



Cilt 4, Sayı 7 (2016), Haziran 2016, Cilt 4, Sayı 7

[Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerinde Etkileri](#)

[PDF](#)

Nurettin ÇEK

[Deprem Öncesi ve Sonrası Gözlenen Beton ve Donatı Korozyonları ile Kısa Kolon Hasarlarının İncelenmesi](#)

[PDF](#)

Varol Koç

[Edirne Sanayisinin Bölgenin Jeolojik Yapısı ile İlişkilendirilmesi](#)

[PDF](#)

CİHAN YALÇIN

[Atık Kağıt Geri Dönüşüm İşlemlerinde Genel Esaslar ve Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi](#)

[PDF](#)

Turgut Sahin

[Distributed Recommender Systems with Sentiment Analysis](#)

[PDF \(ENGLISH\)](#)

Yeliz Yengi, Sevinç İlhan Omurca

[2,4,6-Trinitrotoluen \(TNT\)'in Mikrobiyal Degradasyonu ve TNT ile Kirlenmiş Bölgelerin Biyoremediasyonu](#)

[PDF](#)

zehra gün gök, murat inal, mustafa yiğitoğlu

[Herkes için Tasarım Kapsamında bir Avrupa Birliği Gençlik Projesi Deneyimi: Engelsiz Yozgat](#)

[PDF](#)

Çiğdem Belgin DİKMEN, Zühal Özçetin

[Interactive effects of urbanization and climate change during the last decades \(A case study: Isfahan city\)](#)

[PDF \(ENGLISH\)](#)

Mohsen Abbasnia, Taghi Tavousi, Mahmood Khosravi, Hüseyin Toros

[Merkezi Köy Sağlık Sistemlerinin Süt Kalitesine Olan Etkilerinin Belirlenmesi](#)

[PDF](#)

erkan gönülo, cihan demir

ISSN: 2148-2683



Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerinde Etkileri

Nurettin ÇEK

Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, nurettincek001@gmail.com

(Dergiye gönderilme tarihi: 3 Kasım 2014, kabul tarihi 2 Şubat 2016)

Özet

Canlı ve cansız tüm varlıklar atomlardan oluşmuştur. Atom temel olarak proton, nötron ve elektron parçacıklarından oluşmaktadır. Ancak yapılan bilimsel araştırmalar, atomları oluşturan parçacıkların daha küçük parçacıklar olan atomaltı parçacıklarla oluştuğunu ortaya çıkarmıştır. Atomaltı parçacıkların kütleleri, elektriksel yükleri ve spinleri hakkında detaylı araştırmalar yapılmaktadır. Atomaltı parçacıkların kütleleri, elektriksel yükleri, spinleri vb. özelliklerinden dolayı dört temel kuvvetin (zayıf çekirdek kuvveti, kuvvetli çekirdek kuvveti, kütle çekim kuvveti ve elektromanyetik kuvvet) ortaya çıktığı bilim insanları tarafından belirtilmiştir. Atomaltı parçacıklar standart modelde detaylı araştırılmıştır. Bu çalışmada atomaltı parçacıklar arasındaki etkileşim, atomaltı parçacıklar arasındaki dengeyi sağlayan unsurlar ve atomaltı parçacıkların etkileşimleri sonucu enerji kaynaklarının oluşumu anlatılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atom, atomaltı parçacık, enerji kaynakları

Particles and Particles Effects on the Energy Sources

Abstract

All animate and inanimate beings are composed of atoms which are, in basic terms, formed by protons, electrons and neutrons. Recent scientific research shed light on this simple model and showed that the existence of subatomic particles which produce protons, electrons and neutrons. There is ongoing research to determine the classical definition of these subatomic particles as such their masses, charges as well as spins. In the view of this research, scientists model forces on the four distinct and basic forms; weak and strong nuclear forces, electromagnetic forces and finally gravitational forces. With this modelling a new theoretical study area is born known as the Standard Model. In this study the interaction between subatomic particles, the balance between them and the usage of these interactions in order to create energy are discussed.

Keywords: atom, subatomic particle, energy sources

1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalar sonucu maddeyi oluşturan temel öge olan atomdan bile daha küçük yapıların var olduğu anlaşılmış ve bu yapılar atom altı parçacıklar diye adlandırılmıştır. Atom altı parçacıklar Standart Model adı verilen teoride anlatılmaya çalışılmıştır.

Standart Model, farklı temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve farklı kuvvetler aracılığıyla birbirleri ile nasıl etkileştiğini açıklamaya çalışan bir teori olup içerisinde fermiyonlar, bozonlar, madde-karşıtmadde ve bunların etkileri hakkında bilgiler yer almaktadır.

1.1.FERMİYONLAR

Standart modele göre fermiyonlar; 6 eşit lepton, 6 çeşit kuark ve bunların karşıt parçacıklarından oluşur. Kuarklar ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979))

Tablo 1. Kuarklar ve özellikleri

Kuarkın Adı	Sembolü	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spini
Yukarı (up)	u	$+\frac{2}{3}$	1.5-4	$\frac{1}{2}$
Aşağı (down)	d	$-\frac{1}{3}$	4-8	$\frac{1}{2}$
Gerip (strange)	s	$-\frac{1}{3}$	80-130	$\frac{1}{2}$
Tılsım (charm)	c	$+\frac{2}{3}$	1150-1350	$\frac{1}{2}$
Alt (bottom)	b	$-\frac{1}{3}$	4100-4400	$\frac{1}{2}$
Üst (top)	t	$+\frac{2}{3}$	172700	$\frac{1}{2}$

Atom çekirdeğinde kuarklar grup halinde bulunur. Örneğin proton iki yukarı bir aşağı (u, u, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak protonun yükü $(+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}) = +1$ olur. Proton kararlı (parçacığın fiziksel ve kimyasal değişime uğramadan özelliklerini uzun süre koruduğu) haldedir.

Nötron ise bir yukarı iki aşağı (u, d, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak nötronun yükü $(+\frac{2}{3} -\frac{1}{3} -\frac{1}{3}) = 0$ olur. Bu nedenle nötronun yükü sıfırdır. Nötron kararlıdır (parçacığın fiziksel ve kimyasal değişime uğramadan özelliklerini uzun süre koruyamadığı) haldedir.

Kuarklar hadronların temel parçacıklardır. Yani kuarklar birleşerek hadronları oluşturur. En geniş hadron grubu olan baryonlar, üç kuarktan oluşur. Proton ve nötron baryon grubundadır. Bir kuark ve bir anti kuarktan oluşan hadron grubuna mezon denir. Hadronlar yeğin (güçlü) çekirdek kuvvetleri, çekimsel kuvvetler ve yüklü elektromanyetik kuvvetler aracılığıyla etkileşime girerler. En kararlı baryonlar protonlardır. Baryonlar çok hızlı (1 saniyeden az zamanda) bozunurlar. Bozunma geçiren baryonlar kararlı halde olan protona dönüşürler. Bozunma veya reaksiyon sonrasında baryon oluşuyorsa anti baryonda oluşur. Buna Baryon Sayılarının Korunumu Yasası denir. Bu yasaya göre bozunma öncesindeki baryon sayısı, bozunma sonrasındaki baryon sayısına eşittir (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Lichtenberg (2007)).

Spin: Parçacığın kendi çevresindeki dönme hareketidir. Bu dönme hareketinden dolayı momentum meydana gelmektedir. Bu nedenle Spin sayesinde parçacığın kuantumlu yapısı hakkında bilgiler sağlanır. Hadronların genel özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Hadronlar ve özellikleri

Hadron adı	Hadron Grubu	Sembol	Elektrik yükü	Kütlesi (MeV)	Spini
Pion	Mezon	π^+	+1	139.6	0
Kaon	Mezon	K^+	+1	493.7	0
Proton	Baryon	P	+1	938.3	$\frac{1}{2}$
Nötron	Baryon	N	0	939.6	$\frac{1}{2}$
Lambda	Baryon	Λ^0	0	1115.6	$\frac{1}{2}$
Sigma	Baryon	Σ^+	+1	1189.4	$\frac{1}{2}$
		Σ^0	0	1192.5	$\frac{1}{2}$
		Σ^-	-1	1197.3	$\frac{1}{2}$
Ksi	Baryon	Ξ^0	0	1315	$\frac{1}{2}$
		Ξ^1	-1	1321	$\frac{1}{2}$
Omega	Baryon	Ω^+	-1	1672	$\frac{3}{2}$

Çekirdek kuvvetlerinin nasıl etkili olduğuna dair ilk öneri 1935 yılında Yukawa tarafından ortaya konmuştur. Yukawa’ya göre çekirdeği bir arada tutan kuvvetler; proton ve nötron arasında bir kütleyle sahip parçacıklar tarafından gerçekleştirilmekteydi. Bu parçacıklar proton ve nötronun kütleleri arasında bir kütleyle sahip olduklarından İngilizcede ara değer anlamına gelen **mezon** ile adlandırılmıştır.

Bu parçacıkların 1947 yılında deneysel ortamda gözlemlenmesi sonucunda Yukawa aynı yıl Nobel Ödülü almıştır. Mezonlar, atomların kurduğu kovalent bağlardaki elektronların veya elektromanyetik etkileşimlerdeki fotonların rolü düşünüldüğünde daha iyi anlaşılır. Örneğin, iki elektronun elektromanyetik etkileşim içerisinde bulunduğunu düşünelim. Bu elektronlar arasındaki elektromanyetik kuvvete aracılık yapan alan parçacığı fotonlardır. Bu etkileşimde bir elektrondan diğerine enerji ve momentum aktarımı gerçekleşir Mezonlar, çekirdekteki parçacıklar arasındaki çekirdek kuvvetine aracılık eden parçacıklardır. Örneğin, proton ile nötron arasındaki yeğin (güçlü) kuvvetlere mezonlar aracılık eder. Buradan hareketle madde

parçacıklarıyla etkileşim parçacıklarının (kuvvet parçacıklarının) birbirinden farklı olduğu söylenebilir. Buna göre proton, elektron gibi parçacıklar **madde parçacıkları**, foton ve mezon gibi parçacıklar ise **etkileşim parçacıkları** olarak adlandırılır (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Mahmoud (2004); Lichtenberg (2007); İnternet 1).

Fermiyonların diğer bir türü olan Leptonların da kütleleri, spinleri ve elektriksel yükleri vardır. Leptonlar ve özellikleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Leptonlar ve Özellikleri

Lepton Adı	Sembolü	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spin
Elektron	e	-1	0.511	$\frac{1}{2}$
Muon	μ	-1	105.6	$\frac{1}{2}$
Tau	τ	-1	1777	$\frac{1}{2}$
Elektron nötrino	ν_e	0	0	$\frac{1}{2}$
Muon nötrino	ν_μ	0	<000.27	$\frac{1}{2}$
Tau nötrino	ν_τ	0	<0.35	$\frac{1}{2}$

Elektron, elektriksel ve kimyasal etkileşimleri gerçekleştirir. Leptonlar içerisinde sadece elektronlar kararlıdır. Elektron nötrino, leptonların en hafif olanıdır ve saniyede milyonlarcası vücudumuzdan geçmekte olup kararlıdır haldedirler. Muon, elektrondan daha ağır ancak kararlıdır haldedir. Muon’un ömrü saniyenin 2 milyonda biri kadardır. Muon nötrinosisi bazı parçacıkların bozunması sonucu muonlarla beraber ortaya çıkmaktadır. Tau, elektron ve muondan daha ağırdır ancak kararlıdır haldedir. Tau nötrinosu bazı parçacıkların bozunması sonucu taularla beraber ortaya çıkmaktadır.

Anti (karşıt) parçacık, kütlesi, spini ve diğer birçok özellikleri parçacık ile aynı olan maddelerdir. Anti parçacığın, parçacıktan farkı yüklerinin işaretinin zıt olmasıdır. Örneğin (+) yüklü protonun anti parçacığı olan anti proton (—) yüklüdür. (—) yüklü olan elektronun anti parçacığı (+) yüklü olan pozitrondur. Evrende birçok maddenin anti (karşıt) maddesi vardır.

Ağır bir leptonun bir bozunma ürünü daima onun karşılık gelen nötrinosu olacaktır. Diğer ürün bir kuark ve onun antikuarkı, veya daha hafif bir lepton ve onun anti nötrinosu olacaktır.

Önceki ve sonraki aile ürünlerinin toplam sayısı korunmalıdır. Unutmamak gerekir ki bir anti parçacık negatif bir aile ürünü olarak düşünülür. Örneğin, eğer bir tau parçacığı daha hafif bir leptona bozunursa tau’ya karşılık gelen nötrino bozunmanın bir ürünü olacaktır. Diğer ürün daha hafif bir lepton ve onun karşılık gelen anti nötrinosu olacaktır.

Leptonlar, zayıf çekirdek kuvvetleri, çekimsel kuvvetler, ve yüklü elektromanyetik kuvvetler aracılığıyla etkileşime girerler. Yakalanmaları ve gözlemlenmeleri çok zor olan nötrinolar da lepton grubundadırlar. Nötrinolar, CERN ve SLAC laboratuvarlarında bulunan büyük hızlandırıcılarla yapılan deneylerde yakalanarak elde edilmektedir. Nötrinolar elektrik yükleri olmayan, kütleleri sıfıra yakın temel parçacıklardır. Nötrinoların elektrik yükleri olmadığından elektromanyetik etkileşim yapamazlar. Nötrinolar ışık hızına yakın hızda hareket ederler ve maddenin içerisinde hiçbir etki yapmadan geçebilirler. Örneğin; bir ışık yılı kalınlığındaki kurşun bir levhadan ve evrende bulunan binlerce gök cisminin içerisinde hızlarını değiştirmeden, yönlerini değiştirmeden, onlara zarar vermeden rahatça geçerler. Nötrinoların, evrende temel kaynağı yıldızlardır.

Bu nedenle evrende az olduğu düşünölen nötrinolar düşünölenin aksine evrende fazladırlar. Vücutumuzdan milyonlarca nötrino geçmekte ve bize zarar vermemektedirler. Nötrinoların karşıt parçacığı olan anti nötrinolar beta bozunumu sırasında açığa çıkan yüksüz parçacıklardır. Nötrino ve anti nötrinoların özelliklerinin aynı olması gerçekte aynı parçacıklar olduğunun kanıtıdır. Nötrino ile anti nötrino arasındaki fark; nötrinoların evrende temel kaynağı yıldızlar, anti nötrinoların temel kaynağı beta bozunumu olmasıdır (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Lichtenberg (2007).

Yıldızların asıl enerji kaynağı hidrojendir. Yıldızın yapısında bulunan ve protonları oluşturan yukarı kuarklardan bir tanesi, aşağı kuarka dönüşerek önce nötronları oluşturur. Nötron sayısındaki artış Hidrojen (H) atomunun izotoplarına dönüşmesini sağlar. Oluşan izotoplar (döteryum ve trityum) birleşerek Helyuma dönüşür. Helyum ise fisyon reaksiyonları yani Beta ışıması yaparak sonucunda tekrar Hidrojene dönüşür. Helyumun yaptığı fisyon beta ışımasıdır. Tüm bu reaksiyonlar sonucunda yıldızlar, oluşturdukları büyük miktarlardaki enerjiyi etraflarına ısı ve ışık olarak yayar. Böylece yıldızlarda Beta ışıması (bozunumu) gerçekleşir. Yani yıldızlardan ortaya çıkan nötrinolar beta ışıması (bozunumu) sonucu açığa çıkar. Anti nötrinolar da beta ışıması (bozunumu) sonucu açığa çıkar. Bu durum nötrino ve anti nötrinoların aynı şekilde ortaya çıktığının ve aynı maddelere ait olduklarının bir başka kanıtıdır.

2. BOZONLAR

Bozon kuvvet anlamına gelmektedir. Fermiyonlar, bozonlar sayesinde birbirleriyle etkileşim kurmaktadır. Aynı yükler birbirlerini iter zıt yükler birbirlerini çeker. Örneğın; bir atomda birden fazla proton olduğu zaman bu protonlar aynı yüklü oldukları için birbirlerini iterler ve buna bağılı olarak atomun parçalanması gerekirken atom parçalanmamaktadır.

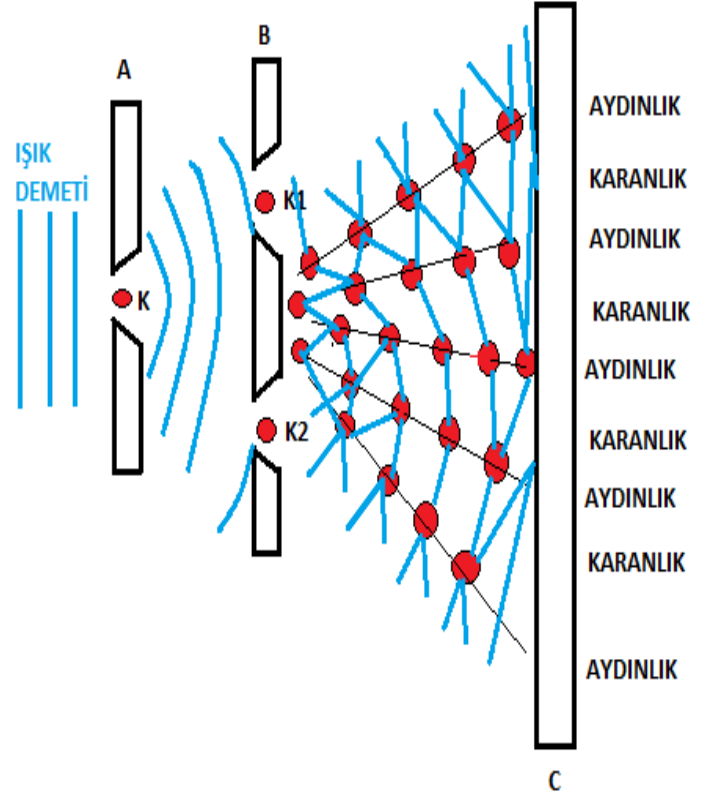
Atomun parçalanmamasının nedeni protonlar arasında bozonların bulunmasıdır.

Günümüze kadar Foton, Gluon, Graviton, W, Z ve Higgs bozonlarından söz edilmiştir.

2.1. Foton Bozonu

Fotonlar enerji yüklü parçacıklardır. Görünen ışık fotonlardan oluşmaktadır. Fotonlar ışığın hem dalga hem de tanecikli modelleriyle açıklanmaktadır. Bu modellere göre ışık yani foton hem tanecikli yapıya sahip hem de dalga özelliğine sahiptir.

Görünen ışığın (fotonun) tanecikler halinde yayıldığını ilk olarak ortaya atan Newton'dur. Işığın tanecikler halinde yayılması yansıma ve kırılma olaylarının açıklanmasını sağlıyordu. Newton yaptığı deneylerde "ışık, doğrusal bir yörüngede sonsuz hızda ilerleyen taneciklerden oluşur" sonucuna ulaştı. 1678 yılında Hollandalı Fizikçi ve astronom Christian Huygens, ışık kaynaklarının çok yüksek frekanslı titreşimler meydana getirdiğini ve bu titreşimlerin saydam ortamlarda dalgalar halinde yayıldığını fikrinin ortaya attı. Bu fikre dar bir aralıktan ışık ışınları geçirerek bu ışınların önündeki ekranda karanlık ve aydınlık ortamlar oluşturmasını gözlemleyerek vardı. Ancak dönemin bilim insanları tarafından Huygens'in fikri kabul edilmedi (İnternet 2). Huygens ışığın dalga hareketi şeklinde olduğu prensibini ispatlayabilmek için İngiliz Fizikçi Thomas Young gibi düzenek kurdu. Kurulan düzenek aşağıdaki şekildeki gibidir.



Şekil 1. Young'un çift aralıklı ışık girişim deneyi (İnternet 2).

Young deney düzeneğinde bir ışın demeti, ortasında K deliğı bulunan levhaya çarptığında bu delik noktasal ışık kaynağı gibi davranarak ışık dalgaları yayar. Dalgalar A levhasından B levhasına gelir. B levhası üzerinde bulunan K1 ve K2 delikleri yine etrafına ışık yayar. Bu dalgaların birbiri içine girmesi (girişim), C ekranı üzerinde girişim çizgileri dediğimiz bir sıra aydınlık bir sıra karanlık çizginin olduğu görülür. Young'un deneyinde açığa çıkan çizgiler ışığın dalga özelliğini açıkça kanıtlamaktadır. K1 ve K2 deliklerinden biri kapanınca aydınlık ve karanlık çizgiler yok olmaktadır. Bu deneye göre denizdeki dalgalar gibi ışık ışınları bazen birbirini yok ediyor bazen güçlendiriyordu. Huygens bu deneylerden "Işık kaynağı yayınladığı dalga boyunun tam katları kadar uzaktaki noktaları, kendisiyle aynı fazda titreşen ışık kaynağı hâline getirir. Işığın boşlukta ilerleyebilmesini, boşluğu dolduran esir maddesi sağlar" sonucuna ulaştı. Ancak bu tür davranışın tanecik modeli ile açıklanması mümkün değildi (İnternet 2).

1850 yılında Jean Foucault ışığın sıvılardaki hızının havadakinden daha az olduğunu göstererek tanecik teorisinin yetersizliğini kanıtladı (Serway ve Beichner (2000)).

Alman fizikçi Heinrich Rudolf Hertz 1887 yılında uygun frekanslarda üzerine ışık gönderilen metal yüzeylerden elektron salındığını gözlemlemiş ve buna fotoelektrik (ışık yoluyla elektrik üretimi) olay adını vermiştir. Hertz elektron salınımının metal yüzeyine gönderilen ışının frekansına bağılı olmadığını, salınan elektron sayısının ise ışın şiddeti ile orantılı olduğunu söylemiştir

Elektrik, ışık ve manyetizmayı birleştiren Maxwell ışık hakkında yeni bir teori ortaya atarak ışığın elektromanyetik dalga özelliğini gösterdiğini ileri sürmüştür. Maxwell'e göre ışık; enerji taşıyan, boşlukta ilerleyebilen, elektrik ve manyetik alanlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Maxwell'in teorisini geliştiren Max Planck, elektromanyetik ışımamın sürekli olmadığını ve ışığın enerji taşıyan paketler hâlinde iletildiğini açıklamıştır (Serway ve Beichner (2000); İnternet 3).

Planck 1900 yılında yaptığı çalışmaların sonunda ışık şiddetinin sürekli artmadığını ileri sürdü. Planck'ın ortaya attığı teze göre enerji de madde gibi sürekli değildir. Planck'ın ileri

sürdüğü kuantum (dalga) kuramı ile klasik fizikçiler arasındaki fark; klasik fizikçiler cismin sahip olabileceği enerji miktarı için herhangi bir sınırlama getirmezken Planck'ın tezi enerjiyi belirli değerlerde özel paketler biçiminde sınırlar. Planck, ışın enerjisinin belli büyüklüklerde soğurulup (emilip) yayımlanabileceğini yani kuantumlar (dalgalar) halinde alınıp verilebileceğini ileri sürmüştür. Planck'a göre her kuantum (dalga) enerjisi, ışınımın frekansı (f) ile doğru orantılıdır. Planck bir kuantumun taşıdığı enerjisi;

$$E = h \times f \quad (1)$$

bağıntısını kullanarak hesapladı. Bu bağıntıdaki E enerji, f frekans ve h Planck sabiti olup değeri 6.626×10^{-34} Joule'dür.

Planck'ın ışığın dalga (kuantum) modeli başlangıçta kabul görmedi. Albert Einstein fotoelektrik olayı açıklayabilmek için Planck'ın modelini kullandı Einstein Planck'ın ortaya attığı kesikli ve belli büyüklükteki enerji kuantumlarının metal elektronları ile etkileşmesi sonucu fotoelektrik olay oluştuğunu açıkladı. Bunun üzerine Planck'ın ışığın dalga (kuantum) modeli kabul edildi (Serway ve Beichner (2000); İnternet 3).

Albert Einstein, ışığın foton adı verilen enerji yüklü parçacıklardan oluştuğunu ve dalgalı olarak yayıldığını kanıtladı. Albert Einstein, bir fotonun bir metal atomuna çarptığı zaman tüm enerjisini elektronlara verdiğini, fakat bir elektron koparması için minimum enerjiye (eşik enerjisine)sahip olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır (İnternet 3; Taylor ve ark. (2008)).

Albert Einstein'ın çalışmasını kısaca özetlersek, "metal yüzeyine düşen ışık (foton) elektronları fırlatır (hareket ettirir), ışık (foton) şiddeti arttırılırsa fazla sayıda elektron fırlar (hareket eder) ve ışığın (fotonun) enerjisi arttırılırsa fırlayan (hareket eden) elektronun hızı artar" sonucuna ulaşırız. Einstein enerjisi;

$$E = m \times c^2 \quad (2)$$

formülüyle ifade etmiştir. Bu formülde E enerji, m kütle ve c ışık hızıdır (saniyede 300.000 km).

Milikan, Einstein'ın fotoelektrik çalışmasını başlangıçta yanlış bulmuş ancak kendisi yaptığı deneylerle Einstein'ın fotoelektrik çalışmasını doğrulayan sonuçlar bulmuştur (İnternet 3).

Günümüzde fotoelektrik ilkeyle çalışan birçok alet vardır. Güneş Pilleri, Fotodiyot, Fotodirenç, Fotosel vb. aletler fotoelektrik ile çalışmaktadırlar. Fotoelektrik, fotonlar ile meydana geldiğinden bu aletlerin fotonlar ile çalıştığını da söyleyebiliriz.

1924 yılında Fransız Fizikçi Lois de Broglie ve daha sonraki yıllarda Alman Fizikçi Schrödinger ışığın hem dalga hem de tanecik olduğunu belirterek dalga (kuantum) mekaniği fikrini ortaya çıkardılar. Dalga (kuantum) mekaniğine göre enerji;

$$E = h \times f = m \times c^2 \quad (3)$$

olur (İnternet 3; Taylor ve ark. (2008)).

Burada E enerji, h Planck sabiti, f frekans, m kütle ve c ışık hızıdır.

Kuantum (dalga) mekaniği ile ışığın yani fotonun hem dalga hem de tanecikli modeli olduğu kanıtlanmış oldu. Dalga mekaniği bilim insanları tarafından kabul edildi ve halen geçerliliğini korumaktadır.

Fotonlar metal yüzeyden elektron sökebilirler, tüm maddelerin ısınmasına etki edebilirler. Tüm maddeler kuark ve leptonlardan oluşmaktadır. Buradan fotonlar kuark ve leptonlara etki ederler sonucuna ulaşırız. Fotoelektrik olayda fotonlar metalden elektron sökerek elektron hareketini sağlayarak ve hem elektronlara hem de protonlara etki etmektedir. Bu durum fotonların kuark ve leptonlara etki ettiğinin bir başka kanıtıdır.

2.2. Gluon Bozonu

Gluonlar kuarkları birarada tutma özeliğine sahiptir. Kuarklar arası mesafe arttıkça bu kuvvetin değeri de üstel olarak artar.

Kuarklar gluonlardan dolayı doğada serbest halde bulunamazlar. Kuarkların birleşerek oluşturduğu hadron grubu olan protonlar artı yüklüdür. Bir atomda birden fazla proton olduğu zaman aynı yükler birbirini iter ilkesine göre protonlar birbirlerini iter. Eğer gluonlar protonları bir arada tutmasaydı atom parçalanırdı (Zuchelli (2002)). İki kağıdı yapıştırıcı ile yapıştırdığımızda yapıştırıcı kağıtlara çekim kuvveti uygular. İşte gluonlarda kuarklara yapıştırıcıya benzer şekilde çekim (yapışma) kuvveti uygular. Bu nedenle gluonlar kuarkları bir arada tutar. Böylece atomu oluşturan parçacıklar bir arada durur.

2.3. Graviton Bozonu

Maddeler arasında kütle çekim kuvveti oluşmasını sağlamaktadır. Graviton bozonu Güneş sistemindeki çekim kuvvetini oluşturarak dengeyi sağlamaktadır (Griffiths (2004)).

2.4. W Bozonu

W bozonu adını zayıf nükleer kuvvetten (weak nuclear force) alır. W bozonun iki türü vardır. Birinci türü W^+ bozonudur. W^+ bozonu +1 elektrik yüküne sahiptir. W bozonunun ikinci türü W^- bozonudur. W^- bozonu -1 elektrik yüküne sahiptir. W^+ bozonu ile W^- bozonu birbirlerinin anti (karşıt) parçacıklarıdır. W bozonu Radyoaktif bozunumlarda rol oynar. W bozonu etki ettiği parçacığın elektrik yükünü 1 arttırabilir veya 1 azaltabilir. Ayrıca etki ettiği parçacığın spinini de 1 birim değiştirebilir. W bozonu etki ettiği parçacığın neslini de değiştirebilir. Örneğin; strange (garip) kuarkı yukarı (up) kuarka dönüştürebilir. Bu nedenlerden dolayı zayıf çekirdek kuvvetleri üzerinde etkilidir (Griffiths (2004)).

2.5. Z Bozonu

Z bozonunun yükü sıfır (zero) olduğu için bu ismi almıştır. Z bozonunun anti parçacığı yine kendisidir. Z parçacığı yüksüz olduğu için etki ettiği parçacığın elektrik yükünü ve neslini değiştirmez. Z bozonu etki ettiği parçacığın sadece spin ve momentumunu değiştirir. Bu nedenle zayıf çekirdek kuvvetleri üzerinde etkilidir (Griffiths (2004)).

2.6. Higgs Bozonu

Higgs bozonu, Peter Higgs, Gerald Guralnik, Richard Hagen, Tom Kibble, François Englert ve Robert Brout tarafından standart modeldeki Fermiyonlara kütle kazandırmak için varlığı öne sürülmüş parçacıktır.

Albert Einstein tarafından ortaya çıkarılan Enerji formülüne ($E=mc^2$) göre kütle enerjiye dönüşebilir. Örneğin;Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan radyoaktif maddelerden Enerji elde edilirken kütleleri büyük oranda yok olmaktadır. Ancak enerji kütleye dönüştürülemedi. Higgs bozonu ile enerjinin kütleye dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.14 Mart 2013 tarihinde Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN)'nden gelen haberlerde Higgs Bozonunun bulunduğu belirtilmiştir. Higgs Bozonu ile Enerji kütleye çevrilecektir. Böylece yok olan maddeler geri kazandırılacaktır. Tüm varlıklar Allah tarafından yaratılmıştır. Enerjinin kütleye çevrilmesini sağladığı için Higgs bozonuna Tanrı parçacığı da denmektedir. Higgs bozonu CERN'de yapılan deneylerde protonların çarpıştırılmaları sonucu bulunmuştur. Higgs bozonu kısa bir süre için görüldükten sonra fotona dönüşmüştür (İnternet 4; Beskid ve ark. (2013)). Bozonlar ve genel özellikleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Bozonlar ve genel özellikleri

Bozon Adı	Sembol	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spin
Foton	γ	0	0	1
Gluon	g	0	0	1
Graviton	G	0	91200	2
W	W	-1, +1	80400	1
Z	Z	0	91187	1
Higgs	H	0	126000	0

3. BOZONLARIN ETKİ ETTİĞİ KUVVETLER

Bozonlar dört temel kuvvete etki etmektedirler. Bu dört temel kuvvet şunlardır:

Zayıf Çekirdek Kuvveti, Şiddetli Çekirdek Kuvveti, Kütle Çekim Kuvveti ve Elektromanyetik Kuvvettir.

3.1. Zayıf Çekirdek Kuvveti

Bazı radyoaktif bozunmaların olmasını sağlar. Örneğin; bir radyoaktif bozunma olan beta bozunması zayıf çekirdek kuvvetleri tarafından sağlanmaktadır. W, Z ve Higgs bozonları zayıf çekirdek kuvvetleri oluşmasını sağlar. Zayıf çekirdek kuvvetleri kuarklar ve leptonlar üzerinde etkilidir (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)).

3.2. Şiddetli Çekirdek Kuvveti

Çekirdek içinde kuarkların bir arada tutunmasını sağlar. Gluon bozonları şiddetli çekirdek kuvvetinin oluşmasını sağlar (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)). Örneğin; bir atomda birden fazla proton olduğu zaman aynı yükler birbirini iter ilkesine göre protonlar birbirlerini iter. Gluonlar protonları bir arada tutarak atomun parçalanmasını engellemektedir. Gluon bozonunun protonları bir arada tutan kuvveti protonların birbirlerini itme kuvvetinden daha büyük olduğu için Gluon bozonları şiddetli çekirdek kuvvetinin oluşmasını sağlamaktadır. Gluon bozonu sadece kuarklara etki ettiği için şiddetli çekirdek kuvvetleri sadece kuarklar üzerinde etkilidir.

3.3. Kütle Çekim Kuvveti

Kütlesel tüm parçacıkların birbirini çekmesini sağlayan kuvvettir. Graviton bozonu kütle çekim kuvveti oluşmasını sağlar. Bütün parçacıklar arasında etki eder. Güneş sistemini bir arada tutan kuvvet budur (Terazawa ve ark. (1982); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004); Mahmoud (2004)). Maddeler arası kütle çekim kuvveti (F);

$$G \frac{m_1 \times m_2}{d^2} \quad (4)$$

formülüyle bulunur. Burada m_1 birinci cismin kütlesi, m_2 ikinci cismin kütlesi, d cisimler arası uzaklık ve G kütle çekim sabiti olup değeri 6.7×10^{-11} Nm²/kg²'dir (Kg: kilogram, N:Newton, m²: metre kare).

3.4. Elektromanyetik Kuvvet

Elektromanyetizma; elektriksel; manyetik ve kimyasal olayların oluşmasını sağlayan kuvvettir. Foton bozonu elektromanyetik kuvvet oluşmasını sağlar. Elektromanyetik kuvvetler fotonlar tarafından oluşturulduğu için kuarklar ve leptonlara etki ederler (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)).

4. MADDE-KARŞIT MADDE ÇARPIŞMALARI

Bir madde ile karşıt madde çarpıştıkları zaman parçacıklar ile karşıt parçacıkları birbirlerini yok edebilir ve bu esnada büyük miktarlarda enerji açığa çıkarabilirler. Çarpışma sırasında açığa çıkan enerji değişik formlara dönüşebilir. Örneğin, elektron (e^-) ve pozitron (e^+) aynı kütle ve yüke sahiptir, ancak yüklerinin işareti zıttır. Bu parçacıklar çarpıştıklarında aşağıdaki denklemde de görüldüğü gibi birbirlerini yok eder ve "gama ışını" olarak enerjiye dönüşür (Beskidt ve ark. (2013)).

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma \quad (5)$$

(Petrusevski and Pejov (2005); Beskidt ve ark. (2013)).

Elektron ile pozitronun çarpışmasında açığa çıkan enerji, Einstein'ın kütle enerji eş değeri formülünden hareketle;

$$E = (m_e^- \times c^2) + (m_e^+ \times c^2) \quad (6)$$

$$E = (m_e^- + m_e^+) \times c^2 \text{ ise } m_e^- = m_e^+ = m_e \quad (7)$$

olduğundan

$$E = 2 \times m_e \times c^2 \quad (8)$$

olur ve

$$E = 2 \times (0.51 \times c^2) \text{ ise } E = 1.02 \text{ MeV} \quad (9)$$

olur.

$$e^- + e^+ \leftrightarrow \gamma \text{ denklemi tersinir } (\gamma \leftrightarrow e^- + e^+) \quad (10)$$

olduğundan yeterli enerjiye sahip iki gama (γ) fotonu çarpıştığında enerji, maddeye dönüşebilir. Gama ışınlarının çarpışmaları sonucunda oluşan elektron ve pozitron izler bırakır (İnternet 5; İnternet 6).

Örneğin, 1.02 MeV enerjili gama fotonları elektron ve pozitron çifti oluşturabilir. Ancak böyle bir süreçte $\gamma \leftrightarrow e^-$, $\gamma \leftrightarrow e^+$ ve $\gamma \leftrightarrow e^- + p$ reaksiyonları tek başına görülmez (İnternet 5; İnternet 6). Gama fotonlarının sahip olduğu enerji;

$$E = h \times f \times (h \times f \rightarrow e^- + e^+) \quad (11)$$

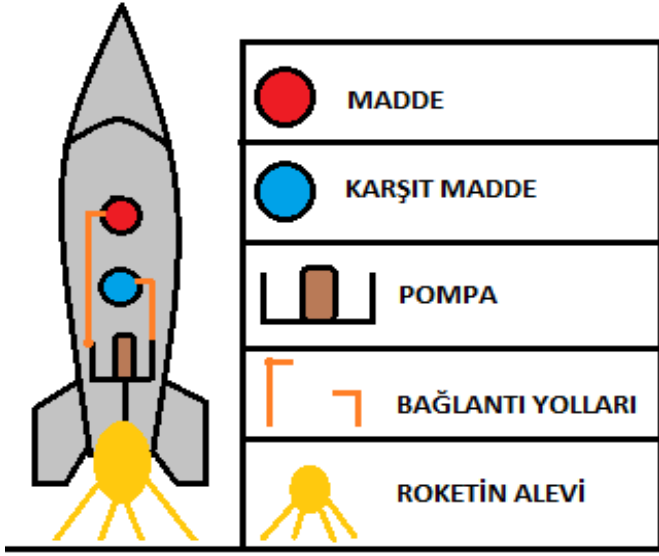
eşitliğinden yararlanılarak bulunabilir.

Burada; h , Planck sabitidir ve değeri 6.62×10^{-34} Joulesaniye'dir. f ise oluşan fotonun frekansdır ve SI birim sisteminde birimi s⁻¹ veya Hertz'dir.

Karşıt parçacıklardan yararlanılarak geliştirilen pozitron salma tomografisi sayesinde tıpta, beyin ve kalbin işleyişine dair teşhisler konulabilmektedir. Örneğin, beyin kanaması geçiren bir hastanın beyninin hangi bölgesinde kanama olduğunun tespit edilebilmesi için beyin tomografisi çekilmelidir. Bunun için hastaya öncelikle pozitron yayan radyoaktif madde, glikoz çözeltisi ile enjekte edilmektedir. Beyne ulaşan radyoaktif maddeden yayılan pozitronlar elektronlar ile çarpışır. Bu çarpışma sonucunda yayılan gama ışınları, pozitron salma tomografisi taraması ile belirlenir ve beyne ait görüntüler, bilgisayarlar aracılığıyla elde edilir. Beyindeki damarlar içerisinde ilerleyen radyoaktif maddeden çıkan pozitronların oluşturduğu gama ışınlarının bilgisayar ekranındaki görüntüsü, düzgün bir yol izlemektedir. Bu izlerin düzgün olmadığı bölgelerden yola çıkılarak hasarlı damarlar belirlenebilir. Pozitron salma tomografilerinin çalışması prensibi, pozitron ile elektronun çarpıştırılması sonucunda saçılan gama ışınlarının taranması ile hasarlı bölgelerin belirlenmesine dayanmaktadır. Tıpta kullanılan bu teknolojinin parçacıklarla ilgili çalışmalara dayanması, bu alandaki araştırmaların önemini ortaya koymaktadır (Wells ve ark. (2009)).

2000'li yıllara gelindiğinde karşıt madde ile ilgili önemli sayılabilecek teknolojik gelişmeler yaşandı. NASA (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)'de çalışan bir grup bilim insanı Şekil 2'de modellendiği gibi karşıt madde roketi tasarımı yaptıklarını açıkladı. Karşıt madde roketi, çok uzak mesafelerin az yakıtla kısa sürelerde alınabilmesi için tasarlanan bir roket çeşididir. Karşıt madde roketlerinde madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu oluşan büyük miktardaki enerjinin, roketin hareketi için gerekli itme gücünü oluşturması planlanmaktadır. Bu

reaksiyonlarda açığa çıkan enerji, nükleer fisyon reaksiyonları sonucu oluşan enerjiden 1000 kat, nükleer füzyon reaksiyonları sonucu oluşan enerjiden ise 300 kat daha fazladır (Nutt (2002); İnternet 7)).



Şekil 2. Madde- Karşıt Madde İle Çalışan Roket Modeli (Öztürk (1989), İnternet 8)):

Tablo 5'te görüldüğü gibi madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu açığa çıkan yaklaşık enerji miktarı, diğer reaksiyonlardan açığa çıkan yaklaşık enerji miktarından çok fazladır.

Tablo 5. Madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu oluşan enerji miktarı (Öztürk (1989)):

Madde Miktarı (kg)	Reaksiyonda Kullanılan Madde Türü	Yaklaşık Enerji Miktarı (Joule)
1	Benzin	9.1×10^6
1	Uranyum	8.2×10^7
1	Proton-Karşıt proton	9×10^{10}

Karşıt madde roketi kullanan bir uzay aracının 10 miligramlık karşıt madde ile insan taşıyan roketin 45 günde Marsa ulaşabileceği düşünülmektedir (Nutt (2002); İnternet 8; Öztürk (1989); İnternet 9)).

5. PARÇACIKLARIN ENERJİ KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Parçacıklar sayesinde enerji kaynakları oluşmaktadır. Proton iki yukarı bir aşağı (u, u, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak protonun yükü $(+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}) = +1$ olur. Proton kararlı haldedir. Nötron ise bir yukarı iki aşağı (u, d, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak nötronun yükü $(+\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}) = 0$ olur. Bu nedenle nötronun yükü sıfırdır. Nötron kararsız haldedir. Lepton grubunda olan elektron -1 yüklüdür. Elektriksel ve kimyasal etkileşimi elektron gerçekleştirir. Elektronların iletken ortamda hareket etmesi sonucu elektrik akımı oluşmaktadır. Eşit sayıda proton ve elektron bulundurarak nötr olan gama ışınları Elektron, Proton veya Nötronların hareketi sonucu ortaya çıkan elektromanyetik enerjidir. Gama ışınması sayesinde ısı enerjisi de açığa çıkar. Elektromanyetik enerji ile bitkilerin gelişimine olumlu katkıda bulunulabilir.

Foton bozonunun elektron hareketini sağlayarak fotoelektrik olay meydana getirmesi sonucu Güneş pilleri sayesinde ışıktan elektrik enerjisi üretilebilmektedir.

Atom çekirdeğinden 2 proton ve 2 nötron ayrılması sonucu alfa ışınları oluşur. Alfa ışınları sayesinde elementler birbirlerine

dönüşebilir ve enerji elde edilebilir. Benzer durum beta (B^-) ışınmaları için de geçerlidir. Atom çekirdeğinden 1 proton ve 1 nötron ayrılması sonucu oluşan beta ışınları ile de elementler birbirlerine dönüşür ve enerji elde edilebilir. Atom çekirdeğinde pozitron ayrılması yani 1 protonun bir nötrona dönüşmesi ile pozitron (B^+) ışınması oluşur. Bunun sonucunda aynı elementin izotopları oluşmaktadır. Tüm bu ışınlar sonucu ısı enerjisi açığa çıkar. Ayrıca laboratuvar ortamında Alfa, Beta ve Pozitron ışınları sonucunda Nükleer santrallere yüksek oranda saflaştırılmış uranyum gibi yakıt maddesi üretilmektedir (İnternet 9).

Parçacıkların birbirleriyle etkileşimleri sonucu oluşan Radyo dalgaları sayesinde çok uzak mesafelere kadar ses veya görüntü sayesinde veri akışı sağlanmaktadır. Cep telefonları, radyo, televizyon gibi aletler radyo dalgaları sayesinde veri akışını sağlamaktadır (İnternet 10).

Parçacıkların birbirleriyle etkileşimleri sonucu açığa çıkan mikrodalga ışınlar, yemeklere etki ederek yemeklerdeki bazı moleküllerin titreşim hızlarının (kinetik enerjilerinin) artmasına sebep olmakta ve yemeklerin daha erken pişmesini sağlamaktadır (Raj ve ark. (2013); Kaiser (1983)). Böylece enerji tasarrufu sağlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca mikrodalgalar sayesinde ısı ile elektrik üretilebilir.

Higgs bozonu sayesinde enerjinin kütleye dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Eğer bu gerçekleşirse özelliğini kaybeden maddeler Higgs bozonun kullanılarak enerji ile tekrar eski hallerine dönüştürülecektir. Böylece Nükleer santraller vb. yerler için yakıt sorunu çözülecek ve enerji üretim maliyeti düşerek enerji üretimi artacaktır.

Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan radyoaktif maddelerin kütleleri büyük oranda enerjiye dönüşmektedir. Higgs bozonu sayesinde enerjiye dönüşen kütle tekrar eski haline dönüştürülecektir. Böylece geri dönüşüm sağlanacaktır. Çürüyen maddeler de çürürken çevresine enerji vermektedir. Higgs bozonu sayesinde çürüyen maddelerin de geri dönüştürülmesine katkı sağlanacaktır.

Ultraviyole ışınlar sayesinde canlılar D vitamini alır (Everett ve ark. (1966)). Ultraviyole ışınlar fosforlu maddelere geldiği zaman görünür ışık açığa çıkar. Floresan lambalarda elektrik akımı ile ultraviyole ışın üretilir. Üretilen ultraviyole ışınlar fosforla kaplanan cama çarptığında görünür ışık oluşur (Everett ve ark. (1966); Gribben (2004)). Böylece ışık enerjisi oluşmasını sağlar.

Kızılötesi ışınlar da parçacıklar sayesinde oluşmaktadır. Kızılötesi ışınlar ısı enerjisi oluşmasını sağlamaktadır. Kızılötesi ışınların oluşturduğu ısı, moleküllerin ısınmasına ve moleküllerin hareket hızlarının artmasına sebep olur (Lytle ve ark. (1993); Bendiganavale ve Malshe (2008)).

Madde karşıt madde çarpışmaları sonucu çok büyük oranda enerji açığa çıkmaktadır. Örneğin elektron ile pozitronun çarpışması sonucu açığa çıkan enerji bir roketi çok daha hızlı ve daha kısa zamanda uzağa gidecek şekilde hareket ettirmektedir. Bozonlar etki ettiği parçacıkların spinlerini, momentumlarını, elektrik yüklerini, kütlelerini etkileyebilirler. Buna bağlı olarak da parçacıklardan üretilecek enerjiyi veya parçacıklara verilecek enerjiyi de etkiler.

Aynı kutuplu iki mıknatısın birbirini itmesi, zıt kutuplu mıknatısların birbirlerini çekmesi bozonlar sayesinde gerçekleşmektedir. Ayrıca bir bobinin etrafında mıknatıs hareket ettirilmesi sonucu elektrik enerjisi oluşması da mıknatıstaki bozonların Proton, nötron gibi kuraklara ve elektron gibi leptonlara etki etmesi sonucu oluşmaktadır. Bozonlar elektronlara, protonların uyguladığı çekim kuvvetinden daha fazla itme kuvveti uygular. Böylece elektron yörüngelerinden dışarı çıkar ve hareket ederek elektrik akımını oluştururlar. Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) jeneratörlerinde bobinin

mıknatıs etrafında hareket etmesi sonucu elektrik akımı üretilmesi bunun kanıtıdır.

DC ve AC jeneratörler Rüzgar Türbinlerinde, Hidroelektrik Santrallerinde, Jeotermal enerji santrallerinde, Nükleer santrallerde, Termik santrallerde vb. yerlerde elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Bu durum parçacıkların enerji kaynağı oluşmasını sağladığının bir başka kanıtıdır.

Parçacıkların enerji kaynaklarının temeli olduğunun sayılamayacak kadar örneği vardır. Konu kısaca özetlenirse; “Tüm maddeler lepton, kuarklardan oluşmuştur. Bu nedenle hayatın ve enerji kaynaklarının temeli parçacıklardır. Sonuç olarak Parçacıklar elektriğin, manyetizmanın, elektromanyetizmanın ve radyasyonun oluşmasını sağlar. Enerji Kaynakları parçacıklar sayesinde vardır” bilgisi ortaya çıkar.

Kaynaklar

Bendiganavale, A.K. and Malshe, V.C. 2008. Infrared Reflective Inorganic Pigments. Recent Patents on Chemical Engineering 1(1), 67-79.

Beskidt, C., Boer W., Kazakov D., 2013. A comparison of the Higgs sectors of the CMSSM and NMSSM for a 126 GeV Higgs boson. Physics Letters B 726(4-5), 758-766.

Bouchiat, C., Iliopoulos, J. and Meyer, P.H. 1972. An Anomaly-Free Version of Weinberg's Model. Physics Letters B 38(7), 519-523.

Das, A., Ferber, T. 2003. Introduction to Nuclear and Particle Physics. World Scientific Publishing Company, (2. Baskı), 399 s, London.

Everett, M.A., Yeagers, E., Sayre, R.M. and Olson, R.L. 1966. Apenetration of Epidermis By Ultraviolet Rays”, Photochemistry and Photobiology, 533-542. (Article first published online: 25.06.2009).

Frönlich, H. 1980. The Bioligal Effects of Microwaves and Related Quenstions. Advances in Electronic and Electron Physics, 85-152.

Gribben, J. 2004. The Scientists; A History of Science Told Through the Lives of Its Greatest Inventors. Random House, 424-432.

Griffiths, D. 2004. Introduction to Elementary Particles. Wiley VCHV Verlag GmbH&Co. (1. Baskı), 392 s., Federal Republic of Germany.

İnternet 1. Yukawa Hideki, Britannica Encyclopedia, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/654820/Yukawa-Hideki> (05.08.2013).

İnternet 2. Light: Particle or a Wave? <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/particleorwave.html> (21.08.2013).

İnternet 3. Origins of Quantum Theory. http://www.pitt.edu/~jdnorton/teaching/HPS_0410/chapters/quantum_theory_origins/ (03.04.2013).

İnternet 4. New results indicate that particle discovered at CERN is a Higgs boson. <http://press.web.cern.ch/press-releases/2013/03/new-results-indicate-particle-discovered-cern-higgs-boson> (11.06.2013).

İnternet 5. Madde-Antimadde Çarpışmaları http://www.engr.psu.edu/antimatter/Papers/NASA_anti.pdf (14.09.2013)

İnternet 6. Atomlardan Kuarklara, Atomaltı Temel Parçacıklar <https://file.ac/3xfRuSyjWbs/Unite6.pdf> (27.02.2015).

İnternet 7. Madde Antimadde Çarpışmaları http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter_spaceship.html (10.07.2013)

İnternet 8.Improved Antimatter Spaceship for Mars Missions http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter_spaceship.html (10.07.2013)

İnternet 9. How Long Does It Take To Get To Mars? <http://www.universetoday.com/14841/how-long-does-it-take-to-get-to-mars/> (16.09.2013).

İnternet 10. Alpha, Beta and Gamma Radioactivity. Royal Society of Chemistry, Registered Charity Number 207890. Online: http://www.rsc.org/images/essay3_tcm18-17765.pdf

Jadach, S., Ward, B.F.L., and Was, Z. 1991. The Monte Carlo Program KORALZ, Version 3.8, for the Lepton or Quark Pair Production at LEP/SLC Energies. Computer Physics Communications 66(2-3), 276-292.

Kaiser, F. 1983. Thery of Resonant Effects of RF ond MW Energy” In Michaelson, S. (Ed), Biological Effects and Dosimetry of Nonionizing Radiation, Plenum Pub., 251-282, New York.

Lichtenberg, D. 2007. The Universe and The Atom. World World Scientific Publishing Company, (1. Baskı), 328 s, Singapore.

Lytle, C.D., Cyr, W.H., Bira, J.Z., Miller, SA, James, R.H., Landry R.J., Jacobs, R.A., Kaczmarek R.G, Sharkness C.M, Gaylo,r D., 1993. An Estimation of Squamous Cell Carcinoma Risk from Ultraviolet Radiation Emitted by Fluorescent Lamps. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 9(6), 268-74.

Mahmoud T. 2004. Development of the readout chamber of the ALICE transition radiation detector and evaluation of its physics performance in the quarkonium sector. Dissertation Ruperto-Combined Faculties of Natural Science and Mathematics, Carola University of Heidelberg, Germany.

Nutt, R. 2002. The History of Positron Emission Tomography. Molecular Imaging&Biology 4(1), 11-26.

Petrusevski, V.M. And Pejov, L. 2005. The $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ Process. A Useful And Intuitive Analogy To Relativistic Quantum Mechanical Explanation In Undergraduate Radiochemistry Courses. Chemistry, 14(2), 93-98.

Öztürk, G. 1989. Antimaddeyle Yıldızlara Yolculuk. Bilim ve Teknik Dergisi, 16-19.

Raj, Y., Ahuja, Sharma, S. and Bahadur, B., “Autism: An Epigenomic Side-Effect of Excessive Exposure to Electromagnetic Fields”, International Journal of Medicine and Medical Sciences, 5 (4), 171-174, Nisan 2013.

Serway, R.A. and Beichner, J. 2000. Physics for Scientists and Engineers With Modern Physics. Saunders College Publishing.

Simon, B. 1977. Functional Integration and Quantum Physics. Akademic Press INC. LTD. London.

Shupe, M.A. 1979. A Composite Model of Leptons and Quarks. Physics Letters B 86(1), 87-92.

Taylor, J.R., Zafiratos, C.D. And Dubson, M.D. 2008. Physics for Scientists and Engineers With Modern Physics. Lecturer Publishing.

Terazawa, H., Yasuè, M., Akama, K. and Masaki, Hayashi M., 1982. Observable Effects of the Possible Sub-Structure of Leptons and Quarks. Physics Letters B 112(4-5), 387-392.

Wells, R.G., deKemp, R.A., Beanlands, R.S.B. 2009. Positron Emission Tomography Instrumentation, pp. 25-45. Online: <http://web.unipar.br/~berg/Fundamentos%20de%20Imagens%20Medicas%20-%20Cardiologia/Positron%20Emission%20Tomography%20Instrumentation.pdf>

Zuchelli, P., 2002. A Novel Concept For A $\bar{\nu}_e / \nu_e$ Neutrino Factory: The Beta-Beam. Physics Letters B 532(3-4), 166-172.



Deprem öncesi ve sonrası gözlenen beton ve donatı korozyonları ile kısa kolon hasarlarının incelenmesi

Varol KOÇ¹

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Kurupelit/ SAMSUN, kvarol@omu.edu.tr

(Dergiye gönderilme tarihi: 15 Ekim 2015, kabul tarihi 24 Aralık 2015)

Özet

Kolon uçlarındaki beton ve donatı korozyonu, genelde bodrum katlarda, bu çalışmada açıklanacak olan çeşitli nedenlerden ötürü bazen mevcut olan kısa kolonların olumsuz davranışını ilerletebilir. Bodrum katlarında kısa kolon yoksa bile, korozyon etkisiyle, zayıflamış kolonlar ya basınç göçmesinden ya da kısa kolon davranışına benzer şekilde ani kesme kırılmalarından göçebilmektedirler. Gerek daha çok bodrum kat kolonlarının etkilemeleri ve birlikte görülmeleri halinde daha büyük ve çabuk bir hasara neden olmaları, gerekse hasar oluşturma mekanizmalarındaki benzerlik açısından deprem sonrası araştırmalarda kısa kolon ve korozyon hasarlarını birlikte incelemenin ve mukayese etmenin önemi vardır. Bu nedenlerle bu çalışmada, çeşitli deprem öncesi ve sonrası yapılmış hasar tespit çalışmalarına dayanılarak korozyon ve kısa kolon hasar ve davranışları özetlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, kısa kolon, beton korozyonu, donatı korozyonu, yapı davranışı

Investigation of observed before and after earthquake the corrosion of concrete and reinforcement with damage in a short column

Corrosion of concrete and reinforcement on column ends can improve of existing short column of negative behavior. Even if short columns in the basements, the effects of corrosion, the weakened columns can migrate from the collapse of pressure or the sudden shear failure similar to short column behavior. Short column and corrosion damage affects more than basement columns. If seen together they caused greater and rapid damage. There are also similarities in the mechanism to create damage. For these reasons there are important factors of the examination and comparison of short column and corrosion damage in earthquake research. In this study, corrosion and short column damage and behavior have been summarized based on a variety of pre- and post-earthquake damage assessment made.

Keywords: Earthquake, short column, concrete corrosion, reinforcement corrosion, structural behavior

1. Giriş

Yüksek maliyetlerle elde edilen yapılar, ekonomik ömrünü tamamlamadan maalesef korozyon nedeni ile kısa sürede taşıma kapasitesini yitirmektedir. Korozyon, atmosferin (açık hava, yağmur, kar, don, güneş), kimyasalların, deniz suyunun ve yağmur- zemin sularındaki sülfatın etkisi gibi etkenlerle, yapıda beton ve donatıların bozulmasıdır. Korozyonun başlaması ile hiç önlem alınmamış, bakım yapılmamışsa, bahsedilen ortam etkilerinin şiddetine bağlı olarak duruma göre 8- 10 yıl içinde bile bu elamanlar bütün taşıyıcı fonksiyonlarını yitirmektedirler. Korozyon etkisi tespit edilen yapıların kısa surede uygun bir şekilde onarılması ve bu etkilerden korunması ile ilgili yalıtım işlemlerinin yapılması gerekir. Ülkemizde genelde ne yazık ki, yapı ve can güvenliği açısından deprem kadar önemli olan beton-

donatı korozyonuna karşı pek bir önlem alınmadığı ve bu bağlamda beton kalitesine ve donatı pas paylarına yeteri kadar özen gösterilmediği bilinmektedir. Bu durumlarda korozyon nedeniyle donatı hacmi artmakta ancak taşıyıcı kesiti azalmakta ve hatta yok olmaktadır. Beton kalitesinin zayıf oluşu nedeniyle de donatının hacminin büyümesi sonucu, zaten az olan beton örtüsü parçalanmakta ve su basman seviyesi altındaki kısa kolonlar aniden düşey yer değiştirmeye uğrayarak yapıların göçmelerine neden olabilmektedir.

Betonarme bir yapı için en kötü çevre koşulları, zemin ve çevredeki aşırı tuz oranı, aşırı sıcaklık ve nem olarak özetlenebilir. Böyle bir çevre ile kötü inşaat uygulamaları ve zayıf beton imalatının etkileşimi sonucu, betonda karbonatlaşma ve sülfat tuzlarının betona hücumu ile donatıyı koruyucu pas payının

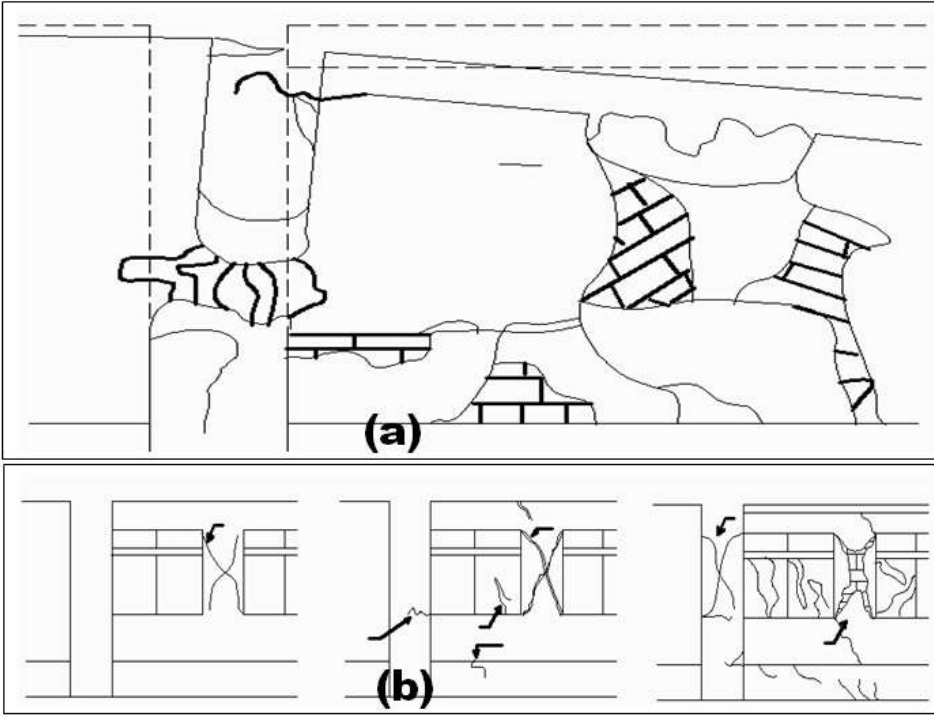
¹ 0542 210 86 76- 0362 312 19 19 - 10 76 kvarol@omu.edu.tr

ayrışması, klorun donatıya hücumu ve ortamdaki oksijenle birlikte donatının paslanması yani korozyon meydana gelmektedir. Kesitlerini kısmen veya tamamen kaybeden boyuna donatı ve etriyeler, yük taşıma özelliklerini kaybederek aniden burkulmakta ve betonarme bir yapının kısmen veya bütünüyle göçmesine neden olabilmektedir. Özellikle su basman seviyesi altında kalan kısa kolonların donatısının, korozyon nedeniyle nerdeyse yok olması, kesiti yetersiz hale gelen etriye ve boyuna donatının kötü kalitedeki betonu patlatarak aniden burkulması ile yapıda meydana gelen ani düşey yer değiştirme, yapının yıkılmasına neden olur. Yapı denetiminin ve kalite kontrolünün önemini burada özellikle vurgulamakta yarar vardır. Bu gün deprem bölgesinde bu sorunun en az deprem hasarları kadar önemli bir sorun olduğunu unutmamak gerekir. Korozyona ve ondan doğacak yapısal hasarlara karşı önlemlerin hızlı bir şekilde alınması şarttır.

Bilindiği üzere depreme dayanıklı yapı kavramının 3 sac ayağı vardır: Dayanım, süneklilik ve rijitlik. Ancak bu özelliklerin sürekliliğini sağlaması açısından bunlar kadar önemli diğer bir kavram da, dayanıklılık yani durabilitedir. Dayanıklılığı düşük yapı elemanları, hele taşıyıcı sistem elemanları iseler, su, nem, sıcaklık değişimi gibi dış etkilerden zarar görüp bozulma ve tüm istenen iyi özelliklerini kaybetme eğilimindedirler. Korozyon, bu özellik kaybının en büyük nedenidir. Bununla birlikte, korozyonun sadece donatıda geçerli olan bir bozulma olmadığını, en az onun kadar önemli olan, beton korozyonunun da önlenmesi gerektiğinin üzerinde durulması gerekir. Zira bilindiği üzere dayanımını almış betonun en büyük düşmanı sudur. Eğer beton, gerek hava sürükleyici ve/ve ya kimyasal-mineral katkılarla, gerekse usulüne uygun karıştırma, taşınma, yerleştirme ve düzeltme işlemleriyle, geçirimsiz, dış koşullara dayanıklı yani durabilite sahibi olamamışsa, hele sürekli nem ve suya maruz kalıyor, yapı elemanının olduğu yerde sağlıklı bir su yalıtımı ve drenajı yapılmıyorsa, beton korozyonu büyük önem kazanır. Zira agrega çatlaklarındaki ve/veya matristeki serbest su, iklimsel değişikliklerle donarak hacim büyütürken çatlakları genişletir, çözülürken gevşetir ve tersinir yüklemeye etkisi yaparak matrisin ve agreganın ufalanmasına neden olur. Ayrıca suya maruz kaldıkça, agrega ile çimento hamuru arasındaki aderans, tıpkı donatı korozyonunun donatı ile beton arasındaki aderansı bozması gibi bozulur. Betonun içten çürümesi, çatlaması, çatlaklara giren ve mevsimsel şartlarla donma çözülme yaparak hacmi azalıp genişleyen suyun betonu daha da çatlatması, agregayla çimento hamurunu iyice ayrıştırması, hatta agrega

tanelerini parçalaması nedenleriyle, durabilitesi düşük, dayanıksız beton, başlangıç dayanımı ne kadar yüksek olursa olsun, dayanımsız ve sonuçta elemanı göçmeye götürecek bir beton olmaya adaydır. Bu nedenle betonun üretim aşamasında ve bakımında beton korozyonunu engelleyici her türlü önlemin alınması şarttır.

Kısa kolon davranışına neden olan bir çok unsurdan bazıları ve sonuçları ise şu şekilde özetlenebilir: Eğer Şekil 1(a)' da görüldüğü gibi, kat yüksekliği boyunca, kolona bitişik olarak bölme duvarın bir kısmı örülmüş ve kolona komşu duvar alanının bir kısmı cam, vitrin, vb. nedenlerle boş bırakılmışsa, kolon, boyu boyunca duvarla komşu olduğu yüzeylerinden bölme duvar desteği alarak bir nevi ankastre kolon davranışı gösterecek ve sadece bölme duvarı desteği almayan uzunluğu boyunca serbest çalışacaktır. Bu durumda kolon çalışma boyu kısalmış olduğundan, boyun kesit alanına oranı olan narınlığı küçülmüş, yani kolon daha rijitleşmiş olacaktır. Özellikle deprem yatay kuvvetleri altında, yatay rijitliği büyük elemanlar daha çok deprem kuvvetini üstüne çekip karşı koyacağından, kolon, hesaplama tespit edilen kesit alanına göre olması gerekenden daha çok yüke maruz kalacaktır. Bunun sonucunda yatay yüklerin büyümesi nedeniyle, ankastre gibi davranmış olduğu uçtan aşırı kesme kuvvetlerine maruz kalarak, kesme kırılmasıyla göçme eğiliminde olacaktır. Bölme duvara komşu yüzeylerinin yanal ötelenmesinin sınırlandırılmış olması, kolonun boşta kalan yüzeylerinin yanal ötelenmesini artıracak, böylece tersinir deprem yükleri altında mafsallaşma geliştirmesi de kolaylaşacaktır. Tüm bu etkilerle, eğer kritik olan duvar boşluğu seviyesinde sargı donatısı kullanılmamış (etriye sıklaştırılması yapılmamış), donatı detaylandırmalarına dikkat edilmemiş, artan yanal yüklerin kolon yüzeylerinde oluşturacağı eğilme çekmelerini karşılayacak seviyede boyuna ana donatılar konulmamış, beton dayanımına ve sıkıştırılmasına dikkat edilmemişse, Şekil 1'a da görüldüğü üzere kolon betonu parçalanmaya, donatıları burkulmaya başlayacak, kolonun aşırı ötelenmesi ve boy kısalmasıyla sistem mekanizma ve göçme durumuna gelecektir. Benzer durum yine Şekil 1(a) ve (b)' de görülen, pencere aralarına örülmüş düşey- dar duvarlar için de geçerlidir. Şekil 1(b)' de görüldüğü gibi, çatlaklar önce bu tür duvarlarda gelişecek, pencere camları kırılacak, deprem yükleri altında en ileri bölme duvar hasarı olan diyagonal çatlak gelişimi ve duvar yarılmaları gözlenecek, depremin devam etmesiyle benzer hasarlar, betonarme elemanlarda, özellikle kısa kolonlarda da kendini gösterecektir.



Şekil 1. Kısa kolon davranışı hasarları (Bayülke (2011)).

2. Korozyon Mekanizması

Betonarme donatıları betonun yüksek alkali özellikte olmasından dolayı beton içinde korozyona uğramadan uzun süre dayanır. Alkali ortamlarda donatı yüzeyinde pasif bir oksit filmi oluşarak korozyon hızını azaltır. Diğer taraftan beton boşluklu yapıda olmasına rağmen geçirgenliği düşük bir malzemedir. Bu nedenle betonarme donatılarının korozyonuna neden olan bileşiklerin (oksijen, su ve klorür) çevreden beton içine girmesi ve donatıya kadar ulaşması güçleşir. Betonun özellikle kuru halde iken elektriksel iletkenliği de oldukça düşüktür. Bunun sonucu olarak betonarme donatılarının pratik olarak korozyona uğramayacağı söylenebilir (Doğan (2009)). Ancak betonarme donatının korozyonu ya betonarmenin yapım aşamasında beton içindeki birimlerden ya da betonarmenin servis aşamasındaki etkilerden veya birlikteki davranışlarından oluşur. Betonun porozitesi ve permeabilitesi ne derece az ise, beton içine penetre

olabilen klorür miktarı da o derece az olur ve dolayısı ile de korozyon oluşum hızı azalır. Betonun bu özellikleri başta su/çimento oranı olmak üzere, beton yapımında kullanılan agrega granülometrisine, çimento dozajına, betonun kalıp içinde sıkıştırılmasına ve dökümden sonraki ilk günlerde uygulanan kür koşullarına bağlıdır (Koç (2002)). Bu etkenler aynı zamanda betonun dayanıklılığını da etkileyen etkenler olduğundan bunların olumsuzlaşması, donatı korozyonu kadar beton korozyonunu da kolaylaştırır ve buna dayanarak donatı ile betonun korozyonuna neden olan etkenleri ve bunlara karşı alınacak önlemleri birlikte düşünmek yerinde olur. Donatı korozyonunda oluşan demir oksit büyük hacim genişmesi meydana getiren (hacim artışı %500'lere kadar ulaşabilir) sarı/kahve renkli içi boşluklu bir maddedir. Korozyona uğrayan bu donatı yüzeyinde meydana gelen hacim artışı (pas), çekme dayanımı düşük ve gevrek bir malzeme olan betonun çatlamasının ve parça atmasının önemli nedenlerinden biridir (Doğan (2009)) (Şekil 2).



Şekil 2. Korozyon sonucu pas payı betonu dökülmüş örnekler (Doğan (2009)).

Beton içine oksijen girişi iki yolla olabilir. Birincisi oksijen ile doymuş haldeki su beton içine penetre olurken oksijeni betonarme donatılarına kadar beraberinde taşır. Bu olay periyodik olarak ıslanan ve kuruyan deniz kenarında dalgalara maruz betonlarda etkili olarak yürür (Şekil 3). İkincisi hava doğrudan beton çatlak ve boşlukları içine dolarak oksijeni taşır. Eğer beton boşlukları su ile dolu değilse bu olay çok hızlı olarak gerçekleşir. Aksi halde oksijenin beton boşlukları içindeki suda çözünerek oradan betonarme donatılarına kadar çözelti içinde difüzyonunu gerekir. Betonarme donatılarının korozyonu beton boşluklarının yarıya kadar su ile dolu olması halinde ya da zaman zaman ıslanıp kuruyan betonlarda maksimum değere ulaşır (Ün (2005)). Beton

içine oksijen difüzyon hızı su/çimento oranı yanında betonun rutubet derecesine (beton boşluklarının su ile doluluk derecesine) de bağlıdır. Beton kuru halde iken su eksikliğinden, beton su ile tam doymuş halde iken de oksijen eksikliğinden betonarme donatılarının korozyonu son derece yavaştır. En şiddetli korozyon olayı, periyodik olarak ıslanan ve kuruyan betonlarda görülür (Şekil 3). Diğer taraftan köprü ayakları gibi sürekli su altında kalan betonlarda da korozyon hızı son derece düşüktür. Bu durum su içinde çözülmüş halde olan oksijenin beton içinden difüzyonunu donatı yüzeyine kadar taşınmasının güçlüğünden ileri gelir. (Doğan (2009)).



Şekil 3. Deniz kenarında korozyona uğramış yapı örnekleri (Doğan (2009)).

Beton karışımında bulunan doğal kum, çakıl, karışım suyu ve çeşitli katkı maddeleri gibi bileşenler normal halde çok küçük konsantrasyonlarda klorür içerirler. Bu klorür betonarme demirlerinin korozyonuna neden olmaz. Klorür iyonunun zararlı etkisi ancak beton içinde % 0,2 den fazla (4,5 kg Cl-/m³) veya 1 m³ de yaklaşık olarak 0,7-1,2 kg dan fazla klorür bulunması halinde söz konusu olabilir. İkincisi ve pratikte daha sık rastlanılan beton sertleştikten sonra çevreden beton içine difüzyonlanan klorür iyonlarıdır. Klorür iyonunun çukur korozyonu oluşturması yukarıdaki zincirleme reaksiyonların dar bir bölgede yürümesi sonucu ortaya çıkar. Klorür iyonu ile kirlenmiş betonlar içinde çukur korozyonu olayına sıkça rastlanır. Çevreden beton içine difüzyonlanan klorür iyonlarının pasif halde bulunan betonarme demirleri üzerindeki pasif tabakayı bozarak korozyona neden olur. Korozyon sonucu çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan kısa sürede delinmesine neden olur. Çukur tipi korozyon çok tehlikeli bir korozyondur (Doğan (2009)).

Yüksek alkali özelliği nedeniyle normal betonlar içinde betonarme demirleri pasif halde bulunur. Fakat herhangi bir nedenle beton pH derecesi düşerse pasiflik bozulur. Beton pH derecesinin düşmesine neden olan en önemli olay karbonasyon olayıdır. Karbonasyon, çevre atmosferden beton içine giren karbon dioksitin (veya SO_x, NO_x gibi diğer asit gazların) beton boşluklarında bulunan serbest kireç ile reaksiyona girmesi ile oluşur. Bu reaksiyon sonucu beton pH derecesi 9'a kadar düşebilir ve betonun pasifleştirme özelliği kaybolur (Koç (2002)). Karbonasyon olayı beton yüzeylerinde başlar ve zamanla parabolik olarak azalan bir hızla beton derinliklerine doğru ilerler. Penetrasyon hızı her şeyden önce betonun fiziksel özelliklerine bağlıdır. Yüksek kaliteli ve düşük poroziteli betonlarda karbonasyon etkisi çok azdır. Sıcak ve kuru (düşük relatif

rutubetli) ortamlarda bulunan betonlarda karbonasyon olayı daha etkilidir. Ancak penetrasyon hızı en kötü koşullarda bile ortalama 1 mm/yıl'dan daha azdır. Difüzyonla karbonasyon çok uzun bir işlemdir. 1 mm. beton kaplaması yaklaşık 1 yılda karbonatlaşır ve bunun hızı, karbonasyon madde miktarı, CO₂ difüzyon hızı, relatif nem oranı ve havadaki CO₂ oranı gibi birkaç parametre tarafından belirlenir. Beton üzerindeki çatlaklar karbondioksitin hızla ilerlemesine izin verir (Mokhtar ve ark. (2008)). Dış ortamdaki CO₂ konsantrasyonu, baca ve eksoz gazları ve endüstriyel kirlilik arttıkça karbonasyon oranı artar. Karbonasyon, beton içinde yüzeyden 10 cm'den derinlere kadar ulaşabilen bir bozulmadır (Koç ve Tuhta (2012)). Korozyona etki eden faktörler sayılamayacak kadar çoktur. Çimentonun ham maddesi bile korozyonda etkili parametrelerdendir. Bunlar kısaca şu şekilde gruplandırılabilir: 1-) Beton Kalitesi 2-) Çimento dozajı 3-) Su/çimento oranı 4-) Çimento Cinsi 5-) Beton pH'ı.

3. Korozyon Hasarları Ve Önlemleri

Ülkemiz genelinde bodrum kat düşey taşıyıcı elemanlarının beton ve donatılarının korozyonu, deprem kadar acil önlem alınması gereken önemli ve sık karşılaşılan bir olaydır. Zemin altı bölümünde kritik düşey taşıyıcı eleman uç noktalarından korozyona uğrayan yapılar, yavaş yavaş korozyonun betonda ve donatıda ilerlemesiyle, önlem alınmazsa, en çok 15-20 sene gibi bir zamanda mekanizma haline gelip, deprem olmasa bile ani gevrek kolon göçmeleriyle kısmen veya tamamen çökebilmektedir. Hele bölge, hem nemli ve yağışlı bir iklimle sahip, hem de 1. ya da 2. dereceden bir deprem bölgesi ise, küçük büyüklüklerdeki depremlerde dahi, zaten mekanizma haline yaklaşmış olan bu tür yapılar, az enerji tüketerek birden

göçebilmektedirler. Günümüz betonarme ve çelik yapılar, kendi zati ağırlıkları, servis ve sismik yüklere göre boyutlandırılır. Ancak yapılardaki deprem hasarları incelendiğinde, boyutlandırmada dikkate alınmayan korozyonun yapıların deprem hareketinden hasar görmesini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Bu nedenle, korozyonun yapılardaki deprem hasarlarına etkisi ve oluşmaması için mevcut ve planlanan yapılarda alınması gereken önlemler irdelenmelidir. Deprem, yapıda korozyon oluşumuna iki aşamada devreye girmektedir. Birincisi magnitudü küçük olan depremlerde yapıda bulunan malzeme ve düzensizlikler sonucu oluşan kılcal çatlaklardan donatıya çeşitli elementlerin difüzyonunu kolaylaştırması sonucu korozyon oluşumuna sebep olmasıdır. Birde bu etkinin yapı ömrü boyunca defalarca olması yapıyı büyüklüğü küçük olan bir depremde bile yıkımına sebep olabilir. İkincisi daha önce herhangi bir şekilde donatısı korozyona uğramış yapılar olabilecek orta büyüklükteki bir depremde kullanılamayacak derecede hasar görebilmektedir. Deprem riski olan bölgelerdeki korozyon oluşumu yapının deprem bölgesinden dolayı göreceği sismik kuvveti artırmaktadır. (Doğan (2009)). Gerekl standartları taşımayan beton içindeki demirin 62 ayrı kimyasal reaksiyon tehlikesiyle karşı karşıyadır. Depremde hasar gören binaların yüzde 67'sinde korozyon görüldüğü ileri sürülmektedir (Koç (1998)). Büyük Marmara depremi sonrası yapılarda beton mukavemetinin çok zayıf olduğunun, zayıf betonun korozyon problemi yarattığının görüldüğü, korozyonun İstanbul'u depremden daha fazla tehdit eden bir konu olduğu, binalarda kullanılan demirlerin neredeyse eriyip bir iz halinde kaldığı belirtilmiştir (Koç (2012)).

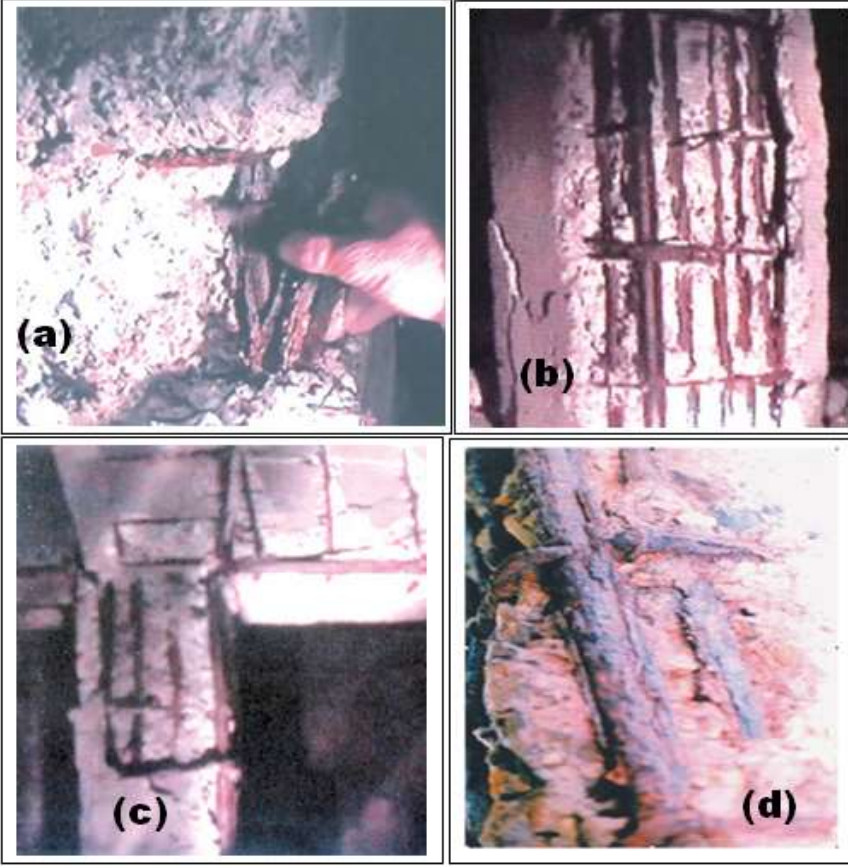
Özellikle bodrum katlardaki korozyon nedeniyle yapılar ciddi tehlike altına girer. Örneğin Şekil 4a' da, bodrum kat düşey donatı demirlerinin paslanması neticesinde demirlerin elle koparılacak duruma geldiği görülmektedir. Şekil 4b' de de, bodrum kat kolon düşey donatı demirlerinin rutubet etkisi altında paslanarak donatı kesit çaplarının paslanmak suretiyle zayıfladığı görülmektedir. Şekil 4c' de ise yine bodrum katta, kolon ve kiriş düğüm noktasında pas paylarının dökülerek donatıların korozyona uğramış hali gözükmemektedir. Şekil 4d' de de, bodrum kat kiriş demirlerinin üzerindeki pas paylarının rutubet etkisiyle döküldüğü ve boyuna donatıların çekme mukavemetini

kaybedecek derecede paslandığı görülmektedir. Bu tür korozyon hasarları sonucu, yapıya etkiyen yatay tersinir deprem kuvvetleri olmasa dahi yapı ciddi tehlike arz etmektedir. Bu tip yapılarda, mutlaka gerekli güçlendirmeler yapılarak tedbirler alınmalıdır. Şekil 5' de de korozyona uğramış çeşitli yapı elemanlarından örnekler verilmiştir.

İstanbul'un ilçelerinde korozyon ve beton dayanımı üzerine yapılan incelemelerde Çizelge 2'deki değerler bulunmuştur (Coşgun (2001)). Benzer şekilde, Eskişehirde, 17 Ağustos 1999 Büyük Marmara Depreminden sonra oluşmuş deprem hasarlarının incelenmesinde, deprem hasarlarında korozyonun etkili olduğu görülmüştür (Şekil 6) (Doğan (2009)). Ülkemizde tüm yerleşim bölgelerinde ortak olarak görülen korozyon nedenli kusurlardan bazılarını da, Urfa şehir merkezi binalarından alınan fotoğrafların verildiği Şekil 7'de görebiliriz. Şekil 7 a ve b' de gösterilen bodrum katta zeminden su çıkmakta ve çıkan su pompalar yardımıyla tahliye edilmektedir. Bodrum katta olan bu durum betonarme elemanlara zarar vermektedir. Kirişlerde beton kabuk dökülmüş ve açığa çıkan donatılar korozyona uğramıştır. Kolonlarda çok belirgin olarak rutubet olduğu görülmekte bu da kolon donatılarına zarar vermektedir. Bu bina yapılırken zemin etüdüne dikkat edilmediği ve zemini sulu zemin olmasına rağmen hiçbir tedbir alınmadığı açıkça görülmektedir. Tüm bodrum kat su almakta ve binanın yan tarafındaki rögar suları da bodrum duvarından içeri sızmaktadır; bunun içinde yalıtım tedbirleri alınmamıştır. Şekil 7 c ve d' de de, aynı binada meydana gelen çatlaklar görülmektedir. Bu çatlakların oluşma nedeni zeminin çok sulu olması ve binanın temelinin bu zemin yapısına göre projelendirilmemesinden dolayı binanın oturmasıdır. Binanın beton kalitesinin kötü olduğu betonun dökülmelerinden görülmektedir. Kolonlardaki etriyeler yetersizdir; ve beton dökülmesinden sonra açığa çıkan donatılar da korozyona uğramaktadır. Urfa şehir merkezi binalarının bir kısmında, dükkana çevrilen zemin katlarda veya bodrumda kolon ve kirişlerde su borusu, kanalizasyon borusu vs. amacıyla irili ufaklı, yer yer kiriş yüksekliğinin yaklaşık yarısı kadar delikler açıldığı tespit edilmiştir. Örneğin Şekil 7e' de, bodrum katta bir kirişte, etriyelerin açığa çıkarılarak pis su borularının monte edildiği, Şekil 7f' de bodrum kat kirişinin ortasından delinerek boru geçirildiği görülmektedir (Gümüşçü ve ark. (2004)).

Tablo 1. İstanbul'da incelenen betonarme binalarda belirlenen korozyon ve beton basınç dayanımlarının ilçelere göre dağılımı

İlçe	Toplam Bina	Korozyonun Belirlendiği Bina Sayısı	Yüzdesi (%)	Ortalama Basınç (N/mm ²)	Dayanımı
Avcılar	32	15	47	9.55	
Bahçelievler	24	13	54	10.6	
Bakırköy	14	6	43	13.8	
Büyükçekmece	6	2	33	9.2	
Küçükçekmece	10	5	50	8.8	
Kadıköy	14	8	57	11.3	



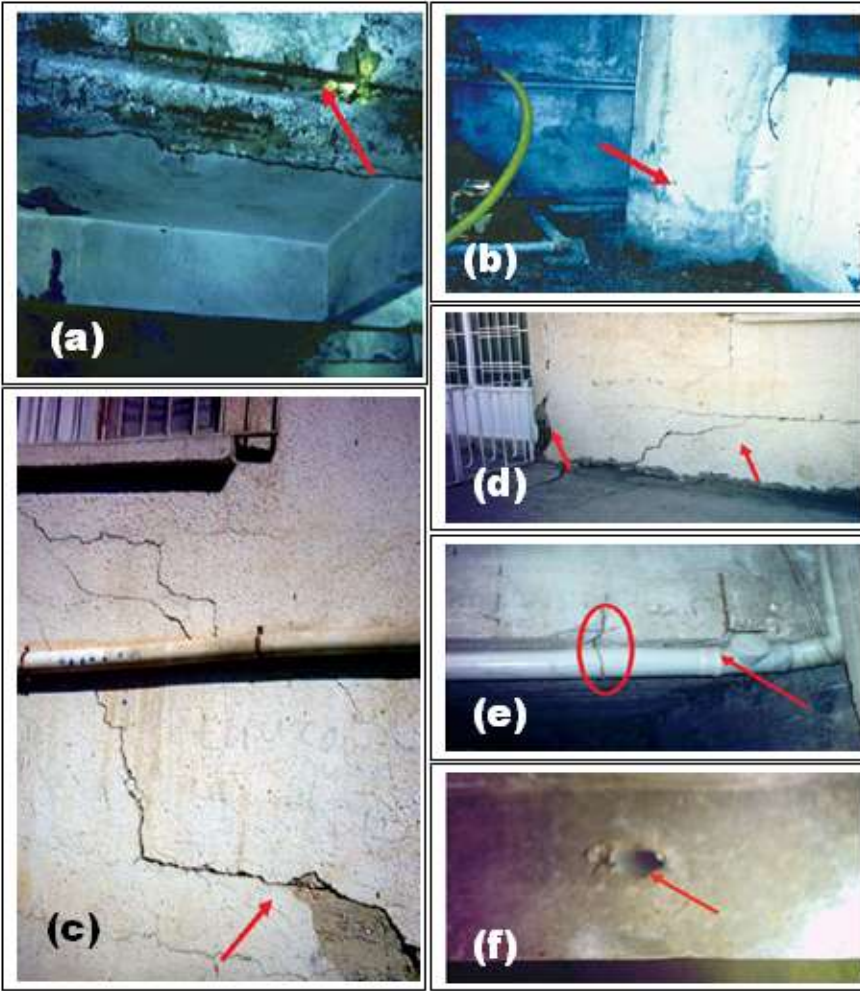
Şekil 4. Bodrum kat kolon- kiriş donatılarında korozyon örnekleri



Şekil 5. Korozyona uğramış yapı elemanları örnekleri (Doğan (2009)).



Şekil 6. 1999 İzmit depreminde Eskişehir’de hasar gören yapılarıdaki korozyonlar (Doğan (2009)).



Şekil 7. Korozyon nedeni kusur örnekleri ve sonuçları (Gümüşcü ve ark. (2004)).

Yalıtımsız yapıların çoğunda korozyon vardır. Yapılarda özellikle yeraltı suyu ve bodrum katlardaki rutubet, kolon paspayının dökülmesine ve kolon içerisindeki çeliğin paslanmasıyla oluşan kesit kaybına neden olur. Bu da yapıda çekme kuvvetini karşılayan çeliğin, görevini yapamamasına neden olur; bu durumda, yapıda hasar meydana gelmesi kaçınılmazdır. Çelik, paslanmak suretiyle korozyona uğrar ve mukavemetini kaybederek yapılarda hasara meydan verir. Bu nedenle çeliğin beton içerisinde paslanmasını önlemek için gerekli olan pas paylarının mutlaka bırakılması gerekmektedir. Ayrıca bodrum katlarda rutubet nedeni ile oluşacak paslanmayı önlemek için bodrum katlara mutlaka dışarıdan temel seviyesi altına kadar su yalıtımı yapılmalı ve sular drenaj ile uzaklaştırılmalıdır. Yine paslanmayı önlemek için çeliğin pası karşı koruyucu maddelerle kaplanarak ömrü artırılmalıdır. Bu önlemler, dolayısıyla binanın ömrünü de artıracaktır. Ayrıca bazı su veya atık su tesisatları usulüne uygun yapılmadığından, tesisatlarda su kaçaqları meydana gelmekte, bu su kaçağı da özellikle kolon, kiriş ve döşemelerde korozyona meydan vermektedir. Paslanan kolon ve kiriş donatı elemanları kesit kaybına uğramakta ve yapının taşıyıcılığını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yapılarda usulüne uygun su tesisatı ve yalıtımının yapılması zorunludur. Yapının ömrünü artırmak onun iyi korunması ile mümkündür. Mevcut yapıların bodrum katlarında havalandırma sağlanarak rutubet giderilmeli ve beton yüzeyi kimyasal etkilere karşı koruyucu boyalarla boyanmalıdır. Binalarda gerek dış gerekse de iç bölümlerde, özellikle de bodrum

katlarında, beton sıvasına dikkat edilmeli, yüzeyler sıvasız bırakılmamalı, yer yer oluşabilecek sıva dökülmeleri hemen tamir edilmelidir. Kalıp- donatı işçiliğindeki yanlışlıklarla donatının kayması ya da betonun pas payını dolduramaması gibi nedenler sonucu pas payının hatalı ve az yapılması veya yer yer yapılmaması; sonradan ortam etkileriyle pas payı betonunun dökülmesi v.b. nedenlerle donatılar kısmen de olsa dışarıda kalabilir. Bunlara kesinlikle dikkat edilmeli, hemen gerekli bakım ve tamir işleri yapılmalıdır. Binaların genel olarak bakımına özen gösterilmeli, tretuarsız bina bırakılmamalı, teretuarların da yeterli olmasına dikkat edilmeli, dış sıvalarına önem gösterilmeli, özellikle taşıyıcı sistem elemanları dışarıda su ve hava ile temas halinde bırakılmamalıdır. Bazı binalarda bodrum katlarda sağlık açısından hastalık bile yayacak durumda ağır koku ve nem olabilir. Binaların bazılarının kanalizasyon sorunu yüzünden atık su kısmen de olsa sürekli olarak zemine akabilir. Hatta bahçelerinin bataklık gibi olduğu bile tespit edilebilir (Gümüşcü ve ark. (2004)). Tüm bu olumsuzluklara hem insan hem de yapı sağlığı için kesinlikle izin verilmemelidir.

Betonun maruz kalacağı ortam etkilerine göre TS EN 206-1 den yararlanılarak çevresel etki sınıfı belirlenmeli, bu standarda ve bu standardın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standart olan TS 13515' e dayanarak söz konusu duruma uygun beton üretilip kullanılmalıdır.

4. Kısa Kolon Davranışı ve Hasarları

Kısa kolon oluşumuna etki eden, duvar yüksekliği, çerçevede duvarda bırakılan düşey boşluklar, yetersiz kayma donatısı gibi pek çok parametreden bahsetmek mümkündür. Kolon kesme kuvvetinin, sadece çerçevenin göz önüne alındığı hesaplarda verilen değerlere göre 4-5 misli artabildiği ifade edilmiştir (Gürkan ve Wasti (1993)). Benzer şekilde, çerçevedeki duvarları göz önüne alarak yapılan tasarımdaki kolon kesme kuvvetlerinin, duvarları modelmeden hesaplanan kesme kuvvetlerine göre oldukça önemli oranda arttığı görülmüştür (Çağatay (2004)). Kısa kolonda oluşan kesme kuvveti kısa kolonun yüksekliği ile ters orantılıdır. Dolayısıyla, yükseklik ne kadar kısa ise oluşacak kesme kuvveti de o kadar fazla olacaktır. Kısa kolon yüksekliği, uygulamada aydınlatma amacıyla genellikle 40-50 cm kadar bırakılmaktadır (Çağatay (2007)). Deprem kuvvetleri nedeniyle oluşacak kesme kuvvetleri kısa kolonda yeterli önlemler alınmaz ise büyük hasarlara neden olmaktadır. Genellikle proje aşamasında duvarlar modelde yer almaz; yani, tasarım aşamasında, dolgu duvarların rijitliklerinin yapı davranışına katkısı dikkate alınmamaktadır. Ancak, bu elemanların sahip oldukları rijitliğin, yapıların gerek simetrik gerekse asimetrik plana sahip olması durumunda, deprem etkisi altında, yapı davranışını etkilemesi beklenmelidir (Güney ve Boduroğlu (2006)).

Kısa kolon hasarlarıyla yurdumuzda depremler sonrasında çok sık karşılaşılmaktadır. Bu da konuya gereken önemin verilmediğinin bir göstergesidir. 1992 Erzincan depreminde zemin katlarda kısa kolon etkisi yaratan iki ayrıntı ile karşılaşmıştır. Bunlardan biri zemin kat tavanına yakın bırakılan pencereler nedeniyle kolonlar arasında yer alan dış duvarlar, ikincisi giriş kapısı üstünde kat döşemesi altında oluşturulmuş lento veya hesaba katılmayan kirişlerdir (İTÜ (1992)). 1995 Dinar depreminde de kısa kolon sorunu hasarlarda etkili olmuştur. Çoğunluğu kolonlar arasına güçlü bir duvar yerleştirilmesi ve tepede bant pencere bırakılması sonucu oluşan kısa kolonların birçoğunda önemli hasar oluşmuştur. Şekil 8a' da bu hasarlara örnek olarak, Dinar Lisesi binasından bir fotoğraf verilmektedir. Dinar'ın en önemli sanayi tesisi olan 252 işyerini barındıran Küçük Sanayi Sitesi'nde de sitenin neredeyse tüm atölye blokları depremden hasar görmüştür. Betonarme bir tip projenin uygulandığı bloklarda temel hasar nedeni proje hatasıdır. Blokların içinde yapılan galeri katı kısa kolon oluşmasına neden olmuştur (Şekil 8b). Bu şekilde görülen hasar oldukça yaygındır. Üstelik bloklar son derece hafif bir çatı örtüsüne sahiptir. Sanayi Sitesindeki hasara rağmen üretimlerini sürdürmek isteyen bazı atölye sahipleri hasarlı kısa kolonları kendi yöntemleri ile çelik elemanlar kullanarak askıya alınmış, onarmaya çalışmışlardır (Şekil 8c). Ancak temele ve üstteki kirişlere gerekli bağlantılar yapılmadığından bu çelik elemanlar sadece bir miktar düşey yük alabilecek, yatay yüklere karşı ise herhangi bir dayanım sağlamayacaktır (ODTÜ(1995)).



Şekil 8. 1995 Dinar depreminde gözlenen kısa kolon hasarı örnekleri (ODTÜ(1995)).

17 Ağustos 1999 Marmara depremi sonrası da kısa kolon hasarlarına sıklıkla rastlanmıştır. Şekil 9a' daki fotoğrafta, büyük boşluklu, düşük rijitlikli zemin kat etkisinin, kat çıkmasının ve kısa kolon davranışının birlikte oluşturdukları ağır hasar görülmektedir. Şekil 9b' de gösterilen, Yalova'da Gölcük'e gidiş yönünde deniz kenarında kalan sitelerde oldukça sık rastlanan hasarın kaynağı da kısa kolon etkisidir. Giriş ya da bodrum katının yarım kat olarak inşa edilmesiyle cephelerde oluşan kısa kolonlar aşırı yüklenmeye maruz kalmışlar ve bunun sonucu olarak Şekil 9b' de görülen sahneler ortaya çıkmıştır. Yalova merkezinde stadyumun arkasından alınan bu görüntüde tüm siteyle birlikte resimde görülmeyen çevredeki diğer bazı binaların da aynı hasara uğramış olması ilginçtir (Karaesmen (1999)).

1999 Düzce depreminden sonra Bolu civarında çekilen Şekil 10' daki fotoğraflarda da dolgu ve perde duvarlarda bırakılan bant pencerelerin oluşturduğu kısa kolon davranışı görülmektedir (Özcebe (1999)). Fotoğraftaki binanın hem zemin kat seviyesinde hem de bodrum kat seviyesinde bant pencereler mevcuttur.

Genelde tasarımda göz önüne alınmayan bu tür oluşumlar; kolon-perde ve duvarlarda çok gevrek olan kesme kırılmasına yol açmaktadır. Kısa kolon oluşumu, büyük kanatlı binalar ve bitişik nizamalarda, yaygın olarak tercih edilen mimari ve taşıyıcı sistem tasarım ve uygulamalarından dolayı, depremler sonrası sürekli karşılaşılan bu tür hasarları doğurmaktadır. Şekil 11 a ve b' de görüldüğü üzere, genellikle sanayi türü yapılarda pencereler açmak ve ışıktan yararlanmak için dış duvarlarda boşluklar bırakılmaktadır, bu da kısa kolon hasarlarına yol açabilmektedir. Şekil 11(b)' den görüldüğü gibi dolgu duvarlar düzlemleri içinde yatay yüklere karşı son derece rijit bir yapı elemanı gibi davranabilmektedir. Şekil 11(b)' deki yapıda alt kattaki tüm dış kenardaki kolonlar ağır hasar görmüş, ancak duvarlarda hemen hiç bir hasar görülmemiştir (Çağatay (2007)). Benzer şekilde, aynı depremde, Düzce bir okulda gözlenen kısa kolon hasarları da örnek olarak sunulmuştur (Şekil 12).



Şekil 9. 17 Ağustos depremi sonrası görülen kısa kolon hasarı örnekleri (Karaesmen (1999))



Şekil 10. 1999 Düzce depremi sonrası görülen kısa kolon hasarı örneği (Özcebe (1999)).



Şekil 11. (a) Kısa kolon etkisi ile hasar gören bir yapı, Adapazarı depremi. (b) Kısa kolon etkisi ile hasar gören bir yapı, Ceyhan depremi (Çağatay (2007)).



Şekil 12. 1999 Düzce depreminden sonra bir okulda gözlenen kısa kolon hasarları (İrfanoğlu (2009)).

1 Mayıs 2003 Bingöl depreminden sonra da, daha önceki depremlerde de görüldüğü gibi, yine özellikle tip ya da benzer projeye yapılmış bir çok okul binasında yıkım ya da ağır hasarla karşılaşmıştır. Bunların çoğunda kısa kolon davranışının yıkım ve ağır hasara katkısı vardır. Şekil 13’de, bir okul binasının depremden önceki ve sonraki hali görünmektedir. İşaretlenmiş bölgelerden de anlaşılacağı üzere, binanın zemin katı üzerine

çökmesinde sağ taraftaki kısa kolon davranışlarının da etkisi olduğu düşünülebilir. Yine Şekil 13’ de benzer bir projeye sahip okul binasındaki kısa kolon hasarları sunulmuştur. Aynı şekilde, Bingöl depreminin, okul binalarında oluşturduğu kısa kolon hasarlarına iki örnek de Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 13. 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminden sonra kısa kolon davranışının da etkisiyle hasar gören okul binaları (İrfanoğlu (2009)).



Şekil 14. 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminden sonra okul binalarında gözlenen kısa kolon hasarları (İrfanoğlu (2009)).

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen 7,2 Mw büyüklüğündeki Van depreminde de değişen pek bir şey olmamıştır. Yine kamu binalarında, bant pencereler nedeniyle kısa kolon hasarları gözlenmiştir. Örneğin Çevik Kuvvet Şube Müdürlüğü, MTA Doğu Anadolu Bölge Müdürlüğü (Şekil 15) gibi bazı kamu yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur. Van depremi sonrası, çerçeve açıklarında örülen yarım duvarlar ile oluşturulmak istenen bant pencereler sonucu pencere yanı kolonlarında kısa kolon durumunun oluşmasına bir örnek de Şekil 16' de görülebilir. Bu depremden sonra, çoğu deprem sonrası hasarlarında da görüldüğü gibi, kısa kolon oluşumu tarzı

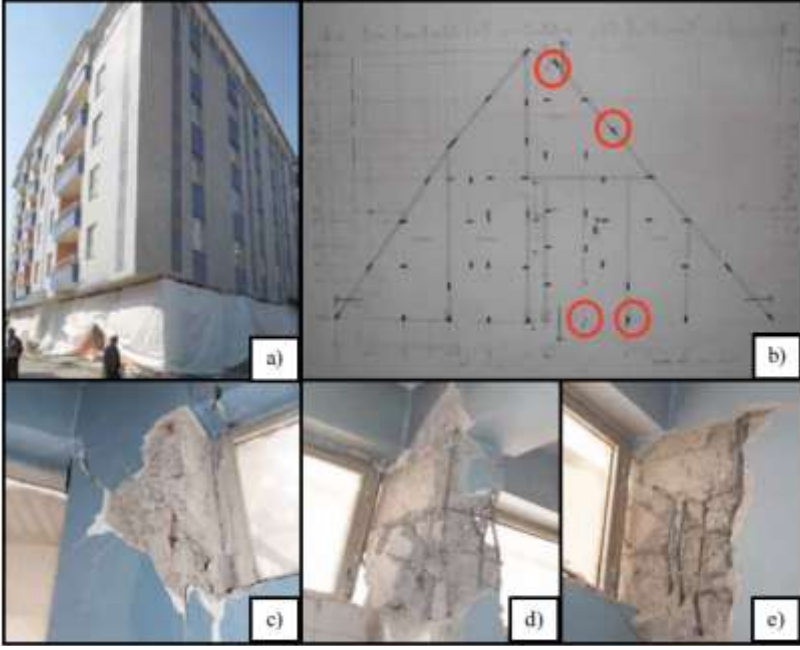
zayıflıklarla birlikte plan düzensizliği de binaların davranışını olumsuz etkilemiştir. Van' da plan alanı üçgen bir geometriye sahip olan 5 katlı yapının (Şekil 17 a, b), giriş katında bulunan ve kısa kolon tiplmesi içine giren dört kolonunda ağır yapısal hasar gözlenmiştir (Şekil 17 c, d, e). Hasarlı kolonlarda etriye kancalarının 90⁰ olduğu, yeterli sargı etkisi sağlanamadığı ve etriyelerin kanca hizalarında açıldığı gözlemlenmiştir. Çerçeve düzensizliği de bulunan yapının tüm bu zayıflıklarına rağmen ayakta kalabilmesi; açıklıklarının kısa olması dolayısıyla göçen kolonlarındaki kuvvetlerin kolonlar arası yeniden dağılımıyla açıklanabilir (Yakut ve ark. (2011)).



Şekil 15. Van depreminden sonra kamu binalarında bant pencerelerin oluşturduğu kısa kolon hasarlarına örnekler (Alan ve ark. (2011)).



Şekil 16. Van depreminden sonra görülen pencere kenarı taşıyıcı ve fonksiyonel elemanlardaki kesme hasarı örnekleri (Bedirhanoğlu ve Önal (2011)).



Şekil 17. Van depremi sonrasında, plan düzensizliği ve kısa kolon oluşumu gözlenen ağır hasarlı bina (Yakut ve ark. (2011)).

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada özellikle ülkemizde çok sık görülen ve etkileri ve binalarda genellikle etkiledikleri bodrum kat bölgeleri açısından da benzer özellikler gösteren beton- donatı korozyonu ile kısa kolon davranışı birlikte ele alınarak literatürden örnekler verilip aşağıda sunulan bazı öneriler tartışmaya açılmak istenmiştir:

Korozyonun önlenmesi için beton kalitesine önem verilmeli, yapıda işçilik iyi denetlenmeli, pas payı yapının bulunduğu çevreye göre en az TS 500 değerlerinde tutulmalı ve gerekirse paslanmayı önleyici katkı maddeleri olarak donatıya ince bir tabaka halinde sürülen ve/ veya betona katılan katkı maddeleri kullanılmalı, beton geçirimsizliğini ve dolayısıyla dış etkilere karşı dayanıklılığını artırarak beton korozyonunu önleyen hava sürükleyici ve/ veya kimyasal- mineral katkıları kullanılmalıdır. Ancak kullanılan katkı maddelerinde klor olmamasına veya belirli değerlerin altında tutulmasına özen gösterilmeli ve bu değerler ilgili Türk Standartlarında açıkça belirtilmelidir. Su basman seviyesi altında zeminle temasta bulunan yapı elemanlarında gerekli yalıtımlar yapılmalı, en az BS 25 betonu kullanılmalı ve pas payı da en az 50 mm olmalıdır. Donatı korozyona karşı ince tabakalar halinde kimyasal maddelerle kaplanmalı, dolgu için kullanılacak malzemenin sülfat tuzları ve klor içermemesine özen gösterilmelidir. Donatının korozyonu binanın sadece bodrum katında ileri olmayan derecede tespit edilmişse, ayrıntılı bir güçlendirme projesine gidilmeyip, donatının üzerindeki pas tel fırça ile temizlenip, üzerine korozyon önleyen ve aderansı zedelemeyen bir tabaka sürüldükten sonra hazır tamir harcı uygulanmalıdır. Korozyon ilerlemiş ve donatının kesitinde önemli bir azalma meydana gelmişse, elemanın ayrıca onarılması gerekir. Eğer korozyon yalnız bodrum katta ileri derecede bulunuyorsa, taşıyıcı sistemin simetrisine dikkat ederek bodrum kat kolonlarının mantolanması yeterli olabilir. Bunun yanında korozyonun oluşmaması ve önlenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır (Celep (2010)). Diğer bazı hasarlarda olduğu gibi korozyonda çeşitli aşamalarında haber vermektedir. Bunun

için önemli yapı ve kesitlerde gözlemler yapılması sonucu hasarı önceden önlemek mümkün olabilir. Özellikle çelik köprü, yakıt tankları, silolar ve baraj yapıları gibi yapılar gözetim altında tutularak hasarın önüne geçilebilir.

Özellikle nemli ve yağışlı iklime sahip bölgelerde, bodrum kat kolon ve perdelerinin hem donatılarının ve hem de betonunun korozyona karşı korunması, yağmur sularının drene edilmesi ve binanın en azından zemin kat altı bölgelerinin su yalıtımının yapılması, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve imalatı kadar önemli bir konudur. Yönetmeliklerde; **1.** Sismik etkinin yüksek olduğu bölgelerde (1. ve 2. derece) **2.** Rutubetin yüksek olduğu denizden 0-20-50-100 km iç kısımlarda (tespit sonucu) **3.** Deniz seviyesinden belli değerden yüksek olan belli dereceden soğuk bölgelerde **4.** Tüm yapıların bodrum kat/katlarında **5.** Bunların birkaçının birlikte bulunduğu durumlarda, pas payı, sıva, kaplama, beton ve çelik sınıfına göre bir düzenleme yapılmasının uygun olacağı, özellikle bölgesel rutubet durumlarına göre bir pas payı haritasının hazırlanması gereği, bir yapıdaki bodrum katı ile n. katı arasında rutubet farklarının olacağı düşünülerek pas payı haritasına bu bilgilerin de yansıtılmasının gerekliliği, mevcut yapılarda çevre suları ve bodrum kat rutubetinin kalıcı bir şekilde önlenmesinin zorunluluğu, acil sağlık (hastane), haberleşme (PTT), ulaşım (köprü) ve savunma (depo) yapılarının özellikle yapılarında ve kullanımında periyodik olarak korozyona karşı korunmalarının gerekliliği üzerinde durulmalıdır (Doğan (2009)).

Kısa kolon davranışının önlenmesine yönelik olarak da, kritik olan duvar boşluğu seviyesinde sargı donatısı kullanılması, donatı detaylandırmalarına dikkat edilmesi, beton dayanımına ve sıkıştırılmasına dikkat edilmesi gibi temel kriterler üzerinde durmak gerekir. Rijit hale getirilen kolondan dolayı artacak olan yatay yükler, kolon yüzeylerinde eğilme kaynaklı çekme etkilerini artıracığı için, bu etkileri karşılayacak düzeyde boyuna donatı konmalıdır. Bu ancak tasarımda da kolonun kısa olacağı dikkate alınarak hesapların yapılmasıyla gerçekleşir. Tasarımda ön görülmemiş yerlerde, sistemde kısa kolonların oluşmasına meydan vermemeli veya kısa kolonlar enine donatı ile usulünce

sarılmalı veya duvar ile kolon arasında boşluk bırakılmalı ya da kolonun bölme duvarı desteğinden mahrum kalan yüzeylerine çelik profil vb. elemanlarla diyagonal desteğe eşdeğer koruma sağlanarak yalıtım ve görünüm açısından da gerekli bölümler su yalıtımı ve alçıpan v.b. ile kapatılmalıdır. Tavsiye edilen öneriler, beton kalitesine ve durabilitesine de yönelik olduğundan hem beton- donatı korozyonunu sınırlandırmak hem de kısa kolon davranışını azaltmak amacıyla birlikte bir bütün olarak değerlendirilip uygulanmalıdır.

Deprem yönetmeliği 2007 yılında yenilendiğinde 1998 yılındaki yönetmelikte eksik olan mevcut yapıların deprem performansının incelenmesi konusu da yönetmeliğe dahil edilmiştir. Buna da bağlı olarak, kısa kolon ve beton- donatı korozyonu konusunda da yapıların gözden geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Alan, H., Bozkurt E., Çağlayan, D., Dirlik, K., Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Topal T., 2011. Van Depremleri (Tabanlı-Edremit) Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın no:110, Kasım 2011
- Bayülke, N., 2001. Depreme dayanıklı betonarme ve yağma yapı tasarımı, İMO İzmir Şubesi Yayınları.
- Bedirhanoglu, İ. ve Önal, T., 2011. 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön Değerlendirme Raporu, İMO Diyarbakır Şubesi, 01 Kasım 2011
- Celep, Z., 2010. Mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi Genel kurallar, İMO yayınları.
- Çağatay İ. H., 2004. Failure Of An Industrial Building During A Recent Earthquake In Turkey, Engineering Failure Analysis, 12, 497-507.
- Çağatay, İ. H., 2007. Binalarda kısa kolona etki eden parametrelerin incelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, syf. 229- 236, İstanbul
- Coşgun, T., 2001. İstanbulda Deprem Sonrası Yapılan İncelemelerde Karşılaşılan Korozyon Hasarı Üzerine Bir İnceleme, İÜ M.F, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Doğan M., 2009. Betonarme yapılardaki Deprem Hasarlarına Korozyonun Etkisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:XXII, Sayı:1, syf. 147- 168.
- Gülkan P ve Wasti T, 1993. Çerçeve Dolgu Etkileşmesi: Lineer Olmayan Bir İrdeleme, Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Ankara, 39-52.
- Gümüşçü, M., Özcan, N., Kaya, N., 2004. Şanlıurfa'daki betonarme yapıların mevcut durumu, Türkiye Mühendislik Haberleri, 434-2004/6, syfa 41-48.
- Güney D ve Boduroğlu H, 2006. Deprem Etkisi Altındaki Simetrik Ve Asimetrik Yapıların, Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarlarının Katkısı, İtü Dergisi/D, Mühendislik, 5, 3, 2, 165-174.
- Irfanoglu, A., 2009. Performance of Template School Buildings during Earthquakes in Turkey and Peru, Journal of performance of constructed facilities, ASCE, pp. 5- 14, January/February 2009
- İTÜ Yapı ve Deprem Uygulama- Araştırma Merkezi, 1992. 13 Mart 1992 Erzincan depremi hakkında Rapor I, İstanbul.
- Karaesmen E., 1999. Kocaeli Depremi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 403-1999.5, syf 22- 36.
- Koç,T., 1998. Betonarme Demirlerinin Korozyonu ve Katodik Korunması-II, Tudev İş Dünyası, Sayı 3 sayfa 1-12.

- Koç,T., 2002. Betonarme Demirlerin Korozyonu ve Katodik Korunması, 8. Uluslararası Korozyon Sempozyumu Bildiri Kitabı, Sayfa 413-437.
- Koç, V., 2012. Asma Katlı Kat Çıkmalı ve Asmolen Döşemeli Yapıların Depremsel Davranışı, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu, Samsun, syf 159-173.
- Koç, V., Tuhta, S., 2012. Depremler Sonrası Zemin Katlarda Görülen Çökmelerin İncelenmesi, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu, Samsun, syf 146- 158.
- Mokhtar K., Loche J-M., Friedmann H., Amiri O., Ammar A., 2008. Steel corrosion in Reinforced Concrete Report n°2-2 Concrete in marine environment”, LEPTAB. Université La Rochelle, Av. Michel Crépeau, F 17042 La Rochelle cedex 1 – France.
- ODTÜ İnş. Müh. Böl. Deprem Araştırma Merkezi, 1995. 1 Ekim 1995 Dinar Depremi Mühendislik Raporu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Özcebe, G., 1999. Ülkemizdeki depremlerden sonra gözlenen betonarme yapı hasarları, İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongre, Deprem Özel Oturumu konuşmaları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 404-1999.6, syfa 47-51.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 85s, İzmir.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 166s, İstanbul.
- Ün, H., Malzeme Bilgisi, Ders notları, http://hun.pamukkale.edu.tr/ders_notlari/malzeme_bilgisi/Malzeme_ders1_giris.pdf
- Yakut A., Binici, B., Canbay E., Erberik, A., Sarıtaş, A., Aldemir, A., Demirel, İ., O., Erdil, B., Ay, Ö., Demirtaş, R., 2011. 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri, ODTÜ-İMO, Kasım 2011, Ankara



Edirne Sanayisinin Bölgenin Jeolojik Yapısı ile İlişkilendirilmesi

Cihan YALÇIN

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Burdur İl Müdürlüğü, BURDUR.cihan.yalcin@sanayi.gov.tr
(Dergiye gönderilme tarihi: 20 Ekim 2015, kabul tarihi 4 Şubat 2016)

Özet

Türkiye gibi yıkıcı depremlerin sık olduğu bir ülkede, sanayi işletmelerinin yapılaşması veya kurulacak yeni sanayi yerleşim alanlarının belirlenmesi aşamalarında, bölgenin jeolojik yapısının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu sebeple Edirne ilinde faaliyet gösteren sanayi işletmelerinin konumları ve bölgenin jeolojik özellikleri, açık kaynak kodlu yazılım kullanılarak mobil veri ara yüz yazılımı ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına aktarılmış ve web tabanlı dinamik bir sistemde sorgulanabilme imkânı sağlanmıştır, sonuçlar üretilen tematik haritalar ve grafikler ile görüntülenebilmektedir. Çalışmada, koordinatlara oturtulmuş Edirne İlinin sayısal haritası üzerine deprem bölgeleri ve bölgenin jeolojik yapıları yerleştirilerek deprem yönünden riskli olabilecek alanlar belirlenmiş ve bu alanlarda faaliyet gösteren işletmelerin yapısal konumları da sisteme girilerek oluşturulan tematik haritalar üzerinde görüntülenmiştir. Dinamik olarak oluşturulan bu haritalarda, sanayi işletmelerinin buldukları jeolojik birimler ve deprem bölgeleri aynı anda görüntülenebilmekte, sorgulanabilmekte mevcut ve ileride planlanan sanayi yapılaşma için deprem riski olan alanlar belirlenebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sanayi, Jeolojik yapılar, Deprem riski, Edirne.

The Relationship Between The Geological Features And The Industry At Edirne District

In some countries like Turkey where the devastating earthquake occurred, the geological characters of an area must be considered when constructing the industrial enterprises or in the stage of determining the new residential area. Therefore, the location and geological features of the area of the industrial enterprises operating in Edirne district have been transferred to the Geographic Information System (GIS) using mobile data interface software resulted from the open source software, and have provided opportunity of querying in a dynamic system with production of thematic maps and graphics. In the studied areas that occurred under the risk of the earthquake, the zones of the earthquake and the geological structures of the area are to be placed on a coordinate's sited digitized map of Edirne district digital map to determine the structural locations of the companies operating in these areas that displaying on the thematic maps. Dynamically created these maps, the geological units where the industrial enterprises occurred and their zones of the earthquake can be displayed simultaneously, as well as it can be identified the areas of earthquake risks for the current and future planned industrial construction areas.

Keywords: Industry, Geological structures, Earthquake Risk, Edirne district.

1. Giriş

Türkiye gibi yıkıcı depremlerin sık olduğu bir ülkede yapılaşmanın ve kurulacak yerleşim alanlarının deprem riski göz önüne alınarak belirlenmesi önemlidir. Hâlihazırda var olan yapılaşmanın ise gözden geçirilmesi ve ihtiyaç duyulan önlemlerin alınması kaçınılmazdır. Bu çalışmalar yapılırken bölgedeki jeolojik yapıların yapılaşmayla olan ilişkilerinin irdelenerek olası risk haritalarının ortaya konulması gerekmektedir.

Yıkıcı bir depremin sosyo-ekonomik sonuçları olması muhtemeldir. Bunlar; sanayi işletmelerindeki tahribatlar, makine-teçhizat hasarı, ürünlerin stok kaybı, insan ölümleri ve aynı zamanda da iş gücü kaybı gibi olumsuzluklar olarak ifade

edilmiştir (Efe ve Demirci 1999; Mitchell ve Özgüç 2000; Hacısalihoğlu 2001; Kotil vd., 2007).

Türkiye'de 1999 yılında yaşanan Gölcük Depreminin ardından, sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde önemli tahribatların meydana geldiği ve bu bölgelerde yer alan büyük sanayi tesislerinin deprem sonrasında yangın, patlama ve su baskını gibi tehlikeli olaylarla karşılaştığı belirtilmiştir (Gölcük 17 Ağustos Derneği, 2000). Bu olayda görüldüğü gibi, sanayi işletmelerinin yapısal konumlarının deprem etki alanları ile ilişkisini ortaya koyabilmek adına birtakım ön çalışmaları destekleyici görsel nitelikteki haritaların çıkarılması ve olası afet durumlarına göre önceden tedbir alınması büyük önem taşımaktadır. Jeolojik yapılar, sanayi bölgelerinin seçiminde belirleyici ve önemli olmasının yanında sanayi bölgelerin gelişimini sınırlayıcı etkiler de yapabilirler (Arkoç, O., Özşahin,

B. 2015; Karagüzel, R. 2012). Örneğin yakından geçen bir fay hattı mevcut sanayi alanının yayılmasında önemli bir sınır teşkil edebilir veya sanayi yerleşiminin zorunlu olarak farklı alanlara kaydırılmasına neden olabilir. Jeolojik yapıların analizi, mevcut yapılaşmanın jeolojik riskler açısından değerlendirilebilmesine olanak sağlayabilmektedir (Ulusay, R. 1999). Bu değerlendirme için, sanayileşmenin olduğu bölgeye ait jeolojik birimler ile deprem risk alanlarını konumsal olarak yansıtan, görsel ve sorgulanabilir dinamik haritalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Günümüzde bilim ve teknolojideki gelişmeler sayesinde yerel yönetimlerden bakanlıklara, tarımdan turizme birçok alanda açık kaynak kodlu yazılımla hazırlanan Coğrafi Bilgi Sisitemleri yazılımları kullanılmaktadır. (Beyhan, B. vd., 2010; Kelleci, E., 2007; Uçaner, M.E. v.d. 2014).

Bu çalışmada Edirne ili sanayi bölgesinin bölgenin jeolojik yapıları ile ilişkisini ortaya koymak amacı ile açık kaynak kodlu (Android İşletim Sistemi) yazılımı kullanılmış ve CBS ortamında analizler gerçekleştirilmiştir.

2. Çalışma Alanı

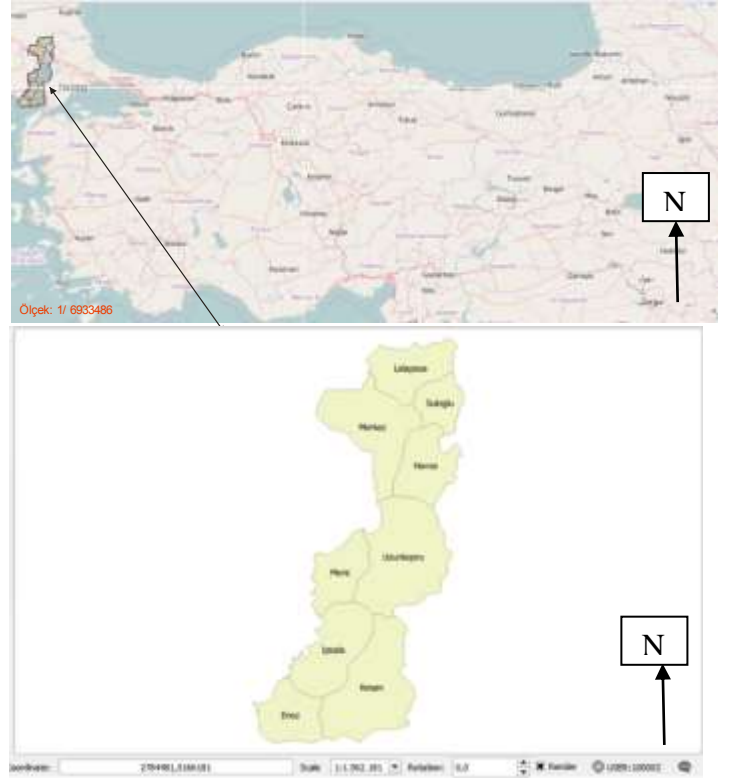
Çalışma alanı il-ilçe bazında Edirne ilini kapsamaktadır (Şekil 1). Edirne İli Türkiye'nin kuzeybatısında Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında bulunmaktadır. Yüzölçümü 6.276 km² olan Edirne İli 40°30' ve 42° 00' kuzey enlemleri ile 26°00' ve 27°00' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Edirne Tarım Master Planı, 2005).

2.1 Edirne İlinin Jeolojisi

Edirne iline ait genel jeolojik bilgiler şu şekilde anlatılmıştır (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2002): Edirne sınırları içerisinde kalan bölgenin temelini, başlıca biyotitli şist, granatlı şist, biyotitli gnays, fillit, alkali granit, ile bu kayaları kesen metagranitler oluşturmaktadır. Bu birimler Lalapaşa dolaylarında yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 2). İlin kuzeyinde, temel birim üzerine örtü birimleri olarak, şistozite özelliği gösteren ve gnaysik granitten oluşan metamorfitle gelmektedir. Bu temel ve örtü metamorfitleri, Tersiyer çökel kayaları ve volkanitler tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmektedir.

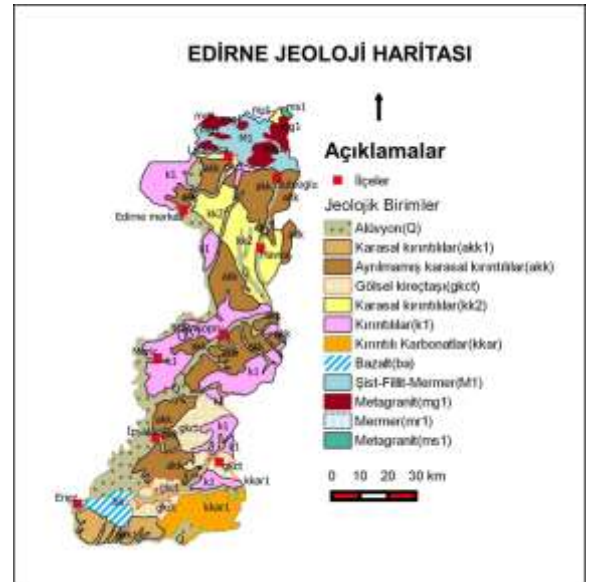
Tersiyer çökelleri; kırıntılı karbonatlar, kumlu ve çakıllı kireçtaşları, gösel kireçtaşları, kumtaşı, silttaşı, çakıltası aralanmalarından oluşmaktadır. Bu birimler ilin kuzey kesimlerinden, orta ve güney kesimlerine kadar geniş bir alanda gözlenmektedir ve yaklaşık 9000 m. kalınlığa erişmektedir (Kopp vd., 1969; Saltık, 1974; Kasar vd., 1983; Turgut vd., 1983, 1991; Saner, 1985; Sümengen vd., 1987; Sümengen ve Terlemez, 1991; Ercan, 1992; Yalıtırak, 1995; Görür ve Okay, 1996; Tapırdamaz ve Yalıtırak, 1996; Tüysüz vd., 1998; Turgut ve Eseller, 2000, Siyako, 2006). Enez'in doğusundaki yükseltiyi oluşturan volkanitler ise, riyodasitik tüfler, andezit ve andezitik tüfler, riyolitik tüf, riyodasit, andezit, bazalt, bazaltik aglomera ve ignimbritletlerden oluşmaktadır.

Edirne'de geniş bir yayılıma sahip olan kumtaşı ve silttaşından meydana gelen ve menderesli akarsuların kanal çökellerini temsil eden kırıntılı birimler de, genellikle tutturulmamış çakıl, kum ve çamur taşından oluşan alüvyon yelpazesi olarak yorumlanan birimler ile örtülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Holosen yaşlı, genellikle akarsu yamaçlarındaki düzlükleri oluşturan akarsu sekileri ile Meriç, Ergene vb. nehirlerin geniş vadi tabanlarında yüzeylenen çakıl, kum, kil, silt ve çamur karışımından ibaret olan alüvyon, Edirne ilinin en genç birimlerini oluşturmaktadır.



Şekil 2. Edirne İlinin Jeoloji Haritası (MTA'nın 1/100,000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası kullanılarak tekrar çizilmiştir.)

2.2 Edirne İlinin Depremselliği

Türkiye jeolojik yapısından dolayı, dünyada en sık ve yıkıcı depremlerin meydana geldiği ülkelerden biridir (İnangu ve Kırbas., 1999). Kuzey Anadolu Fayı ülkemizde en önemli fay sistemlerinden biridir ve büyük depremlere sebep olmaktadır (Ketin 1976). Bu fay sisteminin kuzey kolunun en batı

segmentini oluşturan Ganos fayı Edirne ilinin güneyinde yer almaktadır ve Saros körfezine kadar uzanmaktadır. (Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1985; 2004; Barka, 1992; Şaroğlu vd., 1992; Yaltrak vd., 1998; Yaltrak ve Alpar, 2002; Herece ve Akay, 2003; Altunel vd., 2004).

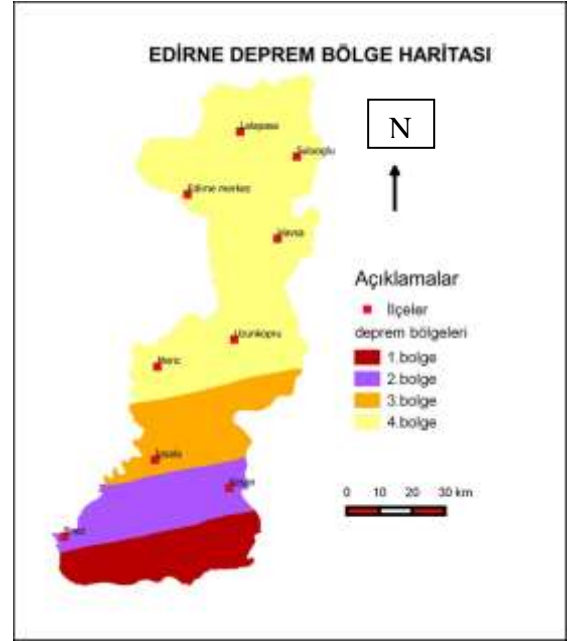
Kuzey Anadolu Fayının bulunduğu Marmara Denizi ve çevresinde meydana gelen 1509, 1766 ve 1912 tarihli depremlerinin bölgeyi önemli derecede etkilediği bilinmektedir (Yaltrak vd.,2002). Edirne ilini etkileyen en önemli depremin, 7.3 büyüklüğündeki 9 Ağustos 1912 tarihli Mürefte-Şarköy depremi olduğu bilinmektedir (Çınar-Yıldız vd., 2013). Bu yüzden bölgeyi etkileyen depremlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Sieberg (1932) tarafından ilk kez hazırlanan ve resmi olmayan Türkiye'nin deprem bölgeleri haritası daha sonraki yıllarda da birçok bilim adamı tarafından resmi olmayacak şekilde hazırlanmıştır (Egeran ve Lahn (1944), Pamir (1948), Lahn (1949), İlhan (1961), İpek vd., (1965), Tabban (1969), Ergin ve Güçlü (1971), Alsan (1972), Yarar vd., (1980), Hattori (1980), Ketin (1982), Erdik vd., (1985a,b), Başöz (1992), Eyidoğan ve Güçlü (1993), Gülkan vd., (1993), Erdik vd., (1999), TEFER (2001), Kayabalı (2002), Kayabalı ve Akın (2003), Ulusay vd., (2004), Bayrak vd., (2005), Erdik vd., (2006), DLH (2007)). Deprem Bölgeleri haritaları bilimsel çalışmaların ve verilerin artmasıyla değişiklikler yaşamıştır (Özmen, 2012). Son olarak Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayımlanan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" Türkiye'de gelecekteki 50 yıl içerisinde %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmelerini göstermektedir (Özmen, 2012). Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararıyla "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" adı altında 1/1.800.000 ölçekli olarak yürürlüğe giren "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası"na göre deprem derecesine göre bölgeler belirlenmiştir. Bu alanlar; birinci derece deprem bölgeleri, ikinci derece deprem bölgeleri, üçüncü derece deprem bölgeleri, dördüncü derece deprem bölgeleri ve beşinci derece deprem bölgeleri olmak üzere sınıflandırılmıştır (Özmen, 2012).

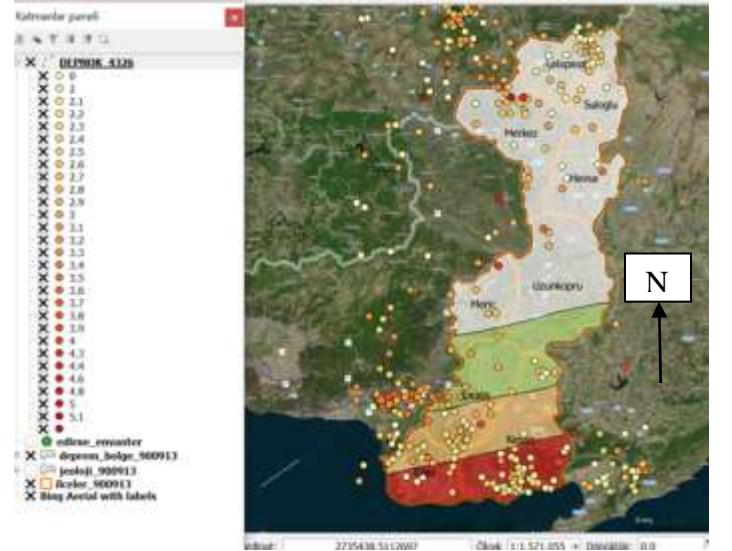
Edirne için deprem tehlike derecelerini gösteren alanlar halen yürürlükte olan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası"ndan alınmıştır (Şekil 3) (TC Bayındırlık Ve İskân Bakanlığı, 1996). Edirne ilinin kuzey kısmının büyük bir bölümü 4. derece deprem bölgesi iken ilin güney bölümünde ise 1., 2. ve 3. derece deprem bölgeleri yer almaktadır.

Edirne ilinin sayısal haritası üzerine deprem bölgeleri ile birlikte Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünün web portalı üzerinden yapılan sorgulama ile Edirne ili ve civarında 1908 – 2015 arası deprem büyüklüğü 2 ve üzeri olan depremlere ait deprem dış merkez noktaları yerleştirilerek CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 4). Böylece depremlerin hangi alanlarda yoğunlaştığı da görülebilmektedir.

Deprem bölgeleri ve deprem dış merkez noktalarını aynı anda yansıtan tematik haritaya göre; Edirne ilinin güney alanlarında yer alan yapı stoklarının kuzey alanlarında yer alan yapı stoklarına göre depremden etkilenme açısından daha riskli bir konumda olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, yıkıcı nitelikte depremlerin periyodik olarak gerçekleştiği de göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına Göre Edirne İli Deprem Tehlike Haritası (T.C. Bayındırlık Ve İskân Bakanlığı 1996'dan alınarak tekrar çizilmiştir).



Şekil 4. Edirne ilinin deprem bölgeleri ve 1908 – 2015 arası deprem büyüklüğü 2 ve üzeri olan depremlerin dış merkez noktalarını gösteren tematik harita.

3. Yöntem

Trakya Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen ve Edirne Bilim, Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen "Edirne ilinin Sanayi ve Ar-Ge Yetenek Envanterinin Oluşturulması" (TR21/13/DFD/0020) adlı çalışmada olası deprem tehditlerine karşı Edirne sanayisini değerlendirmek amacı ile sanayi bölgesinin 'Deprem Bölgeleri' ve 'Jeolojik Birimler'e göre yapısal konumunun ortaya konulması gerektiği de düşünülmüştür.

Öncelikle Edirne il sınırı ve ilçe sınırları belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemi ile il haritası koordinatlandırılmış ve sayısal ortama aktarılmıştır.

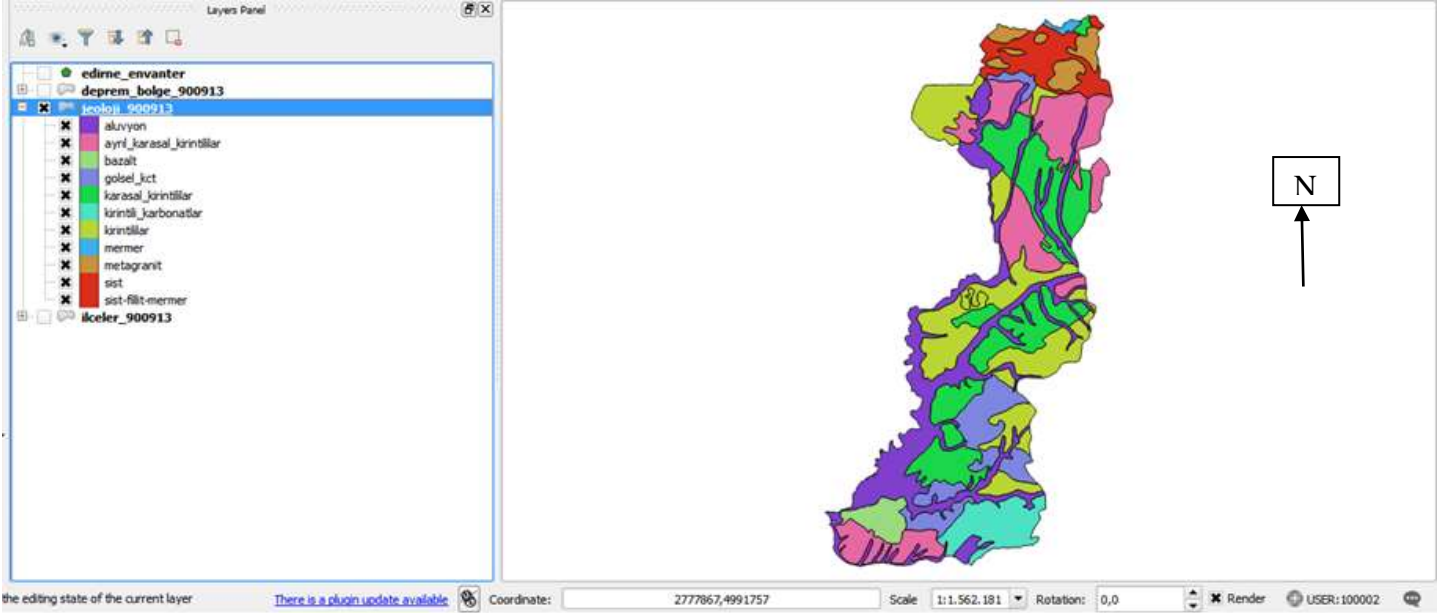
İlin haritası kullanılarak il merkezi, ilçe merkezi, göletler, akarsular, köy merkezleri, demir yolları sayısal ortama

aktarılmıştır. Her eleman grubu farklı katmanlar olarak kayıt edilmiştir.

Daha sonra Edirne İlinin jeoloji haritası (Şekil 5) ve deprem bölge haritası da koordinatlandırılarak Coğrafi Bilgi Sistemine girilmiştir.

Koordinatlı il haritasında verileri toplanacak sanayi kuruluşlarının yerleri belirlenmiş, bu kuruluşlara hangi yollardan ulaşılacağı Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemi ile analiz edilerek

saptanmıştır. Sanayi işletmelerine ait veriler, il genelinde ilgili kurumun görevlendirdiği kişiler belirlenerek firmalara yerinde ziyaret, anket sorularının firma yetkilisi ile birlikte tablet bilgisayarlar aracılığıyla doldurulması ve konumsal verilerin mobil yazılım içerisinde tanıtılan Global Positioning System (GPS) ile bulunarak dinamik haritalar üzerine atılması yöntemi ile toplanmıştır. Toplanan bu veriler coğrafi bilgi sistemleri ortamına noktasal veri olarak yüklenmiştir.

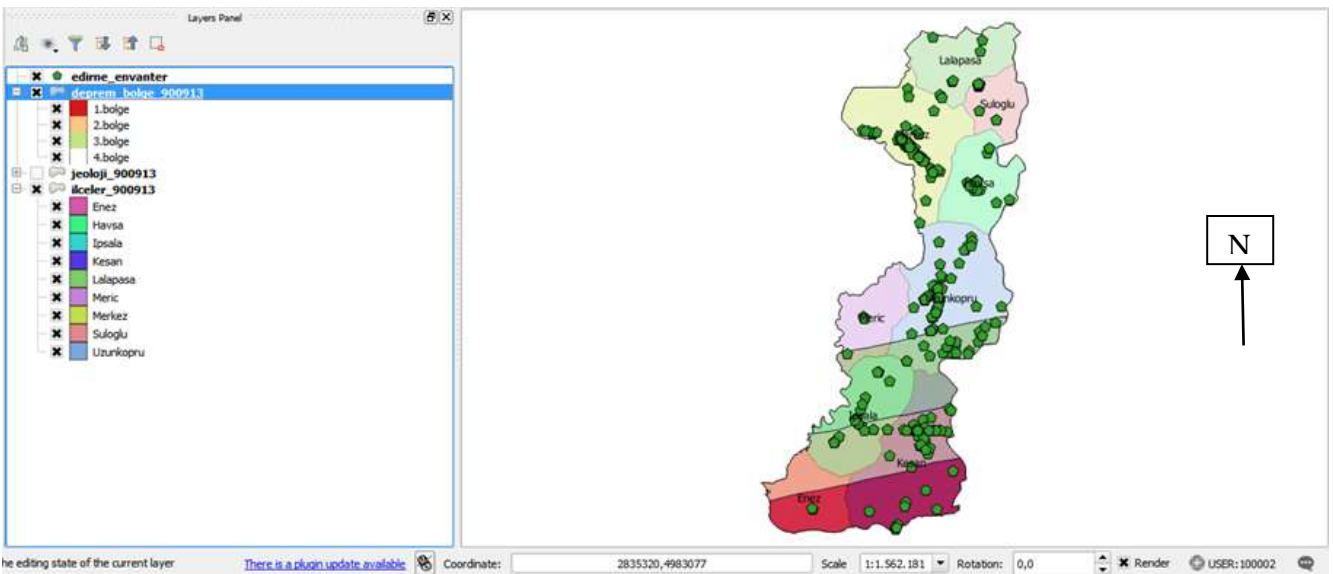


Şekil 5. Koordinatlandırılmış Edirne İlinin Jeoloji haritası ve lejand paneli.

Bu bilgiler ışığında Edirne sanayi yapısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Açık Kaynak Kodlu Yazılım kullanılarak tematik haritalar ile ortaya konulmuştur. Bu haritalar oluşturulurken bölgenin jeolojik birimleri ve deprem riski de göz önünde bulundurularak mevcut sanayi yapısının jeolojik riskler bakımından görsel olarak sorgulanabileceği hale getirilmiştir. Bununla birlikte tematik haritalarda sorgulanan jeolojik yapı ve sanayi ilişkisi grafiklerle de ortaya konulabilmektedir.

Bu çalışmanın, ileride yapılacak olan sanayinin daha yoğun olduğu ve deprem riski açısından Edirne İline göre daha riskli

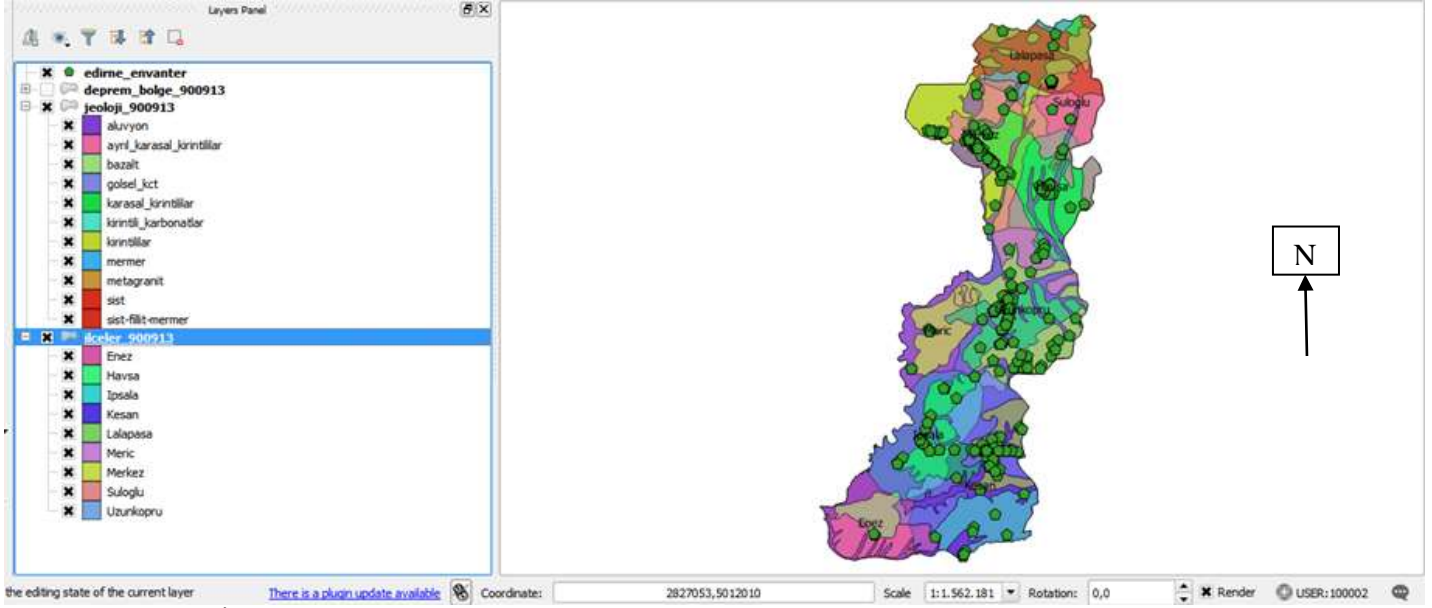
olan bölgeler için bir örnek olması düşünülmüş ve gerekli olan web tabanlı dinamik haritalar Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Açık Kaynak Kodlu Yazılım kullanılarak oluşturulmuştur (Sabah vd., 2015). Edirne ilinin deprem bölgeleri haritası ile sanayi kuruluş alanlarının çakıştırıldığı mekânsal analiz sonucunda, Edirne ili sınırları içinde deprem tehlikesinin yüksek olduğu I. Bölge ve II. Bölge sınırları içerisinde faaliyet gösteren sanayi firmaları belirlenmiştir (Şekil 6). Riskli bölgelerde yer aldığı belirlenen sanayi firmaları, buldukları konuma göre olası afet olaylarına karşı riskleri değerlendirebileceklerdir.



Şekil 6. Edirne İli genelinde faaliyet gösteren sanayi kuruluşların konumlarını, deprem bölgeleri katmanı üzerinde gösteren dinamik harita.

Çalışmada ek olarak, Edirne ilinde faaliyet gösteren firmaların hangi jeolojik birimler içerisinde yer aldığı tematik haritalar tarafından belirlenmiştir (Şekil 7). Bu veriler ışığında bölgedeki mevcut firmalar ile gelecekte yatırım yapmayı düşünen firmalar, faaliyet alanlarındaki jeolojik yapı hakkında fikir sahibi olabileceklerdir. Çalışma sonuçları değerlendirilerek, mevcut firmaların gerekli tedbirleri alması ve yatırımcıların konumları hakkında fikir sahibi olmaları sağlanabilir.

Sayılaştırılmış Edirne İli Haritasına eklenen ilin jeoloji haritası ve deprem bölge haritaları ile il genelindeki firmaların hangi jeolojik birimde bulunduğu, hangi deprem bölgesi içine girdiği interaktif olarak üretilebilmekte ve görüntülenebilmektedir. Hazırlanan jeolojik alan ve deprem bölgesi sayısal haritaları ile sanayi kuruluşlarına ait veriler çakıştırılmış, dinamik olarak, 'deprem bölgesi' ve 'jeolojik alan' kategorileri bazında firma sayıları bulunmuştur (Yalçın vd., 2015).



Şekil 7. Edirne İli genelinde faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının konumlarını jeolojik alanlar katmanı üzerinde gösteren dinamik harita.

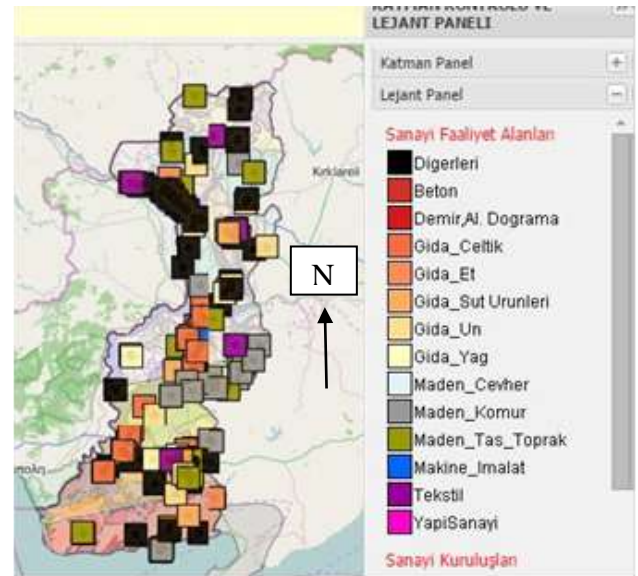
Sanayi bölgelerinde deprem sonrası birtakım afet olaylarının gerçekleşebileceği göz önüne alınmalıdır. Örneğin, deprem sonrası yıkılan veya zarar gören bir işletmede patlamaların, yangınların veya su baskınlarının olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle kimyasal üreten yapan firmaların deprem bölgelerinde riskli alanlarda yapılaşmaya gitmemesi veya zorunlu yapılaşma var ise risklere göre önlem alması gerekmektedir. Bu sebeple, işletmelerin faaliyet alanlarının da deprem sırasında veya deprem sonrasında oluşabilecek risk analizinde önemli bir parametre olabileceği düşünülerek, firmaların mevcut üretim bilgileri de sınıflandırılarak tematik haritalar üzerinde gösterilmiştir.

3.1 Edirne Sanayi Envanteri

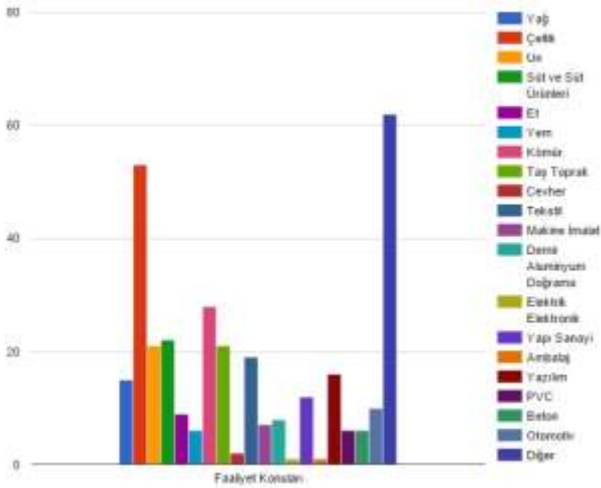
Açık Kaynak Kodlu Yazılımı (Android İşletim Sistemi) kullanılarak hazırlanan Mobil Veri Toplama ara yüz yazılımı ile Edirne İlinde bulunan 279 adet sanayi kuruluşu ve 48 adet teknopark firması ziyaret edilerek firmaların faaliyet konuları belirlenmiştir. Sahadan toplanan konumsal verilerden de yararlanarak ilin sanayi envanterine ait sayısal, görsel ve sorgulanabilir tematik haritalar hazırlanmıştır. Tematik haritalardaki bilgiler sınıflandırılarak, Edirne İlindeki sanayileşmenin faaliyet alanı, konumu ve üzerinde yer aldığı jeolojik yapıların ilişkisi sorgulanmış, sonuçlar çeşitli grafikler ile ortaya konmuştur. Yapılan sorgulama ve analizler ile elde edilen grafiklere bakılarak sanayileşmedeki yoğunlaşmalar, il-ilçe bazında sanayi işletmelerinin konumları, faaliyet alanları, jeolojik birimler ile olan ilişkileri değerlendirilebilir ve bölgenin sanayi-jeoloji ilişkisi hakkında yorumlar yapılabilir.

Şekil 8'de verilen tematik haritada Edirne ili genelinde sanayi firmalarının faaliyet türüne göre hangi sektörde olduğu

adet olarak gösterilmiştir. Sanayi işletmelerine ait veriler değerlendirilirken hangi türlü faaliyetlerin yapıldığı ürün bazında da araştırılmıştır. Bu bağlamda Edirne sanayisinin ürün bazında faaliyet konularına göre sınıflandırıldığı grafik incelendiğinde, en fazla işletmenin çeltik üretimi ve/veya işlenmesi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 9). Faaliyet konularına göre oluşturulan tematik haritada sanayi firmalarının iş alanı ile birlikte yapısal konumları da belirtilmiş olup, yapısal konum ve faaliyet alanları, buldukları jeolojik yapılarla ilişkilendirilerek yorumlanabilmektedir.



Şekil 8. Edirne İlinde faaliyet gösteren firmaların konularına göre oluşturulan tematik haritası ve lejantı (Ölçek:1/866685).



Şekil 9. Edirne İlinde faaliyet gösteren sanayi firmalarının konularına göre dağılımı

4. Bulgular

Konumsal Analiz yardımıyla ortaya çıkan en önemli verilerden biri “Edirne İlinde faaliyet gösteren firmaların Jeolojik alana göre sınıflandırılmasıdır”. Bu sınıflama yapılırken sanayi işletmelerini olumsuz yönde etkileyebilecek ve jeolojik açıdan risk oluşturabilecek birimlerin değerlendirilmesiyle

sınıflama yapılmıştır (Şekil 10). Tehlikeli jeolojik alanlarına konumsal olarak giren firmalar değerlendirildiğinde sanayi firmalarının %41.4’ü alüvyon birimlerinde yer almaktadır. Bu alanlar deprem dalgalarından kolayca etkilenebilecek çok tehlikeli jeolojik alanlar olarak değerlendirilmiştir. Ancak kabaca değerlendirilen bu alanlarla ilgili ayrıntılı çalışmalar yapmak gerekmektedir.

Bunun yanı sıra günümüzde geçerli olan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasından da yararlanarak Edirne İlinin hazırlanmış sayısal haritası üzerinde noktasal olarak bölgelerin deprem derecelerine göre hangi alanlarda olduğu koordinatlı olarak yerleştirilmiş ve firmaların hangi alanlara düştüğü belirlenmiştir. (Şekil 11). Bunun sonucu olarak Edirne İline ait deprem bölgelerine göre sanayi firmalarının konumları tematik haritalarda oluşturulmuş ve 1. Derece deprem bölgesinde 12 adet firma tespit edilmiştir (Şekil 12).

Bu veriler ışığında Edirne’de faaliyet gösteren firmalar ile gelecekte yatırım yapmayı düşünen firmalar bölgenin jeolojik yapısı hakkında fikir sahibi olabileceklerdir. Bölgede yatırım için riskli olabilecek alanlar sorgulanabilir ve mevcut yatırımcılar için ise konumları hakkında fikir sahibi olarak birtakım gerekli önlemleri önceden almaları sağlanabilir.



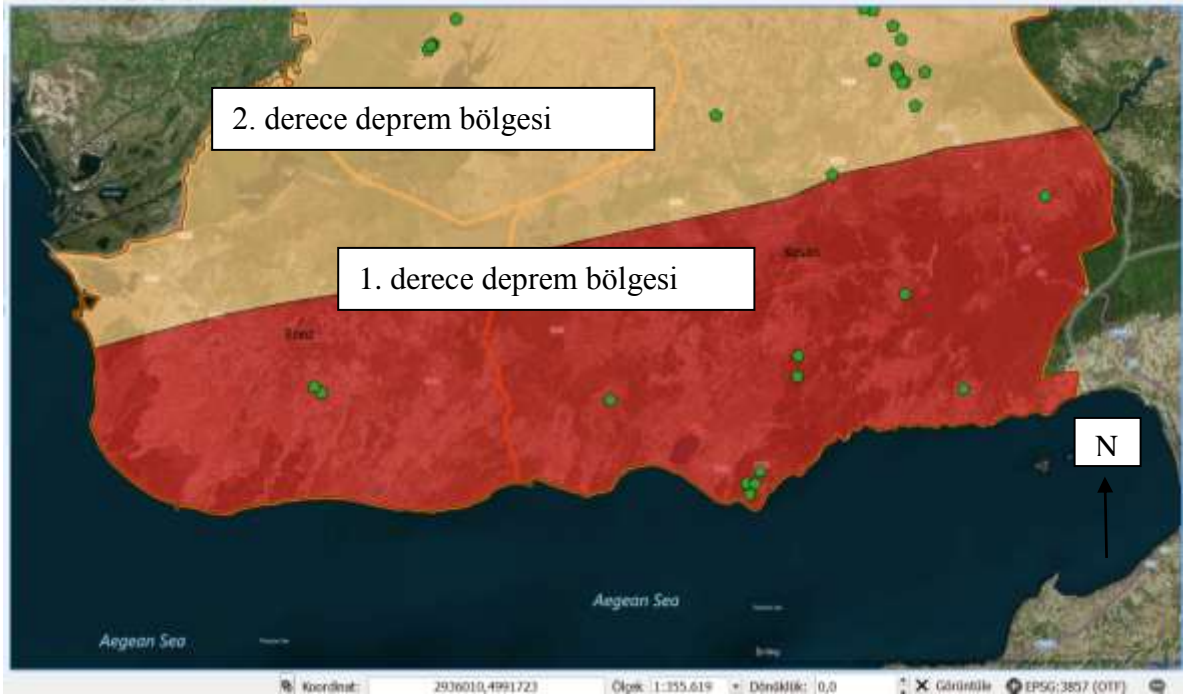
Alüvyon : Çok Tehlikeli Jeolojik Alanları İfade Eder.
Kıvrımlar, Karasal Kıvrımlar ve Ayrı Karasal Kıvrımlar: Tehlikeli Jeolojik Alanları İfade Eder.
 Not: Tehlikeli bir jeolojik alana girmeyen firmalar grafiğe dahil edilmemiştir.

Sıra	Jeolojik Alan	Firma Sayısı
1	Alüvyon	91
2	Ayrı Karasal Kıvrımlar	14
3	Karasal Kıvrımlar	70
4	Kıvrımlar	45

Şekil 10. Edirne’de faaliyet gösteren firmaların riskli olabileceği düşünülen Jeolojik Alanlara göre sınıflandırılması



Şekil 11. Edirne’de faaliyet gösteren firmaların Deprem Bölgelerine göre sınıflandırılması.



Şekil 12. Edirne İli güneyinde 1. ve 2. derece deprem bölgesi içerisinde yer alan firmaların konumları.

6. Sonuç ve Öneriler

Edirne İli genelinde faaliyet gösteren sanayi işletmelerinin bölgenin jeolojik birimleri ile olan ilişkilerini ortaya koymak ve analiz etmek üzere, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Açık Kaynak Kodlu Yazılım (Android İşletim Sistemi) kullanılmış, bölgeye ait görsel ve sorgulanabilir bir sistem oluşturulmuştur. Bu çalışma, tematik haritalar ile sanayi işletmelerine ait veriler bölgenin jeolojik yapısı ile kesiştirilerek aynı platformda değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Bu çalışma ile il genelinde sanayi envantere ilişkin mekânsal veriler kullanılarak, dinamik olarak deprem bölgeleri ve jeolojik birimleri bir arada sorgulanmak mümkün olmaktadır. Böylece yatırımcılar görsel olarak istedikleri bölgeyi hedef alarak bölgenin jeolojik riskleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedirler.

Edirne ilinde ortaya koyulan jeolojik birimler ve deprem risk haritalarının, sanayi işletmelerin yapısal konumları ile kesiştirilmesi sonucunda, olası afet ve risk durumlarının meydana gelebileceği düşünülen durumlar için yorum yapılabilmekte, öngörüler ve önlemler daha verimli değerlendirilebilmektedir.

Sanayi envanteri dinamik bir sistem olduğu için sahadan toplanan veriler yönetici onayından sonra sisteme eklenecek ve anında görüntülenebilecektir. Böylece görsel olarak harita değişebilecek ve güncel bilgiler kullanıcı tarafından görüntülenebilecektir.

Doğal afetler gibi kriz durumlarına karşı kullanımına ihtiyaç duyulan bölgesel risk haritaları güncel olarak elde edilmiş olacak ve deprem kuşağında bulunan tehlikeli veya kimyasal madde üreten firmalarla ilgili bütün bilgilere ulaşılabilecektir. Ayrıca bu bilgiler kullanılarak risk analizleri yapılabilecek, acil durum planları ile karşılaşılan durumdan en az kayıpla çıkabilmek için önceden önlem alınabilecektir. Sanayi yatırımları ile ilgili dinamik haritalar üzerinde,

kümelenme, yatırım, teşvik, imar, vb. ihtiyaçlar doğrultusunda değişik sorgulamalar yaparken bölgedeki doğal afet olaylarını da göz önünde bulundurma imkânına sahip olunabilecektir.

İleride yapılacak çalışmalarda Edirne örneği göz önünde bulundurularak depremden daha farklı doğal afet olayları (sel, heyelan v.b.) dinamik haritalar üzerine yerleştirilerek daha kapsamlı ve gelişmiş risk haritaları sanayileşme için ortaya konulabilecektir.

Bu çalışma sonucunda riskli olarak belirlenen alanlarda yer alan mevcut sanayi yapılarının özellikle deprem sırasında risk yaratmayacak şekilde tasarımlarının yenilenmesi veya güçlendirilmesi, gerekiyorsa olası risklere karşı önlem alması ayrıca deprem sonrası olası afet olaylarına neden olabilecek unsurların göz önünde bulundurularak çözümler üretilmesinde üretilen tematik haritalar kullanışlı olacaktır.

Benzeri çalışmaların özellikle ülkemizde sanayinin yoğunlaştığı ve jeolojik yapılarının risk oluşturduğu bölgelerde yapılması ve daha detaylı incelemelerin de eklenerek sanayi-jeoloji ilişkisinin ortaya konulması önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma Edirne Bilim, Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğünde içerisinde görev aldığım ve Trakya Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen “Edirne İlinin Sanayi ve Ar-Ge Yetenek Envanterinin Oluşturulması” adlı projeye ait verilerden türetilmiştir. Bu projede emeği geçen CVM Coğrafi Veri Modelleme San. Ve Tic. Ltd. Şirketine, Trakya Teknopark çalışanlarına, Trakya Kalkınma Ajansı yetkililerine ve Edirne Bilim, Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü Personeline çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

1996. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. ve diğerleri, 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası; Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını. Ankara Türkiye.
- Alsan, E., 1972. Magnitude and Time Distributions of Earthquakes in Turkey. *Bull.Int.Inst.Seismol.Earthq.Eng.*, 7, 1-10.
- Altunel, E., Meghraoui, M., Akyüz, H.S. ve Dikbaş, A., 2004. Characteristics of the 1912 co-seismic rupture along the North Anatolian Fault Zone (Turkey): implications for the expected Marmara earthquake, *Terra Nova*, 16, 198-204.
- Arkoç, O., Özşahin, B. Kentsel Planlamada Sınırlamalara Yerbilimlerinin Etkisi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanımı, 9.Uluslararası Sinan Sempozyumu, Trakya Üniversitesi, S 117 – 123, 2015.
- Barka, A.A., 1992. The North Anatolian Fault Zone, *Ann. Tectonicae*, 6, 164-195.
- Başöz, N., 1992. Seismic Hazard Assessment in Regions Having Diffused Boundaries and Nonhomogeneous Attenuation. Master Thesis, Middle East Technical University, 161 p.
- Bayrak, Y., Yılmaztürk, A. ve Öztürk, S., 2005. Relationships Between Fundamental Seismic Hazard Parameters for the Different Source Regions in Turkey. *Natural Hazards*, 36 (3), 445-462.
- Beyhan, B., Belge, B., Zorlu, F., Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Masaüstü CBS Yazılımları Üzerine: Karşılaştırmalı ve Sistemli Bir Değerlendirme, *Harita Dergisi*, Ocak 2010, sayı: 143, syf: 45-61.
- Çınar-Yıldız, S., Özden, S., Tutkun, S.Z., Ateş, Ö., Altuncu-Poyraz, S., Kpana-Yeşilyurt, S., 2013, Ganos Fayı Boyunca Geç Senozoyik Yaşlı Gerilme Durumları, *KB Türkiye*", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, cilt.56, ss.1-21, 2013.
- DLH (Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü), 2007. Kıyı Yapıları, Demiryolları ve Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği için Deprem Tehlikesi Belirlemesi. YPU-DLH-060520-001-Ara rapor 1, Yüksel Proje.
- Efe, R., Demirci, A., 2001. 'Gölcük 1999 Depreminde Zemin ve Yerçekli Özelliklerinin Şiddet ile Hasar Dağılımına Etkisi'. *Türk Coğrafya Dergisi* 36, 1-15, İstanbul.
- Egeran, N. ve Lahn, E., 1944. 1/2.400.000 Mikyaslı Türkiye Yer Depremleri Haritası Hakkında Muhtıra. *M.T.A. Mec.*, 9 (2/32), 270-289.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1/1.125.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara, Türkiye. ISBN:978-605- 5310-56-1
- Ercan, T., 1992. Trakya'daki Senozoyik volkanizması ve bölgesel yayılımı, *JMO, Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 41, s: 37-50.
- Erdik, M., Doyuran, V., Gülkan, P. ve Akkaş, N., 1985. Türkiye'de Deprem Tehlikesinin İstatistiki Açısından Değerlendirilmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, 116.
- Erdik, M., Doyuran, V., Akkaş, N. ve Gülkan, P., 1985. A Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey. *Tectonophysics*, 117, 295-344.
- Erdik, M., Biro, Y.A., Onur, T., Sesetyan, K. ve Birgören, G., 1999. Assessment of Earthquake Hazard in Turkey and Neighboring Regions. *Annali Di Geofisica*, 42 (6), 1125-1138.
- Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M.B. ve Durukal, E., 2006. Kıyı Yapıları, Demiryolları ve Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaat Genel Müdürlüğü, 48.
- Ergin, K. ve Güçlü, U., 1971. Türkiye Depremlerinde Beklenecek Maksimum Şiddeti Gösterir harita.
- Eyidoğan, H. ve Güçlü, U., 1993. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasının Evrimi ve Yeni Bir Harita İçin Öneri. *Jeofizik*, 7, 95-108.
- Gölcük 17 Ağustos Derneği, 2000. Merkez Üssü Gölcük: O Gece Üçü İki Geçe. 17 Ağustos Derneği Yayınları, Kocaeli.
- Görür, N. and Okay, A.I., 1996. Fore-arc origin of the Thrace basin, northwest Turkey, *Geologische Rundschau*, 85, 662-668.
- Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yüçemen, M.S., Doyuran, V. ve Başöz, V., 1993. En Son Verilere göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Rapor no:METU/EERC 93-01, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 156 s.
- Hacısalıhoğlu, İ. Y., 2001. Türkiye'nin Kentsel Gelişim Süreci ve 1999 Marmara Depremi. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Hattori, S., 1980. Seismic Risk Maps in Turkey. Iran and Mediterranean Areas, *Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering*, İstanbul, 285-292.
- Herece, E. ve Akay, E., 2003. Kuzey Anadolu Fayı Atlası. M.T.A. Yayını, Ankara.
- İlhan, E., 1961. Yer Sarsıntıları ve Madencilik. *Madencilik Dergisi*, 3, 156 – 164.
- İnangu, A., Kırbas, H., 'Anadolu Levhası Üzerinde Kütahya'nın Deprem Tehlikesi'. S.D.Ü. X. Mühendislik Sempozyumu, *Bildiriler Kitabı I*, 1999, 279–293, Isparta.
- İpek, M., Uz, Z. ve Güçlü, U., 1965, Sismolojik Donelere Göre Türkiye Deprem Bölgeleri. Deprem Yönetmeliği Toplantısına Takdim Edilen Rapor, 22 Şubat 1965, Ankara (Yayınlanmamış).
- Kasar, S., Burkan, K.A., Siyako, M., ve Demir, O., 1983. Tekirdağ Şarköy-Keşan-Enez bölgesinin jeolojisi ve Hidrokarbon olanakları, TPAO rap., 1171 (Yayınlanmamış).
- Karagüzel, R., Arazi kullanımı ve kentsel planlama sürecinde yerbilimleri. 65.yıl Mahir Vardar - Jeomekanik, Tünelcilik ve Kaya Yapılarının Tasarımı Özel Oturumları, İstanbul Teknik Üniversitesi, S 231 -260, İstanbul, 2012.
- Kayabalı, K., 2002. Modeling of Seismic Hazard for Turkey Using the Recent Neotectonic Data. *Engineering Geology*, 63, 221-232.
- Kayabalı, K. ve Akın, M., 2003. Seismic Hazard Map of Turkey Using the Deterministic Approach. *Engineering Geology*, 69, 127- 37.
- Kelleci, E., Açık Kaynak Kodlu ve Özgür Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları, 2007/4, EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, syf 21-22.
- Ketin, İ., (1976), "San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları

- arasında bir karşılaştırma”, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 149-154.
- Ketin, İ., 1982. Genel Jeoloji Cilt I (II.Baskı). Yerbilimlerine Giriş, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul, 597.
- Kopp, K.O., Pavoni, N. ve Schindler, C., 1969. Geologie Thrakiens IV: Das Ergene-Becken, Beih zum Geol. Jahrb., Heft 76, 136 s., Hannover.
- Kotil, E., Konur, F., Özgür, H., 2007. The economic impacts of gulf earthquake. International Kocaeli Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, 22–26 Oct.
- Lahn, E., 1949. Seismological Investigations in Turkey. Bulletin of the Seismological Society of America, 39(2), 67-71.
- Mitchell, W. A., Özgüç, N., 2000. ‘Geographical Perspectives on Political, Social and Economic Aftershocks from the Marmara (NW Turkey) Earthquake Disaster of August 17, 1999’. Association of American Geographers Annual Meeting, Pittsburg.
- Özmen, B., 2012. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 55, 1.
- Pamir H.N., 1948. Dinamik Jeoloji. Cilt II, İstanbul Üniversitesi Yayınları 348, 404 s.
- Sabah, L., Keser, K., Bişar, E., Yalçın, C., 2015, İl Genelinde Mobil Uygulamalar İle Oluşturulan Sanayi Ve Ar-Ge Envanterinin Analiz Çalışmalarında Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: Edirne Örneği, VIII.TUFUAB Teknik Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, sayfa; 66, Haziran 2015, KONYA.
- Saltık, O., 1974. Şarköy-Mürefte sahaları jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Arama Grubu Arşivi, Teknik Rapor, 879, 24 s. (Yayımlanmamış).
- Saner, S., 1985. Saros Körfezi dolayının çökme istifleri ve tektonik yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 1-10.
- Sieberg, A., 1932. Erdbebengeographie. Band IV, Lieferung 3, Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Siyako, M., 2006. Trakya Bölgesi Litostratigrafi birimleri, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi 2, Ankara, 70 s.
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E., Ünay, E., Gürbüz, M., Atalay, Z., ve Şentürk, K., 1987. Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği, MTA Rap: 8128. (Yayımlanmamış).
- Sümengen, M. ve Terlemez, İ., 1991. Güneybatı Trakya yöresi Eosen çökellerinin stratigrafisi, Maden Tetkik Arama Dergisi, 113, 17- 30.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, I., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. M.T.A., Ankara.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault. its age offset and tectonic significance, J. Geol. Soc. Lond, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, Soc. Ecol. Paleontol. Mineral. Spec. Publ., 37, 227-264.
- Şengör A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C, Sakınc, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., ve Rangin, C., 2004. The North Anatolian Fault: A New Look, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 33, 37-112.
- Tabban, A., 1969. Türkiye’nin Sismisitesi. İmar ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara, 47.
- Tapırdamaz, C. ve Yaltrak, C., 1997. Trakya’da Senozoyik volkaniklerinin paleomanyetik özellikleri ve bölgenin tektonik evrimi, MTA Dergisi, 119, 27-42.
- TEFER (Turkey Emergency Flood and Earthquake Recovery Project), 2001. Consulting Services for Improvement of Natural Hazard Insurance and Disaster Funding Strategy. Final Report, Programme 6.1 Review of Loss Potential and Catastrophic Risk Modelling, Section 5, The Hazard of Earthquake, Başbakanlık Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı-Sigortacılık Genel Müdürlüğü.
- Turgut, S., Siyako, M., ve Dilki, A., 1983. Trakya havzasının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni, 4, 35-46.
- Turgut, S., Türkaslan, M., ve Perinçek, D., 1991. Evolution of the Thrace sedimentary basin and its hydrocarbon prospectivity. In: Spencer, A.M. (Ed.), Generation, Accumulation, and Production of Europe’s Hydrocarbons. Spec. Publ. Euro. Ass. Petrol. Geoscient. 1, 415-437.
- Turgut, S., ve Eseller, G., 2000. Sequence stratigraphy, tectonics and depositional history in eastern Thrace Basin, NW Turkey, Mar. Petrol. Geol., 17, 61-100.
- Tüysüz, O., Barka, A., ve Yiğitbaş, E. 1998. Geology of the Saros Graben: its implications on the evolution of the North Anatolian Fault in the Ganos-Saros region, NW Turkey. Tectonophysics 293, 105-126.
- Uçaner, M.E., Akyol, E., Gökokuş, S., Kırmızıgül, M., Sarıççek, İ., 2014. Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları ile Belediye Kent Rehberi Uygulaması, 5. Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Ulusay, R., Kentleşme sürecinde yer seçimi ve depreme dayanıklı yapı inşasında jeolojik-jeoteknik etütlerin önemi ve işlevi, Jeoloji Müh. Odası Yay. 51, S 23 -27. 1999.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H. ve Gökçeoğlu, C., 2004. An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey, Engineering Geology. Science Direct, Elsevier, 74, 265-291.
- Yalçın, C., Bişar, E., Yalçın S., Sabah, L., 2015, Tematik Coğrafi Haritaların Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi, 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, Bildiriler Kitabı, sayfa; 217, 6-7 Ekim 2015, ANKARA.
- Yaltrak, C., 1995. Gaziköy-Mürefte Arasının Sedimentolojisi ve Tektoniği, TPJD Bülteni, 6: 1, 93-112.
- Yaltrak, C., Alpar, B., ve Yüce, H., 1998. Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (Northeastern Aegean Sea, Turkey), Tectonophysics, 300, 227–248.
- Yaltrak, C., ve Alpar, B., 2002. Kinematics and evolution of the northern branch of the North Anatolian Fault (Ganos Fault) between the Sea of Marmara and the Gulf of Saros, Mar. Geol., 190, 352-366.
- Yaltrak, C., Alpar, B., Altınok, Y., 2002. Mürefte-Şarköy Depremi: Ganos Fayı’nın 9 Ağustos 1912 Depreminde atımı, kırık uzunluğu, büyüklüğü, karakteri ve aynı yörede olan tarihsel depremler. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 6. Toplantısı, 21-22 Kasım 2002, ATAG-6 Bildiriler Kitabı. 90-93.
- Yarar, R., Ergünay, O., Erdik, M. ve Gülkan, P., 1980. A Preliminary Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey. Proceeding 7th World Conference on

Earthquake Engineering, İstanbul, 1: 309-316.

URL 1, MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü, MTA Genel Müdürlüğü internet sitesi <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>, (15.08.2015).

URL 2, Edirne Tarım Master Planı, Ocak-2005, İl Tarım Ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı internet sitesi <http://www.tarim.gov.tr/SGB/Belgeler/Master/edirne.pdf>, (15.08.2015).

URL 3, 2016, B.Ü. Kandilli Rasathanesi Deprem Sorgulama Sistemi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) internet sitesi <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>, (15.01.2016).

URL 4, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Kocaeli Bölge Müdürlüğü internet sitesi, Edirne İlinin Jeolojisi, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/kocaeli/index.php?id=edirne>, (15.08.2015)



Atık Kâğıt Geri Dönüşüm İşlemlerinde Genel Esaslar ve Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi

Halil Turgut ŞAHİN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Tel: 246 211 3975, Fax: 246 2371810

(Dergiye gönderilme tarihi: 11 Aralık 2015, kabul tarihi 29 Mart 2016)

Özet

Son yıllarda atık kağıtların geri dönüşümü üzerine çok yoğun araştırmalar yapılmıştır. Çalışmalarda, atık kâğıtların toplanarak selüloz hammaddesi olarak yeniden kağıt-karton ürünlerinin imalinde kullanılması üzerine (sekonder hamur) literatürde birçok olumlu görüş sunulmuştur. Kağıt geri dönüşümüne geçişte ve şimdiki düşünceler bazı farklılıklar göstermektedir. Eskiden geri dönüşüme, ekonomik ve ucuz hammadde sağlamak açısından bakılmıştır. Bu birçok bakımdan doğrudur. Fakat günümüzde ise çevresel faktörlerde atık kağıtların geri dönüşümünü zorlayıcı bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Piyasada oluşan şartlar ve kağıt özellikleri incelendiğinde geri dönüşümde bazı potansiyel olumsuzluklarında göz önüne alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu çalışmada literatür bilgileri ışığında atık kağıtların değerlendirilmesiyle elde edilebilecek olumlu faydaların yanında, muhtemel olarak oluşabilecek ve üzerinde fazla durulmayan bazı olumsuz durumlarda açıklanmıştır. Ayrıca, geri dönüşümde mürekkep uzaklaştırma işlemlerinde kullanılan teknolojik yaklaşımlar da açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kağıt geri dönüşüm, sekonder lif, kağıt özellikleri, mürekkep giderme

Basic Principles on Paper Recycling and Deinking Process

During the past decades, numerous studies have been conducted on the potential of papermaking from recycled fibers. Most studies have shown that the paper recycling has many advantages compare to wood pulping. However, recycling produces different effects on the different types of pulps. There are many well opinions on waste papers that using raw materials for paper/cardboard manufacturing. The difference between recycling practices in the past and at present is the driving forces underlying the recycling action. In the past, the most important driving force for paper recycling was economic factors. Hence, recycled fibers were considered a cheap fiber source. This has been true for many situations. In the present time, in addition to economic factors, environmental pressure has greatly promoted the recycling of paper.

However, it is important to consider some unwanted conditions/disadvantages of waste paper use in paper industry. In this study, in view of literature findings, some advantages as well as disadvantages of that secondary fibers as a raw material try to explain. Deinking process can also be explained.

Keywords: Paper recycling, seconder fiber, paper properties, deinking.

1. Giriş

Günümüzde, dünya genelinde üretilen kâğıt/karton ürünlerinin %90'dan fazlası, odun hammaddesinden karşılanmaktadır. Zaten belli derecede tahrip edilmiş ormanlardan gelecekte, kâğıt endüstrisinin ihtiyaç duyacağı büyük miktarlardaki odun hammaddesinin karşılanması oldukça zor görülmektedir (Şahin, 2007 ve 2009).

Kullanımını tamamlayarak atıl duruma gelmiş durumdaki kâğıt ürünlerinde selüloz zaten lif formunda ve hazır olarak bulunduğu için, odunsu ve otsu bitkisel (lignoselülozik) materyalden uzun ve masraflı işlemlerle selülozun üretilmesine gerek kalmadan (pulping) çok daha basit ve ekonomik olarak geri kazanılabilir. Genel olarak geri dönüşüm tesislerinin kurulması ve işletilmesi;

- Çok daha az maliyetle yapılabilen,

- Daha düşük enerji kullanımı ve işletim masrafları ile çalıştırılabilen,
- Çevreye karşı daha az zarar verilerek üretim sürdürülebilmesi,
- Atık kağıtların değerlendirilmesiyle belediyelerin katı atık problemleri önemli ölçüde azaltılabilmekte ve milli ekonomiye hatırı sayılır bir katma değer kazandırılmaktadır. Böylece, çok yüksek yatırım ve işletme maliyeti gerektiren, odundan kâğıt hamuru üreten tesislere alternatif olarak, bazı kâğıt-karton ürünleri geri kazanılmış selüloz liflerinden ekonomik olarak imal edilebilmektedir (Cathie ve Guest 1991; Clar, vd., 1990; Kırcı, 2009).

Atık kâğıtların yeniden kullanımı üzerine ilgi giderek artış göstermekte ve günümüzde atık kâğıtlar uluslararası ticaretin konusu durumuna gelmiştir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri, çok yüksek toplama oranına sahip olmasından dolayı, ihtiyaç duyan bazı Orta Doğu ve Asya ülkelerine önemli

miktarlarda atık kâğıt ihraç etmektedir (Cathie ve Guest 1991; Clar, vd., 1990).

1.1. Atık Kâğıtların Piyasa Ekonomisine Etki Eden Faktörler

Sekonder kâğıt hamuru tek başına veya odun hamurlarına belli oranlarda katılarak farklı kalite sınıfında kâğıt-karton ürünlerinin imalinde kullanılabilir. Bu bakımdan, toplumların bilinçlenmesi ve doğal orman kaynaklarını korumaya olan ilginin artması sonucu kullandığımız birçok kâğıt ürününde atık kâğıt esaslı lifler oranda kullanılmaya başlanmıştır. ABD de yapılan bir araştırmaya göre, geri dönüşümden elde edilmiş sekonder kâğıt hamuru, kalite özellikleri dikkate alınarak beş ayrı kategori içinde de sınıflandırılmıştır (Broeren, 1991). Bu sınıflar ve oranları aşağıda Çizelge 1 de özet olarak gösterilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere atık kâğıtların çoğunluğu (%90 dan fazlası), mürekkep uzaklaştırma işlemi yapılmadan, ucuz kâğıt ve karton ürünleri imalinde değerlendirilmektedir.

Çizelge 1. Sekonder kâğıt hamuru sınıfları (Broeren, 1991).

Oran (%)	Kâğıt hamuru sınıfı
9	Mürekkep uzaklaştırılmış yüksek kaliteli sınıf
11	Karışık kâğıt hamuru sınıfı
15	Odun hamuru destekçisi sınıf
16	Gazete kâğıdı destekçisi sınıf
49	Karton/oluklu mukavva sınıfı

Yukarıda belirtilen hamur türlerinin imalatında kullanılan atık kâğıtlar ise aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Kırcı, 2009):

- **EOM:** Eski oluklu mukavva kutular, esmer kraft hamuru esaslı torba kâğıtları ve ambalaj kâğıtları,
- **EGK-EDK:** Eski gazete, dergi ve mecmua kâğıtları, gazete matbaasından alınan hatalı basım yapılmış kâğıtlar ve baskı fazlalıkları,
- **Kırpıntı:** Kâğıdı işleyip defter, zarf vb. ürünlere dönüştüren işletmelerden alınan en yüksek kalitede mürekkepsiz kırpıntı kâğıtlar,
- **KK (Karışık kâğıtlar):** Ofis, mesken, eğitim kurumları vb. kaynaklı renkli kâğıtlar, zarflar, eski dergi ve kataloglar ve yiyecek paketlenmede kullanılan kâğıt ve kartonları içeren karışık kâğıtlar,
- **Eski defterler, bilgisayar yazıcı çıktıları:** Genellikle mürekkebi temizlenerek işlenecek kalitede kampanya ile toplanmış daha çok kimyasal hamurca zengin atık kâğıtlar, eski defterler bilgi işlem merkezinden alınan yazıcı çıktıları.

Sekonder kâğıt hamuru piyasası, odun hamuru piyasasından bağımsızdır ve piyasa şartları, tesisin kurulduğu bölge, tüketim merkezi ve ulaşım özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Aşağıda atık kâğıtların toplanması, değerlendirilmesi ve fiyatı üzerine etki eden faktörler özet olarak açıklanmıştır (Cathie ve Guest 1991; Clar, vd., 1990; Reese, 1991).

a) Kâğıt fabrikasyonu esnasında oluşan artıklar: Tipik olarak yazı ve baskı kâğıdı üreten tesislerde kenar kırpıntıları ve tıraşlama kesimleri sonucunda %1-10 oranında atıklar oluşabilmektedir. Bu artıkların üzerlerinde henüz herhangi bir baskı işlemi uygulanmamış olduğundan, uygun şekilde kirlenmeden ayrıştırılıp toplanabilirse daha yüksek fiyata satılabilirler. Fakat, kâğıtların içeriğinde bulunan bazı maddeler örneğin basınç hassasiyetli tutkallar ve yoğun mürekkepli kısımlar ayrıştırılmazsa kâğıtların fiyatı önemli ölçüde azalır.

b) Odun hamuru fiyatı: Herhangi kalitedeki atık kâğıt hamurunun fiyatı, odun hamuruna göre çoğunlukla daha düşüktür. Genel olarak mürekkebi uzaklaştırılmış ve ağartılmış kalitedeki geri kazanılmış kâğıt hamuru yüksek kaliteli sınıf olarak ifade edilir ve fiyatı ağartılmış odun hamuru fiyatına yakın seviyelere ulaşabilir.

c) Bölgesel ihtiyaç ve taşıma maliyeti: Atık kâğıtların fiyatları bölgesel olarak değişebilir. Zira bazı bölgelerde toplumların daha bilinçli veya geri dönüşüm tesislerinin tüketim merkezlerine yakın olması fiyat/maliyeti direkt olarak etkilemektedir. Taşıma maliyeti, atık kâğıt lif fiyatlarını etkilemekte özellikle uzun mesafelere avantajlı olmamaktadır.

d) Liflerin teknik özellikleri: Karışık sınıf kâğıtlardan veya mürekkep uzaklaştırma işlemi yapılmadan elde edilen geri dönüşüm lifleri teknik özellikleri itibarıyla düşük kalite sınıfına dâhil ucuz kâğıt ve karton ürünleri üretiminde kullanılırlar. Fakat şu unutulmamalıdır ki, geri dönüşüm tesislerinin kapasitesinin yüksek olması, çoğunlukla bu liflerden üretilen kâğıtların kalitesinin düşmesine neden olur. Zira yüksek miktarda ve aynı özellikteki kâğıtların bir anda toplanması ve ayrıştırılmaları güçleşir ve çoğunlukla karışık kâğıt türlerinin aynı anda geri dönüşümde kullanılması eğilimi oluşur.

e) Lif verimi: Geri kazanılmış liflerin ekonomisi, proseste oluşan kayıpların maliyeti ile yakından ilgilidir. Bu bakımdan lif verimi teknik analiz ve maliyet için en önemli göstergelerden birisidir. Verim, toplanan atık kâğıtlardaki liflerin özelliklerine ve prosese bağlı olarak değişmektedir. Burada lif verimini hesaplarken tanımların yapılması gerekir.

Kayıp: Kayıp en genel olarak, ilk olarak satın alınan kâğıtlardaki ağırlık kaybı oluşumudur.

$$\text{Kayıp} + \text{Verim} = 100$$

$$\text{Kayıp} (\%) = 100 \times (A-B/A)$$

*A: İlk satın alınan atık kâğıt (kg); B: geri dönüşümden üretilen kâğıt hamuru (kg)

Genel olarak atık kâğıtlardan selüloz esaslı liflerin geri dönüşüm oranı, mürekkep uzaklaştırma işlemi olmayan tesislerde %90'ın üzerinde, fakat mürekkep uzaklaştırma işlemi uygulanan tesislerde %60'a düşebilmektedir. Geri dönüşüm tesislerinde oluşan kayıplar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Toplanan kâğıtların sınıflandırılması esnasında atılan lifsel malzeme,
- Geri dönüşümde yanlış lif açma işlemi sonrasında oluşan lifsel artıklar,
- Hamur açma sonrası elemelerde oluşan lifsel artıklar,
- Kâğıt üretimi esnasında zemine düşen materyal,
- Kısa boyutlu liflerin yıkama ve yüzdürme esnasında kaybedilmesi,
- Bazı liflerin ağartma esnasında ve ağartmadan sonra yıkama esnasında çözünmesi.

1.2. Atık Kâğıtların Geri Dönüşümünden Sağlanabilecek Bazı Avantajlar

Selüloz ve kâğıt hamuru maliyetine değişik birçok etmen etki etmektedir. Odun hamurundan ucuz olduğu müddetçe atık kâğıtların geri dönüşüm için toplanması ve kullanımının sürmesi beklenebilir.

Genel olarak, ekonomik ve çevresel birçok faktör atık kâğıtların toplanarak yeniden kâğıt üretiminde değerlendirilmesinin olumlu etkiler sağlayacağını işaret etmektedir. Bu avantajların bazıları aşağıdaki şekilde belirtilebilir (Cathie ve Guest 1991; Ellis ve Sedlachek 1993; Reese, 1991);

a) Atık kâğıt endüstrisi, orman kaynaklarına bağımlı olmayan hammadde kaynağına sahiptir. Bu bakımdan sınırlı orman

kaynakları kâğıt ve orman ürünleri endüstrisi için daha rasyonel kullanılabilir,

- b) Atık kâğıt esaslı kâğıt hamurunun ayrı bir piyasası vardır. Bu nedenle odun hamuru piyasasında oluşabilecek dalgalanmalara göre (üretim miktarı, fiyat vb.), geri kazanılmış lifler alternatif ve güvenli bir kaynak sağlayabilir,
- c) Atık kâğıtların geri dönüşüm işlemleri, odun hamuru üretimine göre kolay, daha az kimyasal madde ve enerji tüketilerek gerçekleştirildiğinden, sekonder kâğıt hamurunun fiyatı aynı özellikteki odun hamuruna göre genellikle daha ucuzdur,
- d) Katı atık durumundaki atık kâğıtların değerlendirilmesi ile çevre kirliliği azalmasına yardımcı olunur,
- e) Mürekkebi uzaklaştırılmış atık kâğıt hamuru lifleri yüksek opaklığa sahip olduklarından bazı basım/matbaa işlerinde avantaj sağlayabilir,
- f) Sekonder liflerden oluşan kâğıt sayfa yapısında, rutubetin liflere etkisi azaldığından kıvrılma, topaklanma vb., belli derecede azalır. Dolgu ve yüzey kaplama malzemelerinin liflere tutunması kolaylaşır. Daha yumuşak, emici özellikte kâğıt ürünleri üretilebilir,
- g) Sekonder liflerden yeniden kâğıt imalinde kullanılan makine ve ekipmanlar, geleneksel olarak odun hamurundan üretim yapan tesislerdeki donanımlara benzerlik gösterir. Sadece bazı teçhizatlar ve işlem basamakları modifiye edilmesi yeterlidir. Örneğin; kâğıt makinesindeki eleklerin gözenek yapısı farklı açıklıklarda düzenlenebilir, çok kademeli ve ilave temizleme üniteleri eklenebilir (hidrosiklonlar), liflerin rafinasyon/dövme işlemleri daha hassas ekipmanlarla uygulanabilir.

1.3. Atık Kâğıtların Geri Dönüşümde Oluşabilecek Bazı Dezavantajlar

Literatürde ve birçok kaynakta, atık kâğıtların geri dönüşümü sayesinde elde edilebilecek ekonomik ve çevresel avantajlar ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Yukarıda da kâğıt ve karton ürünlerinin geri dönüşümü sonucu elde edilebilecek faydalara kısaca değinilmiştir. Fakat dünya genelinde hızla artan kâğıt geri dönüşüm oranı beraberinde bazı sorunlara beraberinde getirmiştir. Bu muhtemel sorunların çok dikkatlice gözden geçirilmesi gerekir (Cathie ve Guest 1991; Clar, vd., 1990; Reese, 1991; Spangenberg, 1993). Aşağıda muhtemel olarak oluşabilecek bazı olumsuz durumlar kısaca açıklanmıştır.

Kullanılmış atık kâğıtlarının bulunabilirliği: Bilim ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kâğıt endüstrisinde, özellikle makineleşme konusunda büyük ilerlemeler gözlemlenmiştir. Günümüzde, yeni kurulan kâğıt makineleri günde yüzlerce ton kâğıt üretebilecek kapasitededir. Bu bakımdan gelecekte bu tesislerin yıl boyu çalışmasını sağlayacak düzeyde atık kâğıt kaynaklarının sağlanmasında oluşabilecek olumsuz faktörlerinde dikkatlice gözden geçirilmesi gerekir. Fakat şur husus unutulmamalıdır ki, aynı cins ve türdeki kâğıtların aynı anda çok yüksek miktarlarda örneğin binlerce ton olarak toplanması ve geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması oldukça zordur.

Kir ve istenmeyen maddeler: Artık ve atık kâğıt-karton ürünlerinin geri dönüşümünde en büyük problemleri bunlar oluştururlar. Zira, geri dönüşüm işlemlerinde plastikler, sıcak eritilmiş kaplama maddeleri, basınca duyarlı yapıştırıcılar, mürekkepler, yüzey kaplama maddeleri ve bağlayıcılar gibi kirlerin bulunduğu kâğıtların sınıflandırılması ve aynı anda geri dönüşümlerinin sağlanması oldukça zordur. Ayrıca, yüksek oranda geri dönüşüm liflerine ihtiyaç duyulması bu durumun

gittikçe zorlaşmasını sağlayacak ve maliyetin artmasına sebep olabilecektir.

Geri dönüşüm artık oranı: Atık kâğıtların geri dönüşümü sırasında özellikle mürekkep uzaklaştırmada yüksek oranda (%10-40) lifsel kayıplar oluşmaktadır. Gelecekte geri dönüşüm sistemlerinin büyümesine bağlı olarak oluşan lifsel artıklar önemli derecede artacaktır ve bu artışa bağlı olarak tedarik ve kullanımda bazı sınırlamaların olması beklenebilir. Ayrıca, özellikle mürekkep uzaklaştırma işlemi yapılan tesislerde oluşan atık sularında süspansiyon halindeki madde miktarı dolayısıyla çevre için zararlı kimyasal madde oranı yüksektir.

Liflerin direnç özellikleri: Her geri dönüşüm işlemi sırasında selüloz ılımlı da olsa mekanik parçalanmaya uğramakta, eleme ve temizleme işlemi sırasında hamur içindeki ince lif fraksiyonları şeklinde bir kısmı uzaklaşmaktadır. Sonuçta hamurun sağlamlığı her geri dönüşüm işlemi sırasında bir miktar azalmaktadır. Bu olumsuz durum, mürekkep uzaklaştırma işlemleri ile daha da artmaktadır.

Yüksek maliyet: Gün geçtikçe kimyasalların, enerjinin ve atık kâğıtların fiyatının artması, üreticileri sürekli daha ucuz, alternatif yeni lif kaynakları aramaya itmektedir. Son yıllarda özellikle odun dışı lignoselülozik bitkisel materyalin (otsu bitkiler) kâğıt endüstrisinde kullanım oranı artmıştır ve gelecekte bu lignoselülozik kaynakların kâğıt sanayinde kullanım oranının artması beklenmektedir. Benzer şekilde hızlı yetişen ağaç bazı türleri de özel olarak kâğıt endüstrisi için yetiştirilmekte (özellikle çam türleri) ve odundan kâğıt hamuru üretiminin maliyeti azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu bakımdan ileride atık kâğıt tedarik ve maliyetinde oluşabilecek dalgalanmalar, odun hamuru fiyatı ile rekabette sıkıntıların oluşmasına sebep olabilir.

2. Atık kâğıt geri dönüşümde mürekkep giderme işlemi

Geri kazanılmış sekonder lifleri çoğunlukla daha düşük kalitedeki kâğıtların imalinde kullanılmaktadır. Bu bakımdan mürekkep giderme işlemi sadece yüksek kaliteli kâğıt ürünleri imal edilmek istendiği durumlarda uygulanmaktadır.

Atık kâğıt ve karton ürünlerinde bulunan mürekkep ve boyar maddeleri birçok şekilde sınıflandırılabilir. Fakat en genel olarak kimyasal formülasyonları ve uygulama şekilleri dikkate alınmaktadır (Horacek, 1990; Spangenberg, 1993). Günümüzde dergi, kitap, gazete, afiş, broşür vb., kullanılan mürekkepler *basık* ya da *matbaa* mürekkebi olarak ifade edilmektedir. Bu basılı yayınlardaki çoğunlukla trigromi renk denilen (cyan, magenta, yellow ve black-CMYK) mürekkep serisi kullanılmaktadır (Cathie ve Guest, 1991). Genel olarak, matbaa mürekkepleri 4 farklı ana bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar;

Pigmentler: Mürekkebin rengini veren bileşenler,

Solvent ve çözücüler: Mürekkebin akışkanlığını düzenleyen bileşenler,

Bağlayıcılar: Renk maddesinin (pigment) basım yapılacak olan kâğıt- karton üzerine yapışmasını sağlayan bileşenler,

Aktif maddeler: Basım işlerinde ortamın durumuna uygun halde mürekkebin kullanılmasını sağlayan bileşikler.

Özellikle mürekkep uzaklaştırma işlemi uygulanacak atık kâğıtlar mümkün olduğu durumlarda daha toplama tesislerinde tür ve cinslerine göre ayrıştırılmaktadır. Zira geri dönüşümdeki başarının artırılması için benzer özellikteki kâğıtların birlikte geri dönüşüme tabi tutulması gerekir. Fakat, özel sınıf kâğıtlar olarak sınıflandırıldığında; karbon kâğıtları, vaks ile yoğun yüzey işlemi uygulanmış kâğıtlar, aydınlar, kapaklı magazin dergileri vb.,

özellikleri itibarıyla mürekkep uzaklaştırma işlemine uygun değildirler. Bunlar diğer kağıt ürünleriyle karıştırılarak geri dönüşüm işlemi uygulanabilir (mürekkep uzaklaştırma yapılmadan).

Mürekkep uzaklaştırma işlemi daha ilk aşama olan kağıdın su ile temas ettiği ve karıştırıldığı lif açma/hamurlaştırma basamağında başlar. Henüz bu ilk aşamada kağıtlar liflerine ayrılmaya, yüzey kaplama maddeleri çözünmeye ve mürekkep ile kaplama maddeleri belli oranda dispers hale geçmeye başlar (Brancato, 2008). Genel olarak lif açma/hamurlaştırma basamağında kostik soda, hidrojen peroksit, sodyum silikat veya sodyum fosfat gibi kimyasallar liflerin açılması yanında atık kağıt üzerindeki mürekkebin çözündürülmesi ve lif yüzeyinden söktürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu bakımdan, başarılı bir mürekkep uzaklaştırma işlemi için *hamurlaştırıcıda (pulper)* mürekkebin lif yüzeyinden koparılması gerekir. Bu işlem etkili bir şekilde gerçekleştirilemezse, daha sonraki iş akışında mürekkep uzaklaştırma tesisi öncesinde ilave teçhizatların kullanımı gerekli olur ki bu sistemi oldukça karmaşık ve zor idare edilebilir hale getirebilir.

Özellikle son yıllarda yapılan yoğun çalışmalar sonucu, hamurlaştırma/lif açma ünitesinde uygun yıkamanın yapılması ve kirli suyun sistemden uzaklaştırılmasının başarıyı artırdığı belirtilmektedir (Kleinau, 1990a ve b). Zira lif açma ve devamında yıkama işleminin uygun yapılması durumunda

mürekkep partikülleri büyük boyutlarda bir araya gelerek liflerin yüzeylerine yeniden çökebilme ve *yüzdürme* ile mürekkep uzaklaştırma ünitesinde mürekkebin ayrılmasını zorlaştıracaktır (Horacek, 1990; Orner, 1993). Geri dönüşüm tesislerinde mürekkep uzaklaştırma işlemlerinin etkisinin artırılması için üç konuda ortak görüşler bulunmaktadır (Horacek, 1990; Kleinau, 1990a ve b; Orner, 1993). Bunlar;

- Atık kağıtların sınıflandırılmasının daha dikkatli yapılarak aynı türdeki kağıtların aynı anda geri dönüşümlerinin yapılması,
- Geri dönüşümde hamurlaştırma ve ağartmada kullanılacak kimyasal maddelerin kağıt türü dikkate alınarak daha dikkatli seçilmesi,
- Geri dönüşüm proseslerinde kullanılacak ekipmanların uygun seçilmesi.

Mürekkeplerin uzaklaştırılması için bazı mineral esaslı dolgu maddeleri de kullanılmaktadır. Bunların etkileri farklı ve çok çeşitli olmakla birlikte, mineral dolgu maddelerinin koloidal dispersiyon sisteminin düzenlenmesinde faydalı oldukları bilinmektedir. Aşağıda Çizelge 2 de, mürekkep uzaklaştırma ünitesi bulunan bazı geri dönüşüm tesislerinde kullanılan kimyasal madde reçeteleri örnek olarak verilmiştir (Kleinau, 1990a).

Çizelge 2. Mürekkep Uzaklaştırmada Kullanılan Bazı Kimyasal Maddeler (Kleinau, 1990a).

Oran (%)	Kimyasal Madde
2,0-5,0	Kostik Soda (NaOH)
3,5/4,5	Soda (Na ₂ CO ₃)
1,5/1,5	Kostik Soda/Metansilikat
2,5/2,5/3,0	Kostik Soda/Soda/ Sodyum Silikat
2/0,25	Kostik Soda/Sodyum Silikat
1,5-2,0/3,0-6,0	Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)/Sodyum Silikat
2,5/2,5/1,5/3,0	Kostik Soda/Soda/ Hidrojen peroksit/Sodyum Silikat
2,0	Hidrojen peroksit

Mürekkep uzaklaştırma işlemi uygulanacağı zaman pulperde ilave edilen bu maddelerden kostik soda (NaOH) ve soda (Na₂CO₃) gibi alkaliler mürekkep partiküllerinin lif yüzeyinden çözündürülerek uzaklaştırılmasında, sodyum silikat ve metan silikatın yüzey aktif özelliği ve mürekkep partiküllerini dağıtma özelliğinden, hidrojen peroksitten ise özellikle mekanik odun hamuru gibi lignin zengin hamurların sararmasını önleme fonksiyonlarından yararlanılır.

Mürekkep giderme/uzaklaştırma (deinking) işlemi geleneksel kağıt geri dönüşüm işlemlerine ilave ve en basite indirgenmiş şekliyle;

- Kimyasal maddelerin eklenmesini,
- Birden fazla işlem basamaklarının uygulanmasını,
- Yoğun enerji ve su kullanımını,
- Verimi düşürücü ve maliyeti artırıcı işlem basamaklarını,
- Çoğunlukla ağartma kimyasalı eklemeyi gerektirir.

Dünya genelinde mürekkep uzaklaştırma işleminde yoğun olarak uygulanan iki ana yöntem bulunmaktadır (Biermann, 1993). Bunlar;

- *Yıkama* ile mürekkep uzaklaştırma,
- *Yüzdürme* (Flotasyon) hücresi ile mürekkep uzaklaştırma,

Temel olarak yıkama ve yüzdürme iki farklı sistemdir ve her iki sistemden birisini veya kombine edilerek ikisini birden

kullanarak başarıyla çalışan yüzlerce geri dönüşüm tesisi bulunmaktadır.

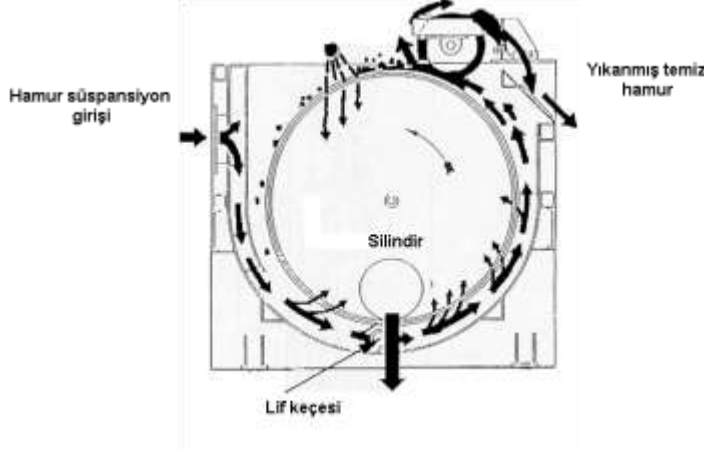
2.1 Yıkama ile mürekkep uzaklaştırma

Yıkama işlemi sadece mürekkep uzaklaştırmak için değil aynı zamanda diğer küçük boyutlu lif dışı istenmeyen maddelerin (kir, tutkal, vb.) uzaklaştırılması için de uygulanmaktadır. Yıkama ile kağıt yüzeylerinden koparılan mürekkebin partikül büyüklüğü ile kullanılan su oranı arasında bir oran bulunmaktadır (Horacek, 1990).

Mürekkep uzaklaştırma işleminde mürekkepler çözelti içindeki durumları dikkate alınarak *dispers olabilenler* veya *dispers olamayanlar* olmak üzere iki ana kategori içinde incelenebilir. Genel olarak *dispers olabilen* mürekkep veya diğer lif dışı parçacıklar daha küçük boyutlara bölünerek yıkama ile uzaklaştırılabilirler. Fakat *dispers olamayanlar* ise daha küçük parçalara bölünemediklerinden uzaklaştırılmazlar ve hamurla birlikte yıkama sonunda bulunabilirler. Bunlar daha sonraki kağıt ürünlerinde koyu benek ve nokta şeklinde görülürler. Bu olumsuz durumun en aza indirilmesi ve etkili mürekkep uzaklaştırma için çok basamaklı yıkama işlemi uygulanır (Horacek, 1990 ve 1993). Yıkama işleminde;

- Lif süspansiyonu (hamur) %0,8 kesafette kazana girer ve yıkama makinesinden yaklaşık %, kesafette ayrılır,
- Yıkama işleminin yapıldığı döner silindirlere su hassas eleklerden girer fakat bu boşluklardan lifler geçemez,
- Yıkamada vakum uygulanarak suyun ortamdan uzaklaşma oranı artırılır.

Aşağıda Şekil 1 de yıkamada yaygın olarak kullanılan silindirli yıkama ünitesi gösterilmiştir. Bu sisteme göre;



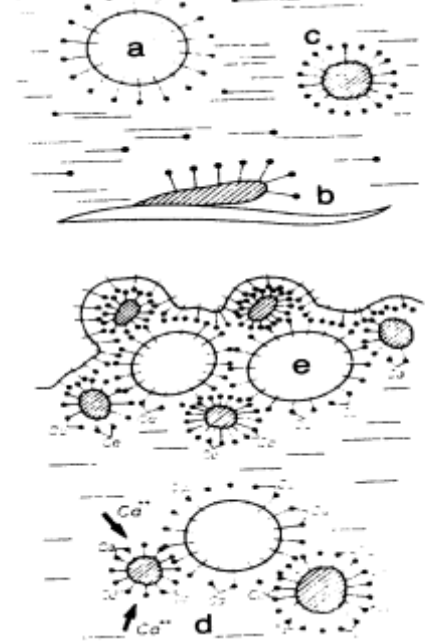
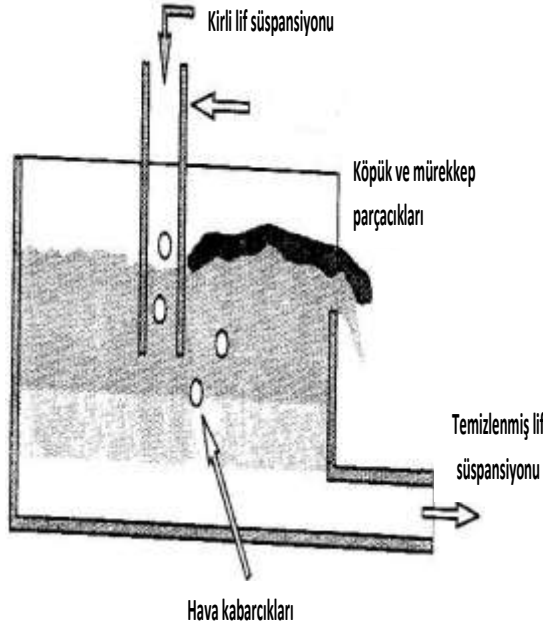
Şekil 1. Silindirli yıkama ünitesi (Horacek, 1990)

2.2 Yüzdürme ile mürekkep uzaklaştırma

Yüzdürme işlemi (flotasyon) son yıllarda yoğun olarak kullanılmaya başlanmış bir sistemdir. Bu yaklaşımda, sürekli çalışma prensibine göre bir besleme ve çıkış (lif hamuru) bölümü vardır. Yüzdürme, aynı zamanda kimyasal ve mekanik ayrıştırma prosesi olarak da tanımlanabilir. Bu yaklaşımda temel prensip, düşük yoğunluktaki lif süspansiyonuna hava verilerek oluşan hava kabarcıklarına mürekkep parçacıklarının tutunması ve yüzeye çıkarılarak uzaklaştırılması esas alınmıştır (Cathie, ve Guest, 1991; McCool, 1993; Ortner, 1993). Ortama bazı heteropolar kimyasallar eklenerek (örneğin, yağ asitlerinin alkali tuzları, sabunlaştırıcı maddeler, vb.) yüzeylerde

silindirin dönmesine bağlı olarak mürekkep ve su ayrıştırılarak lif keçesi oluşturulur. Bu lif keçesi daha sonra sistemden ayrıştırılır. Kullanılan kağıt türü ve renklendirici madde (mürekkep, boyar maddeler, kir, vb..) oranına bağlı olarak genel olarak 3-4 aşamalı ters akımlı bir yıkama işlemi yapılır (Horacek, 1990).

mürekkep parçacıklarının toplanması ve köpük oluşumu sağlar. Yüzeyde toplanmış küçük mürekkep parçacıkları uygun araçlarla alınır/süpürülür. Böylece geriye temiz lif süspansiyonu kalır. Zira mürekkeplerin yapılarındaki bileşenlerin çoğu hidrofobik karakterdedir. Bilindiği gibi hidrofobik materyalin suyla uyuşmadığından veya suda çözünmediğinden bunlar hava köpüklerine/kabarcıklarına daha iyi tutunabilirler. Oysa hidrofilik materyal suyla ilişki kurabilirler veya çözünebilirler. Bu durumda hava kabarcıklarına tutunmaları daha zordur. Bu kimyasal farklılık, hidrofobik karakterdeki küçük parçacık ve moleküllerin yüzdürme tekniği ile ayrılmasını mümkün hale getirir (Biermann, 1993; Cathie, ve Guest, 1991). Şekil 2 de yüzdürme tekniğinin çalışma prensibi özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. A. Tipik bir yüzdürme hücresi; B. Yüzdürme İşleminin çalışma prensibi (a: Hava kabarcıkları stabilize durumda, b: mürekkep parçacıkları liften ayrışıyor, c: mürekkep parçacıkları dispers hale geçiyor, d: mürekkep parçacıklarının aktif kimyasallarla etkileşimi ve hava kabarcıklarına yapışması, d: köpük içinde mürekkep parçacıkları (McCool, 1993; Ortner, 1993).

Şekilden görüldüğü gibi hücre içinde üç farklı bölge vardır. Bunlar;

- Hava kabarcıkları ile hamur süspansiyonunun karıştırıldığı bölge,
 - Kabarcıkların mürekkep parçacıklarını tutarak topladığı bölge,
 - Köpük içinde dağılmış mürekkebin uzaklaştırıldığı bölge.
- Yüzdürme işlemiyle mürekkep uzaklaştırmada, değişik tip ve büyüklüğe sahip mürekkep parçacıkları uzaklaştırılabilir. Fakat ortamın pH ve sıcaklığı çok dikkatli kontrol edilmesi gerekir.

Çizelge 3. Yüzdürme ve yıkama ile mürekkep uzaklaştırmanın avantajları (Cathie ve Guest, 1991; Horacek, 1990 ve 1993).

Yıkama	Yüzdürme
Yüksek kül (inorganik madde) uzaklaştırma oranı (%95)	Yüksek verim (%85-90)
Yüksek dirençli kağıt imali	Daha düşük kimyasal madde maliyeti
Daha kolay kül uzaklaştırma kontrolü	Kapalı sistem olmasından dolayı daha düşük su kullanımı
Lif keçesinden su uzaklaştırmasının daha hızlı olması	Daha az zararlı atık kimyasal madde oluşumu
Islak direnci daha yüksek kağıt elde edilebilmesi	Mürekkep parça büyüklüğünün daha az etkili olması

Yıkama ile külün %90'ı ve mürekkepteki küçük partiküllerin büyük çoğunluğu uzaklaştırılır. Yüzdürme ile ise külün en fazla %50'si uzaklaştırılır. İlave yıkama işlemleri ile yüzdürmede uzaklaşmayan küller daha sonra uzaklaştırılabilir.

Yukarıda kısaca açıklanan avantajlı yönlerin birleştirilerek verim ve kalitenin artırılması için iki sisteminde birbirinin devamı olarak kullanılması mümkündür. Fakat bazı istenmeyen lif dışı maddeler örneğin; hücre çeperine nüfuz etmiş kirler, boyar maddeler, liflerdeki lignin vb., fiziksel ayrıştırmada etkili şekilde ayrılmaz. Bu maddelerin uzaklaştırılmaları için ilave bir ağartma işlemi kullanılarak bu renk verici (kromoforlar) maddeler sistemden uzaklaştırılmaya çalışılır. En yaygın olarak kullanılan ağartma kimyasalları olarak sodyum hipoklorit ve hidrojen peroksit kullanılmaktadır (Cathie ve Guest, 1991; Horacek, 1990 ve 1993). Ağartma işlemi ile;

- Boya ve mürekkep gibi renk verici maddelerin ortamdan uzaklaştırılır,
- Liflerin parlaklığı artırılır.

3. Sonuç ve Öneriler

Kullanılarak atıl duruma gelmiş ve çevre için katı atık oluşturan kağıt/karton ürünlerinin toplanarak yeniden kağıt ve karton ürünlerinin imalinde kullanılması birçok olumlu faktör ve ekonomik bir üretim şekli sunmaktadır. Kağıt üretiminde kullanılan lif kaynağı olarak atık kağıt kaynaklı hamurun tek başına veya bakir hamurlarla karıştırılarak kullanılması mümkündür. Atık kağıt geri dönüşüm konusunda özellikle gelişmiş ülkelerde yoğun çalışmalar yapılmış, önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Dünyada konu ile ilgili çalışmalar dikkatlice gözden geçirilmesi ve uygun planlamaların yapılması ülkemiz kağıt sanayiinin hammadde sorununun çözümüne yardımcı olabilir.

Teşekkür

Yazar, sağladığı mali destek için (Proje no: 4349-YL1-15) SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür etmektedir.

Genel olarak sistem %1,5 hamur kesafetinde çalışır ve lif süspansiyonunun kazanda bekleme süresi tipik olarak 30-60 dakika arasındadır. Bu sistemde, birbiri ile bağlantılı olarak aynı çalışma prensibini kullanan birçok yüzdürme hücresi bulunmaktadır (McCool, 1993; Orner, 1993).

Yukarıda kısaca açıklandığı üzere her iki mürekkep uzaklaştırma sisteminde kendine özgü avantajları bulunmaktadır. Aşağıda Çizelge 3 de bu iki sistemin avantajlı yönleri kısaca açıklanmıştır.

Kaynaklar

- Biermann, C.J. 1993. Essentials of Pulping and Papermaking, Academic Press, Inc. San Diego, USA.
- Brancato A. A. 2008. Effect of progressive recycling on cellulose fiber surface properties, Ph.D Theses, Georgia Institute of Technology, GA, USA 116 s.
- Broeren, L.A. 1991. New Technology, Economic Benefits Give Boost to Secondary Fiber Use, In: 'Paper Recycling, Strategies, Economics, and Technology', Ken L. Patrick, (Ed), Miller Freeman Inc., San Francisco, ABD, s. 65-70,
- Cathie, K., Guest, D. 1991. Waste Paper, Pira guide series, Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, England s.134.
- Clar, E.D., Hamilton, F.R., Kleinau, J.H. 1990. Economics of Secondary Fiber, In: 'Secondary Fibers and Non wood Pulping', M.J. Kocurek, (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA. s.151-158
- Ellis, R.L. and Sedlachek, K.M. 1993. Recycled-versus virgin-fiber characteristic: a comparison. In: Secondary Fiber Recycling. Spangenberg, R.J. Ed. Tappi Press. Atlanta, Georgia.
- Kırcı, H. 2009. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTU Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Kleinau, J.H. 1990a. Processes and Their Equipment, In: Secondary Fibers and Non wood Pulping, M.J. Kocurek, (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA. s.159-178.
- Kleinau, J.H. 1990b. Contaminants, In: Secondary fibers and Non wood Pulping, M.J. Kocurek, (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA. s.126-142.
- McCool, M. 1993. Flotation Deinking, In: Secondary Fiber Recycling, R.J. Spangenberg, (Editör), Tappi Press, Atlanta, GA. USA. s.141-162.
- Horacek, R.G. 1990. Washing Ink from the Pulp Slurry In: Secondary Fibers and Non wood Pulping, M.J. Kocurek, (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA. s.189-205.
- Horacek, R.G. 1993. Washing, In: Secondary Fiber Recycling, R.J. Spangenberg, (Editör), Tappi Press, Atlanta, GA. USA. S. 163-183.
- Orner, H.E. 1993. Flotatin Deinking, In: Secondary Fibers and Non wood Pulping, M.J. Kocurek (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA. s.206-220.

- Reese, A. R. 1991. OCC Consumption Expected to Grow as Cost of Virgin Fiber Increases In: 'Paper Recycling, Strategies, Economics, and Technology', Ken L. Patrick, (Ed), Miller Freeman Inc., San Francisco, ABD, s.71-75.
- Spangenberg, R.J. 1993. Secondary Fiber Recycling, (Editor), Tappi Press, Atlanta, GA.
- Şahin, H.T. 2007. Kullanılmış Atık Kâğıtların Yeniden Kağıt Üretiminde Kullanılması, Orman Mühendisliği, 44 (7-9): 18-21.
- Şahin, H.T. 2009. Atık kağıt Özelliklerinin geri dönüşüme etkisi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 10 (2): 117-123.



Distributed Recommender Systems with Sentiment Analysis

Yeliz Yengi¹, Sevinç İlhan Omurca¹

¹Department of Engineering, Faculty of Engineering-Computer, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, yelizyengi@gmail.com, silhan@kocaeli.edu.tr

Abstract

The aim of this study is to realize a recommender system (RS) for big data application by using sentiment analysis instead of user ratings. By becoming widespread of e-commerce systems through internet, too much user data has become available. So traditional storage systems remained incapable and the stored data is divided. Nowadays we collect lots of reviews from users and feedback on e-commerce web sites therefore the importance of increasing big data analysis technology, which increases the need of big calculation. In this study, we report the performance improvement by adding the natural language processing steps to the classical recommender system.

Keywords: recommender systems, big data, distributed systems, sentiment analysis

Büyük Veride Tavsiye Sistemlerini Duygu Analizi ile Desteklemek

Bu çalışmanın amacı kullanıcı puanlama temelli tavsiye sistemlerinin, kullanıcı puanları yerine duygu analizinden elde edilen değerler ile büyük veri üzerinden gerçekleştirilmesidir. İnternet üzerinden e-ticaret sistemlerinin yaygınlaşması ile çok fazla kullanıcı verisi oluşması, alışılmış depolama sistemlerinin artık yeterli gelmemesi ve verinin bölünmesi durumunu oluşturmuştur. Ancak dağıtık dosya sistemleri teknolojileri ile veri bütünlüğünü sağlamak mümkündür. Bu veri üzerinden makine öğrenmesi algoritmalarının çalıştırılması ve sonuçların değerlendirilmesine büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada tavsiye sistemlerinin dağıtık veri üzerinden değerlendirilmesinde, doğal dil işleme adımlarının sisteme eklenmesi ile sağlanan iyileştirme raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: tavsiye sistemleri, büyük veri, dağıtık dosya sistemleri, duygu analizi

1. Introduction

Big Data analysis is one of the most important issues in data mining research nowadays. Big Data becomes greatly important when we need to process high calculations or the amount of data is greater than the capacity of the system. There are the three features of big data: volume, velocity and variety. Volume indicates the amount of data that needs to be processed. Could it be moved to zeta bytes? Velocity refers to the speed at which data can be processed with minimal error rate. Variety aim to all types of data for example unstructured, semi structured and structured data. Facebook and Twitter logs, text files, word documents etc. are raw form data that it is called unstructured data. Analyzing semi structured data is like of xml files could not be done easily. Structured data is in the form of rows and columns and can be easily retrieved using SQL, the data which has a well-defined schema.

Large user feedback data is being produced every day in various areas such as movies, food, music, electronic and so on. The amount of user data is increasing dramatically due to growth of e-commerce websites. At this point it raises the importance of topics like how could we stored and how to understand all this data. Big data is one of the best solutions of storing that data and has motivated the interest of recommendation systems to understand that data. Reviews have become a very effective way

for people to share expectations of product or services, express their opinions, support their products or even educate each other's by publishing textual data. The meaningful and useful information obtained from user reviews by sentiment analysis could be used to improve recommender systems. Researchers have argued that recommendation systems could be very beneficial. By explaining why a product is recommended, help users make better and faster decisions, and help users to buy or enjoy.

The most common way of recommendation is collaborative filtering (CF) methods generate user specific recommendation of an item based on patterns of ratings or usage without need for outside information about both item and user [1].

Incorporating big contextual information of user-product reviews also improves recommendation accuracy by using CF. Recommendation engines are computational intensive, hence and become large data size therefore ideal for Hadoop Distributed File System (HDFS) Platform [2]. Hadoop is a large scale distributed batch processing infrastructure. It allows for the distributed calculation of large data sets called big data through clusters of computers using Map Reduce and HDFS file system. Hadoop can be used with data mining applications also recommendation algorithms by Mahout Apache project. The whole dataset is then transferred to the Hadoop File System and it uses a recommendation algorithm over frameworks.

In this paper, we report our structure of recommendation systems based on sentiment analysis of user review data stored on a distributed file system. We suggest architecture to divide the whole system function into three tasks, sentiment analysis task, storage task and recommendation algorithms task. To conquer the massive data the Hadoop distributed file system is used to store and manage the raw text data and rating of product. As a study we also discussed the implementation of sentiment analysis framework for get ratings information.

The paper is organized as following: Section 2 provides an overview on existing big data recommendation systems, sentiment analysis frameworks. Section 3 proposed structure of big data and other frameworks. Section 4 is an experiment of setup and evaluation. Section 5 reports the experiments comparison on different dataset to validate effectiveness of the proposed methods. Section 6 includes conclusion and discusses future works.

2. Related work

A lot of recommendation systems have been developed in both academia and industry, shown in recent studies mostly over big data technology. In [3] the authors propose a personalized recommendation; users' preferences change and improve over time. Developed models for such notions of user evolution, in order to assess which best captures the dynamics present in product rating data. Their model to capture similarities between users approximately 15 million reviews rating get from various sources including beers, wines, gourmet foods, and movies. In [4] proposed a keyword-aware service of recommendation method, called KASR. The method provides keywords are used to demonstrate users' preferences for user based Collaborative Filtering algorithm are accepted to generate convenient recommendations. To develop the scalability and efficiency of KASR in "Big Data" environment which is implemented it on a Map Reduce framework in Hadoop platform.

Results demonstrate that KASR method substantially improves the accuracy and scalability of service recommender systems than existing approaches. In [5] propose a Bayesian-inference based recommendation system that personalized recommender systems to improve accurate by using social network area. Bayesian network inferences the measure of conditional probability distribution that using rating similarity between friends in the way it calculates the most probable recommendation. In [6] available an active web service recommendation based on active users usage history. The prototype was able to manage large scale experiments over real world data in distributed structures. Results show that system has a better performance than other based on collaborative filtering web services recommendation approaches.

In this work [7] proposed a probabilistic personalized travel recommendation model were travel photo logs as well as people attributes. People feature and pictures are used in order to effective data mining with demographics for travel landmarks based on Bayesian learning model. In this way greatly useful personalized travel recommendation systems. In [8] proposed a recommender system for video systems that transferred on the web or broadcast, large-scale events in the context, which has been tested with the Olympic Games. The recommender approached audiovisual consumption and was not related on the number of users, working only on the client side. Specific video

Sentiment Analysis of Review

fragment cannot be recommended using this work. In [9] proposed a framework for cloud services for personalized quality of service ranking prediction by using other user's historical usage experiences for defining ranking approach. The experimental results shows that approach better performance than existing rating based approaches.

In our study we investigate the rating based on the approach that the users can obtain sentiment analysis ranking prediction over data stored on distributed file system. We suggest architecture to divide the whole system function into three tasks, sentiment analysis task, storage task and recommendation algorithms task. To conquer the massive data the Hadoop distributed file system are used to store and manage the raw text data and rating of product. As a study we also discussed the implementation of sentiment analysis framework for get ratings information.

3. Overview about Models and Tools

The definition and modelling of an architecture dedicated to the activities of analysis of big data using mahout ML library for created data sets by using sentiment analysis:

3.1 Hadoop distributed file system (HDFS)

To store large amounts of data on a file system designed that across multi nodes of commodity hardware. Architecture has master slave relation of data nodes which every node store part of data and report back to master node [10].

3.2 MapReduce

The Map Reduce approach in machine learning performs batch learning to build learning model read training data set in its entirety. Inconvenience of this batch model is speed and computational resources. In normally read data sets from HDFS to the mapper as a set of key value match with batch oriented workflow. The result will be key and their associated values list that is written to the disk. Example of classification task, key value match may be a filename or list of instances, the mapper would be associated class with a list of each instance [10].

3.3 Mahout

Mahout is well-known tools for large scale ML. In May 2015, Mahout 0.10.1 was used in project for recommender systems [11].

3.4 Sentiment analysis

Sentiment analysis for get the raking have use annotations for tokenization and sentence separation, although several of the baselines use parsing and tagging as well were processed with state-of-the-art NLP tool that Stanford CoreNLP tools (version 3.4.1) [12].

Lexicon features

Lexicon of words marked with their prior polarity: positive, negative, or neutral. We create three label based on the presence of any words from the lexicon [13].

All technology and tools are based on our architecture Figure 1 shown more detailed.

Stanford CoreNLP supplies a set of natural language analysis tools. It is able to give the base forms of words, their parts of

speech, whether they are names of place, product, etc., normalizes special information in text like date, time, and numeric quantities, and give forming the structure of sentences in terms of phrases and word dependencies, indicate which noun phrases refer to the same entities, show opinion of text, etc.

There are few toolkits for naturel language analysis,

Stanford CoreNLP is awareness proven, and a main purpose is trying to analyze the attributes to get real opinion of sentences [14].

Toolkit return results like that very bad, bad, naturel, good, very good (-2,-1,0,1,2) (Table 1).

Table 1. CoreNLP sentiment analysis sample

Phrase	Sentiment Value
The film has an excellent rhythm that gives you but a few minutes to recover from all the action before plunging you right into another battle.	Very Good(2)
Product did not come in a protective packaging, I hope it's not broken internally	Bad(-1)
This camera came up with a great resolution and low price.	Very Good(2)

Lexicon Based Sentiment Analysis

Lexicon-based approach to extracting sentiment from words uses dictionaries of words annotated with their semantic orientation (polarity and strength), and incorporates intensification and negation (Table 2). To capture main subject matter the opinion in text's need to process text for assigning a positive or negative label [15].

Table 2. Example of words in the dictionaries

Word	Sentiment Orientation Value
disaster	-5
disgust	-4
loathing	-3
execration	-3
generate	-2
lag	-1
specification	1
inspire	2
afflatus	2
ingratiate	3
pleasure	4

Rating Interface

Amazon review and Movie Lens datasets person expressing a preference (a 0–5 star rating), reviews is three point labeled < 3 result in preference score of 0, rating = 3 score of 1, rating 3 < score of 2. Sentiment analysis word level or phrase level (Stanford NLP) are return negative or positive value then we addition that value at last our preference, if < 0 result in sentiment score of 0, if = 0 score of 1, 0 < score of 2.

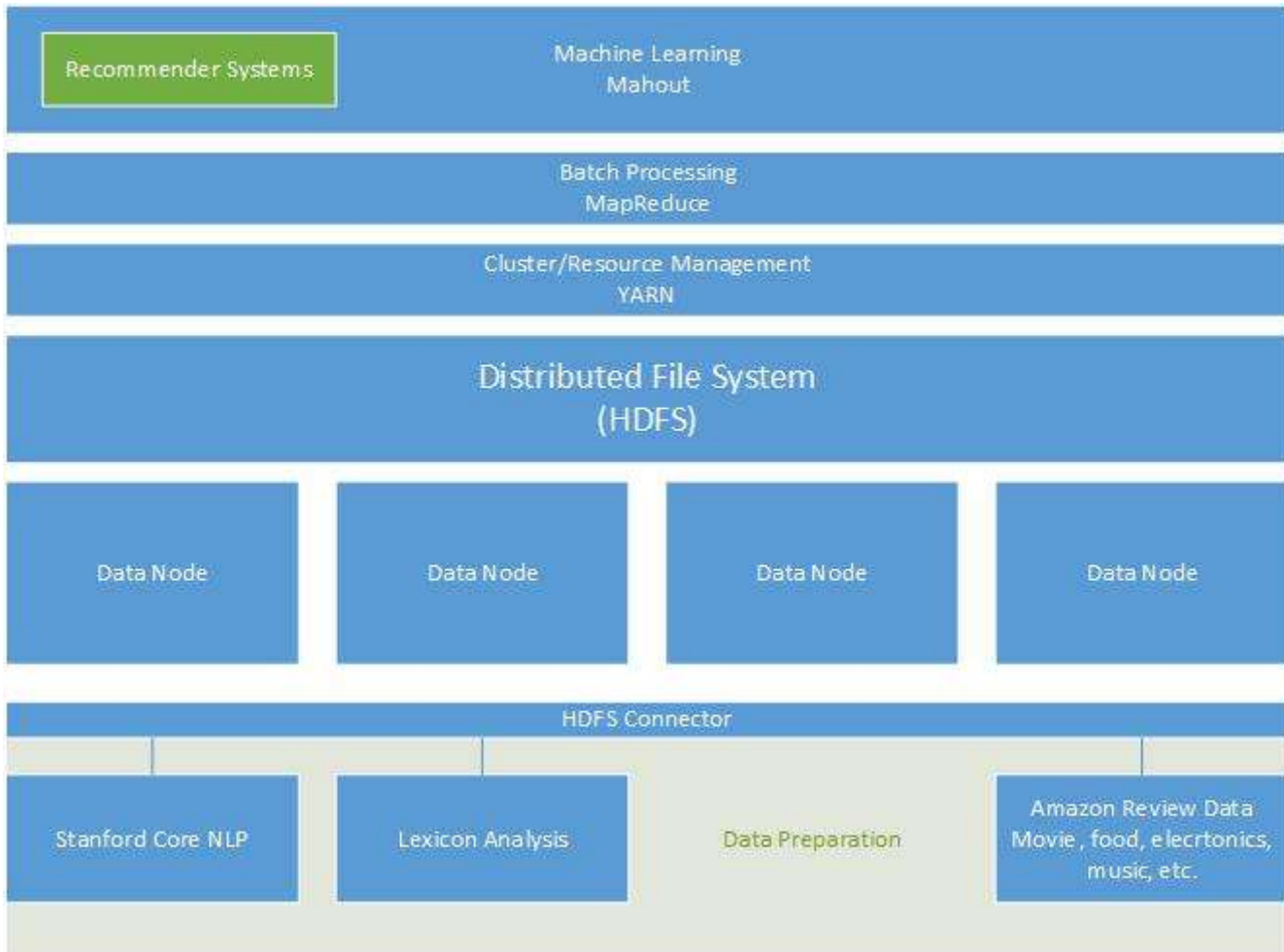


Figure 1. Architecture of distributed recommender system

Recommender System

Recommender systems predict the 'rating' or 'preference' that a user would give to an item kind of a subclass of information filtering system. The recommender systems concept was introduced to deal with retrieve the most relevant information of users and the challenges of information overload, to scan through the large information sets [16].

Collabrative Filtering:

Methods are based on collecting and analyzing a large amount of information on user's behaviors, activities or preferences and predicting what users will like based on their similarity to other users. The input to collaborative filtering consists of user, item and rating to build recommendations using any of the following ways:

a) *User Based Recommendations:* User based recommendations are computed based on users with identical characteristics.

Item Based Recommendations: Item based recommendations are computed based on similar items.

1. Matrix Factorization with ALS:

Mahout offers Alternate Least Square algorithm for matrix factorization. Matrix factorization is a dimensionality reduction

technique that factorizes a matrix into a product of matrices. User-item matrix, V can be factorized into one $m \times k$. User-feature matrix, U and an $n \times k$. Item-feature matrix, M , $m \times n$. Mahout ALS recommender engine can be used for large data sets that spread over many machines in HDFS environment.

We have used open source libraries of Apache Mahout for our experiment. Mahout is an open source project to provide free implementations of scalable and distributed machine learning algorithms for recommender systems. It provides both non-distributed and distributed (Map-Reduce) algorithms for recommendation. In this work, the distributed algorithms of Mahout have been used.

Mahout has several algorithms for similarity measures, neighborhood computation and evaluation. We are going to use the distributed algorithms for user-based and matrix factorization with ALS recommender in Mahout [17].

4. Experiments

4.1 Experimental Setup

System Configuration: We carried out the assessment using following configuration:

Table 3. System and Other Configuration

Processor	Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1231 v3 3.40GHz
Ram	4 GB Per Data Node and Name Node
Operating System	Linux Ubuntu 14.04 LTS Per Data Node and Name Node
JVM	JRE1.7.0_79
Mahout	Apache Mahout 0.11.1
Hadoop	Apache Hadoop 2.6.0

4.2 Datasets

The datasets we consider are summarized in Table 4. Each of our datasets was obtained from Amazon product data. Also for comparison movie data sets had used Movie Lens 1M and 10M data sets. [18, 19].

Table 4. Summarized data sets

Reviews	Number of reviews	Number of users	Number of products	Timespan
Movie	7.911.684	889.176	253.059	Aug 1997 - Oct 2012
Fine Food	568.454	256.059	74.258	Oct 1999 - Oct 2012
Electronics	9.000.000	4.201.732	476.005	Jun 1995 - Mar 2013
Digital Music	836.016	478.244	266.457	Jun 1995 - Mar 2013
Movie Lens	1.000.209	6.040	3.900	In 2000
Movie Lens	10.000.054	71.567	10.681	In Jan 2009

5. Qualitative Analysis

In this section, we present the results of performance and quality assessment of sentiment recommendation on large data sets approximately 30 million reviews ratings and sentiment rating data worked on. We have performed this assessment using user-based recommendation of Apache Mahout. Our observation about the performance and quality of different sentiment rating datasets is lower RMSE than traditional star rating with algorithms in recommending items is evaluation scores (RMSE) of different datasets are shown below Figure 2.

As we can see from the table or graph which created datasets using sentiment analysis were decreases of error rate. Sentiment

4.3 Evaluation

As actual preferences of items by a user don't exist for items, which have not been already rated by the user, a simulation technique needs to be used for the evaluation. A small part of real data 10% (with preference values) is set aside as test data. Another part of real data 90% is used as training data. A recommendation system is asked to estimate the preference values for the test data and the results are compared with actual preference values to measure the quality of recommendation. A score can be generated for a recommender from evaluation. Root-mean-square (RMSE) between estimated and actual preferences of the differences for calculation of scores. Lower score is better as that indicates that estimates are closer to actual preference values.

analysis was is change our results, Stanford Core NLP tools give us more detailed analyze of sentences but lexicon analyze is much more effective on all categories of datasets.

Also matrix factorization improves recommender systems over sentiment rating datasets. In Table 5 is clearly seen the improvements over recommendation, besides to growth of data is effect of reducing error rate in clearly seen movie datasets while growing data RMSE value has decrease. In [20] study was using information retrieval over same user reviews, our model gives better results for recommendation. Also in [21] the recommendation is made by using restaurant review through sentiment analysis, our study with distributed architecture get more efficient result.

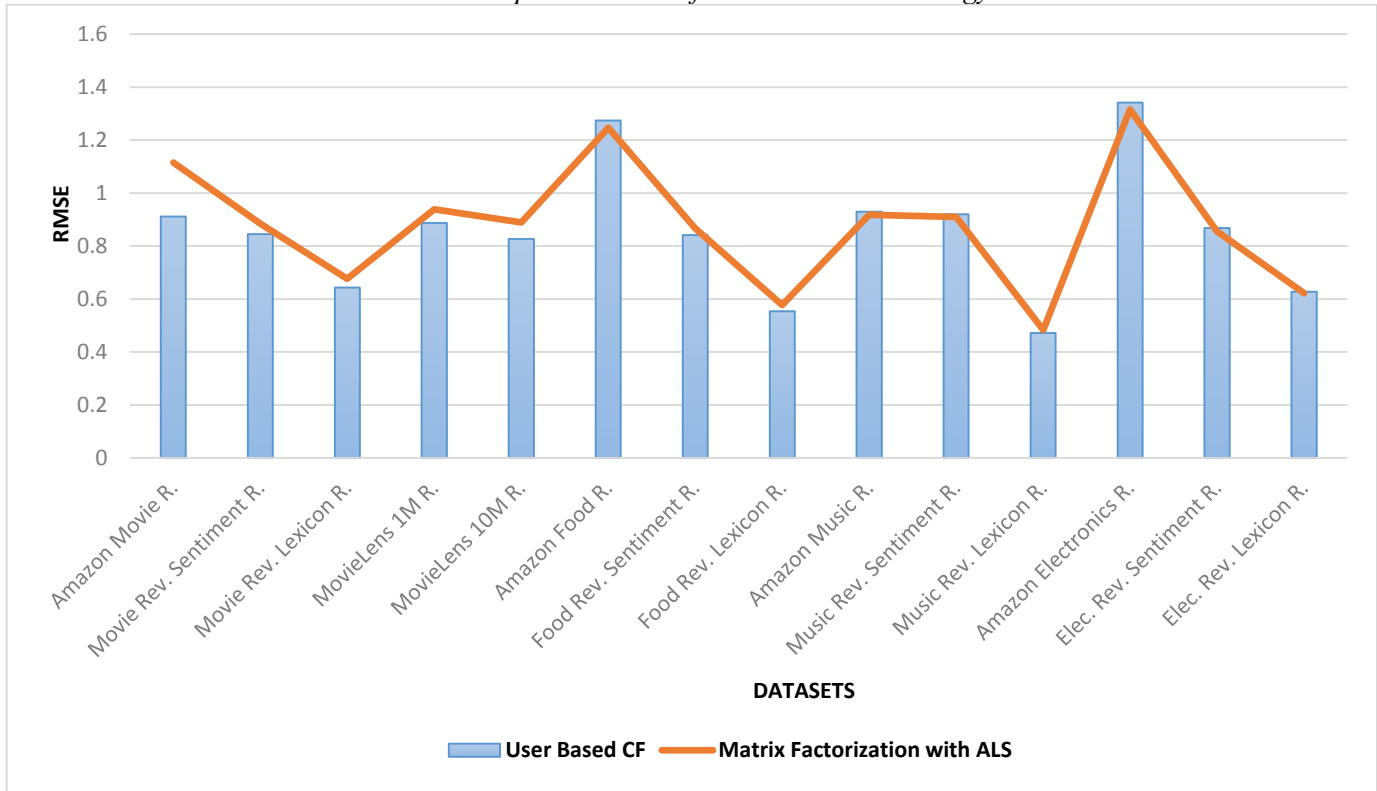


Figure 2. Comparison of recommender algorithm and created sentiment data sets. Table has Rev. Short notation are “Review” and R. short notation are “Rating”

Table 5. Datasets RMSE values have shown in the table.

Categories	Datasets	User Based CF RMSE	Matrix Factorization with ALS RMSE
Movie	Amazon Movie Rating	0,9107	1,11502
	Movie Review Sentiment Rating	0,8445	0,8841
	Movie Review Lexicon Rating	0,6434	0,6757
	Movie Lens 1M Rating	0,8869	0,9382
	Movie Lens 10M Rating	0,8271	0,8894
Fine Food	Amazon Food Rating	1,2736	1,2468
	Food Review Sentiment Rating	0,8413	0,867
	Food Review Lexicon Rating	0,5534	0,5775
Music	Amazon Music Rating	0,9299	0,9182
	Music Review Sentiment Rating	0,9201	0,9092
	Music Review Lexicon Rating	0,471	0,4833
Electronics	Amazon Electronics Rating	1,3418	1,3149
	Elec. Review Sentiment Rating	0,8673	0,8545
	Elec. Rev. Lexicon R.	0,6275	0,6215

6. Conclusion

Recommendation systems play a very important role in e-commerce, social networking, etc. Similarity measurement is a key aspect in any recommendation system and performance of a recommendation system is highly dependent on the performance of the large data and data quality. In this paper we have assessed the performance and quality of sentiment rating datasets in collaborative filtering and matrix factorization process on Hadoop cluster using Apache Mahout, a library for machine learning algorithms. By using sentiment rating over big data approach, accuracy of recommendation has improved. This approach has scaled well with the Hadoop platform. This paper also shows how we recommend without user rating stars, sentiment analysis help to detect user preferences to use under recommender systems.

Feature work over recommender system but using GPS and sensor data that prefer to working on it. Analysis to user behavior, risks, insurances costs, advice systems, traffic analysis and so on could be show over that king of data.

References

- Bell, R. M., & Koren, Y. (2007, October). Scalable collaborative filtering with jointly derived neighborhood interpolation weights. In *Data Mining, 2007. ICDM 2007. Seventh IEEE International Conference on* (pp. 43-52). IEEE, ISO 690.
- Zhou, B., Jia, Y., Liu, C., & Zhang, X. (2010, October). A distributed text mining system for online web textual data analysis. In *Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2010 International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- McAuley, J. J., & Leskovec, J. (2013, May). From amateurs to connoisseurs: modeling the evolution of user expertise through online reviews. In *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web* (pp. 897-908). International World Wide Web Conferences Steering Committee.
- S Meng, S., Dou, W., Zhang, X., & Chen, J. (2014). Kasr: A keyword-aware service recommendation method on mapreduce for big data applications. *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, 25(12), 3221-3231.
- Yang, X., Guo, Y., & Liu, Y. (2013). Bayesian-inference-based recommendation in online social networks. *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, 24(4), 642-651.
- Kang, G., Liu, J., Tang, M., Liu, X., Cao, B., & Xu, Y. (2012, June). AWSR: Active web service recommendation based on usage history. In *Web Services (ICWS), 2012 IEEE 19th International Conference on* (pp. 186-193). IEEE.
- Chen, Y. Y., Cheng, A. J., & Hsu, W. H. (2013). Travel recommendation by mining people attributes and travel group types from community-contributed photos. *Multimedia, IEEE Transactions on*, 15(6), 1283-1295.
- Sanchez, F., Alduán, M., Alvarez, F., Menéndez, J. M., & Baez, O. (2012). Recommender system for sport videos based on user audiovisual consumption. *Multimedia, IEEE Transactions on*, 14(6), 1546-1557.
- Zheng, Z., Wu, X., Zhang, Y., Lyu, M. R., & Wang, J. (2013). QoS ranking prediction for cloud services. *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, 24(6), 1213-1222.
- White, T. (2012). *Hadoop: The definitive guide*. " O'Reilly Media, Inc."
- Anil, R., Dunning, T., & Friedman, E. (2011). Mahout in action (pp. 145-183). Shelter Island: Manning.
- Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J. R., Bethard, S., & McClosky, D. (2014, June). The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit. In *ACL (System Demonstrations)* (pp. 55-60).
- Wilson, T.; Wiebe, J.; and Hoffmann, P., (2009). Recognizing contextual polarity: An exploration of features for phrase-level sentiment analysis. *Computational Linguistics* 35(3):399–433.
- Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J. R., Bethard, S., & McClosky, D. (2014, June). The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit. In *ACL (System Demonstrations)* (pp. 55-60).
- Taboada, M., Brooke, J., Tofiloski, M., Voll, K., & Stede, M. (2011). Lexicon-based methods for sentiment analysis. *Computational linguistics*, 37(2), 267-307.
- Prem Melville and Vikas Sindhvani, "Recommender Systems", IBM T.J. Watson Research Center.
- Owen S., Anil R., Dunning T. and Friedman E.: "Mahout In Action", (2012). Manning Publications Co. ISBN 978-1-9351-8268-9
- McAuley, J., Targett, C., Shi, Q., & van den Hengel, A. (2015, August). Image-based recommendations on styles and substitutes. In *Proceedings of the 38th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 43-52). ACM.
- McAuley, J., Pandey, R., & Leskovec, J. (2015, August). Inferring networks of substitutable and complementary products. In *Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*(pp. 785-794). ACM.
- McAuley, J. J., & Leskovec, J. (2013, May). From amateurs to connoisseurs: modeling the evolution of user expertise through online reviews. In *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web* (pp. 897-908). International World Wide Web Conferences Steering Committee.
- Xing Margaret, F. U., & Xiaocheng, L. I. (2015). From Movie Reviews to Restaurants Recommendation.



2,4,6-Trinitrotoluen (TNT)'in Mikrobiyal Degradasyonu ve TNT ile Kirlenmiş Bölgelerin Biyoremediasyonu

Zehra Gün Gök¹, Murat İnal^{1*}, Mustafa Yiğitoğlu¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, 71450.

(Dergiye gönderilme tarihi: 21 Ocak 2016, kabul tarihi 7 Nisan 2016)

Özet

2,4,6-trinitrotoluen (TNT) yaygın olarak kullanılan patlayıcı bir kimyasaldır. TNT güvenli üretimi ve depolanması, düşük erime noktası, kimyasal ve termal kararlılığı gibi özelliklerinden dolayı her iki dünya savaşında ana patlayıcı madde olarak kullanılmıştır. TNT'nin askeri faaliyetler için imalatı, kullanımı ve imha edilmesi hem toprak hem de yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. TNT'nin yaygın olarak patlayıcı madde olarak kullanılmasına karşın insan dahil birçok organizma üzerinde toksik etkileri vardır ve TNT yapısında bulunan nitro gruplarının simetrik düzeninden dolayı doğada uzun süre bozunmadan kalabilmektedir. TNT'nin hem yer altı sularında hem de toprakta neden olduğu kirliliğin biyolojik yöntemlerle remediasyonu insan sağlığı ve ekosistem açısından oldukça önemlidir. Bir toksik bileşiğin biyolojik olarak muamele edilebilirliği bu bileşiğin biyodegradasyonunun mümkün olmasına bağlıdır. TNT doğada uzun süre bozunmadan kalabilmesine karşın mikrobiyal ataklar karşısında hassastır. Çeşitli aerobik ve anaerobik bakteriler ve mantarlar sentezledikleri nitroreduktaz enzimleri ile TNT ve TNT'nin transformasyon metabolitlerini parçalayabilmektedir. TNT ile kirlenmiş bölgelerin ıslahı için, TNT'yi parçalayabilme yeteneğine sahip mikroorganizmaların kullanıldığı çeşitli biyolojik temelli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu çalışmada konuyla ilgili literatür incelenerek TNT'nin mikrobiyal degradasyon mekanizmaları ve TNT degradasyon kapasitesine sahip mikroorganizma türleri belirlenmiştir. Ayrıca, TNT ile kirlenmiş bölgelerin ıslahında kullanılan biyoremediasyon yöntemleri araştırılmış, yöntemlerin uygulanmasına ait çalışmalar ve yöntemlerin uygulamadaki avantaj ve dezavantajları literatür kaynaklarından derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nitroaromatik bileşikler, 2,4,6-trinitrotoluen, mikrobiyal degradasyon, biyoremediasyon.

Microbial Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) and Bioremediation of Contaminated Areas with TNT

2,4,6-trinitrotoluene (TNT) is a widely used explosive chemical. TNT was used as the main explosive in both two World wars due to characteristics such as safe manufacture and storage of TNT, its low melting point and its chemical and thermal stability. The manufacturing, use and disposal of TNT for military activities have caused contamination of both soil and groundwater. Although TNT is widely used as an explosive material, there are toxic effects of TNT on many organisms including humans and because of the symmetrical arrangement of the nitro groups in the structure of TNT, it can be stay in nature without degradation for a long time. Remediation of soil and groundwater contamination caused by TNT with biological approaches is very important in terms of human health and ecosystems. The availability of biological treatment of a toxic compound depends on the possibility of biodegradation of the compound. Though TNT is persistent in nature for a long time, it is sensitive to microbial attacks. A variety of aerobic and anaerobic bacteria and fungi can degrade TNT and TNT's transformation metabolites with nitroreductase enzymes which they synthesize. For the remediation of contaminated areas with TNT, various biological-based technologies employing microorganisms that are capable of degrading TNT have been developed. In this study, by examining relevant literature, microbial degradation mechanisms of TNT and microorganism species that have TNT degradation capacity have been designated. Furthermore, bioremediation methods used for the treatment of contaminated sites with TNT were investigated, studies on the implementation of the methods and advantages and disadvantages of these methods in practice were compiled from literature sources.

Keywords: Nitroaromatic compounds, 2,4,6-trinitrotoluene, microbial degradation, bioremediation.

* Sorumlu Yazar: Murat İNAL, inalmrt@yahoo.com, 03183574242-1224.

1. Giriş

Nitroaromatik bileşikler ksenobiyotiklerin önemli bir grubunu oluşturmaktadırlar. Aromatik halkaya bağlı bir nitro grubu bulunduran sadece birkaç nitroaromatik bileşik mikroorganizmalar tarafından sekonder metabolitler olarak üretilmektedir. Patlayıcı, boyar madde, herbisit, böcek öldürücü ve çözücü olarak kullanılan birçok nitroaromatik bileşik ise sentetik endüstriyel kimyasallardır (Park ve ark., 2003a). Nitroaromatik bileşikler oldukça toksik ve mutajeniktir ve birçoğu kanserojen ya da şüpheli kanserojen olarak rapor edilmiştir (Ju ve Parales, 2010). Bu bileşikler genel olarak doğada uzun süre bozunmadan kalabildiklerinden dolayı insan, balıklar, algler ve mikroorganizmalar üzerinde toksik ve mutajenik etkilerin oluşmasına sebep olan çevre kirliliği oluşturmaktadırlar. En iyi bilinen ve patlayıcı madde olarak en yaygın kullanılan nitroaromatik bileşik TNT'dir. TNT ile kontamine olmuş alanların çoğu eski mühimmat atık bölgeleridir ancak TNT ile kirlenmiş çoğu bölge hala çevresel olarak tehlike altındadır. Bu bölgelerde TNT kontaminasyonu yaygın olarak bilinmesine rağmen bu bölgeler ve bölgelerin kirlilik seviyeleri ile ilgili literatürde çok az bilgi bulunmaktadır (Park ve ark., 2003a). Eski ve yeni askeri bölgelerde ve patlayıcı üretim tesislerinde toprak ve suyun TNT kirliliğine maruz kalması ciddi bir çevre sorunudur. Bu bölgelerde, TNT uzun süre çözünmeden kalabilmekte ya da yeraltı sularında çözünmektedir. TNT toksik ve mutajenik bir kimyasaldır ve yeraltı sularına karışması çevre ve insan sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Maeda ve ark., 2007).

TNT her iki dünya savaşında da ana patlayıcı madde olarak kullanılmıştır (Park ve ark., 2003b). TNT'nin askeri faaliyetler için imalatı, kullanımı ve imha edilmesi hem toprak hem de yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Gallagher, 2010). TNT ile kirlenmiş bölgelerin doğal kaynaklara zarar vermeyen ve kamuoyu tarafından yüksek kabul gören yöntemlerle remediasyonu insan sağlığı ve ekosistem için oldukça önemlidir. TNT kirliliğine maruz kalmış alanları temizlemek için birkaç fizikokimyasal yöntem geliştirilmiştir, bunlar: yakma, adsorpsiyon, kompostlama, ileri oksidasyon ve kimyasal indirgenme işlemleridir. Ancak bu işlemlerin her birinin maliyetli olma, problematik atık ürünlerin oluşması ve atmosfere zararlı gazların açığa çıkması gibi kendi sınırlamaları vardır (Park ve ark., 2003b). Son araştırmalar TNT gibi patlayıcılarla kirlenmiş bölgelerin temizlenmesinde mikroorganizmaların kullanıldığı uzun süreli arıtım prosesleri olarak tanımlanan biyoremediasyon işlemi gibi alternatif yöntemlerin üzerinde odaklanmıştır. Biyoremediasyon doğal yollarla gerçekleşir ve maliyet açısından diğer yöntemlere kıyasla daha ekonomik bir proses olmasından dolayı oldukça avantajlıdır (Dindar ve ark., 2010).

Bu çalışmada, konuyla ilgili literatür incelenerek TNT'nin yapısı, özellikleri ve toksik etkileri, mikrobiyal parçalanması, TNT'yi parçalayabilen mikroorganizmalar ve TNT'nin bioremediasyonu hakkında bilgi vermek amaçlanmıştır.

2. TNT

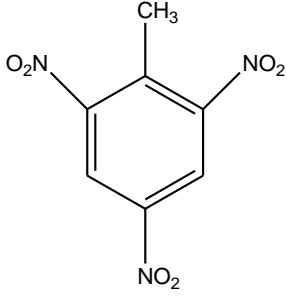
1830 yıllarında organik kimyanın gelişimi ile kimyagerler nitrolama yöntemiyle birçok yeni bileşik sentezlemiştir. Birkaç yıl boyunca üretilen bu nitratlı bileşiklerin bazılarının patlayıcı özelliği keşfedilmiş ve bu bileşiklerin askeri ve endüstriyel amaçlar için kullanım yolları aranmıştır. On dokuzuncu yüzyılın sonlarında, infilak edilmeye kadar kararlı olan nitroaromatik bileşikler TNT ve 2,4,6-trinitrofenol (pikrik asit) sentezlenmiş ve TNT birinci dünya savaşında en yaygın olarak kullanılan patlayıcı olmuştur (Lewis ve ark., 2004).

2.1. TNT'nin Yapısı ve Özellikleri

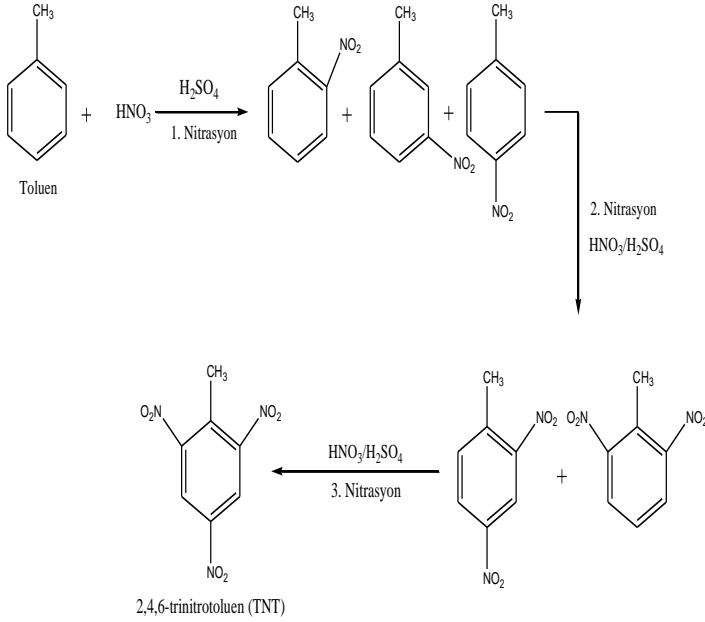
TNT ilk kez 1863 yılında Alman kimyager Joseph Wilbrand tarafından sentezlenmiş ve o yıllarda boyar madde olarak kullanılmıştır. Alman ordusunun 1902 yılında TNT'nin patlayıcı özelliğini keşfetmesinden sonra TNT fişeklerin, bombaların ve el bombalarının ana patlayıcı maddesi olarak Alman askeri sanayisinde önemli kullanım alanları bulmuştur (Yinon, 1990). Polinitroaromatik bir bileşik olan TNT 2, 4, 6. pozisyonlardaki C atomuna bağlı oksitlenmiş 3 adet NO₂ gruplarından ve 1. pozisyonundaki bir metil grubundan oluşmaktadır (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Yüksek bir patlayıcı olan TNT oda sıcaklığında katı bir kristal olan tek halkalı nitroaromatik bir bileşiktir.

TNT kokusuz sarı renkli doğal olarak meydana gelmeyen katı bir maddedir. TNT 80,6 °C'de erimekte ve donduğunda iğne gibi renksiz kristallere dönüşmektedir. TNT'nin oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü oldukça düşüktür ama etanol, aseton ve metanol gibi çözücülerde iyi derecede çözünmektedir. Patlama şiddeti ortalama olarak 6900 ms⁻¹'dir. TNT kararlı ve sudaki çözünürlüğü düşük olduğu için nem tutmayan bir bileşiktir ve sürtünme, darbe, şok ve elektrostatik enerji gibi uyarıcılara karşı hassas değildir (Üzer, 2004; Mercimek, 2011). Tablo 1'de TNT'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. TNT'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri (ATSDR, 1995 ve Ayoub ve ark. 2010)

TNT'nin yapısal formülü	
	Moleküler Formülü: C ₇ H ₅ N ₃ O ₆
	IUPAC Numarası: 2-metil-1,3,5-trinitrobenzen
	Moleküler Ağırlığı: 227,13 g/mol
	Kristal Formu: TNT renksiz ortorombik kristaller ya da soluk sarı renkli monoklinik kristaller şeklinde mevcuttur.
	Erime Noktası : 80,65 °C
	Kaynama Noktası: 210 °C
	Parlama Noktası: 240 °C
	Tutuşma Noktası: 295 °C
	Yoğunluk : 1,65 g/mL
	Çözünürlüğü: 20 °C'de g/100 g çözücüde; suda 0.0130, etanolde 1.23, eterde 3.29, toluende 55, benzende 67, asetonunda 109.
Patlama Şiddeti: 6900 m/s	

TNT toluenin nitrik ve sülfürik asit çözeltisi ile muamelesi sonucu elde edilmektedir (ATSDR, 1995). TNT, üç adımda sentezlenmektedir. İlk olarak toluen, sülfürik-nitrik asit karışımı bir çözeltide nitrolanarak MNT (mononitrotoluen) sentezlenir. Sonrasında elde edilen MNT tekrar nitrolanarak dinitrotoluen (DNT) elde edilir ve en son adımda üçüncü bir nitrolama ile oluşan DNT'lerden TNT elde edilir (Üzer, 2004). TNT'nin toluenden elde edilmesi Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Başlangıç materyali toluenden TNT'nin sentez mekanizması (Anonim, 2015)

2.2. TNT'nin Toksik Etkileri

Yüzyıldan fazladır TNT'nin yaygın olarak kullanımı TNT'yi toprak ve yeraltı sularının ana kirletici ajanı haline getirmiştir. Toprakta TNT kontaminasyonunun 10 mg/kg'dan 12000 mg/kg'a ve bazen 35000 mg/kg seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir. Yine atık sularda 70 mg/L TNT konsantrasyonu rapor edilmiştir. TNT doğada uzun süre bozunmadan kaldığı için çevre üzerinde negatif etkilere sahiptir ve yüksek konsantrasyonlarda, TNT toksik, mutajenik ve potansiyel kanserojendir (Qasim ve ark., 2007).

TNT'ye maruz kalma deride döküntü ve kaşıntıya, mukus ve kan hastalıklarına neden olmaktadır. Tarihte, büyük ölçekli TNT üretim tesislerinde çalışan işçilerde TNT'nin toksik etkileri karaciğer hasarı (toksik hepatit) ve anemi olarak rapor edilmiştir. Ames testi ile TNT'nin güçlü bir mutajen olduğu da yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Rahal ve Moussa, 2011).

İnsanlarda küçük miktarlarda TNT'ye maruz kalmak baş ağrısına, anemiye ve alerjik reaksiyonlardan dolayı derinin tahriş olmasına sebep olmaktadır. Anemi TNT toksisitesinin sık belirtilen semptomudur. TNT'nin standart hematolojik parametreler üzerindeki olumsuz etkileri sıçanlarda, farelerde ve köpeklerde rapor edilmiştir (ATSDR, 1995). Yüksek miktarlarda TNT'ye maruz kalma ise karaciğerde, gözde ve sinir sisteminde hasarlar meydana getirmektedir. Bunların dışında, insan vücudunda TNT metabolizasyonu sonucu açığa çıkan reaktif nitrozo türleri ve reaktif oksijen türleri DNA gibi makromoleküllerle bağlanmakta ve oksidatif DNA hasarına sebep olmaktadır. Bundan dolayı, TNT ve TNT'nin metabolizasyonu sonucu oluşan reaktif oksijen türü metabolitler genetik bozukluklara ve kansere sebep olmaktadır. İnsan ve çevre üzerindeki TNT'nin toksik etkisi TNT'nin doğada birikmesi ile artmaktadır (Qasim ve ark., 2007).

Yapılan çalışmalar ile bazı memeli türlerinde TNT'nin akut oral toksisitesi belirlenmiştir. Örneğin, TNT'nin oral medyan öldürücü dozu hem erkek hem de dişi farelerde 660 mg/kg, dişi sıçanlarda 795 mg/kg ve erkek sıçanlarda 1320 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu hayvanlarda, TNT'ye maruz kalmadan 1-2 saat sonra kasılma nöbetleri gözlemlenmiştir. Bütün ölümler maruz kalmadan 24 saat sonra meydana gelmiş ve maruz kalmanın diğer

etkileri kırmızı renkli idrar ve uyuşukluk olarak rapor edilmiştir (Williams ve ark., 2015).

Karın içine 100 ile 150 mg/kg oranında TNT enjekte edilen kedilerde 5,5 saat içinde ölümler gözlemlenmiştir. 40 mg/kg TNT enjeksiyonu ise kasılma nöbetlerine, arka bacak felcine, vücut sıcaklığı düşüşüne ve tükürük salgısında artışa sebep olmuştur. Ayrıca kedilerin kanında methemoglobine rastlanmıştır. Günlük 50 mg/kg oranında TNT deri altı enjeksiyonu ile kedilere verildiğinde, kedilerde 4 ile 9 gün arasında ölümler gözlemlenmiştir (Williams ve ark., 2015).

Yan ve ark. (2002) Çin'de sekiz silah fabrikasında çalışan erkek işçiler arasından kanser hastalık oranı ve ölüm oranını rapor eden bir çalışma yayınlamışlardır. Çalışmaya 2683 TNT'ye maruz kalan erkek işçi ve 42494 TNT'ye maruz kalmayan erkek işçi dahil edilmiştir. TNT'ye maruz kalan işçilerde en sık görülen kanser türü tüm kanser vakalarının % 32'sini oluşturan karaciğer kanseridir. TNT'ye maruz kalmayan işçiler ile karşılaştırıldığında, TNT'ye maruz kalan işçilerde karaciğer kanseri oranının istatistiksel olarak anlamlı derecede (RR = 3,46, p <0,01) yüksek olduğu bildirilmiştir.

Tüm patlayıcılar gibi TNT'de çeşitli derecede toksik bir kimyasaldır ve Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından C sınıfı kanserojen madde olarak sınıflandırılmaktadır (Gümüştü ve Tekinay, 2013).

3. TNT'nin Mikrobiyal Degradasyonu

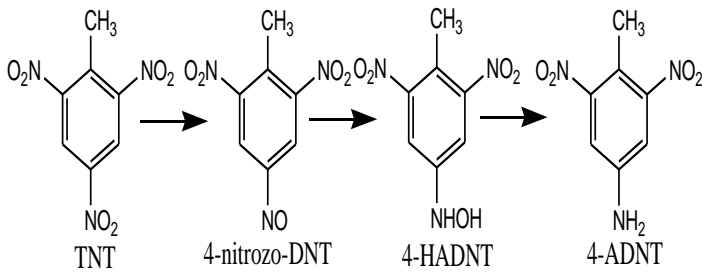
TNT mikroorganizmalar tarafından metabolize edilebilen sentetik bir kimyasaldır ve mikroorganizmalar sentezledikleri nitroreduktaz enzimleri ile TNT'yi hidroksilamindinitrotoluenlere (HADNT), aminodinitrotoluenlere (ADNT), diaminomononitrotoluenlere (DAMNT) ve dinitrotoluenlere (DNT) indirgemekte ve azot kaynağı olarak kullanabilmektedir. Günümüze kadar TNT ve TNT gibi polinitroaromatik bileşikler oksijenin varlığında veya yokluğunda gerçekleşen aerobik ve anaerobik prosesler ile parçalamaya yeteneğine sahip birçok mikroorganizma tanımlanmıştır (Oh ve ark., 2000; Mercimek, 2011) ve TNT ile kirlenmiş alanların temizlenmesinde biyoremediasyon yöntemini daha verimli hale getirmesini sağlayacak mikroorganizmaların keşfi amacı ile aerobik bakteriler (Gümüştü ve Tekinay, 2013; Mercimek ve ark., 2013), anaerobik bakteriler (Esteve-Nuñez ve ark., 2000, Lin ve ark., 2013), mantarlar (Gao ve ark., 2010) ve bitkiler (Rylott ve Bruce, 2009) tarafından TNT'nin biyodegradasyonu birçok bilim insanı tarafından yıllarca çalışılmıştır.

3.1 TNT'nin Bakteriler Tarafından Degradasyonu

TNT oksidatif mikrobiyal degradasyona karşı dirençlidir çünkü TNT'nin yapısında bulunan üç tane elektron çekici nitro grupların varlığı sterik engelle ve aromatik halkada elektron eksikliğine sebep olmaktadır (Claus, 2014). Oksidatif degradasyon yerine, birçok bakteri TNT'nin yapısında bulunan nitro grupları hidroksilamin veya amin gruplarına indirgeyerek TNT molekülünü aminonitroaromatik bileşiklerinin farklı izomerlerine dönüştürmektedirler (Esteve-Nuñez ve ark., 2001; Claus, 2014).

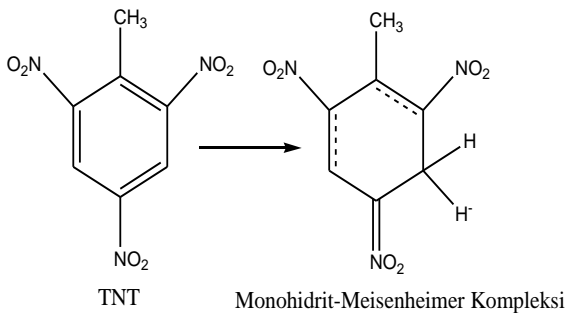
TNT'nin mikrobiyal degradasyonu Şekil 2.'de gösterildiği gibi bir nitro grubun önce nitrozo (-NO) sonra hidroksilamin (-NHOH) ve en sonunda amin (-NH₂) grubuna dönüşmesi ile başlamaktadır (Claus, 2014). Aerobik koşullar altında, bakteriler bir veya iki nitro grubunu hidroksilamin veya amin gruplarına

indirgemektedir ama üçüncü nitro grubunun indirgenmesi için anaerobik koşullar gerekmektedir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001; Ayoub ve ark., 2010; Claus, 2014). TNT'nin nitro gruplarının indirgenmesinde birinci nitro grubun indirgenmesi diğer nitro gruplarının indirgenmesine göre çok daha hızlıdır. Çünkü ilk nitro grubunun amin grubuna dönüştürülmesi aromatik halkanın elektron eksikliğini azaltır ve dolayısıyla diğer nitro grupların indirgenmesi için daha düşük redoks potansiyeli gerekir. Bu nedenle, TNT'nin indirgenmesi sonucu triaminotoluen (TAT) oluşumu -200 mV redoks potansiyelinin altında gerçekleşmektedir ve bu sadece oksijensiz ortamda sağlanabilmektedir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Düşük redoks potansiyelinin oksijensiz ortamda sağlanması ile katı olarak anaerobik olan *Clostridium* sp., *Desulfovibrio* sp. ve *Methanococcus* sp. gibi bakteriler tarafından TNT tamamen TAT molekülüne indirgenmektedir (Claus, 2014). Aerobik ve anaerobik koşullar altında bakteriler tarafından TNT'nin biyodegradasyon mekanizmaları Şekil 3. ve Şekil 4.'te sırasıyla verilmiştir.



Şekil 2. Nitro grubun indirgenmesi ile TNT'nin mikrobiyal degradasyonu (Claus, 2014)

Mikrobiyal degradasyonda ikinci önemli yol aromatik halkaya hidrit iyonları eklenerek monohidrit ve dihidrit-Meisenheimer komplekslerinin oluşumu ile TNT'nin doğrudan indirgenmesidir (Şekil 5). Her iki degradasyon mekanizması da (nitro grupların indirgenmesi ve aromatik halka-indirgenmesi) aynı hücre içinde gerçekleşebilmektedir. Dihidrit-Meisenheimer kompleksi ve HADNT arasındaki kondensasyon reaksiyonları nitrit iyonlarının açığa çıkması ile diarilaminlerin oluşmasına yol açmaktadır (Claus, 2014).



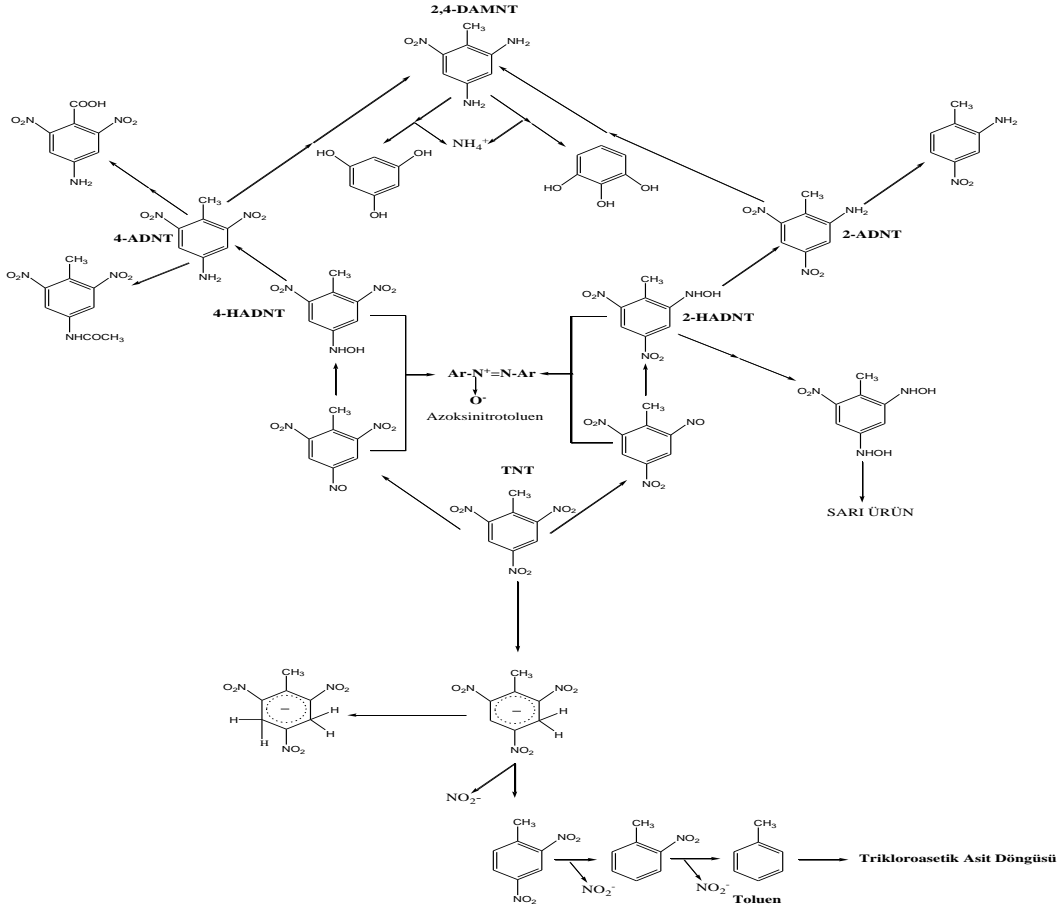
Şekil 5. TNT'ye hidrit iyonunun eklenmesi ile Meisenheimer kompleksinin oluşması ve TNT'nin mikrobiyal transformasyonu (Claus, 2014)

TNT'nin bakteriler tarafından degradasyonu TNT ile kirlenmiş alanların temizlenmesinde etkili bir biyoteknolojik yaklaşımın daha verimli hale getirilmesi için yüksek TNT yıkım kapasitesine sahip mikroorganizmaların keşfi amacı ile yıllarca bilim adamları tarafından çalışılmıştır (Ayoub ve ark., 2010). TNT'yi aerobik ve anaerobik koşullar altında parçalama yeteneğine sahip literatürde rapor edilen aerobik ve anaerobik bakteri türleri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

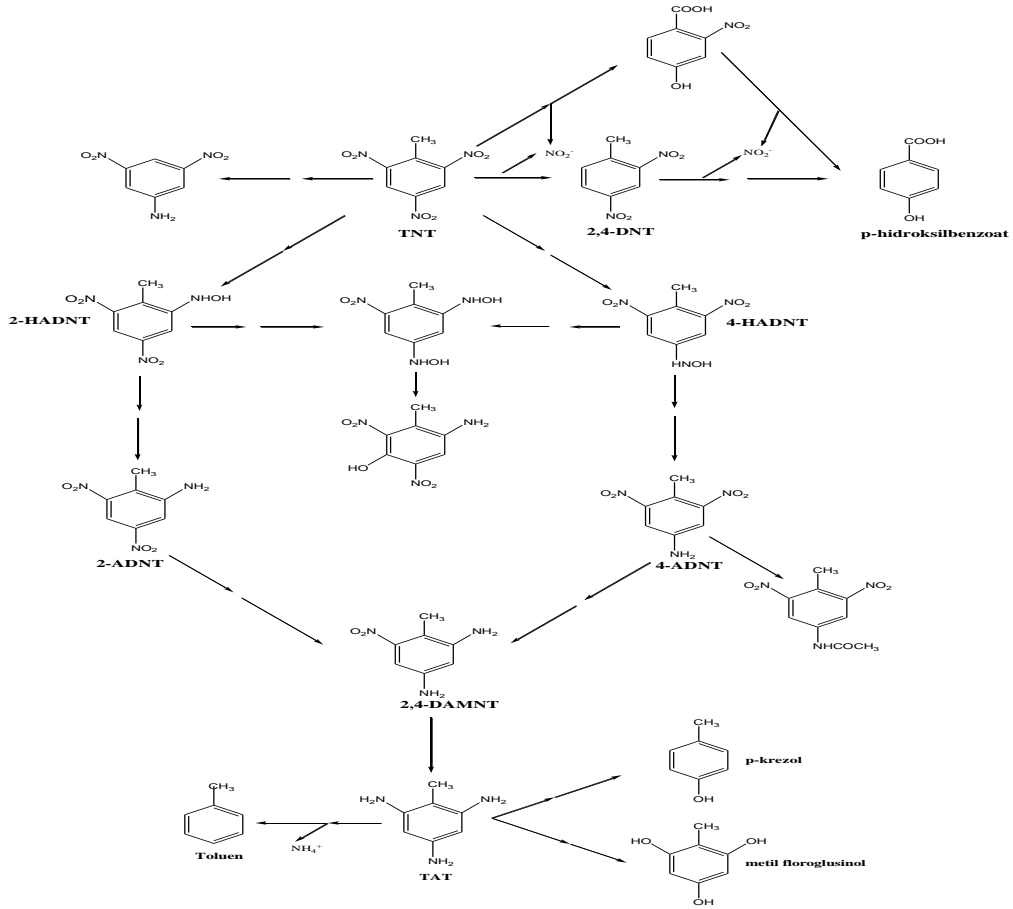
Preuss ve ark. (1993) azot kaynağı olarak sadece TNT, karbon ve enerji kaynağı olarak piruvat kullanarak *Desulfovibrio* bakterisini izole etmiştir. Bu izolat herhangi bir indirgeyici ajan olmayan hücre süspansiyonunda TNT'nin anaerobik koşullar altında TAT molekülüne indirgenmesini kataliz etme yeteneğine sahiptir.

Kore'de TNT ile kontamine olmuş topraklardan yüzlerce bakteri izole edilmiş ve izolatlar arasında en aktif olan bakteri suşu API testi ile *Pseudomonas putida* KP-T201 olarak Park ve ark. (2002) tarafından belirlenmiştir. Bu izolat karbon kaynağı olarak farklı konsantrasyonlarda (20, 50 ve 100 mg/L) TNT bulunan besiyerinde büyütülmüş ve 20, 50 ve 100 ppm TNT içeren besi yerinde başlangıçtaki TNT'nin sırası ile 6 saat, 16 saat ve 36 saat içinde degrade edildiği belirlenmiştir. İzolatın TNT degradasyonu için biyokinetik parametreleri belirlenmiştir. Degradasyon ürünlerinin analizi HPLC ile yapılmış ve metabolitler 2-ADNT, 4-ADNT, 2,4-DNT ve 2,6-DNT olarak belirlenmiştir.

Lin ve ark. (2013) demiri indirgeyen bakteri topluluğunda izole ettikleri ve 16S rDNA analizi tekniği ile tanımladıkları *Bacillus mycoides* bakteri suşu ile TNT'nin mikrobiyal degradasyonunu araştırmıştır. Bu bakteri ile hem aerobik hem de anaerobik olarak TNT'nin degradasyonunu çalışılmıştır. İzolat ile yapılan degradasyon çalışmalarında izolatın aerobik şartlarda başlangıçtaki TNT'nin 16 saatte % 93'ünü, anaerobik şartlarda başlangıçtaki TNT'nin 24 saatte % 94'ünü yaktığı belirlenmiştir. TNT'nin biyotransformasyon metabolitleri GC/MS ile tanımlanmış ve 4-ADNT ve 6-ADNT olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Aerobik bakterilerde TNT'nin biyodegradasyon mekanizması (Esteve-Nuñez ve ark., (2001)'den değiştirilerek)



Şekil 4. Anaerobik bakterilerde TNT'nin biyodegradasyon mekanizması (Esteve-Nuñez ve ark., (2001)'den değiştirilerek)

Tablo 2. TNT'yi aerobik koşullar altında metabolize edebilen bakteri türleri

Aerobik Bakteri Türü	Referans
<i>Achromobacter spanius</i> STE 11	Gümüştü ve Tekinay, 2013
<i>Acinetobacter noscomialis</i>	Sangwan ve ark., 2015
<i>Bacillus cereus</i>	Mercimek ve ark., 2013
<i>Bacillus mycoides</i>	Lin ve ark., 2013
<i>Bacillus SF</i>	Nyanhongo ve ark., 2009
<i>Clavibacter agropyi</i>	Rahal ve Moussa, 2011
<i>Enterobacter cloacae</i> PB2	French ve ark., 1998
<i>Enterobacter sp.</i>	Bae ve ark., 1995
<i>Klepsiella sp.</i>	Kim ve ark., 2002
<i>Mycobacterium vaccae</i>	Vanderberg ve ark., 1995
<i>Mycobacterium sp. strain</i> HL4NT-1	Vorbeck ve ark., 1994
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Mercimek ve ark., 2015
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Pak ve ark., 2000
<i>Pseudomonas fluorescens</i> B3468	Naumova ve ark., 1988
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	Fiorella ve Spain, 1997
<i>Pseudomonas savastanoi</i>	Martin ve ark., 1997
<i>Pseudomonas sp. clone</i> A	Duque ve ark., 1993
<i>Pseudomonas putida</i>	Park ve ark., 2002; Chien ve ark., 2014
<i>P. fluorescens strain</i> TM42	Maeda ve ark., 2006
<i>Pseudomonas sp. strain</i> TM55	Maeda ve ark., 2006
<i>Pseudomonas sp. strains</i> TM15	Maeda ve ark., 2006
<i>Pseudomonas sp.</i>	Chien ve ark., 2014
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	Vorbeck ve ark., 1998
<i>Serratia marcescens</i>	Montpas ve ark., 1997
<i>Sphingomonas sanguinis</i>	Rahal ve Moussa, 2011
<i>Sphingomonas sp.</i>	Maeda ve ark., 2006
<i>Raoultella terrigena</i>	Claus ve ark., 2007
<i>Staphylococcus sp.</i>	Kalafut ve ark., 1998
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Oh ve Kim, 1998

Tablo 3. TNT'yi anaerobik koşullar altında metabolize edebilen bakteri türleri

Anaerobik Bakteri Türü	Referans
<i>Bacillus mycoides</i>	Lin ve ark., 2013
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Ederer ve ark., 1997
<i>Clostridium bifermentans</i> CYS-1	Shim ve Crawford, 1995
<i>Clostridium bifermentans</i> LJP-1	Lewis ve ark., 1997
<i>Clostridium pasterianum</i>	McCormick ve ark., 1976
<i>Clostridium sordelii</i>	Ederer ve ark., 1997
<i>Clostridium sp.</i>	Hughes ve ark., 1998
<i>Enterobacter cloacae</i> PB2	Kalderis ve ark., 2011
<i>Desulfovibrio sp. suşu</i> B	Boopathy ve Kulpa, 1992
<i>Desulfovibrio sp.</i>	Preuss ve ark., 1993
<i>Desulfovibrio sp.</i>	Drzyzga ve ark., 1998
<i>Escherichia coli</i>	Ederer ve ark., 1997
<i>Lactobacillus sp.</i>	Ederer ve ark., 1997
<i>Methanococcus sp. suşu</i>	Boopathy ve Kulpa, 1994
<i>Methanosarcina barkeri</i>	Kalderis ve ark., 2011
<i>Pseudomonas sp. suşu</i> JLR11	Esteve-Nuñez ve Ramos, 1998
<i>Serratia marcescens</i>	Kalderis ve ark., 2011
<i>Veillonella alkalescens</i>	McCormick ve ark., 1976

3.2. TNT'nin Mantarlar Tarafından Degradasyonu

Diğer mikroorganizmalarda olduğu gibi, TNT'nin funguslar tarafından yıkılmasındaki ilk adım nitro gruplarının indirgenmesidir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Çoğu mantar TNT'nin en az bir nitro grubunun indirgenmesini katalize edebilmektedir (Spain, 1995). Bu degradasyondan beyaz çürükçül mantarların lignin parçalama sisteminin ekstrasellüler enzimleri sorumludur ve bu enzimler peroksidazlar (lignin peroksidaz, Mn-bağımlı peroksidaz) ve ahşabın içerdiği ligninin parçalanmasını katalizleyen oksido-redüktazlar (lakkazlar) olarak sınıflandırılmaktadırlar (Esteve-Nuñez ve ark., 2001; Claus, 2014). Ligninolitik sistem nonspesifik bir sistemdir ve nitroaromatik bileşiklerde dahil olmak üzere birçok sentetik kimyasalların biyodegradasyonunda görev almaktadır (Spain, 1995). TNT'nin nitro gruplarının indirgenmesi sonucu 4-ADNT ve 2-ADNT eldesi ile funguslarda TNT'nin metabolizasyonu başlamaktadır. Daha sonra, formillenmiş ve asetillenmiş ürünlerin eldesi için çeşitli açılma reaksiyonları meydana gelebilmektedir. Bu formillenmiş ürünlerden biri, 2-amino-4-formamido-6-nitrotoluen lignin peroksidaz için substrat olarak tanımlanmıştır. Oluşan diğer ürünler de ligninolitik koşullar altında parçalanmakta ve mineralizasyon gerçekleşmektedir (Claus, 2014). Lignin peroksidaz negatif mantar *Nematoloma frowardii* için gösterildiği gibi Mangan-bağımlı peroksidazlar 4-ADNT'yi doğrudan mineralize edebilmektedir (Scheibner ve ark., 1997a). Buna ek olarak, intrasellüler sitokrom P-450 bağımlı enzim sistemi *Bjerkandera adusta* türünde TNT'nin mineralizasyonunda görev almaktadır (Eilers ve ark., 1999; Claus, 2014). Mantarlar tarafından TNT biyodegradasyon mekanizması Şekil 6.'da gösterilmekte ve TNT'yi degrade edebilme kapasitesine sahip mantar türleri Tablo 4'te verilmiştir.

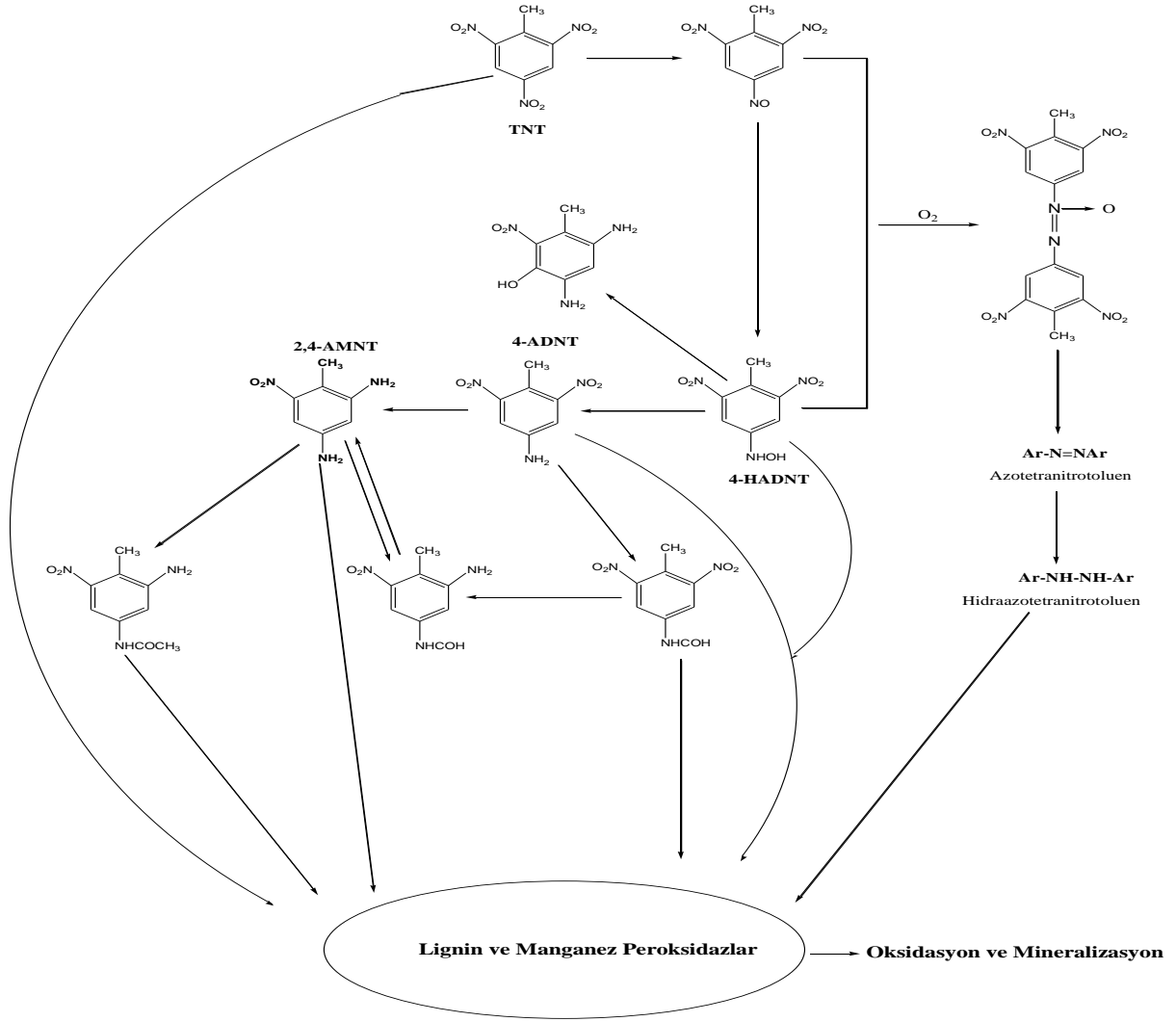
Mantarlarla yapılan bir TNT degradasyon çalışmasında 32 farklı ekolojik ve taksonomik cinse ait 91 mantar suşunun TNT'yi metabolize ve mineralize etme kabiliyetleri incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm mantar suşları TNT'yi hızlı bir şekilde ADNT'ye metabolize etmiştir. Mikroskobik mantarlar şapkallı ahşap ve çürükçül mantarlara göre daha fazla ADNT üretmektedirler. En aktif mantar suşları *Clitocybula duseñii* Tmb12 ve *Stropharia rugosa-annulata* DSM11372 ile yapılan degradasyon çalışmalarında 64 günlük inkübasyon sonunda TNT'nin yapısında ki radyoaktif karbonun sıralı ile % 42'si ve % 36'sı CO₂'de olduğu belirlenmiştir (Scheibner ve ark., 1997b; Claus, 2014).

Fernando ve ark. (1990) beyaz çürükçül mantar *Phanerochaete chrysosporium* ile TNT'nin degradasyonunu incelemiştir. 1,3 mg/L başlangıç TNT konsantrasyonunda TNT'nin yapısında bulunan radyoaktif işaretli karbon atomunun 18 gün inkübasyon süresi sonunda % 35,4 ± 3,6'sının CO₂'de olduğu belirlenmiştir. *Phanerochaete chrysosporium* mantar türü ile TNT'nin degradasyonunu hem toprak hem de sıvı kültürde araştırılmıştır. Toprak ve sıvı kültürlerde çevrede karşılaşılabilecek TNT konsantrasyonlarında (toprak için 10,000 mg/kg, su için 100 mg/L), 90 günlük inkübasyon süresi sonunda toprak ve sıvı kültürde TNT'nin CO₂'ye mineralizasyon oranı sırası ile % 18,4 ± 2,9 ve % 19,6 ± 3,5 olduğu görülmüştür. 90 günlük inkübasyon sonunda sıvı kültür için 100 mg/L ve toprak kültüründe 10,000 mg/kg TNT konsantrasyonunda TNT'nin yaklaşık % 85'inin degrade edildiği belirlenmiştir.

4. TNT'nin Biyoremediasyonu

Tehlikeli maddeleri, zararsız (su ve karbondioksit) veya daha az zararlı maddelere parçalamak için canlı organizmaların daha çok mikroorganizmaların kullanıldığı uzun süreli arıtım prosesleri biyoremediasyon olarak bilinmektedir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Toksik etkileri önlemek ve çevre kirliticilerini parçalamak için mikroorganizmaların kullanımına dayanan biyoremediasyon, çevre kirliliğinin yok edilmesinde ve önlenmesinde etkili ve çevre dostu bir biyoteknolojik yaklaşım olarak günümüzde önem kazanmaktadır (Dindar ve ark., 2010). Biyoremediasyon proseslerinin avantajları düşük maliyet, uygulama kolaylığı ve doğal yollarla gerçekleştiği için kamu tarafından yüksek kabul gören bir yöntem olmasıdır (Rodgers ve Bunce, 2001; Dindar ve ark., 2010).

TNT ile kirlenmiş bölgelerin ıslahı için çeşitli biyolojik temelli teknolojiler geliştirilmiştir, bu teknolojiler arasında en yaygın kullanılan metotlar kompostlama, biyoreaktörler, arazi düzenleme ve fitoremediasyon yöntemleridir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Her yaklaşımın avantajları ve dezavantajları vardır ve ana uygulamaları aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 6. Mantarlarda TNT'nin biyodegradasyon mekanizması (Esteve-Nuñez ve ark., (2001)'den değiştirilerek)

Tablo 4. TNT'yi parçalayabilen mantar türleri

Mantar Türü	Referans
<i>Absidia</i> sp.	Kalderis ve ark., 2011
<i>Acremonium</i> sp.	Kalderis ve ark., 2011
<i>Agaricus aestivalis</i> TMAest1	Kalderis ve ark., 2011
<i>Agrocybe praecox</i> TM70.84,	Kalderis ve ark., 2011
<i>Aspergillus terreus</i> MWi458,	Kalderis ve ark., 2011
<i>Bjerkandera adjusta</i> DSM 3375,	Kalderis ve ark., 2011
<i>Ceratocystis coeruleascens</i>	Kalderis ve ark., 2011
<i>Cladosporium resiniae</i>	Bayman ve Radkar, 1997
<i>Clitocybula dusenii</i>	Bayman ve Radkar, 1997
<i>Coprinus comatus</i> TM6	Kalderis ve ark., 2011
<i>Cunninghamella elegans</i> DSM1980	Kalderis ve ark., 2011
<i>Cyathus stercoreus</i> 36910	Kalderis ve ark., 2011
<i>Nematoloma frowardii</i>	Scheibner ve ark., 1997b
<i>Neurospora crassa</i> TM	Kalderis ve ark., 2011
<i>Paxillus involutus</i> TM2	Kalderis ve ark., 2011
<i>Penicillium frequentans</i> ATCC 96048	Kalderis ve ark., 2011
<i>P. chrysosporium</i>	Fernando ve ark., 1990
<i>P. sordida</i>	Kalderis ve ark., 2011
<i>Phlebia radiate</i>	Van Aken ve ark., 1997
<i>Rhizoctonia solani</i> Mwi5	Kalderis ve ark., 2011
<i>Stropharia rugosoannulata</i>	Scheibner ve ark., 1997b
<i>Trametes modesta</i>	Kalderis ve ark., 2011
<i>Trichoderma</i> sp.	Kalderis ve ark., 2011

4.1. Kompostlama

Kompostlama, patlayıcılarla kirlenmiş askeri alanların arıtımı için kullanılan, test edilmiş ve uygulanmış ilk biyoteknolojik arıtım işlemidir (Özcan ve Türkdoğan, 2014). Kompostlama patlayıcılarla kirlenmiş toprağın arıtılmasında uygulanabilir bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Bu zamanda kadar yapılan araştırmalar TNT'nin kirlenmiş topraktan uzaklaştırılabilir olduğunu göstermiştir (Williams ve ark., 1992; Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Kompostlama işleminde, kirleticilerden arındırılmak istenen toprak kalınlaştırıcı ajanlarla (hacim artırıcı maddeler) ve saman, yonca, talaş gibi tarımsal proseslerin yan ürünleri ile karıştırılır. Windrow (gübrelerin sıra sıra yığılması) ve anaerobik-aerobik kompostlama sistemleri TNT ile kirlenmiş toprakların arıtılması için son derece verimli yöntemlerdir (Bruns-Nagel ve ark., 2000). Bu koşullar altında, anaerobik fazda TNT, amino ve diaminonitrotoluenlere indirgenir ve daha sonra havalandırma fazında birçok transformasyon ürünü muhtemelen kovalent bağlarla toprağa bağlanarak ortadan kaldırılmış olur (Bruns-Nagel ve ark., 1998). İnsan monositleri üzerinde bu bileşiklerin toksik etki testlerinde, biyoremediasyon ile arıtılan toprakların atık suyu ile nitroaromatik bileşikler içeremeyen kompost arasında benzer bir etki bulunmuştur (Bruns-Nagel ve ark., 1999). Tan ve ark. (1992) TNT ile kirlenmiş toprakların kompostlama işleminden sonra mutajenik etkisinin belirgin bir şekilde azaldığını rapor etmiş ve bu sonuç Jarvis ve ark. (1998) tarafından da teyit edilmiştir. Kompostlama tekniğinin başlıca dezavantajları ise uzun inkübasyon süresi, sistemin kurulum ve sürdürülmesi maliyeti ve degradasyon sürecine dahil olan mikroorganizmalar konusunda bilgi eksikliğidir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

TNT'nin degradasyonu için bakterilerin kapasitesini artırmak amacıyla, Muter ve ark. (2012) inorganik tuzlardan, bitki özlerinden ve melastan oluşan besinleri değişen konsantrasyonlarda toprak ve sıvı ortam ile karıştırmıştır. TNT ile kirlenmiş topraktan izole edilen ve TNT'yi parçalama yeteneği gösteren bakterilerin konsorsiyumu kirleticilerden arındırılmak istenen toprağı inokule etmek için kullanılmıştır. Konsorsiyumda filogenetik olarak yedi farklı cinse ait bakteri vardır ve bu bakteri cinsleri; *Klebsiella*, *Raoultella*, *Serratia*, *Stenotrophomonas*, *Pseudoxanthomonas*, *Achromobacter* ve *Pseudomonas*'tır. Konsorsiyumun besinlerle birlikte sıvı ortama eklenmesi ve 14 gün inkübasyon süresinin ardından, başlangıçta toprakta bulunan TNT ve TNT'nin degradasyon ürünlerinin miktarı % 90'a kadar azalmıştır. Toplam TNT miktarı 100 mg/L'den az olduğunda, TNT konsantrasyonu bakteriler tarafından kullanılan şekerin miktarını etkilememektedir.

4.2. Biyoreaktörler

Biyoreaktörler de sulu faz işlemi, kontamine olmuş toprak, su ve besin kaynakları ile doldurulmuş özel biyoreaktörlerden oluşmaktadır. Bu sistemler mekanik karıştırma ile ya da havalandırma ile besinlerin ve elektron alıcıların kütle transferini optimize etmek için tasarlanmıştır (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Doğada uzun süre parçalanmadan kalabilen ve toksik kirleticilerle kontamine olmuş toprakların biyoremediasyon ile ıslahında etkili yöntem çevre şartlarının kontrol edilebildiği biyoreaktör yöntemidir (Dindar ve ark., 2010). Bu yöntemde kirleticilerin parçalanmasında mikroorganizmaların aktivitelerini devam ettirmek ve optimum koşulları sağlamak için sıcaklık, pH, besin kaynaklarının ve oksijenin konsantrasyonu kontrol edilmektedir (Haselhorst, 1999; Özcan ve Türkdoğan, 2014). Bu teknoloji ile yapılan tüm çalışmalar oksijen varlığında yer alan polimerizasyon reaksiyonlarını önlemek için anaerobik inkübasyon şartlarında

yapılır ama bazen ek bir aerobik arıtma gerekebilir. TNT'nin oksijensiz ortamda metabolizasyonu için nişasta, glikoz, melas gibi ek karbon kaynağı gerekmektedir. Bu karbon kaynakları aerobik mikroorganizmaların büyümesi sağlayarak ortamda var olan oksijenin tükenmesini ve TNT'nin nitro gruplarının indirgenmesi için ortama elektron sağlamaktadır. Biyoreaktörlerle TNT'nin biyoremediasyonu için iki farklı yaklaşım vardır. Bunlar; ana hedef olarak mikroorganizmalar tarafından patlayıcının mineralizasyonu ve TNT metabolitlerinin geri dönüşümsüz olarak toprak matrisine bağlanmasıdır (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

Biyoreaktör yöntemi Joliet Askeri Mühimmat Fabrikasında (Illinois, Amerika) patlayıcılarla kirlenmiş bölgenin arıtılmasında test edilmiştir. Aerobik ve anaerobik koşullar arasında değişen döngülü biyoreaktör kullanılmış ve TNT ve ilgili kirleticilerin % 99 oranında parçalanması sağlanmıştır. Kullanılan iki fazlı aerobik/anaerobik arıtma sistemi ile TNT CO₂'ye, basit organik asitlere ve karbon parçacıklarına yıkılmıştır (Haselhorst, 1999).

Biyoreaktör teknolojisi aynı zamanda ksenobiyotik bileşiklerin toprak matrislerine geri dönüşümsüz olarak bağlanmasını artırmak amacı ile de kullanılmaktadır. Biyolojik kaynaklı TNT'nin immobilizasyon yöntemini teknik bir ölçekte test etmek için sukroz ve amonyum klorür ilaveli 10 m³ su ve 18 m³ TNT ile kirlenmiş toprak (314 mg TNT/g toprak) Terranox reaktörü içerisinde karıştırılmıştır. Bu yöntemle 30 hafta içerisinde toprakta başlangıçtaki TNT, RDX ve DNT'nin % 98'inin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Arıtılan toprağın çeşitli kimyasallarla ekstraksiyonlarında TNT ve metabolitlerine rastlanmamıştır (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

4.3. Arazi Düzenleme

Arazi iyileştirilmesi olarak bilinen ve mikrobiyal parçalama ile toprakta bulunan kirleticilerin azalmasını sağlayan bir toprak arıtım prosesidir (Clark ve Boopathy, 2007; Dindar ve ark., 2010). Arazi düzenleme yöntemi katı-faz arıtma yöntemi olup bu proseste kirlenmiş toprak besin ve nem ile karıştırılır ve toprak karışımının havalanmasını artırmak için toprak karışımı periyodik olarak döndürülür (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Bu yöntemde çoğunlukla kirleticilere maruz kalmış toprak yerinden kazılır ve başka bir alana ince tabaka halinde yayılır. İnce tabaka halinde yayılmış toprağa besin ve nem ilavesiyle ve periyodik olarak toprağın havalandırılması ile toprakta bulunan aerobik mikroorganizmaların gelişimi teşvik edilir. Mikrobiyal aktivitenin artması ile toprakta bulunan kirleticiler mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve topraktan uzaklaştırılır (Dindar ve ark., 2010). Mikroorganizmaların degradasyon kabiliyetlerini devam ettirmek ve gelişimlerini artırmak için gerek duyulursa toprağa belirli aralıklarla besin ilavesi yapılmaktadır (Widrig ve ark., 1997; Dindar ve ark., 2010).

Widrig ve ark. (1992) TNT ile kirlenmiş toprakların arazi düzenleme yöntemi ile biyoremediasyonunu incelemiştir. Bu çalışmada mikrobiyal aktiviteyi artırmak amacıyla toprağın özelliklerinin geliştirilmesi için substrat olarak melas ve parçalanmış çim kullanılmıştır. TNT'nin degradasyonu, radyoaktif olarak işaretlenmiş ¹⁴C içeren TNT'nin mineralizasyonu ve hücre biyokütlesinde ¹⁴C bulunması ile gösterilmiştir. Laboratuvar ölçekli bu çalışmanın sonuçları prosesinin büyük ölçekli uygulamalara aktarılması için umut vericidir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

4.4. Fitoremediasyon

Kirlenmiş toprak ve suların arıtılmasında yeşil bitkilerin kullanıldığı yöntem fitoremediasyon olarak bilinmektedir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001). Bu yöntem düşük maliyetli olması, yüksek konsantrasyonlarda bile etkili olması ve uygulamasının kolay olmasından dolayı oldukça avantajlıdır (Rodgers ve Bunce, 2001). Fitoremediasyon prosesi sırasında, bitkiler, hücre duvarları ve kofulları vasıtasıyla TNT'yi bünyesine alarak parçalar ve stabilize ederler. TNT'nin bitkiler sayesinde stabilize olmasıyla, yer altı sularını TNT kontaminasyonuna maruz kalma ihtimali azalır. Fitoremediasyonun avantajlarından biri, TNT'nin hızlı bozunması ve hidroksitoluenlerin bitki maddesine kolayca tutunabilmesidir. Bu durum, bitkileri, yüksek TNT konsantrasyonuna toleransı hale getirmekte ve böylece bitkilerin TNT ile kirlenmiş alanların temizlenmesinde potansiyel biyoremediasyon ajanı olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Lewis ve ark., 2004). İkinci avantajı ise, özel ekipman gereksiniminin ve ortama yeni kimyasal girişinin olmamasıdır (Panz ve Miksch, 2012; Özcan ve Türkdoğan, 2014).

Kontamine olmuş toprakların fitoremediasyonu için TNT'yi mono/dinitrotoluen ve diaminonitrotoluen metabolitlerine dönüştürme yeteneğine sahip *Pseudomonas* bakteri türü ile bitki-bakteri kombinasyonları geliştirilmektedir. *Bromus erectus* bitkisinin bu bakteri ile inkübasyonu ile nitroaromatik metabolizasyonunda rol alan kök yüzeyi ve kök yüzeyini çevreleyen bölgede artış ve toprakta bulunan TNT miktarında azalış görülmüştür (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

Fitoremediasyon yöntemi için TNT'nin mikrobiyal degradasyonunu sağlayan enzimleri ifade eden transgenik bitkilerde geliştirilmiştir. *Enterobacter cloacae* bakteri türünden pentaeritrol tetranitrat redüktaz enziminin klonlandığı transgenik tütün bitkilerinin yaprak ve kök dokularında redüktaz enziminin ekspresyonu görülmüştür. Patlayıcıları parçalayabilen enzimleri ifade edebilen transgenik bitkiler çimlenmeye ve gelişmeye devam etmekte ve transgenik olmayan bitkilerin gelişimini engelleyici patlayıcı konsantrasyonlarında büyüyebilmektedir (Esteve-Nuñez ve ark., 2001).

Das ve ark. (2010) vetiver (buğdaygiller familyasından bir bitki türü) bitkisi ile 40 mg/kg başlangıç TNT konsantrasyonuna sahip topraktan 3 gün içerisinde başlangıçtaki TNT'nin % 97'sini uzaklaştırmayı başarmışlardır. Toprakta bulunan TNT konsantrasyonu 80 mg/kg olduğunda ise, 3 gün içerisinde başlangıçtaki TNT'nin % 39'unun, 12 gün içerisindeyse % 88'inin uzaklaştırıldığı görülmüştür. Ayrıca çalışmada, 40 mg/kg TNT konsantrasyonlarında büyüyen bitkilerde kontrol gruplarına göre morfolojik değişimler gözlemlenmezken, 80 mg/kg TNT konsantrasyonlarında yetişen bitkilerin inkübasyondan yedi gün sonra yapraklarında sararmalar gözlemlenmiştir. Toprağa % 0,1 oranında üre eklenmesinin bitkiler tarafından TNT'nin metabolizasyonunu artırdığı, bu artışın özellikle yüksek TNT konsantrasyonlarında dikkate değer olduğu belirlenmiştir. 80 mg/kg konsantrasyonunda TNT içeren toprağa üre eklenmesi ile 3 gün içerisinde TNT degradasyon oranı % 39'dan % 84'e çıkmıştır.

You ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada *Enterobacter cloacae* bakteri türüne ait NAD(P)H-flavin nitroredüktaz enzimin aktarıldığı *Arabidopsis* (fare kulağı teresi) transgenik bitkiler ile TNT'nin fitoremediasyonu araştırılmıştır. *Enterobacter cloacae* bakteri türüne ait nitroredüktaz geni polimeraz zincir reaksiyonu ile çoğaltılıp, pCAMBIA-1301 vektörüne klonlanmıştır. Oluşturulan vektör *Arabidopsis* bitkilerine *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi kullanılarak aktarılmıştır. Toplamda 20 tane transgenik bitki elde edilmiştir.

Elde edilen transgenik bitkiler ile yabancı tip bitkiler toprakta ya da yarı-kuvvetli MS agar plakaları üzerinde aynı fenotip özellikler göstermiştir, buda EcNFSAS geninin yerleştirilmesiyle bitkilerde morfolojik değişimlerin olmadığını göstermektedir. Transgenik bitkiler ve vahşi tip bitkiler çeşitli TNT konsantrasyonlarında (0,025, 0,050 ve 0,075) büyütülmüş ve vahşi tip bitkilerin transgenik bitkilere göre köklerinin daha kısa oldukları gözlemlenmiştir. TNT'li ortamda, bütün transgenik bitkiler vahşi tip bitkilere göre farklı olmasına karşın transgenik bitkiler arasında farklılıklar gözlemlenmemiştir. Yabancı tip ve transgenik bitkilerin toplam klorofil içeriğinin TNT konsantrasyonu arttıkça azaldığı belirlenmiştir. 0,025, 0,050 ve 0,075 TNT konsantrasyonlarında iki hafta boyunca büyütülen bitkiler TNT absorpsiyon çalışmaları için 0,05, 0,10 ve 0,15 mM TNT konsantrasyonlarına sahip ortama aktarılmıştır. Yapılan TNT absorpsiyon çalışmalarında, transgenik bitkilerin sıvı medyumda yabancı bitkiler ile karşılaştırıldığında TNT absorpsiyon oranlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Transgenik bitkiler 0,05, 0,10 ve 0,15 mM TNT konsantrasyonlarında sırası ile 96, 120 ve 144 saatte tüm TNT'yi absorbe etmiştir. Bu çalışmada nitroredüktaz enzimin aktarılması ile elde edilen *Arabidopsis* bitkilerin TNT'yi tolere etme, absorplama ve detoksifiye etme yeteneklerinde yabancı bitkiler ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde artış gözlemlenmiştir.

Fitoremediasyon, diğer biyoremediasyon yöntemleri gibi, ön görülemeyen iklim koşullarından etkilenmektedir ve degradasyon oranlarını tahmin etmek zordur. Buna karşın, fitoremediasyon fiziksel koşullara ve değişimlere karşı mikrobiyal reaktörlere göre daha dayanıklıdır. Kirleticileri daha verimli bünyesine katabilen bitki suşlarının eldesi ve bitkilerin kirleticilerden kaynaklanan olumsuz koşullar altında büyüme kabiliyetlerini arttırmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir (Rodgers ve Bunce, 2001).

5. Sonuç

TNT potansiyel bir kanserojendir, insan dahil tüm organizmalar için toksiktir ve toprağın organik materyallerine sıkıca bağlanmakla birlikte biyolojik bozunmaya karşı dirençli bir kimyasaldır (Khan ve ark., 2013). TNT ile kirlenmiş alanların sorunu TNT'nin ekosistem ve canlı organizmalar üzerindeki toksik etkileridir. İnsanlar TNT ile kirlenmiş sudan direkt olarak ya da kirlenmiş toprakta yetiştirilen veya kirli su ile sulaması yapılan bitkilerin yenmesi yoluyla dolaylı olarak TNT'ye maruz kalabilmektedir. TNT'nin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin yanı sıra TNT ile kirlenmiş bölgelerde toprağın tarım için kullanımını ya da toprağın biyolojik çeşitliliği gibi belirli işlevleri TNT kirliliğinden etkilenmektedir. Ayrıca, TNT ile kirlenmiş bölgelerin kontrol edilmesi önemlidir çünkü bu bölgelerde TNT yayılarak su yüzeyine ya da yer altı sularına ulaşabilmektedir. Bu nedenle, TNT ile kontamine olmuş bölgelerin remediasyonu oldukça önemlidir. Termal oksidasyon veya torağın yakılması gibi kontamine olmuş alanların arıtılmasında kullanılan geleneksel yöntemler son derece pahalı ve tahrip edicidir. Ayrıca bu yöntemlerde büyük miktarlarda CO₂ ve NO_x dahil istenmeyen sera gazları açığa çıkmaktadır.

TNT doğada uzun süre bozunmadan kalmasına karşın çeşitli mikroorganizmalar (bakteriler ve mantarlar) tarafından karbon ve azot kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, TNT'yi metabolize edebilen mikroorganizmaların kullanıldığı biyoremediasyon yöntemleri uygulanabilir, düşük maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşım olarak görülmektedir. TNT'nin biyoremediasyon yöntemleri uygulanacak alanın özelliklerine göre değişmektedir. Kompostlama düşük TNT konsantrasyonu olan ve bütün degradasyon ürünlerinin uzaklaştırılmasının gerekli

olmadığı bölgelerde uygundur. Biyoreaktörler kirleticilerin uzaklaştırılmasında hızlı bir yöntemdir ve yeraltı sularına kirleticilerin ulaşmasını minimize etme avantajına sahiptir. Kompostlama ve fitoremediasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, biyoreaktörlerde biyodegradasyon oranları daha hızlıdır (Rezaei ve ark., 2010), remediasyon süresi daha kısadır ve daha yüksek oranlarda kirletici olan bölgelerin remediasyonu için biyoreaktörlerde arıtım prosesi daha uygundur. Ancak kompostlama ve diğer yöntemlere göre biyoreaktörlerde arıtım prosesi daha fazla emek isteyen pahalı bir işlemdir (Kalderis ve ark., 2011). Fitoremediasyon yaygın olarak kullanılmamasına karşın düşük TNT konsantrasyonu olan bölgelerde büyük bir strateji olma potansiyeline sahiptir (Kalderis ve ark., 2011). Bitki türlerinin çoğu toprakta 0,05-0,1 g/kg aralığında TNT konsantrasyonlarına tolerans göstermektedir (Mulla ve ark., 2014). Bitkilere toksik olabilecek seviyede kirletici seviyelerin olmadığı ve kompostlama ya da biyoreaktör yöntemiyle arıtılan bölgelerin yeniden temizlenmesinde fitoremediasyon yöntemi oldukça uygun bir yöntemdir (Haselhorst, 1999).

Bütün biyoremediasyon yöntemleri öngörülemez iklim koşullarından etkilenmektedir ve bu yöntemlerin soğuk iklimlerde (kış aylarında) uygulanabilirliği azalmaktadır. Bütün bunlara karşın biyolojik prosesler daha düşük maliyetli olma ve biyolojik yollarla gerçekleştiği için kamu tarafından yüksek kabul görme avantajlarına sahiptir.

Kaynaklar

Anonim, Trinitrotoluene, University of Torino, http://lem.ch.unito.it/didattica/infochimica/2008_Esplosivi/TNT.html (Erişim Tarihi: 12.10.2015).
 ATSDR. 1995. U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for 2,4,6-trinitrotoluene. Georgia, 1-208.
 Ayoub, K., Hullebusch, E.D., Cassir, M., Bermond, A. 2010. Application of advanced oxidation processes for TNT removal: A review. *Journal of Hazardous Materials* 178, 10-28. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.02.042.
 Bae, B., Autenrieth, R.L., Bonner, J.S. 1995. Aerobic biotransformation and mineralization of 2,4,6-trinitrotoluene. 231-238. In R. E. Hinchee, R. E. Hoepfel, and D. B. Anderson (ed.), *Bioremediation of recalcitrant organics*. Battelle Press, Columbus, Ohio.
 Bayman, P., Radkar G.V. 1997. Transformation and Tolerance of TNT (2,4,6-trinitrotoluene) by Fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation* 39, 45-53.
 Boopathy, R., Kulpa, C.F. 1992. Trinitrotoluene as a sole nitrogen source for a sulfate-reducing bacterium *Desulfovibrio sp.* (B strain) isolated from an anaerobic digester. *Current Microbiology* 25, 235-241.
 Boopathy, R., Kulpa, C.F. 1994. Biotransformation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by a *Methanococcus sp.* (strain B) isolated from a lake sediment. *Canadian Journal of Microbiology* 40, 273-278.
 Bruns-Nagel, D., Drzyzga, O., Steinbach, K., Schmidt, C., von Löw, E., Gorontzy, T., Blotevogel, K.H., Gemsa, D. 1998. Anaerobic/aerobic composting of 2,4,6-trinitrotoluene-contaminated soil in a reactor system. *Environmental Science & Technology* 32, 1676-1679.
 Bruns-Nagel, D., Scheffer, S., Casper, B., Garn, H., Drzyzga, O., von Löw, E., Gemsa, D. 1999. Effect of 2,4,6-trinitrotoluene and its metabolites on human monocytes. *Environmental Science & Technology* 33, 2566-2570.

Bruns-Nagel, D., Steinbach, K., Gemsa, D., von Löw, E. 2000. Composting (humification) of nitroaromatic compounds. 357-393. In *Biodegradation of nitroaromatic compounds and explosives*. Ed: by J. Spain, J.B. Hughes, and H.-J. Knackmuss. Publishers, Boca Raton, Fla
 Bumpus, J.A., Tatarko, M. 1994. Biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Phanerochaete chrysosporium*: identification of initial degradation products and the discovery of a TNT metabolite that inhibits lignin peroxidase. *Current Microbiology* 28, 185-190.
 Chien, C.-C., Kao, C.-M., Chen, D.-Y., Chen, S.C., Chen, C.-C. 2014. Biotransformation of Trinitrotoluene (TNT) by *Pseudomonas* spp. Isolated from a TNT-contaminated Environment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 33 (5), 1059-1063.
 Clark, B., Boopathy, R. 2007. Evaluation of bioremediation methods for the treatment of soil contaminated with explosives in Louisiana Army Ammunition Plant, Minden, Louisiana. *Journal of Hazardous Materials* 143, 643-648.
 Claus, H. 2014. Microbial Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene In Vitro and in Natural Environments. 15-38. In *the Biological remediation of explosive residues*. Ed: S.N. Singh. Environmental Science and Engineering, Springer International Publishing Switzerland, doi: 10.1007/978-3-319-01083-0_2.
 Claus, H., Bausinger, T., Lehmler, I., Perret, N., Fels, G., Dehner, U., König, H. 2007. Transformation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by *Raoultella terrigena*. *Biodegradation* 18, 27-35.
 Das, P., Datta, R., Makris, K.C., Sarkar, D. 2010. Vetiver grass is capable of removing TNT from soil in the presence of urea. *Environmental Pollution* 158, 1980-1983.
 Dindar, E., Topaç Şağban, F.O., Başkaya, H. 2010. Kirilenmiş Toprakların Biyoremediasyon İle Islahı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 15(2), 123-137.
 Drzyzga, O., Bruns-Nagel, D., Gorontzy, T., Blotevogel, K.H., Gemsa, D. 1998. Mass balance studies with ¹⁴C-labeled 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) mediated by an anerobic *Desulfovibrio* species and an aerobic *Serratia* species. *Current Microbiology* 37, 380-386.
 Duque, E., Haidour, A., Godoy, F., Ramos, J.L. 1993. Construction of a *Pseudomonas* hybrid strain that mineralizes 2,4,6-trinitrotoluene. *Journal of Bacteriology* 175, 2278-2283.
 Ederer, M.M., Lewis, T.A., Crawford, R.L. 1997. 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) transformation by *Clostridia* isolated from a munition-fed bioreactor: comparison with non-adapted bacteria. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 18, 82-88.
 Eilers, A., Rüngeling, E., Stündl, U.M., Gottschalk, G. 1999. Metabolism of 2,4,6-trinitrotoluene by the white rot fungus *Bjerkandera adusta* DSM 3375 depends on cytochrome P450. *Applied Microbiology Biotechnology* 53, 75-80.
 Esteve-Nuñez, A., Caballero, A., Ramos, J.L. 2001. Biological Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 65, 335-352. doi: [10.1128/MMBR.65.3.335-352.2001](https://doi.org/10.1128/MMBR.65.3.335-352.2001)
 Esteve-Nuñez, A., Lucchesi, G., Philipp, B., Schink, B., Ramos, J.L. 2000. Respiration of 2,4,6-Trinitrotoluene by *Pseudomonas* sp. Strain JLR11. *Journal of Bacteriology* 182, 1352-1355.
 Esteve-Nuñez, A., Ramos, J.L. 1998. Metabolism of 2,4,6-Trinitrotoluene by *Pseudomonas* sp. JLR11. *Environmental Science & Technology* 32, 3802-3808.
 Fernando, T., Bumpus, J.A., Aust, S.D. 1990. Biodegradation of TNT (2,4,6 trinitrotoluene) by *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied Environmental Microbiology* 56, 1666-1671.

- Fiorella, P.D., Spain, J.C. 1997. Transformation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Pseudomonas pseudoalcaligenes* JS52. Applied Environmental Microbiology 63, 2007-2015.
- French, C.E., Nicklin, S., Bruce, N.C. 1998. Aerobic degradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Enterobacter cloacae* PB2 and by pentaerythritol tetranitrate reductase. Applied Environmental Microbiology 64, 2864-2868.
- Gallagher, E.M. 2010. Anaerobic degradation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT): molecular analysis of active degraders and metabolic pathway. The State University of New Jersey, PhD Thesis, 115s, New Jersey.
- Gao, D., Du, L., Yang, J., Wu, W.M., Liang, H. 2010. A critical review of the application of white rot fungus to environmental pollution control. Critical Reviews in Biotechnology 30, 70-77.
- Gümüşçü, B., Tekinay, T. 2013. Effective biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene using a novel bacterial strain isolated from TNT-contaminated soil. International Biodeterioration&Biodegradation 85, 35-41.
- Haselhorst, L. 1999. Bioremediation of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) at munitions sites. Restoration And Reclamation Review 4 (7), 1-9.
- Hughes, J.B., Wang, C., Yesland, K., Bhadra, R., Richardson, A., Bennet, G., Rudolph, F. 1998. Reduction of 2,4,6-trinitrotoluene by *Clostridium acetobutylicum* through hydroxylamino intermediates. Environmental Toxicology and Chemistry 17, 343-348.
- Jarvis, A.S., McFarland, V.A., Honeycutt, M.E. 1998. Assesment of the effectiveness of composting for the reduction of toxicity and mutagenicity of explosives-contaminated soil. Ecotoxicology and Environmental Safety 39, 131-135.
- Ju, K.S., Parales, R.E. 2010. Nitroaromatic Compounds, from Synthesis to Biodegradation. Microbiology and Molecular Biology Reviews 74 (2), 250-272.
- Kalafut, T., Wales, M.E, Rastogi, V.K., Naumova, R.P., Zaripova, S.K., Wild, J.R. 1998. Biotransformation patterns of 2,4,6-trinitrotoluene by aerobic bacteria. Current Microbiology. 36, 45-54.
- Kalderis, D., Juhasz, A.L., Boopathy, R., Comfort, S. 2011. Soils contaminated with explosives: Environmental fate and evaluation of state-of the-art remediation processes (IUPAC Technical Report)*. Pure and Applied Chemistry 83 (7), 1407-1484.
- Khan, M.I., Lee, J., Park, J. 2013. A Toxicological Review on Potential Microbial Degradation Intermediates of 2,4,6-Trinitrotoluene, and Its Implications in Bioremediation. KSCE Journal of Civil Engineering 17 (6), 1223-1231.
- Kim, H.Y., Bennett, G., Song, H.G. 2002. Degradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Klebsiella* sp. isolated from activated sludge. Biotechnology Letter 24, 2023-2028.
- Lewis, T.A., Ederer, M.M., Crawford, R.L., Crawford, D.L. 1997. Microbial transformation of 2,4,6-trinitrotoluene. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 18, 89-96.
- Lewis, T.A., Newcombe, D.A., Crawford, R.L. 2004. Bioremediation of soils contaminated with explosives. Journal of Environmental Management 70, 291-307.
- Lin, H., Yu, C., Chen, Z. 2013. Aerobic and anaerobic biodegradation of TNT by newly isolated *Bacillus mycoide*. Ecological Engineering 52, 270-277.
- Maeda, T., Kadokami, K., Ogawa, H.I. 2006. Characterization of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)-Metabolizing Bacteria Isolated from TNT-Polluted Soils in the Yamada Green Zone, Kitakyushu, Japan. Journal of Environmental Biotechnology 6, 33-39.
- Maeda, T., Nakamura, R., Kadokami, K., Ogawa, H.I. 2007. Relationship between mutagenicity and reactivity or biodegradability for nitroaromatic compounds. Environmental Toxicology and Chemistry 26, 237-241.
- Martin, J.L., Comfort, S.D., Shea, P.J., Kokjohn, T. A., Drijber, R.A. 1997. Denitration of 2,4,6-trinitrotoluene by *Pseudomonas savastanoi*. Canadian Journal of Microbiology 43, 447-455.
- McCormick, N.G., Feeherry, F.E., Levinson, H.S. 1976. Microbial transformation of 2,4,6-TNT and other nitroaromatic compounds. Applied Environmental Microbiology 31, 949-958.
- Mercimek, H.A. 2011. 2,4,6-trinitrotoluen'in Mikrobiyal Biyodegradasyonu. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 158s, Adana.
- Mercimek, H.A., Dincer, S., Guzeldag, G., Ozsavli, A., Matyar, F. 2013. Aerobic biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by *Bacillus cereus* isolated from contaminated soil. Microbial Ecology 66, 512-521.
- Mercimek, H.A., Dincer, S., Guzeldag, G., Ozsavli, A., Matyar, F., Arkut, A., Kayis, F., Sumengen Ozdefne, M. 2015. Degradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *P. aeruginosa* and characterization of some metabolites. Brazilian Journal of Microbiology 46, 104-111.
- Montpas, S., Samson, J., Langlois, E., Lei, J., Piche, Y., Chevenert, R. 1997. Degradation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Serratia marcescens*. Biotechnology Letters 19, 291-294.
- Mulla, S.I., Talwar, M.P., Ninnekar, H.Z. 2014. Bioremediation of 2,4,6-Trinitrotoluene Explosive Residues. 201-233. In the Biological remediation of explosive residues. Ed: S.N. Singh. Environmental Science and Engineering, Springer International Publishing Switzerland, doi: 10.1007/978-3-319-01083-0_2.
- Muter, O., Potapova, K., Limane, B., Sproge, K., Jakobsone, I., Cepurnieks Bartkevics, V. 2012. The role of nutrients in the biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene in liquid and soil. Journal of Environmental Management 98, 51-55.
- Naumova, R.P., Selivanovskaya, S.L.U., Mingatina, F.A. 1988. Possibilities for the deep bacterial destruction of 2,4,6-trinitrotoluene. Mikrobiologia 57, 218-222.
- Nyanhongoa, G.S., Aicherniga, N., Ortnera, M., Steinerb, W., Guebitza, G.M. 2009. Incorporation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) transforming bacteria into explosive formulations. Journal of Hazardous Materials 165, 285-290.
- Oh, B.T., Sarah, G., Shea, P.J., Drijber, R.A., Comfort, S.D. 2000. Rapid spectrophotometric determination of 2,4,6-trinitrotoluene in a *Pseudomonas* enzyme assay. Journal of Microbiological Methods 42, 149-158.
- Oh, K.H., Kim, Y.J. 1998. Degradation of Explosive 2,4,6-Trinitroroluene by s-Triazine Degrading Bacterium Isolated from Contaminated Soil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 61, 702-708.
- Özcan, G., Türkdoğan, F.İ. 2014. Askeri Alanlardaki Kirliliklerin Gideriminde Biyoremediasyon Teknikleri. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, 31-36.
- Pak, J.W., Knoke, K.L., Noguera, D.R., Fox, B.G., Chambliss, G.H. 2000. Transformation of 2,4,6-trinitrotoluene by purified xenobiotic reductase B from *Pseudomonas fluorescens* I-C. Appl. Environmental Microbiology 66, 4742-4750.
- Panz, K., Miksch, K. 2012. Phytoremediation of explosives (TNT, RDX, HMX) by wild-type and transgenic plants. Journal of Environmental Management 113, 85-92.
- Park, C., Kim, T.H., Kim, S. 2003b. Optimization of biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by

- Pseudomonas putida*. Journal of Bioscience and Biengineering 95, 567-571.
- Park, C., Kim, T-H., Kim, S., Lee, J., Kim, S-W. 2002. Biokinetic Parameter Estimation for Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) with *Pseudomonas putida* KP-T201. Journal of Bioscience and Biengineering 94, 57-61.
- Preuss, A., Fimpel, J., Dickert, G. 1993. Anaerobic transformation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT). Archives of Microbiology 159, 345-353.
- Qasim, M.M., Moore, B., Taylor, L., Honea, P., Gorb, L., Leszczynski, J. 2007. Structural Characteristics and Reactivity Relationships of Nitroaromatic and Nitramine Explosives – A Review of Our Computational Chemistry and Spectroscopic Research, International Journal of Molecular Sciences 8, 1234-1264.
- Rahal, A.Gh., Moussa, L.A. 2011. Degradation of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) by Soil Bacteria Isolated From TNT Contaminated Soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(2), 8-17.
- Rezaei, M.R., Abdoli, M.A., Karbassi, A., Baghvand, A., Khalilzadeh, R. 2010. Bioremediation of TNT Contaminated Soil by Composting with Municipal Solid Wastes Soil and Sediment Contamination 19, 504-514.
- Rodgers, J.D., Bunce, N.J. 2001. Treatment methods for the remediation of nitroaromatic explosives. Water Research 35, 2101-11.
- Rylott, E.L., Bruce, N.C. 2009. Plants disarm soil: engineering plants for the phytoremediation of explosives. Trends in Biotechnology 27, 73-81.
- Sangwan, P, Mary Celin, S., Hooda, L. 2015. Response Surface Methodological Approach for Optimizing Process Variables for Biodegradation of 2,4,6-Trinitrotoluene using *Acinetobacter Noscomialis*. European Journal of Advances in Engineering and Technology 2(4), 51-56.
- Schackmann, A., Müller, R. 1991. Reduction of nitroaromatic compounds by different *Pseudomonas* species under aerobic conditions. Applied Microbiology and Biotechnology 34, 809-813.
- Scheibner, K., Hofrichter, M., Fritsche, W. 1997a. Mineralization of 2-amino-4,6-dinitrotoluene by manganese peroxidase of the white-rot fungus *Nematoloma frowardii*. Biotechnology Letters 19, 835-839.
- Scheibner, K., Hofrichter, M., Herre, A., Michels, J., Fritsche, W. 1997b. Screening for fungi intensely mineralizing 2,4,6-trinitrotoluene. Applied Microbiology and Biotechnology 47, 452-457.
- Shim, C.Y., Crawford, D.L. 1995. Biodegradation of trinitrotoluene (TNT) by a strain of *Clostridium bifermentan*. 57-69. In R. E. Hinchee, J. Fredrickson, and B. C. Alleman (ed.), Bioaugmentation for site remediation. Battelle Press, Columbus, Ohio.
- Spain, J. 1995. Biodegradation of nitroaromatic compounds. Annual Review of Microbiology 49, 523-555.
- Tan, E.L., Ho, C.H., Griest, W.H., Tyndall, R.L. 1992. Mutagenicity of trinitrotoluene and its metabolites formed during composting. Journal of Toxicology and Environmental Health 36, 165-175.
- Üzer, A. 2004. Bazı Nitrofenollerin Temel ve Türev Spektrofotometrik Analizi. İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 77s, İstanbul.
- Van Aken, B., Skubusz, K., Naveau, H., Agathos, S.N. 1997. Biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene by the white-rot basidiomycete *Phlebia radiata*. Biotechnology Letters 19, 813-817.
- Vanderberg, L.A., Perry, J.J., Unkefer, P.J. 1995. Catabolism of 2,4,6-trinitrotoluene by *Mycobacterium vaccae*. Applied Microbiology and Biotechnology 43, 937-945.
- Vorbeck, C., Lenke, H., Fischer, P., Knackmuss, H.J. 1994. Identification of a hydride-Meisenheimer complex as a metabolite of 2,4,6-trinitrotoluene by a *Mycobacterium* strain. Journal of Bacteriology 176, 932-934.
- Vorbeck, C., Lenke, H., Fischer, P., Spain, J.C., Knackmuss, H.J. 1998. Initial reductive reactions in aerobic microbial metabolism of 2,4,6-trinitrotoluene. Applied and Environmental Microbiology 64, 246-252.
- Widrig, D.L., Boopathy, R., Manning, J.F. 1997. Bioremediation of TNT contaminated soil: A laboratory study. Environmental Toxicology and Chemistry 16, 1141-1148.
- Williams, M., Reddy, G., Quinn, M., Johnson, M. 2015. Wildlife Toxicity Assessments for Chemicals of Military Concern. Elsevier Inc., Oxford, UK.
- Williams, R.T., Ziegenfuss, P.S., Sisk, W.E. 1992. Composting of explosives and propellant contaminated soils under thermophilic and mesophilic conditions. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 9, 137-144.
- Yan, C., Wang, Y., Xia, B., Li, L., Zhang, Y., Liu, Y. 2002. The retrospective survey of malignant tumor in weapon workers exposed to 2,4,6-trinitrotoluene. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases 20(3), 184-188.
- Yinon, J., 1990. Toxicity and Metabolism of Explosives. CRC Press, Florida.
- You, S-H., Zhu, B., Han, H-J., Wang, B., Peng, R-H., Yao, Q-H. 2015. Phytoremediation of 2,4,6-trinitrotoluene by *Arabidopsis* plants expressing a NAD(P)H-flavin nitroreductase from *Enterobacter cloacae*. Plant Biotechnology Reports 9, 417-430.



Herkes için Tasarım Kapsamında bir Avrupa Birliği Gençlik Projesi Deneyimi: Engelsiz Yozgat**

Çiğdem Belgin DİKMEN^{1*}, Zuhâl ÖZÇETİN¹

¹Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, YOZGAT,

Özet

Mimarlık doğal çevrenin verilerini kullanarak yapay bir çevre oluştururken, kullanıcıların istek ve gereksinimlerine yanıt verecek biçimde sağlıklı, yaşanılabilir, estetik ve erişilebilir mekânlar yaratmayı amaçlayan bir disiplindir. Doğal çevrenin yapılar ve kentsel mekânlarla oluşan yapay/fiziksel çevreye dönüşmesi sürecinde mekânların ve yapıların tüm kullanıcı grupların istek ve gereksinimlerine yanıt verecek biçimde tasarlanması gerekir. Kullanıcıların çoğunluğu mekânlara ve yapılara kolay ve zahmetsiz erişebilirken çocuklar, yaşlılar ve engelliler gibi bazı gruplar sorunlarla karşılaşmaktadır. Ülkemizde engellilerin yasa ile kendilerine tanınmış temel hakları gerçekleştirmelerine olanak tanıyacak mimari düzenlemelerin tanımlanmasına, engellilerin karşılaştıkları sorunların giderilmesine yönelik çalışmalar çeşitli platformlarda gündeme gelmekte ve çözüm üretilmektedir. Ancak yapılarımızın ve kentsel mekânlarımızın pek çoğu engelli kullanıcılar için mekânsal yetersizlikler içermekte ve sorun oluşturmaktadır. Bu bağlamda kentsel mekânların standartlara uygun olarak tasarlanmamış ve niteliksiz uygulanmış olması kadar, engelli kullanıcılar için gereksinim duyulan düzenlemelerden yoksun olması da engellilerin kentsel mekânı kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri tarafından oluşturulan Bozok Mimarlık Genç Tasarım Grubu'nun Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri desteği ile gerçekleştirdiği "Engelsiz Yozgat" proje deneyimi aktarılmaktadır. Çalışma kentsel mekânlarda engellilere yönelik düzenlemelerin gerçekleştirilmesini, erişilebilirliğin yaygınlaştırılmasını, kentli ve mimarlık öğrencileri özelinde farkındalık yaratılmasını, evrensel tasarım/herkes için tasarım kavramları ile kamuoyunun bilgilendirilmesini ve yapılan proje ile yerel yönetimlere katkı sağlanmasını amaçlamaktadır. Proje kapsamında Genç Tasarım Grubu elemanlarına engellilerin kentsel mekânda karşılaştıkları güçlükler ve bu güçlüklerin ortadan kaldırılması için yapılması gereken mimari düzenlemelere ilişkin bilgiler verilmiş, Yozgat kentinin en önemli yaya ve taşıt ulaşım aksı olan Lise Caddesi üzerinde gerçekleştirilen bir alan çalışması ile kentsel mekânların engellilere uygunluğu sorgulanmış ve engellerin kaldırılmasına yönelik olarak projeler üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Engelliler, herkes için tasarım, erişilebilirlik, kentsel mekân, Engelsiz Yozgat Gençlik Projesi

The European Union Youth Project Experience in the Context of Design for all: Accessible Yozgat

Architecture is a discipline that aims to create accessible spaces using the data of the natural environment while creating an artificial environment, users' demands and requirements in order to respond to the healthy, liveable, aesthetic spaces. In the process of which consist of buildings and urban spaces have to be designed with respond to needs of all types of users in the process of transformation of natural environment to the physical environment consisting of artificial structures and urban spaces. Whereas the most of the users can able to access the urban spaces and buildings easily; children, elder and handicapped people have always several problems. In our country, people with disabilities to perform the fundamental rights granted to them by law to allow the identification of architectural arrangement, in order to overcome the problems faced by disabled studies come to the agenda of various platforms and solutions are produced. However, many of our urban spaces include lack of spatial deficiencies and constitute a challenge for disabled users. In this context, urban spaces are not designed according to the standards and unqualified to be applied and required arrangements for disabled

*cbelgin.dikmen@gmail.com, Tel: 0 530 419 53 94, Fax: 0 354 242 10 05

** Bu çalışma 2012 yılında AB Gençlik Programları Eylem 1.2 kapsamında yazarlardan Zuhâl ÖZÇETİN'in yürütücülüğünü yaptığı ve Çiğdem Belgin DİKMEN'in eğitmen olarak destek verdiği "Engelsiz Yozgat" temalı projeden geliştirilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak destek veren Genç Tasarım Grubu, Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri Zeynep AKGÜL, Murat AKKOÇ, Zeynep BAŞTÜRK, İsmail BULUT, Aslı DİZMAN, Samet GÜRGİL, Mehmet Erdem KANLI, Talha SARIGEDİK ve Feride Betül YILMAZ'ın katılımlarıyla oluşturulmuştur. Verdiği katkılardan dolayı Mimarlar Odası Ankara Şubesi Yozgat İl Temsilciliği'ne teşekkür ederiz.

users with disabilities to be deprived of the use of the urban space are adversely affected. In this study, Bozok University Faculty of Architecture Department of Architecture students created by Bozok Architecture Young Design Group, European Union Youth Programme Action 1.2 Youth Initiatives with the support of its “Unhindered Yozgat” project experience is transferred. This study aims disabled arrangements to be performed and universalized accessibility in urban spaces, to create a special awareness for and architectural students inform the public universal design/design for all concepts and to local governments contribute the project. In this context of the project formed the group member with disabilities in urban spaces they encounter difficulties and these difficulties elimination to be done to design regulatory information given, Yozgat the most important pedestrian and vehicle transport axle with High Street carried out a field study with the urban spaces disabled suitability has been questioned and the removal of barriers as for the projects were produced.

Keywords: Disabled design for all, accessibility, urban space, accessible Yozgat Youth Project.

1. Giriş

Özürlülük, sakatlık ve engellilik kavramları çeşitli kurumlar tarafından farklı biçimde tanımlanmakla birlikte çoğunlukla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) iç veya dış organların zarara uğraması nedeniyle ruhsal, psikolojik veya fiziki yönden fonksiyonel engellerin ortaya çıkmasını özürlülük ve bir aktiviteyi normal kabul edilen sınırlar içinde gerçekleştirilmede kısıtlılık veya yetersizliği ise engellilik olarak ifade etmektedir (Murat 2009, Dikmen 2011). Birleşmiş Milletler (BM) Sakat Hakları Bildirgesi bireyin öz başına yapması gereken işleri herhangi bir noksanlık sonucu yapamamasını sakatlık; herhangi bir bozukluğa bağlı olarak bireyin normal kabul edilen işlev ve davranışlarında geçici veya kalıcı kaybını özürlülük ve doğuştan veya sonradan oluşan sebeplerle kişinin normal kabul edilen sosyal rolünün engellendiği olumsuz durumları ise engellilik olarak tanımlamaktadır (<http://www.sosyalhizmetuzmani.org/engeliyasasi.htm>). Bir başka tanım da bireyin yaşamı boyunca yaş, cinsiyet, sosyal ve kültürel faktörlere bağlı olarak toplumda üstlenmesi gereken rolleri doğuştan ya da sonradan oluşan sebeplerle yerine getirememesini engellilik/özürlülük olarak ifade etmektedir (Özgür 2004; Öncül 1989). Bu çalışmada daha geniş bir yelpazeyi kapsaması nedeniyle yetersizlik, sakatlık, özürlülük veya engellilik kavramları arasından engellilik kavramının kullanılması tercih edilmiştir.

Dünya engelli nüfusunun yaklaşık %80'inin düşük gelirli ülkelerde yaşadığı ve bu nüfusun temel hizmetlere erişebilirlikte sorunlarla karşılaştıkları bilinmektedir (Dünya Engelliler Vakfı Engelsiz Şehir Planlaması Bilgilendirme Raporu, 2010; Kesik ve ark. 2013). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verileri dünya nüfusunun yaklaşık %25'inin doğrudan veya dolaylı olarak doğuştan veya süregelen hastalıklar sonucu oluşan çeşitli engellerle karşılaştıklarını göstermektedir. WHO verilerine göre ülkeden ülkeye değişkenlik göstermekle birlikte, dünya toplum nüfusunun yaklaşık %10-15'ini engellilerin oluşturduğu, bu oranın az gelişmiş ülkelerde %20'lere kadar ulaştığı ve dünyada yaklaşık 650 milyon engellinin bulunduğu ifade edilmektedir. (Dünya Engelliler Vakfı Engelsiz Şehir Planlaması Bilgilendirme Raporu 2010; Dikmen 2011). Gelişmiş ülkelerde engelli nüfus %7-8 oranında iken, Türkiye'de engelli ve süregelen hastalığa sahip bireylere ilişkin nüfus verileri hakkında yeterli ve sağlıklı bilgi bulunmamasıyla birlikte engelli nüfusun toplam nüfus içindeki oranı %12,29 olarak kabul edilmektedir (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı & DİE Türkiye Özürlüler Araştırması 2002). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ise Türkiye'de engelli nüfusun yaklaşık 8,4 milyonu bulunduğu görülmektedir (TÜİK Özürlü İstatistik Sonuçları 2002).

Doğuştan veya sonradan çeşitli sebeplerle bedensel, zihinsel, ruhsal, duyuşsal ve sosyal yetilerin çeşitli derecelerde kaybı, bir başka deyişle engellilik hali; bireylerin çalışma kapasitelerini ve yaşamsal fonksiyonlarını engellemekte, yaşamsal aktivitelerini kısmi veya tam olarak kısıtlamakta ve en önemlisi sosyal yaşamlarını sürdürmelerini zorlaştırmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre engellilerin %62,4'ü kentlerde ikamet etmektedir. Engelli nüfusun okur-yazarlık oranı %12,94'dür ve sadece %21,71 oranında engelli iş gücüne katılabilmektedir (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı & DİE Türkiye Özürlüler Araştırması 2002). Bu bağlamda dünya nüfusunun ve toplumların yadsınamayacak kadar önemli bir yüzdesini oluşturan engellilik yoksulluğun hem nedeni hem de sonucuna olduğu görülmekte ve engellilerin toplum ve kent yaşamına katılımının sağlanması da toplumların çağdaşlık düzeyinin göstergesi olarak kabul görmektedir. Ülkemizde engellilerin eğitim, sağlık, çalışma, eğlenme, dinlenme ve spor gibi yasa ile kendilerine tanınmış temel hakları gerçekleştirmelerine olanak tanıyacak mimari düzenlemelerin yetersizliği, engelli nüfusun büyük oranda eğitimsiz ve dolayısıyla üretim ve işgücüne katılımının düşük olmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar engellilere yönelik yasal çerçevenin oluşturulması, engellilerin de toplumu oluşturan diğer bireyler gibi rahat, zahmetsiz ve sorunsuz eylemlerini gerçekleştirebilmesi, üretime ve iş gücüne katılabilmesi kısaca kent yaşamına katılabilmesi durumunda sosyal yaşama daha kolay adapte olduklarını, yoksulluk ve yetersizlik duygusuna kapılmadıklarını göstermektedir (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı “Toplum Özürlülüğü Nasıl Algılıyor” Raporu 2013). İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi her insanın özgür, onur ve haklar bakımından eşit doğduğunu ve herhangi bir ayırım gözetilmeksizin bildirdiği ileri sürülen tüm hak ve özgürlüklere sahip olduğunu ifade etmektedir (Aközer 2007). Türkiye Cumhuriyeti Anayasası başta olmak üzere pek çok yasa ve yönetmelikle engellilerin eğitim, sağlık, çalışma, eğlenme, dinlenme ve spor gibi temel haklardan yararlanabilmeleri ve kent yaşamına katılabilmeleri için çeşitli yasa ve yönetmelikler çıkartılmış, mevcut yasalara engellilere yönelik hükümler eklenmiş ve konuya ilişkin politikaları belirlemek üzere çeşitli kurumlar oluşturulmuştur. Engellilere bakış açısının değiştirilmesini ve engellilerin yaşadıkları konuttan çıkarak kent ve toplum yaşamına katılabilmesini, kentsel alanlara ve yapılara rahat, sorunsuz erişebilmesini amaçlayan pek çok çalışma yerel yönetimlerin ve hükümetlerin politikaları arasında yer almıştır (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı “Toplum Özürlülüğü Nasıl Algılıyor” Raporu 2013; Başbakanlık Yerel Yönetimler İçin Temel Bilgiler Teknik El Kitabı 2010). Ancak engellilerin kentsel mekanları kullanımına yönelik olarak yapılan çalışmalar yasa düzeyinde veya büyük kentlerdeki az sayıda uygulama ile sınırlı kalmış, yaygınlaştırılmamış, kentsel mekânlarda ve yapılarda

engellilere yönelik düzenlemeler istenilen düzeye ulaşamamıştır (Dikmen 2011). Bu durum engellilerin kent yaşamına katılmalarını güçleştirmekte veya engellemektedir. Engellilerin yaşamın her alanında karşılaştıkları sorunları çözümlenerek toplumsal yaşama aktif olarak katılmalarının sağlanması ve desteklenmesi sosyal-hukuk devlet anlayışının bir gereğidir. Türkiye’de yapılarda ve kentsel mekânlarda engelliler için gerekli düzenlemelerin olmaması nedeniyle engellilerin %90,1’i günlük yaşamda kamuya açık mekânlarda, yapılarda ve toplu taşıma hizmetlerine erişimde zorlandıklarını ve kendilerine yönelik düzenlemelerin bulunmaması durumunda kendilerini dışlanmış, toplumdaki soyutlanmış ve daha çok engellenmiş hissettiklerini ifade etmektedir (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı “Toplum Özürlülüğü Nasıl Algılıyor” Raporu 2013).

Savaşlar, beslenme ve yaşam biçimi, artan trafik kazaları ve ortaya çıkan hastalıklar dünyada engelli nüfusun artmasına yol açarken, 20. yüzyıl başlarından günümüze tıp biliminin ve tıbbi teknolojinin gelişmesi de ortalama insan ömrünün uzamasına neden olmuştur. Ayrıca insan hakları alanında yaşanan gelişmeler bu hakların engelli, çocuklar, yaşlılar ve engelliler gibi dezavantajlı grupları da kapsayacak şekilde genişlemesine yardımcı olmuştur. 1950’li yıllarda başlayan engelsiz hareket yapıları ve kentsel mekânların tüm kullanıcı gruplara yanıt verecek biçimde tasarlanmasının gerekliliğini vurgulayan herkes için tasarım/evrensel tasarım/kapsayıcı tasarım kavramlarını ön plana çıkartmıştır (Joines and Valenziano 1998). Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü dezavantajlı grupların gereksinimlerinin karşılanamaması nedeniyle, dezavantajlılığı ayrımcılık, farklılaştırma ve fırsat eşitsizliği olarak tanımlamaktadır. Bu nedenle engelliler, yaşlılar, hamileler, bebek arabalıları, sol/sağ elini kullananlar, çocuklar ve antropometrik ölçüleri normalden farklı kişiler gibi tüm dezavantajlı grupları dikkate almayan bir tasarım yaklaşımının bu tür kullanıcıları ötekileştireceği düşünülmektedir (Gümüş 2009). Son yıllarda Avrupa Kentsel Şartı ile tanımlanan sağlıklı, yaşanılabilir, erişilebilir kent ölçütleri ile engellilere yönelik fiziki düzenlemeler (Dikmen 2011) yerel yönetimler tarafından da tartışılmaktadır. Kent hakkı bağlamında ve etik düzlemde tartışılan planlama ilkeleri çocuklar yaşlılar, kadınlar ve engelliler gibi daha savunmasız kesimlerin kentlerde karşılaştıkları zorlukları gündeme taşımakta ve kentte yaşayan tüm kullanıcıları içeren bir planlama modeli arayışı sürmektedir (7. Türkiye Şehircilik Kongresi 2011). Ayrıca herkes için tasarım kavramının tasarım içeren tüm disiplinlerin eğitim müfredatında zorunlu ders olarak yer alması da tüm tasarım disiplinleri ve eğitim kurumları tarafından benimsenmiş ve ortak bir karar olarak kabul edilmiştir (Herkes İçin Tasarım Müfredatı Geliştirme Çalıştayı 2011).

Kentsel mekânların engelli kullanıcılar için gereksinim duyulan düzenlemelerden yoksun olması kadar, standartlara uygun olarak tasarlanmamış ve/veya niteliksiz uygulanmış olması da engellilerin kentsel mekânı kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bu çalışma öncelikle Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri tarafından oluşturulan Bozok Mimarlık Genç Tasarım Grubu’nun Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri desteği ile 2012 yılında gerçekleştirdiği “Engelsiz Yozgat” proje deneyimini aktarmakta ve bu deneyim sonrasında Yozgat Belediyesi tarafından çalışma alanında ve kent genelinde gerçekleştirilen engellilere yönelik uygulamaları değerlendirmektedir. Çalışmanın amacı kentsel mekânlarda engellilerin erişilebilirliklerinin sağlanması için yapılması gereken mimari düzenlemeleri tartışmak, erişilebilirliği yaygınlaştırmak,

kentli ve mimarlık öğrencileri özelinde farkındalık yaratmak, engellilerin yaşam konforunu arttırmak, herkes için tasarım/evrensel tasarım/kapsayıcı tasarım kavramları ile kamuoyunu bilgilendirmek ve hazırlanan projeler ile yerel yönetimlere katkı sağlamaktır. Çalışma kapsamında “Engelsiz Yozgat” proje deneyimi ve bu deneyim sonrasında, Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen uygulamalar değerlendirilmiş, uygulamaların engellilere uygunluğu tartışılmış ve kentsel mekânlarda engellilere yönelik uygulamalar için öneriler sunulmuştur.

2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmanın ilk etabı Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri tarafından oluşturulan Bozok Mimarlık Genç Tasarım Grubu’nun 2012 yılında Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri desteği ile gerçekleştirdiği “Engelsiz Yozgat” projesidir. Yerel yönetimlerin kentsel alanları engellilerin ve bazı grupların kullanımına uygun hale getirecek ve erişilebilirliği arttıracak düzenlemeler yapması yasa ile zorunlu kılınmıştır. Projenin gerçekleştirildiği 2012 yılında Yozgat Belediyesi tarafından engelliler için yapılması gerekli düzenlemelere kısmen başlanmışsa da, çalışma alanında nitelikli ve yeterli bir uygulama gerçekleştirilememiştir. Ancak Engelsiz Yozgat projesinin farkındalık yaratarak yerel yönetimlerin yasa ile yapmaları gereken uygulamaları hızlandırdığı söylenebilir. Çalışma alanında Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen engellilere yönelik uygulamalar 2014-2015 yıllarında tamamlanmışsa da engellilere yönelik uygulamaların kent ölçeğinde homojen olarak yaygınlaştığını söylemek henüz mümkün değildir. Çalışmanın ilk etabında Genç Tasarım Grubu tarafından gerçekleştirilen Engelsiz Yozgat projesi aktarılmış, ikinci etabında ise Yozgat Belediyesi tarafından 2014-2015 yılları arasında çalışma alanında ve kent genelinde engellilere yönelik olarak gerçekleştirilen düzenlemeler değerlendirilmiştir (Şekil 1).

2.1. Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri Desteği ile Gerçekleştirilen “Engelsiz Yozgat” Projesi

Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri Desteği ile gerçekleştirilen “Engelsiz Yozgat” projesi

- Proje ekibinin oluşturulması-Genç Tasarım grubu elemanlarının seçimi,
- Genç Tasarım grubu elemanlarının engellileri anlamalarına yönelik çalışmalar empati ve kaynaşma,
- Genç Tasarım Grubu elemanlarına eğitim verilmesi,
- Alan çalışması,
- Öneri projelerin üretilmesi
- Genç Tasarım Grubu elemanlarının yerel yönetim (Yozgat Belediyesi) tarafından gerçekleştirilen duyumsanabilir yüzey çalışmasına katılımı ve
- Proje çıktılarının seminer, afiş, fotoğraf ve proje sergisi aracılığıyla duyurulması, öğrenciler, halk, yerel yönetimler ve engelli derneklerinin bilgilendirilmesi aşamalarını içermektedir.

2.1.1. Proje Ekibinin Oluşturulması-Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Seçimi

Avrupa Birliği Gençlik Programları Eylem 1.2 Gençlik Girişimleri Desteği ile “Engelsiz Yozgat” projesi 01.05.2012-01.08.2012 tarihleri arasında Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde gerçekleştirilmiştir. Gençlik faaliyetlerine yönelik destek sistemlerinin kalitesini ve gençlik alanındaki sivil toplum kuruluşlarının kapasitesini artırmaya yönelik proje, gençlerin yaratıcılığını ve girişimciliğini arttırmak ve topluma katılımlarını sağlamanın yanı sıra, dezavantajlı gruplar arasında sayılabilecek engelli bireylerin kentsel alanlarda karşılaştıkları güçlükleri tespit etmek, farkındalık yaratmak ve çözüm önerileri üretmeyi de amaçlamaktadır. İlk aşamada projeyi gerçekleştirmek amacıyla 2012 yılında projede gönüllü olarak yer almak isteyen Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü ikinci ve üçüncü sınıf öğrencileri arasından seçim yapılmış ve 4 kız, 5 erkek öğrenci ve projenin yürütücüsü Zuhal ÖZÇETİN

liderliğinde Genç Tasarım Grubu oluşturulmuştur. Çalışmaya Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğretim üyesi ve öğretim elemanlarından Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN, Öğr. Gör. Mehmet EMİNEL ve Öğr. Gör. Ferruh TORUK ve Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Hülagü KAPLAN ve Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN eğitim desteği vermişlerdir. Projenin finansmanı AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı tarafından sağlanmış, ayrıca Mimarlar Odası Ankara Şubesi Yozgat İl Temsilciliği’nden de ek destek alınmıştır. Proje çalışmalarından yerel yönetimi ve Rektörlük makamını bilgilendirmek amacıyla Genç Tasarım Grubu elemanları ile Yozgat Belediyesi ve Bozok Üniversitesi Rektörlük makamları ziyaret edilerek Yozgat kentinin en önemli yaya ve taşıt ulaşım aksı olan ve çalışma alanı olarak seçilen Lise Caddesi’nde yapılacak çalışmalar ile Engelsiz Yozgat projesi hakkında bilgi verilmiştir (Fotoğraf 1).



Fotoğraf 1. Engelsiz Yozgat Projesi Kapsamında Yapılan Ziyaretler (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)

2.1.2. Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Engellileri Anlamalarına Yönelik Çalışmalar-Empati ve Kaynaşma

Engelsiz Yozgat projesi kapsamında Bozok Mimarlık Genç Tasarım Grubu elemanlarının engellilerle kaynaşmalarına ve engellilerin kentsel mekana erişimde karşılaştıkları sorunları anlamalarına yönelik empati çalışmaları yapılmış ve engellilerle birlikte çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmiştir. İlk etapta grup elemanlarının engellileri daha yakından tanıyabilmeleri ve kentsel mekânda karşılaşılan sorunlar ile yüzleşmeleri amacıyla grup elemanlarının görmesi, yürümesi ve işitmesi engellenmiş ve beyaz baston, koltuk değneği, tekerlekli sandalye gibi aparatlar kullanarak çalışma alanında engelli bir vatandaş gibi dolaşmaları, ulaşım, alışveriş, sosyal faaliyet, eğitim, sağlık ve rekreasyon gibi günlük aktiviteleri yerine getirmeleri, bu süreçte karşılaştıkları engelleri belirlemeleri ve engellilerle empati kurmaları istenmiştir (Fotoğraf 2). Empati çalışmaları ile grup elemanlarının engelli bir bireyin yapıları ve kentsel mekânlara erişimde yaşadıkları güçlükleri deneyimlemeleri ve bu bilgileri birbirleriyle paylaşmaları sağlanmıştır. Empati uygulamalarından

yerel basın aracılığıyla engelli dernekleri ve kentli haberdar edilmiş, engellilerin kentsel mekânda karşılaştıkları sorunlara ilişkin farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır (Fotoğraf 3). İkinci etapta engellileri ve sorunlarını anlamaya yönelik olarak grup elemanları ile Yozgat Rehabilitasyon Merkezi’nde kalan engelliler ziyaret edilmiş, engellilerle birlikte Yozgat Kent Park’ta bir piknik gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 4). Bu deneyim ile engellilerin ulaşım ve erişimde karşılaştıkları güçlüklerle ilişkin olarak engellilerle sohbet edilmiş, karşılaşılan sorunların tespitine çalışılmıştır.

2.1.3. Genç Tasarım Grubu Elemanlarına Eğitim Verilmesi

Genç Tasarım Grubu elemanlarına engellilerin kentsel mekânda karşılaştıkları güçlüklerin ortadan kaldırılması için yapılması gereken mimari düzenlemelere ilişkin eğitimler verilmiş, grup elemanlarının bu amaçla gerçekleştirilen olumlu ve olumsuz örnekleri incelemesi istenmiştir. Eğitimler projeye destek veren eğitimciler tarafından çalışma alanı olarak seçilen alanda yerinde, Yozgat kenti ve Bozok Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde ve Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık

Fakültelerinde ve kapalı-açık mekânlarda yapılan engellilere yönelik uygulamaların değerlendirmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 5, 6).



Fotoğraf 2. Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Empati Uygulamaları (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 3. Engelsiz Yozgat Projesinin Yerel Basında Yer Alması (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 4. Yozgat Rehabilitasyon Merkezi'nde Kalan Engelliler İle Yapılan Piknik (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 5. Çalışma Alanında ve Bozok Üniversitesi Mimarlık Bölümü 'nde Verilen Eğitimler(Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 6. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültelerinde Yapılan Uygulamaların Değerlendirilmesi (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)

2.1.4. Alan çalışması

Yozgat kentinin en önemli ticari aktivitelerinin, eğitim yapılarının bulunduğu ve tüm kullanıcılar tarafından yoğun olarak

kullanılan çalışma alanı kentin en işlek bölgesi konumundadır (Şekil 2). Çalışma alanı içinde kalan Lise Caddesi iki şeritli ve çift yönlü taşıt trafiğine sahip, refüjle bölünmüş bir yoldur. Alanın

batısında Saat Kulesi, yine önemli bir taşıt ve yaya yolu olan Sarraflar Caddesi ve Çapanoğlu Cami yer almaktadır. Çalışma alanının batı ucunda Yozgat Kent Meydanı ve kentlilerin aktif kullandığı bir park; doğu ucunda ise Yozgat otobüs terminali ve kentin tek alışveriş merkezi bulunmaktadır. Alanın ilk yarısında perakende alışverişin, ikinci yarısında ise eğitim ve diğer kamu yapılarının yoğunlaştığı gözlenmektedir. Engelsiz Yozgat projesi kapsamında Bozok Mimarlık Genç Tasarım Grubu elemanları tarafından Yozgat kentinin en önemli yaya ve taşıt ulaşım aksı olan Lise Caddesi üzerinde Saat Kulesi ve Yozgat Terminal'i arasında kalan yaklaşık 800 m. uzunluğunda bir güzergâh ile sınırlandırılmış bir alanda çalışma gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 7).

Grup elemanları öncelikle çalışma alanında engellilerin erişebilirliğine ilişkin sorunların tespit edilmesine çalışmıştır. Alan çalışmasında daha sonra yapılan analizler ile çalışma alanı ve kentsel mekânların engellilere uygunluğu sorgulanmıştır. Alanda yapılan tespit ve analiz çalışmalarında; fonksiyon analizi, yapı ve dükkân girişleri, ulaşım (taşıt ve yaya), ulaşım yoğunluğu,

yapı nizamı ve kat adedi, kentsel mobilya-peyzaj-alt yapı elemanları ile kaldırımlarda kullanılan döşeme malzemeleri ve niteliği analiz edilmiştir.

Çalışma alanında taşıt ve yaya yollarının net olarak ayrılmamış olması, kaldırım genişliklerinin ve yüksekliklerinin değişkenliği, kaldırım yüzeyinde telefon kutusu, baba, aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların düzensiz bir şekilde yerleştirilmiş olması, kaldırım genişliklerinin tekerlekli sandalye kullanımına uygun olmaması, kaldırımlarda ve yaya yollarında standartlara uygun düzenlenmiş rampaların olmaması, kaldırımların ticari amaçlı ürünler ile işgal edilmesi en önemli sorunları oluşturmaktadır. Bundan başka kaldırım döşeme yüzeyinin düzgün olmaması, döşeme kaplamalarının niteliksiz, bakımsız ve işçiliğin özensiz olması, kullanılan malzemelerin çeşitliliği ve bütünsel olarak ele alınmamış olması, engellilere yönelik duymasanabilir yüzeylerin bulunmaması, kullanılan kaplamaların kaygan olması, kaldırıma park etmiş taşıtların bulunması ve alanda gerçekleştirilen altyapı çalışmaları için uyarı levhalarının olmaması diğer sorunlar arasında sayılabilir.



Şekil 2. Çalışma alanı (www.google.com/earth)



Fotoğraf 7. Alan Çalışması (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)

Alan genelinde ticaret, eğitim, konut, resmi, hizmet, din ve kültür fonksiyonlarının olması nedeniyle otopark alanına oldukça fazla gereksinim duyulmaktadır. Otopark Yönetmeliği'nin 2. Maddesi'nin (g) ve (ı) bentleri ile geçici 7. Maddesi umumi bina ve bölge otoparkları ile genel otoparkların giriş-çıkış ve asansörlerine en yakın yerlerinde birden az olmamak şartıyla, her 20 park yerinden birinin özürülü işareti konularak özürülüler için ayrılmasını zorunlu kılmaktadır (Otopark Yönetmeliği, Başbakanlık Yerel Yönetimler İçin Temel Bilgiler Teknik El Kitabı 2010).). Ancak alanda yeterli sayıda otopark bulunmadığı gibi engelli otopark sayısı da (2 adet) oldukça azdır. Ticari aktiviteler için servis alanı bulunmaması nedeniyle iki şeritli olan taşıt yolunun ve yetersiz, düzensiz genişlikteki kaldırımların kimi zaman servis amaçlı kullanıldığı, bu durumun yaya ve taşıt ulaşımını aksattığı söylenebilir.

Alan sabah, öğle ve akşam saatlerinde yetişkinler ile eğitim yapılarını kullanan öğrencilerin yoğun kullanımındadır. Yetişkinler genellikle kent meydanında, öğrenciler ise eğitim kurumları önünde yoğunlaşmaktadır. Toplu taşıma araçlarının depolama alanı ve duraklarının çalışma alanının batısında kalan kent meydanında olması, Lise Caddesi boyunca herhangi bir toplu taşıma hattının ve durağının bulunmaması dikkat çekicidir. Çalışma alanının doğusunda ve kent merkezinden görece olarak uzakta olan Yozgat Rehabilitasyon Merkezi'nde ve Huzurevi'nde kalan ve kentin farklı bölgelerinde yaşayan/çalışan engelliler için servis olanağı da bulunmamaktadır.

Alanda bitişik nizam yapılaşmanın hakim olduğu görülmektedir. Bu durum tüm yapıların Lise Caddesi boyunca

giriş almasını zorunlu kılmakta ve yaya ulaşımını olumsuz etkilemektedir. Yapı nizamında düzgün bir cephe hattının olmaması nedeniyle kimi zaman yapıların kendisinin de yaya ve engelli için engel oluşturduğu gözlenmiştir. Ayrıca alanda 5 ve üzeri kat adedine sahip yapıların yoğunlukta olması kullanıcı sayısının ve yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bitişik nizam yapılaşma, kat adedinin fazla olması nedeniyle ortaya çıkan yoğunluk, kaldırım genişliklerinin eşdeğer ve yeterli genişlikte olmaması yaya erişimini daha fazla güçleştirmektedir. Alanda yer alan yapıların hiçbirinde engellilerin kullanacağı rampa, wc ve asansör gibi kullanımların bulunmadığı tespit edilmiştir. Alan çalışması sırasında engelli kullanıcıya rastlanmamıştır. Ancak bunun alanın engellilere uygun olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.










Genç Tasarım Grubu elemanları tarafından gerçekleştirilen analizler Tablo 1'de ve grup elemanlarının empati çalışması, ziyaret, piknik ve alan çalışmasında yapılan analizler sonrasında tespit ettiği sorunlar ise Tablo 2'de sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanında engellilerin erişebilirliğine ilişkin sorunlar tespit edilerek, yapılan analizler ile çalışma alanı ve kentsel mekânların engellilere uygunluğu sorgulanmış, engellerin kaldırılmasına yönelik olarak öneri projeler üretilmiştir. Grup elemanları Engelsiz Yozgat projesinin de katkılarıyla çalışma alanında Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen duyumlanabilir yüzey çalışmalarına destek vermiştir (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8. Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen Duyumsanabilir Yüzey Çalışmasına Katılımı (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)

Tablo 1. Alanda Yapılan Analiz Çalışmaları

Çalışma Alanı - Sınırları - Analiz	
Fonksiyon - Analiz	
Yapı Nüvanu ve Kat Adetleri - Analiz	
Ölçülendirme - Analiz	
Peyzaj Analiz	
Taahhüt Ulaşım - Analiz	
Yaya Ulaşım - Analiz	
Yapı Niteliği - Analiz	
Yeşillik - Analiz	

Tablo 2. Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Empati Çalışması Sonucunda Tespit Ettiği Sorunlar

Empati ve Analiz Çalışması Sonucunda Tespit Edilen Sorunlar		
Fonksiyon Analizi Yapı ve dükkân girişleri	Yapılar	<ul style="list-style-type: none"> Yapı girişlerinde ve yapıda engellilerin kullanacağı rampa, wc ve asansörler gibi düzenlemelerin olmaması, Alan genelinde yapıların zemin katının ticaret fonksiyonuna ayrılmış olması ve yapı önlerinin dükkânlar tarafından satış ve teşhir amacıyla işgal edilmesi, Alan genelinde yapıların kullanımına ait otopark ve engelli otoparkının yetersizliği, Alan genelinde engellilere yönelik düzenleme olmaması nedeni ile olmalı ki engelli kullanıcı bulunmaması
Yapı nizamı ve kat adedi		<ul style="list-style-type: none"> Yapı nizamında düzgün bir yapı hattının bulunmaması Yapıların kendisinin yaya ve engelli için engel oluşturması Alan genelinde var olan ticaret faaliyetlerin yer alması Yapı kat adetlerinin yüksek olmasının getirdiği yoğunluk
Kentsel mobilyasyon	Kaldırımlar	<ul style="list-style-type: none"> Alan genelinde telefon kutusu, baba, aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların yetersizliği, Görme engelli bireyler için Braille alfabesine uygun olarak hazırlanmış bilgi panolarının bulunmaması
Ulaşım (taşıt ve yaya)		<ul style="list-style-type: none"> Taşıt ve yaya yollarının net olarak ayrılmamış olması, Kaldırım genişliklerinin ve yüksekliklerinin değişkenliği, Kaldırım yüzeyinde telefon kutusu, baba, çiçeklik, oturma elemanı, çöp kutusu ve aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların düzensiz bir şekilde yerleştirilmiş olması, Kaldırım genişliklerinin tekerlekli sandalye kullanımına uygun olmaması, Kaldırımlarda ve yaya yollarında standartlara uygun düzenlenmiş rampaların olmaması, Kaldırımların ticari amaçlı ürünler ile işgal edilmesi, Kaldırım döşeme yüzeyinin düzgün olmaması, Kaldırım döşemesinde duyumsanabilir yüzeylerin bulunmaması, Kaldırım döşeme yüzeyinin bozukluğu nedeniyle su birikintilerinin olması, Kaldırım döşemesinde kullanılan malzemelerin kırık olması, Kaldırım döşemesinde kullanılan malzemelerin kaygan olması, Kaldırımı park etmiş taşıtlar, Kaldırımlarda gerçekleştirilen altyapı çalışmaları için uyarı levhalarının olmaması
	Rampalar	<ul style="list-style-type: none"> Dükkânların servis amaçlı kullandıkları rampaların kaldırımı daraltması ve geçişi zorlaması/engellemesi Rampaların standartlara uygun eğimde olmaması, Rampaların yelpaze eğim yerine tek eğimli verilmesi.
	Otoparklar	<ul style="list-style-type: none"> Engellilere yönelik otoparkların yeterli sayıda olmaması, Engelli otoparklarının konumunun uygun olmaması
	Ulaşım olanakları	<ul style="list-style-type: none"> Engellilere uygun toplu taşıma taşıtlarının olmaması, Lise Caddesi boyunca toplu taşıma hattı ve duraklarının bulunmaması, Çalışma alanında engellilere yönelik servis olanaklarının olmaması
Ulaşım Yoğunluğu (taşıt ve yaya)	Trafik yoğunluğu, kullanıcı yoğunluğu ve servis olanakları	<ul style="list-style-type: none"> Günün belirli saatlerinde yoğun kullanım nedeniyle iki şerit taşıt yolunun sıkışması ve yaya yoğunluğunun artması, Kaldırım genişliklerinin değişkenliği nedeniyle özellikle eğitim kurumlarının önünde öğrenci yoğunluğunun yaya ulaşımını engellemesi, Lise Caddesi boyunca var olan, servis ve park amaçlı taşıt ceplerinin taşıt ulaşımını aksatması.

2.1.5. Öneri projelerin üretilmesi

Genç Tasarım Grubu elemanlarının çalışma alanında engellilere yönelik olarak tespit ettikleri sorunların çözümünü amaçlayarak hazırladıkları öneri projeler Engelsiz Yozgat projesine eğitmen olarak destek veren Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN, Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Hülagü KAPLAN, Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN tarafından kritik edilerek en uygun final projelerinin üretilmesine çalışılmıştır.

2.1.6. Proje çıktıları

Yeterli olgunluğa erişen final projelerini duyurmak, Bozok Üniversitesi öğrencilerini ve halkı bilgilendirmek amacıyla Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Konferans Salonu'nda Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN, Araş. Gör. Zuhâl ÖZÇETİN, Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Hülagü KAPLAN, Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN'in katılımları ve Mimarlar Odası Yozgat Temsilciliği'nin destekleri ile bir seminer verilmiş, yapılan çalışmaları belgelemeye yönelik hazırlanan kitapçığın katılımcılara, engelli derneklerine ve Yozgat Belediyesi elemanlarına ulaşması sağlanmıştır (Fotoğraf 9). Genç Tasarım Grubu öğrencileri tarafından hazırlanan farkındalık yaratacak afişler (Fotoğraf 10), fotoğraflar (Fotoğraf 11) ve yerel

yönetimlerin bilgilendirilmesi amacıyla hazırlanan projeler ve çalışma alanının maketi sergilenmiştir (Fotoğraf 12).



Fotoğraf 9. Engelsiz Yozgat Temalı Seminer (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 10. Genç Tasarım Grubu Elemanları Tarafından Hazırlanan Afişler (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 11. Engelsiz Yozgat Temalı Fotoğraf Sergisi (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)



Fotoğraf 12. Genç Tasarım Grubu Elemanları Tarafından Hazırlanan Projelerin ve Çalışma Alan Maketinin Sergilenmesi (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2012)

Proje çıktılarının aktarılması, proje sonuçlarının Yozgat kenti ile sınırlı kalmaması amacıyla projenin sonunda basılmış CD ve yazılı dokümanlar tüm mimarlık bölümlerine, STK'lara, ilgili kurum ve kuruluşlara gönderilmiştir.

2.2. Yozgat Belediyesi'nin Çalışma Alanında Gerçekleştirdiği Engellilere Yönelik Düzenlemelerin Değerlendirilmesi

Demokrasi ve insan haklarını güçlendirmek amacıyla içlerinde Türkiye'nin de bulunduğu 47 Avrupa ülkesinin katılımıyla 1949 yılında kurulmuş bir platform olan Avrupa Konseyi'nin (Council of Europe) Yerel ve Bölgesel Yönetimler Kongresi tarafından hazırlanan Avrupa Kentsel Şartı Bildirgesi kentli hakları ile ilgili en geniş bildirgedir. Bildirge ile kentli haklarının korunduğu, yaşam koşullarının iyileştirildiği, kullanıcılardan alınan dönüşümlerle birçok sektör ve aktiviteyi bir arada uyum içinde barındıran yaşam yeri olarak tanımlanan ideal kentin (Palabıyık 2004) 20 başlık altında toplanan Avrupa Kentli Hakları'na ve 13 başlık altında toplamış olan Şart İlkeleri'ne sahip olması gerektiği ifade edilmektedir. Avrupa Kentli Hakları ve Şart İlkeleri'nin her maddesi toplumun her kesiminden bireyleri ve dolayısıyla engellileri de kapsamaktadır. Avrupa Kentli Hakları engellilerin güvenli bir kent, sağlıklı, kaliteli bir mimari ve

fiziksel çevrede yaşamalarından başlayarak çalışma, dolaşım, sağlık, spor ve dinlenme, kültür gibi temel haklardan yararlanmalarını ve bu işlevlerin birbirleriyle ilişkili olarak çözümlenmesini hedeflemektedir. Avrupa Kentsel Şartı İlkeleri ise kentlerin tanımlanan niteliklere sahip olabilmesi ve kentlerimizde göz ardı edilen engelli, yaşlı ve çocuk kullanıcılar gibi dezavantajlı grupların kentsel alan ve yapıları kullanımına yönelik mimari düzenlemelere, bir başka deyişle ideal olarak tanımlanan kent ortamını yaratabilmek için gerekliliklere vurgu yapmaktadır (Dikmen 2011). Bu kapsamda yerel yönetimler cinsiyet, yaş, köken, inanç, sosyal, ekonomik ve politik ayırım gözetmeden bütün bireylere ve engellilere eşit olanaklar sunmak, engellilerin güvenli; hava, gürültü, su ve toprak kirliliği olmayan, doğası ve doğal kaynakları korunan bir çevrede yaşamaları; iş olanaklarından yararlanabilmeleri; toplu taşıma araçları veya kendilerine uygun tasarlanmış taşıtlar ile erişebilirliklerinin artırılması konularında yükümlü görülmektedir (Palabıyık 2004).

Türkiye'de kentsel alanların ve yapıların engellilere yönelik düzenlemeler içermesi amacıyla hazırlanan 5378 Sayılı Engelliler Hakkında Kanun 2005 yılında yasalaşmış, 2012 yılı Temmuz ayı sonuna kadar resmi yapılar ile yol, kaldırım, yaya geçidi, yeşil alanlar ve spor alanları gibi sosyal ve kültürel amaçla kullanılan kentsel alanların engellilere uygun hale getirilmesi zorunlu tutulmuştur

(<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5378.pdf>). Yerel yönetimlerin engellilere yönelik düzenlemeleri gerçekleştirilmesi için tanınan sürede ülke genelinde yeterli ve nitelikli düzenlemelerin yapılamamıştır. Bu nedenle engellilere yönelik düzenlemeler için yerel yönetimlere tanınan süre 3 yıl uzatılarak 2015 yılı Temmuz ayı sonuna ötelenmiştir. Yozgat kentinde Genç Tasarım Grubu tarafından yürütülen Engelsiz Yozgat projesi kapsamında farkındalık yaratılmış ve çalışma alanında Yozgat Belediyesi'nce duyumsanabilir yüzey çalışmaları başlatılmışsa da (Fotoğraf 8) uygulamalar kent genelinde yaygınlaştırılmamış, alanda engelliler için düzenlemeler ancak yasada tanınan süre içinde, 2014-2015 yılları arasında gerçekleştirilebilmiştir.

Çalışmanın bu etabında Yozgat Belediyesi'nin çalışma alanında gerçekleştirdiği engellilere yönelik düzenlemeler, çalışmanın ilk etabında Genç Tasarım Grubu tarafından tespit edilen sorunlar çerçevesinde değerlendirilmiş, uygulamaların olumlu ve olumsuz yönleri tartışılmış, eksik ve hatalı uygulamalar için öneriler sunulmuştur. Değerlendirmede yapılara ilişkin olarak tespit edilen yapının kendisinin yaya ve engelli için engel

oluşturması, yapı girişlerinde ve yapıda engellilerin kullanacağı rampa, wc ve asansörler gibi düzenlemeler ile yeterli engelli otoparkının olmaması, yapı nizamında düzgün bir yapı hattının bulunmaması gibi sorunlar çözümlerinin süreç gerektirmesi nedeniyle bu çalışma kapsamında dikkate alınmamıştır (Tablo 3).

Çalışma alanında gerçekleştirilen düzenlemeler kentsel mobilya-peyzaj-alt yapı elemanları açısından değerlendirildiğinde alan genelinde telefon kutusu, baba, aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların yetersizliğinin kısmen giderildiği, ancak görme engelli bireyler için Braille alfabesine uygun olarak hazırlanmış bilgi panolarının halen bulunmadığı görülmektedir.

Tablo 3. Yozgat Belediyesi Tarafından Gerçekleştirilen Engellilere Yönelik Uygulamaların Genç Tasarım Grubu Elemanlarının Tespit Ettiği Sorunlar Kapsamında Değerlendirilmesi

Tasarım Grubu Elemanlarının Tespit Ettiği Sorunlar Kapsamında Yozgat Belediyesi Tarafından Gerçekleştirilen Engellilere Yönelik Uygulamaların Değerlendirilmesi			Olumlu	Olumlu ancak yetersiz	Olumsuz
Kentsel mobilya-peyzaj-alt yapı elemanları	Kaldırımlar	• Alan genelinde telefon kutusu, baba, aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların yetersizliği,		X	
		• Görme engelli bireyler için Braille alfabesine uygun olarak hazırlanmış bilgi panolarının bulunmaması			X
Ulaşım (taşıt ve yaya)	Kaldırımlar	• Taşıt ve yaya yollarının net olarak ayrılmamış olması,	X		
		• Kaldırım genişliklerinin ve yüksekliklerinin değişkenliği,		X	
		• Kaldırım yüzeyinde telefon kutusu, baba, çiçeklik, oturma elemanı, çöp kutusu ve aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların düzensiz bir şekilde yerleştirilmiş olması,	X		
		• Kaldırım genişliklerinin tekerlekli sandalye kullanımına uygun olmaması,	X		
		• Kaldırımlarda ve yaya yollarında standartlara uygun düzenlenmiş rampaların olmaması,		X	
		• Kaldırımların ticari amaçlı ürünler ile işgal edilmesi,	X		
		• Kaldırım döşeme yüzeyinin düzgün olmaması,		X	
		• Kaldırım döşemesinde duyumsanabilir yüzeylerin bulunmaması,	X		
		• Kaldırım döşeme yüzeyinin bozukluğu nedeniyle su birikintilerinin olması,		X	
		• Kaldırım döşemesinde kullanılan malzemelerin kırık olması,			X
		• Kaldırım döşemesinde kullanılan malzemelerin kaygan olması,			X
		• Kaldırma park etmiş taşıtlar,	X		
		• Kaldırımlarda gerçekleştirilen altyapı çalışmaları için uyarı levhalarının olmaması		X	
		Rampalar	Rampalar	• Dükkânların servis amaçlı kullandıkları rampaların kaldırımı daraltması ve geçişi zorlaması/engellemesi,	X
• Rampaların standartlara uygun eğimde olmaması,	X				
• Rampaların yelpaze eğim yerine tek eğimli verilmesi.	X				
• Engellilere yönelik otoparkların yeterli sayıda olmaması,					X
Otoparklar	Otoparklar	• Engelli otoparklarının konumunun uygun olmaması			X
		• Engellilere uygun toplu taşıma taşıtlarının olmaması,			X
Ulaşım olanakları	Ulaşım olanakları	• Lise Caddesi boyunca toplu taşıma hattı ve duraklarının bulunmaması,			X
		• Çalışma alanında engellilere yönelik servis olanağının olmaması,			X
		• Trafik yoğunluğu, kullanıcı yoğunluğu ve servis olanakları		X	
Ulaşım Yoğunluğu (taşıt ve yaya)	Trafik yoğunluğu, kullanıcı yoğunluğu ve servis olanakları	• Günün belirli saatlerinde yoğun kullanım nedeniyle iki şerit taşıt yolunun sıkışması ve yaya yoğunluğunun artması,		X	
		• Kaldırım genişliklerinin değişkenliği nedeniyle özellikle eğitim kurumlarının önünde öğrenci yoğunluğunun yaya ulaşımını engellemesi,		X	
		• Lise Caddesi boyunca var olan, servis ve park amaçlı taşıt ceplerinin taşıt ulaşımını aksatması.	X		

Kaldırımlarda gerçekleştirilen düzenlemeler taşıt ve yaya ulaşımı açısından değerlendirildiğinde taşıt ve yaya yollarının net olarak ayrılmamış olması, kaldırım yüzeyinde telefon kutusu, baba, çiçeklik, oturma elemanı, çöp kutusu ve aydınlatma elemanı gibi kentsel mobilyaların düzensiz bir şekilde yerleştirilmesi, kaldırım genişliklerinin tekerlekli sandalye kullanımına uygun olmaması, kaldırımların ticari amaçlı ürünler ile işgal edilmesi, kaldırım döşemesinde duyumsanabilir yüzeylerin bulunmaması ve kaldırıma park etmiş taşıtların olması gibi sorunların tümüyle çözümlendiği görülmektedir (Fotoğraf 13). Bu olumlu gelişmelere karşın kaldırım genişliklerinin ve yüksekliklerinin, kaldırım ve yaya yollarında rampaların henüz standartlara tümüyle uygun olduğunu söylemek mümkün değildir. Çalışma alanında kaldırım döşeme yüzeyinde farklı renk ve dokuda malzemeler kullanılarak yönlendiricilik sağlanmıştır. Ancak alan içinde bazı noktalarda kullanılan döşeme malzemesinin çeşitlendirilmesi tasarım bütünlüğünü ve yönlendiriciliği olumsuz

etkilerken, araçların park etmelerini engellemek üzere kullanılan babaların konumu da yaya erişimini güçleştirmektedir (Fotoğraf 14).

Genel anlamda kaldırım döşeme malzemelerinin yenilenecek duyumsanabilir yüzey çalışmaları ile birlikte ele alınmış olması çalışma alanının niteliğini arttırmayı ve engellilere yönelik uyumu sağlamayı amaçladığıysa da, kaldırımların standartlara uymayacak biçimde yüksek ve kaldırım döşeme yüzeyinin halen düzgün olmadığı, bozuk/kırık veya eksik olması nedeniyle ulaşımın güçleştiği ve kaldırımlarda gerçekleştirilen altyapı çalışmaları için uyarı levhalarının da bulunmadığı söylenebilir (Fotoğraf 15). Bundan başka kaldırım yüzeyinde kullanılan döşeme malzemelerinin kaygan olmasının özellikle kış mevsiminde ve yağışlı havalarda ulaşımı güçleştireceği düşünülmektedir.



Fotoğraf 13. Çalışma alanında gerçekleştirilen uygulamalarda kentsel mobilyalar ve peyzaj (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2015)



Fotoğraf 14. Çalışma alanında kaldırım döşeme yüzeyinde malzeme çeşitliliği (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2015)



Fotoğraf 15. Çalışma alanında kaldırım döşeme yüzeyinin bozuk/kırık/düzgün olmaması (Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi, 2015)

Çalışma alanında gerçekleştirilen rampalar değerlendirildiğinde dükkânların servis amaçlı kullandıkları rampaların kaldırımı daraltması ve geçişi zorlaması/engellemesi, rampaların standartlara uygun biçimde yelpaze eğim eğimde olmaması gibi sorunların tümüyle giderildiği görülmektedir (Fotoğraf 14). Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen uygulamalar otoparklar ve ulaşım olanakları açısından değerlendirildiğinde yeterli sayıda ve uygun konumda olmayan engelli otoparklarının sayısal olarak artımla birlikte (4 adet) halen istenilen düzeye ulaşamadığı, engellilere uygun toplu taşıma hattının, toplu taşıma araçlarının, duraklarının ve engellilere yönelik servis olanağının henüz bulunmadığı söylenebilir. Çalışma alanında taşıma ve yaya ulaşım yoğunluğu değerlendirildiğinde uygulama sonrasında Lise Caddesi boyunca var olan ve taşıma ulaşımını aksatan servis ve park amaçlı ceplerin trafiği uygulama öncesi kadar aksatmadığı görülmektedir. Ancak Lise Caddesi'nde günün belirli saatlerinde oldukça yoğun kullanılan caddede iki şerit taşıma yolunun halen sıkışık seyrettiği, kısmen iyileştirilmekle birlikte kaldırım genişliklerinin değişkenliği nedeniyle özellikle eğitim kurumlarının önünde öğrenci yoğunluğunun yaya ulaşımındaki sorunların kısmen giderildiği görülmektedir.

3.Sonuçlar

Günümüzde engellilik konusunda toplumda farkındalık oluşturulmuş, diğer kullanıcılara tanınan temel haklardan engellilerin de yararlanması için yasa ve yönetmelikler oluşturulmuş, bu konuda yapılacak düzenlemelerin koordinasyonunu sağlamak üzere çeşitli kurum ve kuruluşlar

oluşturulmuşsa da engellilerin kentsel alanlar ve yapılardan aktif olarak yararlanması henüz istenilen düzeye getirilememiştir. Engellilere yönelik olarak 2010 yılında ülke genelinde gerçekleştirilen bir araştırma engellilerin büyük çoğunlukla yaşadıkları yerdeki fiziksel çevre düzenlemelerinden hoşnut olmadıklarını göstermektedir. Bu hoşnutsuzluk kentsel alanların ve yapıların engellilerin ulaşım ve dolaşımına uygun olmamasından kaynaklanmaktadır. Araştırmaya göre engellilerin % 66,3'ü yaşadıkları yapının, % 59,5'i alışveriş mekânlarının, % 58,4'ü kamu binalarının ve % 55,4'ü postane, banka gibi genel hizmet yapılarının engellilerin kullanımına uygun olmadığını düşünmektedir Başbakanlık Yerel Yönetimler İçin Temel Bilgiler Teknik El Kitabı (2010). Bu kapsamda uygulama ve denetimlerden sorumlu yerel yönetimlere de önemli görevler düşmektedir.

Çalışma alanında Yozgat Belediyesi tarafından gerçekleştirilen engellilere yönelik çalışmalar bu alanda atılmış olumlu bir adım olarak algılanmalıdır. Bu nedenle uygulamalarda görülen eksikliklerin ve hataların kısa vadede iyileştirileceği, bu makale çalışması ile yapılan değerlendirmelerin dikkate alınacağı düşünülmektedir. Alan genelinde zemin katları ticaret fonksiyonuna sahip olan yapılarda yapı cephesinin yaya erişimini güçleştirecek şekilde satış ve teşhir amacıyla işgal edilmemesi için yaptırımlar uygulanmalıdır. Çalışma alanında yapı kat adetlerinin fazla olmasının getirdiği yoğunluk dikkate alınarak, süreç içerisinde kat artırımının yapılmaması önerilmektedir. Doğal çevrenin fiziksel çevreye dönüşmesi sürecinde etkin rol oynayan aktörlerin başında gelen mimarların; yapılar ve kentsel mekânlarla oluşan fiziksel çevreyi tüm kullanıcı gruplara yanıt verecek biçimde tasarımları ve yaşanabilir, erişilebilir olarak düzenlenmeleri gerekir. Yapılı çevrede erişilebilirlik ile ilgili sorunlar oldukça geniş bir kullanıcı grubunu ilgilendirmekte ve

kullanıcıların hemen hepsi hayatlarının bir döneminde hareket kısıtlılığına maruz kalabilmektedir. Kentlerimizde kentsel mekânlar ve yapılara erişimde sorun yaşayan çocuklar, yaşlılar ve engelliler gibi dezavantajlı gruplar sorunlarla karşılaşmaktadır. Engellilerin kentsel alanlarda bağımsız dolaşımına, yapılara erişimine ve ulaşımına olanak sağlayacak tasarımların gerçekleştirilmesi, engelli birey için yaşamı kolaylaştıran ve yaşam kalitesini arttıran bir gereklilik olduğu kadar, ülkelerin gelişmişlik ve çağdaşlık düzeyinin de bir göstergesidir.

Fiziksel çevrenin biçimlendirilmesi sürecinde gerçekleştirilen yapılar ve yapılarla biçimlenen kentsel mekânların tüm kullanıcı grupların istek ve gereksinimlerine yanıt verecek biçimde tasarlanmasını sağlamakla yükümlü olan mimarlar kentsel mekânlarda engellilerin de rahat dolaşımını sağlayacak biçimde, yaşanabilirlik düzeyinin yükseltilmesi, bu mekânların erişilebilir ve kullanışlı olarak düzenlenmesinden sorumludur. Bu nedenle toplumsal ve fiziksel çevrenin düzenlenmesi, planlama ve tasarım aşamasından itibaren, bütün insanların kullanım ve erişilebilirlik gereksinimlerini karşılayacak biçimde, erişilebilir ve kullanışlı olarak düzenlenmelidir. Tüm insanlar için kent mekânlarına erişilebilirlik, bu anlamda kentsel mekânın engelsiz mekân olarak düzenlenmesini içermektedir.

Engelsiz Yozgat projesine çalışmaya gönüllü destek veren grup elemanlarının ve kentlinin farkındalıklarını arttırmakla beraber, özellikle engelli kişilere yönelik önyargıların kırılmasına,

üniversite öğrencilerin ve kent halkının eğitimine, bilinçlenmesine ve üretilen bilginin engellilerle paylaşımına katkı sağlamıştır. Avrupa kentlerinde var olan engellilere yönelik çalışmaların ülkemizde ve Yozgat kentinde yapıyor olması, Genç Tasarım Grubu üyesi gençlerde Avrupa vatandaşlığı duygusu uyandırarak, kendilerini kentlerimizin geleceği konusunda bir rol sahibi olarak algılamalarına yardımcı olmuştur. Grup elemanları ve daha önce bilgi sahibi olmadıkları engellilik ve erişim konusunda mimar adayları olarak deneyim kazandıklarını, kendilerine ve eğitimlerine çok yarar sağlayacak bilgiler edindiklerini ifade etmişlerdir.

Alan çalışması ile üretilen projeler uygulanmak üzere Yozgat Belediyesi kullanımına sunulmuşsa da, çeşitli nedenlerle uygulanamamıştır. Ancak projenin engellilere yönelik çalışmaları yönelik kamuoyu oluşturduğu, yerel yönetimlerin uygulamalarını hızlandırdığı ve nitelikli bir kentsel mekan oluşturulmasına katkı sağladığı söylenebilir. Projelerin kalitesini artırmak amacıyla yapılan çalışmalar yerel yönetim yetkilileri, akademik personel, sivil toplum kuruluşları, engelli dernekleri ve kentli ile paylaşılmıştır. Engelsiz Yozgat projesi gelecekte yerel yönetimler ve üniversite işbirliğinde yapılacak çalışmalarda gençlerin karar vericiler ile ulusal çapta bir araya gelmesinin önünü açacak örnek bir çalışma olarak görülmelidir.

Kaynaklar

- 5378 Sayılı Engelliler Hakkında Kanun (<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5378.pdf>)
- Aközer, E. 2007. Dosya: Tasarım ve Özgürlük, Özgürleştirilen Tasarım, Ankara, Mimarlar Odası Ankara Şubesi Yayını, s. 7-9
- Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı & Devlet İstatistik Enstitüsü, Türkiye Özürlüler Araştırması, 2002. Turkey Disability Survey, DİE Matbaası, 2. Baskı, 2009. <http://kutuphane.tuik.gov.tr/pdf/0014899.pdf> (Erişim Tarihi: 05.07.2014)
- Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı "Toplum Özürlülüğü Nasıl Algılıyor" Raporu, 2013. (http://egitim.beun.edu.tr/cv/eunlu/wp-content/uploads/sites/60/2013/11/toplum_ozurlulugu_nasil_aniliyor.pdf) (Erişim tarihi: 05.07.2014)
- Başbakanlık Özürlüler İdaresi Yerel Yönetimler İçin Ulaşılabilirlik Temel Bilgiler Teknik El Kitabı (2010). (Edit.) Kaplan, H., Yüksel, Ü., Gültekin, A.B., Güngör, C., Karasu, N. ve Çavuş M. (<http://engelsiz.beun.edu.tr/wp-content/uploads/2013/06/ulasilabilirlik.pdf>) (Erişim Tarihi: 01.09.2015)
- Dikmen, Ç.B. 2011. Avrupa Kentsel Şartı Ulaşım ve Dolaşım İlkeleri Kapsamında Engellilerin Kentsel Alan ve Yapılara Erişilebilirliklerinin Sorgulanması: Yozgat Örneği, e-Journal of New World Sciences Academy 6, (4), s. 838-858 http://www.newwsa.com/download/gecici_makale_dosyaları/NWSA-1763-2-7.pdf
- Dünya Engelliler Vakfı, Engelsiz Şehir Planlaması Bilgilendirme Raporu, 2010. (Haz. Canan Koca), İstanbul

- Dünya Şehircilik Günü, 7. Türkiye Şehircilik Kongresi, 2011, Herkes İçin Kent, Herkes İçin Planlama: Akıllıca, Adaletle, Yeniden, İstanbul
- Gümü, Ç. D., Tasarıma Kapsayıcı Yaklaşım: Herkes İçin Tasarım Tasarımda Önemli Bir Kesim: Özürlüler İngiltere, Japonya ve Türkiye'de Özürlülük ve Erişilebilirlik, 2009. Mimarlık Dergisi, sayı: 347, <http://www.mimarlarodasi.org.tr/mimarlikdergisi/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=361&RecID=2065> (Herkes İçin Tasarım Müfredatı Geliştirme Çalıştayı 2011)
- Joines, S. and Valenziano, S. 1998. The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities The Center for Universal Design, NC State University
- Kesik, O.A., Demirci, A. ve Karaburun, A. (2013). Büyükşehirde Yaşayan Engelli Yayılar İçin Kaldırımların Analiz Edilmesi: Şişli Örneği, Doğu Coğrafya Dergisi, s. 135-154, Erzurum. <http://e-dergi.atauni.edu.tr/ataunidcd/article/viewFile/1021009976/1021007945> (Erişim Tarihi:26.06.2014).
- Türkiye İstatistik Kurumu, Özürlü İstatistik Sonuçları, 2002. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1017 (Erişim tarihi: 22.05.2014)
- Murat, S. 2009. Genel Olarak Özürlülere Yönelik Çalışmalar ve İmsek Örneği, İstanbul, Sosyal Siyaset Konferansları, 56. Kitap, G.Ü. Yayın No. 4806, s. 21-89 <http://www.sosyalhizmetuzmani.org/engeliyasasi.htm>, (Erişim Tarihi: 23.04.2011)
- Palabıyık, H. (2004). Avrupa Konseyi Yerel ve Bölgesel Yönetimler Kongresi Anlaşmaları, Kentli Hakları ve Avrupa Kentsel Şartı, İzmir, Z. Toprak, H. Yavaş, M. Görün (Ed.), Birleşik Yayınları

<http://members.comu.edu.tr/hpalabiyik/makale/f9.pdf>
(Erişim Tarihi: 09.09.2011).
Otopark Yönetmeliği <http://www.eyh.gov.tr/mevzuat/ulusal-mevzuat/yonetmelikler/otopark-yonetmelięi>
(Erişim Tarihi: 21.04.2013)
Öncül, R. 1989. Özel Eğitim Sözlüęü, Karatepe Yayınları, s. 15,
Ankara

Özgür, G. 2004. Engelli Çocuklar ve Eęitimi, Özel Eğitim,
Karahan Kitapevi, s.3, Adana
TÜİK Özürlü İstatistik Sonuçları 2002.
<https://www.google.com/earth/> (Erişim Tarihi: 21.04.2013)
Ç. B. DİKMEN & Z. ÖZÇETİN Arşivi



Investigation of interactive effects between temperature trend and urban climate during the last decades: a case study of Isfahan-Iran

Mohsen Abbasnia^{1*}, Taghi Tavousi², Mahmood Khosravi³, Hüseyin Toros⁴

¹Department of Physical Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan 987-98135, Iran.
am_abbasnia@pgs.usb.ac.ir; abbasnai@itu.edu.tr

² Professor of Climatology, Department of Physical Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan 987-98135, Iran.
t.tavousi@gep.usb.ac.ir

³ Associate professor of Climatology, Department of Physical Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan 987-98135, Iran.
khosravi@gep.usb.ac.ir

⁴ Associate professor of Meteorology, Department of Meteorology Engineering, Istanbul Technical University, Maslak Istanbul 34469, Turkey.
toros@itu.edu.tr

(First received 12 February 2016 and in final form 10 May 2016)

Abstract

Researchers are investigating a possible relation of climate change with anthropogenic behavior by studying trends in different climatic parameters. Nowadays, Isfahan city is experiencing growth of its urban areas due to a high rate of rural–urban migration and a population boom during the last decades. So in this study, various data base by emphasizing descriptive and interpretive approaches have been used for detecting the effects of anthropogenic behaviors such as urbanism and land cover change along with global warming conditions. The results of analyzing satellite images over study area shows that the percentage of agriculture and undeveloped areas had respectively decreased from 46.85% to 25.5% and 41.87% to 39.65% in favor of the extension of urban areas during the last three decades. In this field, population growth trends in Isfahan province within past years (1990 to 2013) shows increasing growth rate in cities rather than rural areas. Also, there is a positive trend at the 0.05 significance level in annual temperature by a rate of 0.06 °C per year at Isfahan station during the observation period (1980-2010). On the other hand, heart and respiratory mortalities with warm temperatures trend at Isfahan city shows a positive correlation about 0.62 and 0.55 at the 0.05 significance level, respectively. Since these issues are directly related to global warming in coming decades, there should be more consideration towards all aspects of urban growth and its probable risk to public health in the mitigation and adaptation programs. Therefore, the results of this study can be useful for planners to make more informed strategic decisions.

Keywords: Global warming, urban climate, temperature trends, human health, Isfahan

1. Introduction

Global warming continues to affect the whole world causing numerous adverse social and economic consequences. Nowadays, climate change is considered as one of the most serious hazards to human's life (Confalonieri et al., 2007). It can be said that the first step to control or at least reduce the damages of global warming is to identify its features in any regions. Climate change and air pollution is an important factor affecting human health. So that, the accumulation of greenhouse gases such as carbon dioxide, primarily from burning fossil fuels results in warming, which has an impact on air pollution, particularly on levels of ozone and particulates. Rapid urbanization and unprecedented population growth were amongst significant world changes that took place by the end of the 20th century.

These transitions were along with human's manipulation in the world natural environment (Miller and Small, 2003). Furthermore, in 2007, for the first time in human history, the total population of the world's cities exceeded the rural population (Griffiths et al., 2009). Demographers and human geographers

predict that this growth in urban population will be continued in a way that by 2025, large cities and urban agglomerations will accommodate a vast majority of the world's population (O'Meara, 1999). They also believe that most of this increase in urban population will occur in low and middle income countries (Griffiths et al., 2009). However, natural ecosystems and environments are highly affected by the presence of urban areas. The negative impacts of urbanization and increase in urban population disturb global biogeochemical cycles, accelerate climate change, and affect hydrologic regimes (e.g., Tayanc and Toros, 1997; Foley et al., 2005, Grimm et al., 2008; Habete and Ferreira, 2016). Furthermore, some of these studies are almost carried out in the field of urban heat island and its characteristics that is related to the intrinsic nature of the city (i.e. building density and materials as well as urban land use distribution) especially in the North America and Europe (Karaca et al., 1995). land use and land cover changes over time due to urbanization is an important urban issue which should be take into consideration in urban research projects.

*Corresponding Author: Ph.D. Student of Climatology, Department of Physical Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, P.O. Box 987-98135, Zahedan, Iran. Email: am_abbasnia@pgs.usb.ac.ir; abbasnai@itu.edu.tr (Tel/ Fax: +98-543-31136794)

Over a hundred years ago, the actual number of cities in the world with at least a million people was only 16. The number of cities of this type is expected to reach up to 564, in 2015 (United Nations, 2007). In the mid-20th century, Iran, like other parts of the world experienced significant changes in terms of population growth, rapid urbanization, and rural to urban transition. In 1970, 45% of the population was living in urban areas, while in 2011 this population increased to 69%. More than 23% of Iran's rapidly growing urban population is concentrated in the three large cities of Tehran, Mashhad, and Isfahan (The World Bank, 2011). Tehran, after Istanbul, with a population of over 12 million in 2010, is a mega city and the second largest and most populous city in the Middle East. Isfahan is the third largest city in Iran which experienced significant urban expansion during the past 30 years. These transformations have both changed people's life style and created a series of environmental and socioeconomic issues associated with urban development. It is clear that rapidly rate of population growth and expansion of urbanism in Isfahan have resulted in a number of problems and issues in recent years such as; high density of population, more air pollution, land cover changes, rapid warming trend in the temperatures, more health issues and Etc. These issues make Isfahan a suitable case study for investigating land use changes over time by affected from

urbanism growth and climate change, especially in the past three decades.

2. Study Area

Isfahan Province (Fig. 1) is located at the center of Iranian plateau (30°42'–34°27' N, 49°38'–55°32' E). It covers an enormous area (107,045 km²) of numerous mountainous and plain regions and occupies about 6.57 % of the total area of the country (Isfahan Provincial Government Portal, 2016). The capital of this province, Isfahan city (32°38' N, 51°38' E) which is located in the lush plain of the Zayanderood river, at the foothills of the Zagros mountain range. Zayanderood river divides Isfahan city into north and south parts (BihamtaToosi et al., 2012: 150). The minimum height is 1550 m around Zayanderood River and maximum is 2232 m in Sofeh Mountains. Mean annual precipitation and temperature is 121mm and 16.2°C, respectively. Isfahan is the third biggest city in population and one of metropolis which are situated in Iran country. In recent decades, it has been the center of attention and high density of population because of concentration of economic activities like industries, business, tourism and etc.

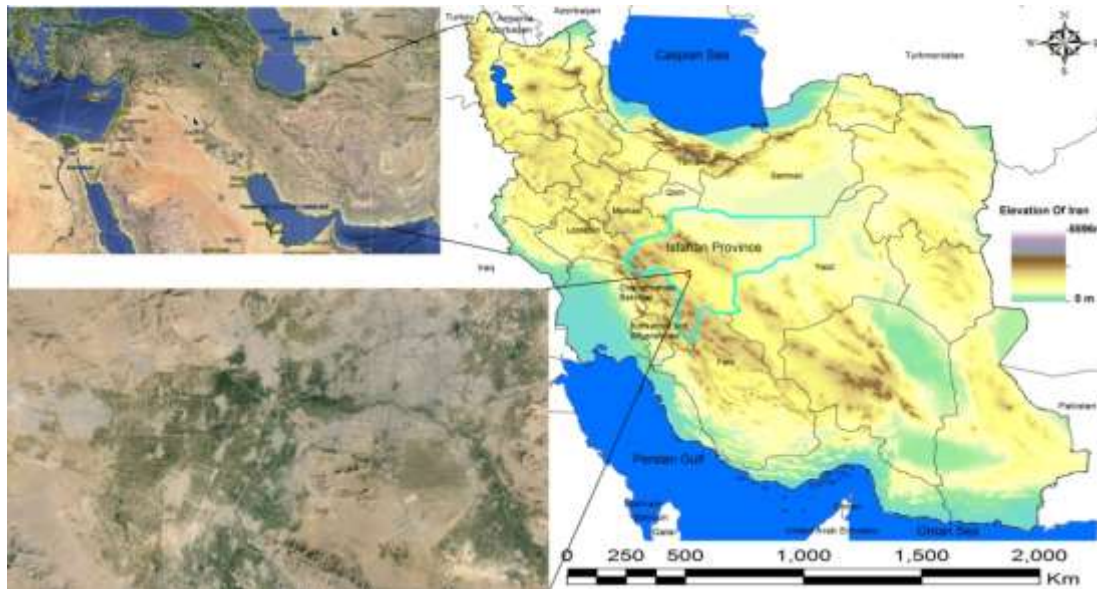


Fig.1. Location map of Isfahan province in Iran (right) and the extent of Isfahan city (left).

3. Materials and Methods:

To understanding and recognizing interactive effects between expansion rate of urbanity in Isfahan and global warming, three groups of technical data base are needed to conducting the current study as well as studying results of other researcher as library resources:

1) Daily temperature data of Isfahan in the observation period (1981-2010) that were obtained from the Iran Meteorological Organization (www.IRIMO.ir).

2) Remote Sensing images for monitoring the changes of land cover under urbanization conditions in study area during the last three decades that was prepared from satellite images of Landsat (TM and TM+).

3) Population data of Isfahan during the last three decades to examine the rate of urban and rural population growth that were extracted from the Statistical Centre of Iran (www.amar.org.ir).

After preparing the initial data, the various combination methods are employed by an emphasis on descriptive and interpretive approaches. So in the first step, many electronic resources are licensed that we used for better understanding and having of comprehensive view in the study area during the observation period. Afterward, land use and land-cover maps of the study area were prepared for monitoring spatial pattern changes by using of Landsat images (TM and TM+) that are taken during the last three decades (1980-2010). After preprocessing with acceptable accuracies, the classes of land use in study area were identified for monitoring and comparing the changes of land cover by using of the maximum likelihood classifier on all satellite images. At the next step, data of temperature parameters

were examined at the Isfahan station with regarding to limited availability of climatic data (Table 1).

Table 1. Descriptive statistics of temperature parameters at the Isfahan station during the period of 1981-2010

Parameter	Min	Mean	Max	Std	Skewness	Kurtosis
Tmax	21.8	23.7	25.6	0.88	-0.096	-0.14
Tmean	15.5	16.7	18.1	0.57	-0.08	0.04
Tmin	8.1	9.66	11	0.74	0.02	-0.49

To estimate the annual trends in temperature parameters and in population growth time series, the accuracy of these data at the 95% significance level were approved based on data adequacy test, homogeneity of Run test. While the results of normality test of Kolmogorov-Smirnov was not approved in the all data series especially Tmin. Also, to better understanding whether temperature time series are approximately normally distributed, histograms of temperature parameters are overlaid with a normal curve (Fig. 2).

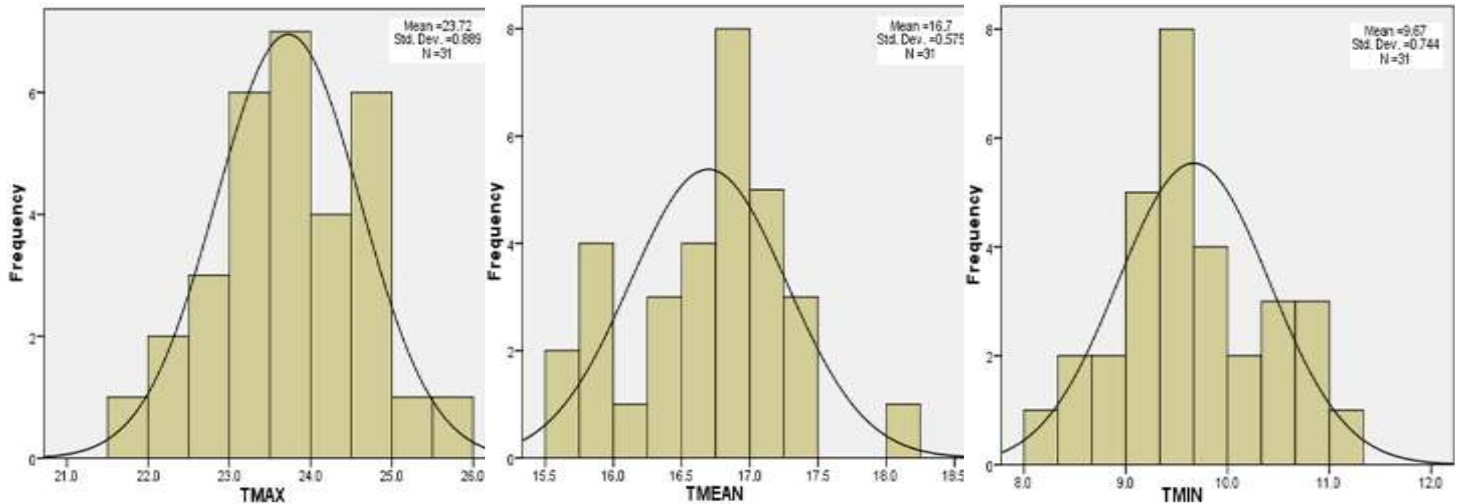


Fig. 2. The histogram of temperature parameters of Isfahan station during the period of 1981-2010

Overall, two parametric and non-parametric tests there are to trend detection in various probability distributions. While we don't have confidence to normality of data distribution, it should be considered applying the nonparametric tests (Vinnikov and Robock, 2002). In this paper, since the Mann-Kendall (MK) test which does not require normally distributed data and is well suited for analyzing datasets that have missing or tied data, is performed to detect the presence of monotonic trend (either increasing or decreasing). The null hypothesis states that no trend is present while the alternative states that there is a trend (Toros, 2012: 1318). So that, to detect the trend of any dependent variable such as temperature, it is assumed that the temperature is a function of time line as independent variable (equation 1) (for the more details refer to Neumann et al., 2003).

$$\text{Temperature} = \alpha + \beta \text{Time} \quad (1)$$

In the above model of linear regression, Temperature as dependent variable is a continuous monotonic increasing or decreasing function of time.

In this field, the MAKESENS software was used that is developed by researchers of the Finnish Meteorological Institute (Salmi et al., 2002). The procedure is based on the non-parametric Mann-Kendall test for the monotonic trend and Sen's non-parametric method for the magnitude or slope of the trend (Mann, 1945; Kendall, 1975). Finally, it has been tried to understanding and comparing the results of temperature changes along with of population growth and urbanism rate over the study area under global warming during the past decades.

4. Results and Discussion:

The Fifth assessment reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) suggest that because of the increase in greenhouse gas emissions over the last century, average global temperature has increased about 0.4 to 0.8 °C. And even this trend has accelerated in recent decades. So far, different parts of the world had experienced dramatic changes in terms of population growth, rapid urbanization, and rural to urban transition that caused more warming in global scale. Global surface temperature in 2015 was +0.87°C (~1.6°F) warmer than the base period of 1951-1980 (Fig. 3). In this field, the occurrence of the maximum temperature over Iran country will increase between 1 and 2 °C in the middle and the end of 21st century (Abbasnia et al., 2016). Therefore, there is a general tendency of warming trends in the global scale in the current and future periods. Thus, temperatures have received special attention because of their direct relation with climate change. Since climate change in the future will be highly dependent on human activities and also human knowledge is not enough to prevent the occurrence of extreme phenomena, but through studying and understanding their characteristics consequences can be prevented in various places.

Global warming can be affected from local and regional air pollution, different urbanization characteristics and physical factors such as the local physical geographic, topography, exposure, etc. In this case, satellite images and landscape metrics can be extremely useful for planners in assessing and monitoring the ecological consequences of landscape patterns under anthropogenic behaviors of human. Therefore in study area, as it is clear on Landsat images, visual comparison between the 1985, the 2000 and the 2010 maps clearly display the expansion of the urban class during the last decades (Fig. 3). In the Isfahan city during the 1985 to 2010 period can be observed more expansion of this city in the north and north-west parts (Niloofer Alavi, 2012: 93), as well as the amalgamation of some small towns to

the main city core in the west side of the city. On the other hand, the proportion of agriculture reduced while the proportion of urban was significantly increased during the study period, mainly due to reduced agricultural area in Isfahan. Also, official statistics showed a huge increase in the total construction and built up area in Isfahan city. Therefore, two classes of agricultural land and urban area during the last decades have had a significant changes rather than the previous situation. So that, the percentage of

agriculture and undeveloped areas had respectively decreased from 46.85% to 25.5% and 41.87% to 39.65% and also the percentage of urban area had increased from 8.3% to 28.73% in the Isfahan during the 1990-2010 (BihantaToosi et al., 2012: 151). All of these changes in land cover are more affected from fast growing of urbanism in Isfahan city as anthropogenic behaviors.

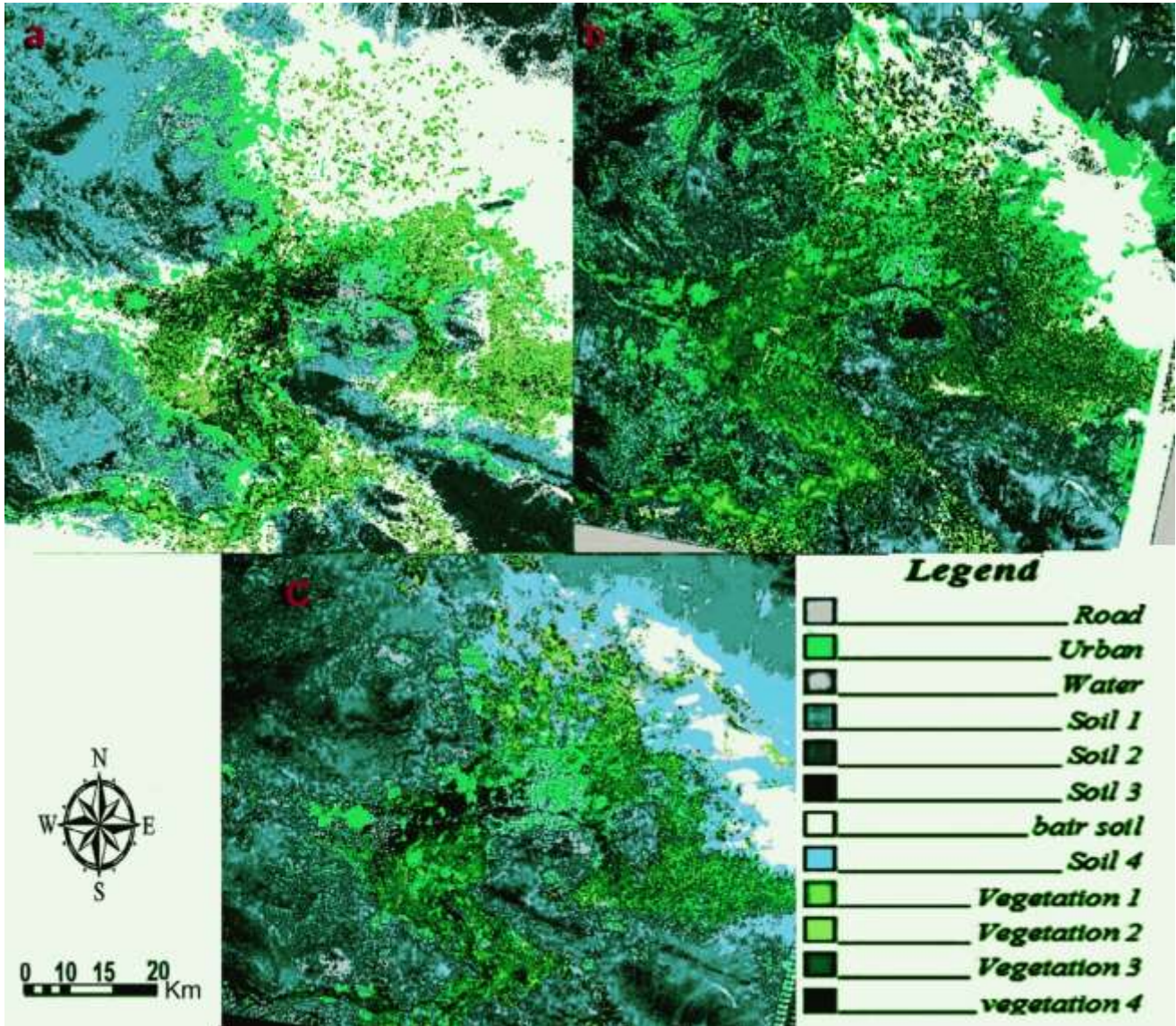


Fig. 3. The Landsat images over the study area in the last decades includes:1985 a- 2000 b- 2010 c, (Source: Niloofar Alavi, 2012: 93)

The urbanization trends during the last decades had been accelerated by high rate of rural–urban migration along with rapid socio-economic and political changes that formed unbalanced urban growth in Iran. In this field, population growth trend in Isfahan province within the past years (1990 to 2013) shows the increasing growth rate in cities rather than rural areas (Fig. 4). It is clear that population growth in Isfahan province has resulted in a big number of issues such as high density, land cover changes and more air pollution especially in Isfahan city as third mega city of Iran. So that, demographic statistics during last decades shows large amounts of increase in population as well as immigration from the suburbs and surrounding villages to Isfahan city. Therefore, population growth of Isfahan city during the last decades will be approximately cause to accumulation greater rate

of carbon emissions and faster rate of increasing trend in the temperatures over study area.

As that is clear, urbanization effects under climate change conditions will be consistent with the general increase in the temperature parameters. In contrast, effects of agricultural development such as: increasing evaporation during the day and irrigation by increasing the heat capacity of the soil that caused to decrease the temperature trends. While, the results of trends in the annual temperature parameters at Isfahan station during the observation period (1980-2010) showed that a positive trends at the 0.05 significance level in the maximum temperatures series a rate of 0.06 °C per year but in the average and minimum temperatures series, there are not significant trends.

Supplementary Fig. 5 shows the temperature trends in the difference between maximum and minimum temperatures or diurnal temperature range (DTR). In this field, the result of the newest research about temperature changes over Iran in the whole of 21st century (2011-99) has shown that the average maximum temperatures will increased about 0.3 to 3.5 °C. On the annually basis, the positive slope trend in higher rate will happened at

Esfahan station based on A2 scenarios of CGCM3 model (Abbasnia and Toros, 2016: 6). So in study area, health risks due to climate change especially occurrence of warm extremes will be more important with regarding to changes in natural and agriculture land uses in favor of the artificial land cover under rapid increase in urban population that are combined to increasing rate of global warming in coming decades.

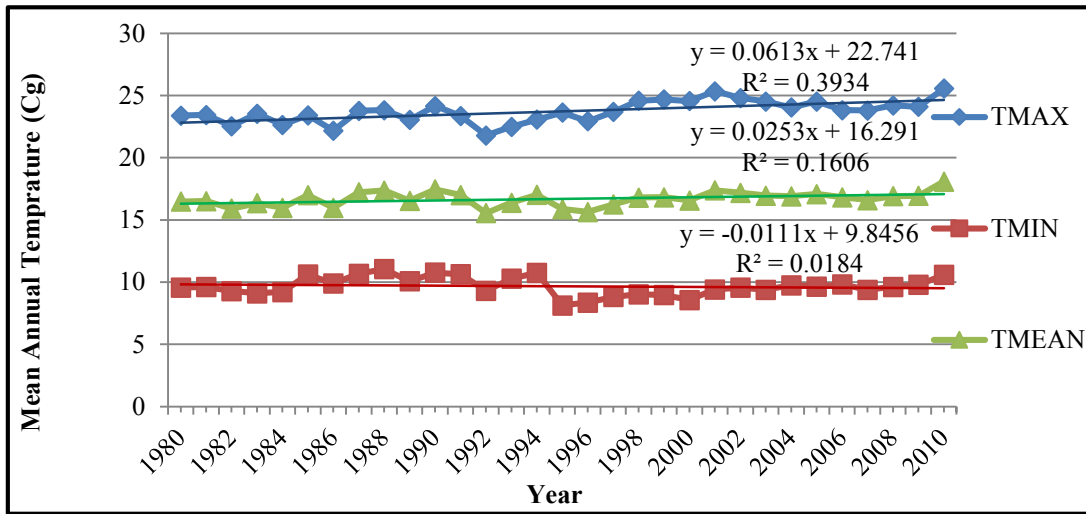


Fig .4. Demographic statistics in Isfahan province during the past few years

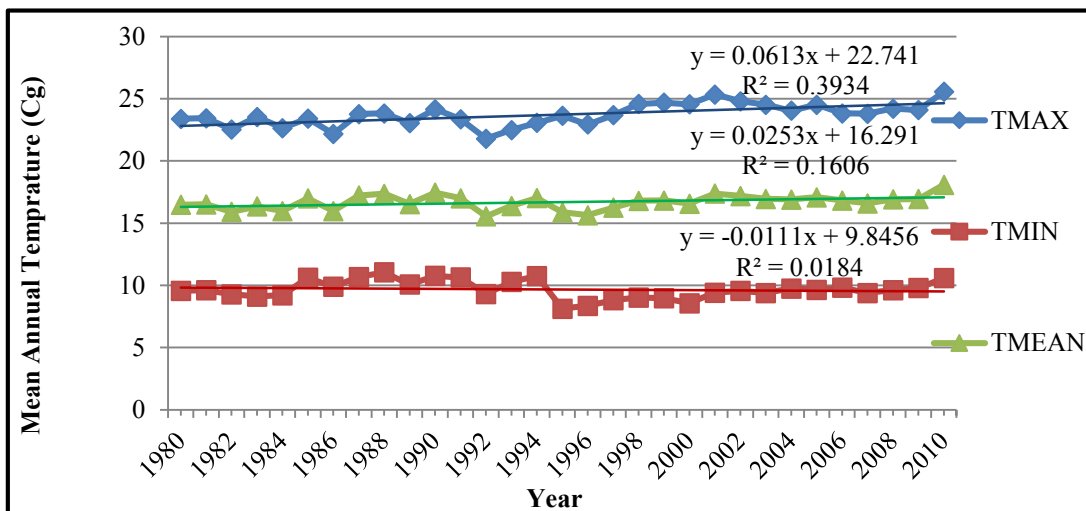


Fig .5. The annual trends of temperature parameters at Isfahan station during the last three decades

Structure and function of human body is influenced by climate and reacts to changes in climate parameters. Thermoregulation system of human body stabilized around 36.7 °C. Warm temperatures are thought to be associated with increased death rates (Zanobettia, 2012). Indeed during consecutives hot days such as; heat waves, the temperature of human body do not able to evacuate the exceeding heat so the resulted stress induced the various health outcomes and the stroke may occur when the body temperature rise up 40 °C (Kunst, et al., 1993). There are the well-known examples, which demonstrated the relation between extreme events and mortality such as; at least 35,000 people died as a result of the record heat wave that scorched Europe in August 2003 (Cheung et al., 2007). These temperature extremes are the known phenomenon in mega-cities which is responsible for part of further augments increase in regional temperature. Likewise, based on the result of the newest

research over the study area (Abbasnia and Toros, 2016), it could be concluded that the occurrences of temperature extremes and heat waves will be more severe in the future decades. In other hand, between the heart and respiratory mortalities with occurrences of warm temperatures in Isfahan city there is a significant positive correlation about 0.62 and 0.55 at the 0.05 significance level, respectively (Ghanbari et al., 2011). These numbers of death are associated with rapid rate of urbanization and land use changes in Isfahan city under climate change conditions. In fact, an increase in temperature parameter that is uncomfortable for human body, would lead to higher death rates caused by different diseases. So with regarding to the rising trend of temperature over Isfahan due to various factors, the governmental planners should be more considerate the all aspects of urbanism growth and its probable risk to public health in the mitigation and adaptation programs.

5. Conclusion

In arid and semi-arid regions, observed climatic instability is an unpredictable and complex phenomenon mainly attributed to human activity and in particular to gas emissions, which seem to influence the global warming of the planet. Also in recent decades, people are interested to live in metropolitan city because of lots of economic, social and political reasons. Up to now, impacts of climate change have not been studied much in details, so in the current study has been tries to understanding the association between climate change and urbanism with its impacts on human health. Isfahan as mega city is experiencing growth of its urban areas during the last decades by high rate of rural–urban migration. In the Isfahan city can be observed more city expansion since 1985 till 2010. In this field, population growth trend in Isfahan province within last years (1990 to 2013) shows the rapid increasing growth rate in cities rather than rural areas. In other hand, proportion of agriculture lands was reduced while proportion of urban lands was significantly increased during the current period.

It is worth to mentioning that the urbanization effects under climate change conditions will be consistent with the general increase in the temperature parameters. Then, there is a general tendency of warming trends in local scale during the observation and future period. The results of trends in annual temperature parameters at Isfahan station during the observation period (1980-2010) showed a positive trend at the 0.05 significance level in the maximum temperature by a rate of 0.06 °C per year. This trend will also be more severe in future decades. Therefore, an enormous number of issues associated with human health risks due to occurrence of warm extremes will impact Isfahan. These risks will be happening with regard to changes in natural and agricultural land uses in favor of artificial land cover along with a rapid increase in urban population that combine to increase the rate of global warming in coming decades.

Therefore, what seems important is that the characteristics of these events could be on the focus of planning in order to implement the best large scale programs and managerial patterns. However, Isfahan population would adjust to warm temperature but growing global warming and urbanization and aging may be faster than adaptation. Then the timely intervention for future probable such as heat waves or extreme temperatures would be considered. Accompanying the warm temperatures has additive risk on mortalities in Isfahan perhaps due to high concentration of air pollutants. Unbalance population is the most important problem in municipality district. As solution over study area, reverse migration could be considerate from rural area to urban area. Since the studies of urban climate changes in developing countries which are facing complex urbanization problems such as large human flux from rural areas to cities are not yet enough to make generalizations, studies of urban climate in the third world countries are still necessary by focusing on a comprehensive view.

Acknowledgments

The authors would like to thank the climate data providers from Iran Meteorological Organization (IRIMO) and Thanks also to the climatology department of University of Sistan and Baluchestan (USB) and meteorology department of Istanbul Technical University (ITU) in the field of scientific collaborations. It is worth nothing that the study is a part of PhD thesis of Mohsen Abbasnia.

Reference

- Abbasnia, M., Toros, H. 2016. Future changes in maximum temperature using the Statistical Downscaling Model (SDSM) at selected stations of Iran. *Journal of Modeling Earth Systems and Environment* 2 (68), 1-7, DOI: 10.1007/s40808-016-0112-z.
- Abbasnia, M., Tavousi, T., Khosravi, M. 2016. Assessment of future changes in the maximum temperature at selected stations in Iran based on HADCM3 and CGCM3 models. *Asia Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. (Accepted)
- Alavi, N. 2012. Thesis for degree of Master of Science in Geography, Land use and land cover change detection in Isfahan. Department of Geography, University of Ottawa, Ottawa, Canada, 1-135.
- BihamtaToosi, N., Fakheran, S., Soffianian, A. 2012. Analysis of Landscape Pattern Changes in Isfahan City during the Last Two Decades. *International Conference on Applied Life Sciences (ICALS2012)*, Turkey, September 10-12, 2012, 149-153.
- Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K. L., Hauengue, M., Kovats, R. S., Revich, B., Woodward, A. J. 2007. Human health. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and NewYork, 391-431 pp.
- Cheung, S. L. K., Robine, J. M., Van Oyen, H., Griffiths, C., Herrmann, F. 2007. The 2003 Heat wave in Europe, a review of the literature. *Montpellier, The 2003 Heat Wave Project; EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114*.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F. S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I., Ramankutty, N., Snyder, P. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309, 570–574.
- Ghanbari, Y., Barghi, H., Ghias, M., Rozbehani, R., Hajaryan, A., Mohammadi, M., Dehdashti, N. S. 2011. The relationship between geographical distribution of death and climate in the province of Isfahan. *Journal of Isfahan Medical School* 29(160), 1449-1463.
- Grimm, N., Faeth, S., Golubiewski, N., Redman, C., Wu, J., Bai, X., Briggs, J. 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 31, 756–760.
- Griffiths, P., Hoster, P., Grubner, O., Linden, S. 2009. Mapping megacity growth with multi sensor data. *Remote sensing of Environment* 114: 426-439.
- Habete, D., Ferreira, C. 2016. Impact of Forecasted Land Use Change on Design Peak Discharge at Watershed and Catchment Scales: Simple Equation to Predict Changes. *Journal of Hydrologic Engineering* 10. 1061(ASCE) HE. 1943-5584. 0001384, 04016019.
- IPCC. 2013. *Climate Change: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York USA, 1550 pp.
- Islamic Republic Iran Meteorological Organization (IRIMO). 2012. <http://www.weather.ir/farsi/statistics/TMAX.pdf>.
- Isfahan Provincial Government Portal. 2016. <http://www.ostanes.ir>.
- Isfahan Province Portal. 2007. <http://www.isfahanportal.ir/framework.jsp?SID=2345>.

- Karaca, M., Tayanç, M., Toros, H. 1995. Effects of urbanization on climate of Istanbul and Ankara. *Atmospheric Environment* 29(23), 3411-3421.
- Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*. 4th edn, Griffin: London, 202 pp.
- Kunst, A. E., Looman, C. W., Mackenbach, J. P. 1993. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis. *American Journal of Epidemiology* 137(3), 331-341.
- Man, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Miller, R. B., Small, C. 2003. Cities from space: potential applications of remote sensing in urban environment research and policy. *Environment and Science and Policy* 6, 129-137.
- National Statistical Yearbook. 2010. <http://www.amar.org.ir>.
- Neumann, D. W., Rajagopalan, B., Zagona, E. A. 2003. Regression model for daily maximum stream temperature. *Journal of Environmental Engineering*, 129(7), 667-674.
- O'Meara, M. 1999. *Reinventing Cities for People and the Planet*. (Worldwatch Institute paper 147) Worldwatch, Washington D.C.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS. Publications of Air Quality No. 31, Report code FMI-AQ-31, http://www.fmi.fi/kuvat/MAKESENS_MANUAL.pdf.
- Tayanç, M., Toros, H. 1997. Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change* 35(4), 501-524.
- Toros, H. 2012. Spatio-temporal precipitation change assessments over Turkey. *International Journal of Climatology*, 32(9), 1310-1325.
- United Nations. 2007. *United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal, Migration and Development*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat, New York, 21-23 January 2008.
- Vinnikov, K. Y., Robock, A. 2002. Trends in moments of climatic indices. *Geophysical Research Letters*, 29(2), 141-144.
- World Bank. 2011. *The International Bank for Reconstruction and Development*. The World Bank, 1818 H Street NW, Room MC2-812, Washington, D.C. 20433 USA, <http://www.worldbank.org> or data.worldbank.org.
- Zanobettia, A., O'Neill, M. S., Gronlund, C. J., Schwartz, J. D. 2012. Summer temperature variability and long term survival among elderly people with chronic disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2012; 1097:6608-6613.



Merkezi Köy Sağım Sistemlerinin Süt Kalitesine Etkisi

Erkan GÖNÜLÖL^{1*}, Cihan DEMİR²

¹Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye; egonulol@nku.edu.tr
²Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kırklareli, Türkiye

Özet

Bu çalışmada kooperatif çatısı altında merkezi köy sağım sistemlerinin kurulması amaçlanmıştır. Araştırma, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerine bağlı Büyükdoğanca (Sağım Sistemi 1), Karamesutlu (Sağım Sistemi 2) ve Ferhadanlı (Sağım Sistemi 3) köylerinde yürütülmüştür. Sağım sistemleri kurulmadan önce ve kurulduktan sonra elde edilen sütlerin kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, canlı bakteri sayısı, somatik hücre sayısı ve donma noktası değerleri tespit edilmiştir. En yüksek canlı bakteri sayısı düşüşü Sağım Sistemi 2'de gerçekleşmiştir. Burada; ortalama 692,878 kob/mL olan değer ortalama 32,297 kob/mL olarak tespit edilmiştir. Somatik hücre sayısı için en yüksek düşüş Sağım Sistemi 1'de bulunmuştur. Sistem kurulmadan önce ortalama 551,448 ad/mL olan değer ortalama 364,228 ad/mL'ye düşmüştür. Sağım sistemleri kurulumlarından önce ve sonrasında süte karışan su miktarı bulunmadığından donma noktası değerlerinde farklılık gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: merkezi sağım sistemi, canlı bakteri sayısı, somatik hücre sayısı, donma noktası, süt analizi

Effects of Central Milking Systems on Milk Quality

In this research it was aimed that establishing central milking system under frame of village cooperatives. The research was held in Büyükdoğanca (milking system 1), Karamesutlu (milking system 2) and Ferhadanlı (milking system 3) which were belong to Edirne, Kırklareli and Tekirdağ provinces respectively in Trakya Region; Turkey. Harvested milk was analyzed before and after establishing central milking systems. Bacteria counts, somatic cell counts and frozen points were determined as milk quality. The highest reducing at bacteria counts was found to be Milking System 2 which were from average 692,878 cfu/mL to average 32,297 cfu/mL. The highest reducing at somatic cell counts were from average 551,448 n/mL to average 364,228 n/mL in Milking System 1. Frozen points were not changed as there was no water found both before and after the milking systems.

Keywords: central milking systems, bacteria count, somatic cell count, milk frozen point, milk analyses

1. Giriş

Ulusal Süt Konseyi verilerine göre dünyada 784 milyon ton olan yıllık süt üretiminde Türkiye 18,2 milyon ton ile oldukça önemli bir paya sahiptir (Anonim, 2016a)). Ancak süt işletmelerinin çok büyük kısmı (%85) 1 ila 9 baş ineğe sahip işletmelerdir (Anonim, (2016b)). Az sayıda ineğe sahip işletmelerde mekanizasyon seviyesi de sınırlı kalmaktadır. Yüksek verimli hayvanlarla yapılan üretimde modern bir süt sağım sistemi ve uygun sağım tekniği ile süt üretimi ve kalitesinde artışlar sağlanmaktadır. Bununla birlikte meme sağlığı ve inek konforu konusunda iyileşmeler de elde edilir.

Kaliteli süt, hijyenik sağım, sağlıklı ve konforlu ineklerin sağıldığı modern sağım tesislerinde elde edilir. Modern bir sağım sistemine yatırım olanağı olmayan küçük işletmeler için en uygun

yol, kooperatif çatısı altında birleşerek merkezi sağım sistemlerinin kurulmasıdır. Köye kurulacak modern bir sağım tesisi köydeki sağlamal hayvanların getirilerek sağılması ve bireysel sütlerin ölçülerek kaydedilmesi şeklinde bir sistemdir. Sistemde sağılan süt doğrudan soğutma tankına gideceği için, istenen kalitede süt elde edilmiş olacaktır. Böylece küçük işletmelerin kendi başlarına elde edemeyecekleri modern bir sağım sistemi bütün yetiştiriciler tarafından kullanılmış olacaktır (Demir, 2011).

Kaliteli sütün en önemli göstergesi içinde barındırdığı canlı bakteri sayısıdır. Hijyenik bir sağım ve uygun bir sağım tekniği ile canlı bakteri sayısı mümkün olduğunca düşürülmelidir. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının AB normlarına uyum için yayımladığı tebliğinde (Anonim, 2009) belirtilen sınır değer 100 000 canlı bakteri/mL'dir. Bir diğer kalite parametresi sütteki somatik hücre sayısıdır. İneklerin meme sağlığı ve konforunun bir

göstergesi olan somatik hücre sayısı için aynı tebliğde sınır değer 500 000 adet/mL'dir.

Üreticilerin bir kısmı sağılan süte su katarak hile yapmaktadırlar. Bir kısmı ise farkına varmadan süte sağım makinelерinin veya taşıma güğümlerinin yıkama sonrası arta kalan suyu süte karıştırır. Sütün içinde sonradan karışmış su, kalitesinin olumsuz etkilemektedir. Karışmış su miktarının göstergesi donma noktasıdır. Tebliğde donma noktası -0,520 °C olarak belirtilmiştir (Anonim, 2009).

Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle sağımaların gerçekleştirildiği üç köyde merkezi köy sağım sisteminin kurulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ineklerin kurulan sağım sisteminde sağımları yapılmadan önceki ve sonraki sağım tekniği farklılığı, her iki dönemde elde edilen süt kalite değerleri incelenerek tespit edilmiştir. Buna göre sağım hijyeninin göstergesi olan toplam canlı bakteri sayısı, hayvan sağlığı ve konforunun değişimi için somatik hücre tespiti ve süte eklenen veya bulaşan su için ise de donma noktası değerleri tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metod

Araştırma, Trakya Bölgesini oluşturan Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerine ait Büyükdoğanca, Karamesutlu ve Ferhadanlı köylerindeki birlik ve kooperatiflerle birlikte yürütülmüştür. Büyükdoğanca Köyü'nde 26 üye bulunmakta, en büyük işletme 6 sağmal ineğe sahiptir ve köyde günde ortalama 70 hayvan sağılmaktadır. Araştırmada bu köyde kurulan sağım sistemine "Sağım Sistemi 1" olarak adlandırılmıştır. Karamesutlu Köyü'nde 114 üye bulunmakta, en büyük işletme 12 sağmal ineğe sahiptir ve köyde günde ortalama 150 hayvan sağılmaktadır. Bu köyde kurulan sağım sistemine, "Sağım Sistemi 2" olarak adlandırılmıştır. Ferhadanlı Köyü'nde 217 üye bulunmakta, en büyük işletme 16 sağmal ineğe sahiptir ve köyde günde ortalama 160 hayvan sağılmaktadır. Kurulan sağım sistemi, "Sağım Sistemi 3" olarak adlandırılmıştır.

Sağım sistemlerinin yer seçiminde köyün kendi arazileri üzerinde (hazine arazisi) ve sağıma gelecek ineklerin ortalama yürüyüş mesafeleri dikkat edilerek yapılmıştır. Kurulacak binada sağım tesisinde, süt soğutma odası, vakum odası, bilgisayar odası ve banyo- tuvalet kapalı mekan şeklinde tasarlanmıştır. İneklerin sağım öncesi bekleme yerleri ve sağım sonrası çıkış yerleri sundurma altında olacak şekilde planlanmıştır. Kapalı mekanın boyutları ve inşaat özellikleri sağım sistemi ve soğutma tankı tedarikçi firmaların talepleri doğrultusunda planlanmıştır.

Merkezi sağım sistemlerinde talep edilen en önemli özellik; üreticilerin sahip olduğu ineklerin bireysel sütlerinin hassas olarak tartılacağı ve sağıma giren hayvanların doğru tanımlanacağı bir sağım sisteminin kurulmasıdır. Kurulacak sağım sisteminin kapasitesi her sağımın 2 saat 30 dakika'yı geçmemesi şeklinde olacak şekilde belirlenmiştir. Sağılacak hayvan kapasitesinin belirlenmesinde kooperatiflerin geleceğe yönelik talepleri göz önüne alınmıştır. Buna göre kapasiteler; Sağım sistemi 1 için 2x8-16 sağım başlıklı, Sağım sistemi 2 ve 3 için 2x12-24 sağım başlıklı olarak belirlenmiştir. Tüm sağım tesisleri balık kılçığı tip olarak tasarlanmıştır. Sağım sistemlerinin kurulum sonrası mekanik işlev testleri yapılmış ve inek sağımına başlanmıştır (Gönüloğlu, 2009).

Merkezi sağım sisteminin kurulduğu köylerde, sağım sistemleri kurulmadan önce ve kurulduktan sonra sağılan sütlerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz örnekleri, köylerdeki süt toplama merkezlerinden 6 ay boyunca haftada iki toplam 48 defa

alınmıştır. Aynı sayıdaki örnek, sağım sistemleri devreye alındıktan sonra yine 6 ay boyunca haftada iki olmak üzere alınmıştır. Süt örneklerinin toplanması ve analizler proje ortağı süt firması tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sağım hijyeni konusunda oluşan değişim için, sütlerdeki toplam canlı bakteri sayısı tespit edilmiştir. Hayvan sağlığı ve konforu konusundaki değişim somatik hücre sayısının belirlenmesiyle bulunmuştur. Süte karıştırılmış veya bulaşmış su miktarının tespitine yönelik sütlerin donma noktası değerleri ölçülmüştür.

Toplam canlı bakteri analizleri klasik ekim yöntemiyle belirlenmiştir. Bunun için hazırlanan dilisyonlardan Petriç kutusuna 1 mL ekim yapıldıktan sonra üzerine Standart Methods agar dökülmüştür. Karıştırılıp soğutulduktan sonra 32 °C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası gelişen koloniler sayılmış ve seyreltme katsayısı ile çarpılmıştır. Somatik hücre sayısı De Laval marka somatik hücre sayısı belirleyici ile tespit edilmiştir. Donma noktası analizleri ise krioskop cihazı yardımıyla ölçülmüştür (Konar, 1982; Sezgin, 1988; Yaylak ve ark, 2007; Ayaşan ve ark, 2011; Patır ve ark, 2012).

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Hijyenik sağım en önemli göstergesi olan süt örneklerindeki canlı bakteri sayıları Sağım Sistemi 1'de tesis kurulmadan önce ortalama değerler 345,251 kob/mL iken bu değer 111,070 kob/mL'e düşmüştür. Sağım Sistemi 2'de 692,878 kob/mL'den 32,297 kob/mL'ye ve Sağım Sistemi 3'te 483,910 kob/mL'den 33,479 kob/mL'ye düşmüştür (Tablo 1).

Hayvan sağlığı ve konforu açısından oluşan değişim somatik hücre sayısının tespiti ile belirlenmiştir. Sağım Sistemi 1'de sağım sistemi kurulmadan ortalama değerler 551,448 ad/mL'den sağım sistemi kurulduktan sonra 364,228 ad/mL'ye düşmüştür. Sağım Sistemi 2'de bu değer 548,755 ad/mL'den 473,334 ad/mL'ye ve Sağım Sistemi 3'de 425,478 ad/mL'den 410,555 ad/mL'ye düşmüştür (Tablo 2).

Üreticilerin bir kısmı sağılan süte su katarak hile yapmaktadırlar. Bir kısmı ise farkına varmadan süte, sağım makinelерinin veya taşıma güğümlerinin yıkama sonrası arta kalan suyu bulaştırırlar. Sütün içinde bulunan suyun göstergesi olan donma noktası Sağım Sistemi 1'de sağım sistemi kurulmadan önce ortalama değerler -0,524°C iken sağım sistemi kurulduktan sonra -0,518°C'ye yükselmiştir. Bu değer, Sağım Sistemi 2'de -0,514 °C'den -0,521°C'ye düşmüştür. Sağım Sistemi 3'de ise -0,521 °C'den -0,522°C'ye düşmüştür (Tablo 3).

Tablo 1. Merkezi sağım öncesi ve sonrası toplam canlı bakteri sayıları (kob/mL)

Sağım sistemi 1		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	345,251	490,000	200,000	80,134
SONRASI	111,070	155,000	30,000	42,120	

Sağım sistemi 2		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	692.878	1,244,000	283,000	370,024
SONRASI	32.297	162,000	5,000	45,978	

Sağım sistemi 3		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	483,910	956,000	218,000	253,881
SONRASI	33,479	95,000	16,000	22,495	

Tablo 2. Merkezi sağım öncesi ve sonrası somatik hücre sayıları (ad/mL)

Sağım sistemi 1		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	551,448	589,000	534,000	23,321
SONRASI	364,228	486,000	278,000	64,625	

Sağım sistemi 2		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	548,755	736,000	375,000	41,227
SONRASI	473,334	754,000	340,600	131,747	

Sağım sistemi 3		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	425,478	505,000	340,000	66,925
SONRASI	410,555	555,000	337,000	169,001	

Tablo 3. Merkezi sağım öncesi ve sonrası donma noktası ($^{\circ}\text{C}$)

Sağım sistemi 1		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	-0.524	-0.529	-0.521	2
SONRASI	-0.518	-0.527	-0.500	9	

Sağım sistemi 2		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	-0.514	-0.517	-0.508	3
SONRASI	-0.521	-0.525	-0.510	5	

Sağım sistemi 3		ORTALAMA	MAKSİMUM	MİNİMUM	STAND.SAP
	ÖNCESİ	-0.521	-0.526	-0.517	3
SONRASI	-0.522	-0.526	-0.517	3	

Süt analiz sonuçlarına göre aşağıda sıralanan tespitler yapılabilir;

- Köylere kurulan modern sağım sistemleriyle birlikte inekler ideal sağım teknikleri ile sağılmışlardır. Kuru sağım, ön sağım, sağım öncesi ve sonrası dezenfektan kullanımı ile sağılan sütte her hangi bir bulaşma söz konusu olmamıştır. Sağım işlemi, inekler için uygun vakum ve nabız koşullarında yapılmıştır. Sağılan sütler, dış ortamla hiç temas etmeden paslanmaz çelik borulardan doğrudan süt soğutma tankına iletilmiş ve hızla soğutulmuştur. Tüm bu durumlar sağılan sütteki toplam canlı bakteri sayısını oldukça etkilemiştir. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının Tebliğinde belirtilen (Anonim, 2009) 100 000 canlı bakteri/mL değeri, sağım sistemi kurulduktan sonra Sağım Sistemi 1’de neredeyse ulaşılmış, diğer sistemlerde ise çok altında tespit edilmiştir.

- İdeal sağım tekniği ve sağım sistemi performansı ile sadece sağılan sütün hijyeni değil aynı zamanda meme sağlığı açısından da olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Nitekim köylerde elde edilen somatik hücre sayıları, sağım sistemleri kurulduktan sonra düşüş göstermiştir. Her ne kadar uygun sağım tekniği ile sağılmalarına rağmen sağım sistemlerinin devreye alındığı ilk dönemler ineklerin rutinleri değişmiştir. Bu dönemde yaşanan stres, somatik hücre sayılarında büyük artışlara neden olmuştur (standart sapma değerleri oldukça fazla). Bu nedenle sağım sistemi sonrası somatik hücre sayılarının ortalama değeri bakteri sayısındaki olumlu sonuçlar kadar olmamıştır.

- Sağım sistemleri kurulmadan önce köylerde toplanan sütlerin donma sıcaklığı ile kurulduktan sonraki sağılan sütün donma sıcaklık değerleri Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının

Tebliğinde belirtilen (Anonim, 2009) $-0,520^{\circ}\text{C}$ değeri civarında tespit edilmiştir. Süte su karışmasının süt alıcı firmaları tarafından oldukça önemli cezayı yaptırımları olduğu için üreticilerin sağım sistemi kurulmadan önce de bu konuda oldukça titiz oldukları belirlenmiştir.

Sağım tekniği ve sağım sistemi performansının süt kalitesine olan etkileri Reneau (1986); Barkema ve ark. (1998); Göncü ve Öztürk (1998); Yalçın ve ark. (2000); Göncü ve Özkütük (2002); Demirci (1996) ve Demirci (1998) bildirilerinde de açıkça vurgulanmıştır.

4. Sonuç

Süt sığırcılığı işletmelerdeki hayvan sayılarının artmasıyla birlikte uygulanan mekanizasyon seviyelerinde de artış sağlamaktadır. Bu da beraberinde karlı ve sürdürülebilir bir üretim modeli doğurmaktadır. Ancak gelişen bu yapı içinde küçük ölçekli işletmelerin ayakta kalabilmesi hatta üretime devam edebilmesi için farklı yaklaşımların uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Ekonomik gücü yeterli olmayan küçük çiftçinin üretimde kalması ve büyümesi için en ideal çözüm “ortak üretime yönelik birleştirme” olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre köy merkezi sağım sistemleri enerji verimliliği, süt kalitesi ve sosyal boyut olarak uygulanabilir bulunmuştur. Bu sistem ortak hayvancılık uygulamasının başlangıcı olarak önerilebilir.

Teşekkür

Bu proje, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ziraat Bankası, Danone Tikveşli ve Namık Kemal Üniversitesi'nin ortak çalışmasıdır. Bu makalede ayrıca, Demir (2011) doktora tezinden bazı değerler kullanılmıştır.

Kaynaklar

- Anonim. 2016a. Ulusal süt konseyi istatistikleri, <http://www.ulusalsutkonseyi.org.tr>
- Anonim 2016b. TÜİK hayvancılık ve tarım istatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr>
- Anonim. 2009. TKİB. Çiğ süt ve ısıtılmış süt ve ısıtılmış içme sütleri tebliği, <http://www.tarim.gov.tr>
- Ayaşan, T., Hızlı, H., Yazgan, E., Kara, U. ve Gök, K. 2011. Somatik Hücre Sayısının Süt Üre Nitrojen İle Süt Kompozisyonuna Olan Etkisi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 17(4), 659-662.
- Barkema, H.W., Schukken, Y.H. and Lam, T.J.G.M. Beiboer, M.L., Wilmink, H., Benedictus, G. and Brand, A. 1998. Incidence of clinical mastitis in dairy herds grouped in three categories by bulk milk somatic cell counts. J Dairy Sci 81, 411-419.
- Demir, C. 2011. Merkezi Köy Süt Sağım Tesislerinin Uygulanabilirliği. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Demirci, M. 1996. Süt Kalitesinin Teknolojik Yönden Önemi. Ulusal Süt ve Ürünleri Sempozyumu MPM Yayınları:394, 139-157, Ankara.
- Demirci, M. 1998. Süt Teknolojisine Giriş. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:105, Ders Notu No:68
- Göncü, S. ve Öztürk, K. 1998. İnek sütü somatik hücre varlığı ve Türkiye süt sığırcılığı ile sağlıklı süt üretimi açısından önemi. Uludağ Üniversitesi, II.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Bursa
- Göncü S., Özkütük, K. 2002. Adana Entansif Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yetiştirilen Saf ve Melez Siyah Alaca İnek Sütlerinde Somatik Hücre Sayısına Etki Eden Faktörler ve Mastitis ile İlişkisi. Hayvansal Üretim Dergisi (J. Of Animal Production), C:43,S:2, Sayfa:44.
- Gönüloğlu, E. 1998. Trakya Bölgesinde Kullanılan Sağım Makinalarının Sağım Performanslarının Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Gönüloğlu, E. and Toruk, F. 2009. Evaluating of Milking Parlor Performance in Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8 (12): 2631-2634.
- Konar, A. 1982. İnek, Koyun ve Keçi Sütlerinin, Donma Noktası Depresyonu "Süte Su Katılarak Yapılan Hilenin Saptanması". Gıda Dergisi, 7 (2), Sayfa: 55-62.
- Patır, B., Yıldız, N., İncili, K.G. ve Gürses, M. 2012. Keçi Sütünde Somatik Hücre Sayısı ile Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı ve Bazı Yetiştiricilik Özellikleri Arasındaki İlişki. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 26(3), 145-150.
- Reneau, J.K. 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. J Dairy Sci, 69, 1708-1720.
- Sezgin, E. 1988. Trabzon'da Satılan Sokak Sütlerinin Bazı Nitelikleri Üzerinde Araştırmalar. Gıda Dergisi, 13(6), 399-408.
- Yalçın, C., Cevger, Y., Uysal, G. ve Türkyılmaz, K. 2000. İneklerde Subklinik Mastitisin Süt Verimine Etkisinin ve

Verimi Etkileyen Diğer Faktörlerle Etkileşiminin Kantitatif Metodlarla Tahmini. IV.Ulusal Mikrobiyoloji Kongresi. Yaylak, E., Alçıçek, A., Konca, Y. ve Uysal, H. 2007. İzmir İlçelerinde Mandıralarca Kış Aylarında Toplanan Sütlerde Bazı Besin Madde ve Fiziksel Özelliklere Ait Değişimlerin Saptanması. Hayvansal Üretim Dergisi, 48(1), 26-32.