakalarda Sürekli Değme Problemi, *X. Ulusal Mekanik Kongresi*, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 165-173, 1997.

[4] Giannakopoulos, A.E. and Pallot, P., Two-Dimensional Contact Analysis of Elastic Graded Materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 48, 1597-1631, 2000.

[5] Çakıroğlu, F. L., Çakıroğlu, M. ve Erdöl, R., Contact Problems for Two Elastic Layers Resting on Elastic Half-Plane, *Journal of Engineering Mechanics*, 127, 2, 113-118, 2001.

[6] Çömez, İ., Rijit Dairesel Bir Pançla Bastırılan Elastik Tabaka ve Yarım Düzlemin Sürtünmeli Değme Problemi, *Doktora Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.

[7] Ozsahin, T. S. and Taskıner, O., Contact Problem for an Elastic Layer on an Elastic Half Plane Loaded by Means of Three Rigid Flat Punches, *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2013, Article ID 137427, 14 pages, 2013.

[8] Bora, P., The contact problem for two elastic layers loaded by means of two rigid rectangle blocks and resting on an elastic half infinite plane, *A Phd Thesis*, Institute of Natural Sciences Karadeniz Technical University, Trabzon, 2016.

[9] Chan, S.K. and Tuba, I. S., A Finite Element Method for Contact Problems of Solid Bodies—Part I. Theory and Validation, *International Journal of Mechanical Sciences*, 13, 615-625 1971.

[10] Klarbring, A., A Mathematical Programming Approach to Three Dimensional Contact Problems with Friction, *Computer Methods in Applied Mechanics and Enginnering*, 58, 2, 175-200, 1986.

[11] Bostan, V. and Han, W., A posteriori error analysis for finite element solutions of a frictional contact problem, *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 195, no. 9-12, pp. 1252–1274, 2006.

[12] Roncevic, B. and Siminiati, D., Two Dimensional Receding Contact Problem Analysis with NX-NASTRAN, *Advanced Engineering*, 4, 1846-5900 2010.

[13] Oner, E., Yaylaci, M., Birinci, A., Solution of a Recedıng Contact Problem Using an Analytical Method And A Finite Element Method, *Journal Of Mechanics Of Materials and Structures*, vol.9, pp.333-345, 2014.

[14] Adiyaman, G., Yaylaci, M., Birinci, A., Analytical and Finite Element Solution of a Receding Contact Problem, *Structural Engineering And Mechanics*, vol.54, no.1, pp.69-85, 2015.

[15] Yaylacı, M., Comparison Between Numerical and Analytical Solutions for the Receding Contact Problem, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, (2), 333-346, 2017.

[16] Polat, A., Kaya, Y., Ozsahin, T. S., Analysis Of Frictionless Contact Problem For A Layer On An Elastic Half Plane Using FEM. *IV. International Multidisciplinary Congress Of Eurasia* (Imcofe 2017), 23-25 August 2017 Rome, Italy.

[17] Kaya, Y., Polat, A., Ozsahin, T. S., Analysis Of Continuous Contact Problem Of Homogeneous Plate Loaded With Three Rigid Blocks By Using Finite Element Method. *IV. International Multidisciplinary Congress Of Eurasia* (Imcofe 2017), 23-25 August 2017 Rome, Italy.

[18] ANSYS, Swanson Analysis Systems Inc., Houston PA, USA, 2015.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Water Flow Window Concept: An Overview

H. İ. Yamaç[1], A. Koca[1]*

[1]Department of Mechatroics Engineering, Fırat University, Elazığ, Türkiye

Abstract

The water flow double glazing design is an innovative concept with a controlled flow of water in the cavity between two glazing. In summer, the heat absorbed by the water flowing through the windows is much higher than the air-thrown heat in the case of venting the room. Therefore, room heat gain from solar radiation can be reduced significantly. The main idea is to decrease heat (infrared) transmittance and increase the visible light (day light) transmittance, so both of these factors show the effectiveness of system. In last decade, many experimental, numerical and analytical studies on WFW systems are made. The effects of geometrical parameters of glazing, using different glazing types (like clear, tinted, low-e glass and their combinations), water flow velocity, header designs in cavity are investigated in different studies, there are also studies about automation control of hole system. The numerical modeling about heat transfer are made with software like Fluent or Fortran code. The equipment used for experimental studies are pyranometers, thermocouple sensors ex. for heat transfer measurement and luxmeter, for visible light transmittance measurement. There is analytical studies on a new concept of using WFW system with phase change materials heat storage tank or heat exchanger in last years. As a future work, energy and exergy analysis can be made for whole WFW system by considering heating and cooling heat loads.

Keywords: Water flow window, Visible transmittance, Solar heat gain.

1. INTRODUCTION

The energy consumption in the buildings accounts for 82% of the total energy consumption in the world. The window glazing plays an important role in the buildings to enhance the quality of life. Modern building designs with large windows are at the forefront today. Window systems are weak elements in terms of thermal insulation in constructions. This causes energy waste. This energy waste causes environmental problems such as financial losses and global warming. Window technology is constantly evolving to meet the needs for sustainability and protection. It is very important to increase the thermal performance of windows for sustainability. Today, there are many types of glass that are developed such as colorful, multi-part, film-coated, water flow and smart windows. Window systems using single glazing can be considered as colored glass, reflective glass, low-emission glass, smart windows, photovoltaic glass. Multi-glazed systems can be considered as systems using gas and water fluid. Airborne systems are the most commercially available stationary air double glazing, as well as gas-filled double glazing, unloaded windows and air flow glazing outside the air. The Water Flow Window (WFW) System in double glazing systems can be regarded as a new area of work in recent years [1-7].

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 424-237-0000/7614.*
E-mail address: halilymc@gmail.com (H. İ. Yamaç).

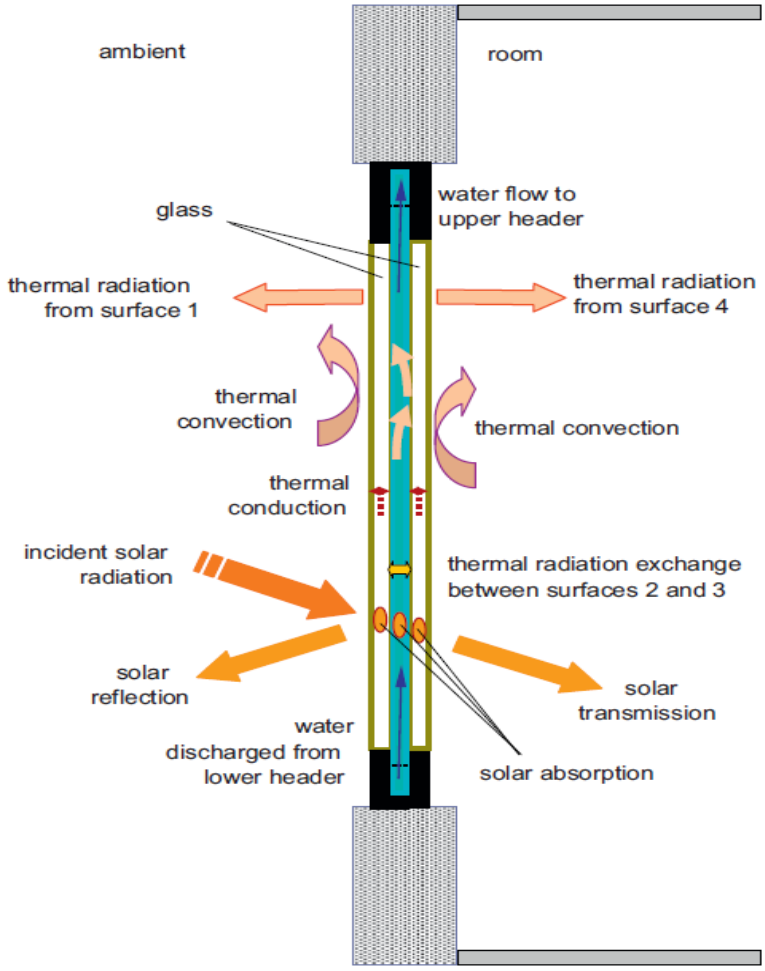


Fig. I. Energy flow paths at water-flow double-pane window [1].

Solar radiation passes through the window system with sunlight, which causes heat gain in the room. In the summer months, this heat recovery increases the cooling load required to meet the requirements for thermal comfort. Numerical modeling of the heat flow and experimental temperature measurements to calculate total energy gain are important at first. The optical properties of the window glass are also important for comfort, and experimentally the visible light measurement has to be done.

The water flow double glazing design is an innovative concept with a controlled flow of water in the cavity between the two gap of glazings. Room heat recovery can be significantly reduced because the heat with the running water in the summer months is much higher than the ventilation air.

2. WATER FLOW WINDOW CONCEPT AND STUDIES

Experimental studies were carried out to measure the glaze surface temperature remaining in the radiation. Simulations can be done by measuring the solar radiation inside room and corresponding glazing surface temperature. By simulation, the overall heat transfer coefficient (U factor) of the gazing and the solar heat gain (SHG) of the interior space can be calculated [2]. Potential changes in the solar heat gain coefficient (SHGC) and visible transmittance (VT) gradients of glazing systems were investigated using the spectral weighting function (SWF) [3].

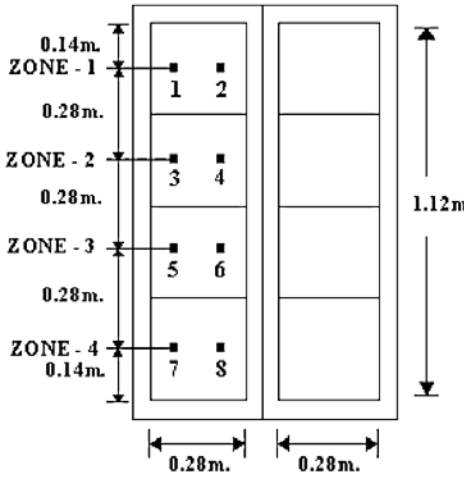


Fig. II. Arrangement of temperature measurement by thermocouple on window glazing [2].

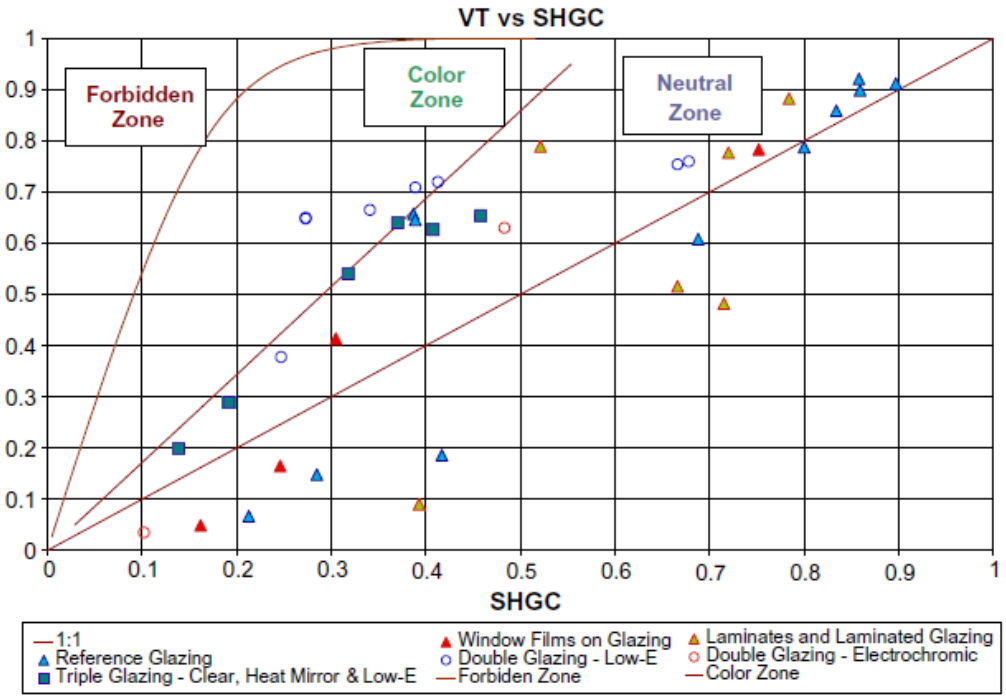


Fig. III. Visible Transmittance (VT) vs SHGC for the different specimens used in Gueymard et al. study [3].

There are studies on the WFW in which the effects of outside and inside temperatures, solar radiation, beam angle and water flow rate on heat flow are analyzed. The results have shown that this innovative design is well suited for applications in hot and warm climate regions. Continuous absorption of flowing water can reduce indoor heat gain and solar energy can turn service water into heat source. System model can be created in simulation environment. The results of the studies showed impressive water heat recovery efficiency and reduced use of electricity in the air conditioning system [4,5].

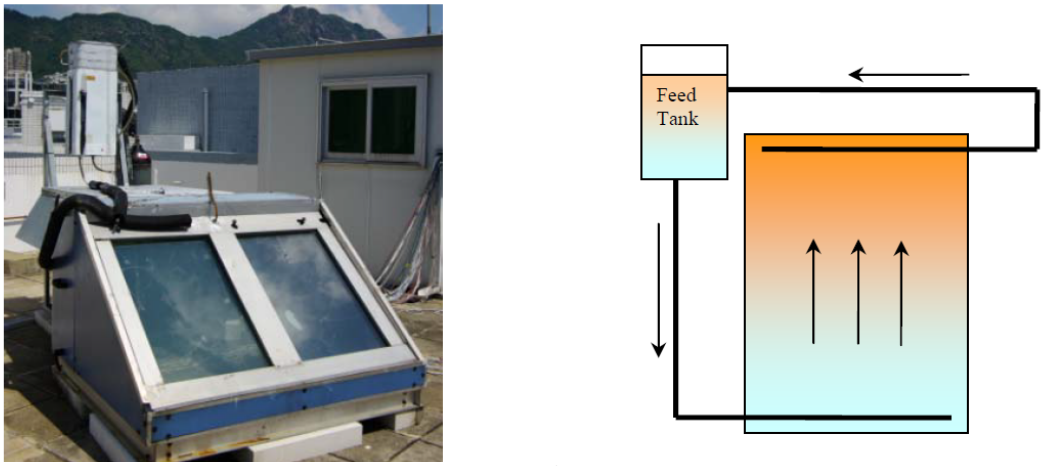


Fig. IV. Experimental setup of Chow et al. study [4].

An annual performance estimate can be generated by numerical simulation using weather data for WFW analyzes. Monthly indoor heating gains from windows can be compared to conventional single / double reflective glazing [6]. WFW systems have been developed to be applied to any building in construction or renovation, without the need for additional energy resources [8]. The results of studies on the subject have shown that using WFW can significantly reduce indoor room heat gain [6-8]. When experimental and numerical studies are examined, there is the influence of glazing type and fluid used in WFW to reduce the transmittance of the solar (ultraviolet) and to maximize the VT [9].

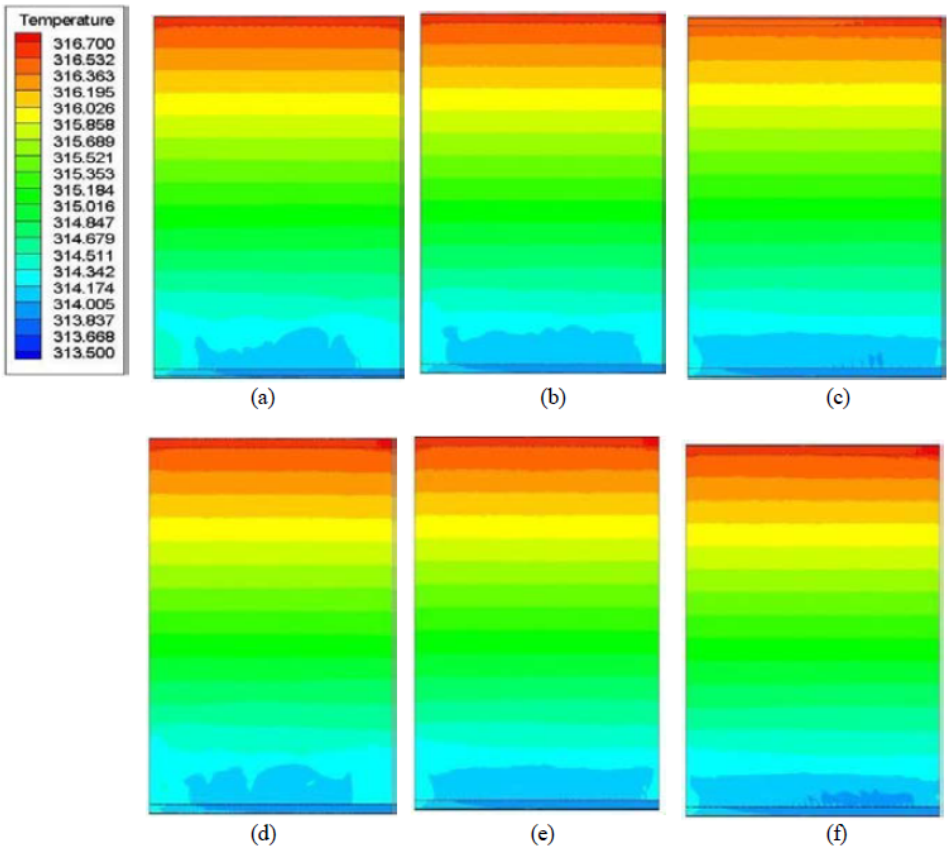


Fig. V. Temperature distributions in window cavity: (a) 30 mm interval-1mm opening; (b) 30mm interval-2mm opening; (c) 30mm interval-3mmopening; (d) 20mminterval-1mm opening; (e) 20mm interval-1mm opening; (f) 20mminterval-3mm opening Numerical Results of Lyu et al. study [11].

The water flowing through the WFW cavity can also flow in a closed loop due to a double pipe heat exchanger. There are two heads with openings evenly distributed at the top and bottom ends of the window opening. In a numerical study, the water flow and temperature distribution in the cavity were studied with different head design. It has been found that the variation in opening size or spacing will affect the local distribution of temperature and flow rate around the nozzles. However, the effect on overall system performance has been found to be insignificant [10,11].

When the studies detailing how numerical simulations can be used in thermal analysis in WFW studies are examined, dynamic thermal performance is examined through a simulation program using the developed Fortran code, which is verified by comparing experimental data. In the study, a one-dimensional thermal simulation modeling approach was also verified by Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis [12]. The SHGF (g factor) and U value of the glass in WFW can be obtained by analytically dissolving the formed model. The active behavior of the glazing is explained by a variable g factor which depends on the flow rate of the water reservoir. In addition, the input water temperature is also a parameter that affects the thermal behavior of the glazing [13].

The optical and thermal performance of the Phase Change Material (PCM) - Glazing unit was investigated experimentally compared to air-filled. The use of PCM directly between two glazing reduces VT by half [14]. The use of PCM directly between the glazing of WFW promises no future in terms of optical comfort. It is stated that WFW should work on this issue in order to adapt to the EU energy efficiency directive, which is an alternative to other windshields for energy efficiency. Due to the necessity of operating such windows with the control system, like other active glasses, there is a need for control devices based on a micro controller board to operate a window based on water flow [15]. The PCM has the potential advantages of being applied in a double pipe heat exchanger in WFW system. The validity of the numerical model can be confirmed by comparison with published experimental data [16]. The PCM to be used in the heat exchanger directly affects the WFW performance. It is important to identify the materials to be used in the PCM storage. For PCM charging and discharging operations, the climate characteristics of the WFW system should be considered. Charge-discharge times, melting point, heat transfer coefficient, latent heat storage capacity should be selected in accordance with the system to be used in the system.

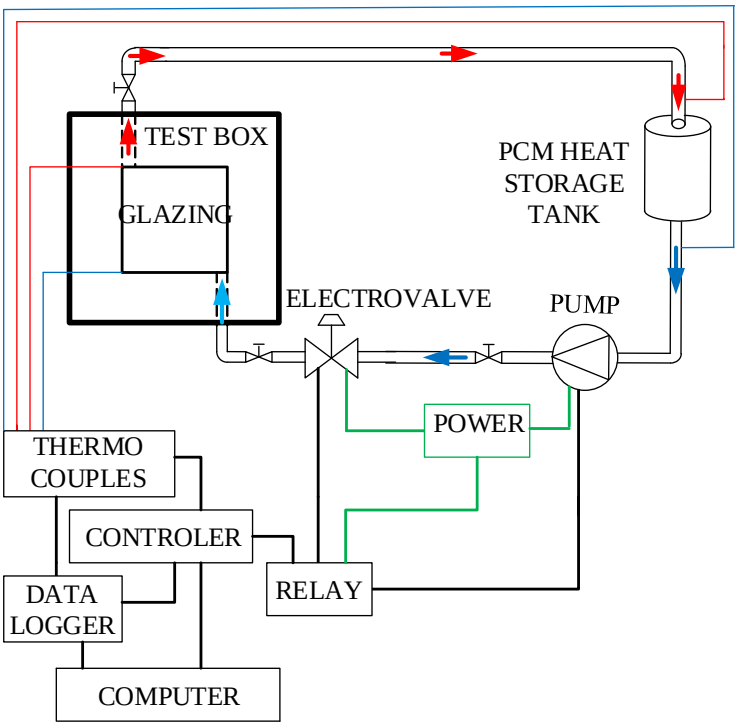


Fig. VI. Water Flow Window Experimental Setup with PCM Heat Storage Tank

3. CONCLUSIONS

When the reference studies are examined, it has been determined that glass thicknesses are preferred around 6mm and liquid flow thicjness is 10-15 mm [4, 5, 9, 11, 12]. Furthermore, when examined in terms of both thermal performance and light transmittance, it was found that the most suitable arrangement of tinted glass-liquid flow-clear glass combination, starting from the inner environment. The visible transmittance is more than 0.4 room heat gain is less than 314 W/m^2 for water velocity between cavity as 0.005m/s [1].

In the references, window systems filled with PCM are found. However, these systems have been identified both in the summer and winter seasons, which have not been productive in Türkiye. Because their light transmission is very low [14]. There is only one study of heat exchanger supported window systems with liquid flow FDM. It has also been found that the yields of these systems are better [16]. Pure PCM has been used in this study and no improvement has been made in the thermophysical properties of the present chemical specifications. Work has been repeated for only a few different chemicals. PCM, however, can have much better thermophysical properties by making suitable eutectic mixtures [17-21].

As a future work, experimental and numerical studies on water flow window for Turkish climate regions can be done. As can be seen, work on low-carbon buildings is very popular, and in the index journals on the subject articles have increased 3.5 times over the last decade [22]. When window systems are scanned under the same heading, this ratio increases to 3.7 times [23]. This rate shows the importance and publication potential of the work to be done in this area.

REFERENCES

[1] Chow, T-T., Li, C., Lin, Z., Innovative solar windows for cooling-demand climate, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 94; 212-220, 2010..

[2] Pal, S., Roy, B., Neogi, S., Heat transfer modelling on windows and glazing under the exposure of solar radiation, *Energy and Buildings*, 41; 654-661, 2009.

[3] Gueymard, C. A., duPont, W. C., Spectral effects on the transmittance, solar heat gain, and performance rating of glazing systems, *Solar Energy*, 83; 940-953, 2009.

[4] Chow, T-T., Li, C., Lin, Z., Thermal characteristics of water-flow double-pane window, *International Journal of Thermal Sciences*, 50; 140-148, 2011.

[5] Chow, T-T., Li, C., Clarke, J. A., Numerıcal predıctıon of water-flow glazıng performance wıth reflectıve coatıng. In: Proceedings of *12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney Australia, p. 1127-1133., *Sydney*, 2011.

[6] Li, C., Chow, T-T., Water-filled double reflective window and its year-round performance, Procedia Environmental Sciences, 11; 1039-1047, 2011.

[7] Haoyang, L, The development of novel window systems towards low carbon buildings, *phD Thesis*, Nottingham University, 2012.

[8] Lopez, G. T., Molina, G. C., Influence of double glazing with a circulating water chamber on the thermal energy savings in buildings, *Energy and Buildings*, 56; 56-65, 2013.

[9] Qahtan, A., Rao, S. P., Keumala, N., The effectiveness of the sustainable flowing water film in improvingthe solar-optical properties of glazing in the tropics, *Energy and Buildings*, 77; 247-255, 2014.

[10] Adu, B., Characterizing Water as Gap Fill for Double Glazing Units, Master Thesis, Western Kentucky University, 2015.

[11] Lyu, Y. L., Chow, T-T., Evaluation of influence of header design on water flow characteristics in window cavity with CFD, *Energy Procedia*, 78; 97-102, 2015.

[12] Chow, T-T., Lyu, Y., Effect of design configurations on water flow window performance, *Solar Energy*, 155; 354-362, 2017.

[13] Sierra, P., Hernandez, J. A., Solar heat gain coefficient of water flow glazings, *Energy and Buildings*, 139; 133-145, 2017.

[14] Liu, C., Wu, Y., Zhu, Y., Li, D., Ma, L., Experimental investigation of optical and thermal performance of a PCM-glazed unit for building applications, *Energy and Buildings*, 158; 794-800, 2018.

[15] Claros Marfil, C., Francisco, J., Molina, P., Ovando Vacarezza, G., Lirola Perez, J. M., Lauret Aguirregabirla, B., 2013. Home automation controller for a water-flow window, *Portugal SB13 Contribution Of Sustainable Building To Meet Eu 20-20-20 Targets*, Guimarães Portugal, 2013.

[16] Chow, T-T., Lyu, Y., Numerical analysis on the advantage of using PCM heat exchanger in liquid-flow window, *Applied Thermal Engineering*, 125; 2017.

[17] Colla, L., Fedele, L., Mancin, S., Danza, L., Manca, O., Nano-PCMs for enhanced energy storage and passive cooling applications, *Applied Thermal Engineering*, 110; 584-9, 2017.

[18] Saeed, R.M., Schlegel, J.P., Castano, C., Sawafta, R., Preparation and enhanced thermal performance of novel (solid to gel) form-stable eutectic PCM modified by nano-graphene platelets, *Journal of Energy Storage*, 1;, 91-102, 2018.

[19] Elbahjaoui, R., El Qarnia, H., El Ganaoui, M., Numerical study of the melting of Nano-PCM in a rectangular storage unit heated by upward heat transfer fluid", *Energy Procedia*, 139; 86-91, 2017.

[20] Biswas, K., Lu, J., Soroushian, S., Shrestha, S., Combined experimental and numerical evaluation of a prototype nano-PCM enhanced wallboard, *Applied Energy*, 51-29, 2014.

[21] Alshaer, W.G., Nada S.S., Rady, M.A., Le Bot, C., Del Barrio, E.P. 2014, Numerical investigations of using carbon foam/PCM/Nano carbon tubes composites in thermal management of electronic equipment, *Energy Conversion and Management*, 89; 873-84, 2014.

[22]https://www.sciencedirect.com/search?qs=low+carbon++building&authors=&pub=&volume=&issue=&page=&origin=home&zone=qSearch

[23]https://www.sciencedirect.com/search?qs=glazing+system&authors=&pub=&volume=&issue=&page=&origin=home&zone=qSearch

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Numerical Analysis on Phase Change Materials Used in Thermal Energy Storage Tank

H. İ. Yamaç[1], A. Koca[1]*

[1]Department of Mechatroics Engineering, Fırat University, Elazığ, Türkiye

Abstract

Thermal energy storage tanks can be used as heat exchanger for decreasing the temperature of fluid flow inside the tank. At this point, Phase Change Materials (PCM) is used in thermal energy storage tank to take advantage of considerable heat storage capacity at phase change process. Three different types of PCM is used in thermal energy storage tank have spiral coil tube is analyzed by using Computational Fluid Dynamics (CFD) software in this study. Commercial paraffin based RT21HC, commercial hydrated salt S21, a eutectic mixture of capric acid (CA)-myristic acid (MA)-expanded perlite (EP)-expanded graphite (CA-MA/EG/EP) are used as PCM in analysis. Charge and discharge times of PCM, transient mass fractions of PCM and transient temperature of outflow are obtained. Results show that the lowest outflow temperature is obtained from the case S21 used. The CA-MA/EG/EP both have the highest outflow temperature and becomes fully liquid earliest despite it has the best discharging performance. All the materials used in analysis needs environmental temperature less than 18 ℃ for discharging process.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, phase change material, thermal energy storage

1. INTRODUCTION

Heat storage capacity of PCM make these materials useful for the systems works based on heat transfer principle. When the fluid flow inside the tank filled PCM, the tank can act like an heat exchanger. The material inside tank can take considerable amount of heat from fluid while phase change process. This situation ends by decreasing the temperature of fluid. The phase change from solid to liquid (melting) is called as charge process with heat gain, liquid to solid (freezing) is called as discharge process with heat loss of PCM. There a lot of studies on detection of thermal properties of PCM: Sharma and Sagara have studied over 250 PCM for the development of latent heat storage systems in their work. In these studies, PCM are classified as salt hydrates, paraffin and fatty acids [1]. Barreneche et al. classifies PCM for thermal storage systems in their investigation. Depending on the requirements of the application, it is reported that the working temperature and the structure of PCM are important in the selection [2]. The idea behind the use of tank have spiral coil tube is increase the heat transfer area between fluid and PCM at useful volume and also experimental applicability. For the same volume PCM heat exchanger must be too longer than tank. The hole inside tank increase heat transfer area for natural convection of the design while discharge process of PCM. Zhang et al. study on spiral tube embedded latent thermal heat storage tank with paraffin composite as PCM, experimentally. The PCM tank temperature distribution for charge and discharge process are obtained [3]. Ahmadi et al. study on phase change in spiral coil heat storage systems, numerically. The investigation is made to detect the effects of geometrical parameters on phase change process [4].

In this study, three different types of PCM is used in thermal energy storage tank have spiral coil tube is analyzed by using Computational Fluid Dynamics (CFD) software Fluent module. The model and geometrical parameters of tank used in CFD analysis can be shown in Figure 1 [5].

[*] *Corresponding author. Tel.: +90 424-237-0000/7614.*
E-mail address: halilymc@gmail.com (H. İ. Yamaç).

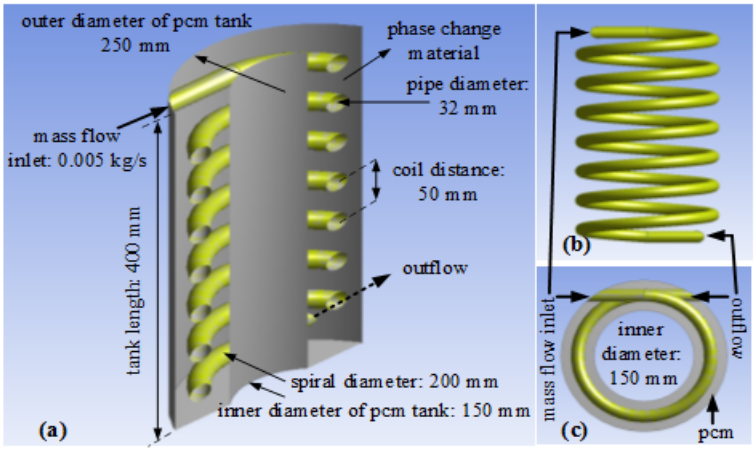


Fig. I. (a) PCM heat storage tank section view (b) Spiral coil tube (c) Top view of system [8].

Commercial paraffin based RT21HC [5], commercial hydrated salt S21 [6], a eutectic mixture of capric acid (CA)-myristic acid (MA)-expanded perlite (EP)-expanded graphite (CA-MA/EG/EP) [7] are used as PCM in analysis.

2. MATERIALS AND METHODS

Numerical studies are performed with the same tank model for PCM used in analysis. Fluent module works based on Finite Volume Method (FVM). FVM needs to make mesh structure before numerical solution [9]. Figure 1 shows the geometrical parameters of the model used in numerical analysis.

2.1. Mesh Structure

Mesh structure of the model can be seen in Figure 2.

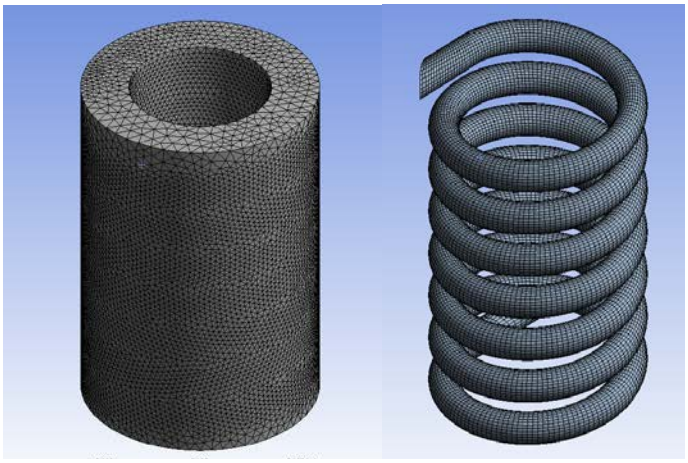


Fig. II. Mesh structure of PCM tank outside and spiral coil tube of heat transfer fluid [8].

Mesh parameters of the model: Number of nodes is 179975, number of elements is 486938 and the average skewness of the mesh statics is 0.245. The reference of mesh quality is mesh skewness statistics. Mesh skewness should be less than 0.23 [9]. The mesh skewness as 0.25 can be acceptable mesh quality [8].

2.2. Materials and Boundary Conditions

Phase change is a process that occurs between two temperature values. Analysis are made with the assumption of melting area 20-23°C and congealing area 19-21°C for all PCM used in analysis. Melting and congealing areas of are RT21HC are available [5]. Phase change temperature of S21 is 22°C [6]. Melting and freezing points of CA-MA/EP are 21.7°C and 20.7°C [7]. Some of properties of CA-MA/EG/EP material are approximate values calculated from properties of materials used for the blend. Initial temperature of melting process is 18°C and mass flow inlet temperature of heat transfer fluid (HTF) is 25°C. Mass flow rate is 0.005 $kg \cdot s^{-1}$. Outside walls of tank are assumed adiabatic.

The materials properties can be seen in Table 1.

Table. I. PCM properties used in numerical analysis [5-7].

	Phase Change Material		
	RT21HC	S21	CA-MA/EG/EP
Density Liquid ($kg \cdot m^{-3}$)	770	1450(app.)	650(app.)
Density Solid ($kg \cdot m^{-3}$)	880	1600(app.)	810(app.)
Latent Heat Capacity ($kJ \cdot kg^{-1}$)	190	170	85.4
Specific Heat Capacity ($kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)	2.00	2.20	2.55(app.)
Thermal Conductivity ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	0.200	0.540	0.076

Initial temperature of freezing process is 25°C for tank and there is stationary fluid inside the pipe. Discharge analysis of all PCM are made with natural convection heat transfer from outside walls of tank as boundary condition at 18°C to simulate freezing process. Heat transfer coefficient of air is assumed as $60 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

2.3. Solver

Fluent software is employed with SIMPLE Solver. This solver applies the Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) equations to the system directly. The equations of RANS, energy, momentum and continuity are [9]:
Continuity:

$$\nabla \vec{V} = 0 \tag{1}$$

Momentum:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \vec{V}.\nabla\vec{V} = \frac{1}{\rho}\left(-\nabla P + \mu\nabla^2\vec{V} + \rho\beta\left(T - T_{ref}\right)\right) + \vec{S} \tag{2}$$

Energy:

$$\frac{\partial h_{sens}}{\partial t} + \frac{\partial h_{lat}}{\partial t} + \nabla.\left(\vec{V}.h_{sens}\right) = \left(\frac{k}{\rho c_p}\nabla h_{sens}\right) \tag{3}$$

Enthalpy and Mass Fraction: The material enthalpy is computed as the sum of sensible enthalpy h_{sens} and latent heat h_{lat} [4]:

$$h_{tot} = h_{sens} + h_{lat} \tag{4}$$

$$h_{sens} = h_{ref} + \int_{T_{ref}}^{T} c_p dT = h_{ref} + c_p \int_{T_{ref}}^{T} dT \tag{5}$$

where c_p as a constant factor is separated from the integral.

$$H_{lat} = \sum_{i=1}^{n} \lambda i L \tag{6}$$

h_{lat} may vary from zero (solid) to L (liquid) and λ is liquid fraction. The Σ sign implies that the total latent heat is computed through a summation of latent heat of every cell included in the studied domain in every time step. Afterward sensible heat can be computed via subtracting latent heat from total heat.

$$h_{sens} = h_{tot} - h_{lat} \tag{6}$$

Therefore, liquid fraction, λ, can be defined as [4]:

$$\lambda = \begin{cases} \frac{h_{lat}}{L} = 0 \; if \; T < T_s \\ \frac{h_{lat}}{L} = 1 \; if \; T > T_{liq} \\ \frac{h_{lat}}{L} = \frac{T - T_s}{T_{liq} - T_s} \; if \; T_s < T < T_{liq} \end{cases} \quad (7)$$

In this study, results as volume fractions are obtained from enthalpy and mass fraction equations upward. Temperature counters of HTF and PCM materials are obtained from RANS equations upward.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The mass fraction contours of different PCM at the end of 3, 6, 9 and 12 hours in melting process can be seen Figure 3.

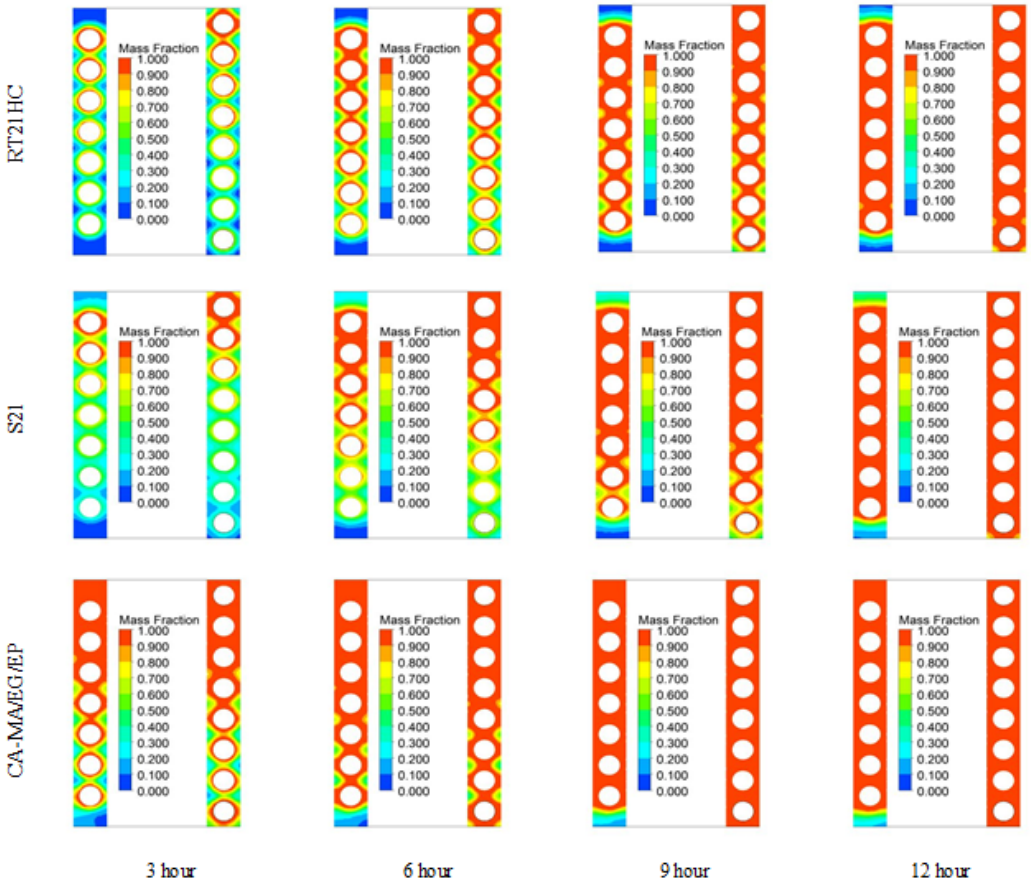


Fig. III. Transient mass fraction of PCM in tank while melting from section view

The red colored areas in contours represents fully liquid materials and dark blue colored areas in contours represent fully solid materials in this section view of tank. White circles are the places where water pipe passes. Contours show that CA-MA/EG/EP melting time is the shortest in all cases. There isn't considerable phase change after 6 hours of analysis. At the end of 12 hours almost all PCM are liquid. Figure 4 shows the mass fraction of PCM in tanks vs. time chart in melting process.

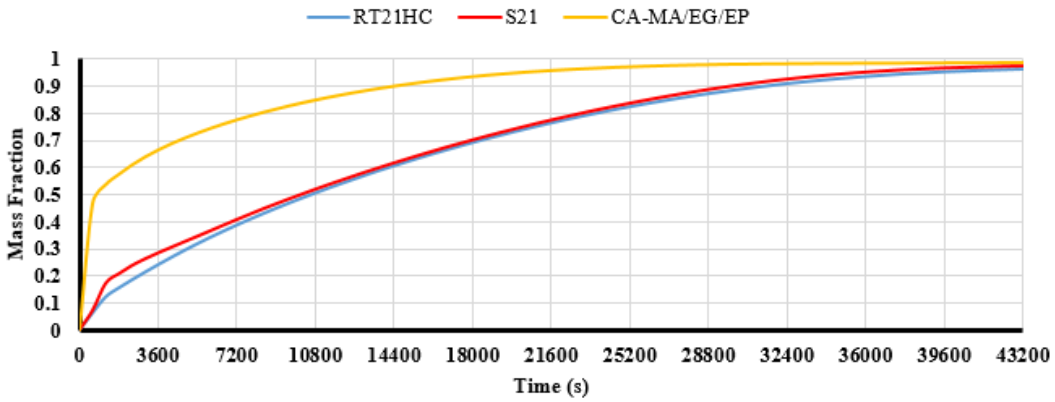


Fig. IV. Mass fraction vs. time chart in melting process

Materials S21 and RT21HC needs almost the same time for melting. CA-MA/EG/EP reaches the mass fraction 0.9 at the end of 4 hour. At the same time the other materials reach only 0.5 (means half of the material is liquid). It can be explained with latent heat capacity of CA-MA-/EG/EP is lower than the other materials. The latent heat capacities of S21 and RT21HC are similar.

The temperature contours of HTF and outflow at the end of 3, 6, 9 and 12 hours in HTR cool down process can be seen Figure 5.

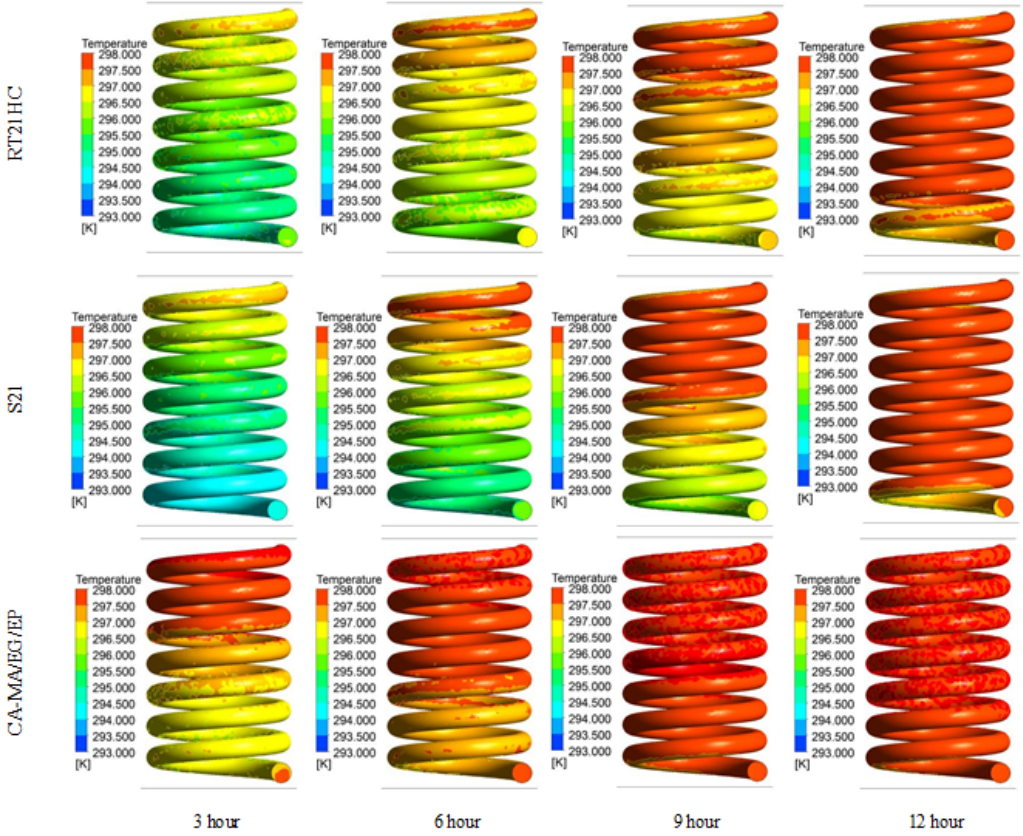


Fig. V. Heat transfer fluid temperature contours

Temperatures of HTF decrease from inlet to outlet. In discharging process of PCM, temperature of HTF decreases as it seen from Figure 5. The outflow temperature is lowest at the end of 3, 6, 9 and 12 hours of simulation. Figure 6 shows the area average outflow temperature vs. time chart.

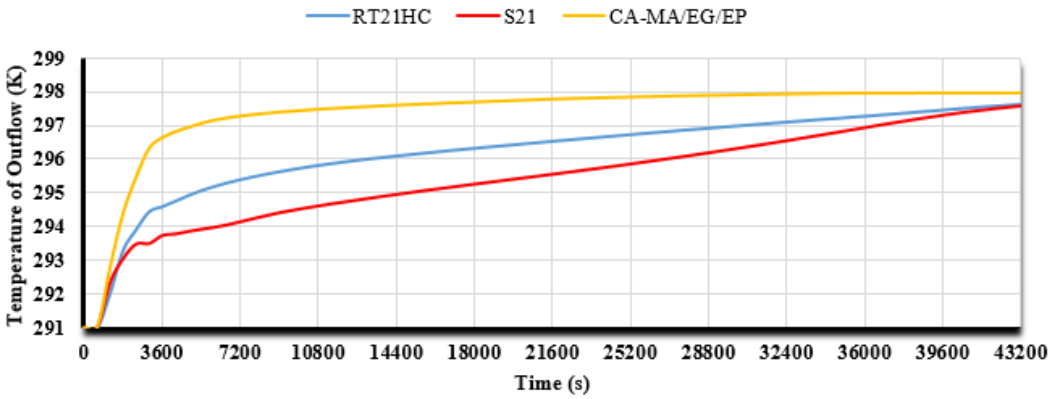


Fig. VI. Area average outflow temperature of heat transfer fluid vs. time chart

S21 material outflow temperature is 294 K at the end of 2 hours and 296 K at the end of 9 hours. RT21HC reaches 296 K at the end of 4 hours. There isn't more temperature difference in CA-MA-/EG/EP after 1.5 hours of simulation. All temperatures at the outflow reaches 298 K which is inlet temperature of HTF. The lowest area averaged outflow temperature of S21 can be explained with S21 have the highest thermal conductivity.

The mass fraction contours of different PCM at the end of 12 hours in freezing process can be seen Figure 7.

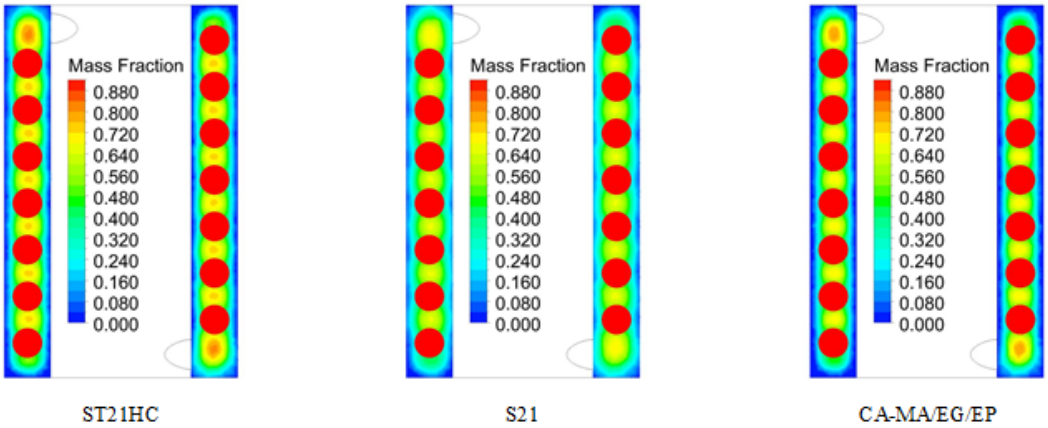


Fig. VII. Mass fraction of PCM in tank after 12 hours from section view while freezing process

The mass fraction contours show that the CA-MA/EG/EP material have solid phase more than other materials. This situation can be explained with the materials lower latent heat capacity than others. Fully red areas represents the HTF inside pipe.

The effect of thermal conductivity can be seen from contours of S21 and RT21HC. S21 contours show that the color of areas have smooth transition, it can be seen from mass fraction is between 0.24-0.64 near of water pipe. RT21HC contours show that the color of areas have sharp transition, it can be seen from mass fraction is between 0.24-0.84 near of water pipe. Figure 8 shows the mass fraction of PCM in tanks vs. time chart in freezing process.

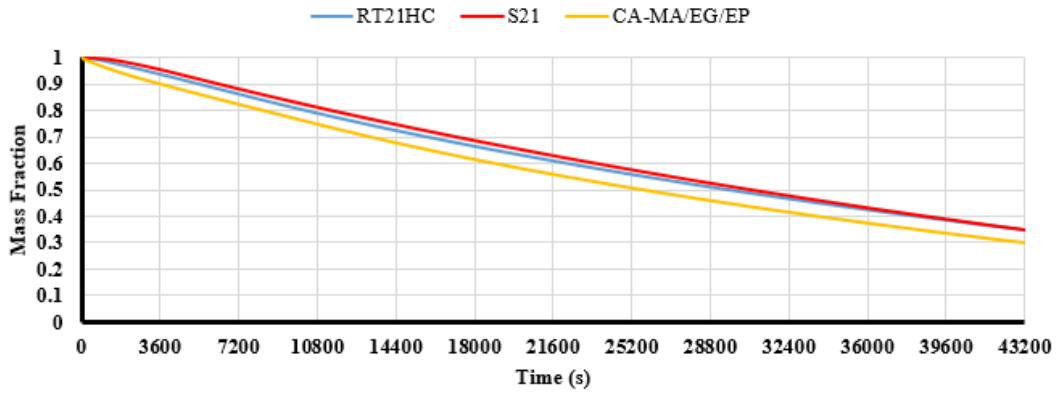


Fig. VIII. Mass fraction vs. time chart in freezing process

Results show that environmental temperature as 18°C is not enough for fully phase change of these PCM under natural convection at the end of 12 hours.

4. CONCLUSIONS

Results of numerical analysis show that PCM can be used for decreasing temperature of HTF. S21 material shows the best performances in cooling HTF at long time use means of 12 hours. CA-MA/EG/EP materials' performance is the worst in comparison of S21 and RT21HC.

S21 is a hydrated salt so it can cause corrosion in tank while experimental application. Paraffin based RT21HC performance is similar in short term use means of 4 hours. It must be pointed out paraffin doesn't have corrosion effect in application, so RT21HC is an alternative material at kinds of processes in this study.

As a future work, different PCMs can be compared for spiral coil pipe heat storage tank. Numerical results can be validated with experimental data

REFERENCES

[1] Sharma, S. D., Sagara, K., Latent heat storage materials and systems: A review, *International Journal of Green Energy*, 1-56, 2005.

[2] Barreneche, C., Navarro, H., Serrano, S., Cabeza, L. F., Fernández, A., I., 2014. New database on phase change materials for thermal energy storage in buildings to help PCM selection, *Energy Procedia*, 57; 2408-2415, 2014.

[3] Zhang, S., Zhang, L., Yang, X., Yu, X., Duan, F., Jin, L. Meng, X., Experimental investigation of a spiral tube embedded latent thermal energy storage tank using parrafin as PCM. *Energy Procedia*, 105; 4543-4548, 2017.

[4] Ahmadi, R., Hosseini, M. J., Ranjbar, A. A., Bahrampoury, R., Phase change in spiral coil heat storage systems. *Sustainable Cities and Society*, 38; 145-157, 2018.

[5] Koca, A., Yamaç, H. İ., Üregen, T. G., Computational Fluid Dynamic Analysis of Phase Change Material Heat Storage Tank Have Spiral Coil Pipe, *International Engineering and Technology Symposium* (IETS'18), 2018.

[6] https://www.rubitherm.eu/media/products/datasheets/Techdata_-RT21HC_EN_29062016.PDF

[7] http://www.pcmproducts.net/files/PlusICE%20Range-2013.pdf

[8] Karaipekli, A., Sari, A., Capric– myristic acid/expanded perlite composite as form-stable phase change material for latent heat thermal energy storage, Renewable Energy, 33; 2599-2605, 2008.

[9] ANSYS 14.0 Fluent Theory Guide.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Investigation of Charge and Discharge Characteristics of Different Battery Types on Hybrid Vehicle Model

Y. E. Ekici[1], N. Tan[1]

[1]Inonu University, Engineering Faculty, Dept. of Electrical and Electronics Eng., 44280, Malatya, Turkey
[1]Corresponding Author: Yunus Emre Ekici, emreekici@ogr.inonu.edu.tr

Abstract

In this study, a hybrid vehicle was modeled on a component basis. After a battery model has been modeled for different battery chemistries, different chemistries have been modeled with different parameters. As a result, the charging and discharging characteristics of different battery types have been analyzed on a hybrid vehicle model. In this analysis, two different driving scenarios with equal starting conditions were designed and the charge discharge characteristics of the batteries were examined separately in these scenarios. The results obtained are presented comparatively.
Keywords: Batteries, LiFEPO4, traction system, hybrid car, charge and discharge

1. GİRİŞ

Çevresel endişelerin artması ve fosil enerjinin tükenmesi, yenilenebilir enerjili araçlar üzerinde çalışmaların artırılmasını sağlamıştır [1]. Otomobil üreticileri için, içten yanmalı motordan, elektrikli veya hibrit motorlu araçlara geçiş kurumsal olarak değişiklik gerektirdiği ve teknolojik alt yapının topyekün değiştirilmesi gerektiği için risk oluşturmaktadır [2]. Ayrıca devletlerin yenilenebilir enerji ile çalışan araçlara yeterli destek vermemesi bu araçların son tüketiciler tarafından cazip bulunmamasına sebebiyet vermektedir. Bu da otomobil üreten ve bu teknolojileri geliştiren firmalara yönelik zorluklar doğurmaktadır [3]. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında, büyük otomobil üreticileri bu rakip teknolojiler arasından seçim yapmak için ikilemle karşı karşıya kalmaktadır [4].

Tüm bu karmaşaya rağmen otomobil üreticileri batarya konusunda maliyet, güvenlik ve enerji depolama kapasitesi gibi parametreler bakımından ürettikleri araçlar için doğru batarya kimyasını tercih etmeleri gereklidir. Hibrit elektrikli araç konsepti üzerinde çalışan üreticiler için doğru batarya seçimi daha büyük bir öneme sahiptir. Günümüz elektrikli araç teknolojilerinde üç tür pil kimyası otomotiv uygulamaları için başlıca adaylardır. Bu türler; Pb-asit, nikel metal hidrit ve lityum tabanlı bataryalardır. Düşük maliyetli olmaları nedeniyle Pb-asit bataryaları, marş / aydınlatma / ateşleme gibi sistemler için üreticiler tarafından büyük oranda tercih edilmektedir. Araç teknolojisi bakımından yaygın olarak golf arabaları ve tekerlekli sandalyeler gibi elektrikli araçlarda kullanılmaktadır. Nikel metal hidrit (Ni / MH) piller hibrit elektrikli araçlar (HEV) pazarına en yaygın kullanılan pil tipidir. General Motors'un EV1 gibi elektrikli araçlarında kullanılmıştır [5].

Son birkaç yılda, elektrikli araçlarda ve hibrit elektrikli araçlarda kullanımları için çeşitli Li-ion pil teknolojileri incelenmiş ve geliştirilmiştir. Bunların arasında, lityum demir fosfat (LiFePO4) pillerin, pil ömrü, verimlilik ve güvenlik gibi temel avantajlarından dolayı günümüz elektrikli araçlarında en sık kullanılan batarya tipidir. LiFePO4 piller nominal gerilimlerini %90-%10 SOC aralığında koruyabildikleri için otomobil üreticileri ve Ar-Ge toplumu arasında popülerlik kazanmaktadır [6-8].

Tablo 1'de bu üç tip pilin parametreleri suulmuştur. Görüldüğü üzere yüksek enerji yoğunluğu, uzun çalışma ömrü ve yüksek güvenliği ile elektrikli araçlarda kullanılmaya en uygun pil tipi Lityum demir fosfattır [9-10].

Tablo 1. 21.yy'da Elektrikli araçlarda kullanılan hücrelerin üreticiler tarafından sağlanan teknik özellikleri.

Özellikler	Pb-Asit	Nikel-Metal-Hidrit	Lityum iyon
Nominal Voltaj (V)	12	3.2	3.6 – 3.7
Şarj Limiti (V)	16	3.7	3.7
Ömür	2000	1500	3000
İşletme Sıcaklığı (T)	60	100	80
Güvenlik	Az	Orta	İyi
Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	40	70	150

Farklı batarya kimyaları farklı miktarda enerji tutabilmekte bunun yanında gerek ısıl gerek elektriksel olarak farklı değer aralıklarında çalışmaktadırlar. Bu nedenle hibrit araçlarda batarya kimyasının seçimi güncel bir mühendislik problemidir. Bu çalışmada hibrit bir elektrikli araç modellenerek üzerinde önceden tanımlanmış iki farklı senaryo uygulanmıştır. Bu uygulama esnasında aracın içten yanmalı motordan elektrikli motora geçişini tanımlamak için bir parametreye ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple hibrit mod tanımlanmıştır. Dört farklı kimyaya sahip bataryaların şarj ve deşarj karakteristikleri bu model üzerinde incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Hibrit Araç Modeli

Günümüzde kablolu ve kablosuz olmak üzere iki farklı hibrit elektrikli araç modeli kullanılmaktadır. Kablolu hibrit elektrikli araç modelinde dizel motor, elektrik motoru ve batarya paketi bulunmaktadır. Sürüş esnasında dizel yakıt ve sürüş performansına göre bataryalar kullanılmaktadır. Bataryalar kullanıcı tarafından şarja takılır ve bir sonraki sürüş için şarjlanır [11].

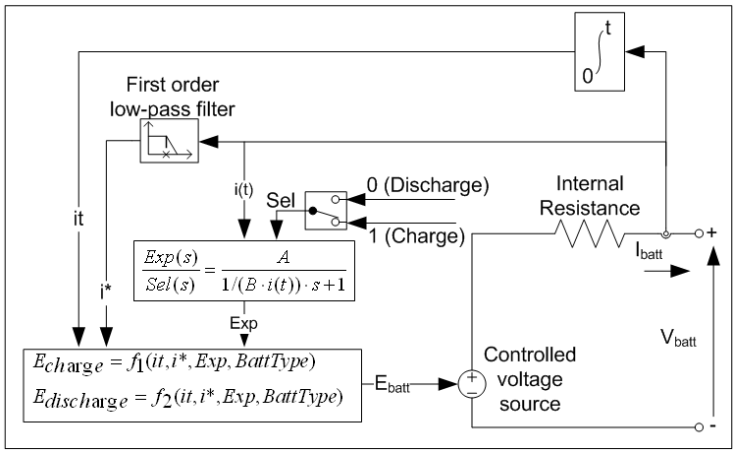
İkinci modelde ise batarya paketi araç üzerinde konumlandırılan elektrik motorunun jeneratör gibi kullanılması ile şarj olmaktadır. Bu modelde kabloya ihtiyaç duyulmaz ve sürüş sonunda batarya paketi şarj edilmez. Bataryalar sürüş anında şarj olmaktadır. Bu çalışmada sürüş anında batarya karakteristiklerin incelenmesi üzerine çalışıldığında ikinci model elektrikli araç simulasyon konusu olarak seçilmiştir.

2.2 Batarya Modeli

Batarya modeli Şekil 2 de gösterilmiştir. Şarj ve deşarj eşitlikleri ise denklem 1 ve 2 de sunulmuştur.

Denklemlerde;

- Ebatt doğrusal olmayan voltajdır. (V)
- E0 sabit voltajdır. (V)
- Exp(s) üstel bölge dinamiğidir. (V)
- Sel(s) pil modunu ifade eder. Sel(s) = 0 batarya deşarjı, Sel(s) = 1 Batarya şarjı.
- K polarizasyon sabitidir. (Ah^{-1})
- i^* düşük frekanslı akım dinamiğidir.(A)
- Q maksimum pil kapasitesidir. (Ah)
- A eksponansiyel voltaj. (V)
- B eksponansiyel kapasite. (Ah^{-1})

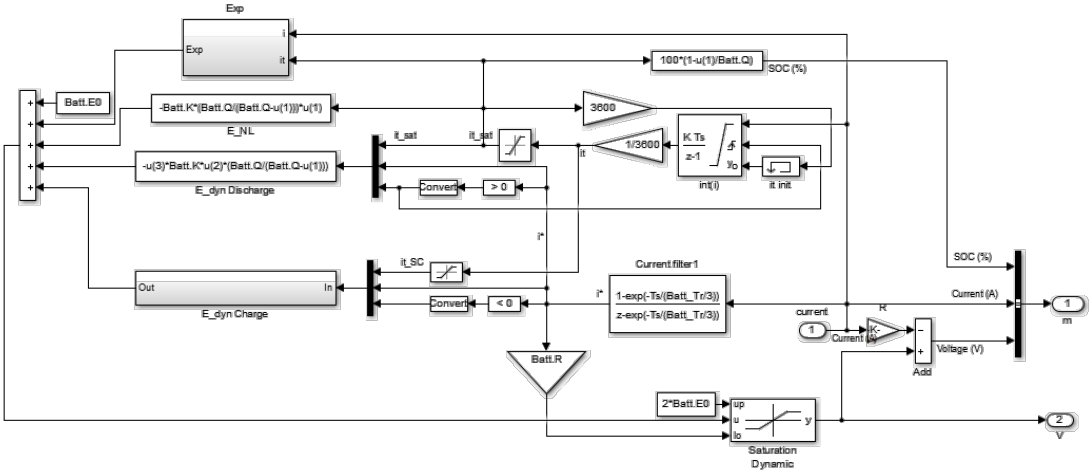


Şekil 1. Batarya modeli

$$E_{Discharge} = E_0 - K\frac{Q}{Q-it}i^* - K\frac{Q}{Q-it}it + Ae^{-\beta it} \quad (1)$$

$$E_{Charge} = E_0 - K\frac{Q}{0.1Q+it}i^* - K\frac{Q}{Q-it}it + Ae^{-\beta it} \quad (2)$$

Bir lityum pilin şarj-deşarj özellikleri Şekil 3'te gösterilen detaylı modelden elde edilir. Sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir.

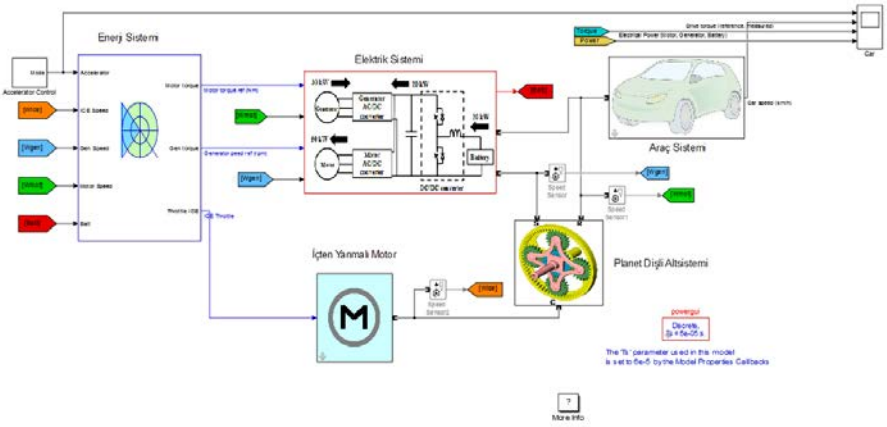


Şekil 2. Detaylı batarya modeli

3. SİMULASYON

Simülasyon, MATLAB® 2015a kapsamında SIMULINK'te hazırlanmıştır. Yapılan simulasyonun ideal örnekleme frekansı 1 kHz'dir. Çözücü olarak ode23tb kullanılmıştır. Simulasyonun genel görünümü Şekil 3'te gösterilmiştir. Ayrıca simülasyon için aşağıdaki varsayımlar ile yapılmaktadır.

- Anahtarlar ve kontaklar idealdir.
- Bataryalar tamamen sağlıklıdır.



Şekil 3. Hibrit elektrikli araç modeli

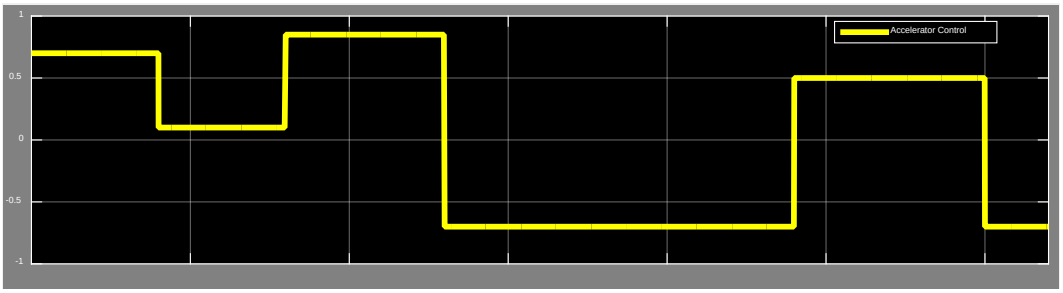
Mathworks üzerinden bir hibrit elektrikli araç modeli alınmış ve bu çalışma üzerine LiFEPO4, Nikel-metal-hidrit, A123 ve 18650 tipi batarya grupları yerleştirilmiştir. Güçleri 14 kwh olacak şekilde farklı kimyalardaki bataryalardan 4 adet batarya paketi oluşturulmuştur. Tasarlanan hibrit elektrikli araç modeli üzerinde tüm batarya paketlerinin başlangıç State of Charge (SOC) değerleri %50 olarak belirlenmiştir. Ayrıca her batarya grubunun eşit güçte olmasına önem verilmiştir. Fakat pillerin nominal gerilimlerinin farklı olması dolayısıyla oluşturulan batarya paketleri farklı sayıda bataryadan meydana gelmiştir ve farklı toplam gerilim değerlerine sahiptir.

Tablo 2. Farklı dört kimyaya sahip batarya parametreleri

Özellikler	LiFEPO4	Nikel Metal Hidrit	A123	18650
Nominal Voltaj (V)	3.2	3.2	3.22	3.3
Full Şarj Voltaj (V)	3.5	3.7	3.75	3.84
Akım Kapasitesi (Ah)	3	1.5	2.3	2.05
İç Direnç (R)	1.3	1.6	1.05	1.2

Uzun yolda bir aracın hızlanma ve yavaşlamasını modelleyen Şekil 4'te görülen gaz-fren pedal sinyalleri birinci senaryoyu oluşturmaktadır. İkinci senaryoda düşük bir ivme ile uzun süre hızlanan belirli bir noktadan sonra aynı ivme ile yavaşlayan aracın Şekil 5'te görülen gaz-fren pedal sinyalleri ikinci senaryoyu oluşturmaktadır.

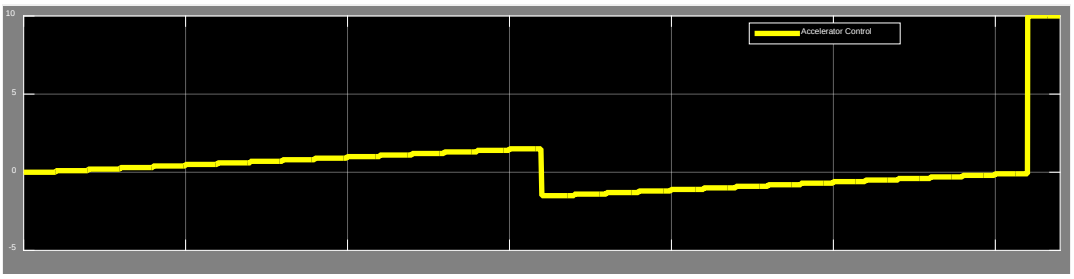
Birinci senaryodaki gaz pedalı sinyali 0-32 sn aralıklarında ve değerleri [0.7], [0.1], [0.85], [-0.7], [0.5], [-0.7] olarak Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Birinci durum gaz-fren pedalı sinyali

İkinci senaryodaki gaz pedalı sinyali ise yine 0-32 saniye aralıklarında ve değerleri [0.1], [0.2], [0.3], [0.4], [0.5], [0.6], [0.7], [0.8], [0.9], [1] ,[1.1], [1.2], [1.3], [1.4], [1.5], [-1.5], [-1.4], [-1.3], [-1.2], [-1.1], [-1], [-0.9], [-0.8], [-0.7], [-0.6], [-0.5], [-0.4], [-0.3], [-0.2], [-0.1], [10], [20] olarak Şekil 5'te gösterilmiştir.

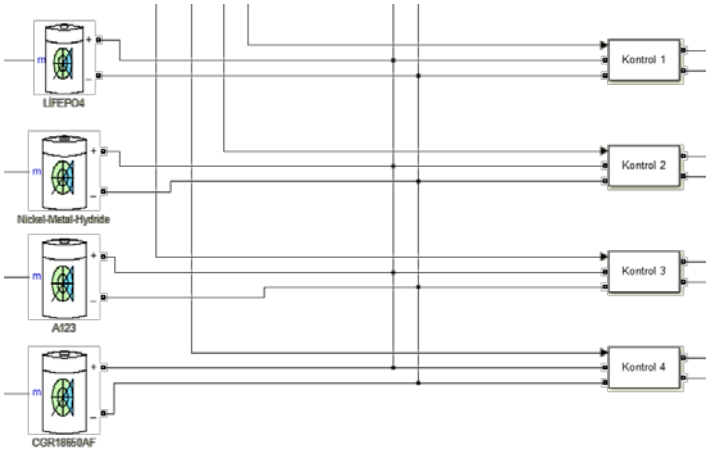
Negatiften pozitife ve pozitiften negatife geçen gaz pedalı sinyalleri aynı zamanda ani değer düşümü ve yükselişi gösteren gaz pedalı sinyalleri hibrit mod değişimi üzerinde etkilidir.



Şekil 5. İkinci durum gaz-fren pedalı sinyali

Gaz pedalı sinyallerinin pozitif ve negatif değerli olmasına dikkat edilmiştir. Gaz pedalı sinyalleri pozitifte iken bataryalardan elektrik motoruna enerji akışı olmakta, negatifte ise motor jeneratör gibi çalışarak motordan bataryalara enerji akışı sağlanmaktadır. Bu sayede bataryaların şarj ve deşarj grafiklerinin ayrıntılı incelenmesi ve bataryalar arasında daha net yorumlar yapılmasına olanak sağlamıştır.

Tek bir simulasyon üzerinde aynı anda dört farklı tip bataryayı çalıştırabilmek için bir anahtar sistemi kullanılmıştır. Bataryalar arasında geçişi sağlayan bu anahtarlama sistemi şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Batarya seçim algoritması

4.BULGULAR

Bataryaların şarj ve deşarj karakteristiklerinin incelenmesi için sistem üzerinde hibrit modun değişim göstermesi gerekmektedir. Hibrit mod aktif konumuna geçtiği zaman bataryaların deşarj işlemi başlamaktadır, hibrit mod pasif konumuna geçtiğinde ise sistem üzerinde generatör çalıştırılarak bataryaların şarj olması sağlanmaktadır. İlk senaryonun simulasyonda uygulanması neticesinde 6 noktada hibrit mod değişimi sağlanmıştır. Bu sayede simulasyon içerisinde batarya paketlerinin 6 defa şarjdan deşarj ve deşarjdan şarja geçiş karakteristikleri incelenmiştir.

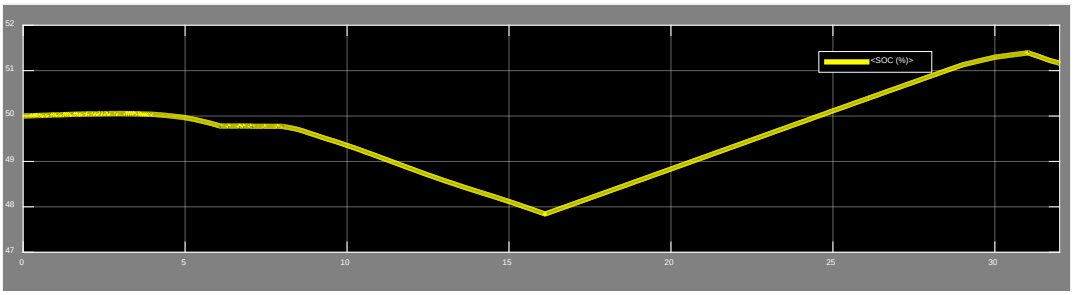
İkinci senaryoda ise 3 noktada hibrit mod değişimi sağlanmıştır. Birinci senaryodaki şarjdan deşarja geçişler daha yumuşak geçişlerdeki tepkiler incelenirken ikinci senaryo da ise daha sert geçişlerdeki tepkileri analiz edilmiştir.

Batarya paketlerinin birbirlerine göre performans kıyaslamasını yapmak için şarj ve deşarj min-max noktalarındaki doluluk oranları (SOC) parametre olarak seçilmiştir.

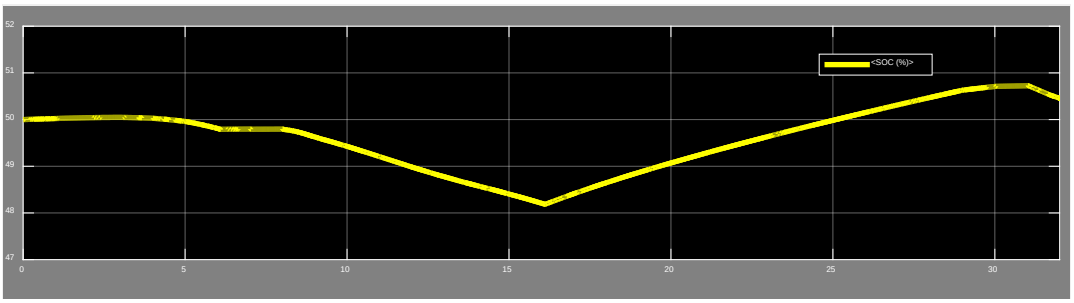
4.1.Senaryo 1

Birinci senaryoda LiFEPO4, Nikel-Metal-hydrid, A123 ve 18650 tipi bataryaların şarj-deşarj karakteristik analizi incelendiğinde 17.saniyesinde batarya paketlerinin enerjilerilerinin minumuma indiği ve şarja geçerek toparlandığı gözlemlenmektedir. Bu geçişler ve enerji değişimleri sırasında doluluk oranının en düşük seviyede azaltan batarya paketi LiFEPO4 olarak gözlemlenmiştir. Doluluk oranı bakımından en düşük

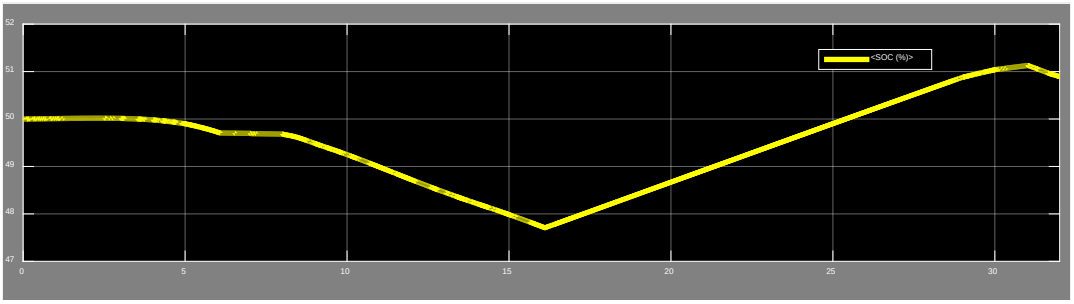
performansı da 18650 batarya paketinin gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu değişimler de Şekil 7,8,9 ve 10'da sunulmuştur.



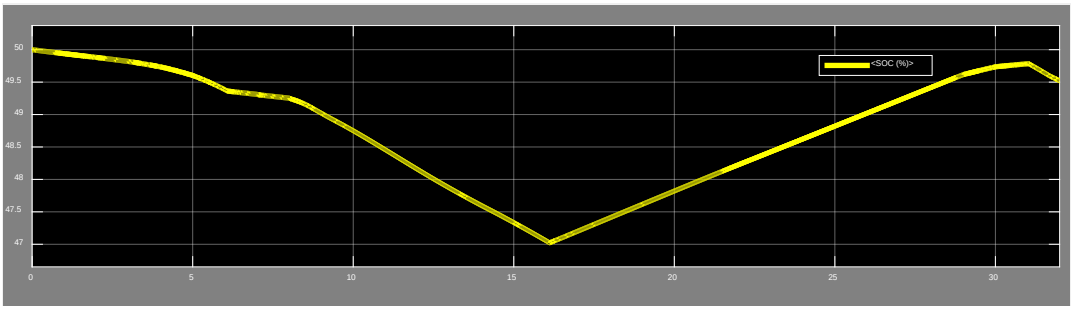
Şekil 7. LiFEPO4 şarj-deşarj karakteristiği



Şekil 8. Nikel-Metal-Hidrit şarj-deşarj karakteristiği



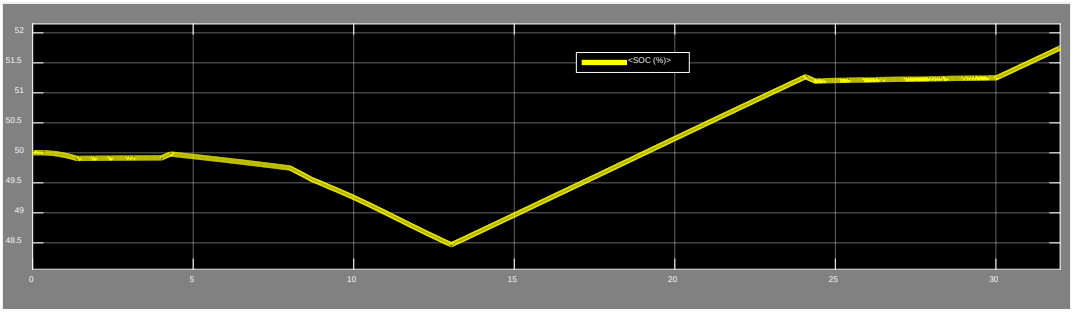
Şekil 9. A123 şarj-deşarj karakteristiği



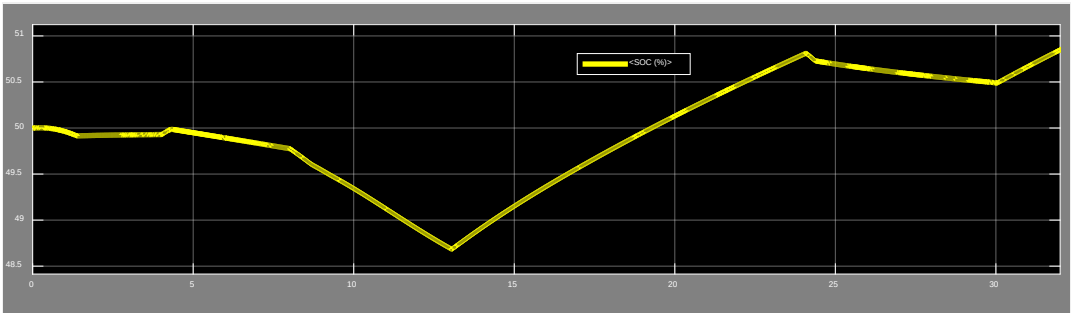
Şekil 10. 18650 şarj-deşarj karakteristiği

4.2.Senaryo 2

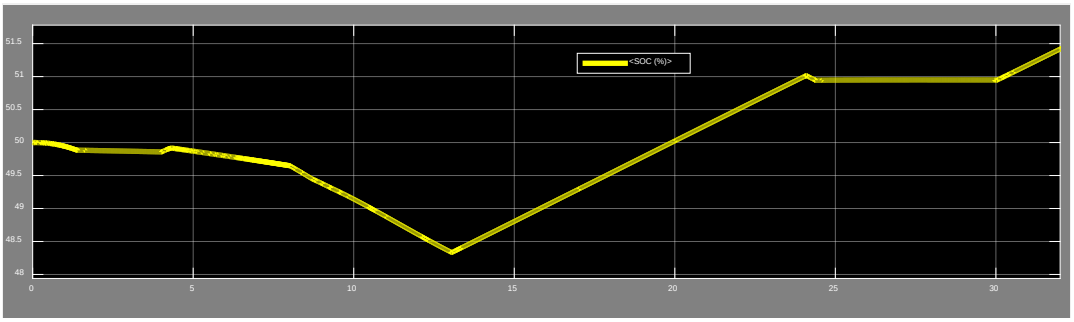
İkinci senaryoda LiFEPO4, Nikel-Metal-hydrid, A123 ve 18650 tipi bataryaların şarj-deşarj karakteristik analizi incelendiğinde 17.saniyesinde batarya paketlerinin enerjilerilerinin minumuma indiği ve şarja geçerek toparlandığı gözlemlenmektedir. Bu geçişler ve enerji değişimleri sırasında doluluk oranının en düşük seviyede azaltan batarya paketi LiFEPO4 olarak gözlemlenmiştir. Doluluk oranı bakıından en düşük performansı da 18650 batarya paketinin gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu değişimler de Şekil 11,12,13 ve 14'te sunulmuştur.



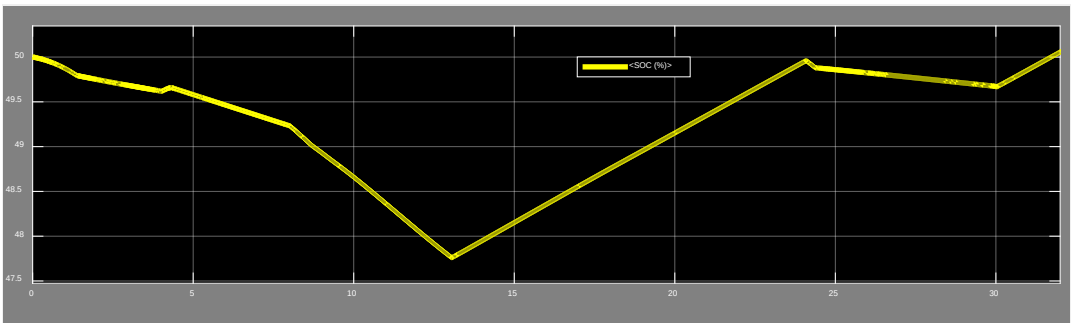
Şekil 11. LiFEPO4 şarj-deşarj karakteristiği



Şekil 12. Nikel-Metal-Hidrit şarj-deşarj karakteristiği



Şekil 13. A123 şarj-deşarj karakteristiği



Şekil 14. 18650 şarj-deşarj karakteristiği

5. SONUÇ

Hibrit araçlarda kullanılan batarya kimyalarının seçimi problemi bu çalışmada ele alınmıştır. Bu kapsamda modellenen dört farklı kimyaya sahip batarya paketlerinin şarj-deşarj karakteristikleri bir hibrit araç modeli üzerinde iki farklı senaryo dahilinde incelenmiştir. Elde edilen bulgular batarya paketlerinin şarj ve deşarj durumlarının en yüksek ve en düşük olduğu geçiş noktalarında doluluk oranları (SOC) kıyaslama parametresi olarak seçilerek incelenmiştir. Kimyalarına göre batarya paketlerinin performans parametreleri de tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Farklı kimyaya sahip bataryaların performans parametreleri

Batarya / Zaman	LiFEPO4 (SOC)	Metal Nikel Hidrit (SOC)	A123 (SOC)	18650 (SOC)
Başlangıç	%50	%50	%50	%50
T=4	%50.1	%50.1	%50.1	%49.7
T=17	%48	%48	%47.7	%47
T=24	%51.3	%50.7	%51	%50
T=32	%52	%50.9	%51.5	%50

Buna göre her iki senaryoda da LiFEPO4 simulasyon sonunda en fazla doluluk oranına sahip olan batarya paketi olarak gözlemlenmiştir. 18650 ise en düşük doluluk oranına sahip batarya paketi olmuştur. Araçların tasarımsal kısıtlarının göz önünde alınmadığı bu çalışmada hibrit bir elektrikli araç için SOC performans parametresi olarak ele alındığında en yüksek performansı LiFEPO4 bataryaların sergilediği gözlemlenmiştir. Bu çalışmaya gelecekte sıcaklık parametresi, araçların tasarım kısıtları ve farklı batarya kimyaları dahil edilerek çalışmanın genişletilmesi planlanmaktadır.

6. KAYNAKÇA

[1]. J. Voelcker, «An Almost All-Electric Car?,» *IEEE Spectrum,*, pp. 45(4) 9-9, 2008

[2]. H. a. M. E. Pohl, «Radical innovation in a small firm: a hybrid electric vehicle development project at Volvo Cars.,» R&D
Management, pp. 372-382, 2010.

[3]. I. a. P. D. P. Moons, «Emotions as determinants of electric car usage intention,» *Journal of Marketing Management*, pp. 195-237, 2012.

[4].Y.-H. S. H. Jonathan C. Ho, «Evaluation of Electric Vehicle Power Technologies,» *Proceedings of PICMET '14: Infrastructure and Service Integration.*, 2014.

[5]. R. Spotnitz, «Battery Design LLC,» *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2005.

[6]. D. Anseán, M. González, V. M. García, J. C. Viera, J. C. Antón ve C. Blanco, «Evaluation of LiFePO4 Batteries for Electric Vehicle Applications,» *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, pp. 1855-1863, 2015.

[7]. X. Chen, W. Shen, T. T. Vo, Z. Cao ve A. Kapoor, «An Overview of Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles,» *IPEC, 2012 Conference on Power & Energy*, 2012

[8]. B. S. v. J. Garche, «Lithium batteries: Status, prospects and future,» *J. Power Sources*, pp. 2419-2430, 2010.

[9]. W. Zhang, «Structure and performance of LiFePO4 cathode materials: A review,» *J. Power Sources*, pp. 2962-2970, 2011.

[10]. M. L. A. H. v. A. M. M. Hannan, «A review of lithium-ion battery state of charge estimation and management system in electric vehicle applications: Challenges and recommendations,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 834-854, 2017.

[11]. tehad, «Hibrid Otomobil Nedir, Nasıl Çalışır?,» 1 mayıs 2017. [Çevrimiçi]. Available: http://tehad.org/2017/05/01/hibrid-otomobil-nedir-nasil-calisir/. [%1 tarihinde erişilmiştir13 ağustos 2018].

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Design and Analysis of Small Dimensional Magnetics Nuanced Transformer

K. Kartaca, T. Abbasov

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi
Malatya, Türkiye

Abstract

In this study, the design of a pure iron-doped magnetic fluid-based transformer, a new approach, and the output voltage characteristic at different frequency values are investigated. The output voltage characteristics of different frequency values have been investigated by adding magnetic fluid and pure iron dust into the air-core transformer made of non-magnetic material.
The results are presented in tables and graphs. The electrical properties of the prototype transformer and the output characteristics of the designed transformer are similar to those of industrial transformers at high frequency values. It has been concluded that pure iron powder reinforced magnetic fluid level transformers are advantageous for some applications compared to solid metal core transformers, and are presented in comparison.

Keywords: *Ferrofluid, transformer, magnetic particles, magnetic core, high frequency, iron powder.*

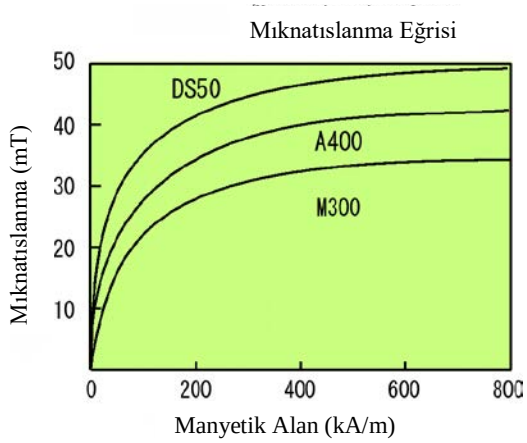
1. GİRİŞ

Hızla gelişmekte olan elektrik-elektronik teknolojileri incelenecek olursa temelde daha verimli ve kompakt sistemler geliştirmek bu disiplinlerde en önemli başlıkları oluşturmaktadır. Transformatörler günümüzde endüstride kullanılan kritik sistem elemanları arasında yer almaktadır. Yüksek kaliteli, yüksek verimliliğe sahip malzeme ve sistem tasarımlarının geliştirilmesi, özellikle de transformatörlerde manyetik çekirdeklerin daha hafif ve daha yüksek mıknatıslanma özelliğine sahip olması bu sistemler için çok önemli bir avantajdır.
Elektromanyetik sistemler içinde manyetik sıvıların kullanımı ve uygulamaları son yıllarda önem kazanmış ve oldukça yaygınlaşmıştır. Manyetik sıvılar savunma sanayi, tıp, biyoloji, güç sistemleri, ağır sanayi gibi birçok endüstriyel alanda önemli bir yere sahiptir [1-5]. Manyetik sıvılar çeşitli taşıyıcı non-manyetik bazlar(ıso-parafin, yağ vb.) içeren, nano veya mikron boyuttaki ferromanyetik parçalardan oluşan kolloid bir yapıya sahiptir. Katı manyetik materyaller gibi mıknatıslanma özelliği taşımalarının yanı sıra ayrıca sıvı formda olması sebebiyle akışkan karakteristikleri sergilemesi avantaj sağlamaktadır. Transformatörlerde nüvede manyetik sıvıların kullanılması, elektriksel kayıpların daha az olması ve transformatör gövdesinin daha hafif olması sebebiyle verimliliği ve uygulama kolaylığını arttıran önemli avantajlarındandır.
Son yıllarda manyetik sıvı çekirdekli transformatörlerin çeşitli prototipleri oluşturulmuş ve literatürde bu tür transformatörlerin tasarım ve deneysel sonuçları sunulmuştur [6-10]. Bazı çalışmalarda manyetik sıvı çekirdekli mikro transformatörlerin yapısı ve deneysel sonuçları da sunulmuştur [9-10]. Bu çalışmalarda esasen düşük sarım sayıları yanı sıra daha az manyetik sıvı kullanılmıştır. Ayrıca uygulanan frekans düzeyi de yüksek banttadır ve kullanılan manyetik sıvı yağ bazlıdır[10]. Buna karşılık aynı tip transformatörlerde farklı manyetik sıvı türleri ve daha fazla miktarda manyetik sıvı ile nispeten düşük çalışma frekanslarında çok daha farklı özellikler gösterebilirler.
Bu çalışmada küçük boyutlu manyetik sıvı nüveli prototip transformatörün tasarımı nüvesine adım adım mikron boyutlu saf demir tozu da eklenerek yapılmış ve bu transformatörün farklı frekans değerlerinde çıkış karakteristikleri incelenmiştir. Çekirdek olarak kullanılan manyetik sıvı sanayi ortamında (SIGMA HI-CHEMICAL INC) hazırlanmış ıso-parafin bazlı bir sıvıdır. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvı olan prototip transformatörün primer ve sekonder sarım sayıları elektriksel direncine göre ayarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik şeklinde sunulmuş ve tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Manyetik Sıvı

Manyetik sıvıların esasen 1960'lı yıllardan itibaren birçok bilim alanında kullanımları yaygınlaşmıştır. Günümüzde farklı taşıyıcı bazlarla yapılmış farklı manyetik sıvılar kullanılmaktadır. Esasen nano ve mikro teknoloji sınıfına dâhil edilen manyetik sıvıların birçok sanayi alanında etkin olarak kullanımı görülmektedir. Yapılan deneylerde SIGMA HI-CHEMICAL INC firması tarafından üretilmiş DS-50 tipi, doyma mıknatıslanması Ms=47mT olan manyetik sıvı kullanılmıştır. Bu sıvının mıknatıslanma eğrisi ve malzemenin görseli Şekil 1ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Manyetik sıvıların en önemli uygulamalarından biri de bu sıvıların transformatörlerin esas elemanı olan metal çekirdeklerinin yerine kullanılabilmesidir.

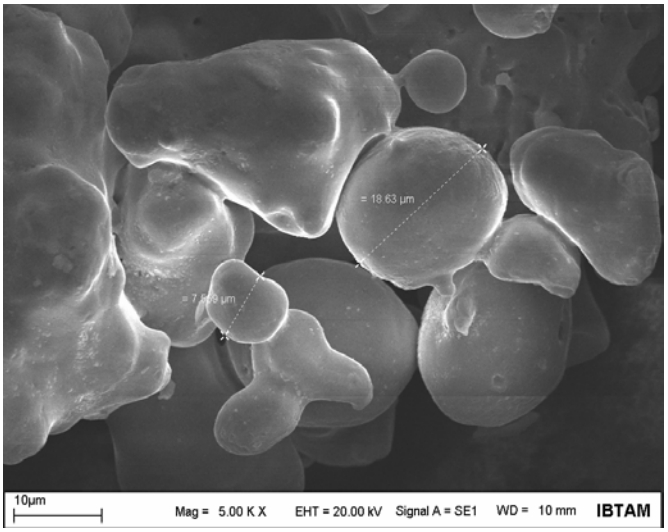


Şekil 1. DS-50 manyetik sıvısının mıknatıslanma eğrisi [11]

Şekil 2. Sigma DS-50 Manyetik Sıvı

2.2. Saf Demir Tozu

Uygulamada kullanılan saf demir tozu mikropartikül boyutunda sanayi ortamında öğütülmüştür. Malzemenin elektron mikroskobu görüntüsü Şekil 3'te gösterilmiştir.

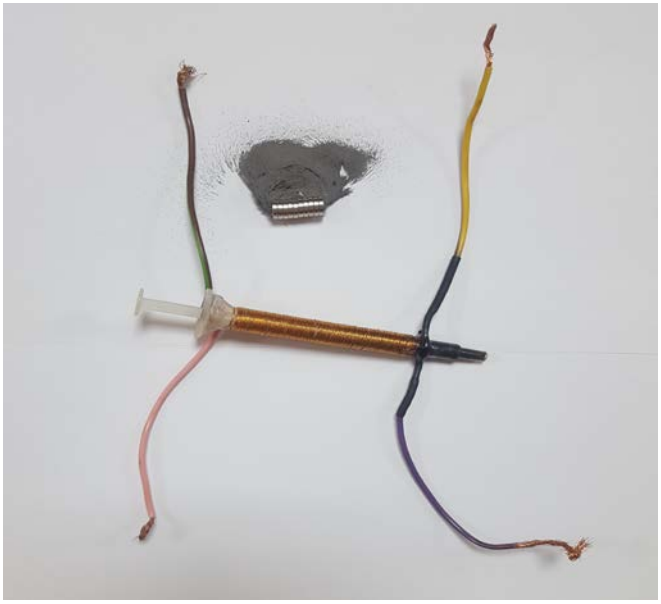


Şekil 3. Saf Demir Tozunun Elektron Mikroskobu Görüntüsü

Bu çalışmada mıknatıslanma nüvesi DS-50 model manyetik sıvıya saf demir tozu ilavesi yapılarak oluşturulmuş, küçük boyutlu, yüksek frekanslarda çalışabilecek bir transformatörün tasarımı ve çıkış parametrelerinin incelenmesi ele alınmıştır.

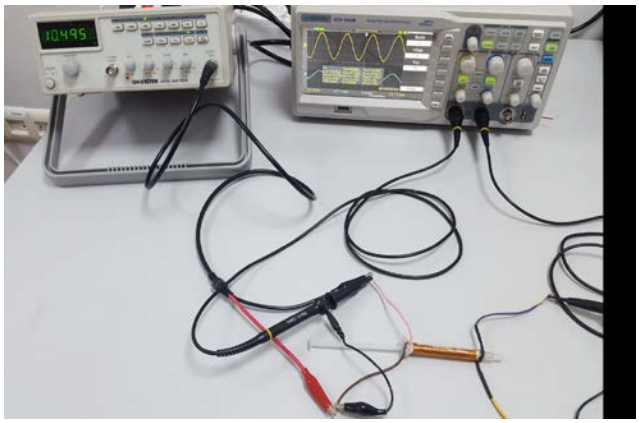
3. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Tasarlanan transformatör 1 ml'lik genel amaçlı plastik şırınga üzerine sarılan primer ve sekonder sargılardan oluşan bir yapıya sahiptir. Şırınga üzerine ilk önce 0,3 mm çaplı bakır tel ile toplam sargı direnci 77 ohm olacak şekilde primer sargı sarılmıştır. Onun üzerine 0,7 mm kalınlıkta bakır tel ile toplam sargı direnci 0.6 ohm olacak şekilde sekonder sargı sarılmıştır. Tasarlanan transformatör Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanan Transformatör ve Saf Demir Tozunun Mıknatıslanması

Hazırlamış olduğumuz transformatör prototipi ile gerçekleştirilen ilk ölçümde nüveye 1 ml manyetik sıvı doldurulmuş ve sekonder sargıya sinyal jeneratöründen uygulanan farklı frekans değerlerine sahip giriş sinyali ile primer sargı üzerinden alınan çıkış sinyalleri arasındaki bağıntı gözlemlenmiştir. Şekil 5'te deney düzeneği görseli verilmiştir.



Şekil 5. Deneylerin gerçekleştirildiği düzenek

Nüvesinde 1 ml manyetik sıvı bulunan transformatörün sekonder sargısına farklı frekans değerlerinde giriş sinyali sinyal jeneratörü bağlanarak uygulanmıştır. Ölçülen frekansa bağlı giriş ve çıkış gerilim değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

İkinci ölçümde transformatör prototipi ile gerçekleştirilen ölçümlerde nüvedeki 1 ml ferromanyetik sıvıya ayrıca 0,1 ml hacimli saf demir tozu eklenip homojen karıştırılarak ölçümler tekrar edilmiştir. Sekonder sargısına farklı frekans değerlerinde giriş sinyali uygulanan, nüvesinde 1 ml ferronanomanyetik sıvı ve 0,1 ml saf demir tozu bulunan transformatörde ölçülen frekans, giriş ve çıkış gerilim değerleri Tablo 2 'de gösterilmiştir.

Diğer ölçümler 5 kademede 1 ml lik ferromanyetik sıvıya her seferinde 0.1 ml'er hacimli saf demir tozu ilave edilmiş olunup elde edilen her ölçümün değerleri sırasıyla Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6 'da gösterilmiştir.

Tablo 1: Manyetik sıvı nüveli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Sekonder Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Primer Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	100	50
0.5	88	168
1	100	344
10	312	3200
50	1400	15200
100	3920	46800
1000	5000	1840

Tablo 2. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvıya 0,1ml hacimli saf demir tozu takviyeli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Sekonder Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Primer Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	92	60
0.5	92	216
1	140	480
10	352	4000
50	1680	18400
100	5200	59600
1000	4800	2160

Tablo 3. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvıya 0,2ml hacimli saf demir tozu takviyeli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Sekonder Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Primer Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	92	78
0.5	92	280
1	140	600
10	352	5400
50	1680	24800
100	5200	65600
1000	4800	1920

Tablo 4. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvıya 0,3ml hacimli saf demir tozu takviyeli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Sekonder Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Primer Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	92	88
0.5	92	344
1	140	720
10	352	6400
50	1680	31200
100	5200	65600
1000	4800	2240

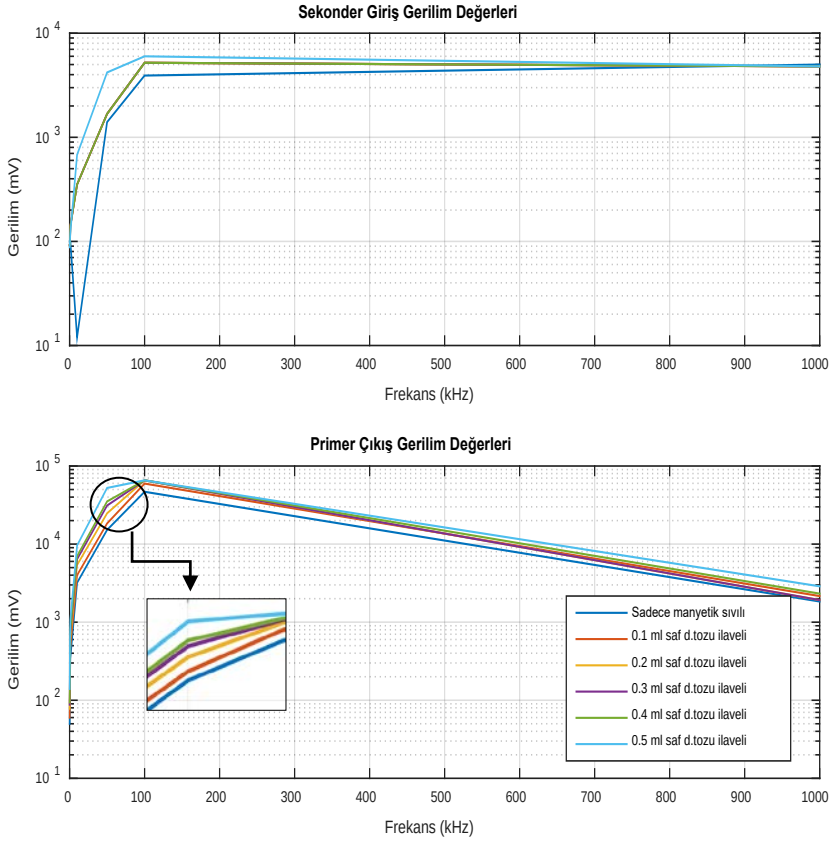
Tablo 5. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvıya 0,4ml hacimli saf demir tozu takviyeli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Sekonder Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Primer Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	92	94
0.5	92	440
1	140	800
10	352	7000
50	1680	35200
100	5200	65600
1000	4800	2320

Tablo 6. Nüvesinde 1 ml manyetik sıvıya 0,5 ml hacimli saf demir tozu takviyeli transformatörün değişik frekans değerlerinde ölçülen giriş ve çıkış gerilim değerleri.

Uygulanan Frekans (kHz)	*Primer Sargı Giriş Gerilimi (mV)*	*Sekonder Sargı Çıkış Gerilimi (mV)*
0.1	88	140
0.5	100	600
1	120	1080
10	680	9600
50	4200	52400
100	6000	65600
1000	4800	2880

Tablo 1-6 daki değerlere uygun olarak transformatörün sekonder gerilim değeri ve farklı frekans değerlerindeki karakteristikleri Şekil 6'da kıyaslanarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Giriş-Çıkış Gerilim Karakteristikleri

Şekilden görüldüğü gibi nüvesi manyetik sıvıya saf demir tozu ilaveli transformatörün gözlemlenen karakteristikleri, sadece manyetik sıvı nüveli transformatör karakteristiklerinden çıkış sinyal gerilimi bakımından daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca tablolardan görüldüğü gibi transformatörün çıkış karakteristikleri 50-100 kHz aralığında daha kararlı bir yapıya sahiptir. Deneyler sırasında prototip transformatörün 4 saat süre kesintisiz çalıştırılmasına rağmen aşırı ısınma veya diğer konvansiyonel arızalar gözlemlenmemiştir. Manyetik sıvıların transformatörlerde mıknatıslanma çekirdeği olarak kullanılması hem üretim maliyetini düşürür hem de uygulama bakımından pek çok avantajlar sağlar. Manyetik sıvı nüveli transformatörler yapısal özelliklerine göre ve kullanılan manyetik sıvının türüne göre farklı frekans seviyelerinde çalışabilirler. Özellikle manyetik sıvının mıknatıslanma özelliğinin arttırılmasıyla, transformatörün daha verimli çalışması sağlanabilir. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi transformatörün sunulan yapısında 1 MHz'den küçük frekanslarda transformatör kararlı çalışabilmektedir.

4. TARTIŞMA

Tasarlanan transformatörün deney sonuçlarından görüldüğü üzere 1 MHz gibi yüksek frekanslarda transformatörün çıkış gerilimi hızla azalmaktadır. Yüksek frekanslarda transformatör veriminin düşmesinin esas nedeni manyetik sıvının içerdiği magnetit (Fe_3O_4) parçacıklarda kayıpların frekansla birlikte artmasıdır. Manyetik sıvıya dışarıdan ilave edilen saf demir tozu parçacıkları bu kayıpları daha da arttırmıştır. Fakat bu artışlara rağmen transformatördeki ısıl kayıplar aynı oranda artmamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre demir tozu ilaveli manyetik sıvı nüveli transformatörlerin metal nüveli muadillerine göre daha yüksek frekanslarda daha verimli çalışabildikleri gözlemlenmiştir. Bu da manyetik sıvı nüveli transformatörlerin çalışma frekansının daha yüksek seviyelere arttırıla bilineceğini göstermektedir. Bundan sonraki çalışmalarımızda

farklı fiziksel yapıya ve manyetik özelliklere sahip manyetik sıvı nüveli transformatörlerin karakteristiklerinin incelenmesi sunulacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenen 706 ID numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

5. REFERANSLAR

[1] R.E. Rosensweig, Ferrohydrodynamics, Dover Publications, 2014.

[2] B.M. Berkovsky, V.F. Medvedev, M.S. Krakov,Magnetic Fluids: Engineering Applications, Oxford University Press, 1993.

[3] S. Odenbach, Colloidal MFs: Basics, Development and Application of FFs, Springer, Heidelberg, 2009.

[4] B. Berkovski and V. Bashtovoy, Eds., Magnetic Fluids and Applicationos, Handbook. New York: Begell House, 1996.

[5] L. Pislaru-Danescu, A. M. Morgela, G. Telipan, M. Morega, J. B. Dumitru, V. Marinescu, Magnetic Nanofluid Applications in Electrical Engineering, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 49, No. 11,s. 5489-5497, 2013.

[6] S. Chaudhari, S. Patil, R. Zambare, S. Chakraborty, Exploration on Use of Ferrofluid in Power Transformers, IEEE 10th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials, Bangalore, India, July 24-28, 2012.

[7] L. Pislaru-Danescu, A. M. Morgela, M. Morega, V. Stoica, O. M. Marinica, F. Nouraş, N. Paduraru, I. Borbath, T. Borbath, Prototyping a Ferrofluid-Cooled Transformer, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 49, No. 3, s. 1289-1298, May/June, 2013.

[8] A. M. Morega, M. Morega, J. B. Dimitru, Magnetic Field- Flow Interactions in a Miniature Electric Power Transformer with Magnetic Nanofluid Core and Solenoid Type Coils, Rev. Roum. Sci. Techn.- Electrotechn. Et Energ., 58, 1, s. 25-34, Bucarest, 2013.

[9] T. Tsai, L. Kuo, P. Chen, D. Lee, C. Yang, Applications of Ferro-Nanofluid on a Micro-Transformer, Sensors, 10, s. 8167-8177, 2010.

[10] T. Tsai, P. Chen, D. Lee, C. Yang, Investigation of Electrical and Magnetic Properties of Ferro-nanofluid on Transformers, Nanoscale Research Letters, 6:264, 2011.

[11] http://www.sigma-hc.co.jp/english/magnetic_fluid.html

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Effect of Laser Power on Microstructural Properties of Titanium Alloy Combined with Nd: YAG Laser Source

C.Köse[1], E. Karaca[2]*

[1]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye
[2]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Abstract

In this study, titanium alloy sheets were joined with laser welding using two different laser powers. Microstructure changes of laser welded joints under different heat input conditions were investigated. Microstructural characterization of the samples was carried out by optical microscope, scanning electron microscope (SEM) and EDS. It was observed that the welded joints had a fine grained microstructure in the weld metal of welded joints, due to the rapid cooling of the ITAB, the α-martensite and the primary α structures were found to be formed from the coarse α grains of the parent material microstructure and β grains forming in the grain boundaries. When joined with a low heat input, a narrow ITAB is formed, while a combination of high heat input results in a small amount of grain growth, especially in the ITAB microstructure.

Keywords: Laser Welding, Microstructure, Titanium, Ti6Al4V.

1. GİRİŞ

Titanyum alaşımları içerdikleri fazlara göre α, β ve α+β olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmaktadır. Bu alaşımlar arasında en çok kullanılanı yapısında hem α hem de β fazı içeren Ti6Al4V alaşımlarıdır. Bu alaşım düşük yoğunluk, yüksek mekaniksel dayanım, korozyon dayanımı ve biyouyumluluk özelliklerine nedeniyle çok geniş kullanım alanına sahiptir. Ti6Al4V alaşımı, jet motorları, uzay araçları, otomotiv endüstrisi, medikal implant ve cerrahi aletlerin imalatında sıklıkla tercih edilmektedir [1,2]. Ti6Al4V alaşımı malzemeler genellikle TIG, sürtünme, plazma ark, elektron ışın ve lazer kaynak teknikleriyle birleştirilmektedir [1]. Kaynak kabiliyeti iyi olan titanyum alaşımlarının gazlara karşı duyarlılığı yüksek olduğundan kaynak süreçlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Yüksek ısı girdisiyle gerçekleştirilen kaynaklı birleştirmelerde tane irileşmesi ve porozite oluşumu gözlenirken düşük ısı girdisiyle gerçekleştirilen birleştirmelerde kaynak metalinin sert ve kırılgan bir yapıya dönüştüğü gözlenmektedir [1,3].

Sahip olduğu yüksek yoğunlaşma enerjisi ve düşük ısı girdisi özelliklerine ek olarak sunduğu ilave metal kullanmaksızın kaynak yapabilme imkanından ötürü lazer kaynağı diğer kaynak yöntemlerinden farklıdır [4,5]. Sistem olarak lazer kaynağı, katı hal lazer sistemleri (Nd:YAG Lazer) ve gaz lazer sistemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [6]. Katı hal lazer sistemleriyle daha yüksek ışın kalitesi elde edildiğinden Nd:YAG lazerlerin kullanımı oldukça yaygındır. Ayrıca Nd:YAG lazeri çok küçük dalga boyunda ışın ürettiğinden fiber kablolar ile taşınması da mümkündür [7].

Bu çalışmada, lazer kaynak işlemi iki farklı lazer gücüyle gerçekleştirilmiş olup farklı ısı girdisi şartlarında lazer kaynaklı birleştirmelerin mikroyapı değişimleri incelenmiştir.

* *Tel.: +90 356-252-1616/2901*
E-mail address: ceyhunia@gmail.com (C. Köse).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Kaynak İşlemi

Bu çalışmada, kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen Ti6Al4V alaşımı kullanılmıştır.

Tablo. I. Ti6Al4V alaşımının kimyasal bileşimi (% ağırlık)

%C	Al	V	Fe	N	O	H	Ti
0.010	6.02	4.14	0.098	0.007	0.12	0.0020	Kalan

Deney malzemeleri 95x330x4mm^3 ebatlarında kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir. Numuneler Tablo 2'de verilen parametreler kullanılarak, 4 kW gücüne sahip Nd:YAG lazer kaynak makinesine monte edilmiş FANUC ROBOT R-2000 IB 200F marka robot yardımıyla, yatay pozisyonda ve ilave metal kullanılmadan birleştirilmiştir.

Tablo. II. Lazer kaynak parametreleri

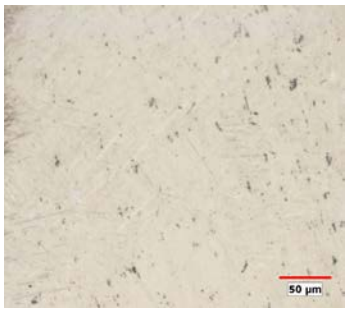
Numune	Lazer gücü (W)	Kaynak hızı (mm/s)	Koruyucu gaz	Gaz basıncı (bar)	Odak mesafesi (mm)	Isı girdisi (kJ/mm)
A	1500	6	He	1	190	0.250
B	2000	6	He	1	190	0.333

2.2. Mikroyapı İncelemeleri

Dağlanan numunelerin metalografik görüntüleri, 5X-100X büyütme kapasiteli NIKON marka optik mikroskop, JEOL JSM 6060 LV ve JEOL JSM 7001 LV marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve OXFORD X-MAX 80 (EDS) donanımı ile gerçekleştirilmiştir.

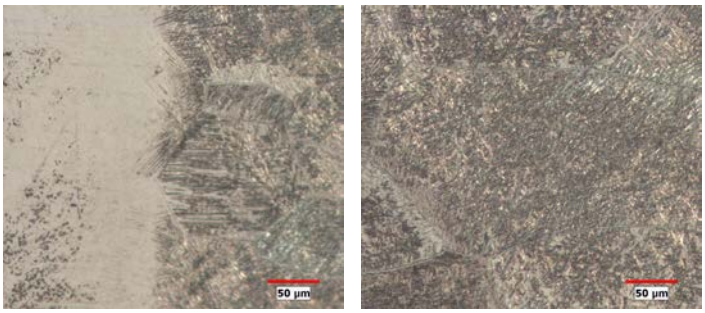
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ti6Al4v alaşımının mikroyapısı incelendiğinde eş eksenli α tanelerinden (açık renkli bölgeler) ve tane sınırlarında yer alan β taneciklerinden (koyu renkli bölgeler) oluştuğu görülmektedir (Şekil 1). Ana malzemede yer alan eş eksenli yapı tokluğu arttırarak dayanımı kuvvetlendirmektedir [8].



Şekil. I. Ti6Al4V alaşımının mikroyapısı

Mikroyapı alaşımın soğuma hızına bağlı olarak şekillenmektedir. Düşük ısı girdisi ile yapılan lazer kaynaklı birleştirmelerde dar bir ITAB elde edilmiştir (Şekil 2.a). Lazer kaynağının karakteristik özelliği olan düşük ısı girdisine bağlı hızlı soğuma neticesinde kaynak bölgesinde ince taneli mikroyapı oluşmuştur. Kaynak metali basketweave veya asiküler α formunda olup ayrıca tane sınırlarında birincil β oluşumları yeralmaktadır (Şekil 2.b).

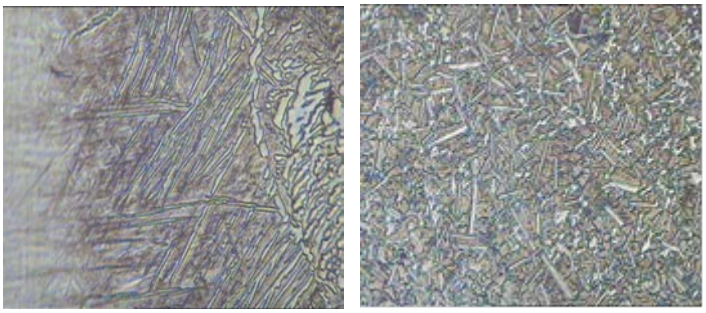


(a) (b)

Şekil. II. A numunesinin optik mikroskop görüntüsü (a) ITAB, (b) kaynak metali

Soğuma hızı α+β alaşımlarının mekaniksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir [1]. Hızlı soğuma koşullarında tokluğun düşüşüne neden olan ince yapılı α plateletlerinin oluşumu da bu duruma bir örnektir.

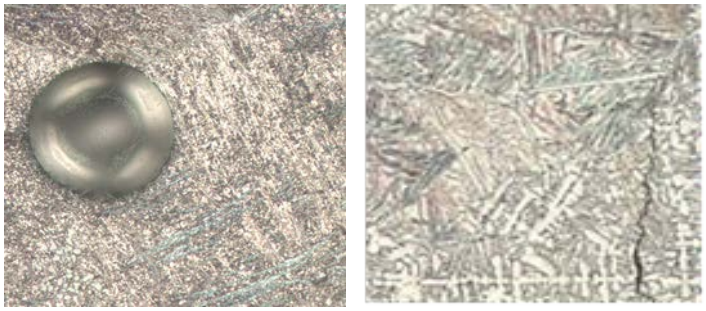
Yükek ısı girdisi ile birleştirilen B numunesinin optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde ise mikroyapının daha iri tanelerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 3). Yüksek lazer gücü veya çok yavaş kaynak hızıyla gerçekleştirilen birleştirmelerde tane irileşmesi olasıdır [9]. Mikroyapıdaki tane irileşmesinin mekanik özelliklerde düşüşe neden olduğu daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda da vurgulanmıştır [10]. B numunesine ait kaynak metalinde birincil α taneciklerinin hacim oranı arttığı şekil 3.(b)'de görülmektedir.



(a) (b)

Şekil. III. B numunesinin optik mikroskop görüntüsü (a) ITAB, (b) kaynak metali

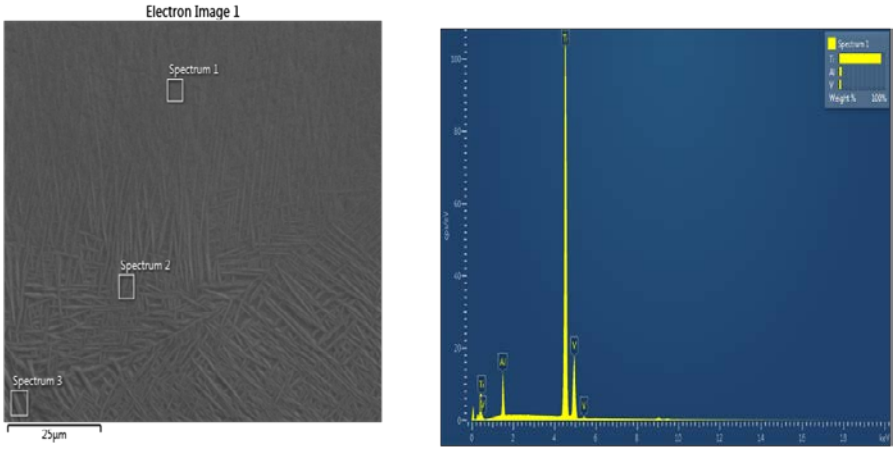
Ayrıca yüksek ısı girdisiyle gerçekleştirilen B numunesine ait kaynak metalinin mikroyapısında yer yer porozite ve mikroçatlaklara rastlanmaktadır (Şekil 4a, 4b). Hızlı soğuma ve kırılgan martenzit yapının mikroçatlak oluşumuna sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Ergimiş titanyumumun gazlara olan ilgisi yüksektir ayrıca kaynak havuzundaki hidrojenin yeteri kadar uzaklaştırılamaması da porozite oluşumlarına neden olarak görülmektedir.



(a) (b)

Şekil. IV. B numunesine ait porozite (a) ve mikroçatlak (b)

Kaynaklı numunelerden gerçekleştirilen SEM-EDS analizleri sonuçları incelendiğinde (Şekil 5) ana metal, ITAB ve kaynak metali bölgelerinden önemli derecede element kayıplarının yaşanmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan, ısı girdisinin lazer kaynaklı birleştirmeler üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı açık bir şekilde söylenebilir.



Şekil. V. Lazer kaynaklı A ve B numunelerinin ana malzeme, ITAB ve kaynak metali bölgelerinden EDS analizi

4. SONUÇLAR

- Ana malzeme mikroyapısı eşeksenli tanelerden oluşum gösterirken, kaynak sürecindeki hızlı soğumadan dolayı kaynak metali yapısı sert ve kırılgan bir form olan martenzitik mikroyapıdan oluşum göstermiştir.
- Yüksek ısı girdisi ile birleştirilen numunenin ITAB ve kaynak metalinde tane irileşmesi meydana gelmiştir.
- Yüksek ısı girdisi ile birleştirilen bazı numunelerde ergimiş titanyum alaşımının gazlara ilgisi yüksek olduğundan mikroyapıda yer yer porozite oluşumları ve hızlı soğumanın etkisiyle lokal mikroçatlak oluşumlarına rastlanmıştır. Kaynak sonrası ısıl işlemler ile bu sorun giderilebileceği gibi, kaynak bölgesinin soğuma hızı kontrol altına alınmasıyla ve kaynak bölgesinin uygun, yeterli derecede koruyucu gaz ile korunması ile bu sorunun gidirileceği düşünülmektedir.
- Lazer kaynaklı birleştirmelerin EDS analizlerinde ana malzeme, ITAB ve kaynak metali bölgelerinde herhangi bir element kaybı gözlenmemiştir. Düşük ısı girdisine bağlı yüksek soğuma oranı oluşturan lazer kaynaklı birleştirmelerde element kayıplarının yaşanmaması karşılaşılan muhtemel bir durumdur.

KAYNAKLAR

[1] Köse, C., and Karaca, E, Robotic Nd:YAG Fiber Laser Welding of Ti-6Al-4V Alloy, Metals, Vol 7, 1-11, 2017.

[2] Kahraman, N. The influence of welding parameters on the joint strength of resistance spot-welded titanium sheets. Mater.Des., 28, 420-427, 2007.

[3] Balasubramanian, T.S.; Balakrishnan, M.; Balasubramanian, V.; Manickam, M.M. Influence of welding processes on microstructure, tensile and impact properties of Ti-6Al-4V alloy joints. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 6, 1253-1262, 2011.

[4] Köse, C.; Kaçar, R. In vitro bioactivity and corrosion properties of laser beam welded medical grade AISI 316L stainless steel in simulated body fluid. Int. J. Electrochem. Sci., 11. 2762 – 2777, 2016.

[5] Taskin, M.; Caligulu, U.; Turkmen, M. X-ray tests of AISI 430 and 304 stainless steels and AISI 1010 low carbon steel welded by CO2 laser beam welding. Mater Test., 53, 741-747, 2011.

[6] Singh, S. C., Zeng, H. B., Guo, C. ve Cai, W, Nanomaterials: processing and characterization with lasers. John Wiley & Sons, 2012.

[7] Güncan, S., Yumurtacı, S., ve Mert, T, Makinatek, http://www.makinatek.com.tr/.07.05.2017.

[8] Fu, P., Mao, Z., Zuo, C., Wang, Y. ve Wang, C, Microstructures and fatigue properties of electron beam welds with beam oscillation for heavy section TC4-DT alloy. Chin J Aeronaut. 4, 1015-1021, 2014.

[9] Casalino, G., Mortello, M. ve Campanelli, S.L, Ytterbium fiber laser welding of Ti6Al4V alloy. J Manuf Process, 20, 250-256, 2015.

[10] Sundaresan, S., Ram, G. J. ve Reddy, G. M, Microstructural refinement of weld fusion zones in α–β titanium alloys using pulsed current welding. Materials Science and Engineering, 262(1), 88-100, 1999.

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Effect of Heat Treatment Conditions on Microstructural Properties of Titanium Alloy Combined with Nd: YAG Laser Source

C.Kose[1], E. Karaca[2]*

[1]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye
[2]Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakütesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Abstract

In this study, pre-weld pre-annealing, post-weld solution and aging heat treatments were applied to the Ti6Al4V alloy plates that joined with laser welding method. The effects of heat treatment conditions on the microstructure properties of the Ti6Al4V alloy joined with the laser source were investigated. Welding was carried out at 4 kW power without using additional metal with laser welding machine. Pre-annealing was applied to the material for 20 minutes at 350 ° C before welding. After welding, it was stress-relieved at 720 ° C for 60 minutes and then taken to the solution at 920 ° C for 60 minutes, and lastly, aging heat treatment was applied at 650 ° C for 120 minutes. The laser welded specimens subjected to heat treatment showed grain growth by the effect of high temperature and waiting time on the weld metal and ITAB microstructure, formation of α + β phase structure and basketweave, Widmanstatten grain formation on α phase grain boundaries. As the heat treatment conditions are carried out under the β transition temperature, no significant changes are observed in the primary β grain sizes. It has been observed that graininess is more pronounced in the samples subjected to aging.

Keywords: Heat Treatment, Laser Welding, Microstructure, Ti6Al4V.

[*] *Tel.: +90 356-252-1616/2901*
E-mail address: ceyhunia@gmail.com (C. Köse).

1. GİRİŞ

Allatropik bir malzeme olan saf titanyumun alaşımları, α, α+β alaşımları ve β alaşımları olmak üzere başlıca üç grupta sınıflandırılmaktadır. α alaşımlarının yapısını α fazı, β alaşımlarının yapısını büyük ölçüde β fazı oluşturmaktadır. α+β alaşımları ise hem α hem de β fazını içermektedir [1]. Düşük yoğunluk, yüksek mekaniksel dayanım, korozyon dayanımı ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle Ti6Al4V alaşımları endüstri ve sanayide sıklıkla kullanılmaktadır [2]. Bu alaşımlardan genellikle jet motorları, uzay araçları, medikal implant ve cerrahi aletlerin imalatında faydalanılmaktadır [3].

Lazer kaynak tekniği, sahip olduğu düşük ısı girdisi ve yüksek yoğunlaşma enerjisinin yanında kaynak ilerleme hızının yüksek, kaynak bölgesinin ise dar olmasından dolayı diğer kaynak yöntemlerinden ayrılmaktadır [4,5]. Ti6Al4V titanyum alaşımlarının lazer ışın kaynaklı birleştirmelerinde kaynak tekniğinin kendine has özelliği olan düşük ısı girdisine ek olarak kaynak bölgesinin hızlı soğumasından dolayı kaynak dikişinde dayanımı arttıran ince taneli birincil β oluşum göstermektedir [6]. Hızlı soğuma durumu mikroyapının kaynak dikişi tokluğunun azalmasına neden olan martenzitik forma dönüşmesine sebebiyet vermektedir [1].

Bu çalışmada, titanyum alaşımı levhalar Nd:YAG lazer kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Kaynak öncesi numunelere ön tavlama, kaynak sonrası ise solüsyona alma ve yaşlandırma ısıl işlemleri uygulanmıştır. Isıl işlemlerin Nd:YAG lazer kaynaklı birleştirmelerin mikroyapılarına etkileri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme, Kaynak İşlemi ve Isıl İşlem Prosedürü

Bu çalışmada, kimyasal bileşimi tablo 1'de verilen Ti6Al4V alaşımı kullanılmıştır.

Tablo 1. Ti6Al4V alaşımının kimyasal bileşimi (% ağırlık)

%C	Al	V	Fe	N	O	H	Ti
0.010	6.02	4.14	0.098	0.007	0.12	0.0020	Kalan

Deney malzemeleri su jeti yöntemiyle 95x330x4mm^3 ebatlarında kesilerek kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir. Numuneler Tablo 2'de gösterilen parametrelerle, 4 kW gücüne sahip Nd:YAG lazer kaynak makinesine monte edilmiş FANUC ROBOT R-2000 IB 200F marka robot yardımıyla, yatay pozisyonda ve ilave metal kullanılmadan birleştirilmiştir.

Tablo 2. Lazer kaynak parametreleri

Numune	Lazer gücü (W)	Kaynak hızı (mm/s)	Koruyucu gaz	Gaz basıncı (bar)	Odak mesafesi (mm)	Isı girdisi (kJ/mm)
A	1500	6	He	1	190	0.250
B	2000	6	He	1	190	0.333

Isıl işlem şartlarının mikroyapıdaki etkilerini incelemek için Tablo 3'de belirtilen ısıl işlem uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Işıl işlem uygulamaları

Numuneler	Isıl işlem şartları
A	350 ^{o}C'de 20 dakika ön tavlama + 720 ^{o}C'de 60 dakika gerilme giderme + havada soğutma + 920 ^{o}C'de 60 dakika solüsyona alma ısıl işlemi + havada soğutma
B	350 ^{o}C'de 20 dakika ön tavlama + 720 ^{o}C'de 60 dakika gerilme giderme + havada soğutma + 920 ^{o}C'de 60 dakika solüsyona alma ısıl işlemi + havada soğutma + 650 ^{o}C'de 120 dakika yaşlandırma ısıl işlemi + havada soğutma

Numuneler Şekil 1'de görülen PROTHERM marka fırında kaynak işlemi öncesinde 350°C'de 20 dakika ön tavlama, kaynak işlemi sonrasında ise 720°C'de 60 dakika gerilme giderme ısıl işlemi ve havada soğutma ardından 920°C'de 60 dakika solüsyona alma ısıl işlemi ve havada soğutma ve son olarak 650°C'de 120 dakika yaşlandırma ısıl işlemi ve arkasından havada soğutma işlemlerine tabi tutulmuşlardır.

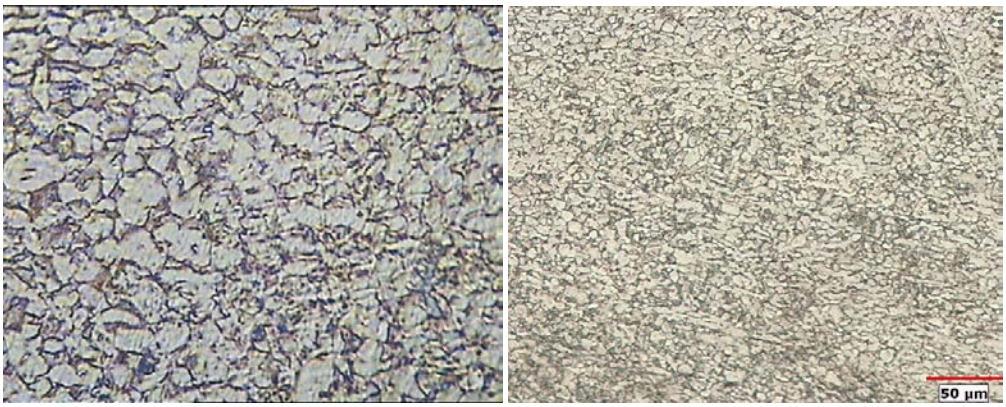
Şekil 1. Tavlama işlemi ve tavlama fırını

2.2. Mikroyapı İncelemeleri

Isıl işlem uygulanmış numunelerin mikroyapı değişimlerini karakterize etmek için Kroll's solüsyonu ile dağlama işlemi prosedürü uygulanmıştır. Mikroyapı incelemeleri 5x-100x büyütmeli NIKON marka optik mikroskop, JEOL JSM 6060 LV ve JEOL JSM 7001 LV marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve OXFORD X-MAX 80 (EDS) donanımı ile gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

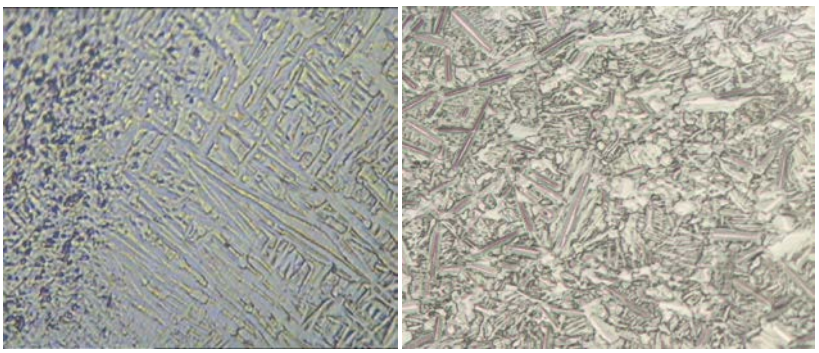
Isıl işlem uygulanan Ti6Al4v alaşımının mikroyapısının eş eksenli α tanelerinden ve tane sınırlarında beliren β taneciklerinden oluştuğu görülmektedir (Şekil 2). Ana malzemede yer alan eş eksenli yapının tokluğu destekleyerek dayanımı arttırdığı bilinmektedir [8].



(a) (b)

Şekil 2. Ana malzemeler; (a) gerilim giderme + solüsyona alma + yaşlandırma uygulanan A numunesi (1000x), (b) gerilim giderme + solüsyona alma ısıl işlemi uygulanan B numunesi (200x).

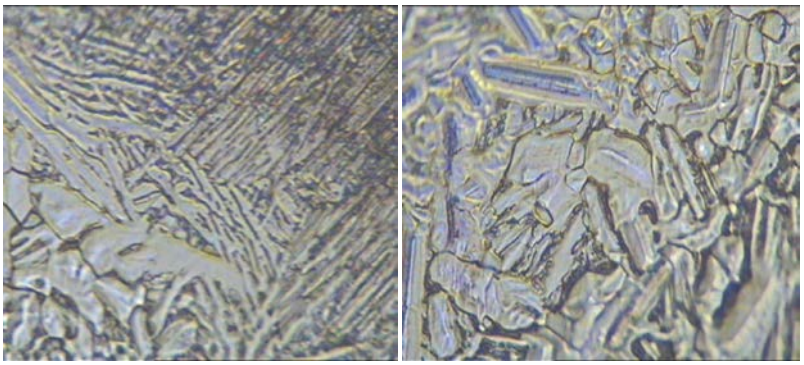
Nd:YAG lazer kaynağıyla birleştirilen α+β titanyum alaşımlarının 720ºC'de 60 dakika gerilme giderme ve 920ºC'de 60 dakika solüsyona alma ısıl işlemleri uygulaması sonrasındaki mikroyapılarında martenzit fazı içerisinde β fazı oluşumu ya da kalıntı biçiminde α fazı çökeltileri yer almaktadır (Şekil 3).



(b) (b)

Şekil 3. A numunesinin (a) ITAB ve (b) Kaynak metali optik mikroskop görüntüleri

Solüsyona alma ısıl işlemi sonrasında numuneye yaşlandırma ısıl işlemi (650 ºC'de 120 dakika tavlama) uygulandığında mikroyapıda aşırı yaşlanma etkisiyle tane irileşmesi meydana gelmiştir (Şekil 4). Mikroyapıda gerçekleşen tane irileşmeleri ısıl işlem süresinin veya sıcaklığın artmasıyla etkisini arttırdığı düşünülmektedir.

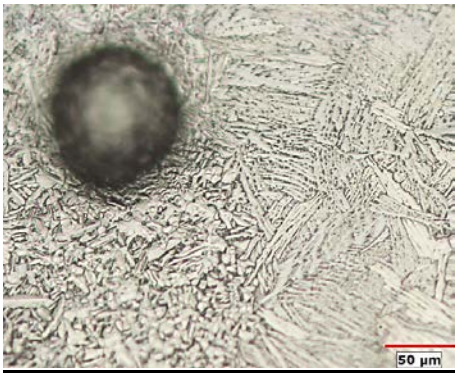


(a) (b)

Şekil 4. B numunesinin (a) ITAB ve (b) Kaynak metali görüntüleri

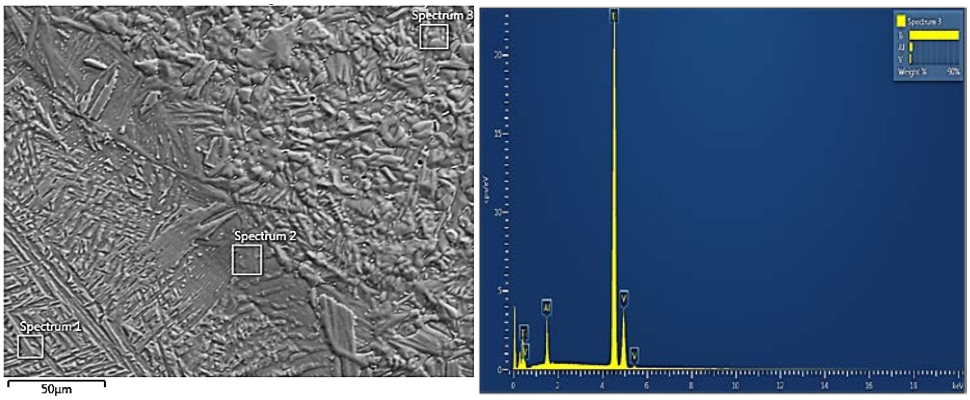
Nd:YAG lazer kaynağı ile birleştirilen numunelerin hem bekleme süresinin hem de sıcaklığın yüksek olmasından dolayı kaynak metali ve ITAB mikro yapısında tane büyümesi, lamellar faz yapısı ve basketweave Widmanstatten tane yapısı oluşumu gözlenmiştir. Ancak, ısıl işlem sıcaklık değerleri β geçiş sıcaklığı kadar yüksek olmadığından α tane sınırı yapısının tamamen β fazına dönüşmesi beklenemez.

B numunesinin kaynak metalinde porozite oluşumu gözlenmiştir (Şekil 5). Lazer kaynaklı titanyum alaşımlarında gözenek oluşumuyla genellikle karşılaşılmaktadır. Gaz tipi poroziteler özellikle, kaynak dikişinin katılaşması esnasında, kaynak havuzundaki hidrojenin uzaklaştırılamaması nedeniyle oluşum göstermektedir [1]. Gözenek oluşumu nedeniyle, kaynaklı birleştirmelerin mekanik dayanımında düşüşlerin yaşanması muhtemeldir.



Şekil 5. B numunesinin kaynak metalinde gözenek oluşumu (200x).

Yüksek ısı girdisi ile birleştirilen numunenin EDS analizi sonucu incelendiğinde ise, ana metal, ITAB ve kaynak metali bölgelerinden önemli derecede element kayıplarının yaşanmadığı tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu sonuçlardan, ısı girdisinin veya ısıl işlemlerin lazer kaynaklı birleştirmeler üzerinde element kaybı oluşturmadığı açık bir şekilde söylenebilir.



Şekil 6. B numunesine ait EDS analizi.

SONUÇLAR

- Solüsyona alma ve yaşlandırma ısıl işlemi uygulanan lazer kaynaklı numunelerin mikroyapısında yüksek sıcaklığın ve bekleme süresinin etkisiyle belirgin tane büyümesi, lamellar α+β faz yapısı ve tane sınırlarında basketweave Widmanstatten tane yapısı oluşumu meydana gelmiştir. Isıl işlem süresi ya da ısıl işlem sıcaklık derecesi arttıkça, aşırı yaşlanma etkisiyle tane büyümesi oluşumlarını arttırmaktadır.
- B numunesinin kaynak metalinde porozite oluşumu meydana gelmiştir. Gaz tipi poroziteler özellikle, kaynak dikişinin katılaşması esnasında, kaynak havuzundaki hidrojenin uzaklaştırılamaması nedeniyle oluşum göstermektedir. Gözenek oluşumu nedeniyle, kaynaklı birleştirmelerin mekanik dayanımında düşüşlerin yaşanması neden olması beklenebilir.
- EDS analizlerinden anlaşıldığı üzere ana metal, ITAB ve kaynak metalinden element kayıplarının yaşanmadığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Köse, C., and Karaca, E, Robotic Nd:YAG Fiber Laser Welding of Ti-6Al-4V Alloy, Metals, Vol 7(6), 221.

[2] Kahraman, N. The influence of welding parameters on the joint strength of resistance spot-welded titanium sheets. *Mater.Des.* 2007, 28, 420-427, 2017.

[3] Akman E, Demir A, Canel T, et al. Laser welding of Ti6Al4V titanium alloys. J. Mater. Process. Technol. 2009; 209(8): 3705-3713.

[4] Köse C, Kaçar R, Mechanical properties of laser welded 2205 duplex stainless steel. Mater Test., 54(10): 779-785, 2014.

[5] Taskin M, Caligulu U, Turkmen M. X-ray tests of AISI 430 and 304 stainless steels and AISI 1010 low carbon steel welded by CO_2 laser beam welding. Mater Test., 53(11-12): 741-747, 2011.

[6] Quintino L, Costa A, Miranda R, et al. Welding with high power fiber lasers – A preliminary study. Mater. Des., 28: 1231-1237, 2007.

[7] Kabir A.S.H. Cao, X. Gholipour, J. Wanjara, P. Cuddy, J. Birur, A. Medraj, M. Effect of postweld heat treatment on microstructure, hardness, and tensile properties of laser-welded Ti-6Al-4V. *Metall and Mat Trans A.*, 43. 4171-4184, 2012.

[8] Fu, P., Mao, Z., Zuo, C., Wang, Y. ve Wang, C. Microstructures and fatigue properties of electron beam welds with beam oscillation for heavy section TC4-DT alloy. Chin J Aeronaut. 4, 1015-1021, 2014

CIEA 2018
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS
CUMHURIYET UNIVERSITY
SIVAS, TURKEY
SEP 20-22

Anti-Cancer Activity of *Doxorubicin Loaded* Tio_2 Targeted Drug Delivery Systems on Human Neuroblastoma Cell Line

A. Taş[1], N. K. Çakmak[2], E. Gümüş[3], Ü. Özüm[5], Y. Siliğ[4]

[1]Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[2]Faculty of Medicine, Department of Histology Embryology, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[3]Engineering Faculty, Chemical Engineering, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[4]Faculty of Medicine, Department of Biochemistry, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[5]Faculty of Medicine, Department of Brain and neurosurgery, Sivas, Turkey

Abstract

Neuroblastoma accounts for 8–10% of childhood cancers. The discovery of new anti-cancer drugs is important in order to improve the quality of life and to eliminate unwanted side effects in prolonged treatment of neuroblastoma. The aim of our study is 1) to increase the biocompatibility of the TIO_2 nanoparticle by activating with PolyEthylene Glycol (PEG) to develop a new nanostructure system and 2)to determine anticancer activity of DOX loaded with this drug on human neuroblastoma cell line (SH-SY5Y).

TiO_2 nanoparticles used in this study were synthesized by sol-gel method, coated with PEG, and PEG-TiO_2 nanostructure system was loaded with DOX. SEM, EDX, XRD, UV, Zeta Potential analyses of suspensions prepared at different concentrations of TiO_2-PEG-DOX, PEG- TiO_2, TiO_2, and DOX nanostructured system were performed. Drugs were applied to SH-SY5Y cell line and cytotoxic effect of these drugs were determined by using MTT method. The SH-SY5Y cells were treated with different concentrations of TiO_2, these drugs (5-100 μg/ml) for 24, 48 and 72 hours. The spectrophotometric readings at 570 nm were recorded and analysed with Graphpad Prism7.

The effects of these drugs on the SH-SY5Y cells were compared with the control group and IC_{50} values were determined for 24, 48 and 72 hours.

In this study, it was shown that the effect of TiO_2-PEG-DOX nanostructured system on SH-SY5Y cells was inhibitory to growth in cancer cells when compared with control group and DOX.

Keywords: Neuroblastoma, SH-SY5Y, PEG-TiO_2, TiO_2-PEG-DOX

1. INTRODUCTION

Neuroblastoma, the most common pediatric malignant tumor, has a high ratio of mortality and morbidity [1]. Children over 1 year of age with stage IV neuroblastoma tumors respond poorly to treatment, with a 5-year survival rate of only 30% [2], whereas low stage tumors in infants frequently undergo spontaneous remission. Failure to undergo programmed cell death is a putative mechanism for cancer cell resistance to chemotherapy, while in contrast spontaneous remission is thought to be a result of increased apoptosis [3]. Neither traditional chemotherapy nor radiation-therapy has an unsatisfied curative effect due to their high toxicity and risk of secondary malignancy [4–6]. The overall five-year survival in neuroblastoma is only about 45% despite various treatments [7]. High curative chemotherapy drugs (such as DOX) for neuroblastoma have unexpected toxicity to normal tissues [8,9], therefore it is necessary to design a novel, non-toxic and targeted therapeutic strategy. DOX is both topoisomerase II inhibitors and exert their antineoplastic action by intercalating into DNA and producing both DNA strand-breaks and interstrand cross-links; they also interfere with RNA synthesis [10,11]. New drugs are emerging for cancer treatments, but chemotherapy is still the most common and well-characterized option in several cancers [12,13]. The treatment of cancer represents a global challenge to public health care and is a leading cause of over 7 million deaths worldwide annually [14,15]. One significant and area of great importance in the treatment of cancer is the application of chemotherapy. This approach has proved successful in the treatment of various cancers, such as acute promyelocytic leukemia [16,17], lung [18-20], head and neck cancers. However, the lack of therapeutic efficacy confines such clinical applications due to drug resistivity, low efficiency of cellular

uptake, and high proportion of side effects, such as liver and kidney damage [21] hair loss [22], nausea and cardiac toxicity [23]. Therefore, novel materials with minimal side effects, low toxicity, and high efficiency of targeted drug delivery enhance the bioavailability for chemotherapy, which is an area of increasing research interest [24].

With the development of nanotechnology, there has been a tremendous growth in the application of nanoparticles (NPs) for drug delivery systems, antibacterial materials, cosmetics, sunscreens, and electronics [25,26]. Furthermore, advances in medical science nanotechnology have led to the development of titanium dioxide (TiO_2), silver, silica, and gold NPs suitable for biomedical applications [27]. TiO_2 nanoparticles have generated considerable interest for use in a variety of applications, such as drug delivery, diagnostics, imaging, sunscreens, catalysts, paints, and food additives [28-32]. The aim of this study was generated TiO_2-PEG-DOX complex, whose cytotoxicity and antitumor efficiency were evaluated in human SH-SY5Y neuroblastoma cells.

2. Materials and Methods

2.1 Synthesize of PEGylated TiO_2 nanoparticles and Drug loding on TiO_2-PEG

TiO2 nanoparticles were produced by a sol-gel process [33]. Titanium iso-propoxide (TIP) was used as starting precursor for preparing TiO_2-nanoparticles using the sol-gel method. In order to improve the stability of TiO_2 NPs, polyethylene glycol (PEG, molecular weight 1500) was used to enwrap the nanoparticles. 20 mL of TiO_2 NPs (0.5 mg/ml) were dropped into PEG solution, and stirred for 24 h. TiO_2–PEG NPs were separated by centrifugation at 12500 rpm for 30 min, and were dispersed in 20 ml ultrapure water. 1 ml of DOX (1mg/ml) were drop-wise added into TiO_2–PEG NPs and stirred for another 24h. The obtained TiO_2–PEG–DOX NPs were collected by centrifugation at 12500 rpm for 30 min and stored at 4°C. Furthermore, free DOX in the centrifugal supernatant was also collected to measure the loading efficiency of DOX onto TiO_2-PEG. The absorption of DOX at 488 nm was determined using a UV-visible spectrophotometer. The dose– absorption curve of DOX was calculated according to the different absorptions of DOX at 488 nm.

2.2 Characterization

The UV-visible absorption of TiO_2-PEG and TiO_2-PEG-DOX NPs was determined using a UV-visible spectrophotometer (UV-1280, Shimadzu, Japan).

2.3 Cell Culture

Cell lines including SH-SY5Y cells were maintained in DMEM medium, containing 10% fetal bovine serum (FBS), penicillin (100 U/ml) and streptomycin (10 mg/L). Cells were grown in at 37°C, 5% CO_2 and 95 % air in a humidified incubator. For each cell line, 70-80% confluent cell culture flask was trypsinized and cells were seeded in 96 well plates.

2.4 Cytotoxic effect of TiO_2 targeted drug in and SH-SY5Y cells

The in vitro cytotoxicity of the TiO_2-PEG-DOX, PEG-TiO_2, TiO_2, and DOX against SH-SY5Y cell lines was performed with the MTT 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay according to the Skehan's method. Briefly, cells were trypsinized and plated into 96-well plates (Corning, USA) in 0.1 ml of complete culture medium at a density of 1 × 105 cells per well and allowed to attach for 24 h. 1 µl of test substance at concentrations ranging between 5-100 µg/ml were added into each well containing the cells. Test substance was diluted with sterilized water into the desired concentrations from the stock. The plates were incubated at 37°C with an internal atmosphere of 5% CO2. After 24, 48 and 72 h incubation, with different concentrations of compounds, MTT (5 mg/ml dissolved in PBS) 10 µl/well was added directly to all the wells and incubated for 2 hours at 37°C. The supernatant was carefully removed from each well and 100 ml of DMSO was added to each well to dissolve the formazan crystals. After mixing with a mechanical plate mixer for 15min, the absorbance of plates were recorded at 570 nm on a microplate reader (Bio-Tek, USA). All drug doses were parallel tested in triplicate and were performed at least 3 times; control samples were run with 1% sterilized water.

2. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Synthesis and characterization of TiO_2-PEG and TiO_2-PEG-DOX

In this work, firsty TiO_2 nanoparticles were produced, secondly TiO_2 NPs were coated with PEG to increase their stability, and then DOX was added into TiO_2–PEG NPs to form the TiO_2–PEG–DOX NPs. The addition of PEG to the surface of nanomaterials can avoid the rapid clearance by renal and reticuloendothelial systems (RESs), and greatly increases the blood half-life of all nanomaterials and therefore enhances the accumulation of nanomaterials in tumor tissue [34-36]. In addition, PEG coated TiO_2 NPs may decrease the interaction between DOX and TiO_2, therefore increasing drug release from nanocarriers in tumor regions.

The successful loading of DOX onto TiO_2–PEG NPs was confirmed by UV-visible spectra analysis [37-38]. As shown in Fig.1 the characteristic peak of DOX occurred at about ~490 nm. These results indicated that DOX is successfully loaded onto the TiO_2–PEG NPs.

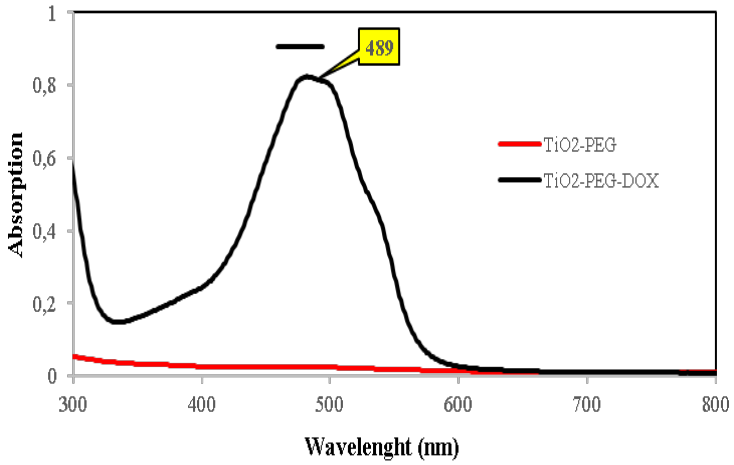


Fig. I. UV-Visible absorption of TiO_2-PEG and TiO_2-PEG-DOX NPs

3.2 Cytotoxicity activities of TiO_2, TiO_2-PEG, TiO^2-PEG-DOX and DOX drugs on SH-SY5Y cells

In order to determine whether there were cytotoxic effects associated with the presence of intracellular TiO_2-PEG-DOX, PEG- TiO_2, TiO_2, and DOX, SH-SY5Y cells were exposed to a range of concentrations of these drugs rate was examined by MTT (Figure 1). Figure 1 shows changes in cell inhibition for 24, 48 and 72 hours versus increasing concentrations of SH-SY5Y -231 cell lines. x-axis shows cell types and varying time points, while the y-axis shows the inhibition rates of cancer cells relative to the control. Compared to the control group, TiO_2-PEG-DOX -treated human SH-SY5Y neuroblastoma cells showed significantly decreased tumor survival rate after 24h, 48h and 72h of incubation. Compared to the DOX group, the TiO_2-PEG-DOX group had significantly reduced survival rate after 24h, 48h and 72 h of incubation. Cell survival rates in all groups after 24h, 48h and 72 h of incubation were significantly decreased than those in the control group. With elongated treatment time, the survival rate of tumor cells was significantly reduced. TiO_2-PEG-DOX, PEG- TiO_2, TiO_2, and DOX drugs on SH-SY5Y cells were the most active for 72 h of incubation. In addition, the most active TiO_2-PEG-DOX and IC50 values for 24, 48 and 72 hours were 21,51 µg/ml, 19, 80µg/ml and 17,46 µg/ml respectively (Table 1).

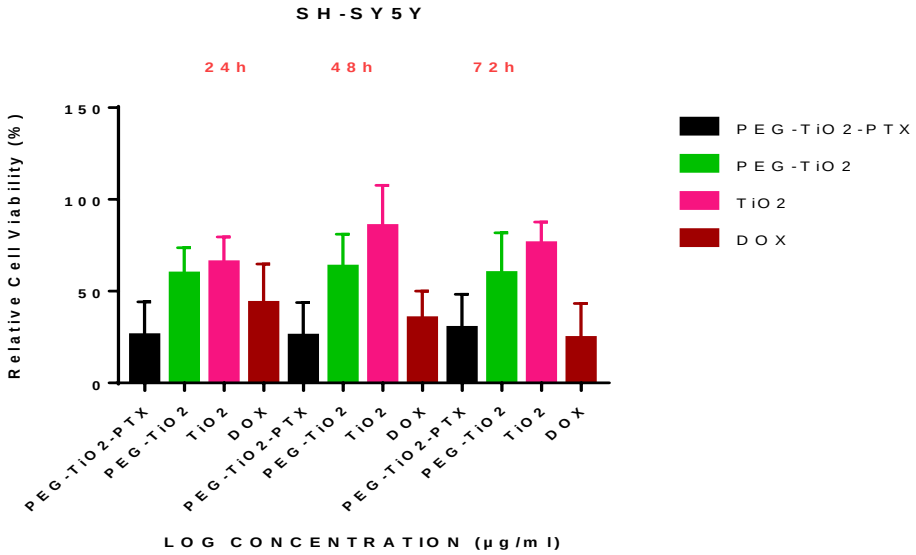


Fig. I. Cytotoxity activities of *of* TiO_2-PEG-DOX, PEG- TiO_2, TiO_2, and DOX drugs on SH-SY5Y cell line

Table. I. Comparison of IC_{50} values between TiO_2-PEG-DOX, PEG- TiO_2, TiO_2, and DOX on SH-SY5Y after 24 h, 48 h and 72 h of incubation

	IC_{50} (µg/ml)		
Drugs	**24h**	**48h**	**72h**
TiO_2-PEG- DOX	21,51	19,80	17,46
TiO_2-PEG	59,01	57,83	47,33
TiO_2	57,01	54,24	40,30
DOX	49,42	41,05	31,97

3. CONCLUSIONS

TiO_2-PEG-DOX complex effectively carries large amounts of DOX drug, elevates drug solubility in water, enhances DOX stability in aqueous solution, and improves biocompatibility of drugs. In addition, it also potentiates DOX induced decreases survival rate of SH-SY5Y cells, suggesting it might be used as a novel heavy-load nanomaterial in biomedical instrument. However, whether TiO_2-PEG-DOX complex can improve the toxic and adverse effects of DOX, and its clinical efficiency, treatment dosage, or functional mechanism needs to be investigated in the future. Therefore, based on the results of this study, further in vitro drug release and in vivo studies will be performed.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out at Cumhuriyet University's Advanced Technology Application and Research Center (CUTAM).

5. REFERENCES

[1.] L. Hou, C. Ju, J. Zhang, J. Song, Y. Ge, W. Yue, Antitumor effects of Isatin on human neuroblastoma cell line (SH-SY5Y) and the related mechanism, Eur. J. Pharmacol. 589 (1–3) (2008) 27–31.

[2.] Spix C, Aareleid T, Stiller C, Magnani C, Kaatsch P and Michaelis J. (2001). Eur. J. Cancer, 37, 722 – 729.

[3.] Oue T, Fukuzawa M, Kusafuka T, Kohmoto Y, Imura K, Nagahara S and Okada A. (1996). J. Pediatr. Surg., 31, 251 – 257.

[4.] F. Berthold, J. Boos, S. Burdach, R. Erttmann, G. Henze, J. Hermann, T. Klingebiel, B. Kremens, F.H. Schilling, M. Schrappe, T. Simon, B. Hero, Myeloablative megatherapy with autologous stem-cell rescue versus oral maintenance chemotherapy as consolidation treatment in patients with high-risk neuroblastoma: a randomised controlled trial, Lancet Oncol. 6 (9) (2005) 649–658.

[5.] K.K. Matthay, J.G. Villablanca, R.C. Seeger, D.O. Stram, R.E. Harris, N.K. Ramsay, P. Swift, H. Shimada, C.T. Black, G.M. Brodeur, R.B. Gerbing, C.P. Reynolds, Treatment of high-risk neuroblastoma with intensive

chemotherapy, radiotherapy, autologous bone marrow transplantation, and 13-cis-retinoic acid Children's Cancer Group, N. Engl. J. Med. 341 (16) (1999) 1165–1173.

[6.] D.M. Patterson, D. Gao, D.N. Trahan, B.A. Johnson, A. Ludwig, E. Barbieri, Z. Chen, J. Diaz-Miron, L. Vassilev, J.M. Shohet, E.S. Kim, Effect of MDM2 and vascular endothelial growth factor inhibition on tumor angiogenesis and metastasis in neuroblastoma, Angiogenesis 14 (3) (2011) 255–266.

[7.] L. Segerstrom, D. Fuchs, U. Backman, K. Holmquist, R. Christofferson, F. Azarbayjani, The anti-VEGF antibody bevacizumab potently reduces the growth rate of high-risk neuroblastoma xenografts, Pediatric Res. 60 (5) (2006) 576–581.

[8.] P.L. Hsu, F.E. Mo, Matricellular protein CCN1 mediates doxorubicin-induced cardiomyopathy in mice, Oncotarget (2016).

[9.] F.C. Tesan, M. Portillo, D. Martinel-Lamas, V.A. Medina, M.J. Salgueiro, M. Zubillaga, Hepato and cardiotoxicity of chemotherapeutic treatment evaluated by means of small animal imaging, Anticancer Agents Med. Chem. (2015).

[10.]European Medicines Agency (EMA). Novantrone and Associated Names; EMA: London, UK, 2016; Availableonline:http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Referrals_document/Novantrone_ 30/WC500209683.pdf (accessed on 29 April 2018).

[11.]European Medicines Agency (EMA). Recommendations on the Use of Caelyx (Doxorubicin Hydrochloride); EMA: London, UK, 2011; Available online: http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Medicine_QA/2011/11/WC500117926.pdf (accessed on 29 April 2018).

[12.]Shih, Y.-C.; Smieliauskas, F.; Geynisman, D.; Kelly, R.; Smith, T. Trends in the cost and use of targeted cancer therapies for the privately insured noneldery: 2001 to 2011. J. Clin. Oncol. 2015, 33, 2190–2199.

[13.]Frei, E.I.; Eder, J.P. Combination chemotherapy. In Holland-Frei Cancer Medicine., 6th ed.; Kufe, D.W., Pollock, R.E., Bast, R.C., Weichselbaum, R.R., Eds.; BC Decker: Hamilton, ON, USA, 2003. Available online: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK13955/ (accessed on 29 April 2018).

[14.]Wood B. The to and fro of tumor spread. New Views Res. 2013;493:8–9.

[15.]Boyle P, Levin B (2008) World cancer report 2008. International Agency for Reserach on Cancer

[16.]Jing Y, Wang L, Xia L, Chen GQ, Chen Z, Miller WH, Waxman S. Combined effect of all-trans retinoic acid and arsenic trioxide in acute promyelocytic leukemia cells in vitro and in vivo. Blood. 2001 Jan 1; 97(1):264-9.

[17.]Chen GQ, Shi XG, Tang W, Xiong SM, Zhu J, Cai X, Han ZG, Ni JH, Shi GY, Jia PM, Liu MM, He KL, Niu C, Ma J, Zhang P, Zhang TD, Paul P, Naoe T, Kitamura K, Miller W, Waxman S, Wang ZY, de The H, Chen SJ, Chen Z. Use of arsenic trioxide (As2O3) in the treatment of acute promyelocytic leukemia (APL): I. As2O3 exerts dose-dependent dual effects on APL cells Blood. 1997 May 1; 89(9):3345-53.

[18.]Carney DN, Mitchell JB, Kinsella TJ. In vitro radiation and chemotherapy sensitivity of established cell lines of human small cell lung cancer and its large cell morphological variants. Cancer Res. 1983 Jun; 43(6):2806-11.

[19.]Umezawa H, Maeda K, Takeuchi T, Okami Y.New antibiotics, bleomycin A and B. J Antibiot (Tokyo). 1966 Sep; 19(5):200-9.

[20.]Kouranos V, Dimopoulos G, Vassias A, Syrigos KN. Chemotherapy-induced neutropenia in lung cancer patients: the role of antibiotic prophylaxis. Cancer Lett. 2011 Dec 26; 313(1):9-14.

[21.]Calvert AH, Newell DR, Gumbrell LA, O'Reilly S, Burnell M, Boxall FE, Siddik ZH, Judson IR, Gore ME, Wiltshaw Carboplatin dosage: prospective evaluation of a simple formula based on renal function. E.J Clin Oncol. 1989 Nov; 7(11):1748-56.

[22.]Jaracz S, Chen J, Kuznetsova LV, Ojima I Recent advances in tumor-targeting anticancer drug conjugates Bioorg Med Chem. 2005 Sep 1; 13(17):5043-54.

[23.]Voortman J, Giaccone G. Severe reversible cardiac failure after bortezomib treatment combined with chemotherapy in a non-small cell lung cancer patient: a case report. BMC Cancer. 2006 May 11; 6():129.

[24.]Abou-Jawde R, Choueiri T, Alemany C, Mekhail T An overview of targeted treatments in cancer. Clin Ther. 2003 Aug; 25(8):2121-37.

[25.]Kisin ER, Murray AR, Keane MJ, Shi XC, Schwegler-Berry D, Gorelik O, Arepalli S, Castranova V, Wallace WE, Kagan VE, Shvedova AA: Single-walled carbon nanotubes: geno- and cytotoxic effects in lung fibroblast V79 cells. J Toxicol Environ Health A 2007, 70:2071–2079.

[26.]Robertson TA, Sanchez WY, Roberts MS: Are commercially available nanoparticles safe when applied to the skin? J Biomed Nanotechnol 2010, 6:452–468.

[27.]G. Liang, Y. Pu, L. Yin, R. Liu, B. Ye, Y. Su and Y. Li, J. Toxicol. Environ. Health, Part A, 2009, 72, 740–745.

[28.]W. H. De Jong and P. J. Borm, Int. J. Nanomed., 2008, 3, 133–149.

[29.]S. Parveen, R. Misra and S. K. Sahoo, Nanomedicine, 2012, 8, 147–166.

[30.] T. G. Smijs and S. Pavel, Nanotechnol., Sci. Appl., 2011, 4, 95–112.

[31.]F. Lakadamyali and E. Reisner, Chem. Commun., 2011, 47, 1695–1697.

[32.]A. Weir, P. Westerhoff, L. Fabricius, K. Hristovski and N. von Goetz, Environ. Sci. Technol., 2012, 46, 2242–2250.

[33.]Mahbubul I.M., Elcioglu E.B., Saidur R., Amalina M.A., Ultrasonics Sonochemistry, "Optimization of ultrasonication period for better dispersion and stability of TiO2-water nanofluid" , 37, 360-367, 2017.