



ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Bilimleri Dergisi

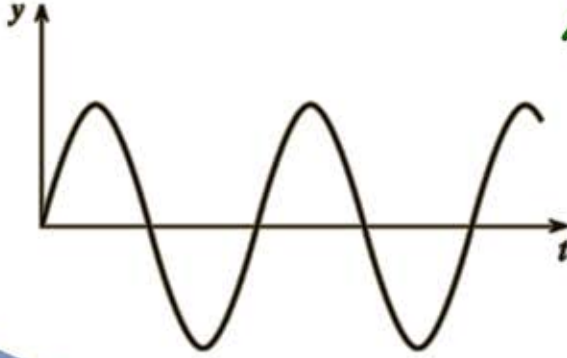
Journal of Engineering Science
of Adiyaman University

ISSN: 2149-0309

CİLT
VOLUME 4

SAYI
ISSUE 6

HAZİRAN
JUNE 2017



ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Bilimleri Dergisi

Journal of Engineering Science of Adiyaman University

ISSN: 2149-0309

Cilt: 4 Sayı:6

Dergi Yöneticisi

Prof.Dr. Murat PALA

Baş Editör

Prof.Dr. Murat PALA

Editör

Doç.Dr. İsmail BOZKURT

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Adiyaman Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Dekanlığı

e-mail: mbd@adiyaman.edu.tr

Tel: 0 (416) 223 38 08

Fax: 0 (416) 223 38 09

İÇİNDEKİLER

Kırsal Alanlarda Atık su Envanter Çalışması: Artvin Örneği

Kazım Onur DEMİRARSLAN, Serden BAŞAK, Halil AKINCI.....1-12

Demir-Niyobyum İkili Alaşımların Kutu Borlomasında Artan İşlem Sıcaklığının Borür Tabakasının Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Tanju TEKER, Eyyüp Murat KARAKURT.....13-19

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yapı Denetimi Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar Ve Bu Sorunlara İlişkin Çözüm Önerileri

Murat PALA, Mehmet Şirin DEMİR.....20-33

Akustik Emisyon (AE) Yönteminin Biyomedikal Alanda Alternatif Bir Metot Olarak Uygulanması

Deniz KARADUMAN, Durmuş Ali BİRCAN, Ahmet ÇETİN.....34-41

KIRSAL ALANLARDA ATIKSU ENVANTER ÇALIŞMASI: ARTVİN ÖRNEĞİ

Kazım Onur DEMİRARSLAN^{1*}, Serden BAŞAK², Halil AKINCI³

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 08100 Seyitler, Artvin.

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Merkez, Artvin.

³ Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 08100 Seyitler, Artvin.

ÖZET

Günümüzde nüfusun kentsel alanlara ve özellikle de büyük metropollere göç etmesiyle beraber kırsal alanlara olan ilgi azalmış, bazı kırsal yerleşimlerde nüfus yoğunluğu ülke kırsal alanlar ortalamasının da altına inmiştir. Ancak bu yoğunluk azalması kırsal alanlardaki çevre sorunlarının göz ardı edilebileceği anlamına gelmemelidir. Çalışmaya konu olan Artvin ili, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en doğusunda bulunmaktadır. İlin genelinde topografik açıdan oldukça zorlu şartlara sahip olması. Özellikle atıksuların toplanması, uzaklaştırılması ve bertaraf edilmesi konularını güçleştirmektedir. Yapılan bu çalışmada amaçlanan; Artvin il merkezinde yer alan 36 köyün 2010-2015 yılları arasında üretilen atıksuyun envanteri çıkartılmış ve dağılımları haritalandırılmıştır. Envanter oluşturulurken Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'nden yararlanılarak köy nüfusları belirlenmiş ve oluşacak atıksu miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ArcGIS10.2 CBS programıyla işlenerek çalışma alanındaki köylerin atıksu haritaları elde edilmiştir. Ayrıca, Artvin İl Özel İdaresi ile yapılan görüşmelerde merkeze bağlı köylerde kanalizasyon sisteminin olmadığı, ihtiyacın bireysel fosseptik çukurları vasıtasıyla giderilmeye çalışıldığı belirlenmiştir. Yapılan hesaplarda çalışma süresince merkeze bağlı köylerdeki toplam atık su miktarı, 2010'da 181178 m³/yıl, 2011'de 177368 m³/yıl, 2012'de 173469 m³/yıl, 2013'de 180083 m³/yıl, 2014'de 186697 m³/yıl ve 2015'de 181945 m³/yıl olarak ortaya konulmuştur. En fazla atıksu meydana getiren köyler Seyitler ve Ortaköy olurken en az atıksu oluşturan köyün ise Okumuşlar köyü olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Artvin; atıksu; Doğu Karadeniz Bölgesi; envanter; kırsal alan

STUDY OF WASTEWATER INVENTORY IN RURAL AREAS: CASE OF ARTVIN

ABSTRACT

Today, interest to rural areas is decreasing with the migration of people to city. However, environmental problems in rural areas should not be ignored. The city of Artvin that is subject to the study is located east of Turkey's eastern Black Sea region and the city has quite rugged condition deographically and topographically. Especially, the condition makes wastewater difficult to collect, remove and dispose. In this study, wastewater inventory of 36 villages located in center of the Artvin between 2010 and 2015 was created and the distributions were mapped. While creating the inventory, village population was determined using the Address Based Population Registration System and the amount of wastewater that may occur was calculated. Wastewater map of the villages was formed using in putting the obtained data to the ArcGIS 10.2 CBS program. Also, the Artvin Special Provincial Administration gave the information that there is individual septic tank and nosewer system in the villages of center of the Artvin. In the calculation, the total amount of wastewater in the villages was determined during the study from 2010 to 2015 respectively, 181178 m³/year, 177368 m³/year, 173469 m³/year, 180083 m³/year, 186697

* e-posta: onurdemirarslan@artvin.edu.tr

m³/year and 181945 m³/year. The findings indicate that Seyitler and Ortakoy villages are the most wastewater producing whereas Okumuslar village is the least wastewater producing.

Keywords: Artvin; wastewater; East Blacksea Region; inventory; rural area

1. Giriş

Kırsal alan kavramı, tam anlamı ile kentleşmiş olarak adlandırılan ve geçim endeksinin hizmet sektörü tarafından belirlendiği kentsel alanların dışında kalan yerleşimleri kapsayan ekonomik faaliyetlerin çoğunluğunun tarımsal ürün girdilerince gerçekleştiği ilçe, köy ve mezralarda sosyal güvencelerden (iş olanakları, sigorta, emeklilik, eğitim, sağlık ve kültürel etkinlikler vb.) yeterince yararlanamayan bireylerin sayısal çoğunluğu oluşturduğu sosyo ekonomik yapıyı, demografik birlikteliği ve coğrafik büyüklüğü ifade etmektedir [1]. Bir diğer tanımlamaya göre ise tarımsal üretimin yerel ekonomiye hakim olduğu ve nüfus yoğunluğunun kentsel alanlara oranla düşük olduğu alanları ifade etmektedir [2,3]. Dünyada kent-kırsal alan oranları 1950 yıllarında %29, 1975 yılında %37,4 iken 2000'li yıllarda ise %47,1 olarak belirlenmiştir. Ancak geri kalmış ülkelerde toplam nüfusun önemli bir kısmını halen kırsal alanlar oluşturmaktadır. Türkiye'de ise kentsel kırsal nüfus oranı 1927'de %76 iken 1950 yılından sonra kentlerdeki nüfus oranında artış görülmüş ve kırsal nüfusun toplam nüfus içerisindeki payı sürekli olarak azalma başlamıştır. 2012 yılına gelindiğinde kırsal nüfusun ülke nüfusunun %23'ünü oluşturduğu görülmektedir [4,5]. Yüzölçümüne bakıldığında ise, Türkiye'nin il ve ilçe merkezleri dışında kalan kırsal alanların toplam yüzölçümünün %92'sini oluşturduğu görülmektedir [6].

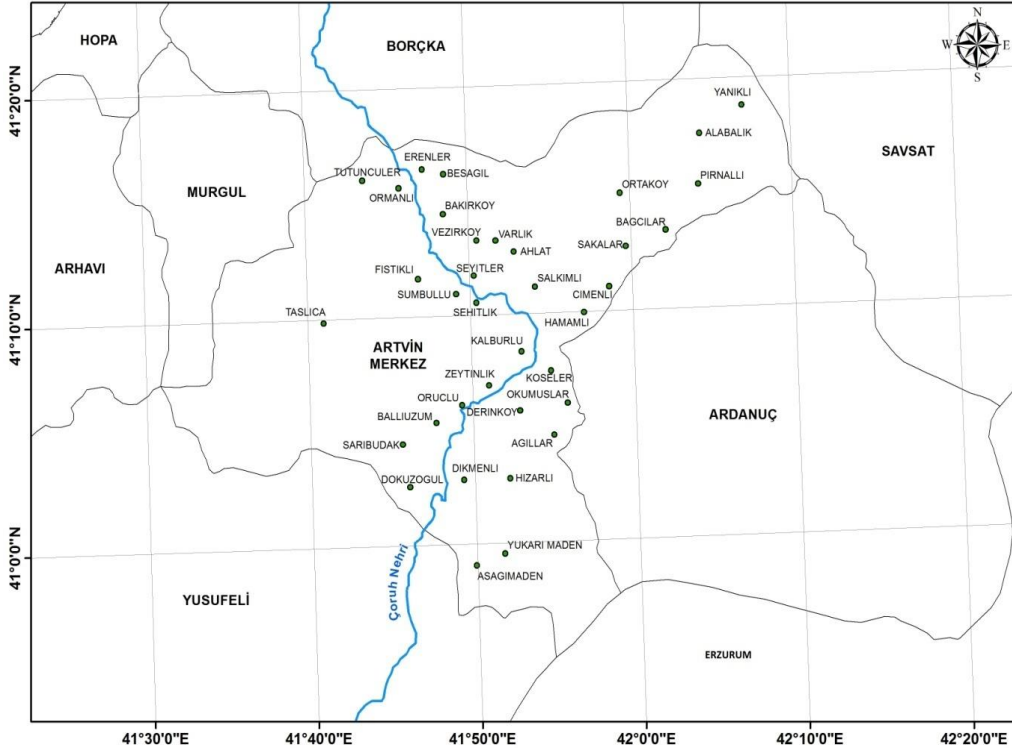
Türkiye'de kırsal alanlarda yaşanan çevre sorunlarının temelini düşük gelir seviyesi, teknolojinin ekonomik nedenlerle takip edilememesi ve yeterli eğitim seviyesine ulaşamamış olmasından kaynaklı olarak bilgisiz, sürekli kazanç sağlamaya yönelik şekilde yönlendirilen tarımsal faaliyetler oluşturmaktadır. Kırsal alanlardaki sağlıklı içme ve kullanma suyunda yaşanan mevsimsel yetersizlikler, kanalizasyon altyapısının eksikliği veya hiç olmaması çevre sorunlarında başlıca etmenlerdir. Bu sorunlara orman ile mera alanlarının azalması, aşırı otlatma da eklenince çevre tahribatı katlamalı olarak zarar vermektedir [6,7,8]. Sayılan bu çevre sorunlarından bir tanesi de su kirliliğidir. Yaşamın en temel unsuru olan su, tam anlamıyla bir yaşam kaynağı olup; içerisinde bulunduğu mineral ve bileşiklerle canlıların her türlü biyokimyasal reaksiyonlarının gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadır [9]. Su kirliliği ise suların fiziksel, kimyasal, biyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi olarak tanımlanabilmektedir. Maalesef yaşanan bu su kirliliği genellikle kentsel ve kırsal faaliyetler ile beşeri nedenler sonucunda ortaya çıkmakta, sağlıklı suya erişimi kısıtlamakta ve ekonomik dengeleri bozabilmektedir [10]. İnsan ve çevre sağlığı açısından meydana gelen atık suların düzenli bir şekilde toplanarak uzaklaştırılması ve uygun bir şekilde arıtılarak alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. Kanalizasyon sistemlerinin önemli olmasına karşın dünya çapında kullanılan suyun %80'inin kanalizasyon ile toplanmadığı veya arıtılmadığı tahmin edilmektedir. 2010 yılı TÜİK verilerine göre ise Türkiye'de toplam nüfusun %73'ü (belediye sınırlarına dahil nüfusun %88'i) kanalizasyon sistemleri erişimine sahiptir. Atıksu arıtma tesisleri ile hizmet alan nüfusun, bu hizmeti alamayanlara oranı 1994 yılında %10 iken, 2010 yılında %52 olmuştur (belediye nüfusunun %62'si). 2010 yılında kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atıksu miktarı 3,6 km³/yıl olmuştur ve bunun yaklaşık %75'i arıtılarak deşarj edilmiştir [11]. Ülkemizde kırsal kesimlerde meydana gelen atıksuların toplanması ve güvenli bir şekilde uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, 18.03.1924 tarih ve 442 Sayılı Köy Kanunu'nda köylerde çevre korunması ile ilgili 13. maddenin 5. ve 6. fıkralarında her evde üstü kapalı ve kuyulu

veya lağımlı bir tuvalet yapılmasını, atıksuların ise yer altı ve yerüstü sulara karışmayacak şekilde kanalizasyonla uzaklaştırılmasını zorunlu hale getirmiştir [12].

Yapılan bu çalışmada ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi illerinden Artvin merkeze bağlı 36 köyün 2010-2015 yılı atıksu miktarları hesaplanmış ve Artvin İl Özel İdaresi'nden alınan bilgiler yardımıyla kanalizasyon sistemlerinin varlığı araştırılmıştır. Ayrıca elde edilen atıksu bilgileri köylerin koordinatlarıyla beraber ArcGIS 10.2 CBS programına girilmiş ve 2010-2015 yılı atıksu miktarlarını gösteren haritalar oluşturulmuştur.

2. Çalışma Alanı

Artvin ili Türkiye'nin kuzeydoğusunda Gürcistan sınırında yer almakta ve $40^{\circ} 34' 19,55'' - 41^{\circ} 31' 29,62''$ kuzey enlemleri ile $41^{\circ} 09' 25,41'' - 42^{\circ} 35' 47,16''$ doğu boylamları arasında kalmaktadır [13] ve yüzölçümünün %81'inin %30'dan daha eğime sahiptir [14]. Artvin İli yüzeysel su potansiyeli $6799,40 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olup il merkezinden yüzeysel su miktarı $5969 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olan Çoruh Nehri geçmektedir [15,16]. 2014 yılı TÜİK verilerine göre Artvin ilinde alıcı ortamlara göre şebekeden deşarj edilen atıksu miktarı $4360000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olmaktadır. Günlük kişi başı atıksu üretiminin ise 127 lt olduğu belirtilmiştir. Artvin ilinin tamamında, kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun 93728 kişi olduğu, bu oranın ise toplam nüfusun %91'ine denk geldiği görülmektedir. Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam nüfusa oranı % 55 tir. Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı ise 8'dir [17]. Çalışma alanının eğiminin fazla olması, kanalizasyon sistemlerinin projelendirme ve imalatını oldukça zorlaştırmaktadır. Bu çalışmaya konu olan Artvin ili Merkez ilçesine ait köylerin toplam sayısı 36'dır ve tüm köyleri gösteren harita Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanındaki köyleri gösteren harita

Bu çalışmayı kapsayan ve Artvin ili Merkez ilçesine bağlı köyler, Ahlat, Ağıllar, Alabalık, Asağımaden, Bağcılar, Bakırköy, Ballüzüm, Beşagıl, Çimenli, Derinköy, Dikmenli, Dokuzoğul, Erenler, Fıstıklı, Hamamlı, Hızarlı, Kalburlu, Köşeler, Okumuşlar, Ormanlı, Ortaköy, Oruçlu, Pırnallı,

Sakalar, Salkımlı, Sarıbudak, Şehitlik, Seyitler, Sümbüllü, Taşlıca, Tütüncüler, Varlık, Vezirköy, Yanıklı, Yukarımaden ve Zeytinlik'tir. Köylerin 2010-2015 yıllarındaki nüfus değişimleri Çizelge 1'de verilmektedir

Çizelge 1. Çalışma alanı 2010-2015 yılı nüfus verileri [17]

KÖY	NÜFUS					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ağıllar	32	41	41	40	49	45
Ahlat	98	104	100	107	114	45
Alabalık	120	122	109	115	121	124
Aşağımaden	423	395	379	380	362	355
Bağcılar	85	109	99	93	82	68
Bakırköy	89	79	73	85	91	81
Ballüzüm	47	48	46	51	49	51
Beşagıl	194	188	191	205	193	195
Çimenli	121	104	92	99	96	87
Derinköy	36	21	21	43	29	27
Dikmenli	74	77	79	82	104	97
Dokuzoğul	88	83	78	87	101	98
Erenler	218	180	171	224	211	195
Fıstıklı	114	105	92	142	132	133
Hamamlı	182	165	160	182	169	143
Hızarlı	116	105	114	129	128	132
Kalburlu	61	59	62	61	75	75
Köseler	22	19	12	38	29	20
Okumuşlar	15	14	14	18	17	16
Ormanlı	202	213	211	158	175	195
Ortaköy	1288	1286	1253	1080	1122	1101
Oruçlu	64	58	48	72	107	84
Pırmallı	172	172	175	180	177	152
Sakalar	306	275	258	262	266	229
Salkımlı	376	399	394	303	301	303
Sarıbudak	148	132	120	103	107	113
Şehitlik	463	434	436	413	438	452
Seyitler	1560	1617	1672	2087	2166	2238
Sümbüllü	81	80	98	158	127	126
Taşlıca	135	119	91	52	93	95
Tütüncüler	301	301	265	277	380	345
Varlık	238	227	224	215	196	211
Vezirköy	165	175	173	172	170	162
Yanıklı	418	406	390	341	374	349
Yukarı maden	126	125	124	127	122	122
Zeytinlik	95	62	56	42	52	44

Çizelge 1 incelendiğinde nüfus olarak en fazla olan köyün Seyitler köyü olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, Artvin Çoruh Üniversitesi'ne ait yerleşkelerden birinin ve Kredi Yurtlar Kurumu kız yurdunun bu köyde bulunmasıdır. Nüfus olarak en düşük olan köy ise Okumuşlar köyüdür. Köy nüfusları, köylerde meydana gelen atıksu miktarı üzerinde önemli derecede etkili olmaktadır.

3. Bulgular

Artvin il merkezinde yer alan 36 köyün 2010-2015 yıllarına ait nüfusları TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sisteminden elde edilmiştir. Artvin il özel idaresinden alınan bilgiler doğrultusunda çalışmaya konu olan köylerin kanalizasyon durumları tespit edilmiş olup; Köylerdeki kişi başı günlük su sarfiyatları; hayat standartları, kanalizasyon sistemlerinin varlığı ve durumu ile ticari ve sınai faaliyetlerin tipi, su fiyatları, özel su sistemlerinin mevcudiyeti, su kalitesi, su dağıtım sistemlerindeki basınç, su ölçümleri ve sistemdeki kayıplar gibi nedenlerle değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir [18]. Türkiye genelinde çeşitli kurum ve kuruluşlarca yaptırılmakta olan altyapı projelerinin hazırlanmasına ait talimatnamelerde su tüketimleri için Çizelge 2'de verilen İller Bankası Talimatnamesi'ndeki değerler kullanılmaktadır [19, 20].

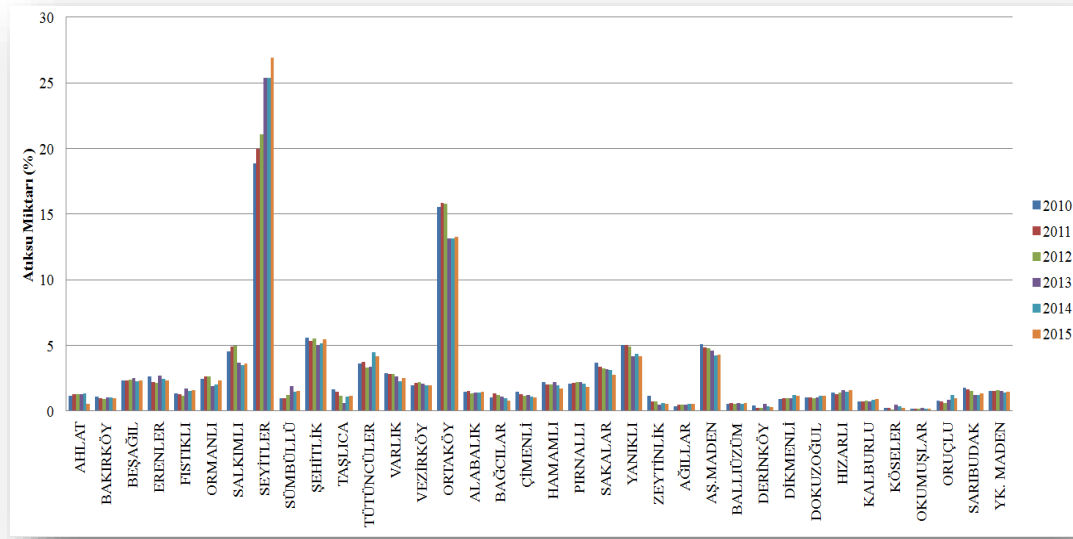
Çizelge 2. İller Bankası Birim Su Tüketim Değerleri

Nüfus	Sarfiyat
>3000	60
3001-5000	70
5001-10000	80
10001-30000	100
30001-50000	120
50001-100000	170
100001-200000	200
200001-3000000	225

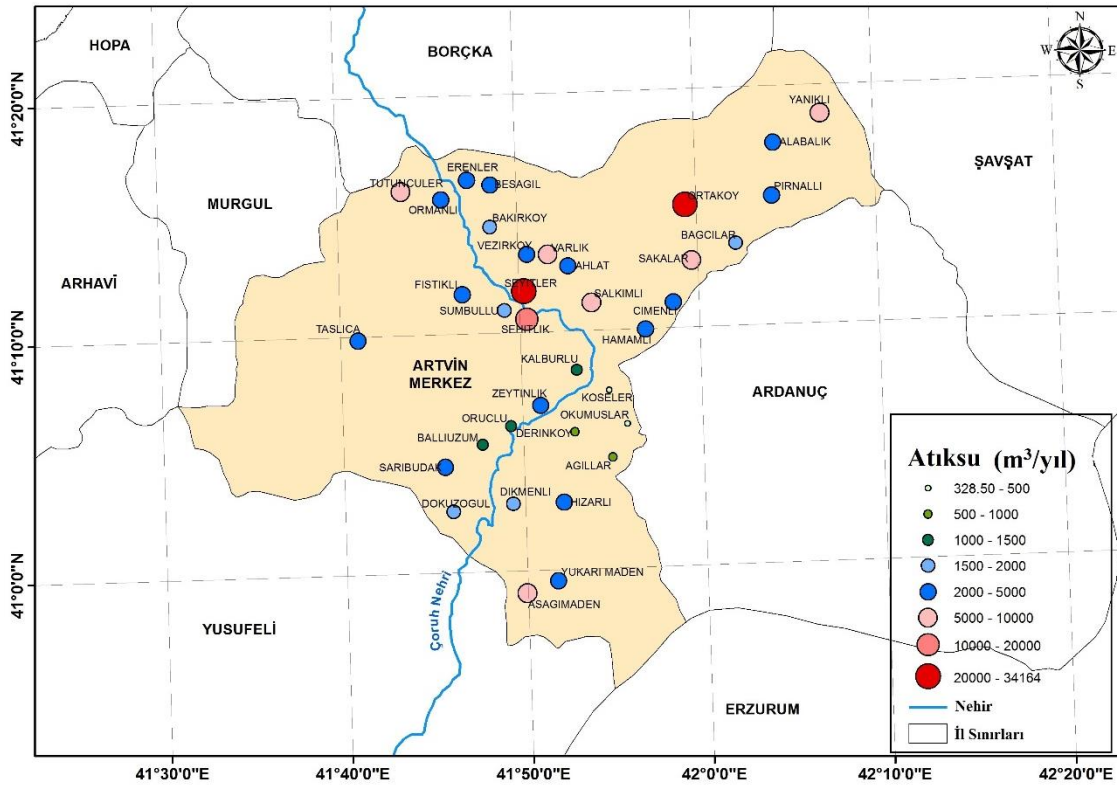
Çizelge 2'de verilen çalışma alanı köy nüfuslarının 3000 kişiden düşük olması nedeniyle kişi başı günlük su tüketim miktarı 60 lt/kişi.gün alınmış ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır. Elde edilen değerler ArcGIS 10.2 CBS programında işlenerek köylere göre 2015-2016 yıllarına ait atıksu dağılım haritaları elde edilmiştir. Artvin İl Özel İdaresi'nden alınan bilgilere göre köylerde kanalizasyon sistemi bulunmamakla beraber her evde ferdi foseptik sisteminin olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı köylerin yıllara göre atıksu yüzde oranları Şekil 2'de verilmektedir.

3.1. Çalışma alanı 2010 yılı atıksu verileri

Çalışma alanında bulunan köylerin 2010 yılı nüfusu TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi yardımıyla bulunmuş ve kişi başı günlük su tüketim miktarı 60 lt/kişi.gün alınarak köylerde yıllık meydana gelen atıksu miktarları hesaplanmıştır. 2010 yılında köylerin toplam nüfusunun 8273 kişi olduğu ve meydana gelen toplam atıksu miktarının ise 181178 m³/yıl olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ArcGIS programında işlenmiş ve üretilen atıksu dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanındaki köylerin yıllara göre atıksu yüzde oranları



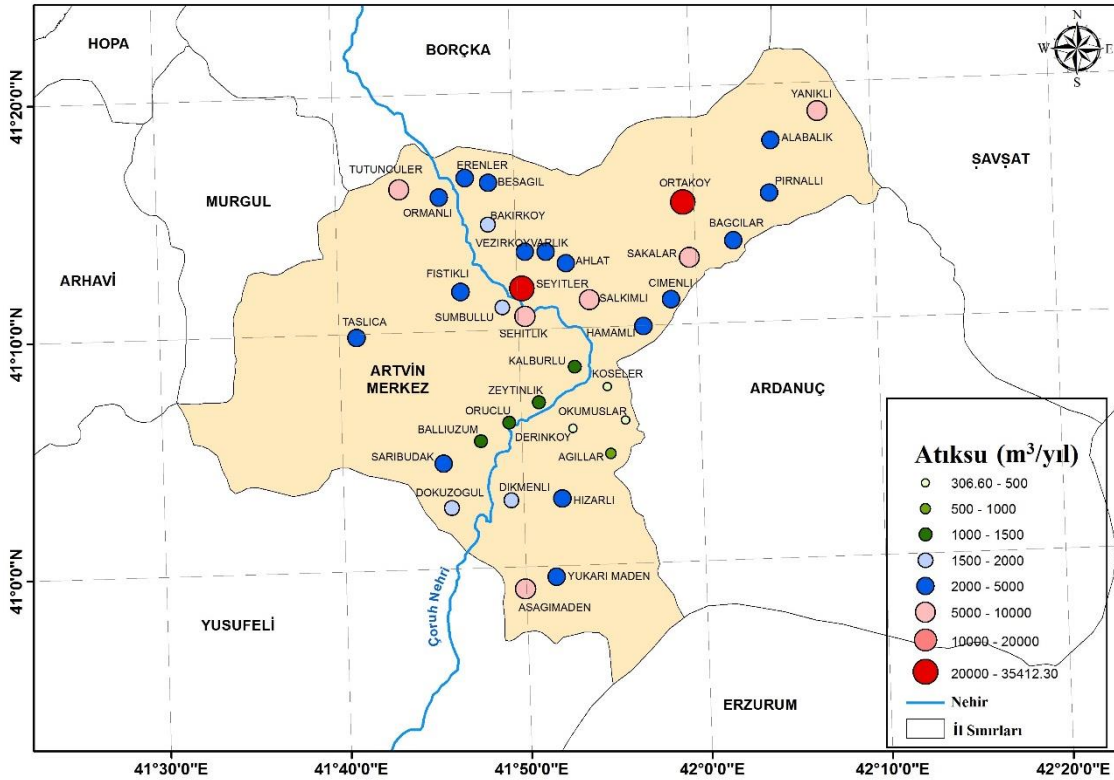
Şekil 3. Çalışma alanı 2010 yılı atık su dağılımları

Şekil 3'e göre Seyitler ve Ortaköy en fazla atıksu meydana getiren köyler arasında yer almaktadır. Toplam atıksu miktarı ile oranlandığında Seyitler ve Ortaköy'ün ürettiği atıksuyun sırasıyla %18,85 ve %15,56 olduğu görülmüştür. Üçüncü ve dördüncü en yüksek atıksu Şehitlik (%5,59) ve Aşağımaden (%5,11) köylerinde meydana gelmiştir. Toplamda 14 köyde 2000-5000 m³/yıl, 5 köyde 1500-2000

$m^3/yıl$, 4 köyde 1000-5000 $m^3/yıl$ atıksu oluşmuştur. Nüfusu en düşük olan (15 kişi) Okumuşlar köyünde ise en düşük oranda atıksu meydana gelmiştir (%0,18)

3.2. Çalışma alanı 2011 yılı atıksu verileri

Çalışma alanında bulunan köylerde meydana gelen atıksuların 2011 yılı dağılımları Şekil 4'te verilmektedir. Bu yılda çalışma alanındaki köylerde meydana gelen toplam atıksu miktarı 177368 $m^3/yıl$ olmuştur. Toplam nüfusa bakıldığında kırsal alandaki nüfusun 2010 yılına göre azalma göstererek 174 kişi daha az olduğu belirlenmiştir. Nüfustaki bu değişiklik toplam atıksu miktarında da azalmaya neden olmuştur. Şekil 4 incelendiğinde yine Seyitler (%19,96) ve Ortaköy'ün (%15,87) en fazla atıksu meydana getiren köyler olduğu görülmektedir. Üçüncü en yüksek köy Şehitlik (% 5,35) dördüncü ise Yanıklı (%5,01) olmaktadır. Çalışma alanında 6 köy 5000-10000 $m^3/yıl$, 16 köy 2000-5000 $m^3/yıl$, 4 köy 1500-2000 $m^3/yıl$, 4 köy 1000-1500 $m^3/yıl$, 1 köy 500-1000 $m^3/yıl$ atıksu meydana gelmiştir. En düşük atıksu ise Okumuşlar (%0,17) köyünde hesaplanmıştır.



Şekil 4. Çalışma alanı 2011 yılı atık su dağılımları

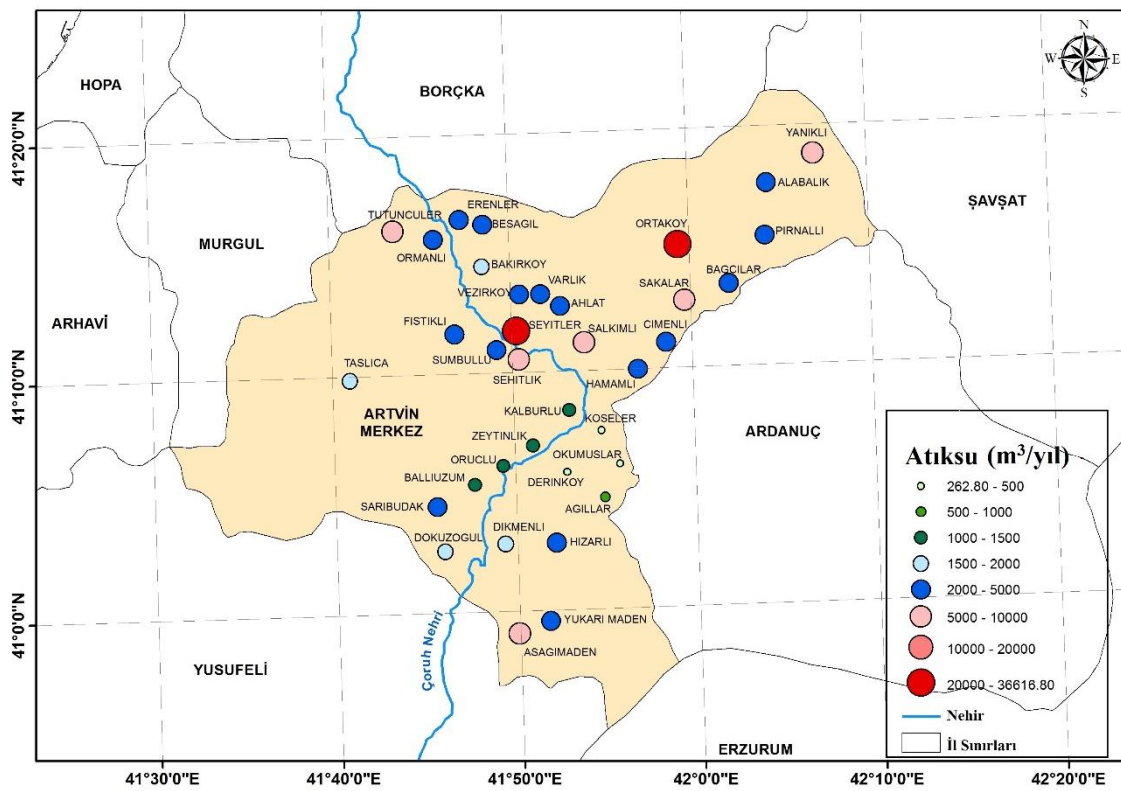
3.3. Çalışma alanı 2012 yılı atıksu verileri

Çalışma alanında bulunan köylerde meydana gelen atıksuların 2012 yılı dağılımları Şekil 5'de verilmektedir. Bu yılda, çalışma alanındaki köylerde meydana gelen toplam atıksu miktarı 173469 $m^3/yıl$ olmuştur. 2011 yılı ile karşılaştırıldığında toplam atıksu miktarında 3899 m^3 'lük azalma görülebilmektedir. Toplam kırsal nüfusun bir önceki yıla göre 352 kişi azalarak bu durumun ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Çalışma alanındaki köylerde meydana gelen atıksu miktarı en fazla Seyitler (%21,1), Ortaköy (%15,81), Şehitlik (%5,5), Salkımlı (%4,97) olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki köyler arasında 16 köy 2000-5000 $m^3/yıl$, 4 köy 1500-2000 $m^3/yıl$, 4 köy 1000-1500 $m^3/yıl$,

1 köy 500-1000 m³/yıl atıksu meydana getirmiştir. 2012 yılında en düşük atıksu oluşturan köy ise Köseler'dir (%0,15).

3.4. Çalışma alanı 2013 yılı atıksu verileri

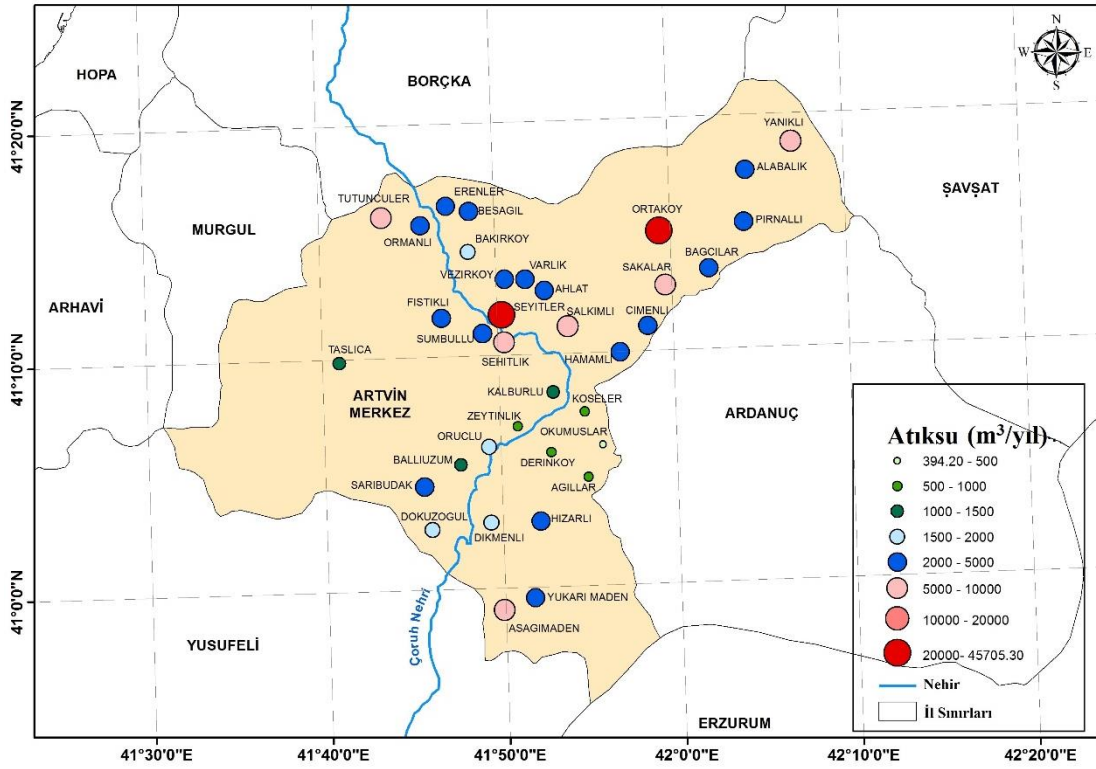
Artvin il merkezine bağlı köylerden meydana gelen 2013 yılı atıksu miktarları dağılım haritası Şekil 6'da verilmiştir. 2013 yılında toplam nüfus 8223 kişi ve atıksu miktarı ise 180083 m³/yıl olmuştur. 2012 yılı ile karşılaştırıldığında kırsal nüfusta 302 kişi artış olmuş ve buna bağlı olarak toplam atıksu miktarında da 6614 m³/yıl artış meydana gelmiştir. En fazla atıksu meydana getiren köyler sırasıyla Seyitler (%25,38), Ortaköy (%13,13), Şehitlik (%5,02) ve Aşağı maden (%4,6) olarak hesaplanmıştır. Yine çalışma alanında 2000-5000 m³/yıl atıksu meydana getiren 16 köy, 1500-2000 m³/yıl 4 köy, 1000-1500 m³/yıl 3 köy ve 500-1000 m³/yıl atıksu meydana getiren 4 köy bulunmaktadır. En düşük atıksu meydana getiren köy ise Okumuşlar olmuştur (%0,21).



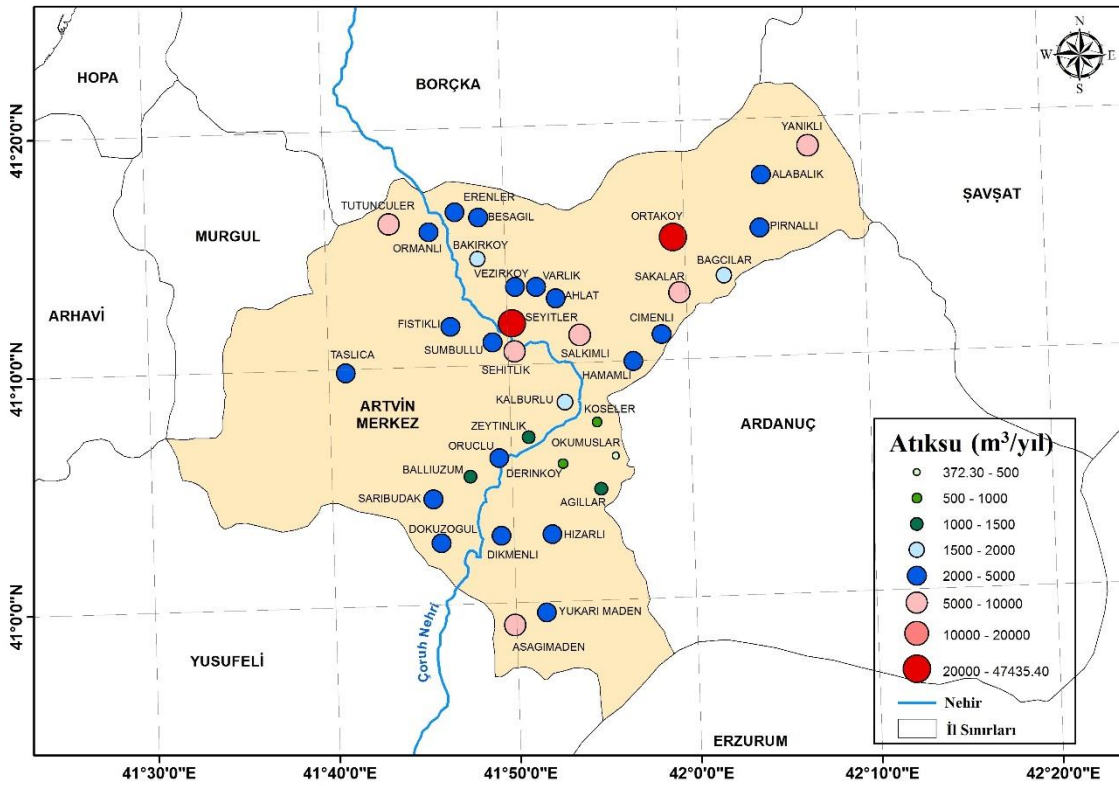
Şekil 5. Çalışma alanı 2012 yılı atık su dağılımları

3.5. Çalışma alanı 2014 yılı atıksu verileri

2014 yılı çalışma alanı toplam atıksu miktarı 186697 m³/yıl olarak hesaplanmış olup en fazla atıksu meydana getiren köyler arasında Seyitler (%25,40), Ortaköy (%13,16), Şehitlik (%5,13) ve Tütüncüler (%4,45) bulunmuştur. 2014 yılına ait atıksu dağılım haritası Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 6. Çalışma alanı 2013 yılı atık su dağılımları

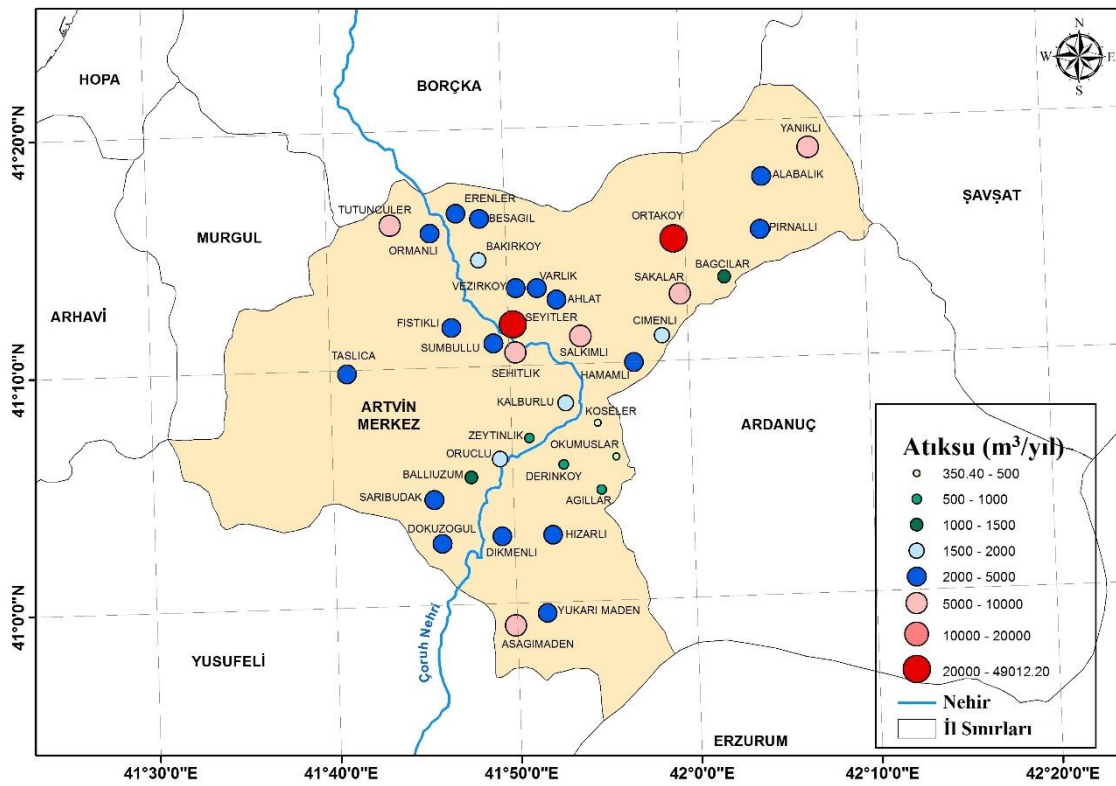


Şekil 7. Çalışma alanı 2014 yılı atık su dağılımları

Şekil 7 incelendiğinde 2000-5000 m³/yıl atıksu meydana getiren 19 köy, 1500-2000 m³/yıl 3 köy, 1000-1500 m³/yıl 3 köy ve 500-1000 m³/yıl atıksu meydana getiren 1 köy olduğu görülmektedir. En düşük atıksu oluşturan köy ise Okumuşlar (% 0,19) olarak hesaplanmıştır.

3.6. Çalışma alanı 2015 yılı atıksu verileri

2015 yılına ait çalışma alanı atıksu verileri hesaplanmış ve dağılımlar Şekil 8’de verilmiştir. 2015 yılında toplam kırsal nüfus 8303 kişi ve atıksu miktarı ise 181945 m³/yıl’dır. Geçen yıla göre toplam atıksu miktarında 4752 m³/yıl azalma meydana gelmiştir. Köylere göre atıksu miktarı oranlarına bakıldığında Seyitler (%26,93), Ortaköy (%13,25), Şehitlik (%5,44) ve Aşağı maden (%4,27) olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 8 incelendiğinde ise 17 köy 2000-5000 m³/yıl, 4 köy 1500-2000 m³/yıl, 2 köy 1000-1500 m³/yıl ve 3 köy 500-1000 m³/yıl olduğu görülmektedir. 2015 yılında Okumuşlar köyü (%0,19) yine en düşük atıksu meydana getiren köy olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 8. Çalışma alanı 2015 yılı atık su dağılımları

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Artvin il merkezine bağlı 36 köyün 2010-2015 yılları arasındaki atıksu miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre 2010 yılında toplam atıksu miktarının 181178 m³/yıl olduğu belirlenmiştir. 2011 yılı toplam atıksu miktarına bakıldığında 177368 m³/yıl olduğu görülmektedir. 2012 yılında bu rakam 173469 m³/yıl iken 2013’te 180083 m³/yıl, 2014’de 186697 m³/yıl, 2015 de ise 181945 m³/yıl olmuştur. Çalışmaya göre en fazla atıksu meydana getiren köyün Seyitler olduğu en düşük miktarın ise Okumuşlar köyünde meydana geldiği anlaşılmaktadır. Seyitler köyü içerisinde Artvin Çoruh Üniversitesi’ne ait yerleşkelerden biri ve Kredi Yurtlar Kurumuna ait yurdun bulunması bu köydeki nüfusu ve oluşan atık suyun miktarını etkilemektedir. 2013 yılında kadar %1 civarında olan yıllık atıksu miktarı 2013 yılında Kredi Yurtlar Kurumuna ait 500 yatak kapasiteli yurdun açılmasıyla

birlikte bir sene içinde %4,28 oranında artış göstermiştir. Okumuşlar köyü ise il merkezine 50 km uzaklıktadır bu durum da köyün nüfusunu ve sonuç olarak da atıksu miktarını etkilemektedir. Çalışma alanı içerisindeki tüm bu köylerde kanalizasyon sisteminin olmadığı; ancak buna karşın her evde ferdi foseptik sistemlerinin olduğu, Artvin İl Özel İdaresi ile yapılan görüşmelerde belirlenmiştir. Gerek topografya, gerekse coğrafi şartların izin vermemesi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde özellikle kırsal kesimlerinde kanalizasyon sistemlerinin inşasında önemli zorluklara yol açmaktadır. Bunun yanında nüfusun görece olarak düşük olması ve teknik yetersizlikler alışlagelmiş atıksu arıtma sistemlerinin tasarlanmasını ve uygulanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca doğal arıtma gibi alternatif sistemlerin tasarımında ise iklim koşulları ve alan bulunamaması gibi sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Ele alınan bu köylerin belli bir noktada toplanmamış ve uygun alanlara kurulmuş dağınık yapıdaki evler şeklinde olmasından dolayı paket arıtma sistemlerinin inşası ve işletmesi de oldukça masraflı ve verimsiz olacaktır. Ancak bireysel foseptik sistemlerinin uygun ölçülerde, iki veya üç gözlü olarak tasarlanmış olması meydana gelen atıksuların doğal yollarla arıtılabilmesini sağlayabilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Soysal A. Kırsal alanda kadın girişimciliği: Türkiye için durum değerlendirmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 2013 8(1): 163-189.
- [2] Kayıkcı A. Türkiye'de kırsal alan yönetimi. Doktora Tezi. Ankara: T.C. Ankara Üniversitesi; 2009.
- [3] Urry J. Mekanları tüketmek, Çev: Rahmi Ögdül, Ayrıntı Yay., İstanbul; 1999.
- [4] Demir K, Çabuk S. Türkiye'de metropoliten kentlerin nüfus gelişimi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2010; 28: 193-215.
- [5] Yılmaz M. Türkiye'de kırsal nüfusun değişimi ve illere göre dağılımı (1980-2012), Doğu Coğrafya Dergisi, 2015; 20(33): 161-188.
- [6] Mahmutoğlu A. Kırsal alanda çevre sorunlarına etik yaklaşım: kırsal çevre etiği. Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi; 2009.
- [7] Şevket Ö. Türkiye'de toplumsal değişim ve çevre sorunlarına duyarlılık. Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi; 1987.
- [8] Hüseyin A. Çevre sorunları ve mahalli idareler. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 1989.
- [9] Akın M, Akın G. Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 2007; 47(2):105-118.
- [10] Sönmez AY, Hisar O, Yanık T. Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2012; 43(1): 69-77.
- [11] Muluk ÇB, Kurt B, Turak A, Türker A, Çalışkan MA, Balkız Ö, Gümrükçü S, Sarıgül G, Zeydanlı U. Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi, 2013.
- [12] Köy Kanunu, Kanun No: 442, Resmi Gazete: 7.4.1924, Sayı: 68.
- [13] Özalp AY, Akıncı H, Temuçin S. Artvin ili arazisinin topografik ve bazı fiziksel özelliklerinin tespiti ve bu özelliklerin arazi örtüsü ile ilişkisinin incelenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 2013; 14 (2): 292-309.
- [14] Demiraslan KO, Yener İ. Artvin il merkezine ait kentsel atıksu miktar ve kalitesinin projeksiyonu. Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi (UKSAY) Sempozyumu, Malatya; 2016.
- [15] Artvin İli 2014 Yılı Çevre Durum Raporu, T.C. Artvin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015.
- [16] Beste YÇ, Demiraslan KO. Eastern black sea region of domestic water capacity: the case of Artvin, ICOCEE-CappadociaNevsehir, Turkey; 2015.
- [17] www.tuik.gov.tr
- [18] Muslu Y. Çözümlü problemlerle su temini ve çevre sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 4. Baskı, İstanbul; 2008.

- [19] Efe M. Atıksu ve yağmursuyu toplayıcı sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde kullanılan bilgisayar destekli modellerin değerlendirilmesi ve bir örnek uygulama. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İTÜ; 2006.
- [20] İller Bankası, Kanalizasyon İşlerinin Planlaması ve Projelerin Hazırlanmasına Ait Talimatname, 1996.

DEMİR-NİYOBYUM İKİLİ ALAŞIMLARIN KUTU BORLAMASINDA ARTAN İŞLEM SICAKLIĞININ BORÜR TABAKASININ OLUŞUMU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Tanju TEKER*, Eyyüp Murat KARAKURT

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 02040, Adıyaman, Türkiye.

ÖZET

Bu çalışmada, Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımları; 950, 1050 ve 1150 °C farklı işlem sıcaklıklarında 3 saat süreyle borlama işlemine tabii tutuldu. Artan işlem sıcaklığının bor tabakasının oluşumu üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Borlama işlemi sonrası numunelerin yüzeyinde meydana gelen mikroyapısal değişim, optik mikroskop (OM) ve mikrosertlik test analizi yardımıyla incelenmiştir. Borlama öncesi ve sonrası numunelerde meydana gelen yüzey pürüzlülük değerleri ve ağırlık değişimleri her bir numune için ayrı ayrı belirlendi. Sonuç olarak, borlama sonrası tüm numunelerin yüzeylerinde oluşan borür tabakaları, altlık malzemeye nazaran çok daha yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Ayrıca; numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerinin, artan işlem sıcaklığıyla beraber arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İkili alaşım, Borlama, Mikrosertlik, Yüzey pürüzlülüğü, Ağırlık değişimleri.

EFFECT ON THE FORMATION OF BORIDE LAYER OF INCREASING PROCESS TEMPERATURES IN PACK BORONIZING OF BINARY IRON-NIOBIUM ALLOYS

ABSTRACT

In this study, binary Fe-5Nb (at. %) alloys were boronized at 950, 1050 and 1150 °C different process temperature for 3 hours. The effect of the increasing process temperatures on the formation of boron layer was investigated experimentally. After boron treatment, microstructural changes occurring on the surfaces of the samples were examined by optical microscope (OM) and microhardness test analyses. Surface roughness values and weight changes before and after boron treatment were determined for each sample separately. Consequently, all boron layers formed on all surfaces of samples after boron treatment had much higher hardnesses values than base material. It was also determined that the surface roughness values of the samples increased with increasing process temperatures.

Keywords: Binary alloy, Boronizing, Microhardness, Surface roughnesses, Weight changes.

1. Giriş

Malzemeleri en dıştan saran katmana yüzey denir. Buna bağlı olarak servis sahasında dış etkilere karşı maruz kalan ilk kısım da yine yüzeydir. Bu sebeple malzemelerin yüzeylerini, içyapısını değiştirmeden çalıştıkları ortamlara göre bazı yüzey modifikasyonlarla geliştirmek mümkündür [1-2].

* e-posta: tteker@adiyaman.edu.tr

Borlama yüzey sertleştirme işlemlerinden biri olup, difüzyon esaslı yüzey kaplama işlemidir [3]. Bu işlem günümüzde sadece demir esaslı malzemelere değil farklı malzeme gruplarına da uygulanabilmektedir [4-5]. Borlama işlemi uygulanırken, malzeme yüzeyinin kirlerden arındırılmış olması, işlemin başarılması adına önemli bir adımdır. İşlem sıcaklığı; 700-1150 °C sıcaklıkları arasında malzemenin cinsine göre değişmektedir. Ayrıca; işlem süresi, istenilen bor tabakasının kalınlığına bağlı olarak 1-10 saat arası sürelerde uygulanabilir. Yüksek işlem sıcaklığı ve süresi uzun olduğundan dolayı, genellikle ergime noktası yüksek olan malzeme grupları borlama işlemi için daha uygundur. Bu proses, katı, pasta, sıvı ve gaz gibi çeşitli ortamlarda uygulanabilir. Fakat son bilimsel gelişmelerle birlikte, termokimyasal olmayan fiziksel buhar biriktirme (PVD), kimyasal buhar biriktirme (CVD), plazma sprey ve iyon biriktirme yöntemleri de borlama amacıyla kullanılan diğer yöntemlerdir [6-8]. Borlama, demir esaslı malzemelerin kopma ve akma dayanımlarını, yorulma ömürlerini artırırken, plastite özelliklerini azaltır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda malzemenin sertlik ve mukavemet özelliklerini korumaya yardımcı olur. Bu kapsamda bor ile kaplanmış iş parçaları geniş uygulama alanlarına sahiptir. Özellikle bu yöntem, aşınmaya ve korozyon ortamlara maruz kalan makine aksamalarının uzun süreli kullanımına büyük katkılar sağlamıştır [9-13].

Bu çalışmada Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımların 950, 1050 ve 1150 °C farklı işlem sıcaklıklarında 3 saat borlanarak, işlem sıcaklığının; borür tabakasının mikroyapısına, tabaka sertliğine ve yüzey pürüzlülük değerlerine olan etkileri incelenmiştir.

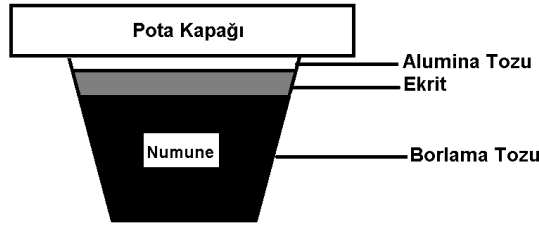
2. Deneysel Çalışma

Ticari olarak temin edilen %99.97 saflıkta demir ve %99.98 (% ağırlık) saflıktaki niyobyum metalleri Fe-5Nb (% at.) içerecek şekilde Edmund Bühler marka ark ergitici cihazında argon gazı ortamında ergitildi. Daha sonra alaşımların içerdiği element yüzdelilerinin doğruluğunu belirlemek amacıyla spektrometre cihazı ile elementel analizleri yapıldı. Borlama işlemi öncesi Fe-5Nb (% at.) altlık malzemenin ağırlıkça kimyasal analiz değerleri Tablo 1’ de detaylı olarak verilmiştir. Hazırlanan 75 mm uzunluğunda, 8 mm çapında silindir şeklindeki Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımı; Micro test marka kesici yardımıyla 4 mm’ lik dilimler halinde kesildi. Borlama öncesi istenilen boyutlarda kesilen numunelerin yüzeyleri 80-1200 mesh’ lik SiC zımpara kâğıtlarıyla zımparalandı. Zımparalanmış yüzeyler 1-3 µm’ lik elmas pasta ile parlatıldı.

Borlama tozları; içerisinde nem kalmaması için Wiseven Won-155 markalı etüvde 100 °C’ de 24 saat boyunca kurutma işlemine tabi tutuldu. İşlem görececek numuneler, borlama tozları üstte ve altta olacak şekilde bor verici ortama gömülerek SiC potaya yerleştirildi (Şekil 1). Ortamdan oksijeni uzaklaştırmak amacıyla, deoksidan görevi gören alümina ve Ekrit tozları potanın en üst kısımlarına konuldu. Daha sonra potanın kapağı kapatılarak fırınlama için hazır hale getirildi. Numuneler; dijital kontrollü Protherm marka kutu fırın kullanılarak 950, 1050 ve 1150 °C’ işlem sıcaklıklarında 3 saat süreyle borlama işlemlerine tabii tutuldu (Tablo 2).

Tablo 1. Altlık malzemenin kimyasal kompozisyonu.

Altlık Malzeme (% at.)	Kimyasal Kompozisyon (% ağırlık)								
	Fe	Nb	C	Mn	Si	Ti	Cr	Ni	Diğer
Fe-5Nb	86.59	12.38	0.025	0.035	0.070	0.059	0.015	0.027	0.799



Şekil 1. Numunenin potaya dizilişi.

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan borlama işlem parametreleri.

Numune No	Altlık Malzeme (%at.)	İşlem Sıcaklığı (°C)	İşlem Süresi (Saat)
S1	Fe-5Nb	950	3
S2	Fe-5Nb	1050	3
S3	Fe-5Nb	1150	3

Mitutoyo SJ-210 model yüzey pürüzlülük cihazı yardımıyla borlama öncesi ve sonrası numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçüldü. Numunelerin merkezi hedef alınarak 4 mm' lik alanlarda tarama yapıldı. Borlanmış olan numuneler; kesit karakterizasyonu için Brillant 210 marka hassas kesici ile ortadan ikiye kesildi. Meydana gelen mikroyapısal değişimi tespit etmek amacıyla hazırlanan deney numunelerinin, ara kesit yüzeyleri tekrardan 80-1200 mesh' lik SiC zımpara kâğıtlarıyla zımparalandı. Zımparalanmış yüzeyler 1-3 μm ' lik elmas pasta ile parlatılarak %98 Etanol + %2 HNO_3 ile 3-5 sn süre ile dağlandı. Bunun sonrasında bor tabakalarının mikroyapısal değişimi LEICA marka optik mikroskop ile incelenmiştir. Mikrosertlik ölçüm analizleri Qness Q10 marka test cihazında 25 gr' lık yük altında gerçekleştirilmiştir.

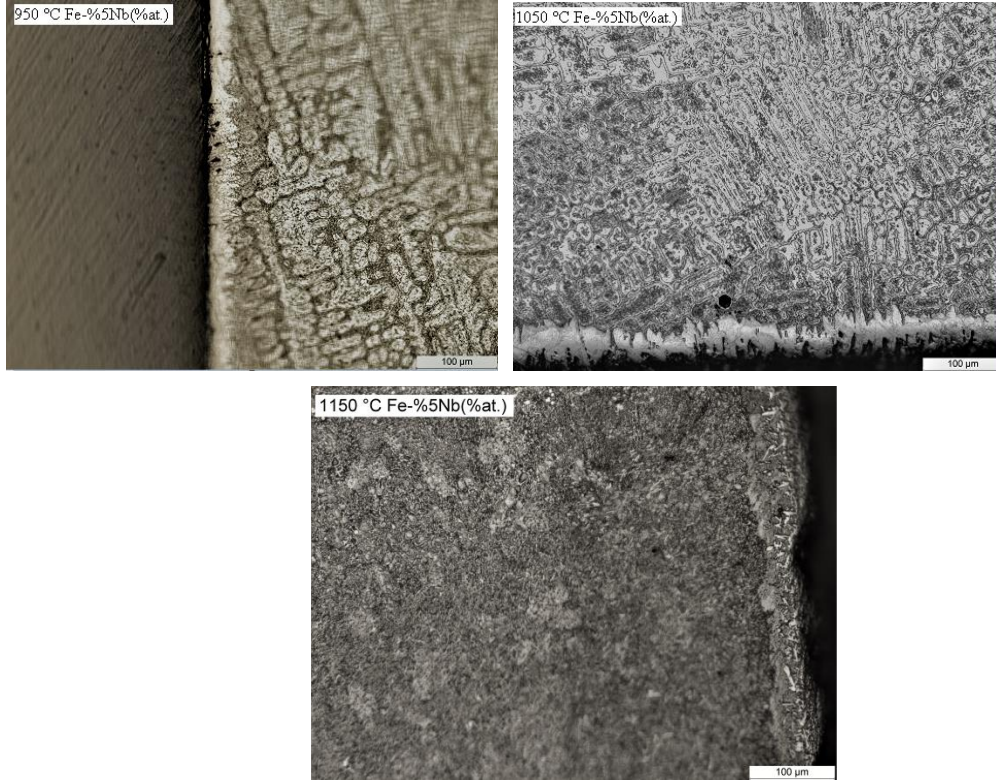
3. Deneysel Sonuçlar

3.1. Altlık Malzeme Kimyasal Analizi

Ark ergitici hazırlanan Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımının kimyasal kompozisyonu atomik olup, ağırlık olarak yüzdesi ise Fe-8.05Nb (% ağı.) olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda spektrometre cihazından alınan Fe-12Nb (% ağı.) sonucuyla, teorik olarak hesaplanan Fe-8.05Nb (% ağı.) sonuçları kıyaslandığında, Fe-Nb ikili alaşımının kimyasal kompozisyonlarının birbirine yakın değerlerde olduğunu söylemek mümkündür. Aradaki hata payı; farklı yerlerde farklı miktarlarda demir içerisinde çözünen veya metalik bağlı bileşik oluşturan niyobyum elementinin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.2. Mikroyapı İncelemeleri

Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımların 950, 1050 ve 1150 °C farklı işlem sıcaklıklarında borlanmasıyla elde edilen optik mikroskop kesit fotoğrafları Şekil 2' de verilmiştir.



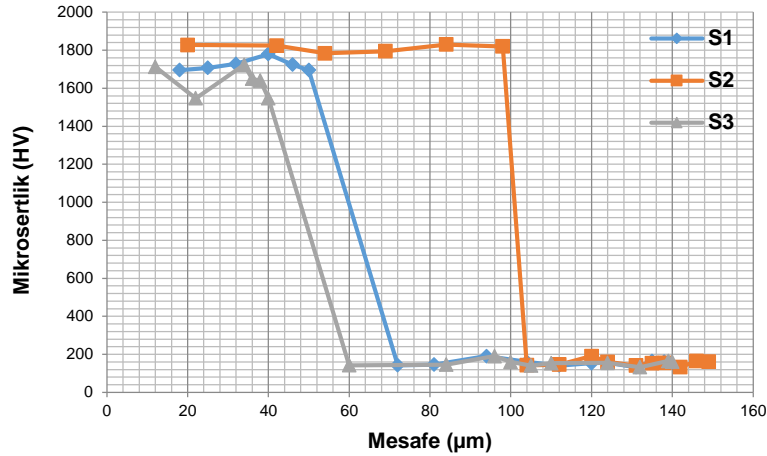
Şekil 2. Borlanan numunelerinin optik mikroskop görüntüleri.

Mikroyapı fotoğrafları incelendiğinde, 950, 1050 ve 1150 °C farklı işlem sıcaklıklarında gerçekleştirilen Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımların yüzeylerinde borür tabakalarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Fakat bor tabakaları altlık malzeme içerisinde homojen bir penetrasyona sahip değildir. Bunun nedeni; literatürde de belirtildiği üzere tercihli yönlerde difüzyon hızının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, bazı bölgelerde bor tabakasının, ana metalin yüzeyine daha fazla nüfuz ederken bazı bölgelerde ise ana metale daha az nüfuz etmesine sebep olur.

Borlamanın işlem sıcaklığı; bor tabakası büyüme mekanizması ve bor tabakası/matris ara yüzeyi morfolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu kapsamda numunelerin optik mikroskop kesit fotoğrafları incelendiğinde, artan borlama sıcaklığına bağlı olarak, bor tabakasının morfolojisinde de önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Buna neden olarak ise artan difüzyon sıcaklığının borlama prosesinin kinetiği üzerinde oluşturduğu etkidir. Buna göre S1 ve S2 numunelerinin borür tabakalarında taraklı yapı gözlemlenirken, S3 numunesinde taraklı yapının kaybolduğu görülmektedir.

3.3. Mikrosertlik Analizleri

Borlama sonrası; numunelere ait sertlik-mesafe eğrilerindeki değişimi gösteren mikrosertlik dağılım grafiği Şekil 3' te verilmiştir.

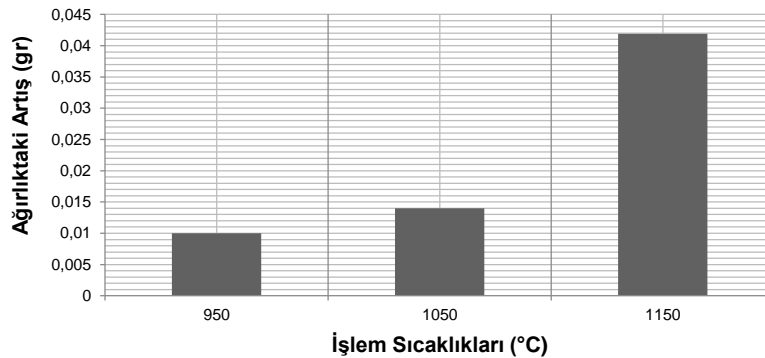


Şekil 3. Numunelere ait sertlik-mesafe eğrilerindeki değişim.

Buna göre S1, S2 ve S3 numunelerin yüzeyleri, altlık malzemeye nazaran çok daha yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Buna sebep olarak, bor tabakalarında meydana gelen FeB ve Fe₂B fazlarının varlığı düşünülmektedir. Altlık malzemede ana faz olarak bulunan demirin bor ile yüksek sıcaklıklarda birleşiminden meydana gelen FeB ve Fe₂B tabakaları seramik karakterlere sahip olup sert ve gevrek bir yapıya sahiptir. Fakat FeB fazı, Fe₂B fazından daha sert ve kırılmandır. Bu sebeple, borür tabakalarının farklı bölgeleri farklı sertlik değerlerine sahiptir.

3.4. Ağırlık Değişim Analizleri

Borlama sonrası numunelerde meydana gelen ağırlık artışlarının miktarlarını analiz edebilmek için borlama işlemi öncesi ve sonrasında numunelerin ağırlıkları, hassas teraziyle tespit edildi. Meydana gelen ağırlık artışlarını gösteren grafik Şekil 4' te verilmektedir.

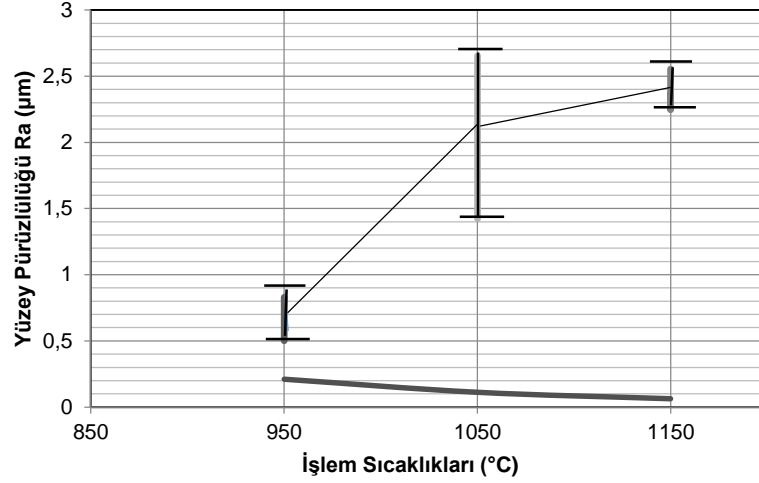


Şekil 4. Numunelerde meydana gelen ağırlık artışlarındaki değişim.

En yüksek ağırlık artışı S3 numunesinde meydana gelirken, en düşük ağırlık artışı ise S1 numunesinde meydana gelmiştir. Buna göre en yüksek işlem sıcaklığında borlanan S3 numunesinin yüzeyinde bor tozlarının oluşturduğu topaklanma sayısı fazla olduğundan dolayı ciddi bir ağırlık artışından bahsetmek mümkündür.

3.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları

S1, S2 ve S3 numunelerinin borlama işlemi öncesi ve sonrasında ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri kıyaslama amacıyla birlikte Şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5. Borlama öncesi ve sonrası tüm numunelerin yüzey pürüzlülükleri.

Şekil 5' teki grafik incelendiğinde borlama işlemi sonrasında numunelerin tümünde yüzey pürüzlülük değerleri borlama öncesi değerlere göre artış göstermiştir. Borlama öncesi tüm numunelerin ortalama yüzey pürüzlülüğü 0.12 µm iken, borlama sonrası S1, S2 ve S3 numunelerinde ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.688, 2.069 ve 2.40 µm olarak kaydedilmiştir. Buna göre artan borlama sıcaklığıyla beraber yüzey pürüzlülük değerlerinde de bir artış gözlemlenmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülük ölçümleri S3 numunesinde ölçülmüştür. Artan borlama sıcaklığına bağlı olarak, kinetik açıdan artan kimyasal reaksiyonların hızlarından dolayı borlama sıcaklık değerleriyle birlikte yüzey pürüzlülüğünde de artış meydana gelmektedir. Böylece S3 numunesinin yüzeyinden içeriye doğru daha hızlı reaksiyon ürünlerinin geçiş yaptığı düşünülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Fe-5Nb (% at.) ikili alaşımların 950, 1050 ve 1150 °C farklı işlem sıcaklıklarında 3 saat süreyle borlanarak, işlem sıcaklığının; bor tabakası üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yapılan analizlere göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Borlama sonrası S1, S2 ve S3 numunelerinin yüzeylerinde borür tabakalarının oluştuğu gözlemlenmiştir.
2. Tüm işlem sıcaklıklarında borlanan S1, S2 ve S3 numunelerinin yüzeyleri, altlık malzemedenden defalarca kez daha yüksek sertlik değerleri sergilemektedir.
3. En yüksek ağırlık artışı S3 numunesinde meydana gelirken, en düşük ağırlık artışı ise S1 numunesinde meydana gelmiştir.
4. Borlama işlemi sonrasında numunelerin tümünde yüzey pürüzlülük değerleri borlama öncesi değerlere nazaran artış göstermiştir. Buna bağlı olarak artan işlem sıcaklığıyla beraber yüzey pürüzlülükleri değerlerinde de bir artış gözlemlenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından MÜFMAP/2015-007 no' lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Tarakci M, Gencer Y, Calik A. The pack-boronizing of pure vanadium under a controlled atmosphere. *Application of Surface Science* 2010; 256, 7612-7618.
- [2] Gencer Y, Tarakci M, Calik A. Effect of titanium on the boronizing behaviour of pure iron. *Surface Coating Technolgy* 2008; 203, 9-14.
- [3] Fichtl W, Trausner N, Matuschka A.G. Boronizing with Ekabor. *Elektroschmelzwerk Kempten GmbH* 1987; 8, 6.
- [4] Sinha A. K. Boriding (boronizing). *The Materials International Society* 1991; 4, 437-447.
- [5] Wang N, Fischer, T.E. Modification of tribological properties of aluminum oxide by pack boronization. *Lubricant Engineering* 1993; 49, 763-769.
- [6] Rus J, Luis de L.C, Tsipas DN. Boronising of 304 steel. *Journal Material Science Letters* 1985; 4, 558-560.
- [7] Ozbek I, Bindal C. Mechanical properties of boronized AISI w4 steel. *Surface Coating Technology* 2002; 154, 14-20.
- [8] Carbucicchio M, Palombarini G. Effects of alloying elements on the growth of iron boride coatings. *Journal of Material Science Letter* 1987; 6, 1147-1149.
- [9] Usta M, Ozbek I, Bindal C, Üçışık A.H, Ingoled S, Liangd H. A comparative study of borided pure niobium, tungsten and chromium. *Vacuum* 2006; 80, 1321-1325.
- [10] Gencer Y. Influence of manganese on the pack boriding behavior of pure iron. *Surface Engineering* 2011; 27, 634-638.
- [11] Kuznetsov S.A, Kuznetsova S.V, Rebrov E.V, Mies M.J.M, M.H.J.M de Croon, Schouten J.C. Synthesis of molybdenum borides and molybdenum silicides in molten salts and their oxidation behavior in an air-water mixture. *Surface & Coatings Technology* 2005; 195, 182-188.
- [12] Campos-Silva I, Ortiz Dominguez M, López Peerusquia N, Meneses Amador A, Escobar-Galindo R, Martinez Tirinidad J. Characterization of AISI 4140 borided steels. *Applied Surface Science* 2010; 256, 2372-2379.
- [13] Yılmaz S.O, Teker T, Karataş S. Wear behavior of iron boride coating on AISI 4140, *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces* 2016; 52, 119-127.

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE YAPI DENETİMİ UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE BU SORUNLARA İLİŞKİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Murat PALA, Mehmet Şirin DEMİR*

Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 02040, Merkez / ADIYAMAN

ÖZET

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki yapı denetim uygulaması incelenmiştir. Çalışmada, bölgede faaliyet gösteren yapı denetim kuruluşlarının uygulamaya yönelik karşılaştıkları sorunlar araştırılmıştır. Çalışma sürecinde bölgedeki yapı denetimi işleyiş sistemi araştırılmış ve işleyiş sistemindeki sorunlar irdelenmiştir. Bu sorunların giderilmesi için bölgede anket çalışması uygulanmıştır. Bu anket çalışması bölgede bulunan yapı denetim firmalarının bu konuya bakış açılarını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Yapılan anket çalışmasında bölgedeki yapı denetim sisteminde karşılaşılan sorunlar ve nedenleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu sorunlar karşısında çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı, Yapı denetimi, Yapı Denetimi uygulaması, Yapı Denetimi Sorunları

BUILDING AUDIT APPLICATION IN SOUTHEASTERN ANATOLIA REGION AND PROBLEMS OF BUILDING AUDIT AND SOLUTIONS FOR THESE PROBLEMS

ABSTRACT

In this study, building supervision practice in the Southeastern Anatolia Region was examined. In the study, the problems faced by the construction supervisory organizations operating in the region were investigated. In the study period, the structural inspection operation system in the region was investigated and the problems in the operation system were investigated. The questionnaire survey has been implemented in order to solve these problems. This survey study was conducted in order to evaluate the points of view of construction supervision companies in the region. In the questionnaire survey, problems in the building inspection system in the region were identified. Efforts have been made to bring solutions to these problems.

Keywords: Building, Building Audit, Building Audit Application, Building audit matters

1. Giriş

Türkiye, dünyanın en önemli deprem kuşaklarının üzerinde yer almaktadır. Ülkemiz topraklarının %92'si deprem bölgesinde bulunmaktadır. Topraklarımızın % 92'sinin, nüfusumuzun ise % 95'inin deprem tehlikesi altında olduğu resmi kaynaklarda yer almaktadır. Ayrıca büyük sanayi merkezlerimizin %98'i, barajlarımızın da %93'ü bu deprem bölgesinde olduğu bilinmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında Türkiye'de sağlıklı bir yapılaşmanın gerekliliği göz ardı edilemez bir gerçektir. Yaşanan son

* e-posta: mehmetdemir0644@gmail.com

depremler göstermiştir ki; birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yaşayıp az kayıplar ile atlattığı şiddetli depremleri, gelişmekte olan Türkiye bir felaket tablosu ile yaşamıştır. Bunun nedeni depremlerin merkezlere yakınlığı kadar, mevcut yerleşimlerin de sağlıksız ve denetimsiz bir şekilde inşa edilmiş olmalarından kaynaklanmaktadır[1].

Ülkemizde uzun yıllardan beri tartışılmakta olan yapı denetimi ve yapı güvenliği, 17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinden sonra, ülke gündeminin en önemli meselesi haline gelmiştir. Bu depremlerden sonra ortaya çıkan tahribatın, ülkemizde yapı denetim konusu ve güvenliği bakımından çok ciddi ve acil önlemler alınması gerekliliğini bir kere daha ortaya koymuştur[2].

Ülkemizdeki mevcut yönetmelik ve yasalar çerçevesinde üniversitelerden yeni mezun olan genç ve tecrübesiz bir mühendis, statik proje çizip bu projeye imzasını çok rahatlıkla atabilmektedir. Ülkemizdeki bu uygulama neticesinde, yeni mezun olan tüm mühendis ve mimarlar yeterli tecrübeye sahip olmadan yönetmelik ve yasaların içeriğini dahi bilmeden proje yapabilme hakkına sahip olmaktadır. Tüm bunlar gösteriyor ki, ülkemizdeki mühendis ve mimarlar uygulamada yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde yapılan yapıların planlanması öncesinde zemin etütleri yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda zemin etütlerinin uygulamada dikkate alınmaması en büyük problemlerden biridir. Özellikle yapılan jeofizik ve jeolojik etütlerle belirlenen analizlerin, yapı temel tipini çok nadir kullandıkları görülmektedir. Bu işlemlerin formalite olarak yapıldığı düşünülürse, ülkemizin en son geçirdiği deprem felaketlerinin nedenleri daha iyi anlaşılmaktadır. Bunların yanında, mimari ve statik projelere yeteri kadar özenin gösterilmemesi ve ucuz, merdiven altı proje elde etme gayesi bir diğer olumsuzluktur[3].

Diğer yandan yapılan projeleri ve yapıları denetleyen sağlıklı bir kurum veya kuruluş da bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan her proje, yapının eksiğiyle ve yanlışıyla uygulamaya konulmaktadır. Ülkemizde proje kontrolleri yerel yönetimlerin eliyle yapılmaktadır. Ancak Yapılan yapılar yerel yönetimlerce denetlenememektedir. Yalnızca kâğıt üzerinde denetim yapılmaktadır. Bu kurumlarda bulunan teknik kadroların deneyimsizliği ve yetersizliği nedeniyle, gelen statik ve mimari projeler ancak imar mevzuatı bakımından incelenmektedir. Bu deneyimsizlik ve yetersizlik yapıların yapım aşamasında da çoğu kez karşımıza çıkmaktadır[4].

Yapı denetim kuruluşlarının, kendi aralarında iş almak için mal sahipleri veya müteahhitlerle beraber, yapı hizmet bedellerinin hesabında karşılıklı anlaşarak etik olmayan ıskontolar yapmaları, yapı denetimleri arasında haksız rekabet oluşturmaktadır. Mal sahibinin veya müteahhidin yapı denetim kuruluşunu seçmesi, ileriki aşamalarda teknik tavizlerin verilmesine yol açabilmektedir. Mal sahibi veya müteahhit adeta kendilerine teknik yönden taviz verecek olan yapı denetim kuruluşunu seçme yoluna gidebilmektedirler [4,12].

Bu çalışmadaki amaç; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapı denetim uygulamasını ve mevcut sorunları incelemektir. Yapılan anket çalışmasıyla uygulamadaki eksikliklere ve problemlere çözüm önerisi getirilmeye çalışılmıştır. Anket çalışması bölgede bulunan yapı denetim firmalarının bu konuya bakış açılarını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

2. Yapı Denetimi

Bir yönetim işlevi olarak denetim, gerçekleşen eylem ile planlananların karşılaştırılması ve sapma halinde sapmaların nedenini bulma, bunları giderme sürecidir [5,10]. Etkin bir yapı denetim olabilmesi için elimizde planlama aracının olması şarttır. Gerçekleşen olay ile gerçekleşmesi istenilen sonuçların karşılaştırılması denetim ile yapılır. Yapı denetimi, yaşamın sağlıklı ve güvenli bir biçimde sürdürülebilmesi için gereken bir kontrol mekanizması olarak tanımlanabilir. Yapı denetimi; can ve mal güvenliğini teminen, imar planına, fen, sanat ve sağlık kurallarına, standartlara uygun kaliteli yapı yapılması için proje ve inşaa süreçlerinde yapının denetlenmesidir [6].

Yapı denetim hizmetleri, 4708 Sayılı Kanun gereğince kurularak Çevre ve Şehircilik Bakanlığında Yapı Denetimi İzin Belgesi almış tüzel kişiliğe sahip yapı denetim kuruluşları tarafından yürütülmektedir.

2.1. Yapı Denetim Kuruluşlarının İşleyişi

2.1.1. Yapı denetim kuruluşu; Bakanlıktan aldığı yapı denetimi izin belgesi ile münhasıran yapı denetimi görevini yapan, ortaklarının tamamının mimar ve mühendislerden oluştuğu tüzel kişiyi ifade eder. Yapı denetimi kuruluşları, yapının proje aşamasından bitimine kadar olan tüm aşamalarında gerekli kontrolleri yaparak yapının projelerine, imar mevzuatına, plan ve notlarına ve ilgili deprem yönetmeliğine uygun bir biçimde imalatlarının gerçekleştirilmesini sağlarlar[7].

2.1.2. Yapı Denetiminin Amacı; İnsanların güvenli, denetimli ve sağlıklı yapılarda barınma hakkı en temel haklarından biri olup; bu hakkı sağlamak da kamu kurumlarının en önemli görevlerinden biridir. Yapı denetim sisteminin oluşturulmasının en temel amacı, yapıların doğal olaylara karşı daha sağlam ve güvenilir bir hale getirilmesidir. 4708 sayılı Kanununun 1. Maddesinde yapı denetiminin amacı şu şekilde açıklanmıştır; Can ve mal güvenliğini teminen, imar planını, fen, sanat ve sağlık kurallarına, standartlara uygun kaliteli yapı yapılması için projeli yapı denetimini sağlamaktır [8].

2.1.3. Yapı Denetiminin Kapsamı; Kanunların ve yönetmeliğin ilgili maddelerine göre; yapı denetimi, ruhsata tabi olmayan yapılar ile tek parselde, bodrum katı dışında en çok iki katlı ve toplam alanı 200 m²'yi geçmeyen müstakil yapılar hariç, belediye ve mücavir alan sınırları içinde kalan yerlerde yapılacak yapıların denetimini kapsamaktadır. Organize sanayi bölgelerinde ve serbest bölgelerde yapılacak yapılarda bu kapsamdadır[1].

2.1.4. Yapı Denetiminin Önemi; Yapı denetimin önemini kavramak için öncelikle yapıların insan hayatının her anıyla ilişkili olduğunu unutmamız gerekir. Bunun yanı sıra yapı denetimlerinin yapının uzun zaman alması ve pahalıya mal olması da yapı denetiminin önemini gösterir niteliktedir. Yapım sürecinde can, mal, iş gücü, zaman, konfor ve maliyet parametrelerinden her biri çok önemlidir. Önemsiz gibi görünen herhangi bir parametrenin dahi, doğal afetler esnasında ne kadar önemli olduğu bir kere daha görülmektedir[1,11].

3. Metod

3.1. Yapı Denetim Kuruluşlarına Yapılan Anket Çalışması

Hazırlanan bu çalışmada 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunundaki eksiklikler ve uygulamada karşılaşılan sorunlar üzerinde araştırılma yapılmıştır. Karşılaşılan sorunlar için çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır. Yapı denetim sisteminde en büyük rolü alan ve yaşanan sorunlardan en fazla etkilenen yapı denetim kuruluşlarının, uygulamada karşılaşılan sorunlara bakış açısını belirlemek ve sorunların çözümü için kuruluşların görüşünü almak için anket çalışması yapılmıştır.

3.2. Anket Çalışmasının Önemi

Ülkemizde olası afetlerde can ve mal güvenliğinin korunması için tedbir almak, kaynak israfı ile plansız kalitesiz ve kontrolsüz yapılaşmayı önlemek, çağdaş norm ve standartlarda yapı üretiminin kalitesini sağlamaktadır. Mühendislik ve Mimarlık kalitesini yükseltmek amacı ile kurulan yapı denetim şirketlerine yönelik uygulamalarda karşılaşılan sorunları ve çözüm yöntemlerini araştırmaktır. Bu konuda yapılan tüm çalışmalara ve yapı denetimi kanun tasarısı önerilerine ışık tutmaktadır[9].

3.3. Anket Çalışmasının Kapsamı ve Yöntemi

Kullanılan anket formu, araştırmacı tarafından hazırlanıp danışman onayından sonra uygulanmıştır. Ankette bulunan soruların anlaşılması açıktır. Bu sorular, mümkün mertebede daha çok bilgi elde etmek amacıyla hazırlanmıştır.

Anket çalışması Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki; Diyarbakır, Şanlıurfa, Gaziantep, Adıyaman, Mardin, Batman, Siirt ve Kilis illerini kapsamaktadır. Bu illerde faaliyet gösteren yapı denetim firmalarıyla görüşülmüştür. Araştırmanın ana kitlesi, uygulamadaki yapı denetim firmalarının üst yönetim kademesindeki yöneticiler, firma sahipleri, denetçi mimar-mühendisler ve teknik personellerle görüşülerek çalışma tamamlanmıştır.

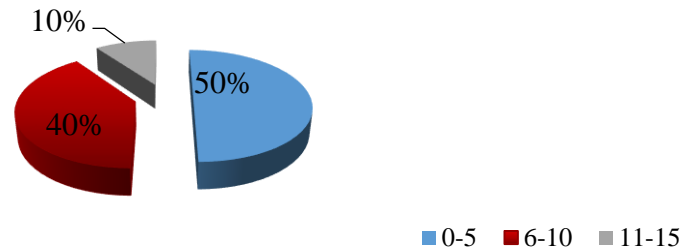
3.4. Anket Çalışmasının Değerlendirilmesi ve Sonuçları

Anket çalışması 16 sorudan oluşmaktadır. Anket çalışmasından çıkan sonuçlar bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bazı sorularda yüzdeler dağılım yapılmış, bazılarında katılımcıların verdikleri cevapların önem sırasına göre dağılımı yapılmıştır. Değerlendirme bölümünde öncelikle verilen cevaplar doğrultusunda oluşan tablolar, ardından ortaya çıkan sonuca yönelik analizler yapılmıştır.

4. Bulguların Değerlendirilmesi

4.1. Yapı Denetim Kuruluşlarına Yapılan Anket Sonuçlarının Analizi

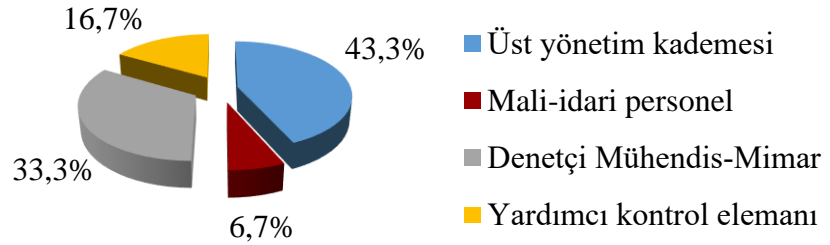
Soru 1: Firmanız sektörde kaç yıldır faaliyet göstermektedir?



Şekil 1. Firmaların yaş dağılımı

Şekil 1’de firma yaşına göre dağılım incelendiğinde 0-5 yıl arası çalışan firmalar %50, 6-10 yıl çalışan firmalar ise %40 oranındadır. 11-15 yıl süre ile çalışan firmaların oranı ise %10’dur.

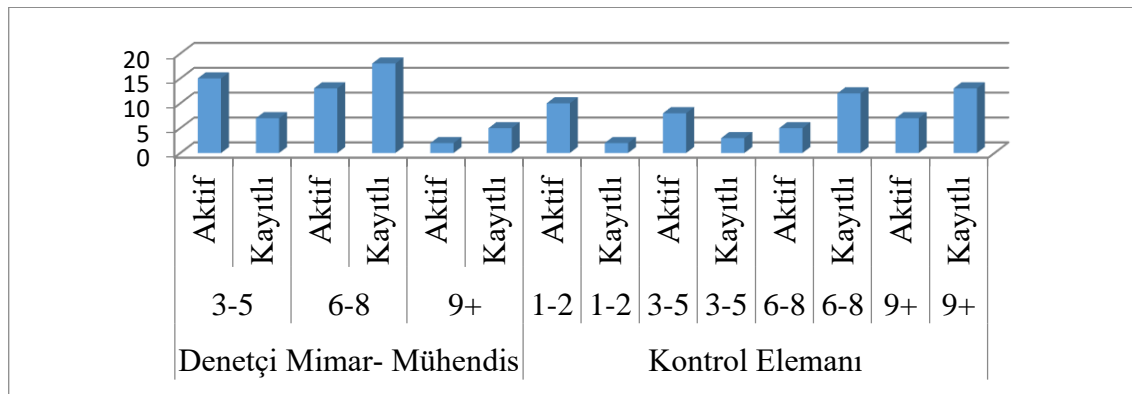
Soru 2: Firmadaki unvanınız nedir?



Şekil 2. Anketi cevaplayanların firmalardaki unvan dağılımı

Şekil 2’de görevlere göre dağılım incelendiğinde; üst yönetim kademesi kişilerin oranı %43,3, mali idari personel oranı %6,7, denetçi mühendis ve mimar oranı %33,3 olup yardımcı kontrol elemanı oranı %16,7’dir.

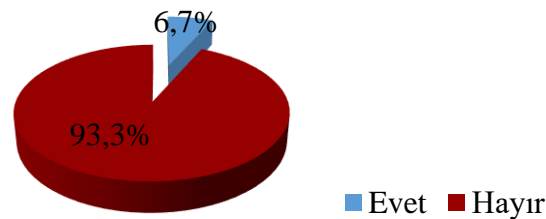
Soru 3: Firmada aktif çalışan personel sayısı ve kayıtlı personel sayısı kaçtır?



Şekil 3. Firmada aktif-kayıtlı çalışan personel sayısı

Şekil 3’teki grafik analiz edecek olursak; firmalardaki kayıtlı denetçi, kontrol elemanı ve yardımcı kontrol elemanı sayısı ile firmalarda aktif çalışan denetçi, kontrol elemanı ve yardımcı kontrol elemanı sayısı arasında fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık, yapı denetim kuruluşlarında çalışan personellerin sadece diplomasını ve imzasını kullandığını göstermektedir. Sonuç olarak yapı denetimi kuruluşlarının maddi kaygı nedeniyle, birçok personelin pasif konumda çalıştığı sonucuna varılmaktadır.

Soru 4: Denetim faaliyetleriniz boyunca, geçici durdurma veya kapanma cezası aldınız mı?



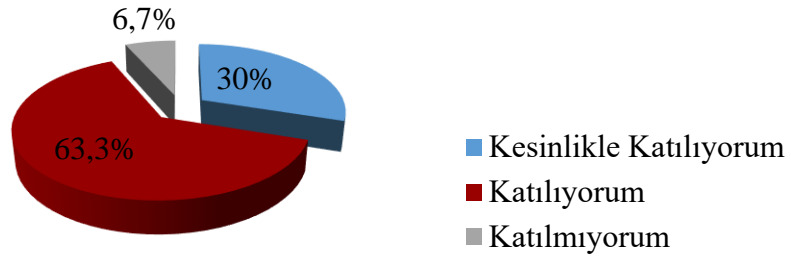
Şekil 4. Anketin 4. Soruyu tercih edilme grafiği

Firmaların %6,7'si denetim faaliyetleri boyunca geçici durdurma veya kapama cezası aldıklarını belirtirken, %93,3'ü böyle bir ceza almadığını belirtmiştir.

Alınan cezaların nedeni ise;

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün kalifiye eleman eksikliğinden ve müteahhitten gelen projeye aykırı imalat sonucu olarak ifade edilmiştir.

Soru 5: Yapı sahibi veya müteahhit, yapı denetim kuruluşunu seçerken hizmet kalitesine değil, hizmet bedeline önem vermektedir. İfadesine katılıyor musunuz?

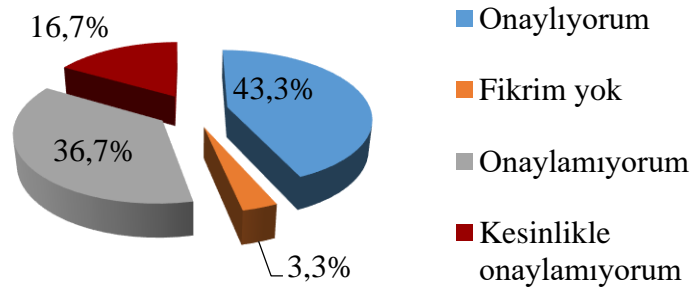


Şekil 5. Anketin 5. Soruyu tercih edilme grafiği

Şekil 5'da görülebileceği gibi kesinlikle katılıyorum cevabı verenlerin oranı %30; katılıyorum cevabı verenlerin oranı %63,3 iken katılmadığını belirtenlerin oranı ise %6,7'dir.

Grafik incelendiğinde, katılımcıların %93,3 oranında müteahhitlerin hizmet kalitesine değil hizmet bedeline önem verdiği görülmektedir. Bu durumda yapı sahibinin veya müteahhidin, yapı denetim firmalarını seçerken sağlıklı denetime ve kaliteye değil de hizmet bedeline önem verdiği görülmektedir. Sonuç olarak, yapı denetim firmalarının bu durumda pek bir fonksiyonunun olmadığı görülmektedir. Çözüm olarak ise; yapı sahiplerinin, yapı denetim firmasını seçme hakkının olmadığı bir sistem oluşturulmalıdır.

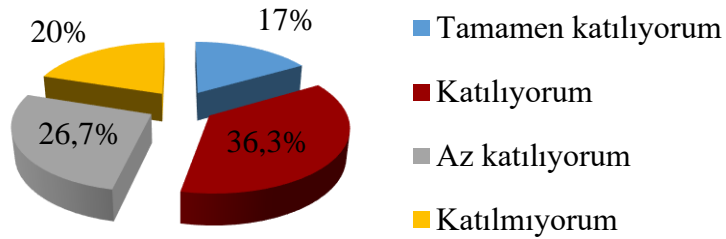
Soru 6: Uygulanmakta olan 4708 sayılı yapı denetim kanunu ve ilgili mevzuatın yeterli olduğu ve yapı denetiminin verimli bir şekilde yapıldığı görüşünü onaylıyor musunuz?



Şekil 6. Anketin 6. Soruyu tercih edilme grafiği

Şekil 6'da görülebileceği gibi onaylıyorum cevabı verenlerin oranı %43,3; fikri olmadığını belirtenlerin oranı %3,3; onaylamayanların oranı ise %36,7'dir. Kesinlikle onaylamadığını belirtenlerin oranı ise %16,7'dir. Şekil 6'da görüldüğü gibi uygulanmakta olan yapı denetim kanunu ve yönetmeliğin sağlıklı bir şekilde yürütüldüğünü onaylamayanların oranı toplam da %53,4'tür. Onaylayanların oranının ise %43,3 olduğu görülmektedir. Bu durum da uygulanmakta olan yapı denetim kanununun ve ilgili yönetmeliğin sağlıklı bir şekilde yürütülmediği sonucuna varılmaktadır. İstatiksel oranlar irdelendiğinde, katılımcıların yarısından fazlası kanun ve yönetmeliğin uygulamada yetersiz olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Soru 7: Şirketinizde çalışanların ileriye dönük beklentilerini karşılayıcı planlamalar yapılmakta mıdır?

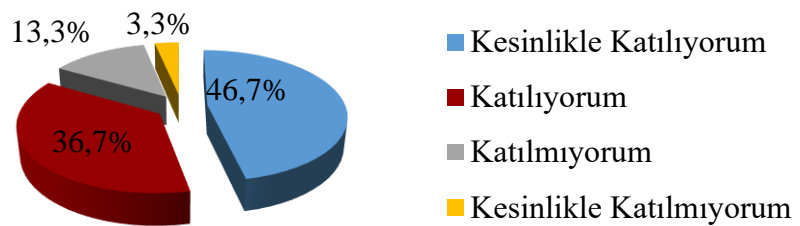


Şekil 7. Anketin 7. Soruyu tercih edilme grafiği

Şekil 7'da görülebileceği gibi katılma düzeyi incelendiğinde; tamamen katıldığını belirtenlerin oranı %17; katıldığını belirtenlerin oranı %36,3; az katıldığını belirtenlerin oranı ise %26,7'dir. Katılmadığını belirtenlerin oranı ise %20'dir.

Personellerin kariyer planlamasına yönelik grafik incelendiğinde, %80 oranında yapı denetim kuruluşlarının kendi personellerine yönelik hiçbir planının olmadığını görmekteyiz. Katılımcıların %20'si ise bu görüşe katılmamaktadır. Bu durumun düzeltilmesi için şartların iyileştirilmesi ve personel özlük haklarının düzeltilmesi gerekmektedir.

Soru 8: Yapı sahibi veya müteahhite yapılarını denetleyecek olan kuruluşu seçme hakkı verilmesi, sağlıklı bir denetim sürecinin oluşmasını engellemekte midir?

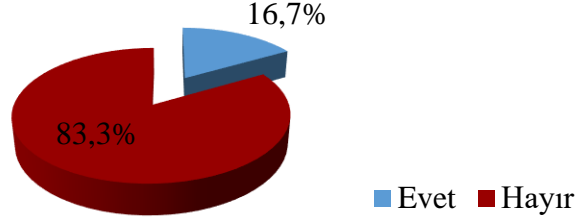


Şekil 8. Anketin 8. Soruyu tercih edilme grafiği

Katılım düzeyi incelendiğinde; kesinlikle katılıyorum cevabı verenlerin oranı %46,7; katılıyorum cevabı verenlerin oranı %36,7 olup katılmadığını belirtenlerin oranı %13,3; kesinlikle katılmadığını belirtenlerin oranı ise %3,3'tür. Grafik irdelendiğinde %83,4 oranında müteahhit firmaya yapı denetim firmalarını seçme hakkının verilmesi sağlıklı denetim sürecini olumsuz etkilemektedir.

Sonuç olarak, yapı sahibi veya müteahhidin yapı denetim firmasını seçmesi hakkı, sağlıklı bir denetimi engellediği kanısına varmaktayız.

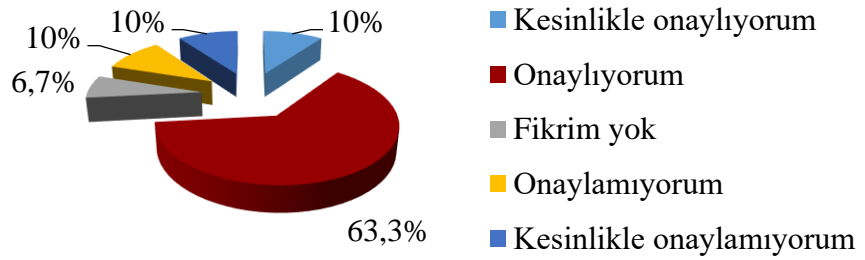
Soru 9: Yapı sahibinin yapı denetim firmasının belirlemesi durumundan memnun musunuz?



Şekil 9. Anketin 9. Soruyu tercih edilme grafiği

Bu durumun memnuniyet düzeyi incelendiğinde; %16,7'si memnun olduğunu belirtirken, %83,3'ü memnun olmadığını belirtmiştir. Sonuç olarak, müteahhitlerin yapı denetim firmalarını seçme haklarının ellerinden alınması için ilgili düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

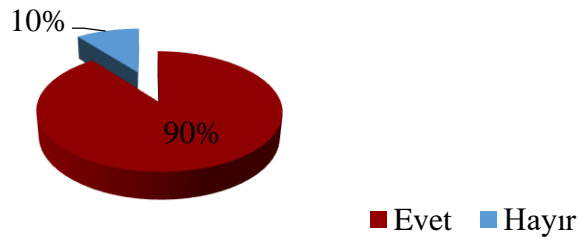
Soru 10: Uygulanmakta olan 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu ve ilgili mevzuatın yapı denetimi uygulamasından önceki döneme kıyasla yapı denetiminin verimliliğine olumlu bir katkı ve iyileşme getirdiği görüşünü onaylıyor musunuz?



Şekil 10. Anketin 10. Soruyu tercih edilme grafiği

Yapılan araştırmada katılım düzeyi incelendiğinde; kesinlikle onayladığını belirtenlerin oranı %10, onayladığını belirtenlerin oranı %63,3 fikri olmadığını belirtenlerin oranı ise %6,7'dir. Onaylamadığını belirtenlerin oranı %10 iken kesinlikle onaylamadığını belirtenlerin oranı %10'dur. Grafik incelendiğinde uygulanmakta olan kanun ve mevzuatın yapı denetimi uygulamasında önceki döneme kıyaslandığında %20 oranında yapı denetiminin verimliliğine olumlu bir katkı ve iyileşme getirmedeği, %73,3 oranında uygulamanın kanun ve yönetmenliğin bir önceki döneme göre olumlu bir katkı ve iyileşme getirdiği görülmektedir.

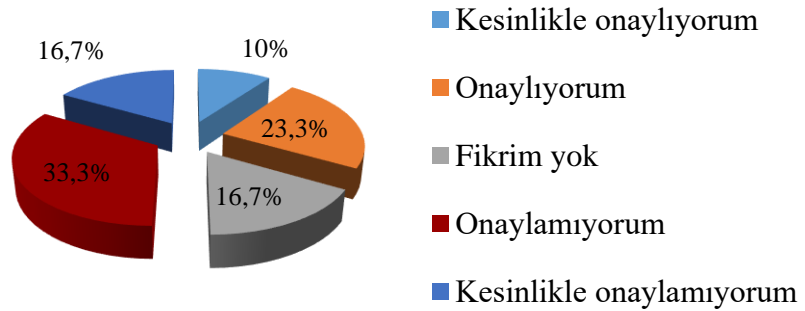
Soru 11: Yapı denetim uygulamasında sorunlar yaşandığını düşünüyor musunuz?



Şekil 11. Anketin 11. Soruyu tercih edilme grafiği

Katılım düzeyine bakılarak verilen cevapların oranı incelendiğinde; %90'ını yaşanan sorunlar olduğunu düşünürken %10'u bu tür sorunlar olmadığını belirtmiştir. Grafik incelendiğinde, yapı denetim uygulamasında hiçbir problem olmadığı kanısında olanlar %10 oranında iken yapı denetim uygulamasında sıkıntı olduğu kanısında olanlar %90 oranındadır.

Soru 12: 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun 184. Maddesi ile getirilen cezai yaptırımların yaşanan sorunların çözümüne katkı verdiği düşüncesini onaylıyor musunuz?



Şekil 12. Anketin 12. Soruyu tercih edilme grafiği

Onaylama düzeyi incelendiğinde; %10'u kesinlikle onaylıyorum, %23,3'ü ise onaylıyorum cevabı vermiştir. Fikri olmadığını belirtenlerin oranı %16,7 iken, onaylamadığını belirtenlerin oranı %33,3; kesinlikle onaylamadığını belirtenlerin oranı ise %16,7'dir.

Bu durumun nedenleri,

Aynı yaptırımın yapı sahibine veya yapı müteahhidine uygulanması,

Personellerin teknik bilgi yetersizliğinden dolayı ağır yaptırımların büyük mağduriyetler yaratması,

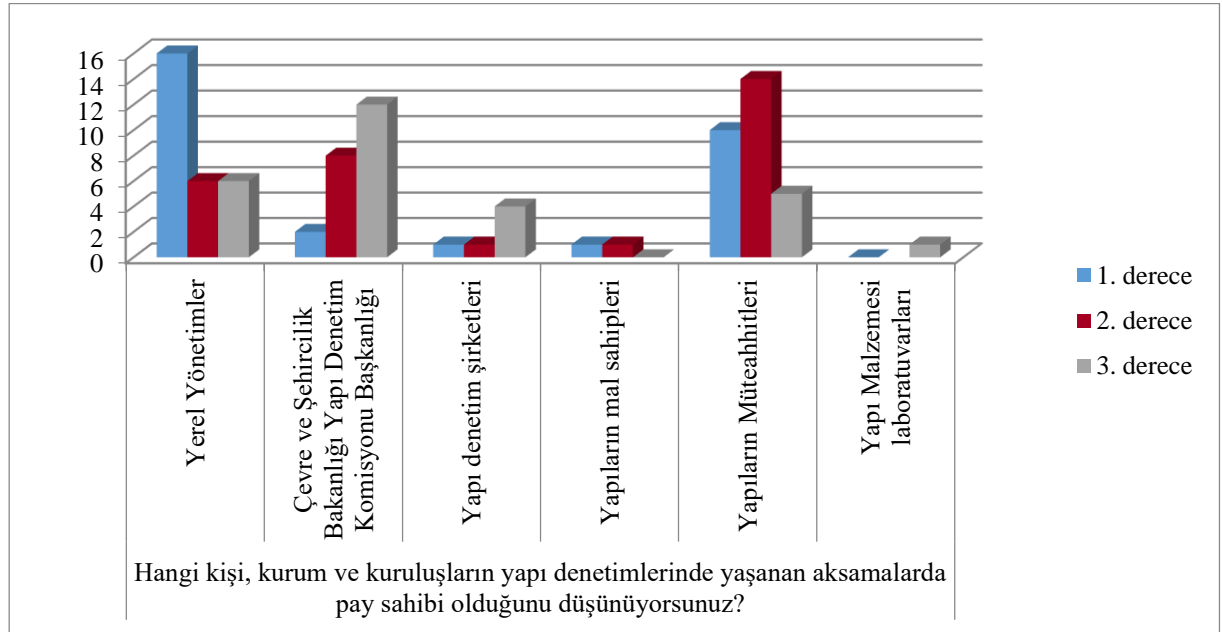
Cezai yaptırımların caydırıcı olmaması ve yapı denetim şirketlerinin, yedek firmalarının olması, şeklinde sıralanabilir.

Soru 13: Hangi kişi, kurum ve kuruluşların yapı denetimlerinde yaşanan aksamalarda pay sahibi olduğunu düşünüyorsunuz?

Çizelge 1'de Yapı denetimlerinde yaşanan aksamalarda pay sahibi olan kişi ya da kuruluşlar incelendiğinde; 1. Derecede pay sahibi olanlar %53,3 ile yerel yönetimler olarak belirtilmiştir. 2. Derecede pay sahibi olanlar ise en fazla %46,7 ile yapıların müteahhitleri olarak belirtilirken üçüncü derecede en fazla pay sahibi olan %42,9 ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı Denetim Komisyonu Başkanlığı gösterilmiştir.

Çizelge 1. Yapı denetim sisteminde yaşanan aksamalarda pay sahibi olan kuruluşlar

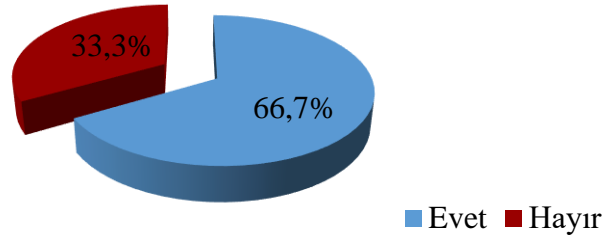
		1. derece		2. derece		3. derece	
		Firma Sayısı	%	Firma Sayısı	%	Firma Sayısı	%
Hangi kişi, kurum ve kuruluşların yapı denetimlerinde yaşanan aksamalarda pay sahibi olduğunu düşünüyorsunuz?	Yerel Yönetimler	16	53,3	6	20,0	6	21,4
	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı Denetim Komisyonu Başkanlığı	2	6,7	8	26,7	12	42,9
	Yapı denetim şirketleri	1	3,3	1	3,3	4	14,3
	Yapıların mal sahipleri	1	3,3	1	3,3	0	0,0
	Yapıların Müteahhitleri	10	33,3	14	46,7	5	17,9
	Yapı Malzemesi laboratuvarları	0	0	0	0	1	3,6
	Toplam	30	100,0	30	100,0	28	100,0

**Şekil 13.** Anketin 13. Soruyu tercih edilme grafiği

Grafik 3 önem sırasına göre verilmiştir. Her önem sırası kendi içerisinde analiz edilmiştir. Yapı denetim kuruluşlarında yaşanan problemlerin ve aksamaların pay sahibi olduğu kuruluşlar sırasıyla;

1. Yerel yönetimler
 2. Yapıların Müteahhitleri
 3. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı Denetim Komisyonu Başkanlığı
- Şeklinde sıralanabilir.

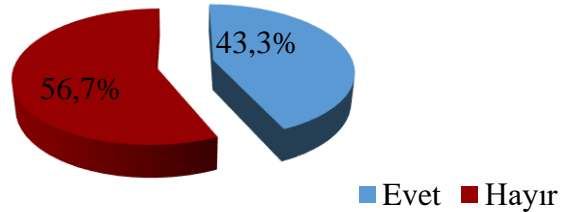
Soru 14: Yapı denetim şirketlerinin işleyiş sistemi ve yapılanmalarında yanlış ve yetersiz gördüğünüz hususlar var mıdır?



Şekil 14. Anketin 14. Soruyu tercih edilme grafiği

Yapı denetim şirketlerinin işleyiş sistemi ve yapılanmalarında yanlış ve yetersiz görülen hususlar olup olmadığı incelendiğinde; %66,7'si yanlış ve yetersiz hususlar olduğunu belirtirken, %33,3'ü olmadığını belirtmiştir.

Soru 15: 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu'nun ve ilgili Yönetmeliği'nin yapı denetim uygulamaları açısından gerekli düzenlemeyi yaptığını düşünüyor musunuz?



Şekil 15. Anketin 15. Soruyu tercih edilme grafiği

4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu'nun ve ilgili Yönetmeliğin, yapı denetim uygulamaları açısından gerekli düzenlemeyi yaptığını ilişkin grafik incelendiğinde; %43,3'ü ilgili kanunun gerekli düzenlemeyi yaptığını, %56,7'si ilgili Kanunun gerekli düzenlemeleri yapmadığını belirtmiştir.

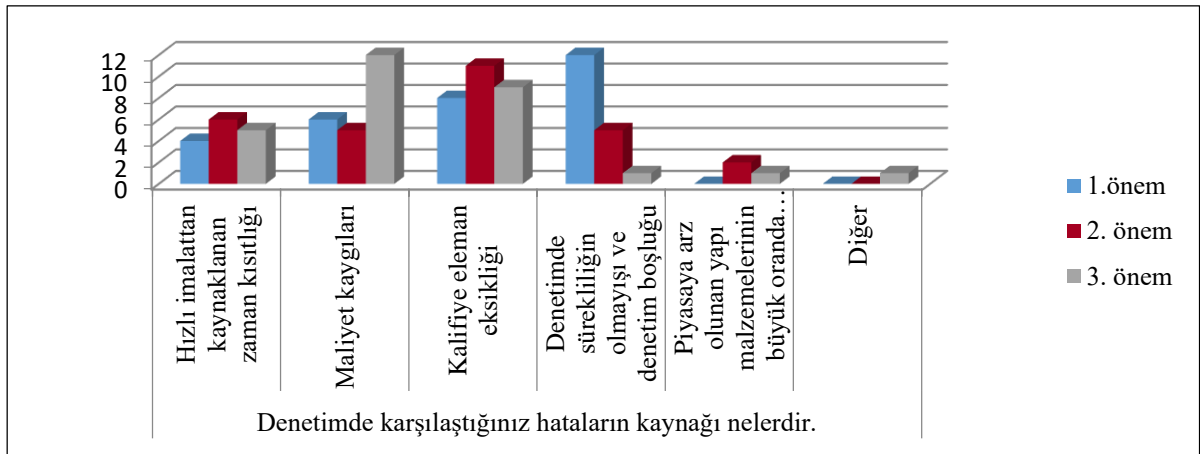
Soru 16: Denetimde karşılaştığınız hataların kaynağı nelerdir. Önem sırasına göre (1,2,3) sıralar mısınız?

Denetimde karşılaşılan hataların kaynağı ise aşağıdaki **Çizelge 2'**de incelenmiştir.

Çizelge 2. Denetimde karşılaşılan hataların kaynağı

	1.önem		2. önem		3. önem		
	Firma Sayısı	%	Firma Sayısı	%	Firma Sayısı	%	
Denetimde karşılaştığımız hataların kaynağı nelerdir.	Hızlı imalattan kaynaklanan zaman kısıtlılığı	4	13,3	6	20,7	5	17,2
	Maliyet kaygıları	6	20,0	5	17,2	12	41,4
	Kalifiye eleman eksikliği	8	26,7	11	37,9	9	31,0
	Denetimde sürekliliğin olmayışı ve denetim boşluğu	12	40,0	5	17,2	1	3,4
	Piyasaya arz olunan yapı malzemelerinin büyük oranda ilgili standartlara ve teknik şartnamelere uygun olmayışı	0	0,0	2	6,9	1	3,4
	Diğer	0	0,0	0	0,0	1	3,4
	Toplam	30	100,0	29	100,0	29	100,0

Çizelge 2'de denetimde karşılaşılan hataların kaynağı; Birinci derecede en çok karşılaşılan hata %40 oranında denetimde sürekliliğinin olmayışı ve denetim boşluğu yer almaktadır. İkinci derecede ise en fazla %37,9 oranında kalifiye eleman eksikliği olup üçüncü derecede en sık karşılaşılan hata %41,4 oranında maliyet kaygıları yer almıştır.

**Şekil 16.** Anketin 16. Soruyu tercih edilme grafiği

Denetimde karşılaştığımız hataların önem derecesine göre sıralanışı;

1. Denetimde sürekliliğinin olmayışı ve denetim boşluğu,
2. Kalifiye eleman eksikliği,
3. Maliyet kaygıları, olduğu görülmektedir.

5. Sonuç

Yapılan anket çalışması, yapı denetim sisteminin sağlıklı bir şekilde işlemediğini göstermektedir. Bu çalışma, yapı denetim sisteminin gerekli olduğunu fakat önemli sayıda iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu ortaya çıkarmıştır.

Yapı denetim şirketleri arasındaki rekabet, yapı kalitesini artırmak yerine, denetim bedelinde indirimi zorunlu kılmaktadır. Bu durum, denetimdeki disiplinin azalmasına ve kalitenin düşmesine yol açmaktadır. Ekonomik amacın ve rekabetin olduğu yerde denetim ücretlerinde indirim yapılması kaçınılmaz bir sonuçtur. Bu durum, denetimi bir yük ve bürokratik engel olarak algılayan müteahhit anlayışı ile bütünleştiğinde denetimde aksaklıklara neden olmaktadır. Müteahhit ve mal sahiplerinin kendilerini denetleyecek Yapı denetim şirketlerini seçmeleri sistemin en zayıf noktasını oluşturmaktadır. Yapı sahibi veya müteahhit ile yapı denetim kuruluşu arasındaki ticari ilişkiden dolayı, yapı denetim kuruluşunun yapı sahibi veya müteahhit üzerinde yaptırım gücünün oluşması beklenemez. Çünkü yukarıda bahsedildiği üzere, denetim şirketleri ekonomik çıkar amaçlı şirketler olarak görülmektedir. İlgili idarelerin, bütün denetim şirketlerine eşit davranmamaları nedeniyle birçok şirket haksız rekabet mağduru olmaktadır. Yapı denetim firmalarının iş almak kaygısıyla mal sahiplerine veya müteahhitlere yaptıkları etik olmayan iskonto lar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Iskonto karşısında ayakta kalabilme mücadelesi vermeye çalışan firmalar maalesef denetim faaliyetlerinden ödün verir hale gelmişlerdir. Haksız rekabeti önlemek ve iskonto ların tamamen önünü kesmek için yapı denetim firmaları ile müteahhit firma arasındaki ticari ilişkinin bir an önce kesilmesi gerekmektedir. Yapı denetim sisteminin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi açısından, yapı denetim firmalarının arasındaki rekabetten kaynaklanan iskonto ların kaldırılması, haksız rekabeti önleme noktasında işlerin merkezi bir sistemde toplanması ve dağıtılması, 4708 Sayılı Yapı Denetim Kanunu ve ilgili yönetmeliklerdeki yetersizliklerin vakit kaybedilmeden giderilmesi gerekmektedir.

Yapı denetim kuruluşlarının istihdam ettikleri personeller göz önüne alındığında, bu kuruluşlarda çalışan personellerin birçoğunun sadece kayıtlı gösterilip gerçekte fiilen çalışmadıkları ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum, denetimin yasalar ve yönetmelikler çerçevesinde gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır. Denetim kuruluşlarında çalışan personellerin, istihdam esaslarının yeniden düzenlenmesi ve kuruluşların sıkı bir denetime tabi tutulması gerekmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü'nün yaptığı denetimler neticesinde, birçok yapı denetim kuruluşunun denetledikleri yapıların yerlerini dahi bilmedikleri ortaya çıkmıştır. Bu durum yapıların sadece kâğıt üzerinde denetlendiğinin bir kanıtıdır.

Yapı denetimi bugün tam anlamıyla amacından sapmış bulunmaktadır. Tümüyle imzacılığa dönüşmüştür. Haksız rekabet yapı denetim olgusunu içten çürütmüştür. Elde edilen veriler ışığında gerekli düzenlemeler yapıp, sistemde yer alan tüm taraflar üzerlerine düşen görevleri eksiksiz olarak yerine getirdikleri takdirde bu sorunlara çözüm imkânı bulunabilecektir.

Teşekkür

Desteklerinden Dolayı Adıyaman Üniversitesi BAP birimine (MÜFYL/2016-0007 No'lu Proje) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Özkan, G., (2005). Türkiye'de yapı denetim sistemi ile ilgili yaklaşımlar, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [2] Doğan, A. (2013). Ankara'da Yapı Denetim Sorunlarının Belirlenmesiyle İlgili Bir Saha Çalışması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [3] Yapı Denetim Kuruluşları Birliği, Antalya Yayın Organı, Mart/2006, Antalya.

- [4] Ülgen, İ., (2007), Yapı Denetim Paneli “Yapı Denetimi Uygulamaları, Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, 6 Mart 2007, İstanbul.
- [5] Karaoğlu, E., (2011). 4708 sayılı yapı denetim kanununun denetimdeki verimliliği, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [6] Argıt, A.İ., (2006), Yapı Denetim Paneli, “Yapı Denetim Uygulamasında Yaşanan Sorunlar”, İstanbul (2006)
- [7] Karahan, A. (2008). İstanbul’da Faaliyet Gösteren Yapı Denetim Şirketlerinin Uygulamaya Yönelik Karşılaştıkları Sorunlar ve Çözüm Önerilerine Yönelik Bir Araştırma, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [8] Sakallı, F., (2008). Yapı Denetim Sisteminde Yaşanan Sorunlar, 4708 Sayılı Yapı Denetim Hakkında Kanun’daki Eksiklikler ve Çözüm Önerileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [9] Karaesmen, E., Buğdaycıoğlu, E.B., (2000). Yapı Denetimine Bir Yaklaşım Kalitesi Olayı Olarak Yaklaşmanın Özgeçmişi, 3. Yapı Denetim Sempozyumu, İMO, İzmir Şubesi, Yayın no: 37.
- [10] Yılmaz, H., (2007). Yapı Denetimi ve Yapı Denetim Kuruluşları, Yetkin Yayınları, 2007, Ankara.
- [11] Bayraktar, S., (2001). Yapı denetimin Dünyadaki Uygulamaları ve Türkiye’deki Gelişim Süreci, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [12] İrican, N., (2007), “Yapı Denetimi Uygulamaları ve Çözüm Paneli” 6 Mart 2007, İstanbul

AKUSTİK EMİSYON (AE) YÖNTEMİNİN BİYOMEDİKAL ALANDA ALTERNATİF BİR METOT OLARAK UYGULANMASI

Deniz KARADUMAN¹, Durmuş Ali BİRCAN*², Ahmet ÇETİN³

¹Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/ Türkiye

³Adıyaman Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman /Türkiye

ÖZET

Günümüz medikal uygulamalarında özellikle plak ve vida osteosentez cerrahi operasyonları sonrası kırık kemiklerin iyileşmesi; tomografi, Manyetik Rezonans (MR) ve geleneksel X-Ray sonuçları ve hekimin klinik muayenesinin harmanlanması neticesinde sadece görsel olarak tespit edilebilmektedir. Ancak, bu değerlendirmeler bazı durumlarda iyileşen kemiğin mekanik davranışı ve iyileşme sürecinin tam olarak tamamlanıp tamamlanmadığına dair yeterli bilgi sağlayamamaktadır. Ayrıca, iyileşme sürecinin teşhisi hastanın her klinik ziyareti esnasında tekrarlanan kısa aralıklı gözlemler ile doğrulanmaktadır. Bu denli sıklıkta hastanın radyasyona maruz kalması ilik hipoplazisi, kötü huylu tümör ve ileri aşamalarda çok kötü klinik vakalar ile karşılaşılmasına neden olabilmektedir. Bu olumsuz durumlara karşı, Tahribatsız Muayene (TM) yöntemlerinden biri olan Akustik Emisyon (AE) yönteminin çeşitli biyomedikal alanlarında kullanılması son yıllarda yaygınlaşmıştır. Bu çalışmanın amacı, AE tekniğinin faydalarına değinerek kırık iyileşme sürecinin AE TM yöntemi kullanarak gözlemlenmesinde usulleri belirlemek, uygulamak ve sonuçlarını değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Akustik Emisyon (AE), Tahribatsız Muayene (TM), Biyomekanik, Kırık İyileşmesi

APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION (AE) METHOD IN BIOMEDICAL AS AN ALTERNATIVE METHOD

ABSTRACT

Healing of broken bones, especially after plate and screw osteosynthesis surgery operations, can only be evaluated as a result of tomography, Magnetic Resonance (MR) and conventional X-ray and clinical examination of the doctors in today's medical applications. However, in some cases these evaluations do not provide sufficient information on the mechanical behavior of the healed bone and whether the healing process is complete or not. In addition, the diagnosis of the healing process is confirmed by repeated short-term observations during each clinical visit of the patient by doctor. Such frequent exposure to radiation can lead to bone marrow hypoplasia, malignant tumors and very unfortunate clinical cases in future life of the patient. Alternative to traditional methods, the Acoustic Emission (AE), one of the Non-Destructive Inspection (NDT) methods, has been used in recent years for various biomedical applications. The aim of this study is to define procedures and evaluate results in the bone fracture healing process observed using the AE NDT method, referring to the benefits of the AE technique.

Keywords: Acoustic Emission (AE), Non-Destructive Testing (NDT), Biomechanics, Fracture Healing

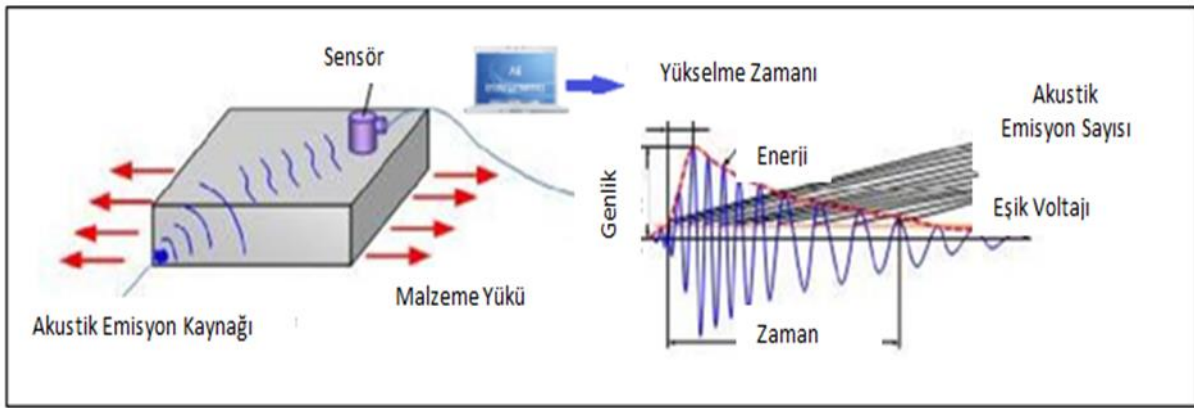
* e-posta: abircan@cu.edu.tr

1. Giriş

Akustik Emisyon (AE), gerilme altın çalışan malzemelerde bir ya da daha çok yerel kaynağın hızla enerji salarak oluşturduğu geçici elastik dalgalar olarak tanımlanmaktadır. AE; malzeme, yapı, proses açısından çok geniş alanı kapsayan doğal bir olaydır. En büyük çaplı AE sismik olaylar olup, AE muayene yöntemi ile incelenebilen en küçük ölçekli proses ise yük altındaki metallere meydana gelen dislokasyon hareketidir [1].

AE test yöntemi, yük altındaki malzeme ve bileşenlerindeki yapısal hataları tespit ve mevki tayininde kullanılan bir TM test yöntemidir. AE yöntemi ile yük altındaki malzemede oluşan süreksizlik başlangıcı hakkında ve sürekli veya tekrarlamalı yüke maruz bırakılması ile gelişen bu süreksizlik hakkında geniş kapsamlı bilgi elde edilebilmektedir [2].

AE testi, malzemeden yayılan AE sinyalleri tespit eden araçlar kullanarak kayıt ve analiz tekniklerine dayandırılan bir test yöntemidir. AE kaynağından yayılarak malzemenin yüzeyine ulaşan elastik dalgalar; sinyal gücünün artırılması, işlenmesi ve kaydedilmesi öncesinde sensörler vasıtasıyla tespit edilerek mV mertebesinde elektrik sinyaline dönüştürülmektedir. Elde edilen sinyallerin analizi ve işlenmesi doğrultusunda, malzemede oluşan herhangi bir kusur Şekil 1’de gösterildiği gibi tespit edilmektedir [3].



Şekil 1. AE oluşumu ve algılanması [3].

Bu teknoloji, materyal ve yapısal hataların seslerini dinleyen ultrasonik sensörlerin (20 KHz-1 MHz) kullanılmasını içermektedir. AE frekansları genellikle 150-300 KHz aralığındadır. Hidrojen gevrekleşmesi, yorulma, stres korozyonu, sünme ve kırık/çatlak oluşumu bu teknolojinin yardımıyla tespit ve lokalize edilebilmektedir [2].

Kemiğin yapısı mühendislik alanında kullanılan kompozit malzemeler ile benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, kompozit materyallerin testlerinde uygulanabilirliği ve elverişliliği kanıtlanan AE TM yöntemlerinin kemikler üzerinde kullanılması çok avantajlıdır. Kompozit malzemelerdeki mekanik durum ve bu durumlara bağlı olarak gelişen AE karşılığı geçmişte çalışılmıştır [4].

AE sinyallerinin analizi, kırılma yükünün çok öncesinde kemik kırılmaları hakkında ön bilgi elde etmemize imkân sağlamaktadır. Yaş ve kuru kemik örnekleri üzerinde yapılan değerlendirmeler, kırık başlangıcındaki kemiğin mukavemetinin kestirilmesinin mümkün olduğunu ve böylece kemik kırılma ihtimalinin öngörülebileceğini ortaya çıkarmıştır [5].

Plak ve vida osteosentezi ile tedavi edilen kırık vakalarında, iyileşme sürecinin gözlemlenerek vida ve plakların ne zaman çıkarılacağına karar verilmesi çok önemli bir süreçtir. Günümüz

uygulanmasında Radyografi/Tomografi/MR sonuçlarına ve manuel olarak yapılan klinik muayenelerine istinaden kırık kemiklerin iyileşmesinde callus oluşumu gözlemlenmektedir. İyileşme sürecinin sonlandırılıp/sonlandırılmaması konusunda hekim tecrübesi ile subjektif bir kanaate varılmaktadır [6]. Yapılan çalışma ile kemiğin AE yöntemi ile mekanik özellikleri tespit edilerek, ölçülebilir ve objektif bir yaklaşım ile kırık iyileşme sürecinin gözlemlenmesine olanak sağlanacaktır. Literatürdeki benzer çalışmaların çoğunda AE'nin kırık iyileşmesinin değerlendirilmesinde potansiyel bir metot olduğu kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmalar genel itibarıyla çıplak kemik üzerinde yapılmış olup, internal fiksasyon yöntemi ile sabitlenmiş bir kemiğin AE muayene yöntemi ile gözlemlenmesi gerçekleştirilmemiştir.

Watanabe ve ark. (2001) bir hayvan modeli kullanarak kemiğin mekanik özelliklerindeki değişimi incelemiştir [7]. Deneysel olarak kırık oluşturulan fare femur kemikleri, iyileşme sürecinin 4., 6., 8. ve 12'nci haftalarında çekme ve burulma testine tabi tutulmuştur. Söz konusu testler esnasında AE sinyalleri gözlemlenmiştir. Aynı çalışma grubu AE test yöntemini harici fiksasyon araçları ile tedavi edilen hastalar üzerinde uygulamışlardır. AE yöntemi ile kemik iyileşmesinin tahmin edilip/edilemeyeceğini tespit etmek amacıyla radyografik değerlendirmeyi ve AE sinyallerini ilişkilendirmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında harici fiksator aracı üzerine yerleştirilmiş sensörler vasıtasıyla elde edilen toplam AE darbe sayıları kullanılmıştır [8].

Bu çalışmada; sığır tibia kemik örneğinde oluşturulan yapay kırık, plak ve vida kullanılarak internal fiksator ile sabitlenmiş ve kırık yüzeyleri callus dokuyu simüle etmek amacıyla Polimetilmetakrilat (PMMA) kemik çimentosu ile doldurulmuştur. Kortikal kemik ile PMMA'nın mukavemet özellikleri benzer olduğundan, büyüme davranışını simüle etmede PMMA'nın iyi bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Shao ve ark. (2007) da benzer düşünce ile femoral implanta ait in vivo doğal frekans belirleme deneyini gerçekleştirilmiş ve polimerlerin benzetim kabiliyetlerini ortaya koymuştur [9,10].

Özetlenen çalışmalara paralel şekilde, bu çalışmada "in vitro" tekniğe dayandırılarak sığır tibia kemik örneği çekme testine tabi tutulmuş ve AE propagasyonu gözlemlenmiştir. AE olay başlangıcındaki kuvvet değeri mekanik parametre olarak ele alınmıştır. Kuvvet-zaman ve kümülatif AE olay/darbe sayısı-zaman grafikleri karşılaştırılarak çekme testi esnasında AE etkinliği gözlemlenmiş ve test sonuçları ayrıntılı şekilde sunulmuştur.

2. Materyal ve Metod

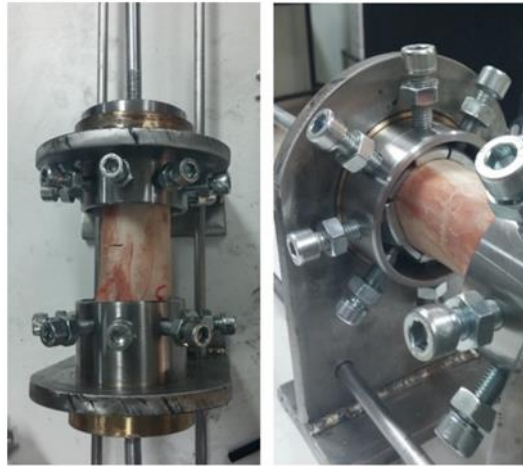
Bu çalışmada, AE oluşumunun başlangıcındaki yük ile kemiğin mekanik özellikleri ilişkilendirilerek, özellikle modellenen callus dokusunun mukavemet değeri irdelenmektedir. Yapılan deney, hayvan modeli kullanılması suretiyle in vitro tekniğe dayanmaktadır. Deneyde; yerel bir kasaptan temin edilen, yaklaşık 250-300 kg. ağırlığındaki sığıra ait tibia (uzunluk:400mm, ağırlık:2kg) kullanılmıştır.

Yumuşak dokudan (kas lifleri, ilik vb.) temizlenen test modeli el testeresi marifetiyle metafiz kısmından kesilmiştir. Böylece, epifiz olarak adlandırılan kemik uç kısımları ayrıştırılmıştır. Daha sonra, test modelinin diyafiz orta noktasında kırığı modelleyecek şekilde 4 mm boşluk oluşturmuş ve iyileşme sürecini simüle edebilmek amacıyla PMMA kemik çimentosu ile doldurulmuştur (Şekil 2). Test modeli, paslanmaz çelikten imal edilmiş (boy:114,5mm, en:16,2mm, kalınlık:5mm) 4 vidalı bir plakla sabitlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kemik modelinin hazırlanışı ve montajı.

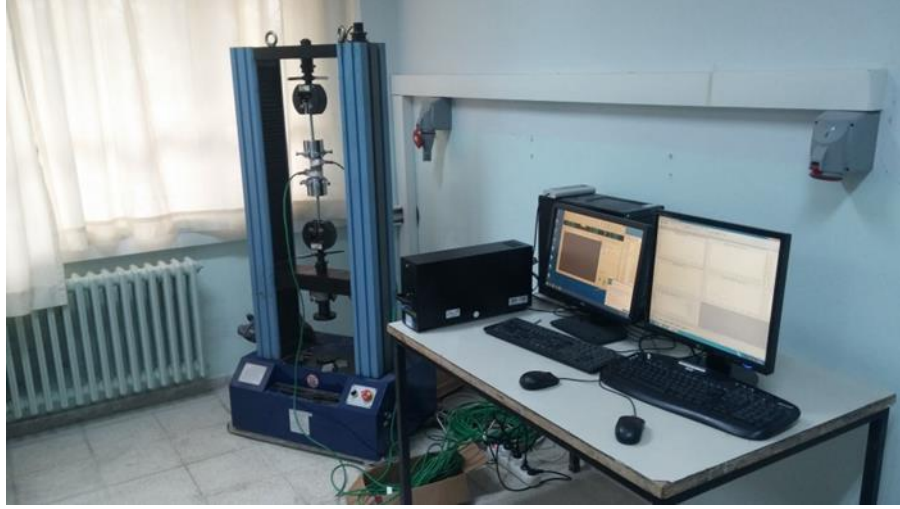
Kemik modelini çekme test cihazına bağlayabilmek için özel aparat ve kemiği sıkıştırarak kaymasını önlemek için özel çene tasarlanıp imal edilmiştir. Ayrıca, test modelinin doğrusal şekilde aparatla sıkıştırılması ve çekme test cihazına bağlanabilmesi için imal edilen yataklama düzeneği ile test modeli sabitlenmiş ve aparatın doğrusallığı sağlanmıştır (Şekil 3). Çekme testi, Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan 50 kN kapasiteli WDW-50 model Universal elektro-mekanik test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Test modeli, kırılma gerçekleşinceye kadar 2 mm/dk. deplasman hızında çekme kuvvetine maruz bırakılmıştır (Şekil 4). Yük-zaman, stres-gerilim, yük-deplasman, yük-uzatma ve uzatma-zaman grafikleri kaydedilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, çekme mukavemeti (yük sensörü tarafından algılanan maksimum yük) ve AE başlangıç yükü (ilk AE olayının gözlemlendiği yük) mekanik parametreleri elde edilmiştir.



Şekil 3. Özel aparat ve yataklama düzeneği.

Mekanik test esnasında, “AEwin for SAMOS” yazılımı ve diğer AE test enstrümanları ile donatılmış “MISTRAS Micro-II Digital AE sistem işlemcisi (32 kanallı)” kullanılarak AE sinyalleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir (Şekil 4). Test modelinin uç kısımlarındaki yüzey üzerine iki adet geniş bant piezoelektrik sensör (KRNI150 100kHz-400kHz) yapışkan bant vasıtasıyla monte edilmiştir. Çevre gürültüsünün (mekanik test cihazı vb.) elemine edilmesi için eşik değer 45 dB olarak ve analog filtreleme 20-400 kHz aralığına ayarlanmıştır. Kemiğin materyal özellikleri ile ses iletim

karakteristikleri ve AE zamanlama parametreleri (PDT, HDT ve HLT) işlemciye tanımlanmıştır. Çekme ve AE test düzeneği Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çekme ve AE test düzeneği.

Piezoelektrik sensörlerin kalibrasyonu ASTM E 976 [11] standardına göre kalem kırma yöntemi olarak da bilinen “Hsu-Nielsen” metodu ile gerçekleştirilmiştir. Bu prosedür sensörlerin hassasiyetini tespit etmede büyük önem arz etmekte olup en ufak bir yerleşim hatası, hatalı test sonucu elde etmemize neden olabilmektedir. “Hsu-Nielsen” metodu Şekil 5’te hem görsel olarak gösterilmiştir.

Ölçülen AE parametreleri zaman (s), kümülatif AE olay ve darbe sayısı, genlik (dB), mutlak enerji (ae), enerji (eu) ve tepe frekans (hz) değerleridir. Bu parametrelere göre, zamana bağlı kümülatif AE olay, kümülatif AE darbe, genlik, mutlak enerji, enerji ve tepe frekans eğrileri elde edilmiştir. Bu çalışmada, AE darbe ve olay sayısı değişkenleri ele alınmıştır.



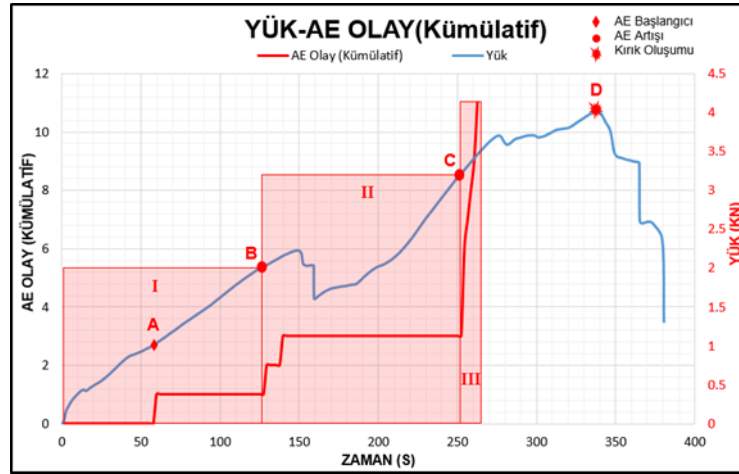
Şekil 5. Hsu-Nielsen metodunun gösterimi.

AE etkinliğinin ayırt edilebilmesi amacıyla, yük-zaman-kümülatif AE olay grafiği 3 bölgeye ayrılmıştır. (1) erken AE safhası; çatlak/kırık propagasyonu emarelerinin olduğu safha, (2) istikrarlı çatlak/kırık propagasyon safhası; düşük oranda AE oluşan safha, (3) istikrarsız çatlak/kırık propagasyon safhası; AE miktar ve oranında büyük artışın gözlemlendiği ve final kırılmanın gerçekleştiği safha [12].

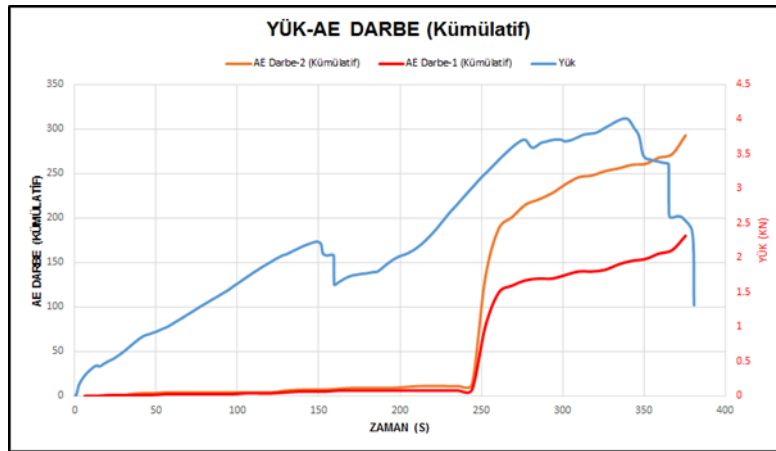
3. Bulgular

Yük-zaman ve kümülatif AE olay-zaman grafiklerinin karşılaştırılması ile, test modelinin toplam AE aktivitesi ve kırık/çatlak propagasyonu bu noktada irdelenmiştir (Şekil 6). Yapılan testte, kümülatif AE eğrisinin artan çekme kuvveti ile birlikte hızlı bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. AE olay başlangıç yükü 59,7'nci saniyede 1036 N olarak tespit edilmiştir (A noktası). Toplamda 11 adet AE olay gözlenmiştir. Buna ilave olarak, ilk sensörde 180 adet AE darbe ve ikinci sensörde ise 293 adet AE darbe gözlenmiştir. Final kırılma 339'uncu saniyede (D noktası) yükte hızlı bir düşüşle gerçekleşmiş olup maksimum yük 4012 N olarak kaydedilmiştir. AE olay eğrisindeki her majör değişim (B ve C noktası), AE darbe sayısı değerinde önemli artış göstererek örtüşmüştür.

1'inci bölgede 129,4'üncü saniyeye kadar (2042 N, B noktası), 1 adet AE olay tespit edilmiştir. 2'nci bölgede yükün 2042 N'dan (B noktası) 3264 N'a (254'üncü saniye, C noktası) %59,8 oranında artışı esnasında, gözle görülür bir kırılma olmadan 2 adet AE olayı gözlenmiştir. 3'üncü bölgede ise 262,7'nci saniyeye kadar kayda değer bir artışla 8 adet AE olayı tespit edilmiştir. Kümülatif AE olay grafiğine paralel şekilde, istikrarsız çatlak/kırık propagasyon safhasında (3'üncü bölge) her iki sensör tarafından algılanan AE darbe sayısında da önemli bir artış sergilenmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. AE etkinlik bölgeleri ve kümülatif AE olay sayısı ile ilişkilendirilen yük-zaman değişimi.



Şekil 7. Kümülatif AE olay sayısı ile ilişkilendirilen yük-zaman değişimi.

4. Sonuç ve Tartışma

Yapılan çalışmada, kümülatif AE olay ve darbe eğrisinin artan çekme kuvveti ile birlikte hızlı bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. AE olay eğrisindeki her majör değişim AE darbe sayısında önemli artış göstererek örtüşmüştür. Yük-zaman-AE olay grafiği üzerinde AE aktivite bölgelerinin tespiti yapılarak çatlak/kırık propagasyonunun evreleri tayin edilmiştir. Gözle görülür çatlak/kırılma gerçekleşmeden önce AE etkinliği tespit edilerek kırık iyileşme sürecinin gözlemlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Gelecek çalışmalarda, iyileşme sürecinin değişik evrelerinde hastaların uzuvlarına yerleştirilen ağırlığın yavaşça kaldırılması istenerek, kemik ve callus dokunun AE başlangıç yükü değişiminin gözlemlenmesi ile hekim tarafından tedavi değerlendirilebilecektir. Ancak, bugüne kadar gerçekleştirilen çoğu çalışma in vitro tekniklere dayandırılmıştır. Klinik uygulamada kullanılacak AE muayene yöntemleri için, canlı hayvan veya gönüllü hastalar üzerinde kapsamlı deneysel çalışmaların yapılması zaruridir [13].

Plak ve vida osteosentezi ile tedavi edilen kırık uzvun durumunun gerçek zamanlı şekilde AE muayenelerinin yapılması muhtemel bir uygulamadır. Kırık uzvun etrafına yerleştirilecek AE sensörlerin vasıtasıyla, hastanın oturma/kalkma, yürüme, merdiven çıkma, zıplama gibi hareketleri yapması istenerek iyileşmenin tamamlanıp/tamamlanmadığı kanaatine varılabilecektir. Eğer hasta bu hareketleri hiçbir AE olayı tespit edilmeden yapabiliyorsa kemik gerçek anlamda mekanik özellikler açısından iyileşmiş demektir. Böylece, hekim internal fiksatorün sökülmesi veya tedavinin devam ettirilmesi yönünde ölçülebilir ve objektif bir yaklaşım ile karar verebilecektir. Ancak bunun için de, insan vücudundaki AE kaynaklarının (kas hareketleri, kan akışı vb.) detaylı şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

1. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir (Proje No: FYL 2016-6515).

2. Konu ile ilgili araştırmada imkân sağlayan Tekprom Uygunluk Değerlendirme ve Gözetim Hizm. Ltd.Şti.'ne ve Dursun DÖĞER'e teşekkürü borç biliriz.

Kaynaklar

- [1] Tuncel, S., 2008. Tahribatsız Muayene Teknolojilerinde Son Gelişmeler: Akustik Emisyon. 3rd International Non-Destructive Testing Symposium and Exhibition, İstanbul Türkiye.
- [2] Hellier C. J., Handbook of Nondestructive Evaluation, vol.70, pp.466-470, 2003.
- [3] Gao L., Zai F., Su F., Wang H., Chen P. and Liu L., 2011. Study and Application of Acoustic Emission Testing in Fault Diagnosis of Low-Speed Heavy-Duty Gears. Sensors (Basel), 11(1), p.599-611.
- [4] Ravi P., 1980. Non-Destructive Testing of Composites. vol.10, p.217-224.
- [5] Franke R.P., Dorner P., Schwlbe H.J. and Ziegler B., 2004. Acoustic Emission Measurement System for the Orthopedic Diagnostics of the Human Femur and Knee Joint. J. Acoustic Emission, 22, p.92-99.
- [6] Claes, L.E., Cunningham, J.L., 2009. Monitoring the Mechanical Properties of Healing Bone. Symposium: Biomechanics of Bone Healing.
- [7] Watanabe, Y., Takai, S., Arai, Y., Yoshino, N., Hirasawa, Y., 2001. Prediction of Mechanical Properties of Healing Fractures Using Acoustic Emission. Journal of Orthopaedic Research, 19, p.548-553.
- [8] Hirasawa Y., Takai S., Kim W.C., Takenaka N., Yoshino N., Watanabe Y., 2002. Biomechanical Monitoring of Healing Bone Based on Acoustic Emission Technology. Clin. Orthop. Relat. Res., 402, p. 236-244.

- [9] Shao, F., Xu, W., Crocombe, A., Ewins, D. 2007. Natural Frequency Analysis of Osseointegration for Transfemoral Implant. *Annals of Biomedical Engineering*, 35(5), p.817-824.
- [10] Ahan, A.O., Bozdağ, E., Sünbuloğlu, E., 2014. Titreşimin Kemik İyileşmesine Etkisinin Belirlenmesi. *Journal of Engineering Sciences and Design*, p.127-134.
- [11] ASTM E976 - 10 (2010). Standard Guide for Determining the Reproducibility of Acoustic Emission Sensor Response, ASTM International, DOI: 10.1520/E0976-10.
Kohn, D.H., 1995. Acoustic Emission and Nondestructive Evaluations of Biomaterials and Tissues. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 22(3/4):22-306.
- [12] Vera I, Sáez K, Vidal G. Performance of 14 full-scale sewage treatment plants: comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. *Environmental Technology* 2013; 34 (15), 1007–1015.
- [13] Shrivastava, S., Prakash, R., 2009. Assessment of bone condition by acoustic emission technique: A review; Birla Institute of Technology and Science, Pilani, India; *J. Biomedical Science and Engineering*, 2, 144-154.