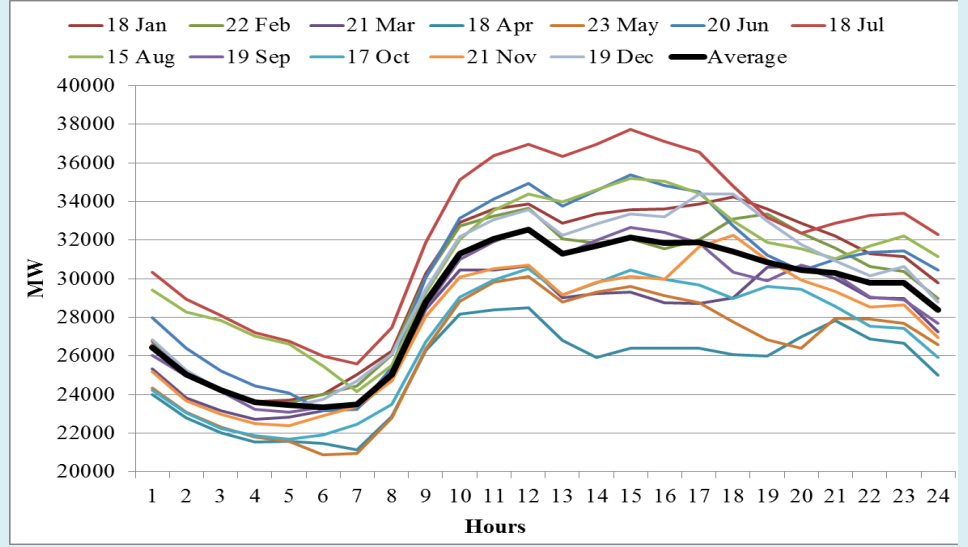


2014

ISSN:2148-2683

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi

European Journal of Science and Technology



Editörler

Prof.Dr. Osman Sağdıç (YTÜ)
Doç. Dr. Hüseyin Toros (İTÜ)
Doç. Dr. Ahmet Doğan (YTÜ)

www.ejosat.com

Yıl: 2

Cilt: 1, Sayı: 3

Aralık 2014





Yaz ve Kış Saati Uygulamasının Türkiye için Değerlendirilmesi

Ali Osman Kocalar¹, Hüseyin Toros²

¹ Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Coğrafya Öğretmenliği
Anabilim Dalı, Göztepe, İstanbul, ali.kocalar@marmara.edu.tr

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, toros@itu.edu.tr

(Dergiye gönderilme tarihi: 29 Eylül 2013, kabul tarihi 11 Kasım 2014)

Özet

Güneşin doğuş ve batış saatlerinin mevsimlere göre değişiklik göstermesinden dolayı dünyanın birçok ülkesinde yaz ve kış saati uygulaması yapılmaktadır. Bir ülke içerisinde işe başlama ve bitiş saatlerinin ayarlanması, kurumların ve sistemlerin ortak hareket edebilmesi için ortak saat kullanılmaktadır. Örneğin, haberleşme ve ulaşım sistemlerinin hızlı ve düzenli bir biçimde yapılabilmesi ortak saatle daha kullanışlı olabilmektedir. Çünkü yerel saat sosyal ve ekonomik alanda karışıklıklara sebep olabilmektedir. Bu nedenle küçük yüz ölçüme sahip ülkelerde tek bir ortak saat, büyük yüz ölçüme sahip ülkelerde ise birden fazla ortak saat kullanılabilmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'deki tüm illerde güneşin doğuşundan önce veya batışından sonra çalışılan toplam mesai saatleri hesaplanmıştır. Bunun için güneşin doğuş ve batış saatleri dikkate alınarak işe başlama ve bitiş saatleri arasındaki farklar alınmıştır. Ayrıca tüm illerdeki nüfus sayıları ile gün ışığından faydalanmadan çalışılan toplam zaman çarpılarak bütün nüfusun kaç milyon saat, gün ışığından faydalanmadan çalıştığı hesaplanmıştır. Türkiye'nin toplam nüfusu mevcut sistemde 12.352 saat karanlıkta mesai yapmaktadır. GMT+3 uygulandığında ise toplam nüfus sadece 3.136 saat gün ışığından faydalanmadan mesai yapabilecektir. Bu ise %75 tasarruf anlamına gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaz saati, Türkiye, ortak saat uygulaması, enerji-çevre ilişkisi.

The Evaluation of the Implementation of Daylight Saving and Winter Time for Turkey

Abstract

In most countries of the world, daylight saving time and winter time have been applied due to the changes in the time of sunrise and sunset according to seasons. In a country, daylight saving time has been used i to regulate working hours in the same time at all companies and institutions. For instance, it can be much more functional to execute communication and transportation systems expeditiously and steadily with using daylight saving time since, while local time can result in confusion in social and economic life. Therefore, in the countries which have small areas it can be used one common time, while in the countries which have big areas more than one common time can be used.

In this study, in all cities total working hours before sunrise and after sunset have been calculated for all cities and towns in Turkey. To do that, the variation between start and finish time for work has been figured taking account of sunrise and sunset. Moreover, how many hours the whole population works without profiting from daylight have been calculated by being multiplied the head counts in all cities by working hours. Turkey's total population in the current system is working 12.352 hours after sunset. When GMT+3 applied total population can work only 3.136 hours without getting daylight and this means 75% savings.

Keywords: Daylight saving time, Turkey, practice of daylight saving time, energy-environment relationship.

1. Giriş

İnsanlar her türlü işlerini bir zamana bağlı olarak yaptıkları için zaman her insan için önemlidir. Zaman bir toplantı isteğinin alınıp daha sonra aynı anda toplanılmasına imkân veren basit bir kavram gibi görülebilir. İnsanların ortak hareket etmelerini, anlaşmalarını sağlayan zamandır. Zamanın günlük hayatta kullanımı dikkate alındığında önemi daha çok anlaşılabilir. Zamanı ölçmek için saat kullanılmaktadır. Saat yapılan işlerin belirli bir zaman çerçevesinde ve belirli bir anda başlayıp yine belirli bir anda bitmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İşte bu belirlenmiş olan anları takip etmemizi kolaylaştırmak için ve günlük hayatımızı bir düzene oturtmak için saat kullanırız.

Ülkeler arasındaki gelişen ilişkilerde, saat farklılıklarından dolayı ortaya çıkan karışıklıkları önlemek amacıyla uluslararası saat ayarlamalarına gidilmiştir. Kendi eksenini etrafında bir tam turunu 24 saatte tamamladığı için Dünya, 24 saat dilimine ayrılmıştır. 360 meridyen yayı olduğuna göre, her saat diliminden 15 meridyen geçmektedir. Bilim ve teknolojinin hızla gelişmesiyle ülkeler arası ekonomik ve siyasi ilişkilerin artması, buna bağlı olarak iletişimin hızlı olması uluslararası saatin doğmasına yol açmıştır. Bu sebeple saat dilimleri oluşturulmuştur. Saat dilimleri her yerde tam olarak meridyenleri takip etmez, siyasi sınırlara, kıta kenarları veya adaların konumuna göre girinti veya çıkıntı yapabilir.

Başlangıç meridyeni olarak İngiltere'nin Londra şehrinin Greenwich kasabasından geçtiği varsayılan çizgi kullanılmaya başlandı (Akkuş, 1995:22). Greenwich Mean Time (GMT), adını başlangıç meridyeninin geçtiği İngiltere, Londra'nın güney doğu banliyösü Greenwich'ten alan bir zaman dilimidir. Burada bulunan rasathanenin üzerinde bulunduğu kabul edilen meridyen, sıfır noktası kabul edilmektedir. Bu meridyenden doğuya doğru gidildikçe ileri, batıya doğru gidildikçe geri gidilmiş olmaktadır. Meridyenler arası 4 dakikadır ve her 15°'lik dilim bir saat olarak kabul edilmektedir. Berkan'a göre (2009), GMT aslında bir nevi dünya çapında Saatleri Ayarlama Enstitüsü şeklindedir. Çünkü herkes saatini oraya bakarak ayarlamaktadır. Londra'dan doğuya doğru gittikçe saat dilimleri GMT+1 veya GMT+2 diye, batıya doğru gittikçe de GMT-1 veya GMT-2 şeklinde gider. Mesela Türkiye GMT+2'dedir. Çünkü bulunduğu matematik konum bunu gerektirmektedir. Türkiye'de saat 14.00 iken Londra'da Big Ben 12.00'ı çalmaktadır.

Türkiye'de gün ışığından daha fazla yararlanmak ve elektrik enerjisinin aydınlatmada kullanılan miktarından tasarruf etmek amacıyla yapılan yaz saati uygulaması 7 ay sürmektedir. 2008 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı yaz kış saati uygulamasının kaldırılmasını ve 2,5 GMT (37,5° doğu boylamı) zaman diliminin oluşturulup kullanılmasını önermiştir. Fakat çalışmada herhangi bir ilerleme olmamıştır(www.enerji.gov.tr).

Enerji ithalatı Türkiye'de 2006 yılında 29 milyar dolarla ihracat gelirlerinin % 34'üne, 2007'de ise 33 milyar dolar ile % 30'una ulaşmıştır. Türkiye enerji tüketiminde büyük bir tasarruf potansiyeline sahiptir. EİE (YEGM)'nin çalışmaları, ülkede 2020 yılında 222 milyon TEP birincil enerji talebi içinde yaklaşık %15 enerji tasarrufu potansiyeli bulunabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan Dünya Bankası tarafından yapılan bir çalışmada ise %27 enerji tasarrufu potansiyelinin varlığına işaret edilmektedir (TMMOB Raporu, 2012:2). Bu enerji ithalatını azaltmada bir miktar da olsa katkı sağlamak için çalışmamızın konusu olan ortak saat uygulamasında değişiklik yapılmalıdır.

Ülkemizde kişi başına elektrik tüketimi 2011 yılı sonunda 3010 kWh'e ulaşmış olmakla birlikte gelişmiş ülkelerin 8000

kWh'den başlayan değerinin altındadır. Türkiye'de konutlarda tüketilen enerjinin miktarı, gelir gruplarına göre değişmekle birlikte, % 15- 20'si aydınlatma için kullanılmaktadır. Ofis ve ticari binalarda aydınlatma, elektrik tüketiminin %30-40'ını oluşturmaktadır (TMMOB Raporu, 2012: 113-119).

2. Veri ve Yöntem

Kuzey yarımkürede yer alan Türkiye'ye (36° - 42° kuzey enlemleri, 26°-45° doğu boylamları) konumundan dolayı güneş ışınları hiçbir zaman dik gelmez. Bununla birlikte 21 Haziran tarihinde güneş ışınları en yüksek açı ile gelmekte ve Türkiye'de güneşlenme fazla olmaktadır. 21 Aralık tarihinde ise güneşlenme süresi en az olmaktadır. Bundan dolayı özellikle kış aylarında güneş ışınlarından daha etkin faydalanmamız gerekmektedir.

Çalışmada Türkiye'deki bütün illerde güneşin doğuş ve batış saatleri dikkate alınarak, gün ışığından faydalanılmayan mesai saatlerinin hesapları yapılmıştır. 81 il için Fazilet Takvimi'nin güneş doğuş ve batış saatleri dikkate alınmıştır. Ayrıca 81 ilin 2012 nüfus bilgileri (TÜİK, 2013) dikkate alınmıştır.

3. Dünyada Yaz ve Kış Saati Uygulamaları

Yıl içinde saatlerin ileri veya geri alınması ilk olarak 1908 yılında İngiltere'de görülmektedir. Ancak Avrupa'da ilk olarak 1916 başında savaş nedeniyle benimsenir. Osmanlı Devleti'nde de bu uygulama diğer Avrupa ülkeleriyle birlikte 1916 yılında başlamıştır (Akçam, 2008).

Dünyadaki uygulamanın tarihteki fikir babası "Gece erken yatıp sabah erken kalkmak, insanı sağlıklı, zengin ve akıllı yapar" diyen Benjamin Franklin'dir. 1784'de ABD'nin Fransa büyükelçisi olduğu sıralarda Paris halkının -o zamanlar bulunması çok zor olan- mum israfını önlemesi ve gündüzden daha çok yararlanması için bir mektup yayınladı ve mumun karneye bağlanması, insanların gün doğumuyla birlikte top atışı yapılarak uyandırılması gibi önerilerde bulunur. Ama çağdaş anlamıyla uygulamanın asıl önerisinin Yeni Zelandalı böcek bilimci George Vernon Hudson olduğu söylenir. Hudson 1895 ve 1898 yıllarında yayınladığı iki bildiriyle iki saatlik bir uygulama önermiştir. O günden sonra birçok ülke bu uygulamayı benimseyerek kullanmaya başlamıştır (www.astrolojidergisi.com). Bununla birlikte, ülkeler arasında farklılıklar gösterebilir (Şekil 1).

Yaz saati uygulaması herhangi bir ülkede veya bölgede gün ışığından, sabahları daha az, öğleden sonra daha çok yararlanmak üzere, periyodik olarak, saatlerin belirli bir miktarda değiştirilmesidir. Genellikle bu uygulama kapsamında saatler ilkbahar başlangıcında bir saat ileri, sonbaharda ise bir saat geri alınır (Downing, 2005).

Bazı ülkeler gün ışığından daha çok yararlanarak enerji ve insan sağlığı açısından verim sağlamak amacıyla yaz saati ya da ileri saat olarak adlandırdıkları uygulamalarla geçici meridyen değişiklikleri yaparlar. Yaz saatinin uygulanmasında hedef zaman ve enerji tasarrufudur ama yararlılığı konusunda tartışmalar devam etmektedir. Bazı ülkeler düzenli uygulama yaparken bazıları ise hiç yapmamayı tercih etmişlerdir. Yaz saati uygulayan ülkelerin toplam nüfusu dünya nüfusunun yaklaşık % 23'ünü oluşturmaktadır (www.enerji.gov.tr).

Günümüzde yaz saati uygulamasının başlangıç ve bitiş günleri insanların saat değişikliklerinden etkilenme dereceleri göz önünde bulundurularak Pazar günlerine denk getirilmektedir. İlkbaharda saatlerin 1 saat ileri alınmasıyla insanların uyku düzenlerinde 1 saatlik bir kayıp meydana gelmektedir. Sonbaharda saatlerin 1 saat geri alınmasıyla uyku saatlerinde 1

saatlik bir kazanç olmaktadır. Uyku düzenlerinde meydana gelen bu kazanç ve kayıpların insanların fizyolojik düzenlerinde olumsuzluklar meydana getirdiği ve rasyonel bir şekilde karar almalarını zorlaştırdığı düşünülmektedir. Saatlerin ileri ve geri alındığı Pazar gününün bir ertesi ve ilk iş günü olan Pazartesi günlerinde, hisse senedi piyasalarında işlem yapanların bu değişiklikten etkilenebilecekleri görüşü ileri sürülmektedir. Uyku düzenlerinde meydana gelen bozukluğun yaratmış olduğu yorgunluk ile insanlar hisse senedi piyasalarında gerçekleştirecekleri işlemleri erteleme psikolojisine girebilmektedirler. Bunun en büyük nedenlerinden birisi insanların, fizyolojik yapılarında uykusuzluktan dolayı meydana gelen moral bozukluğu ve yorgunluğun işlemlerini gerçekleştirirken rasyonel karar vermelerini etkileyeceği endişesine kapılmalarıdır (Kamstra vd., 2000;1005-1011).

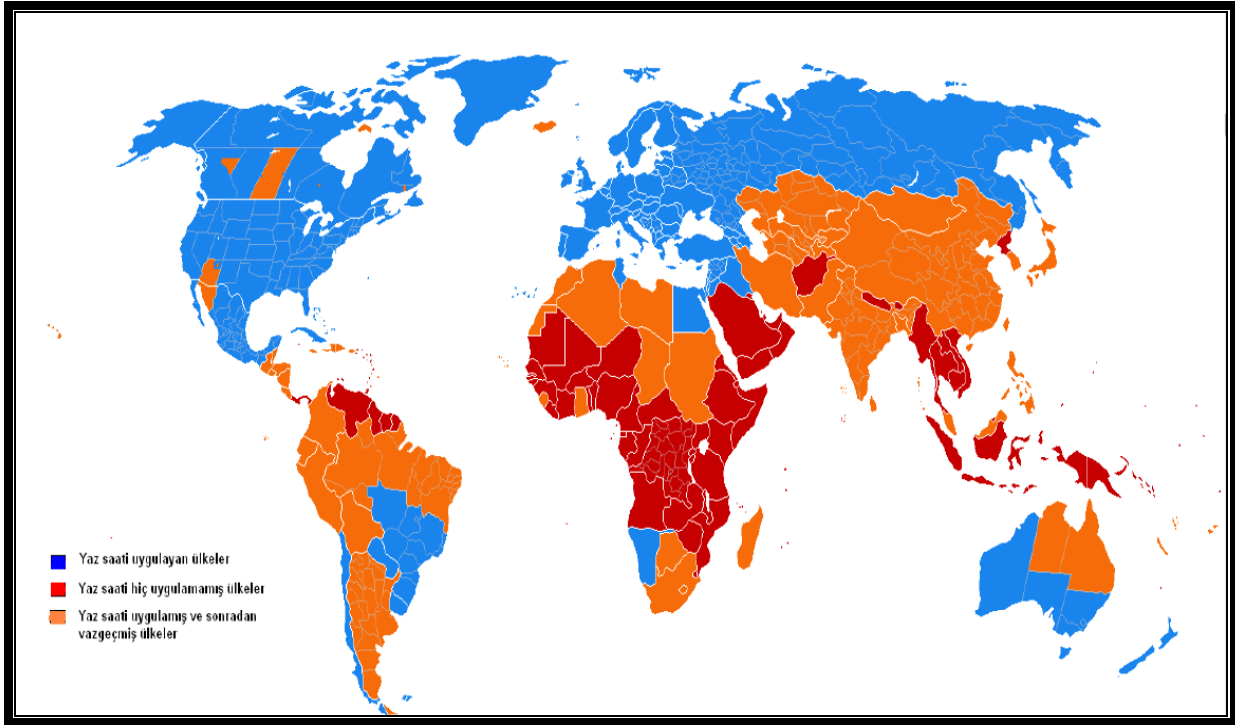
Aşağıda yaz saati uygulaması ile ilgili olarak dünyadaki ülkelerin genel durumu verilmiştir (www.enerji.gov.tr).

kısmı, Orta ve Güney Amerika kıtasındaki bazı ülkeler, ABD ve Kanada'nın bazı eyaletlerinde yaz saati uygulaması sonradan kaldırılmıştır (Şekil 1).

4. Türkiye'de Yaz Saati Uygulaması

Türkiye, matematik konumundan dolayı GMT+2 ve GMT+3 zaman dilimleri arasında kalmakta olup İzmit ilinden geçen 30° doğu boylamını referans almaktadır. Ancak, yaz saati uygulanırken Doğubayazıt üzerinden geçen 45° doğu boylamına (GMT+3) geçilir ve saatler 1 saat ileri alınır.

Yaz saati, zaman ve enerji tasarrufu amacıyla bir bölgede gün ışığından daha çok yararlanmak üzere saatin belirli bir ölçüde değiştirilmesi uygulamasıdır. Türkiye'nin yıl içindeki güneşlenme süresi bulunduğu yarımküre ve enleme bağlı olarak Aralık ve Ocak aylarında az olup, Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında ise fazladır (Şekil 2). Şekilden anlaşılacağı üzere yazın



Şekil 1: Dünyadaki Yaz Saati Uygulamaları (www.enerji.gov.tr'den 11.10.2014 tarihinde alınmıştır.)

a. Yaz Saati Uygulayan Ülkeler:

AB ülkeleri, ABD, Kanada, Meksika, Şili ve Mısır'dır. Fakat bunun yanında ABD, Kanada, Avustralya ve Brezilya gibi yaz saati uygulayan ülkelerin bazı eyalet ve bölgelerinde yaz saati uygulaması yapılmamaktadır. Ayrıca bu ülkelerde yaz saati uygulamasının faydalı olup olmadığı ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. 2007 yılında ABD, uygulamanın zamanında değişiklik yaparak üç hafta daha uzatmış ve yaz saati süresini yaklaşık 8 aya çıkarmıştır.

b. Yaz Saatini Hiç Uygulamamış Ülkeler:

Venezüella, Tayland, Arap yarımadası, Orta Afrika kıtasının bir bölümü, Güney Amerika'nın bazı ülkeleri ve bazı Uzakdoğu ülkelerinde yaz saati uygulaması hiç yapılmamıştır.

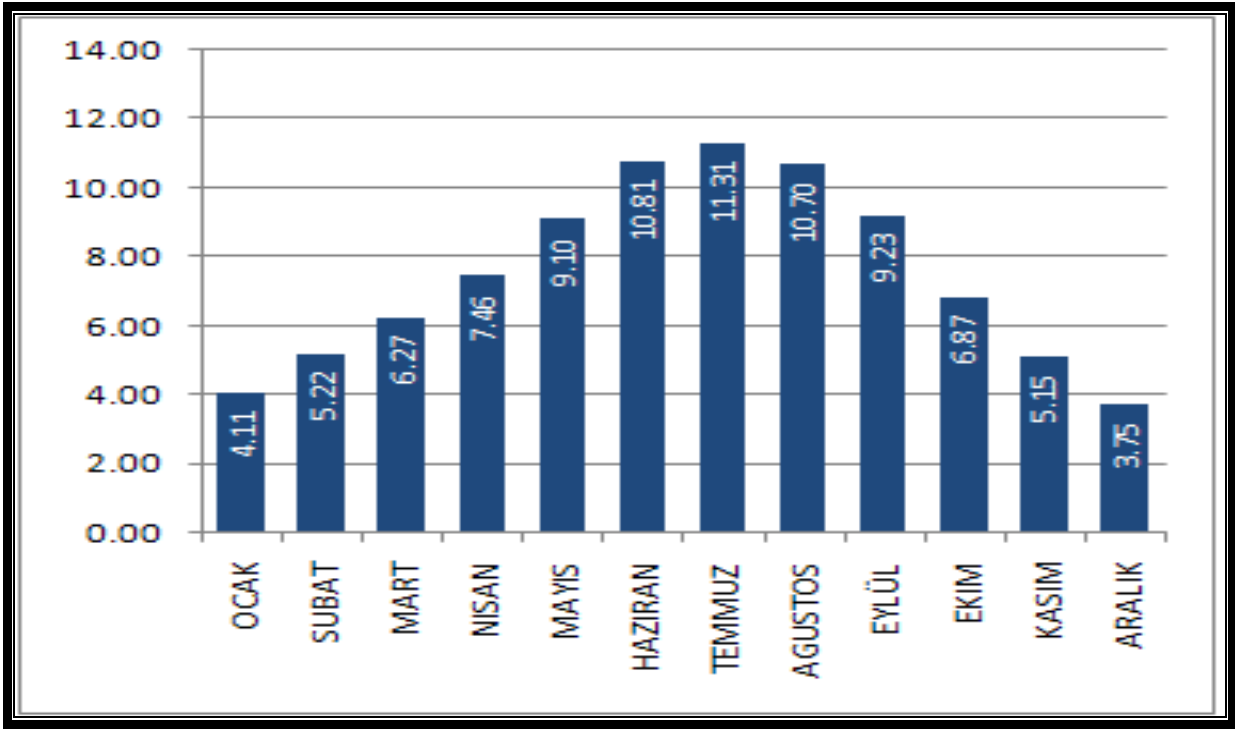
c. Yaz Saati Uygulamış fakat Sonradan Vazgeçmiş Ülkeler:

Çin, Japonya, Güney Kore, Hindistan, Pakistan, Libya, Cezayir, Peru, Arjantin, Orta Asya Ülkeleri, Avustralya'nın bir

güneşlenme fazla iken, kış aylarında güneşlenme ve gün ışığı az olmaktadır. Böylece sadece kış aylarındaki gündüz kısalığından dolayı saatlerin geri alındığı bilinmektedir.

Türkiye'de başlangıç ve bitiş tarihlerinde Avrupa ülkeleriyle birlikte hareket edilen yaz saati uygulaması, çalışma saatlerinin günün güneşli bölümüne alınması ve gün ışığından daha fazla yararlanılması ve elektrik enerjisinin aydınlatmada kullanılan bölümünden tasarruf sağlanmasını amaçlamaktadır. Yaz saati uygulaması Mart ayının son Pazar günü, saatlerin bir saat ileri alınmasıyla başlamakta ve Ekim ayının son Pazar günü, saatlerin bir saat geri alınmasıyla sona ermektedir (Korkmaz, Başaran ve Çevik, 2010:1145).

26/12/1925 tarih ve 697 sayılı Kanunda "Greenwich'e göre otuzuncu derecede bulunan boylam dairesi bütün Türkiye Cumhuriyeti saatleri için esas alınır. Ayrıca başlangıç ve bitiş tarihleri belirtilmek ve bir saati aşmamak şartıyla yaz saati uygulamaya Bakanlar Kurulu yetkilidir." denilmektedir. Uygulama bir kararname ile Resmi Gazete'de ilan edilerek yürürlüğe girer.



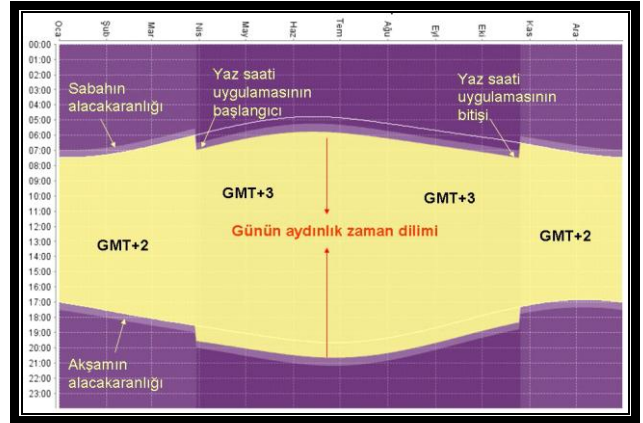
Şekil 2: Türkiye'nin Aylara Göre Güneşlenme Süresi-saat(www.enerji.gov.tr, 10.1.2014 tarihinde alınmıştır).

Türkiye'de yaz saati uygulamalarının en azından teorik olarak mevzuata giriş başlangıcı 1926'dır. Fiili anlamda uygulamaya ise 1 Temmuz 1940 tarihli Bakanlar Kurulu kararıyla geçildiğini belirten kaynaklar vardır. 1978 yılına kadar 30 derece boylamı referans noktasıyken, 1978-1984 arasında sürekli olarak 45 derecelik meridyen kullanılmış ve böylelikle GMT'ye göre fark bir saat daha artmış, yani niyet o olmasa da bir anlamda sürekli ileri saat uygulamasına geçilmiştir. 31 Ekim 1984'te Türkiye, "batı ile uyumu temin etmek" amacıyla kış saati uygulamasına tekrar geçme kararı almıştır. Yani tekrar yaz ve kış saat uygulamasına dönüşmüştür. Bu uygulama birçok olumsuz sonucu beraberinde getirmiştir. Enerji Bakanlığı çalışma öncesi yaptırdığı anketlerde halkın yüzde 70'inin kış saatinden olumsuz etkilendiğini, yüzde 81'inin ise yaz saatini desteklediğini saptamıştır. Yaz saati uygulaması ile yılda 131 milyon TL tasarruf yapıldığı da belirtilerek, "Asıl olan saate geçiyoruz. Tüm dünya yaz saatini uyguluyor." değerlendirilmiştir. Enerji Bakanlığı'na göre kış saatinin dezavantajlarından biri kış aylarında yaşanan ticari sürenin az olması olup bu da ekonomiyi olumsuz etkilemektedir. Özellikle doğu illerinde kışın havanın 16.00'dan önce karardığı düşünülürse ticaretin yeterince gelişmemesinin sebeplerinden biri olduğu söylenebilir (www.sabah.com.tr).

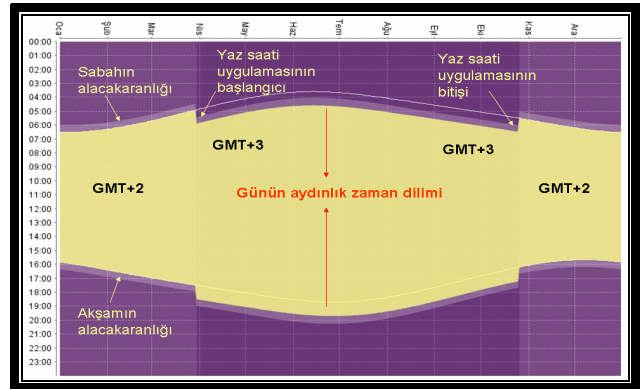
Saatlerimizi kışın geri almamızın nedeni çok basittir. Sabahları erken kalkanlar karanlıkta kalkmasınlar, okullar açıldığında ve işe gittiğimizde hava aydınlanmış olsun diyedir. Ama her iyi şeyin bir de bedeli vardır. Bunun sonucunda kışın akşamları hava daha erken saatte kararıyor ve evimize gece karanlığında dönmek zorunda kalıyoruz (Şekil 3, Şekil 4). Örneğin kışın okullarda haftalık ders programının 7 ders saati olduğu günlerde okuldan çıkış saati 18.30'u bulmaktadır. Bunun da olumsuz sonuçlarının neler olduğu ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

Şekil 3 ve Şekil 4'te görüldüğü üzere Türkiye'de GMT+2 uygulandığı dönem olan kış aylarında güneş en doğudaki Kars'ta 06:00'da doğup, 16:00'da batmaktadır. En batıdaki İzmir'de ise güneş 07:00'da doğup, 17:00'da batmaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere doğu illerinde, gündüz erken başlamaktadır.

Fakat mesai bitimi olan 17:00'a daha 1 saat kalmaktadır. Aynı durum İzmir'de ise güneşin batışı ile birlikte mesai de bitmiş oluyor.



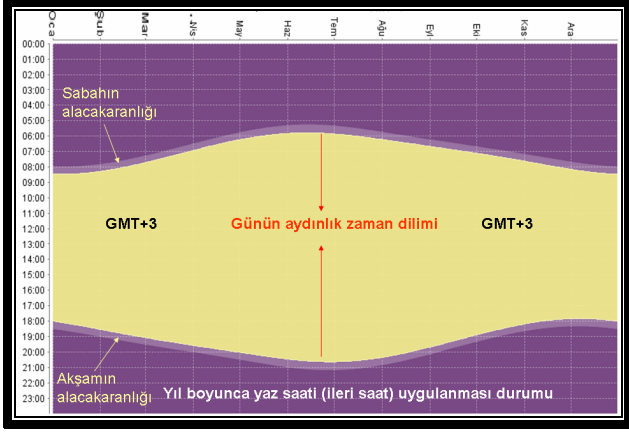
Şekil 3: Türkiye'nin En Batısındaki İzmir'in İleri-Geri Saat Uygulamasına Göre Durumu (www.enerji.gov.tr)



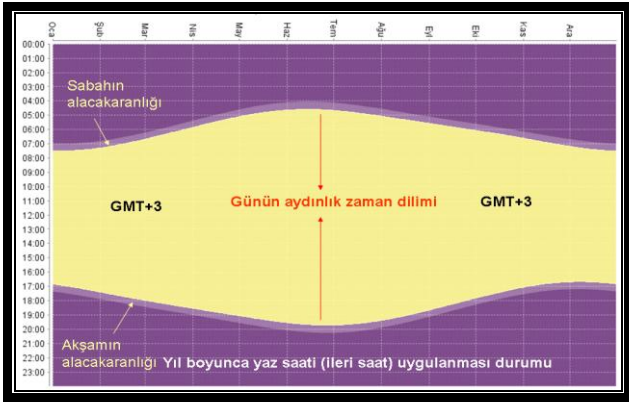
Şekil 4: Türkiye'nin En Doğusundaki Kars'ın İleri-Geri Saat Uygulamasına Göre Durumu (www.enerji.gov.tr)

Ülkemizdeki kamu ve özel işyerlerinin büyük bir çoğunluğu batıda yer almaktadır. Bu işyerlerinde mesai bitiş saati genelde 17:00'dir. Bazılarında ise bu saat 18:00, hatta 19:00'u

bulmaktadır. Bu zaman diliminde aydınlatma yapılmak zorundadır. Bu ise öncelikle kurum ve kuruluşları toplamda ise ülke ekonomisini etkilemektedir.



Şekil 5: Türkiye'nin En Batısındaki İzmir'in Yıl Boyunca Yaz Saati Uygulanması Durumu (www.enerji.gov.tr)



Şekil 6: Türkiye'nin En Doğusundaki Kars'ın Yıl Boyunca Yaz Saati Uygulanması Durumu (www.enerji.gov.tr)

Günümüzde uygulanması için her yıl çalışmaların yapıldığı fakat bir türlü netice alınamayan sürekli yaz saati yani GMT+3'e (Şekil 5 ve Şekil 6) baktığımızda ise GMT+2'deki sıkıntılar görülmemektedir. Çünkü Karsta güneş 07:00-17:00 arasında, İzmir'de ise 08:00-18:00 arasında yüzünü göstermektedir. Zaten mesai saatleri de bu zaman diliminin içinde kalmaktadır. Bu sebepten dolayı ileri-geri saat uygulaması yerine sürekli GMT+3'ün uygulanması daha uygun olacaktır.

Farklı bir açıdan bakıldığında ilkbaharda yapılan yaz saati uygulamasının BorsaİSTanbul (BİST)'de yatırımcıların yatırım kararlarını negatif yönde etkileyerek satış ağırlıklı işlem yapmalarına neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ilkbahar döneminde yapılan yaz saati uygulamasının ortalama getiri üzerindeki etkisi %10 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Ayrıca yaz saati uygulamasının BİST 100 endeksi getirisi üzerindeki etkisi ilkbahardaki, sonbahardaki ve ikisinin birleşimi olan toplam etki üzere üç farklı şekilde ortalama getiri ve şartlı değişim açısından ele alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, sadece ilkbahar döneminde uygulanan yaz saati uygulamasının BİST 100 endeksinin ortalama getirisi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Korkmaz, Başaran ve Çevik, 2010:1147-1152).

EK-1'de illerin boylam dereceleri, nüfus miktarları ve ülke nüfusundaki oranları, uygulanan ileri-geri saat uygulaması (mevcut sistem), GMT+2 ve GMT+3'e göre gün ışığından önce veya sonra çalışılan mesai saatleri toplamı saat ve milyon saat (ilde yaşayan toplam bireylerin sayıları ile çarpılarak elde edilmiştir) yer almaktadır. Sadece 26° -37° doğu boylamları

arasında kalan batı illerinde toplam nüfus 61.806.409 iken, diğer illerde nüfus miktarı ise 13.820.975'tir. Bu değerler ise nüfusun %82'sinin batı illerinde yaşadığını, %18'inin ise doğu illerinde yaşadığı anlaşılmaktadır.

5. Türkiye'de Yaz ve Kış Saati Uygulamasının Enerji ve Çevre Üzerindeki Etkisi

Enerji, hayatımızın her yönünü etkilemektedir. Çünkü ışık, ısı, ulaşım ve diğer araçlar için yakıt sağlar. Bugün fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin, çevre üzerindeki etkisi her zaman olduğundan daha fazla düşünülmesi gereken bir konudur. Artık hepimiz enerjinin üretim ve tüketim şeklini değiştirmeye başlamadığımız takdirde geri dönüşü olmayan bir çevre kriziyle karşı karşıya olduğumuzu anlamış bulunmaktayız. Bunun içinde, yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha fazla kullanmamız ve enerji verimliliğine daha fazla odaklanmamız gerekmektedir. Hedefe varmak için birey, toplum, sanayi temsilcileri veya yetkili kamu kuruluşları olarak hepimizin bu çabaya katılması gerekmektedir. Enerjinin kapsamını değiştirme yolunda yapılacak olan en küçük katkı dahi önemsiz olmayacaktır (www.ibb.gov.tr). Türkiye'de 2008 yılında tüketilen elektrik enerjisi 159.418 GWh olmuştur (www.eie.gov.tr). Yaptığımız çalışmanın da amacı küçük de olsa bu tüketim miktarında azaltma sunabilmektir.

1985-2012 yılları arasında yapılan hesaplamalara göre Türkiye'nin ortalama günlük güneşlenme süresi 6,8 saattir (www.mgm.gov.tr). Artan fosil yakıtları tüketimi neticesinde hava kalitesinin düşmesi gibi olumsuzluklar yer almaktadır. Türkiye'de kullanılan enerjinin yaklaşık dörtte üçü ithal edilmektedir. Bu enerjinin bir kısmı iş yerlerinde başta aydınlatma olmak üzere farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Birçok ülkede iş saatlerinin güneş doğuş ve batış saati dikkate alınarak güneş ışığından daha fazla istifade amaçlı olarak yaz aylarında ileri saat uygulaması yapılmaktadır (www.enerji.gov.tr).

Türkiye yılın 5 ayını GMT+2 olarak kış saati, 7 ayını ise yaz saati uygulaması olarak GMT+3 kullanılmaktadır. Türkiye'de yılın büyük bölümünde yaz saatinin uygulandığı görülmektedir. Yaz saati uygulaması ile yılda 131 milyon TL tasarruf yapıldığı (www.enerji.gov.tr) hesaplanmıştır.

Yapılan bir çalışmada 2007-2030 yılları arasındaki enerji kullanımının artışının dörtte üçünden fazlasının yine fosil kaynaklar tarafından sağlanacağı öngörülmektedir (Enerji Raporu, 2012:12). Bu ise hem ülkenin doğal kaynaklarının hızla tükenmesine hem de çevre için çok zararlı olan bir yakıtın fazla kullanılacağı anlamına gelmektedir. Gelecek nesillere bırakabileceğimiz en önemli mirasın artık günümüz şartlarında iyi bir çevre olduğu ise bütün dünyaca dillendirilmektedir.

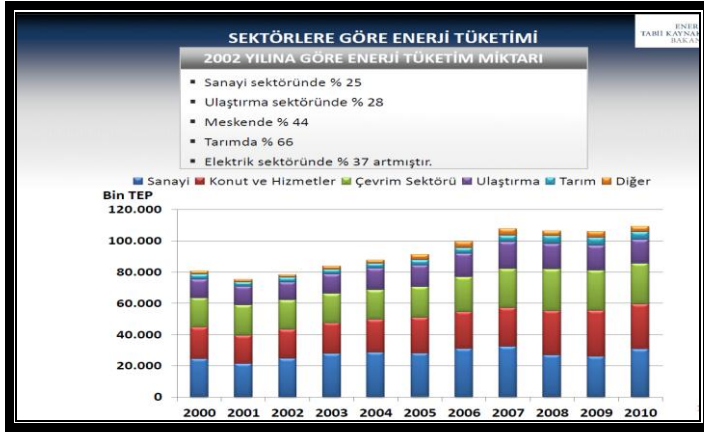
Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), orta ve uzun vadede enerjiye olan talebin en hızlı artış kaydetmesi beklenen ülke olarak Türkiye'yi işaret etmiştir (Enerji Sektörü Raporu, 2012:12). Bu enerjiyi elde etmek için ise fosil yakıtların kullanılmasa kaçınılmazdır. Tablo 1'de Türkiye'nin elektrik tüketiminin sektörler göre dağılımı verilmiştir. Bu tabloda 2011 yılından 2012'ye geçerken toplamda bir artışın olduğu görülmektedir. Artış sebeplerinden birinin de resmi/özel kurumlardaki kullanımın artışı görülmektedir. Resmi/özel dairelerde kullanılan elektrik miktarında artışın son yıllarda kullanılan elektronik aletlerin sayısındaki artış olduğu düşünülse de akşam karanlığında kullanılan aydınlatmanın da etkili olduğu unutulmamalıdır.

Tablo 1. Net elektrik tüketiminin sektörlere(%) göre dağılımı (TEDAŞ)

Yıl	Toplam(GWh)	Mesken	Ticaret	Resmi daire	Sanayi	Aydınlatma	Diğer ⁽¹⁾
2011	186.100	23,8	16,4	3,9	47,3	2,1	6,5
2012	194.923	23,3	16,3	4,5	47,4	2,0	6,5

(1) Tarım, hayvancılık, balıkçılık, içme ve kullanma suyu pompaj tesisleri, kamuya ait hizmetler vb. tüketimleri içerir.

Şekil 7'de Türkiye'nin sektörlere göre enerji tüketimi gösterilmiştir. Şekil 7'ye göre Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerinde 2000-2010 yılları arasındaki değişim ve farklı sektörlerin paylarının da yer alması açısından önemlidir. Veriler incelendiğinde son 10 yılda tüketimin artış oranları görülmektedir. 2002 yılında göre sanayi sektöründe % 25, ulaştırma sektöründe % 28, meskende % 44, tarımda % 66, elektrik sektöründe % 37 oranında bir artış gözlenmektedir.



Şekil 7. Türkiye'nin Enerji Tüketimi (www.enerji.gov.tr)

Bu sonuçlara göre meskenlerdeki enerji tüketiminin nerdeyse yarı yarıya bir artış gösterdiği, buna bağlı olarak artışın daha sonraki yıllarda devam edeceği düşünülmektedir. Meskenlerdeki enerji tüketiminde birçok farklı faktör etkilidir. Örneğin teknoloji çağında olmamızdan dolayı evlerde kullanılan TV, bilgisayar, buzdolabı, ütü vs. sayısının artması elektrik tüketiminde mutlaka önemlidir. Fakat insanların evde olmadıkları zamanlarda mesai saatinden dolayı işyerlerinde veya sosyal ortamlarda olacağı da unutulmamalıdır. Bu nedenlerden dolayı Türkiye'de saatlerin sürekli yaz saati şeklinde GMT+3 olarak düzenlenmesi birçok açıdan insanların işyerlerinde fazladan elektrik tüketimini engelleyecektir.

Kaliteli bir aydınlatmada dikkat edilecek en önemli nokta; görme yeteneği ve görme konforundan taviz vermeden, minimum düzeyde gerekli olan aydınlık düzeyini sağlamaktır (Yaman, 2007:5). Türkiye'de endüstride %15, bina sektöründe %35 ve ulaşım sektöründe %15 asgari enerji tasarrufu potansiyelinin var olduğu belirtilmiştir. Söz konusu potansiyel, yenilenebilir enerji kaynakları bile kullanılsa enerji üretmek yerine EV(Enerji Verimliliği)önlemlerinin uygulanmasıyla çok daha fazla enerji kazancı sağlanabileceği anlamına gelmektedir. Eğer enerji verimliliğinde başarılı adımlar atılabilirse, 2020 yılı için talep tahmini %20 oranında azaltılabilir (TMMOB Raporu, 2008:34).

Tablo 2: Türkiye'nin Toplam İthalatı İçindeki Enerji İthalatı Payı (www.enerji.gov.tr)

Yıl	TÜRKİYE'NİN TOPLAM İTHALATI, ENERJİ İTHALATI VE ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNÜN PAYI					
	TOPLAM İTHALAT (Milyar \$)	ENERJİ İTHALATI (Milyar \$)	ULAŞTIRMA (Milyar \$)	ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNÜN ENERJİ İTHALATI İÇİNDEKİ PAYI (%)	ENERJİ (Milyar \$)	ENERJİ SEKTÖRÜNÜN ENERJİ İTHALATI İÇİNDEKİ PAYI (%)
2002	51,5	9,20	5,41	58,80	3,79	41,20
2003	69,3	11,58	6,58	56,82	5,00	43,18
2004	97,5	14,41	8,64	59,96	5,77	40,04
2005	116,7	21,26	12,41	58,37	8,85	41,63
2006	139,5	28,86	16,61	57,55	12,25	42,45
2007	170,1	33,88	19,34	57,08	14,54	42,92
2008	201,9	48,28	27,03	55,99	21,25	44,01
2009	140,9	29,91	15,17	50,72	14,74	49,28
2010	185,5	38,49	21,03	54,64	17,46	45,36
2011	240,8	54,1	33,6	62,11	20,50	37,89

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre (Tablo 2), 2011 yılında ülkemizin toplam ithalatı 240,8 milyar dolardır. Enerji ithalatı ise 54,1 milyar dolardır. Enerji ithalatı toplam ithalatın % 22'sini oluşturmaktadır. 54,1 milyar dolarlık enerji ithalatının % 33,6 milyar doları ulaştırma sektörü içindir. Bu tutar, enerji ithalatının % 62,11'ini oluşturmaktadır. Ulaştırma sektörünü düşüğümüz zaman enerji ithalatı miktarı 20,50 milyar dolardır. Toplam enerji ithalatının içinde enerji sektörünün payı ise % 37,89 ile büyük bir miktardır. Enerji sektörü ülkelerin en önemli giderlerini oluşturmaktadır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bu durum daha çarpıcı olabilmektedir. Türkiye'nin toplam ithalatı içindeki enerji ithalatı miktarı bunu en iyi şekilde açıklamaktadır.

Türkiye'de elektrik enerjisi tüketimi incelendiğinde tabii ki en yüksek değerler sanayi alanında olmaktadır. Meskenler, ticari binalar, resmi daireler, tarım ve aydınlatma gibi sektörlerin oranı ise biraz daha azdır. Fakat çalışma saatlerinin değişmesi bu tüketimler üzerinde etkili olacaktır. Özellikle ticari binalar, resmi daire ve aydınlatma alanındaki toplam harcamalar (%21) ülke tüketiminde artış veya azalmaya neden olacaktır. Yaz ve kış saat uygulamalarında bu değerler mutlaka değişme gösterecektir (EÜAŞ, 2005).

Yüksek enerji verimliliği potansiyeli ve görünürlüğe sahip kamu sektörünün, enerji verimliliği iyileştirmesi programının genel halk kitlesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Kamunun en yüksek enerji verimliliğine sahip klima, ampul, büro ve elektrikli ev aletleri, taşıt ve bina satın alması veya kiralaması piyasayı verimliliğe yönlendirecektir (TMMOB Oda Raporu, 2012:119-120). Bunların kullanımı ile birlikte toplam elektrik tüketiminde de farklılaşma ortaya çıkacaktır.

Fosil yakıtların kullanılması yaşadığımız ve geleceğimizin şekillendiği dünyaya en fazla zararı veren unsurların başında gelmektedir. Bunu öncelikle az kullanarak ve daha sonra tamamen olmasa da denetimli şekilde kullanarak azaltmak bütün ülkelerin ve milletlerin görevidir. Çünkü insanoğlunun gidebileceği başka bir dünya yoktur. Bundan dolayı ülke olarak ne kadar tasarruflu kullanım yaparsak o kadar faydalı olacaktır. Aydınlatma için kullanılan elektrik miktarını da bu çerçevede azaltmak gerekmektedir. Bu açıdan baktığımızda mesai saatlerinin ayarlanması, gün ışığından yararlanılması bu konuda yardımcı olacaktır. Bunun için de ülkemizde EK-1'deki tablodan da anlaşılacağı üzere sürekli yaz saati uygulamasının en kısa sürede kalıcı olarak kullanılması gerekmektedir.

6. Sonuç ve Tartışma

Türkiye'nin batısında yer alan illerde güneşin doğuşu ve batışı geç olmaktadır. EK-1'deki tablodan da anlaşılacağı üzere batı illerinin toplam nüfusu ülke nüfusunun %82'si, doğu illerinin nüfusu ise %18'dir. Ülkelerde ileri-geri saat uygulaması genelde nüfus ve ekonomik faaliyetler dikkate alınarak düzenlenmelidir. Türkiye'de hem nüfus olarak hem de ekonomik faaliyetlerin ülke içerisindeki dağılımını göz önünde bulundurduğumuzda batı illerimizin bu konularda çok önde olduğu görülmektedir.

Ülke içindeki birlik ve beraberliğin bir uygulaması olan ortak saat sistemi Türkiye'de yaz ve kış saat uygulaması şeklindedir. Şu an uygulanan sistem ile Türkiye'nin batı illerinde toplam 6.652 saat mesai, güneş doğmadan veya güneş battıktan sonra devam etmektedir. Bu ise toplamda 277 gün gibi çok yüksek bir sayı ile gün ışığından faydalanmadan mesai yapmak anlamına gelmektedir. Bu değerleri illerdeki toplam yaşayan her bir insanı dahil ederek hesapladığımızda ise 7.113 milyon saat yapmaktadır. Doğu illerimizde de aynı sonuç görülmektedir. 5.700 saat mesai gün ışığından yararlanmadan devam etmektedir. Bu ise 237 güne tekabül etmektedir. Bu sayısal değerler aslında ülkemizin batı devletleri ile birlik ve bütünlüğü sağlamak için yapılan saat uygulamasının ülke ekonomisine, toplumsal yapıya ve düzene, aile ve kişisel problem ve uygulamalara ne kadar tesir ettiğini göstermektedir.

EK-1 incelendiğinde Türkiye'de GMT+2 uygulaması yapılırsa değerler çok fazla değişmemektedir. Hatta gün ışığından daha da az yararlanma söz konusu olacaktır. Batı illerimizin değerleri incelendiğinde 7.572 saat mesai, gün ışığında yapılamayacaktır. Bu ise 315 güne eşit olmaktadır. Şu an uygulanan sistemden de fazla bir zaman çıkmaktadır. Doğu illerinde de 6.777 saat mesai, güneş batmadan veya güneş doğmadan önce yapılacaktır.

GMT+3 (sürekli yaz saati) kullanıldığında ise batı illerimizde (26°-37° doğu boylamları) sadece 1.085 saat mesai, gün ışığından faydalanmadan yapılacaktır. Bu değer 45 güne eşit gelmektedir. Şu an uygulanan (yaz/kış saat değişimi) sistem ile 277 gün (6.652 saat) olarak hesaplanan gün ışığından yararlanmadan yapılan mesai saati 6 kat daha az olacaktır. Bu ise her konuda ülke ekonomisine 6 kat tasarruf anlamına gelmektedir. GMT+3 uygulandığında doğu illerimizde (38°-45° doğu boylamları) 2.051 saat mesai, gün ışığından yararlanmadan yapılacaktır. Mevcut uygulanan sistemde 5.700 saat olan değer 2.051 saate düşecektir. Diğer bir deyişle gün ışığından faydalanmadan yapılan mesai saat toplamı 237 günden sadece 85 güne inecektir.

Yukarıda yapılan değerlendirmeleri illerde yaşayan bütün nüfusu dikkate alarak yaptığımızda mevcut uygulamada batı illerinde 7.113 milyon saat iken, GMT+3 uygulandığında bu sayı sadece 971 milyon saat olacaktır. Yani 7,5 kat daha fazla tasarruf yapılacaktır. Doğu illerimizde ise mevcut sistemde 2.830 milyon saat olan değer, 980 milyon saate düşecektir.

GMT+2 uygulanırsa bu değerler 14.350 saat ve 11.405 milyon saat çıkmaktadır. Mevcut sistem bile bu değerlere göre daha iyi durumdadır. GMT+3 uygulandığında ise sadece 3.136 saat mesai gün ışığından faydalanılmadan yapılmaktadır. Toplam nüfusu dikkate aldığımızda 1.950 milyon saat karanlıkta mesai yapılacaktır. Mevcut sistemle karşılaştığımızda bu rakam 12.352 saatten 3.136 saate inecektir. Yine toplam nüfusun dikkate alınması ile 9.943 milyon saatten, 1.950 saate inecektir. Bu değerler %80 bir tasarrufu göstermektedir.

Sürekli yaz saati uygulaması yapıldığında "güneşin doğmasından 1 saat sonra mesai" fikri de otomatikman devreye girmiş olacaktır. Bu şekilde Türkiye güneş ışığından daha çok faydalanacaktır. Bu durumda özellikle batı illerimizde kış aylarında güneşin doğması geç olduğundan sıkıntı olabileceği düşünülebilir. Ancak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca, yaptığı çalışmalarda, yaz saati ile örneğin Edirne'de güneşin 08:30'da doğabileceği göz önüne alınarak mesai saatlerinin buna göre ayarlanıp (Örneğin 09:00-18:00 ayarlaması) çözülebileceği teklif edilmiştir (www.enerji.gov.tr).

7. Değerlendirme

Sonuç bölümünde Türkiye ile ilgili olarak bazı değerlendirmelerde bulunmuştuk. Daha dikkat çekici bir örnek olması açısından nüfusu en fazla olan İstanbul'un (13.854.740 ile ülke nüfusunun %18,3'ünü oluşturuyor) şu anki uygulanan saat sistemi ile (yani yaz/kış saati uygulaması) yıl boyunca toplam 102 saat (4,5 gün) gün ışığının olmadığı saatlerde mesai yaptığı görülmektedir. Bu değer şehirde yaşayan bütün nüfus ile çarpılarak hesaplandığında 1417 milyon saat olarak çıkmaktadır. Fakat sürekli ileri saat dediğimiz GMT+3 uygulanırsa gün ışığının olmadığı zaman diliminden sadece toplamda 8 saat (1/3 gün) gün ışığı olmadan mesaide kalınmaktadır. Eğer biz bunu şehirde yaşayan her birey için ayrı ayrı hesap yaparsak esas o zaman ne kadar büyük bir farkın olduğunu görürüz. Uygulanan sistem ile İstanbul'da toplamda yıllık 1417 milyon saat değer çıkarken, sürekli GMT+3 uygulandığında bu değer sadece 115 milyon saat olacaktır. Yani bu 12 kattan daha fazla bir değer demektir (EK-1).

GMT+3 kullanıldığında Muğla, İzmir, Manisa, Aydın, Çanakkale illerinde yılın hiçbir döneminde mesai saati, güneş doğmadan ve batmadan olmayacaktır. Balıkesir, Denizli'de sadece 2 saatlik mesai, gün ışığında olamayacaktır. Gün ışığından faydalanmadan mesai saatinin yılda 10 saati geçmediği iller (Isparta, Antalya, Afyon, Kütahya, Burdur, Yalova, Uşak, İstanbul, Bursa, Tekirdağ, Kırklareli, Edirne) ile güneş battıktan sonraya hiç kalmayan veya sadece 2 saat kalan illerde toplamda 30.452.885 kişi yaşamaktadır.

Bu illerin sadece nüfus olarak değil aynı zamanda sanayi, ticaret, eğitim, sağlık vb. alanlarda da çok önde olduğu bilinmektedir. Bunlara bağlı olarak enerji tüketiminin en fazla olduğu çevresel sorunların da en önemli olduğu iller bunlardır. Toplam olarak, karanlıkta yapılan mesainin 24 saati geçmediği illerin sayısı 32'dir. 100 saat üzeri mesainin olduğu şehirler ise Ardahan, Kars ve Iğdır'dır. Bu illerin toplam nüfusu 601.873 kişidir. Bu illerin enerji ihtiyaçları ve harcaması ile diğer alanlarda yaptığı çalışmalar da batıdaki illerin sadece bir tanesinde bile olmamaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada hali hazırda kullanılan yaz/kış saat uygulamasının gün ışığından daha fazla faydalanma için yeterli olmadığı görülmüştür. Yaz/kış saati uygulamasının diğer sosyo-ekonomik sıkıntılarını da düşünüldüğünde tek tip saat (GMT+3) uygulamasının daha faydalı olacağı kanaati oluşmuştur.

Teşekkür: Güncel verilerinin sağlanmasına katkıda bulunan Fazilet Takvimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akçam, H. (2008). www.halukakcam.com
Akkuş, A. (1995). Harita Bilgisi, Öz Eğitim Yay. Konya
Berkan, İ. (2009). GMT nedir, peki saat nedir? Radikal Gazetesi (24/10/2009).

Downing, M. (2005). Spring forward: the annual madness of daylight saving time. Enerji Sektörü Raporu, 2012, ttp://geka.org.tr
<http://www.euas.gov.tr>
<http://www.fazilettakvimi.com>
<http://www.tedas.gov.tr>
 Kamstra, M. J., Kramer, L. A. and Levi, M. D. (2000). Loosing sleep at the market: the daylight saving anomaly, the american economic review, 90(4):1005-1011.
 Korkmaz, T., Başaran, Ü., Çevik, E.İ. (2010). Yaz saati uygulaması anomalisinin BİST 100 endeks getirisine etkisinin test edilmesi, Ege Akademik Bakış, Cilt:10,4 ss. 1139-1153
 Resmi Gazete, 26/12/1925 tarih ve 697 sayılı kanun, www.resmigazete.org

TMMOB raporu (2008). Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği oda raporu, TMMOB makina mühendisleri odası.
 TMMOB Raporu (2012). Dünya’da ve Türkiye’de enerji verimliliği, Genişletilmiş Üçüncü Baskı, TMMOB makina mühendisleri odası.
 TÜİK (2013). www.tuik.gov.tr
www.sabah.com.tr
www.astrolojidergisi.com
www.eie.gov.tr
www.enerji.gov.tr, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Meridyen değişikliği ve yaz saati uygulaması başlıklı rapor.
www.ibb.gov.tr
www.mgm.gov.tr
 Yaman, Y., (2007). Enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynakları, Birsan Yay., İstanbul

EK-1: Güneş doğmadan önce/battıktan sonra çalışılan toplam mesai saati. Her il için toplam saat farkı ve bu farkın nüfus yüzdesi ile birlikte değerlendirilmesi.

Sıra No	Şehir	Boylam	Nüfus	Yüzdesi	Uygulanan Sistem		GMT+2		GMT+3	
					Saat	Saat*	Saat	Saat*	Saat	Saat*
1	Çanakkale	26.41	493 691	0.7	79	39	85	42	0	0
2	Edirne	26.57	399 708	0.5	87	35	94	38	3	1
3	İzmir	27.13	4 005 459	5.3	75	302	81	326	0	0
4	Kırklareli	27.22	341 218	0.5	93	32	101	34	5	2
5	Manisa	27.43	1 346 162	1.8	79	106	86	115	0	0
6	Tekirdağ	27.52	852 321	1.1	90	77	98	83	3	3
7	Aydın	27.85	1 006 541	1.3	80	80	87	87	0	0
8	Balıkesir	27.88	1 160 731	1.5	87	101	95	110	2	2
9	Muğla	28.36	851 145	1.1	80	68	87	74	0	0
10	İstanbul	28.98	13 854 740	18.3	102	1417	113	1559	8	115
11	Bursa	29.07	2 688 171	3.6	99	265	109	292	6	17
12	Denizli	29.09	950 557	1.3	88	84	97	92	2	2
13	Yalova	29.27	211 799	0.3	103	22	113	24	8	2
14	Uşak	29.41	342 269	0.5	95	33	105	36	5	2
15	Kocaeli	29.88	1 634 691	2.2	108	177	120	196	11	18
16	Bilecik	29.98	204 116	0.3	106	22	118	24	10	2
17	Kütahya	29.98	573 421	0.8	102	59	113	65	8	4
18	Burdur	30.29	254 341	0.3	97	25	108	28	5	1
19	Sakarya	30.44	902 267	1.2	113	102	126	114	13	12
20	Eskişehir	30.52	789 750	1	109	86	122	96	11	9
21	Afyon	30.54	703 948	0.9	104	73	116	82	8	6
22	Isparta	30.55	416 663	0.6	99	41	111	46	6	2
23	Antalya	30.71	2 092 537	2.8	97	203	109	228	5	10
24	Düzce	31.16	346 493	0.5	120	42	135	47	17	6
25	Bolu	31.61	281 080	0.4	123	34	138	39	19	5

Sıra No	Şehir	Boylam	Nüfus	Yüzdesi	Uygulanan Sistem		GMT+2		GMT+3	
26	Zonguldak	31.8	606 527	0.8	128	77	144	87	22	13
27	Bartın	32.34	188 436	0.2	134	25	152	29	26	5
28	Konya	32.48	2 052 281	2.7	118	242	135	276	15	30
29	Karabük	32.63	225 145	0.3	134	30	152	34	25	6
30	Ankara	32.85	4 965 542	6.6	129	641	147	730	22	109
31	Aksaray	32.86	379 915	0.5	133	50	153	58	23	9
32	Karaman	33.23	235 424	0.3	121	29	139	33	16	4
33	Kırıkkale	33.52	274 727	0.4	137	38	157	43	26	7
34	Çankırı	33.62	184 406	0.2	141	26	161	30	30	5
35	Kastamonu	33.78	359 808	0.5	145	52	166	60	33	12
36	Kırşehir	34.17	221 209	0.3	137	30	158	35	26	6
37	Mersin	34.63	1 682 848	2.2	132	223	154	259	22	37
38	Niğde	34.68	340 270	0.4	138	47	160	54	26	9
39	Nevşehir	34.72	285 190	0.4	140	40	163	46	28	8
40	Yozgat	34.8	453 211	0.6	147	67	170	77	33	15
41	Çorum	34.96	529 975	0.7	153	81	176	93	37	20
42	Sinop	35.16	201 311	0.3	163	33	188	38	45	9
43	Adana	35.32	2 125 635	2.8	140	297	164	348	26	56
44	Kayseri	35.48	1 274 968	1.7	148	189	173	220	33	42
45	Amasya	35.83	322 283	0.4	161	52	187	60	43	14
46	Hatay	36.18	1 483 674	2	144	214	170	253	29	42
47	Osmaniye	36.25	492 135	0.7	150	74	176	87	32	16
48	Samsun	36.33	1 251 722	1.7	170	213	197	247	49	61
49	Tokat	36.55	613 990	0.8	167	103	195	120	46	28
50	Kahramanmaraş	36.93	1 063 174	1.4	157	167	185	197	37	40
51	Sivas	37.02	623 535	0.8	169	105	198	123	47	29
52	Kilis	37.12	124 320	0.2	156	19	184	23	36	4
53	Gaziantep	37.38	1 799 558	2.4	160	288	189	341	39	70
54	Ordu	37.88	741 371	1	185	137	215	160	59	44
55	Adıyaman	38.27	595 261	0.8	173	103	204	121	47	28
56	Malatya	38.31	762 366	1	177	135	209	159	51	39
57	Giresun	38.39	419 555	0.6	190	80	222	93	63	26
58	Şanlıurfa	38.8	1 762 075	2.3	177	312	211	371	50	88
59	Elazığ	39.23	562 703	0.7	189	106	223	126	59	33
60	Gümüşhane	39.48	135 216	0.2	199	27	234	32	68	9
61	Erzincan	39.5	217 886	0.3	197	43	231	50	66	14
62	Tunceli	39.54	86 276	0.1	194	17	229	20	63	5
63	Trabzon	39.73	757 898	1	205	156	241	182	73	55

Sıra No	Şehir	Boylam	Nüfus	Yüzdesi	Uygulanan Sistem		GMT+2		GMT+3	
64	Bayburt	40.22	75 797	0.1	210	16	247	19	76	6
65	Diyarbakır	40.23	1 592 167	2.1	196	312	233	371	63	101
66	Bingöl	40.5	262 507	0.3	204	54	243	64	70	18
67	Rize	40.52	324 152	0.4	216	70	254	82	81	26
68	Mardin	40.74	773 026	1	199	154	239	184	65	50
69	Batman	41.14	534 205	0.7	206	110	246	132	70	38
70	Erzurum	41.27	778 195	1	219	170	260	202	82	64
71	Muş	41.51	413 260	0.5	215	89	257	106	78	32
72	Artvin	41.82	167 082	0.2	231	39	272	45	92	15
73	Siirt	41.93	310 879	0.4	216	67	259	81	78	24
74	Bitlis	42.12	337 253	0.4	220	74	264	89	81	27
75	Şırnak	42.46	466 982	0.6	220	103	266	124	81	38
76	Ardahan	42.7	106 643	0.1	241	26	286	30	100	11
77	Ağrı	43.06	552 404	0.7	238	132	285	157	97	53
78	Kars	43.08	304 821	0.4	243	74	289	88	101	31
79	Van	43.38	1 051 975	1.4	236	249	285	300	94	99
80	Hakkâri	43.73	279 982	0.4	236	66	287	80	93	26
81	Iğdır	44.03	190 409	0.3	252	48	303	58	108	21
	GENEL TOPLAM		75 627 384	100	12 352	9 943	14 350	11 405	3 136	1 950

* Her il için bulunan bu değer, güneş doğmadan önceki veya güneş battıktan sonraki mesai toplamının o ilde yaşayan toplam nüfus ile çarpımından elde edilmiş (*milyon)'tir



Hekza-(2-Formil-5-Metoksifenoksi)Siklotrifosfazen'in Schiff Bazı Türevlerinin Sentezi ve Karakterizasyonu

Furkan ÖZEN*¹, Kenan KORAN¹, Fatih ASLAN², Mustafa ARSLAN³

¹Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 2300, Merkez/ELAZIĞ/ TÜRKİYE
²Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Osmanbey Yerleşkesi, 63160, ŞANLIURFA/ TÜRKİYE
³Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220 Esenler - İstanbul / TÜRKİYE

(Dergiye gönderilme tarihi: 12 Ocak 2014, kabul tarihi 8 Temmuz 2014)

Özet

Hekzaklorosiklotrifosfazen (1) ile 2-hidroksi-4-metoksi benzaldehydin THF'de K₂CO₃ beraberliğinde oda sıcaklığında argon atmosferindeki reaksiyonundan hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) elde edildi. Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazenin (2), 2-aminofenol, 4-aminofenol, 4-aminobenzoik asit, 2-amino-5-metiltiazol, 4-aminobenzamid, 5-amino-1,3,4-tiazol-2-tiyol, 2-aminobenzotiazol, 4-aminofenol ve 4-aminoasetofenon ile reaksiyonundan Schiff bazı taşıyan fosfazen bileşikler (3-10) sentezlendi. Elde edilen ürünlerin yapıları FT-IR, NMR (¹H, ¹³C, ³¹P) ve elementel analiz ile aydınlatıldı. Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen ile 2-amino-4-klorofenol ve 2-aminobenzimidazol'un reaksiyonundan Schiff bazı elde edilemedi.

Anahtar Kelimeler: Fosfazen, hekzaklorosiklotrifosfazen, Schiff bazı ve fosfazenler

The Derivates Synthesis and Characterization of Some Schiff Base of Hexa-(2-Formyl-5-Methoxyphenoxy)Cyclotriphosphazene

Abstract

Hexa(2-formyl-5-methoxyphenoxy)cyclotriphosphazene (2) was obtained from the reaction of hexachlorocyclotriphosphazene (1) with 2-hydroxy-4-methoxybenzaldehyde in presence of K₂CO₃ at room temperature in THF under argon atmosphere. Schiff base containing phosphazene compounds (3-10) were synthesized by the reaction of hexa[(2-formyl-5-methoxy)phenoxy]cyclotriphosphazene (2) with 2-aminophenol, 4-aminobenzoic acid, 2-amino-5-methyl-1,3-thiazole, 4-aminobenzamide, 5-amino-1,3,4-thiazole-2-thiol, 2-aminobenzothiazole, 4-iminophenol and 4-iminoasetophenon respectively. The structures of the compounds were characterized by IR, ¹H, ¹³C and ³¹P NMR spectroscopy and elemental analysis. Schiff base compounds could not be obtained from hexa[(2-formyl-5-methoxy)phenoxy]cyclotriphosphazene (2) with 2-amino-4-chlorophenol and 2-aminobenzimidazole.

Key Words: Phosphazene, hexachlorocyclotriphosphazene, Schiff base and phosphazenes.

¹*Email: furkanozen23@gmail.com Tlf: 0555 482 20 94

1. Giriş

Fosfor ve azot atomu arasında bulunan çift bağ ile karakterize edilen fosfazen bileşikler, yapılarındaki $-N=PX_2-$ grubunun molekül içinde tekrarlanma sayısına bağlı olarak küçük molekül yapılarından, polimerlere kadar birçok bileşiği içine alan, inorganik bileşikler kapsar. Fosfazen molekülündeki fosfor atomuna bağlı halojenler kolaylıkla süstitüsyon reaksiyonu verdiklerinden fosfazenlerin kimyası oldukça ilgi çekmektedir (Allcock K. G., 1964). Bu bileşikler her fosfor atomuna iki tane süstitüentini bağlı olduğu halkalı veya düz zincirli bileşiklerdir. Bu tür P-N yapılı moleküller daha büyük molekülü bileşikler oluşturmaya yatkındır. Gözlenebilen yapılar trimer, tetramer veya daha az olmakla beraber daha büyük halkalı fosfazenler şeklindedir. Bunlardan en fazla çalışmanın olduğu bileşik grubu siklotrifosfazenlerdir (Özen ve ark. 2012; Koran ve ark. 2012). Oksim, grubu taşıyan fenoksi siklotrifosfazenlerin sentezi ile ilgili çok olmasa da literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Oksim grubu taşıyan siklofosfazenler genellikle karbonil grubu taşıyan siklotrifosfazenlerden sentezlenmiştir (Aslan ve ark. 2008; Çil ve ark. 2006)

Fosfazenlerin ve Schiff bazlarının çok geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Polimerik olmayan halkalı ve lineer fosfazenler antikansorejen ajanlar, böcek öldürücü, pestisitler ve gübre gibi biyolojik olarak önemli maddeler; katalizör, boyalar ve crown eter için destek; yer değiştirme reaksiyonları için faz transfer katalizörü; fosfazen dendimerleri için çıkış maddesi; anyonik polimerizasyon için termal başlatıcılar; ışığa hassas maddeler gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır (Gleria ve ark. 2001). Schiff bazlarının da fosfazenler gibi çok geniş kullanım alanı bulunmaktadır. En çok kullanıldığı yerler sitotoksite, anticonvulsant, antiproliferative, antikanser ve antifungal aktivite gibi biyolojik alandır (Akmal S. ve ark. 2007). Bu çalışmada, hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen, 2,4,6-tris[2-(2-iminofenol)-5-metoksifenoksi]-2,4,6-tris(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, 2,4,6-tris[2-(4-iminobenzoikası)-5-metoksifenoksi]-2,4,6-tris(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, 2,4-bis[2-(2-imino-5-metiliazol)-5-metoksifenoksi]-2,4,6,6-tetra(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, hekza(2-(4-iminobenzamit)-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, 2,4,6-tris[2-(5-imino-1,3,4-tiazol-2-tiol)-5-metoksifenoksi]-2,4,6-tris(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, 2-[2-(2-iminobenzotiazol)-5-metoksifenoksi]-2,4,4,6,6-penta(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen, hekza(2-(4-iminofenol)-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen ve 2,4,6-tris[2-(4-iminoasetofenon)-5-metoksifenoksi]-2,4,6-tris(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen formil ve imin grubu taşıyan yeni organofosfazen bileşikler sentezlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada istenmesine rağmen hekza(2-(2-imino-4-klorofenol)-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen ve hekza(2-(2-iminobenzimidazol)-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen bileşikler elde edilememiştir.

2. Genel Bilgiler

2.1. Hekzaklorosiklotrifosfazen'in Reaksiyonları

Fosfazenlerin en önemli reaksiyonlarından biri alkollerle olan reaksiyonlarıdır. Alkoller ile olan reaksiyonu ariloksi grupları ve tiyoller ile olan reaksiyonlarla benzerlik gösterdiği için, bu üç reaksiyon birlikte incelenmiştir (Rojo ve ark., 2000). Alkoks, ariloksi ve merkaptanların halofosfazenler ile

reaksiyonu sonucu organosüstitüe fosfazenler oluşmaktadır. Genel reaksiyon aşağıda verilmiştir (2.2, 2.3).



Pratikte merkaptan, fenol ve alkol yerine bunların sodyum tuzları kullanılır. Reaksiyon aşağıda belirtildiği gibidir (2.4).



Serbest alkol, fenol veya tiyol kullanıldığı zaman hidrojen halojenürleri ortamdan uzaklaştırmak için trietilamin veya sodyum karbonat gibi bir baz reaksiyon ortamına ilave edilir. Burada X; flor, klor veya brom olabilir. Halofosfazenlerin polimerizasyon derecesini gösteren n sayısı için herhangi bir limit yoktur.

Nükleofilik yer değiştirme reaksiyonları organofosfazenlerin sentezinde kullanılan en kolay yöntemlerden birisidir. Literatürde sıkça rastlanılan bu ürünler kolaylıkla karakterize edilebilir. Bu tür bileşiklerin, özellikle alkoksifosfazenlerin termal ve hidrolitik kararlılıklarından dolayı yüksek sıcaklık gerektiren bazı alanlarda kullanılmaktadır (Carriedo ve ark. 1997). Değişik alkoks, ariloksi, alkiltiy ve ariltiy fosfazenler sentezlenmiştir. Örneğin fosfazen bileşiğine şu alkoks grupları bağlanmıştır; CH_3O- , C_2H_5O- , $n-C_3H_7O-$, $i-C_3H_7O-$, $n-C_4H_9O-$, $PHCH_2O-$, $CH_2=CH_2O-$ (Diaz, C. V., 1999; Carriedo 1996; Carriedo 1999). Karbonil, imin, oksim, siyanür, hidroksil gibi kromofor grup taşıyan fenoksi siklotrifosfazenlerin sentezi ile ilgili çok olmasa da literatürde çalışmalar da bulunmaktadır. En fazla çalışma yapılan bileşiklerden biri de *p*-hidroksibenzenaldehyt ile heksaklorosiklotrifosfazenin reaksiyonu üzerine yapılmıştır (Çil ve ark., 2006; Turgut Cin ve ark., 1999)

3. Materyal ve Metod

Hekzaklorosiklotrifosfazen (phosphonitrilic chloride), 2-hidroksi-4-metoksibenzenaldehyt, 2-aminofenol, 4-aminofenol, 4-aminobenzamit, 2-aminobenzotiyazol, 2-amino-5-metiliazol, 4-aminobenzoikası, 5-amino-1,3,4-tiyazol-2-tiyol, 4-aminoasetofenon Aldrich firmasından, potasyum karbonat, tetrahidrofur (THF), n-hekzan, kloroform Merck firmasından temin edilmiştir. Elde edilen ürünlerin karakterizasyonunda Elementel analiz için CHNS-932 (LECO) marka elementel analiz cihazı, FT-IR ölçümleri için ATİ Unicam Mattson 1000 FT-IR spektrofotometresi, 1H , ^{13}C , ^{31}P -NMR ölçümleri için Bruker DPX-300 High Performance Digital FT-NMR spektrofotometresi kullanıldı. NMR çalışmaları için çözücü olarak DMSO- d_6 kullanıldı. Elementel analiz ve NMR çalışmaları İnönü Üniversitesi merkezi araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirildi.

4. Sentez ve Karakterizasyon

4.1. Hekza(2-Formil-5-Metoksifenoksi)Siklotri-Fosfazen (2)'nin Sentezi ve Karakterizasyonu

Nemi uzaklaştırılmış argonla dolu havasız reaksiyon balonuna 100 mL THF çözücüsündeki heksaklorosiklotri-fosfazen (1) (2 g, 5.75 mmol) ve K_2CO_3 karışımında, 2-hidroksi-4-metoksibenzenaldehyt (5.26 g, 34.5 mmol) 24 saat boyunca oda sıcaklığında reaksiyona sokuldu. Süzütünün çözücüsü uzaklaştırıldıktan sonra diklorometanda çözülüp, CH_2Cl_2/n -hekzan (5:1) çözücü karışımında çöktürüldü. Elde edilen beyaz katı hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) süzülüp kurutuldu. **Verim:** % 87 (5.2 g). **Elementel Analiz (%)**

Deneysel/Teorik); C: 55.33/55.34, H: 4.08/4.06, N: 4.42/4.03. **FT-IR (KBr, cm^{-1});** 3093 $\nu_{\text{C-H(Ar)}}$, 2939 $\nu_{\text{C-H(Alifatik)}}$, 1688 $\nu_{\text{C=O}}$, 1604 ve 1574 $\nu_{\text{C=C}}$, 1233 $\nu_{\text{P=N}}$, 984 $\nu_{\text{P-O-C}}$. **$^{31}\text{P-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.34 (s). **$^1\text{H-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.80 (s, 6H, H⁹), 7.65 (d, 6H, H⁵), 6.91 (d, 6H, H⁴), 6.78 (s, 6H, H²), 3.69 (s, 18H H⁷). **$^{13}\text{C-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.65 (C⁸), 165.26 (C³), 152.97 (C¹), 131.08 (C⁵), 120.91 (C⁴), 112.72 (C⁶), 106.69 (C²), 56.27 (C⁷).

4.2. 2,4,6-Tris[2-(2-İminofenol)-5-Metoksifenoksi]-2,4,6-Tris(2-Formil-5-Metoksifenoksi)Siklotrifosfazen (3)'ün Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 2-aminofenol (0.19 g, 1.74 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Koyu sarı katı madde (3) elde edildi. **Verim:** %76 (0.3 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 57.01/56.28, H: 4.05/4.98, N: 6.59/6.54. **FT-IR (KBr, cm^{-1});** 3407 $\nu_{\text{O-H}}$, 3060 $\nu_{\text{C-H(Ar)}}$, 2989 $\nu_{\text{C-H(Alifatik)}}$, 1681 $\nu_{\text{C=O}}$, 1612 $\nu_{\text{HC=N}}$, 1595 ve 1568 $\nu_{\text{C=C}}$, 1227 $\nu_{\text{P=N}}$, 984 $\nu_{\text{P-O-C}}$. **$^{31}\text{P-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.28 (s). **$^1\text{H-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.79 (s, 3H, H²²), 9.28 (s, 3H, H¹⁴), 8.46 (s, 3H, H⁸), 7.60–6.36 (m, 30H, H¹⁹, H¹⁸, H¹⁶, H¹³, H¹², H¹¹, H¹⁰, H⁴, H²), 3.54 (s, 18H, H⁷, H²¹). **$^{13}\text{C-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.41 (C²²), 165.17 (C³), 163.00 (C⁸), 153.20 (C¹⁴), 151.16 (C¹), 150.50 (C¹⁵), 139.46 (C⁹), 131.00 (C⁵), 130.63 (C¹⁹), 126.36 (C¹¹), 123.33 (C¹³), 120.95 (C⁴), 120.41 (C¹⁸), 118.50 (C¹⁰), 117.52 (C¹²), 106.59 (C¹²), 106.00 (C¹⁶), 56.05 (C⁷). Spektrumda 186.41 ppm'de hem karbonil karbonuna ait pikin (C=O) hem de 163.00 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait pikin gözlenmesi yapının tamamen süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

4.3. 2,4,6-Tris[2-(4-İminobenzoikası)-5-Metoksifenoksi]-2,4,6-Tris(2-Formil-5-Metoksifenoksi)Siklotrifosfazen (4)'ün Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 4-aminobenzoikası (0.24 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra sarı renkli katı madde (4) elde edildi. **Verim:** %68 (0.27 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 59.81/59.96, H: 4.21/4.08, N: 6.74/6.08. **FT-IR (KBr, cm^{-1});** 3410 $\nu_{\text{O-H}}$, 3065 $\nu_{\text{C-H(Ar)}}$, 2972, 2856 $\nu_{\text{C-H(Alifatik)}}$, 1684 $\nu_{\text{C=O}}$, 1608 $\nu_{\text{HC=N}}$, 1591, 1572 ve 1506 $\nu_{\text{C=C}}$, 1236 $\nu_{\text{P=N}}$, 981 $\nu_{\text{P-O-C}}$. **$^{31}\text{P-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.36 (s). **$^1\text{H-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 12.30 (s, 3H, H¹³), 9.77 (s, 3H, H²⁰), 8.30 (s, 3H, H⁸), 7.97–6.53 (m, 21H, H¹⁶, H¹⁷, H¹⁹, H¹¹, H¹⁰, H⁵, H⁴, H²), 3.93 (s, 18H, H⁷, H²¹). **$^{13}\text{C-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.64 (C²⁰), 167.98 (C¹³), 167.40 (C³), 165.25 (C¹⁸), 163.32 (C⁸), 153.66 (C⁹), 153.61 (C¹), 153.01 (C¹⁴), 131.69 (C¹¹), 131.09 (C⁵), 130.91 (C¹⁶), 128.24 (C¹⁰), 120.94 (C⁴), 113.33 (C⁶), 112.69 (C¹²), 106.73 (C²), 106.65 (C¹⁹), 56.24 (C⁷) ve 56.05 (C²¹). Spektrumda 186.64 ppm'de hem karbonil karbonuna ait pikin (C=O) hem de 163.32 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait pikin gözlenmesi yapının tamamen

süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

4.4. 2,4-Bis[2-(2-İmino-5-Metiltiazol)-5-Metoksifenoksi]-2,4,6,6-Tetra(2-Formil-5-Metoksifenoksi)-Siklotri Fosfazen (5)'in Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 2-amino-5-metiltiazol (0.20 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra sarı renkli katı madde (5) elde edildi. **Verim:** % 65 (0.27 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 52.23/53.89, H: 4.11/4.10, N: 10.41/10.80, S: 9.45/8.99. **FT-IR (KBr, cm^{-1});** 3060 $\nu_{\text{C-H(Ar)}}$, 2972, 2917 $\nu_{\text{C-H(Alifatik)}}$, 1684 $\nu_{\text{C=O}}$, 1607 $\nu_{\text{HC=N}}$, 1577, ve 1506 $\nu_{\text{C=C}}$, 1236 $\nu_{\text{P=N}}$, 981 $\nu_{\text{P-O-C}}$. **$^{31}\text{P-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.37 (s). **$^1\text{H-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.80 (s, 2H, H¹⁹), 8.65 (s, 4H, H⁸), 7.18–6.49 (m, 20H, H¹⁷, H¹⁶, H¹⁴, H¹¹, H⁵, H⁴, H²), 3.53 (s, 18H, H⁷, H²¹), 2.02 (s, 14H, H¹²). **$^{13}\text{C-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.64 (C¹⁹), 168.47 (C³), 165.25 (C¹⁵), 164.04 (C⁸), 150.19 (C¹), 147.72 (C¹⁰), 130.88 (C⁵), 120.87 (C⁴), 116.11 (C¹⁶), 112.63 (C⁶), 106.26 (C²), 100.88 (C¹¹), 56.17 (C⁷) ve 17.50 (C¹²). Spektrumda 186.64 ppm'de hem karbonil karbonuna ait pikin (C=O) hem de 164.04 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait pikin gözlenmesi yapının tamamen süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

4.5. Hekza(2-(4-İminobenzamit)-5-Metoksifenoksi)Siklotrifosfazen (6)'nın Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 4-aminobenzamit (0.26 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra açıksarı katı madde (6) elde edildi. **Verim:** % 69 (0.35 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 60.22/61.75, H: 5.19/4.49, N: 13.82/12.00. **FT-IR (KBr, cm^{-1});** 3331, 3218 $\nu_{\text{N-H2}}$, 3050 $\nu_{\text{C-H(Ar)}}$, 2970, 2917 $\nu_{\text{C-H(Alifatik)}}$, 1653 $\nu_{\text{H2N-C=O}}$, 1607 $\nu_{\text{HC=N}}$, 1564, ve 1509 $\nu_{\text{C=C}}$, 1236 $\nu_{\text{P=N}}$, 981 $\nu_{\text{P-O-C}}$. **$^{31}\text{P-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.40 (s). **$^1\text{H-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 8.22 (s, 6H, H⁸), 7.89–6.51 (m, 42H, H¹¹, H¹⁰, H⁵, H⁴, H²), 5.61 (s, 12H, H¹³), 3.45 (s, 18H, H⁷). **$^{13}\text{C-NMR}$ (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 168.53 (C¹³), 167.85 (C³), 163.03 (C⁸), 154.17 (C⁹), 154.11 (C¹²), 152.13 (C¹), 131.69 (C⁵), 129.58 (C¹¹), 128.99 (C¹⁰), 121.36 (C⁴), 120.61 (C⁶), 112.91 (C²) ve 55.64 (C⁷). 2 bileşiminde gözlenen 186.75 ppm'deki karbonil karbonuna (C=O) ait pik kaybolmuştur. Bu da yapının tam süstitüe olduğunu göstermektedir.

4.6. 2,4,6-Tris[2-(5-İmino-1,3,4-Tiazol-2-Tiol)-5-Metoksifenoksi]-2,4,6-Tris(2-Formil-5-Metoksifenoksi)-Siklotrifosfazen (7)'nin Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 5-amino-1,3,4-tiazol-2-tiyol (0.24 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün

boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra sarı renkli katı madde (**7**) elde edildi. **Verim:** % 61 (0.24 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 36.74/36.25, H: 3.25/2.90, N: 18.27/19.22, S: 27.48/26.40. **FT-IR (KBr, cm⁻¹);** 3065_{V_{C-H(Ar)}}, 2928, 2875_{V_{C-H(Alifatik)}}, 1687_{V_{C=O}}, 1604_{V_{HC=N}}, 1572 ve 1555_{V_{C=C}}, 1234_{V_{P=N}}, 983_{V_{P-O-C}}. **³¹P-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.21 (s). **¹H-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 13.19 (s, 3H, H¹⁹), 9.78 (s, 2H, H¹⁷), 8.32 (s, 4H, H⁸), 7.68-6.76 (m, 18H, H¹⁵, H¹⁴, H⁵, H⁴, H²), 3.70 (s, 18H, H⁷, H¹⁸), **¹³C-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.56 (C¹⁷), 181.36 (C⁹), 165.26 (C³), 165.04 (C⁸), 161.95 (C¹⁰), 152.93 (C¹), 131.28 (C⁵), 131.08 (C¹⁵), 120.90 (C⁴), 112.1 (C⁶), 106.70 (C²), 106.51 (C¹²), 56.31 (C⁷) ve 56.27 (C¹⁸). Spektrumda 186.56 ppm'de karbonil karbonuna (C=O) ait pik ile 165.04 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait piklerin birlikte bulunması yapının tamamen süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

4.7. 2-[2-(2-İminobenzotiazol)-5-Metoksifenoksi]-2,4,4,6,6-Penta(2-Formil-5-Metoksifenoksi)-Siklotrifosfazen (**8**)'in Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (**2**) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 2-aminobenzotiazol (0.26 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra sarı renkli katı madde (**8**) elde edildi. **Verim:** % 62 (0.30 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 58.02/58.53, H: 3.96/4.26, N: 10.31/11.38, S: 9.71/10.42. **FT-IR (KBr, cm⁻¹);** 3065_{V_{C-H(Ar)}}, 2928, 2865_{V_{C-H(Alifatik)}}, 1683_{V_{C=O}}, 1602_{V_{HC=N}}, 1566, 1532 ve 1507_{V_{C=C}}, 1236_{V_{P=N}}, 982_{V_{P-O-C}}. **³¹P-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.26 (s). **¹H-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.81 (s, 1H, H²³), 8.90 (s, 5H, H⁸), 7.67-6.78 (m, 38H, H¹⁴, H¹³, H¹², H¹¹, H⁵, H⁴, H²), 3.63 (s, 18H, H⁷, H¹⁸). **¹³C-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 186.65 (C²³), 166.90 (C⁹), 165.26 (C³), 164.25 (C⁸), 153.22 (C¹), 152.96 (C¹⁶), 151.67 (C¹⁰), 131.34 (C⁵), 131.08 (C²⁰), 125.90 (C¹⁵), 125.49 (C¹⁴), 122.98 (C¹³), 121.32 (C¹²), 118.18 (C¹¹), 112.68 (C⁶), 106.72 (C²), 56.27 (C⁷) ve 56.23 (C²²). Spektrumda 186.56 ppm'de hem karbonil karbonuna ait pikin (C=O) hem de 164.25 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait pikin gözlenmesi yapının tamamen süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

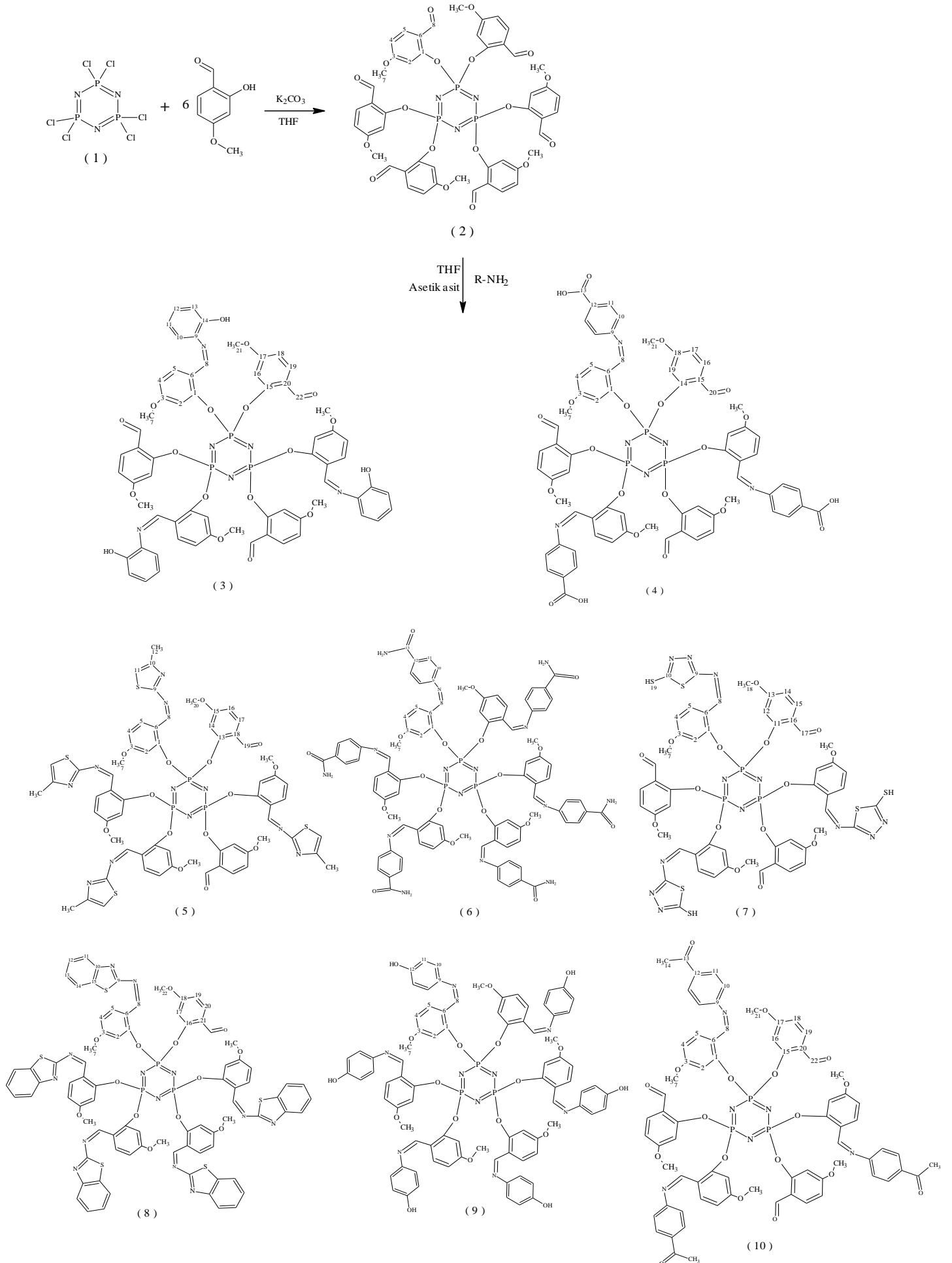
4.8. Hekza(2-(4-İminofenol)-5-Metoksifenoksi)Siklotrifosfazen (**9**)'un Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (**2**) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 4-aminofenol (0.19 g, 1.75 mmol)'ün 50 mL

THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra kahve rengi katı madde (**9**) elde edildi. **Verim:** % 76 (0.35 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 62.46/63.52, H: 4.80/4.57, N: 8.10/7.94. **FT-IR (KBr, cm⁻¹);** 3380_{V_{O-H}}, 3045_{V_{C-H(Ar)}}, 2956, 2924_{V_{C-H(Alifatik)}}, 1612_{V_{HC=N}}, 1574, ve 1508_{V_{C=C}}, 1236_{V_{P=N}}, 979_{V_{P-O-C}}. **³¹P-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.58 (s). **¹H-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.41 (s, 6H, H¹²), 8.32(s, 6H, H⁸), 7.85 (d, 6H, H⁵), 6.85-6.40 (m, 36H, H⁶, H⁴, H³), 3.36 (s, 18H, H⁷). **¹³C-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 162.24 (C³), 156.54 (C⁸), 150.90 (C¹), 149.55 (C¹²), 142.80 (C⁹), 128.86 (C⁵), 122.47 (C¹⁰), 120.80 (C⁴), 115.94 (C¹¹), 112.73 (C⁶), 105.93 (C²) ve 55.47 (C⁷).

4.9. 2,4,6-Tris[2-(4-İminoasetofenon)-5-Metoksifenoksi]-2,4,6-Tris(2-Formil-5-Metoksifenoksi)-Siklotrifosfazen (**10**)'un Sentezi ve Karakterizasyonu

Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen(**2**) (0.3 g, 0.29 mmol) ve 4-aminoasetofenon (0.23 g, 1.75 mmol)'un 50 mL THF'deki karışımına 2 damla asetik asit ilave edildi. Karışım oda sıcaklığında mağnetik karıştırıcı ile 1 gün boyunca karıştırıldı. Çözücü dönerli buharlaştırıcıda uzaklaştırıldıktan sonra kloroformda çözülüp n-hekzanda çöktürülerek eterle yıkandı. Açık havada kurutulduktan sonra açık sarı katı madde (**10**) elde edildi. **Verim:** % 58 (0.23 g). **Elementel Analiz (% Deneysel/Teorik);** C: 62.07/61.01, H: 4.56/4.55, N: 5.74/6.03. **FT-IR (KBr, cm⁻¹);** 3065_{V_{C-H(Ar)}}, 2923, 2859_{V_{C-H(Alifatik)}}, 1681_{V_{C=O}}, 1608_{V_{HC=N}}, 1588, ve 1501_{V_{C=C}}, 1234_{V_{P=N}}, 982_{V_{P-O-C}}. **³¹P-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 7.20 (s). **¹H-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 9.81 (s, 3H, H²²), 8.38 (s, 3H, H⁸), 7.67-6.78 (m, 27H, H¹⁹, H¹⁸, H¹⁶, H¹¹, H¹⁰, H⁵, H⁴, H²), 3.63 (s, 18H, H⁷, H¹⁸), 2.38 (s, 12H, H¹⁴). **¹³C-NMR (ppm, DMSO-d₆):** δ_{ppm} , 195.49 (C¹³), 186.65 (C²²), 165.26 (C³), 163.29 (C⁸), 155.7 (C⁹), 152.93 (C¹), 151.39 (C¹⁵), 134.35 (C¹²), 131.09 (C¹⁹), 131.04 (C⁵), 129.77 (C¹¹), 125.29 (C¹⁰), 120.98 (C⁴), 120.16 (C¹⁸), 113.03 (C⁶), 112.71 (C²⁰), 106.71 (C²), 56.21 (C⁷), 55.89 (C²¹) ve 26.30 (C¹⁴). Spektrumda 186.65 ppm'de hem karbonil karbonuna ait pikin (C=O) hem de 163.29 ppm'de imin karbonuna (C=N) ait pikin gözlenmesi yapının tamamen süstitüe olmadığını göstermektedir. Elementel analiz sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

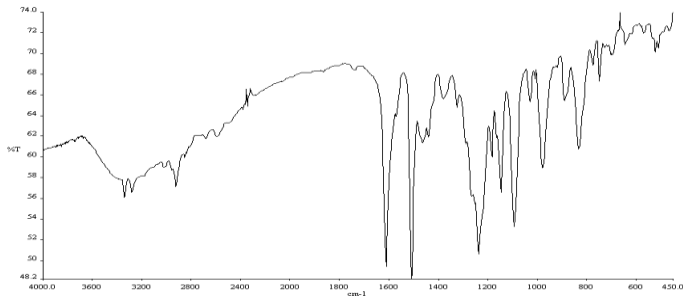


Şekil 4.1. Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (2)'nin reaksiyonu sonucu elde edilen Schiff bazı bileşikleri

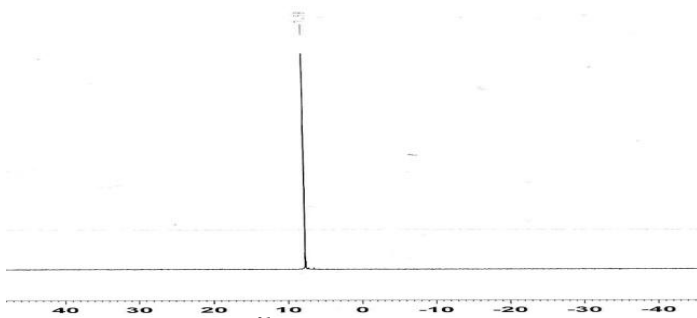
5. Sonuçlar

1. Deneysel bölümde belirtildiği şekilde heksaklorosiklotrifosfazenin 2-hidroksi-4-metoksibenzaldehit ile reaksiyonu sonucu hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)siklotrifosfazen (**2**) % 87 verimle elde edildi. Bu çalışmada, gerçekleştirilen tepkimelerin tamamında çalışmanın başında düşünüldüğü gibi tam süstitüe imin taşıyan fosfazen türevleri sentezlemektir. Hekza(2-formil-5-metoksifenoksi)-siklotrifosfazen (**2**) ile 2-aminofenol, 4-aminobenzoikasıit, 2-amino-5-metiltiazol, 4-aminobenzamit, 5-amino-1,3,4-tiazol-2-tiyol, 2-amino-benzotiazol, 4-aminofenol, 4-aminoasetofenon, 2-amino-4-klorofenol ve 2-aminobenzimidazol aminlerle reaksiyona sokuldu. Bunlardan 2-aminofenol, 4-aminobenzoikasıit, 2-amino-5-metiltiazol, 4-aminobenzamit, 5-amino-1,3,4-tiazol-2-tiyol, 2-aminobenzotiazol, 4-aminofenol ve 4-aminoasetofenon ile olan reaksiyonları sonucunda bileşikte oluşan C=N bağının varlığı Schiff bazının oluştuğunu göstermektedir.

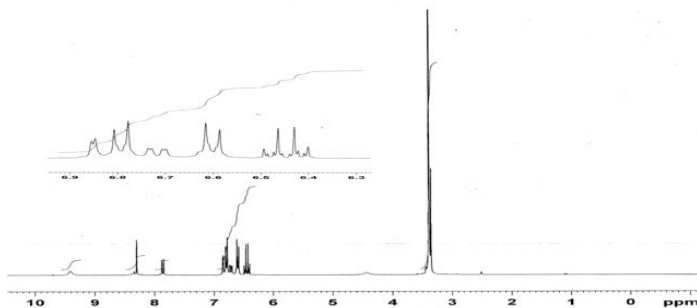
2. ^1H , ^{13}C -NMR, FT-IR ve elementel analiz sonuçlarından sadece 4-aminobenzamit ve 4-aminofenolle (**6**, **9**) olan reaksiyonundan tam süstitüe bileşilerin elde edildiği diğerlerinde ise imin grubunun oluşmasının yanında formil guruplarının da var olan bu yapıların (**4**, **5**, **7**, **8**, **10**) tam süstitüe olmadıklarını göstermektedir. Aşağıda tam süstitüe olan **9** bileşiğine ait spektrum sonuçları verilmiştir



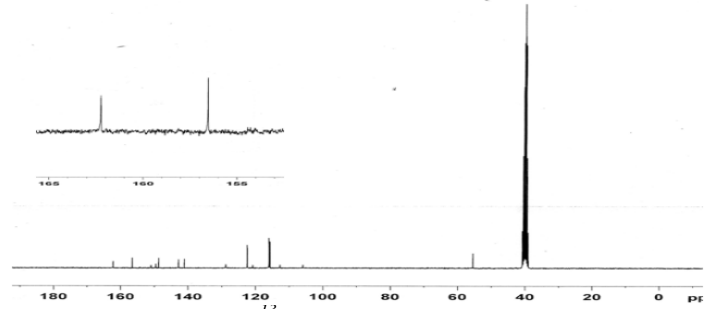
Şekil 4.1. **9** bileşiğinin FT-IR spektrumu



Şekil 4.2. **9** bileşiğinin ^{31}P -NMR spektrumu



Şekil 4.3. **9** bileşiğinin ^1H -NMR spektrumu



Şekil 4.4. **9** bileşiğinin ^{13}C -NMR spektrumu

3. **2** bileşiğinin benzer şartlar altında 2-amino-4-klorofenol ve 2-aminobenzimidazol ile gerçekleştirilen reaksiyonları sonucunda ise saf ve yapısı aydınlatılabilen ürünler elde edilememiştir.

4. Fosfazenlerin karakteristik piki olan P=N gerilme titreşimlerine ait pikin süstitüsyon ile beraber daha yüksek enerjiye kaydığı görülmektedir. Schiff bazı türevlerinde ise genel olarak yüksek enerjiye çok az bir kayma şeklinde gerçekleşmiştir.

Teşekkür: Bu çalışma TÜBİTAK'ın 107T407' nolu BİDEP 1001 projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Allcock K. G., Shaw R. A. Ve Wells F. B. G., 1964, "Phosphorus-Nitrogen Compounds Part V. Friedel-Crafts Arylation of Hexachlorocyclotriphosphazatrien", *J. Chem. Soc.*, 121-130,
- Ozen, F., Cil, E., and Arslan, M., 2012, "Synthesis of Novel Oxime and Oxime Derivatives Phosphazenes from Hexachlorocyclotriphosphazene", *J. Chem. Soc. Pak.*, 34, 690-698.
- Koran, K., Ozkaya, A., Ozen, F., Cil, E., Arslan, M., 2013, "Synthesis, characterization, and biological evaluation of new oxime-phosphazenes", *Res Chem Intermed*, 39, 1109-1124.
- Aslan, F., Demirpençe, Z., Tatsız, R., Türkmen, H., Oztürk, A.I., Arslan, M., 2008, "The Sythesis, Characterization and Photophysical Properties of Some New Cyclotriphosphazene Derivatives Bearing Schiff Base", *Anorg. Allg. Chem.*, 634, 1140-1144.
- Çil, E. Arslan, M. Görgülü, A.O., 2006, "Synthesis of oxime bearing cyclophosphazenes and their reactions with alkyl and acyl halides", *Heteroatom Chemistry*, 17 (2), 112-117.
- Gleria, M., and D. Jaeger R., 2001, "Aspects of Phosphazene Research", *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers*, 11, 1-45.
- Akmal S. Gaballa, Mohsen S. Asker, Atiat S. Barakat and Said M. Teleb, 2007, "Synthesis, characterization and biological activity of some platinum(II) complexes with Schiff bases derived from salicylaldehyde, 2-furaldehyde and phenylenediamine", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 67, 114-121.
- Rojo, G., Martin G., Lopez, F. A., Carriedo G. A., Alonso, F. J. G., Martinez J. I. F., 2000, "Second-Harmonic Response and Relaxation Behavior of High Glass-Transition Temperature Polyphosphazene Films", *Chem. Mater.*, 12, 3603-3610.
- Carriedo G. A., Alonso, F. J. G., Gonzalez P. A., 1997, "Improved Synthesis of Cyclic and Polymeric Phosphazenes Based on Facile Chlorine Substitution with Phenols Promoted by Cesium Carbonate", *Macromol. Rapid Commun.*, 18, 371-377.

- Diaz, C. V., Izquierdo, I. G., 1999, "Iron and Ruthenium Derivatives of Cyclophosphazenes Coordinated Through Nitrile Spacer Ligands", *Polyhedron*, 18, 1479-1484.
- Carriedo G. A., Catuxo, L. F., Alonso, F. J. G., Elipe, P. G., Gonzalez P. A., 1996, "Preparation of a New Type of Phosphazene High Polymers Containing 2,2"-Dioxybiphenyl Groups", *Macromolacules*, 16, 5320-5325.
- Carriedo G. A., Alonso, F. J. G., Gonzalez P. A., Alvarez, J. L. G., 1998, "Synthesis of New Phosphazene High Molecular Weight Polymers Containing Functionalized and Optically Active Spirocyclic Groups", *Macromolacules*, 31, 10, 3189-3196.
- Çil, E., Arslan, M., Görgülü, A.O., 2006, "Synthesis and charecterization of benzyl and benzoyl substituted oxime-phospazenes", *Polyhedron*, 25, 3526-3532.
- Turgut Cin G., Odabaşoğlu M., Karaer H., 1999, "Preparation And Characterization Of Chromophor Group Containing Cyclotriphosphazenes: I Imino Chromophor Carrying Some Cyclotriphosphazenes", *Phosphorus, Sulfur and Silicon*, 152, 9-25.



Depolama Tesislerinin Davranış Profillerinin Belirlenmesi

Ali SARI¹, Kasım Armağan KORKMAZ²

¹Texas Eyalet Üniversitesi, San Antonio, İnşaat Mühendisliği Bölümü, TX, ABD

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Depolama tesisleri, petrol işleme tesislerinde depolama amaçlı kullanılan önemli yapılardır. Bu yapılar, dünyada ve Türkiye’de ekonomik değerleri nedeniyle hasarlardan korunmaları gereken yapılardır. Bu yapılarda depolama muhteviyatları nedeniyle meydana gelen patlamalar oldukça ciddi seviyelerde hasara yol açabilmektedir. Bu tip patlamaların sonucunda oluşan yoğun basınç, yapılarda önemli hasarlara yol açabilmektedir. Bu patlamaların neden olabileceği olası sonuçların önceden tahmin edilmesi mevcut ve yeni depolama yapılarının güvenliğinin artırılması açısından önemlidir. Yapılan bu tahminler, çeşitli matematiksel modeller yardımıyla gerçekleştirilir. Patlamaları meydana getiren değişkenlerin tahmini için bir çok hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Böylelikle, patlama hasarını azaltmak ve daha güvenli yapılar inşa etmek mümkün olmaktadır. Bu çalışma kapsamında, depolama yapılarında yapısal davranış tesbiti için, patlama sonucunda meydana gelen hasar tesbiti ve ön belirleme yöntemleri çerçevesinde detaylı bir değerlendirme sunulmaktadır. Çalışmada, meydana gelen hasarın belirlenmesi için kullanılan basitleştirilmiş TNO Çoklu Enerji (Multi Energy – ME) ve Baker-Strehlow-Tang (BST) modelleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar detaylı olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Depolama tesisleri, Patlama, hasar tesbiti, TNO-ME, BST

Determination of Behavioral Profile for Storage Facilities

Abstract

Storage buildings are critical buildings in petrochemical facilities. Stored materials may cause considerable hazard in petrochemical industries in the world and Turkey. They generate damaging levels of overpressure and the possibility of human injury/death, building/equipment damage becomes a concern. Predicting the possible consequences of material is important to ensure the safe design of existing and new installations. The predictions through the assessment of such explosions are improved by carrying out experiments and by using theoretical models. Several prediction methods have been developed to estimate the air blast parameters at any given distance from a possible explosion source, assess explosion hazards and to design safer structures. Prediction of the overpressures is typically done using simplified (empirical) models, phenomenological models, and computational fluid dynamics (CFD) models. This study includes a brief discussion on vapor cloud explosions, and the prediction methods. The focus of this paper is on two the most frequently used simplified prediction methods; TNO Multi-energy (ME) model and Baker-Strehlow-Tang (BST) models.

Keywords: Storage facilities, explosions, TNO ME and BST models.

1. Giriş

Depolama tesislerinde depolanan maddelerde bulunan yanıcı sıvıların açığa çıkması, potansiyel olarak yanıcı gazın oluşmasına neden olur ve olası bir tutuşma esnasında bu gazın patlamasına yol açar. Yaşanan kazalar sonucunda, gaz patlamalarının petrol sanayisi ve maden endüstrisi için ciddi bir tehlike oluşturduğu gözlenmiştir. İngiltere’de 1974 yılında meydana gelen Flixborough tesisinde yaşanan felaketin ardından (Şekil 1), bu tesisleri bekleyen en ciddi tehlikenin, gaz patlamaları olduğu görülmüştür (AcuSafe, 2011, Lenoir ve Davenport, 1992). Gaz patlamalarının neden olduğu yaralanma ve ölümler yanında meydana gelen ciddi ekonomik kayıplar da oldukça önemlidir. Dünyada ve Türkiye’de ekonomik değerleri nedeniyle, petrokimsayıl sanayi yapılarının güvenliği oldukça önemlidir.

Türkiye’de Petrol Rafinerileri A.Ş.’ne ait (TÜPRAŞ) ve 1960’da Amerikan standardına göre bir Amerikan firması tarafından yapılan İzmit Rafinerisi ülke ekonomisinde önemli bir

yer tutmaktadır. Tüpraş rafinerisi günde 220.000 baril petrol işlemektedir. Bu rakam Türkiye’de işlenen petrolün 1/3’ünü teşkil etmektedir. Rafineri Avrupa’da da 7. büyük rafineri olma özelliğini taşımaktadır (Johnson,2002, Scawthorn ve Johnson, 2000). Ekonomik kayıpların yaşanmamasının yanında çalışanların yaralanmaması, ölmemesi, sanayi yapılarının planlanması sırasında en çok önem verilmesi gereken hususlardandır. Dış mekanlarda gaz patlaması nedeniyle yaralanma ve yaşam kaybı olasılığı düşük olması nedeniyle, araştırmacılar, gaz patlamasının sanayi yapılarının iç mekanlarına olan olası etkileri üzerine çalışmalar gerçekleştirmektedir (Melton ve Marx, 2009). Bu durumda gaz patlamalarının sonucu olarak ortaya çıkan yoğun basıncın yapılardaki etkisini hesaplamak güvenlik aşamasında oldukça önemlidir.



Şekil 1. İngiltere Flixborough Tesisinde 1974'de Yaşanan Patlama (AcuSafe, 2011)

Depolama tesislerindeki olası gaz patlamalarının sonuçlarının önceden tahmin edilmesi, risk değerlendirmesi, planlama aşamasında gerçekleştirilmelidir. Patlamaların etkisinin belirlenmesi, çeşitli deneyler, analitik yaklaşımlar ve matematiksel modeller aracılığı ile geliştirilmektedir (Puttock et al, 2000). Çalışmalarda kullanılan deneysel yaklaşımlar sınırlıdır; çünkü patlama deneyleri oldukça maliyetlidir (Cant et al., 2009).

Bu çalışma kapsamında, gaz patlamaları sonucunda meydana gelen hasar için ön belirleme yöntemleri çerçevesinde detaylı bir değerlendirme sunulmaktadır. Çalışmanın odak noktası, depolama tesislerde meydana gelen hasarın belirlenmesi için kullanılan basitleştirilmiş iki modelin karşılaştırılmasıdır. Bunlar TNO Çoklu Enerji (Multi Energy – ME) modeli ve Baker-Strehlow-Tang (BST) modelleridir. Yapılan karşılaştırma sonucu elde edilen sonuçlar detaylı olarak sunulmuştur.

2. Meydana Gelen Patlamalar ve Hasarlar

Depolama yapılarında meydana gelen patlamalar, belirli miktarda bulunan yakıtın patlama hasarı olasılığı taşıdığını göstermektedir. Gaz haldeki yakıt, yeterli şekilde kontrol altına alınmazsa, açığa çıkar. Yanıcı maddenin ani şekilde ortaya çıkması halinde gaz patlaması kaçınılmazdır. Borulardaki kaçaklar, depolama kazanları ya da işlem reaktörü kontrolünün eksikliğinden oluşan istenmeyen gaz kaçakları, yapıların hasar görmesine neden olabilir. Yakıtın sızması durumunda hava ile temas söz konusu olur ve yanıcı gaz oluşur. Eğer gaz kütlesi herhangi bir patlama kaynağı ile temasa geçerse yanıcı karışım tutuşma sonucunda tüketilir ve uygun koşullar altında patlayıcı yoğunluğuna ve büyük patlamaya dönüşür. Patlama sonucu oluşan yüksek basınç, patlama alanından dışarıya doğru şiddetli bir dalga halinde yayılır. Ortaya çıkan ateş topu ciddi hasara yol açar ve bu ateş topu aynı zamanda termal radyasyon nedeniyle de oluşabilir. Belli miktarda sıvılaştırılmış gazların bulunduğu herhangi bir işlem ya da yüksek basınç altındaki gazlar patlamaya adaydır (AIChE 1994, 1996, Lees 1996). Gaz yoğunluğunun meydana getirdiği yüksek basınç sonucu hasara yol açması aşağıda belirtilen şartlar halinde gerçekleşir (Lea ve Ledin 2002, Baker, 1996):

a) Ortaya çıkan madde patlayıcı olmalıdır. b) Tutuşmadan önce yeterli ölçüde bir gaz yoğunluğu olması gerekir. Gaz yoğunluğunun az olduğu ya da tutuşmanın erken ortaya çıktığı durumlarda, küçük boyutlarda bir ateş topu oluşur ve ciddi hasara yol açmaz. c) Gazın belirli bir miktarda yanıcı madde açığa çıkarması için hava ile birleşmesi gerekmektedir. Belirli oranda hava ile birleşme gerçekleşmezse dağılıma bağlı ateş topu yüksek basınç oluşturamaz. d) Alevin yayılma hızı, gaz yandıkça artmalıdır. e) Son olarak patlama olması için bir ateş kaynağına ihtiyaç vardır.

3. Hasar Tahmin Yöntemleri

Hasar tahmin yöntemleri, basitleştirilmiş modeller kullanılarak gerçekleştirilir ve bu yöntemler basınç alanının hesaplanması için çeşitli yaklaşımları içerir. Bunlar Navier-Stoken denklemlerinin sayısal olarak çözümü, bazı yan modeller ve patlama reaksiyonlarının verilmesiyle özetlenebilir. Tek bir noktadan ateşlenen gaz hendesi ve yeri nedeniyle oluşan yüksek basıncın hesaplanması için gerekli zaman önemlidir (Melton ve Marx, 2009, CCPS, 1989).

Çalışma kapsamında ele alınan hasar tahmin yöntemlerinden Baker-Strehlow-Tang (BST) modeli ve TNO çoklu enerji modeli gibi basitleştirilmiş modeller hasar tahmininde en çok kullanılan modellerdir. Bu modeller, bugüne kadar gerçekleştirilmiş olan çalışmalarından ve yaşanan deneyimlerden elde edilen patlama-hasar ilişkisinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Bunlar patlama basıncı ve patlama merkezinden olan uzaklık gibi eğrilerin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları olduğu için, her yöntem belirli ölçüde farklı hasar durumuna yöneliktir. Basit yöntemler sanayi tesisleri analizleri için sıklıkla kullanılır. Bu yöntemler, patlama yükünün hesaba katılarak yapıldığı tahminler için kullanılan en iyi yöntemlerden değildir, çünkü basitleştirilmiş yöntemlerle ekipman detaylarını hesaba katmak olası değildir. Ancak, basitleştirilmiş yöntemler, diğer yöntemlere göre daha hızlı ve hatasız sonuçlar verir. Basitleştirilmiş yöntemlerin hızlı olmaları, daha fazla zaman alan yaklaşımlara oranla büyük avantaj sağlar (CCPS, 1989).

4. Basitleştirilmiş Yöntemler

Basitleştirilmiş yöntemler, aynı zamanda deneysel yöntemler olarak bilinirler ve deneylerden elde edilen sonuçların analizindeki ilişkilerine dayanırlar. Bu modeller: havalandırma modeli, TNT modeli, TNO modeli, TNO Çoklu Enerji Modeli, BST Modeli, CA Modeli ve Sedgwick Zarar Değerlendirme modelleridir. Bu çalışmada kullanılmış olan TNO çoklu enerji modeli ve Baker-Strehlow-Tang (BST) modeli en çok kullanılan patlama yükü tahmin yöntemlerindedir (Baker et al. 1997, Tang ve Baker 1999, Park ve Lee 2009).

4.1. TNO Çoklu Enerji (ME) Modeli (Multi-Energy)

TNO Çoklu Enerji (ME) Modeli (TNO ME) yapılan çalışmalarda giderek daha çok kabul görmeye başlamıştır. Model, basit ve pratik çözümler sunmaktadır (Mercx, 2000). Çoklu enerji yaklaşımı, patlamada basınç oluşturan yanıcı gazın sadece bir kısmının engellenmiş patlama enerjisini oluşturduğu varsayımı üzerine kurulmuştur (Mercx, 2000, Van den Berg 1985, Van den Berg ve Lannoy 1993, Van den Berg, ve Versloot 2003). Patlama esnasında açığa çıkan enerjinin $3.1 \times 10^6 \text{ J/m}^3$ olduğu kabul edilmiştir (Bodhurtha, 1980). Patlama sonucu oluşan TNO ME doğru aileleri Şekil 2'de gösterilmiştir (AIChE, 1994). TNO ME doğru ailelerini meydana getiren denklemdeki parametreler Sach'ın ölçeklendirme yöntemi ile basınç ve uzaklık kullanılarak boyutsuzlandırılmıştır. Bunlar boyutsuz yüksek basınç patlama enerjisi ile ölçülmüş uzaklığına bağlıdır (Denklem 1).

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}} \quad (1)$$

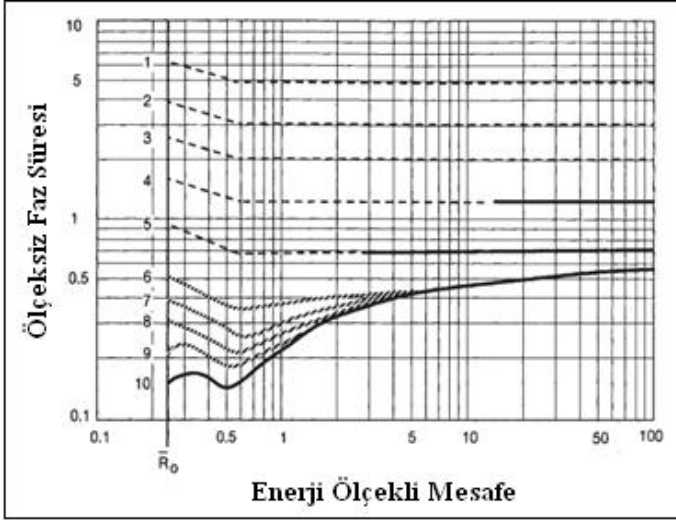
\bar{R} : boyutsuz patlama enerjisi ölçekli uzaklık, R: m cinsinden alanın kenarından olan uzaklık, P_0 : J/m^3 cinsinden

ortalama atmosferik basınç ve E: Jolues cinsinden toplam enerjidir. Yüksek basınçın tepe noktası $\overline{\Delta P_S}$ (N/m²) Denklem 2'deki gibi hesaplanabilir:

$$\overline{\Delta P_S} = \Delta P_S / P_0 \quad (2)$$

$\overline{\Delta P_S}$: Tepe noktasındaki boyutsuz yüksek basınçtır. Bu, Şekil 2'de verilen doğru aileleri ile R'nin hesaplanması ile bulunur. t_t zaman süreci Denklem 3 ile hesaplanabilir. C_0 : m/s cinsinden atmosferdeki ses hızıdır.

$$\overline{t_t} = \frac{t_t C_0}{(E / P_0)^{1/3}} \quad (3)$$



Şekil 2. Patlama sonucu oluşan doğru aileleri (AICHE, 1994)

4.2. Baker-Strehlow-Tang (BST) Modeli (Baker-Strehlow-Tang)

Baker-Strehlow-Tang (BST) modeli ilk olarak Baker vd. tarafından oluşturulmuş ve daha sonra aynı kişiler tarafından geliştirilmiştir (Melton ve Marx, 2009, Baker et al. 1997). Bu modelin TNO çoklu enerji modeli ile yakın benzerlikleri vardır. TNO çoklu enerji modelinde olduğu gibi bu model de boyutsuz basınç ve gaz patlama merkezinden enerji ölçekli uzaklığın bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Boyutsuz ve yanma enerji ölçekli mesafe arasındaki grafiksel ilişkiyi oluşturmakta kullanılan model, TNO modelinde kullanılanlardan farklıdır. BST modelinde kullanılan eğriler, Şekil 3'de görüldüğü üzere, sabit ve artan hızlı patlamaların sayısal olarak modellenmesine dayanır (Cates ve Samuels, 1997). Bu yöntem ile birlikte patlamanın dalga gücü gaz içinde elde edilen maksimum alev hızı ile doğru orantılıdır. Böylece, Şekil 3'deki her bir eğri alev hızı ile işaretlenmiştir. Tablo 1'deki modellenmiş olan belli bir durum için uygun kabul edilen alev hızı seçilebilir.

Dikkate alınması gereken ilk önemli nokta, yakıt reaksiyonudur. Daha sonra, blokaj yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Alandaki blokaj oranı %10'un altında ise, blokaj oranı düşük; %10-%40 arasında ise blokaj oranı orta düzeyde; %40'ın üzerinde ise blokaj oranı yüksektir (Tablo 2).

Tablo 3'de verilen yaklaşımların analizlerde dikkate alınması gerekir. Alev genişlemesi üç boyutlu olarak kabul edilmektedir. Açıklıklar iki boyutludur. Boru, menfez ya da kanalizasyon sistemleri tek boyutlu sayılır (Melton ve Marx 2009, Bodhurtha 1980).

Tablo 1. Ateşleme kaynakları için Mach sayısı ile belirlenen alev hızı

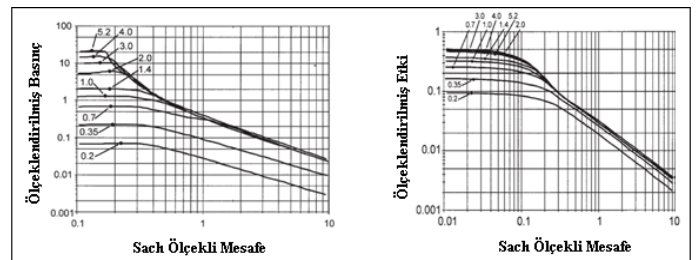
Alev Genişlemesi	Yakıt Reaksiyonu	Blokaj Yoğunluğu		
		Düşük	Orta	Yüksek
Tek Boyutlu	Yüksek	5.20	5.20	5.20
	Orta	1.03	1.77	2.27
	Düşük	0.29	1.03	2.27
2 Boyutlu	Yüksek	0.59	1.03	1.77
	Orta	0.47	0.66	1.60
	Düşük	0.08	0.47	0.66
3 Boyutlu	Yüksek	0.36	0.15	0.59
	Orta	0.11	0.44	0.50
	Düşük	0.03	0.23	0.34

Tablo 2. BST Modeli için Blokaj Yoğunluğu (AICHE 1994, Baker, 1997)

Tip	Engellenme Oranı	Tabakalanım Sayısı	Geometri
Düşük	%10'dan düşük	Bir veya İki	
Orta	%10-%40 arasında	İki veya Üç	
Yüksek	%40'dan fazla	Üçten fazla	

Tablo 3. BST Modeli için Kısıtlama Hususları (AICHE 1994, Baker, 1997)

Boyut	Tanım	Geometri
3 Boyutlu	Alev genişlemesi	
2 Boyutlu	Çok Açıklıklı	
Tek Boyutlu	Boru, menfez ya da kanalizasyon sistemleri	



Şekil 3. Gaz Patlamaları için BST Modeli (AICHE 1994, Baker, 1997)

4.3. TNO ME ve BST Modellerinin Karşılaştırılması

TNO ME ve BST modelleri birçok yönden benzerlik gösterirler. Her iki modelde de enerji kaynağı sıkışık ya da kısmen sınırlı bir bölgede yanıcı gaz ile tanımlanır (AIChE 1996, Baker, 1997). Her iki model de, enerji ölçekli uzaklığın bir fonksiyonu olan boyutsuz basınca dayanır. Ancak, bazı farklılıklar da mevcuttur. Örneğin, Denklem 1, her iki model için de ölçekli mesafe hesaplamak üzere verilmiş olmasına rağmen, R parametresinin tanımı iki denklem için farklıdır. 'R', TNO ME modelinde patlama merkezine olan mesafe olarak tanımlanırken; BST modelinde blokaj merkezinden olan uzaklıktır.

BST modeli için alev hızı ya da TNO ME modeli için ilk patlama gücü ampirik yaklaşımlar ile belirlenir (Melton ve Marx, 2009, Lobato et al, 2006, Park ve Lee, 2009). Her iki modelde de patlamanın gücü, reaksiyonun blokaj derecesi ve yanıcı maddenin reaksiyonu olarak ortaya konur. Daha sonra, kullanılan yöntemlere göre, hangi güç eğrisinin ya da alev hızının patlama durumunda ortaya çıkan basıncı hesaplamakta kullanılacağı belirlenir. Boyutsuz basınç ve yanma enerjisi ölçekli mesafe arasında grafiksel ilişki oluşturmak için kullanılan yöntem tüm modeller için farklıdır (Cooper, 1986).

HASAR TESBİTİ

Hasar Tesbiti bölümünde, meydana gelecek patlama ile oluşacak hasarın tahmini üzerinde durulmuştur. Meydana gelecek hasar, TNO ME ve BST modelleri ile hesaplanabilir. Olası bir güvenlik açığının tahmini, yüksek basınç ve ilgili etkilerin doğrudan ilişkilendirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Güvenlik açığını belirleme ile ilgili yaklaşımlar genellikle olasılıklı yaklaşımları içerir. Bu çalışmada, literatürde 'Probit' adı verilen Olasılık Ünitesi yöntemi uygulanmıştır. Denklem 4, P'nin olasılığı ve değişken Y'nin probiti arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Naamansen, 2002).

$$P = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \int_{-\infty}^{Y-5} e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (4)$$

Sonuç olarak, ortalaması 5 ve standart sapması 1 olan 'Probit' adı verilen olasılık ünitesinin dağılımı elde edilmiştir. Tablo hesaplamaları için daha yararlı bir ifade olan 'Fror', 'Probit' in yüzdesel olarak tanımlanmasıdır ve Denklem 5 'de verilmiştir.

$$P = 50 \left[1 + \frac{Y-5}{|Y-5|} \operatorname{ERF} \left(\frac{|Y-5|}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (5)$$

Hasar analizi için ise Denklem 6 kullanılmaktadır.

$$Y = k_1 + k_2 \ln V \quad (6)$$

Bu denklemde, k_1 ve k_2 sabitleri ve V hasar etken faktörü yoğunluğunu ifade etmektedir. Patlama sırasında, değişken V, N/m^2 olarak basıncı ifade eder. Patlama etkileri için verilen k_1 ve k_2 ampirik sabitleri verilmiştir. Çalışanlar üzerinde meydana gelebilecek kulak zarı yırtılması, akciğer kanaması ile ölüm gibi sonuçlar ve sanayi yapılarında meydana gelebilecek yapısal hasarlar da Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. Probit Değişkenler: k_1 ve k_2 (Naamansen, 2002)

Probit Parametreler	Kulak zarı patlaması	Akciğer kanamasından ölüm	Yapısal hasar
k_1	-15.6	-77.1	-23.8
k_2	1.93	6.91	2.92

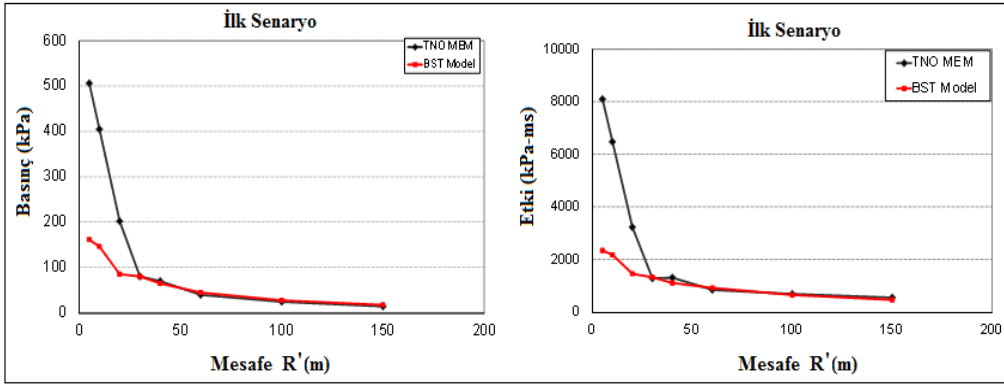
6. Hasar Belirleme Senaryoları

Bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarda, depolama tesisleri için iki çeşit patlama senaryosu ortaya atılmıştır. Bu senaryolar, 11.000 m^3 hacminde sırasıyla etil ve propanın serbest bırakılması ile oluşturulmuştur. Birinci senaryo etilenin serbest kalması hali içindir. Bu senaryoda, yüksek basınç tahminleri için blokaj ve üç boyutlu alev genişlemeleri dikkate alınmıştır. Bu senaryo genellikle 80 cm/s hızla yanan etilen için kullanılır. %100 patlama enerjisi ile TNO ME ve BST modelleri için sırasıyla $3.85E+10 \text{ Joule}$ ve $7.14E+10 \text{ Joule}$ olarak tahmin edilir. TNO ME modelinin önem düzeyi 10 olarak belirlenmiş ve BST modeli için alev hızı 5.2 Mach 'dır.

İkinci senaryo, propanın serbest kalması hali içindir. Yüksek basınç altındaki hasar tahminleri için blokaj ve 3 boyutlu alev genişlemeleri dikkate alınmıştır. Bu senaryo genellikle 45 cm/s hızla yanan bir propan için kullanılır. TNO ME modelinde bu %20 patlama enerjisi olarak kabul edilir. TNO ME'de önem düzeyi 6 olarak alınır. BST modelinde tahmin edilen alev hızı 0.44 Mach 'dır.

Bu çalışma kapsamında farklı mesafeler için basınç değerleri TNO ME ve BST modelleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu iki model ile hesaplanan kulak zarı yırtılması, akciğer kanaması sonucu meydana gelen ölümler ve yapısal hasar düzeyleri elde edilmiştir. Tablo 5 ve 6 ilk senaryo için, Tablo 7 ve 8 de ikinci senaryo için basınç altındaki çalışanların kulak zarı yırtılması ve akciğer kanamasına bağlı ölümleri ve R mesafesindeki yapısal hasar değişkenlerini göstermektedir. Şekil 4'de ilk senaryodaki basınç ve etki değişikliği verilmiştir. Kulak zarı yırtılması ve akciğer kanamasına dayalı ölüm ve yapısal hasar Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 6'da ikinci senaryodaki basınç ve etki değişikliği verilmiştir. Kulak zarı yırtılması ve yapısal hasar Şekil 7'de verilmiştir.

Birinci senaryoda, TNO ME ve BST modellerinde yapıda önemli hasar ve çalışanlar üzerinde önemli etkiler olduğu gözlenmiştir. Tahmin edilen basınç değerleri düşük mesafede oldukça yüksektir. Düşük mesafede iki model arasında farklılıklar olduğu görülebilir. BST modeline kıyasla, TNO ME modeli düşük mesafelerde daha anlamlı basınç değerleri öngörmüştür. Analiz sonuçlarına bakıldığında TNO ve BST modelleri arasında yakınlık gözlenmektedir. Her iki model ile öngörülen kulak zarı yırtılması ve yapısal hasar 60 m 'den daha yüksek mesafeler için oldukça azdır. 30 m 'den fazla mesafelerde her iki modelde de akciğer kanamasına bağlı ölüm gözlenmemektedir.



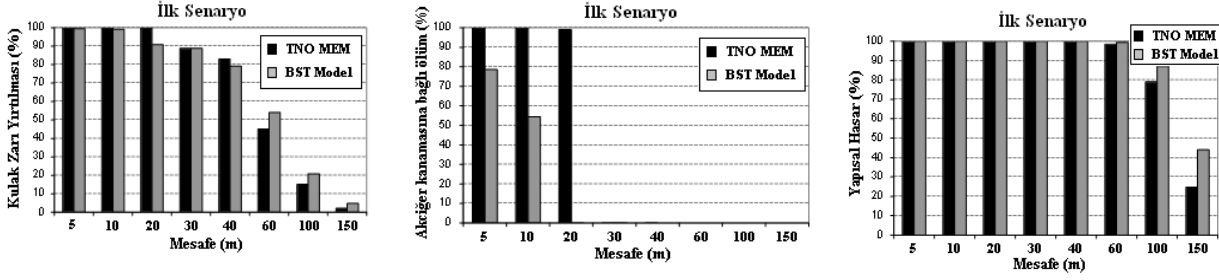
Şekil 4. İlk senaryoda yüksek basıncın ve etkinin mesafe ile değişimi

Tablo 5. İlk senaryoda TNO ile basınç, kulak zarı yırtılması Akciğer kanamasına bağlı ölüm ve yapısal hasar yüzdesinin mesafe ile değişimi

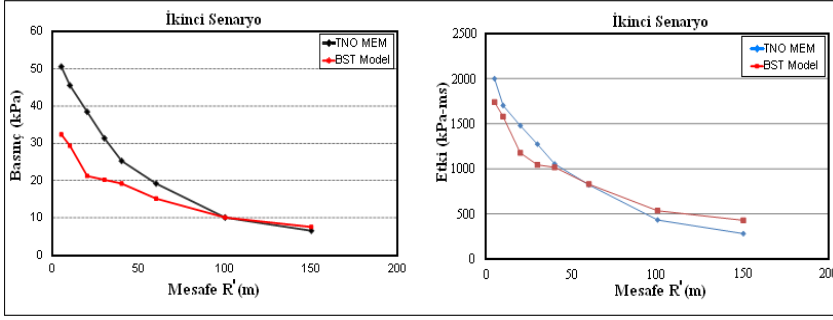
R' (m)	P (kPa)	I (kPa-ms)	Kulak Zarı Yırtılması (%)	Akciğer Kanamasına Bağlı Ölüm (%)	Yapısal Hasar (%)
5	506.76	8105.28	100.0	100.0	100.0
10	405.41	6484.23	100.0	100.0	100.0
20	202.70	3242.11	99.9	99.0	100.0
30	81.082	1296.84	88.8	0.0	100.0
40	70.94	1323.86	83.1	0.0	100.0
60	40.54	864.56	45.1	0.0	98.5
100	25.33	702.45	15.1	0.0	79.0
150	15.20	567.37	2.2	0.0	24.7

Tablo 6. İlk senaryoda BST ile basınç, kulak zarı yırtılması Akciğer kanamasına bağlı ölüm ve yapısal hasar yüzdesinin mesafe ile değişimi

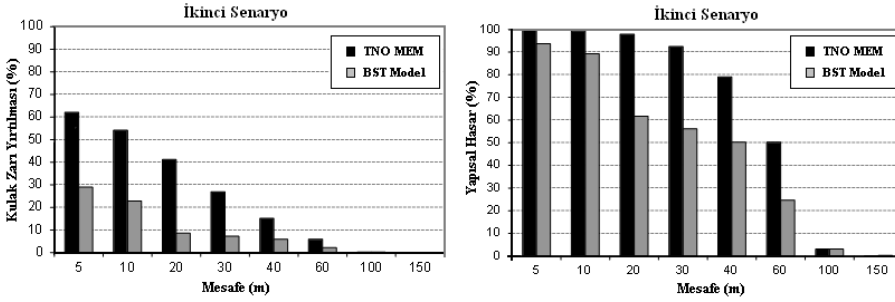
R' (m)	P (kPa)	I (kPa-ms)	Kulak Zarı Yırtılması (%)	Akciğer Kanamasına Bağlı Ölüm (%)	Yapısal Hasar (%)
5	162.16	2354.14	99.5	78.6	100.0
10	146.96	2193.63	99.1	54.4	100.0
20	86.14	1471.34	90.8	0.0	100.0
30	81.08	1337.58	88.8	0.0	100.0
40	65.87	1123.56	79.2	0.0	100.0
60	45.60	936.30	54.1	0.0	99.4
100	28.37	668.79	20.8	0.0	87.3
150	18.24	481.52	4.8	0.0	44.0



Şekil 5. İlk senaryoda kulak zarı yırtılması, akciğer kanamasına bağlı ölüm yüzdesinin ve yapısal hasar değişim yüzdesinin mesafe ile değişimi



Şekil 6. İkinci senaryoda yüksek basıncın ve etkinin mesafe ile değişimi



Şekil 7. İkinci senaryoda kulak zarı yırtılması, yapısal hasar yüzdesinin mesafe ile değişimi

Tablo 7. İkinci senaryoya göre TNO ile basınç, kulak zarı yırtılması akciğer kanamasına bağlı ölüm ve yapısal hasar yüzdesinin mesafe ile değişimi

R' (m)	P (kPa)	I (kPa.ms)	Kulak Zarı Yırtılması (%)	Akciğer Kanamasına Bağlı Ölüm (%)	Yapısal Hasar (%)
5	50.67	1999.30	62.1	0.0	99.8
10	45.60	1702.11	54.1	0.0	99.4
20	38.51	1478.40	41.2	0.0	97.9
30	31.41	1273.07	26.9	0.0	92.4
40	25.33	1053.68	15.1	0.0	79.0
60	19.25	821.33	5.9	0.0	50.2
100	10.13	432.28	0.3	0.0	3.1
150	6.58	280.98	0.0	0.0	0.1

Tablo 8. İkinci senaryoya göre BST ile basınç, kulak zarı yırtılması Akciğer Kanamasına Bağlı Ölüm ve Yapısal Hasar yüzdesinin mesafe ile değişimi

R' (m)	P (kPa)	I (kPa-ms)	Kulak Yırtılması (%)	Zarı Akciğer Kanamasına Bağlı Ölüm (%)	Yapısal Hasar (%)
5	32.43	1738.85	29.0	0.0	93.7
10	29.39	1578.34	22.8	0.0	89.3
20	21.28	1177.07	8.6	0.0	61.7
30	20.27	1043.31	7.2	0.0	56.2
40	19.25	1016.56	5.9	0.0	50.2
60	15.20	829.30	2.2	0.0	24.7
100	10.13	535.03	0.3	0.0	3.1
150	7.60147	428.02651	0.0	0.0	0.3

7. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, depolama tesislerinde meydana gelen patlama ve ön belirleme yöntemleri tartışılmıştır. Çalışmanın odak noktası en sık kullanılan iki ön belirleme modeli üzerinedir: bunlar TNO çoklu enerji ME ve Baker-Strehlow-Tang (BST) modelleridir.

Çalışmada, bir petrokimya tesisi için iki patlama senaryosu ele alınmıştır. Birinci senaryo için etilenin serbest bırakılması ve ikinci senaryo için propanın serbest bırakılması durumunda birimin gaz ile dolduğu varsayılmıştır. TNO ME ve BST modelleri kullanılarak yüksek basınç patlamaları ve etki değerleri hesaplanmıştır. Her iki model patlama sırasında oluşan yüksek basınç, etki, yapısal tepki ve hasarın dağılımı açısından karşılaştırılmaktadır.

TNO ME yöntemi kısa mesafedeki BST modeline göre her iki senaryo için yüksek basınç değerlerini daha yüksek düzeyde belirlemiştir. Bununla birlikte, uzak mesafede TNO ME ve BST modelleri arasında benzerlik görülmüştür. TNO ME modeli ile hesaplanan kırılma ve yapısal hasarlar özellikle kısa mesafede BST modeline göre yüksektir.

Kaynaklar

- “AcuSafe 2011”, <http://www.acusafe.com/Incidents/Flixborough1974/incident-flixborough1974.html>, erişim tarihi: Ekim, 2011.
- American Institute of Chemical Engineers, AIChE: Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, NY, 1994.
- American Institute of Chemical Engineers, AIChE: Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires, New York, 1996.
- American Institute of Chemical Engineers, CCPS: (Center for Chemical Process Safety) Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, New York, 1989.
- Baker, Q. A., Tang, M. J., Scheier, E. A., ve Silva, G.J., “Vapor Cloud Explosion Analysis”, Process Safety Progress, Volume 15, 106, 1996.
- Baker, Q., Doolittle, AC.M., Fitzgerald, G.A., ve Tee M., “Recent Developments in the Baker–Strehlow VCE Analysis Methodology”, Proc 31st AIChE Annual Loss Prevention Symposium, Houston, TX, March 10–13, 1997.
- Bodhurtha, FP., Industrial Explosion Prevention and Protection, New York, 1980.

- Cates, A.T., and Samuels, B., “A simple assessment methodology for vented explosions”, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, V 4, 287-296, 1991.
- Cant, R. S., Dawes W. N., ve Savill, A. M., “Advanced CFD and modeling of accidental explosions”, Annual Review of Fluid Mechanics, Volume 36, 97-119, 2004.
- Cooper, M.M G., Fairweather, J. ve Tite, P., “On the mechanism of pressure generation in vented explosions”, Combustion and Flame, 65, 1-4, 1986.
- Lea, C.J., ve Ledin, H.S., “A Review of the State-of-the-Art in Gas Explosion Modeling”, Health and Safety Laboratory Report, Fire and Explosion Group, 2002.
- Lees, F.P., Loss Prevention in the Process Industries, 2nd ed., Oxford: Butterworth Heinemann, 1996.
- Lenoir, E.M., ve Davenport, J.A., "A Survey of Vapor Cloud Explosions-Second Update", 26th Loss Prevention Symposium, AIChE, 1992.
- Lobato, P., Cañizares, M.A., Rodrigo, C., Sáez, J.J. ve Linares, A., “Comparison of Hydrogen Cloud Explosion Models and The Study of The Vulnerability of The Damage Caused by An Explosion of H₂”, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 31, 1780–1790, 2006.
- Johnson, G.S., “Refinery Damage and Emergency Response in the 1999 Izmit, Turkey Earthquake”, CA state land comission, prevention first symposium, 2002.
- Mercx, WP, Van der Berg, AC, Hayhurst, CJ, Robertson, CJ, ve Moran, KC., “Developments in Vapour Cloud Explosion Blast Modeling”, Journal of Hazardous Materials, Volume 71, 301-19, 2000.
- Melton, T.A., ve Marx, J.D., “Estimating Flame Speeds for Use with the BST Blast Curves”, Process Safety Progress, Vol. 28, No 1, 2009.
- Naamansen, P., An Experimental and Computational Study of Gas-Particle Flow in Circulating Fluidised Reactors, Ph.D. Thesis, Aalborg University, Denmark, 2002.
- Park, D.J., ve Lee, Y.S., “A Comparison on Predictive Models of Gas Explosions”, Korean J. Chem. Eng., Volume 26, No 2, 13-323, 2009.
- Puttock, J.S., Yardley, M.R., ve Cresswell, T.M., “Prediction of vapour cloud explosions using the SCOPE model”, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 13, Number 3, 419-431, 2000.
- Scawthorn, C., ve Johnson G. S., “Preliminary Report; Kocaeli (Izmit) Earthquake of 17 August 1999”, Engineering Structures, Volume 22, No 7, 2000.
- Tang, M.J., ve Baker, Q.A., “A new set of blast curves from vapor cloud explosions”, Proc. 33rd AIChE Loss Prevention

- Symposium, Paper 29e, American Institute of Chemical Engineers, Houston, TX, ABD, 1999.
- Van den Berg, J., "Comparison of blast prediction models for vapor cloud explosion", *Journal of Hazardous Materials*, Volume 12, No 1, 1985.
- Van den Berg, J., ve Lannoy, A. J., "Methods for vapour cloud explosion blast modelling", *Journal of Hazardous Materials*, Volume 34, 151-171, 1993.
- Van den Berg ve Versloot, A., "The multi-energy critical separation distance", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 16, No 2, 111-120, 2003.



Bakü Hava Kirlenmesinde SO₂'nin Rolü ve Meteorolojik Olaylarla İlişkinin Araştırılması

Şükrü DURSUN^{1*}, İlahe İBRAHİMOVA¹

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, sdursun@selcuk.edu.tr, Tel: 00905365954591, Fax: 00903322410635

(First received 19 August 2013 and in final form 20 December 2014)

Özet

Bu çalışmada, Bakü Şehir Merkezinde havada bulunan ve hava kirliliğini oluşturan başlıca kirleticilerden kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonlarının meteorolojik faktörlerle ilişkisi araştırılmıştır. Tezde Bakü merkezinde bulunan ölçüm istasyonlarından Temmuz, 2012 ve Mart, 2013 tarihleri arasındaki sürede derlenen günlük örneklerle gerçekleştirilmiştir. Örneklerde SO₂ analizleri yapılmış, elde edilen konsantrasyon değerleri ile meteorolojik veriler arasındaki ilişkiler istatistik yöntemlerle araştırılmıştır. Bakü Şehir Merkezinde SO₂ konsantrasyonu ile meteorolojik faktörlerden sıcaklık, nem, basınç, yağış ve rüzgâr arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma dönemi içinde en yüksek SO₂ değeri 0.035 mg m⁻³ günlük ortalama olarak elde edilmiş, meteorolojik faktörler arasında ayrı ayrı yapılan korelasyon testlerde genellikle ilişkinin negatif yönde olduğu ve en yüksek korelasyon değeri R²=0,61 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Meteorolojik Faktörler, Kükürt Dioksit, İstatistik, Bakü.

Investigation of SO₂ Roles on Air Pollution of Baku and Relation with Meteorological Factors

Abstract

The relationship of meteorological factors with sulfur dioxide (SO₂) levels was investigated in this case study. SO₂ is one of the important air pollutants in Baku City Center. This study was performed with data collected on a daily basis from the measurement stations in Baku during the period of July, 2012 –March, 2013. Analyses of SO₂ samples were obtained and the relationships between the obtained concentration values and meteorological data were investigated with statistical methods. Relation between SO₂ concentrations and the meteorological factors such as temperature, humidity, pressure, wind and rain in Baku city center were investigated. Highest SO₂ value was obtained as 0.035 mg m⁻³ in daily average during the study period. Statistical test between SO₂ and meteorological factors separately showed that correlation volumes were usually negative and the highest correlation value was found as R² = 0.61.

Keywords: Air Pollution, Meteorological Factors, Sulphur Dioxide, Statistic, Baku.

1. Giriş

Yerkürede tüm yaşam faaliyetleri atmosferik havanın özelliklerinden etkilenmektedir. Atmosfer havası insanların, bitkilerin ve hayvanların yaşadığı ortamın yaşamsal önemli bileşenine sahiptir. Bunun için hem ülkemiz, hem de dünya için atmosferik havasının kirlenmesi en önemli çevresel sorunlarından biridir (Stern ve ark, 1984). Atmosfer tabakasının kimyasal yapısının çeşitli gaz, toz ve aerosol gibi kimyasal maddelerin karışmasıyla bozularak, canlılara zarar vermesi ve/veya hatta ölümlere sebep olması "hava kirliliği" olarak tanımlanmaktadır. Hava kirleticisi kaynakların ve hava kirliliğinin seviyesinin belirlenmesi, hava kalitesi kontrol çalışmalarının önemli yer alır (Asgerov ve Hüseyinov, 2004). Bu nedenle hava kirliliğinin olduğu yörelerde kirlilik seviyesinin önceden tahmini önemli bir konudur. Özellikle kirliliğin yoğun olarak yaşandığı kış aylarında, meteorolojik olaylara bağlı olarak hava kirliliğinin önceden bilinmesi, zamanında bazı tedbirlerin alınmasına ve hava kirliliğinden etkisinde en az düzeyde etkiye maruz kalınmasını sağlayacaktır (Ertürk, 1993; Müezzinoğlu, 2000).

Atmosferin kirlenmesinin azaltılması yönünde bazı kapsamlı tedbirler alınmaktadır. Buna örnek olarak teknolojik süreçlerin geliştirilmesi ve sanayi üretimine uygulanması, sanayi tesislerinin ve Termik elektrik santrallerinin (TES), ayrıca çok sayıda atmosferi kirlüten kaynakların giderilmesi ve çevre dostu tesislerinin geliştirilmesini gösterebiliriz. Görülen tedbirlere rağmen atmosfere zararlı maddelerin atıklarının atılmasını tamamen önlemek mümkün değildir. Örneğin; Azerbaycan'da atmosferine atılan 997,000 ton kirleticisi maddenin % 60'ı Bakü'nün payına düşmektedir. Bakü Azerbaycan'ın en kalabalık yerleşim yeri olmakla birlikte sanayinin de en yoğun olduğu şehirlerden biridir. Başta kış ayları olmak üzere meteorolojik şartlara bağlı olmak üzere sıklıkla insan sağlığını tehdit edecek hava kirliliği olayları yaşanmaktadır. Bu yüzden Bakü il merkezindeki hava kirliliğinin bilimsel olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sanayi tesislerinin planlanması, tasarımı ve işletilmesi sırasında atmosfer kirlenmesinde meteorolojik faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Buna meteorolojik parametrelerden asılı olarak atmosferin kirlenmesi koşullarının, havanın kirlilik seviyesinin öğrenilmesi ve gaz atıklarının azaltılması tedbirleri dâhildir.

Şehir havasının kirlilik koşullarının ve meteoroloji parametrelerinin incelenmesi için yüzey ve atmosferik gözlemlere ilave olarak son zamanlarda yerin yapay uydularından alınan bilgilerin kullanılmasına büyük yer verilmektedir (Mahmudov, 2011).

Benzer şekilde dünyanın bir çok yerinde hava kirliliği ölçümleri ve kirliliğin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Huang ve ark (2013) tarafından arazi yerleşim planının SO₂ ve NO₂ kirliliği üzerinde etkisi incelenmiştir. Ilık ve soğuk dönemler karşılaştırıldığında soğuk dönemde kirliliğin kritik seviye ulaştığı gözlenmiştir. Bölgede kirlilik modellenmesi yapılmıştır. Luvsan ve ark. (2012) şehirleşme ve endüstrileşme ile birlikte artan hava kirliliğine işaret etmişlerdir. 1996'dan 2009'e kadar hava kirliliği tahminleri üzerinde durmuşlardır. Mevcut verilerin kullanılarak gelecek için hava kirliliği tahmini yapılması üzerine durmuşlardır. Leitte ve ark. (2009) tarafından hava kirliliği ile solunum yolu hastalıkları incelenmiştir. SO₂ ve NO₂ kirliliğinin hastalıklarla ilişkisini göstermişlerdir. Etkinin bronşit hastalarında daha etkili olduğu ortaya konulmuştur. Kan ve ark. (2010) Çin şehirlerinde SO₂ ve ölümler arasındaki kısa süreli etkileşimleri incelemişlerdir. Mevsimsel etkileri ortaya koymuşlar ve ayrıca başta Cl olmak üzere diğer hava kirlleticilerinin bulunmasının bu etkileri arttırdığını ileri sürmüştürler.

Shang ve ark. (2013) Çin'de sistematik yapılan incelemelerinde kısa süreli hava kirliliği etkileri ile ölümler arasındaki ilişkilere bakılmıştır. Villeneuve ve ark. (2012) hava kirliliği kısa süreli etkisini çalışmışlar. Artan süreyle etkinin arttığı ortaya konulmuştur. Beş farklı hava kirleticisi (NO₂, PM_{2.5}, CO, O₃, ve SO₂) incelenmiştir. Organik kirlilik olan bölgelerde Cl konsantrasyonunun artmasının hava kirliliğini etkisini arttırdığını gözlemlemişlerdir. O'Neill ve ark. (2013) Mexico City şehrinde yeni doğan bebeklerde hava kirliliği ve iltihaplı hastalıkların vakalarını incelemişlerdir. Aynı zamanda bu bekler ve anneleri ile hastalık olaylarının oluşum çeşitlerine bakmışlardır. Toksikolojik vakaların hava kirliliğinin artışı ile paralellik gösterdiği gözlenmiştir.

Yu ve ark. (2012) Çin'in Guangzhou şehrinde insanların yaşam ortamlarındaki hava kirliliği ile günlük ölüm oranları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Cao ve ark. (2012; 2013) yaşam ortamı hava kirliliğinin hastane acil servisleri ve civarındaki etkiler incelenmiştir. Çalışmalarında PM₁₀, SO₂, ve NO₂ kirleticileri incelenmiştir. Chang ve ark. (2012) Tayvan'da hava kirliticilerin akciğer fonksiyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında 12-16 yaşları arasında 10396 öğrenci incelemeye alınmıştır. Çalışmada birçok ortam faktörü, kirlitici ve sağlık etkileri değerlendirilmiştir. González ve ark. (2011) sahillerde deniz araçlarından kaynaklanan nano boyutlu partiküller üzerinde çalışmışlardır. 2008-2009 yıllarında 2.5 nm çapında daha küçük boyutlu kirliticiler ölçülmüştür. Daha çok taşıt kaynaklı kirliticilerin etkisi incelenmiştir. Çalışmada deniz taşıtları ile birlikte denizden kaynaklanan sıvı zerreciklerin karalara taşınımını ortaya koymuşlardır.

Dursun (1988) çalışmasında Karadeniz bakır işletmeleri ve Samsun Gübres Sanayinden kaynaklanan hava kirliliğinin ölçümlerine yaparak hava kirliticileri ile bazı meteorolojik parametrelerin ilişkisini istatistiksel yöntemler kullanarak araştırmıştır. Bazı meteorolojik parametrelerin kirlitici konsantrasyonu ile pozitif ilişkisi tespit edilirken bazı parametrelerde negatif ilişki gözlenmiştir. Konya'da Söyleyici ve Dursun (2002) hava kirliticiler ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki SPSS paket programında çoklu korelasyon

incelenmiştir. Özellikle kış mevsimi değerlerinin daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Ağayev (2012) tarafında yapılan çalışma göstermiştir ki; Bakü'de ısınma ihtiyacı için tamamen doğalgaz kullanımı sebebiyle kış aylarındaki değerlerin diğer mevsimlere kıyasla yüksekliği dikkati çekmezken, petrol işlenen bölgeler civarında 1.6 mg/m³'e ulaşan değerler bölgeden uzaklaştıkça azalma trendi göstermiştir.

Bu çalışmada Bakü il merkezi atmosferinin solunabilir ortamında SO₂ ölçümleri yapılarıdaki bazı meteorolojik faktörler ile ilişkisinin istatistiksel olarak araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Araştırılan Bölgenin Özellikleri

Bakü Hazar denizinin batısında, Apşeron yarımadasının güneyinde 40°, 23' enlem 49°, 51' boylamlarının kesiştiği noktada yerleşmiştir. Bakü Nerimanov, Nasimi, Nizami, Sabayıl, Hatayi, Yasamal olmak üzere 6 idari bölgeden oluşmaktadır (Şekil 1). Şehrin merkezi bölümü Bakü limanı doğru inen amfiteyatroya biçimindedir, her iki taraftan denize iniş var. Bu Hazar Denizi'nde en avantajlı ve geniş limandır. O, doğudan Sultan, batıdan ise Hasar ve Şihov burunları ile sınırlıdır. Liman kuzeyden güneye doğru 8 km kadar uzanır. Buna şehrin güney, en düşük bölümü kavuşur. Merkezde ve otoyol boyu yapılar yoğun, şehir çevresinde seyrek. Şehir civarı araziler petrol çıkarma merkezleridir. Burada tren yolu ulaşımı, Makine, inşaat malzemeleri (çimento üretimi, kireç üretimi) tesisleri bulunmaktadır, madensuları (Şih, Suraxanı) bulunmaktadır. Şehir çevresinde çok sayıda çamur volkanları (Keyreki, Lökbatan) ve tuzlu göller vardır. (Büyükşor, Hocahəsən). Şehirde Apşeron tatil bölgesi ve plajlar bulunmaktadır. Şehir merkezi yerleşim alanı deniz seviyesinden 28 metre daha düşüktür seviyededir (Eyyubov, 1973; Eyyubov & Musayev, 1997 ; Budaqov, 1994).

2.2 Bakü'nün Topografik Özellikleri

Bakü Kafkasya'da en büyük sanayi merkezlerinden biridir. Şehrin yüzey şekli düzenli-tepelidir. En alçak yerleri Hazar kıyısı şerit, dünya okyanusu seviyesinden aşağıda bulunmaktadır. Bakü şehrinin yüksek kısmı batıda bulunmaktadır. Badamdar Dağı ve Zığ Tepesi'nde 200 metreden fazla değildir. Şehrin batı bölümü daha dik, bazı yerlerde yamaç yüzey şekline sahiptir. Kuzeybatı bölümde yüzey girintili-çukuntulu olduğu için Bakü, şu anda nispeten yumuşak yüzey şekli kuzeydoğu ve doğu yönünde gelişiyor. Bakü Yaylası batıda Yasamal deresi, kuzeyde Büyükşor çukuru, doğuda ise Emircan, Garaçukur çukurları ve Hövsan ovası ile kapsamaktadır. Bakü amfiteyatrosu ise aynı adlı Yaylanın güneye devamını teşkil ediyor.

2.3 Bakü'nün İklim Özellikleri

Bakü'nün ikliminin oluşmasında Apşeron yarımadasının ve onu kapsayan arazinin, denizin, Baş Kafkasya serisinin devamı olan tepeliklerin fiziki-coğrafi ortamı temel rol oynar. Atmosfer süreçlerinin fiziksel-coğrafi ortamla olan etkileşimi sonucunda şehrin iklimi yayı kurak geçen ılımlı-sıcak yarım çöl subtropik ve kuru çöl iklim tipine aittir. Tablo 1'de Bakü İl Merkezine ait bazı meteorolojik parametreler verilmiştir.



Şekil 1. Bakü şehrinin siyasi haritası (Azerbaycan Res. Ekoloji Atlası; Memmedov & Memmedova, 2006; Memmedov , 2002; Memmedov ve ark., 2009)

Tablo 1. Bakü İl Merkezinde bazı meteorolojik parametrelerin uzun yıllar ortalama değerleri (Ulusal Hidro-meteoroloji Büro; Madat-zade, 2013)

Meteorolojik Faktörler	Aylar												yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık °C ortalama	3.8	4.0	6.2	11.0	17.7	22.6	25.7	25.6	21.6	16.6	10.9	6.5	14.4
En yüksek °C	21	27	31	31	33	39	40	39	35	35	29	27	40
En düşük °C	-13	-8	-7	0	4	8	14	14	7	0	-6	-9	-13
Ortalama en düşük °C	1.9	1.8	3.7	8.2	14.4	19.3	22.6	22.6	19.0	14.0	8.7	4.3	11.7
Yağış, mm	30	22	25	23	12	9	6	8	15	33	38	26	247
Rüzgar hızı, m/s	6.1	6.6	6.9	6.5	6.2	6.5	6.8	6.3	6.2	6.1	5.7	5.6	6.3
Nispi nem, %	78	78	77	69	64	57	58	63	68	74	77	76	70
Bağıl nem, mb	6.6	6.5	7.2	9.4	13.0	16.0	19.4	20.8	17.8	14.0	10.2	7.5	12.4
Su yüzeyinden buharlaşma, mm	26	27	32	58	94	140	155	136	100	65	43	34	910

2.4. Bakü İl Merkezinde Kirliliğin Sebepleri

Bakü il merkezi hava kirliliği bölgenin fiziki-coğrafi özellikler, topografya, iklim koşulları ve kirletici kaynaklara olan mesafeye bağlıdır. Rüzgar vasıtasıyla şehir çevresindeki yarı çöl tipi iklim görülür ve yerden yükselen tozlar hava kirliliğinde önemli yer alır. Hazar Denizi üzerinde atmosferin alt katmanlarında meydana gelen tuzlarla doymuş hava ve su buharı şehir havasına dahil olduğunda nemin yoğunlaşması sonucunda tuz kristallerin şehrin havasının kirlenmesine neden olur. Bu tuzlar sodyum, magnezyum ve kalsiyum klorür, sodyum sülfatlardan oluşur. Ayrıca şehrin havasına karışan tozlar, bitki polenleri, mikroorganizmalar gibi maddeler de havayı kirletir. Bakü şehrinde havanın kirlenmesine yol açan bir takım sanayi

kuruluşlarında faaliyet göstermektedir. Ayrıca petrol-gaz ve ürünleri endüstrisinin, enerji tesislerinin, özellikle de ulaşım araçlarının da atmosferin kirlenmesinde rolü az değil (Şekil 2).

Havanın kirlenmesinin başlıca nedenlerinden olan motorlu taşıt sayısı 400 bine yakındır. Sadece onu söylemek yeterlidir ki, insanın ekonomik faaliyeti ile ilgili tüm bu kaynaklar yılda yaklaşık 16373 bin ton yakıt tüketiyor. Bu kadar yakıttan oluşan büyük miktarda zararlı maddelerin şehrin atmosfer havasına karışarak onun güçlü biçimde kirlenmesini tasavvur etmek o kadar da zor değil.

Devlet İstatistik Kurulu verilerine göre Bakü şehrinde havaya yılda yaklaşık 271 sabit kaynaktan 464,8 bin ton (katı maddeler - 13,9 bin, gaz halinde ve sıvı maddeler 450,8 bin, ayrıca uçucu organik bileşikler 5,1 bin ton, hidrokarbon 427, 9 bin ton) zararlı maddeler atılmıştır. Ayrıca havaya terkinde

kükürt bulunan yakıtın yakılması sırasında oluşan kükürt gazı dahil oluyor ki, bunun da temel kaynağı kalorifer sistemleri, elektrik santralleri, ayrıca Petro-kimya endüstrisidir. Şehrin havasında kirleticiler dağılması ve taşınmasında rüzgarın rolü büyüktür.

Rüzgar hızı ve yönü, rüzgarın geldiği yön esas alınmak üzere "rüzgar gülleri" ile gösterilir. Bu teknik yardımıyla belirli bir merkezde meydana gelen kirlenmenin hangi kaynaktan dolayı meydana geldiği kolayca anlaşılacaktır.



Şekil 2. Bakü ili sanayi atıkları ile kirlenmesi (Azerbaycan Res. Ekoloji Atlas; Memmedov ve Xelilov, 2004; Memmedov ve ark., 2009)

2.5. Kükürt Dioksit Ölçümünde Kullanılan Metotlar

Atmosferdeki SO₂ gazının analizi için çeşitli metotlar mevcuttur. Araştırma bölgesinde hava kirleticisi olarak yalnız SO₂ bulunmayıp beraberinde birçok gaz ve partükül madde bulunur. Bundan dolayı bir takım hatalar ortaya çıkmaktadır. SO₂'nin analizi için alınan numunenin günün 24 saatini temsil etmesi gerekir. Fakat Bakü'de SO₂ ölçümü için genellikle spektrofotometrik metodu kullanıldığından günün belli saatlerinde örnek alınıp ortalaması bulunmaktadır. Metot havadan kükürt gazının sodyum tetraklormerkurat (TKM) bazlı emici tabakası vasıtasıyla tutulmasına, sonradan kükürt gazının Formaldehid ve pararozanilin veya fuksinle oluşturduğu birleşimin spektrofotometrik yöntemle tayinine esaslanıyor. Analize engel olan NO₂'nin etkisini sulfamin asit ile, ozonun etkisini numuneni fotometriyadan önce bir süre bekletmekle, ağır metal tuzlarının etkisini ise trilon B ve fosfat asit ekleyerek ortadan kaldırıyorlar (Ağayev ve ark., 2004; David ve ark., 2009; Nguyen ve Kim, 2006).

Kükürt dioksitin (SO₂) net konsantrasyonu Pararozanilin yöntemi ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Kükürt gazının konsantrasyonunu tayin etmek için, önceden hazırlanmış stok şişelerin 0,5 L/dakika hızı ile 20 dakika içinde hava emilir. Hava örneği emilen zaman stok şişeler dikey, sorbent katı düşük olmakla sıkıştırılır. Sorbsiya borusunda hava aşağıdan yukarı emilmelidir. Kükürt gazının konsantrasyonu az olduktan hava örneğini 2 L/dak hızı ile de emmek olur. Bu halde konsantrasyon sadece 0,01 - 0,25 mg m⁻³ aralığında ölçülmelidir. Örnek alınan ve kaydedilen zaman ışık ışınlarından korunmalıdır, bunun için siyah kağıttan istifade etmek gerekir. Havanın sıcaklığı 200°C'den yüksek olduğunda, SO₂'nin oksitleşme hızı artıyor.

Örnek alınan gibi borular sıkıca kapatılıp, polietilen poşetlere toplanır ve hermetik halde buzdolabında muhafaza edilir. Buzdolabında örneklerin muhafaza süresi 8 gündür.

Laboratuarda sorbsiya borusunu deneme şişesine yerleştirip, üzerine 6 ml sulfamin asit ilave ediliyor. Lastik "armut" aracılığıyla çözelti sorbsiya borusunun içerisinde bir kaç kez karıştırılıyor ve boru deneme şişesinden çıkartılıyor. Bu işlem sonucunda örnek çözeltiye geçiriliyor. Bu çözeltiden başka deneme şişesine analiz için 5 ml ayırıp, üzerine 0,4 ml Formaldehit ve 1 ml pararozanilin (veya fuksin) çözeltisi ilave edilip, mükemmel karıştırılır ve 30 dakika tutuluyor. Sonra çözeltinin optik yoğunluğu dalga boyu 548 nm, genişliği 10 mm olan küvetde suya oranla ölçülür.

2.6. Meteorolojik Veriler

2.6.1 Kullanılan cihazlar ve ölçü metotları:

1. Sıcaklığı ölçmek için: psikrometrik termometre TM-4; ölçü aralığı -35 °C'den 40 °C'ye kadar TM-4-1; -25 °C'den 50 °C'ye kadar TM-4-2; Düşük dereceli meteorolojik termometre TM-9; Meteorolojik minimum termometre TM-2; meteorolojik maksimum termometre TM-1 kullanılıyor ve yer yüzeyinden 2 metre yüksekte kurulmuş Termometreler kullanılarak tespit edilir. Termometrelerde sıcaklık hassas elementin genişlerken ilerleyip gerilemesi prensibine göre belirlenir. Tüm termometreler dikey vaziyette tutulmalıdır.

2. Nemi ölçmek için: psikometre; meteorolojik saçlı higrometreden istifade ediliyor. Kuru ve ıslak termometrelerin göstercileri esasen "Psikrometrik tablo" dan istifadeye esaslanır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3. Basıncı ölçmek için: barometre SR-A (ölçü aralığı 810-1070 hPa) ve SR-B (ölçü aralığı 680-1070 hPa); meteorolojik barograf M-22AH. İstasyonda basıncın ölçülmesi içerisinde havası boşaltılmış ince metal bir kutu yüzeyinin basınç değişmesiyle esneyip şekil değiştirmesi sonucunda da tayinine esaslanır.

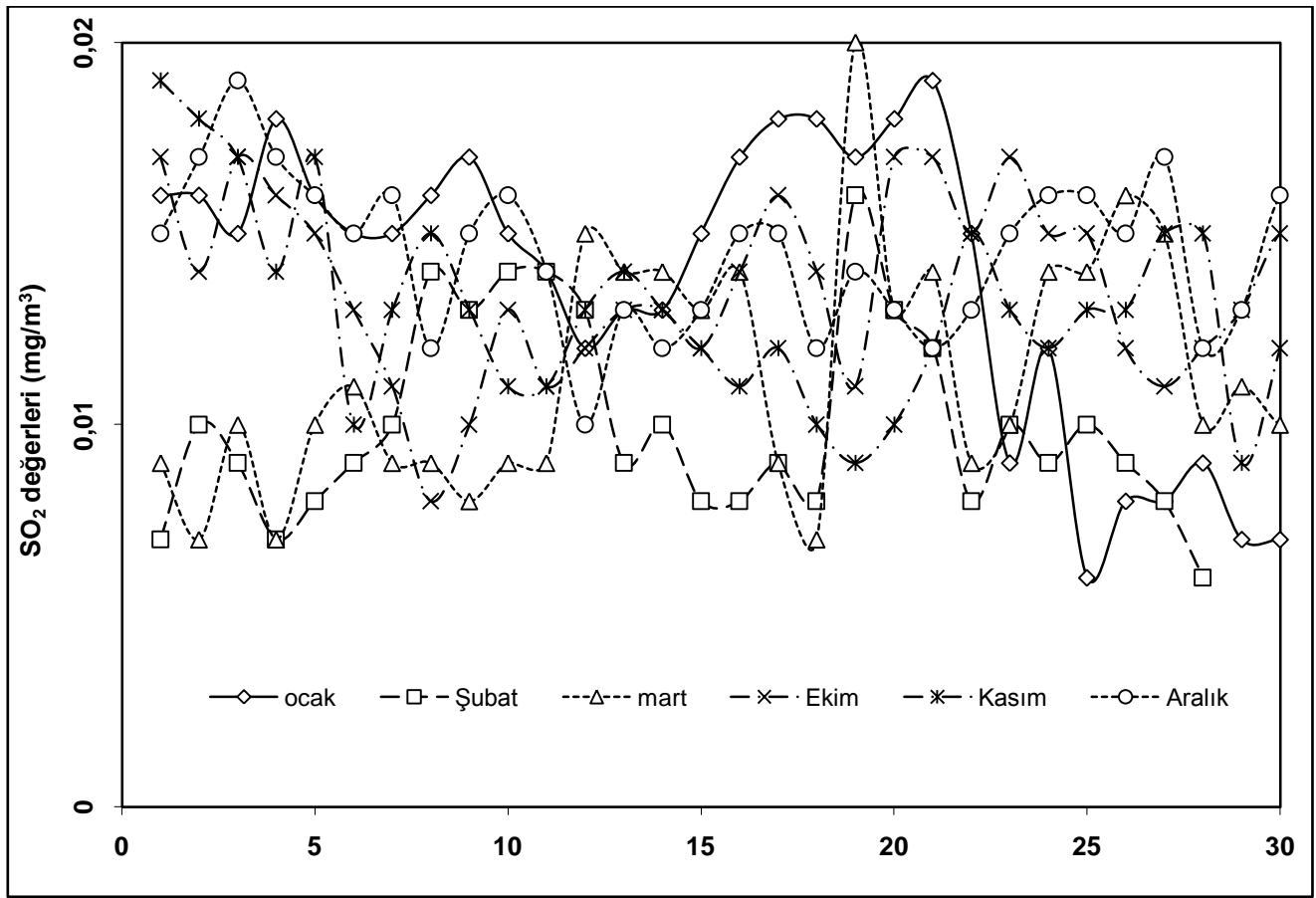
4. Rüzgarın özelliklerini ölçmek için Anemometre M-63 M-1 veya Anemograf cihazı kullanılmaktadır.

5. Yağışların ölçülmesi için: plüviyometre (yağış ölçer) Y-1; plüviyograf. Kovanın alanında kaydedilen suyun aynı kovada biriken bölümünün hacminin hesaplanmasına esasen düşen yağmurun miktarı tayin edilir.

Meteoroloji verileri Milli Hidrometeoroloji Büronun Hidrometeoroloji Şubesi destekleriyle ölçülmüştür.

Aylara göre değerlendirildiğinde SO_2 'nin konsantrasyonun $mg\ m^{-3}$ olarak en yüksek değerleri, on günlük değerler karşılaştırıldığında ilki Aralık (0,053) ayında, ikincisi Temmuz (0,052), Ağustos (0,054), Şubat (0,031) ve Mart (0,048) aylarında, Üçüncü ise Eylül (0,065), Ekim (0,052), Kasım (0,046), Ocak (0,036) aylarında, görülmüştür (Şekil 3). Fakat buna rağmen bu değerler standartları aşmıyor. Dokuz aylık günler üzere ve ortalama değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Tablo 2-4).

SO_2 'nin yalnız nem ile yüksek korelasyon ilişkisi Eylül ayı için bulunmuştur. Diğer meteorolojik parametrelerle korelasyon ilişkisi zayıftır. Rüzgarlı havalarda rüzgar yönünden asılı olarak şehrin çeşitli yerlerinde maksimum konsantrasyonlar gözlemleniyor. Bakü Bölgesinin 2012 Temmuz -2013 Mart ayları arasında elde edilen meteorolojik veriler ve korelasyon değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 2, 3 ve 4).

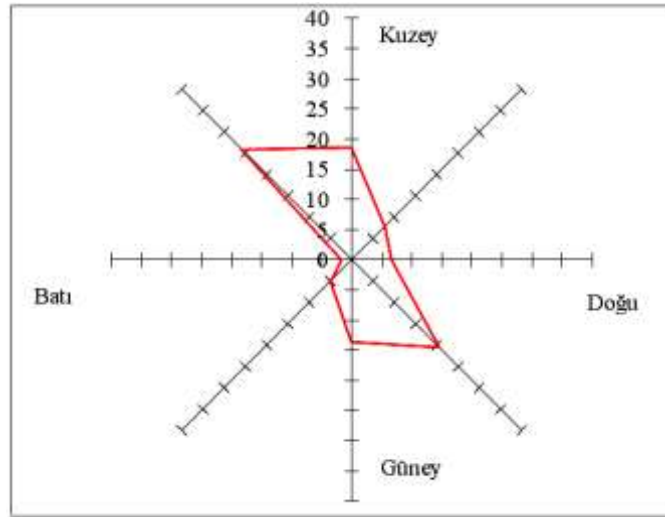


Şekil 3. Bakü il merkezinde 2012 Ekim-Mart 2013 ayları için SO_2 değerleri (mg/m^3)

Bakü il merkezine ait olan "rüzgar gülü" Şekil 4'de verilmiştir. Bakü'nün ortalama rüzgar yönü güneydoğu ve kuzeybatıdır. Bu şehir üzerindeki kirliliği dağıtmak için yeterlidir.

3.1. Meteorolojik Parametreler İle Kirleticiler Arasındaki İstatistiksel İlişki

Bakü il merkezinde elde edilen dokuz aylık kükürt dioksit ölçüm sonuçları ile sıcaklık, nem, rüzgar, basınç ve yağış değerleri arasındaki istatistiksel ilişki araştırılmış ve aşağıdaki tablolarda verilmiştir.



Şekil 4. Bakü İl Merkezine ait rüzgar gülü

Tablo 2. Bakü il merkezinin aylar üzere ortalama meteorolojik faktörler ile kirlenmeler arasındaki korelasyon değerleri (R^2)

Parametreler Aylar	SO ₂ ve Sck. gece	SO ₂ ve Sck. gün	SO ₂ ve rüzgar	SO ₂ ve yağış	SO ₂ ve basınç	SO ₂ ve nem gece	SO ₂ ve nem gün
Temmuz - 2012	-0,00	-0,01	-0,08	-0,32	0,20	-0,04	0,15
Ağustos - 2012	0,05	0,01	-0,11	0,00	-0,08	-0,17	0,05
Eylül - 2012	0,19	0,02	0,06	-0,12	0,56	0,56	0,61
Ekim - 2012	-0,12	0,14	-0,29	0,05	0,12	0,56	0,18
Kasım - 2012	0,27	0,20	-0,07	-0,02	-0,31	0,18	0,30
Aralık - 2012	0,30	0,35	0,07	-0,17	-0,18	-0,18	-0,32
Ocak - 2013	0,16	0,09	0,09	0,09	0,11	-0,26	0,02
Şubat - 2013	0,14	0,156	-0,23	0,33	-0,03	0,45	0,39
Mart - 2013	0,42	0,44	-0,08	-0,10	-0,44	-0,39	-0,56

Tablo 3. Bakü il merkezinin dokuz aylık ortalama meteorolojik faktörler ile kirlenmeler arasındaki korelasyon değerleri (R^2)

SO ₂ ve meteorolojik faktörler	Korelasyon katsayıları
SO ₂ ve Sıcaklık (gece) arasındaki korelasyon katsayısı	0,02
SO ₂ ve Sıcaklık (gündüz) arasındaki korelasyon katsayısı	0,02
SO ₂ ve rüzgar arasındaki korelasyon katsayısı	-0,02
SO ₂ ve yağış arasındaki korelasyon katsayısı	-0,07
SO ₂ ve basınç arasındaki korelasyon katsayısı	-0,38
SO ₂ ve nem gece arasındaki korelasyon katsayısı	-0,12
SO ₂ ve nem (gündüz) arasındaki korelasyon katsayısı	-0,23

Bakü il merkezinde 9 aylık (2012 Temmuz – 2013 Mart) SO₂ değerlerine baktığımızda Azerbaycan ortalama ve maksimum sınır değerlerin (Tablo 4) aşılmadığını görülmüştür.

Tablo 4. Günlük ortalama SO₂ değerlerinin Azerbaycan ortalama ve maksimum sınır değerleri ve bazı uluslararası standartlar ile karşılaştırılması

Aylar	Aylık ortalama SO ₂ değerleri (mg m ⁻³)	Azerbaycan için Ort. sınır değerleri (mg m ⁻³)	Azerbaycan için Max. sınır değerleri (mg m ⁻³)	US NAAQS (mg m ⁻³)	EC (mg m ⁻³)
Temmuz - 2012	0,015	0,05	0,5	0,08	0,125
Ağustos - 2012	0,014	0,05	0,5	0,08	0,125
Eylül - 2012	0,013	0,05	0,5	0,08	0,125
Ekim - 2012	0,014	0,05	0,5	0,08	0,125
Kasım - 2012	0,013	0,05	0,5	0,08	0,125
Aralık - 2012	0,015	0,05	0,5	0,08	0,125
Ocak - 2013	0,014	0,05	0,5	0,08	0,125
Şubat - 2013	0,010	0,05	0,5	0,08	0,125
Mart - 2013	0,011	0,05	0,5	0,08	0,125

Elde edilen kirlilik değerleriyle ortalama ve maksimum sınır değerlerini kıyasladığımızda sınır değerlerin altında bir kirliliğin olduğunu gözlenmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere ortalama değerler dikkate alındığında hava kirliliğinin sınır değerler altında olduğu görülmektedir. En yüksek değerler Ekim-Mart ayları arasında olmuştur. Bu aylarda çok ciddi olmamakla birlikte sınır değerinin altındadır. Bununla beraber bazı gün ve saatlerde konsantrasyonların rahatsızlık düzeyler çıktığı görülmektedir.

Hava kalitesini olumsuz etkileyen en önemli kaynak evsel ısınma için kullanılan yakıtlar ve taşıt trafiğidir. Bakü'de ulaşım başlı başına bir problem olarak göze çarpmaktadır. Gerek araç sayının çokluğu gerekse şehir merkezindeki yolların yetersizliği Bakü'de önemli hava kirliliği kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Şehir merkezi içindeki yollar ve caddeler dar ve mevcut haliyle yetersizdir. Önemli ölçüde otopark problemi bulunmaktadır. Bu probleminden dolayı pek çok sürücü araçların yol kenarına park etmeleri ve zaten dar ve yetersiz olan yollar üzerinde trafiğin akıcılığını azalmasına sebep olmaktadır.

Şehrin hava kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biri de nüfustur. Nüfus diğer kirletici kaynakları da doğrudan ilgilendiren bir faktördür. Nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısı da artmaktadır. Bu da daha çok baca ve daha çok emisyon demektir. Ayrıca yine nüfusun artması demek daha çok aracın trafiğe çıkması demektir. Yine bu da daha çok egzoz gazı demektir. Nüfusun artmasıyla birlikte iş alanları da, diğer bir başka deyişle sanayi tesislerini de artmaktadır. Tüm bunlardan da anlaşılacağı üzere nüfus, hava kalitesini etkileyen pek çok faktörün artmasına sebep olmaktadır.

Meteorolojik faktörler hava kalitesini etkileyebilecek özelliktedir. Bunlardan en bazıları sıcaklık, nispi nem, basınç, yağış ve rüzgarlardır. Elde edilen verilere bakıldığında en soğuk ayların ve aynı zamanda kirliliğin de en çok olduğu Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere sıcaklıkla kirlilik arasında ters bir orantı mevcuttur. Yani sıcaklık azaldıkça kirlilik artmaktadır. Çünkü sıcaklık azaldıkça ısınma amaçlı yakıt tüketimi artmaktadır. Böylece daha çok baca gazı emisyonu salınmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi Bakü'de de küresel ısınma sonucunda sıcaklığın arttığı fark edilmektedir. Bölgesel ısınmaya etki eden diğer unsur da Bakü'nün doğusunda bulunan Hazar Gölü'dür. Bunlar şehirdeki nem oranını oldukça yükseltmektedirler. Nispi nem ile kirlilik arasında doğru orantı vardır. Yani nem oranı arttıkça kirlilikte artmaktadır. Rüzgar hızı Bakü'de oldukça yüksektir. Yeterli bir kuvvette rüzgar olduğunda kirli hava kitleleri şehrin üzerinden dağılmakta ve olumsuz bir sonuçları azalmaktadır. Rüzgar hızı arttıkça kirlilik değerleri de düşmektedir. Bakü il merkezinde şu anda çok ciddi bir hava kirliliği bulunmamasına rağmen yukarıda yapılan değerlendirmelerin sonucunda gelecekte böyle olmayacağı görülmektedir. Şimdiden gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte çok ciddi problemler meydana gelebilecektir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Bakü şehir merkezinde havanın SO₂ kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi ve meteorolojik faktörlerle ilişkisi ele alınmıştır. Çalışmada öncelikle Bakü'nün topografik özellikleri ve coğrafi durumu, havanın kirlenmesine tesir

edebilecek meteorolojik faktörler ve kirlilik kaynakları incelenmiştir. Daha sonra kirlilik faktörlerinden atmosferik kükürt dioksit analizleri yapılmıştır. Elde edilen kirlilik değerleri ile bazı meteorolojik faktörler arasında istatistiki ilişki araştırılmıştır. Aylık ortalama değerlerin karşılaştırılmasında SO₂ en yüksek korelasyon değeri Eylül ayında R²=0.61 olarak bulunmuştur. Aylık ortalamalar için yapılan korelasyon analizinde korelasyon katsayılarının R²= -0,00 ile R²=0,61 arasında gerçekleştiği görülmüştür. Böylelikle kirlilik konsantrasyonları ile meteorolojik faktörlerden "sıcaklık, rüzgar, yağış, basınç ve nem" arasında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmemiştir.

Hızlı nüfus artışı özellikle köylerden merkeze göç sonucu şehirde nüfusta gözlenen büyük artış sonucunda zorunlu yeni yerleşim alanları açılmıştır. Yeni açılan bu yerleşim yerlerinin seçerken meteorolojik koşulların göz önünde bulundurulmaması yüzünden eski yerleşim alanları için kirletici etkiye sebep olmaktadır. Bu yüzden yeni kurulacak yerleşim alanları şehrin dışında kalacak şekilde planlanmalıdır.

Hava kirliliğini oluşturan tesislere baca gazı arıtım teknikleri uygulanmalıdır. Sanayide kükürt oranı %3,5 olan fuel-oil'in yerine kükürt oranı %1,5 olan özel kalorifer yakıtının kullanılması yoluna gidilmelidir. Endüstriyel tesisler yapılırken meteorolojik faktörler ve iklim özellikler göz önüne alınarak hava kirlenmesi açısından yer seçimine dikkat edilmelidir. Azerbaycan petrol ve diğer fosil yakıtlar bakımından şanslı ülkelerden olası dolayısıyla ısınma ihtiyacı doğal gaz ile sağlanmaktadır. Bir çok ülkeyle karşılaştırıldığında ısınmanın atmosferik SO₂ kirliliğindeki rolü çok düşüktür. Kirliliğin önemli sebeplerini petrolün islenmesi faaliyetleri ve endüstriyel aktiviteler oluşturmaktadır.

Azerbaycan'daki diğer hava kirliliği kaynaklarına bakıldığı zaman: Caddelerin dar olması ve otopark sayısı yetersiz olduğundan araçların yol kenarında park etmeleri trafiğin akıcılığının kaybetmesine sebep olmakta ve daha çok egzoz gazı salınımına yol açmaktadır. Bunun çözümü için şehir merkezinde çeşitli noktalara otoparklar inşa edilmeli, trafik akış hızını artırmalı ve daha geniş caddeler yapılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca araçların yol üzerinde park etmeleri engellenerek trafiğin daha akıcı olması sağlanmalıdır. Egzoz gazı muayeneleri daha sık ve düzenli yapılarak havayı kirleten araçlar tespit edilmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.

Bakü il merkezinde mevcut tek bir hava kirliliği ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Kirleticilerin ölçüm noktaların ve parametrelerinin artırılması gerekmektedir. Böylece şehrin kirlilik durumu çok daha detaylı bir şekilde ortaya çıkacak ve önlemlerin buna göre alınması sağlanacaktır.

Teşekkür: Bu çalışma Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nde İlahe İbrahimova'nın yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Yazarlar çalışmaya desteklerinden Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

Ağayev T.D., 2012, Şəhərlərin atmosferinin antropogen çirklənməsinin tədqiqi və proqnozlaşdırılması məqsədilə, yerüstü və aerokosmik məlumatların emalı üsullarının işlənilməsi

- hazırlanması (Abşeron yarımadası şəhərləri təmsalında), Bakı, 63-96. Ağayev T.D., Əsədova L.Ə., Quliyeva A.A., 2004. Şəhər atmosferinin kükürd qazı ilə çirklənməsi və onun zərərsizləşdirilməsi yolları, Respublika Elmi prak. konf.-Gəncə, 258-259.
- Asgerov E., Hüseynov E., 2004. Müasir ekologiya, Gence, 92-102.
- Budaqov B., 1994. Azərbaycan Respublikasının ekoloji gerginlik derecesinə görə ekoloji-coğrafi rayonlaşdırılması, Elmi-praktiki konfrans mater., 135-150.
- Cao J, Li W, Tan J, Song W, Xu X, Jiang C, Chen G, Chen R, Ma W, Chen B, Kan H, 2009, Association of ambient air pollution with hospital outpatient and emergency room visits in Shanghai, China, *Science of The Total Environment*, 407, 21, 5531-5536.
- Chang Y-K, Wu C-C, Lee L-T, Lin R-S, Yu Y-H, Chen Y-C, 2012, The short-term effects of air pollution on adolescent lung function in Taiwan, *Chemosphere*, 87, 1, 26-30.
- David West L., Fred Montgomery C., Timothy Armstrong R., 2009. A technique for monitoring SO₂ in combustion exhausts: Use of a non-Nernstian sensing element in combination with an upstream catalytic filter *Sensors and Actuators B: Chemical*, 140, 482-489.
- Dursun S., 1988. Samsun il merkezi ve Tekkeköy civarında SO₂, NH₃ ve Duman ölçümü ve meteorolojik parametrelerle ilişkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Ün Fen Bilim. Samsun.
- Ertürk F., 1993. Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri, Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Gebze-Kocaeli, 15-47.
- Eyyubov E.C., 1973. Bakünün iklimi, Bakü, 5-6, 10-46.
- Eyyubov E.C., Musayev Z.F., 1997, Bakü və Abşeron yarımadasının iklimi və insan səhəti, Bakü, 18-31.
- González Y, Rodríguez S, García JCG, Trujillo JC, García R, 2011, Ultrafine particles pollution in urban coastal air due to ship emissions, *Atmospheric Environment*, 45, 28, 4907-4914.
- Hang Thi Nguyen, Ki-Hyun Kim, November 2006, Evaluation of SO₂ pollution levels between four different types of air quality monitoring stations, *Atmospheric Environment*, Volume 40, Issue 36, Pages 7066-7081.
- Huang Y-K, Luvsan M-E, Gombojav E, Ochir C, Bulgan J, Chan C-C, 2013, Land use patterns and SO₂ and NO₂ pollution in Ulaanbaatar, Mongolia Original Research Article, *Environmental Research*, In Press,
- Liette AM, Petrescu C, Franck U, Richter M, Suci O, Ionovici R, Herbarth O, 2009. Uwe Schlink-Respiratory health, effects of ambient air pollution and its modification by air humidity in Drobeta-Turnu Severin, *Science of The Total Environment*, 407, 13, 4004-4011.
- Luvsan M-E, Shie R-H, Purevdorj T, Badarch L, Baldorj B, Chan C-C, 2012, The influence of emission sources and meteorological conditions on SO₂ pollution in Mongolia, *Atmos. Environ.*, 61, 542-549.
- Mahmudov R.N., 2011, Hidrometeoroloji stansiya və məntəqələr üçün təlimat, Stansiyalarda meteoroloji müşahidələr, Bakı, 33-67, 122-128.
- Madat-zade V.M., 2013, *Klimat* Bakü, Leningrad Gidrometeoizdat, Moskova, 20-39.
- Memmedov E., Memmedova İ., 2006, Torpağın ekologiyası, Bakü, 129-132.
- Memmedov Q., Xelilov M., 2004, Ekologiya və etraf mühit, Bakü, 33-40, 96-99.
- Memmedov Q.Ş., 2002, Azərbaycanın torpaq ehtiyatları, Bakü, 18-19.
- Memmedov Q.Ş., Xelilov M.Y., Memmedova S.Z., 2009, Azərbaycan Respublikası Ekoloji Atlas, Bakü Kartoqrafiya Fabriki, 148-149.
- Meng X, Wang C, Cao D, Wong D-M, Kan H, 2013, Short-Term Effect of Ambient Air Pollution on COPD Mortality in Four Chinese Cities, *Atmospheric Environment*, In Press,.
- Müezzinoğlu A., 2000, Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.
- O'Neill MS, Osornio-Vargas A, Buxton MA, Sánchez BN, Rojas-Bracho L, Castillo-Castrejon M, Mordhukovich IB, Brown DG, Vadillo-Ortega F, 2013, Air pollution, inflammation and preterm birth in Mexico City: Study design and methods, *Science of The Total Environment*, 448, 79-83.
- Paul J. Villeneuve, Julie Y.M. Johnson, Dion Pasichnyk, Justin Lowes, Scott Kirkland, Brian H. Rowe, 15 July 2012, Short-term effects of ambient air pollution on stroke: Who is most vulnerable? *Science of The Total Environment*, Volume 430, Pages 193-201.
- Shang Y, Sun Z, Cao J, Wang X, Zhong L, Bi X, Li H, Liu W, Zhu T, Huang W, 2013, Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality, *Environ.*, 54, 100-111.
- Söyleyici, F.D., Dursun, Ş., 2002 "Konya ili bölgesindeki meteorolojik özelliklerin hava kirliliğine etkisi". 16-18 Ekim 2002 I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Ün. s:296-303, Erzurum
- Stern A.C., Boubel R.W., Turner D.B., Fox D., 1984. *Fundamentals of Air Pollution*, Academic Press, Inc. Orlando, Florida, USA.
- Yu ITS, Zhang YH, Tam WWS, Yan QH, Xu YJ, Xun XJ, Wu W, Ma WJ, Tian LW, Tse LA, Lao XQ, 2012, Effect of ambient air pollution on daily mortality rates in Guangzhou, China, *Atmospheric Environment*, 46, 528-535.



Et ve Et Ürünlerine Uygulanan Bazı Dekontaminasyon Yöntemleri

Sena Özbay-Doğu^{1*}, Cemalettin Sarıçoban²

^{1*}Tuz Gölü Su ve Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, ASÜÇEM, 68100 Aksaray, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42075 Konya, Türkiye

(Dergiye gönderilme tarihi: 23 Temmuz 2014, kabul tarihi 21 Aralık 2014)

Özet

Et ve et ürünlerinin dekontaminasyonu, farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik temelli uygulamaları ve araçları kullanarak ette bulunan mikroorganizmaların uzaklaştırılması veya inhibe edilmesidir. Fiziksel temelli uygulamalar, et yüzeyindeki kaba kirlilikleri hedef alarak mikrobiyal sayıyı düşürürken, kimyasal dekontaminasyon uygulamaları etin farklı kimyasallarla muamele edilmesiyle, kimyasalın yapısına bağlı olarak mikroorganizmaları inhibe etmesi işlemidir. Biyolojik temelli uygulamalar ise doğal olarak elde edilen, genelde mikroorganizmalar ve bitkisel temelli ajanların et dekontaminasyonunda kullanılması işlemidir. Çoğunlukla bu yöntemler farklı kombinasyonlarla kullanılarak etkin sonuçlar elde edilmektedir. Laktoferrin ve lizozimin ya da nisin ve basınç uygulamasının bir arada kullanılması gibi, etkin, pek çok bütünlük dekontaminasyon yöntemi bulunmakta ve optimal dekontaminasyon seçeneği ile ilgili çalışmalar yapılarak ürüne en uygun yöntem seçilmektedir. Çalışmamızda fiziksel, kimyasal ve biyolojik temelli yöntemlerle, bu yöntemlerin bir arada kullanıldığı bütünlük yöntemler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Et dekontaminasyonu, Et ve et ürünleri, Ette mikroorganizma inhibisyonu

Some Decontamination Methods Applying to Meat and Meat Products

Abstract

Decontamination of meat and meat products is done with the inhibition or remove of microorganisms that is found in meat by using applications and tools based on different physical, chemical and biological methods. Physical-based applications reduce microbial counts by targeting meat pollution on the surface. Chemical decontamination is a process that inhibits microorganisms by treating meat with different chemicals due to their chemical structure. Biologically-based applications are also used for meat decontamination process by using agents that are naturally derived and based on microorganisms and plants. Effective results are obtained by using combination of these methods. There are many effective integrated decontamination methods such as lactoferrin and lysozyme or combination of nisin and the pressure. The most appropriate method for the product is chosen by making studies on the optimal option. In this paper, the physical, chemical and biological-based methods and integrated method used as a combination of these methods have been analyzed.

Keywords: Decontamination of meat, Meat and meat products, Inhibition of microorganisms in meat

*Sorumlu Yazar: E-mail: sena_ozbay@hotmail.com, 0506 515 2377

1. Giriş

Et ve ürünleri, etin mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal yapısı gibi ürüne has özellikler ve ürün işleme şekli, kesim şartları, personel, işletme ve alet ekipman hijyenine, aynı zamanda ambalajlama ve depolama koşullarına bağlı olarak kontaminasyona açık gıda maddeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kontaminasyon sonrası ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri, mikroorganizmaların gelişimi için elverişli bir ortamı beraberinde getirmektedir. Bu faktörlere bağlı olarak et, farklı sayıda ve çeşitte mikroorganizmayı yapısında bulundurabilmektedir.

Et ve ürünleri kalitesini arttırmak, tüketici sağlığını korumak ve gıda kaynaklı enfeksiyon ve intoksikasyonları önlemek için et ve ürünlerinin mikrobiyal yükünü azaltmak ve kontaminasyon kaynaklarını elimine etmek, hem bilimsel hem de endüstriyel ürün geliştirme çalışmalarının temel konularından biri haline gelmektedir.

Yapılan çalışmalarda kullanılan et dekontaminasyonu teknikleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kabaca sınıflandırılmaktadır. Fiziksel yöntemler (yıkama, buhar, basınçlı su vb.) sıklıkla 93ombin gerçekleştirilmekte, fiziksel kirlilikleri hedef almakta ve mikrobiyal yükü azaltmaktadır. Kimyasal dekontaminasyon yöntemleri ise (93ombine asitler, etanol, hidrojen peroksit vb.) sağlığa olumsuz etkisi olmayan ve ürünün aroma ve tekstürüne zarar vermeyen kimyasallarla gerçekleştirilmektedir. Biyolojik yöntemler ise (bakteriosinler, bitkisel esansiyel yağlar vb.) et ürünlerinin biyolojik metabolitler vasıtasıyla dekontaminasyonu 93ombine93 dayanmaktadır. Bu yöntemlerin bir arada kullanıldığı 93ombine yöntemler de bulunmaktadır. Kombine yöntemler, dekontaminasyonun etkinliğini arttırmak için farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla gerçekleştirilmekte ve dekontaminasyon verimliliğini arttırmayı hedeflemektedir.

Yapılan tüm bu çalışmalar, farklı et ürünleri için en uygun yöntemi ya da yöntemler arasındaki en uygun dekontaminasyon yöntemi kombinasyonunu uygulamayı amaçlamaktadır. Etin ilk mikrobiyal yükü, işleneceği ürünün özellikleri, işleme şekli gibi faktörlere bağlı olarak bu yöntemler değişebilmekte ve en uygun yöntemle dekontaminasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Çalışmamızda et dekontaminasyonunda kullanılan farklı yöntemler ve bu yöntemlerin kombinasyonlarının etkinlikleri ile uygulanan farklı et çeşitleri incelenmiştir.

2. Et Dekontaminasyonu

Et ve et ürünleri, insana geçen gıda kaynaklı birçok hastalıkta en önemli gıda grubunu oluşturmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 1998; Podpečan ve ark., 2007; Ali ve ark., 2010). Et ve ürünleri ile ilişkilendirilen tehlikeler, protozoal parazitleri, helmintleri, eklem bacaklıları, virüsleri, prionları ve bakterileri içermektedir. Bu gruplar içerisinde en önemli tehlike grubunun bakteriler ve protozoal parazitler olduğu üzerine tartışmalar sürmektedir (McClure, 2002).

Amerika'da kaynağı bilinen gıda enfeksiyonlarının %50'sinin kırmızı et ve tavuk etleriyle insanlara geçtiği bildirilmektedir (Ünlütürk & Turantaş, 1998). Kontamine çiğ et, gıda kaynaklı hastalıkların temel sebebi olarak görülmekte (Podpečan ve ark., 2007) ve hem kırmızı et hem kümes hayvanlarının eti, hem de balık ve deniz ürünleri mikrobiyal tehlikelerin transfer aracı olarak kabul edilmektedir (USDA/EPA, 2012). Et ve ürünleri ile sıklıkla ilişkilendirilen mikroorganizmalar Enteropatojenik *Escherichia coli* (Comery ve

ark., 2013), *Bacillus anthracis* (Popescu ve ark., 2011), *Salmonella* serotipleri (Lin ve ark., 2014), *Listeria monocytogenes* (Al-Nabulsi ve ark., 2014), *Yersinia enterocolitica* (Fredriksson-Ahomaa ve ark., 2012; Laukkanen-Ninios ve ark., 2014), *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* (McClure, 2002). ve *Staphylococcus aureus* (Waters ve ark., 2011) şeklinde sayılabilirken bu ürünler ile ilişkilendirilen parazit çeşitleri *Cysticercus bovis* (Pearse ve ark., 2010) ve *Taenia saginata* (Dupuy ve ark., 2014) olmaktadır.

Pek çok bakteri yaygın olarak hayvan bağırsağında uzun süreli ya da geçici olarak yaşamaktadır. Daha sonra gelen kesim, işleme, paketlenme, dağıtım ve gıdanın hazırlanması gibi noktalarda da et kontamine olabilmektedir (McClure, 2002). Tüm bu süreçler sonucunda et ve ürünlerinin gıda kaynaklı bir enfeksiyonu barındırmaması ve tüketici sağlığını koruyabilmek için, ürüne ve işleme tekniğine en uygun dekontaminasyon tekniği ya da teknikleri seçilmektedir.

Kabul edilebilir dekontaminasyon yöntemlerinin, toksik etkisi olmamasına ve farklı sağlık sorunları doğurmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Dekontaminasyon işlemi ile elde edilecek sonuçlar, hem üretici hem de tüketiciler için olumlu sonuçlar yaratmalıdır (Sofos & Smith, 1998). Farklı patojenleri tanımak ve onların işleme sürecindeki değişimlerini anlamak, tehlikelerin kontrolü ve onların varlığıyla oluşan riski yönetmek için temel bir dayanak noktası olmaktadır (McClure, 2002). Bu temel bilgi, aynı zamanda seçilen dekontaminasyon uygulamasını da etkilemektedir. Sofos ve Smith (1998)'e göre maliyet, dekontaminasyon ihtiyacı, işletmenin imkânları, kaynaklara (sıcak su, buhar vb) erişilebilirlik ve ürünün amacı da dekontaminasyon teknolojisinin seçiminde önem arz etmektedir.

Bolder (1997) yaptığı çalışmada dekontaminasyon tekniklerini üç ana gruba ayırarak bunları,

Fiziksel,

Kimyasal

Fiziksel ve Kimyasal Uygulamaların Kombinasyonu olarak sıralamıştır.

Capita ve ark. (2002) ise benzer bir çalışmada dekontaminasyon yöntemlerini, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal olarak sınıflandırmışlardır. Bu derlemede dekontaminasyon yöntemleri fiziksel, kimyasal, biyolojik ve bunların kombinasyonlarının incelendiği bütünlük yöntemler olarak dört grup altında incelenecektir.

2.1. Fiziksel Dekontaminasyon Yöntemleri

Fiziksel dekontaminasyon uygulamaları et sektöründe genellikle su temelli uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Suya daldırma veya püskürtme, yüksek basınçlı su, ozonlu su, elektrolize su, buhar gibi farklı dekontaminasyon uygulamaları mevcuttur. Su temelli uygulamaların dışında, ışınlama (elektromanyetik radyasyon, iyonize radyasyon), elektriksel metotlar, UV gibi teknikler de bulunmaktadır (Bolder, 1997; Capita ve ark., 2002; Wheeler ve ark., 2014).

Yıkama, et ve ürünlerinde toprak, kıl ve fekal bulaşı gibi fiziksel kontaminantların ortadan kaldırılmasında etkili olabilmektedir. Ancak yıkamanın bakteri sayısı üzerine etkisi düşüktür (James, 2002). Hindi, sığır, domuz ve tavuk etinin su ile yıkama yöntemiyle değişen mikroorganizma sayısının incelendiği bir çalışmada, ortalama mikroorganizma sayısı 5,86 log CFU/cm² iken yıkama işlemi sonrası sayı ancak 5,38 log CFU/cm²'ye düşürülebilmektedir (Carpenter ve ark., 2011). Bu bağlamda sadece su ile yıkamanın küçük bir etkisi

olduğu söylenebilmektedir. Ancak, yüzey sıcaklığı ve uygulama metodu yıkama işleminin bakteriyel etkinliğinde en önemli iki faktörü oluşturmaktadır (James, 2002).

Yapılan çalışmalarda, ozonun, *L. monocytogenes* kontrolü için gıdalarda etkili olabildiği vurgulanırken, ozonlu suyun bozulmaya sebep olan mikroorganizmalara (*Pseudomonas. aeruginosa* ve *Zygosaccharomyces. bailii*), fekal kontaminantlara (*Enterococcus. faecalis* ve *E. coli*) *E. faecalis* ve *E. coli* ve gıda kaynaklı patojenlere (*L. monocytogenes*) karşı etkili olduğu bildirilmektedir (Restaino ve ark., 1995). Ozon, güçlü oksidatif, doğal olarak oluşan ve suda çözünen bir gazdır. Yapılan çalışmalarda, bakterilerin, maya ve küflere göre ozona daha duyarlı olduğu belirtilirken, bakteriler içinde ise gram pozitif bakterilerin, gram negatif bakterilerden daha çok ozondan etkilendikleri bildirilmektedir. Bakteriyel sporlar ise vejetatif hücrelere göre ozona daha fazla direnç göstermektedirler. Sıcaklık, bağıl nem, pH, mikrobiyal gelişim aşaması ve organik madde varlığı ozonun antimikrobiyal aktivitesini etkilemektedir (James, 2002).

Buhar, kullanılan bir diğer dekontaminasyon tekniğidir. Buhar 100 °C suyun sahip olduğu ısı kapasitesinden fazlasına sahip olmaktadır (James, 2002). Pek çok farklı çalışma, buharın karkas üzerindeki mikroorganizma sayısını düşürdüğünü göstermiştir (Loretz ve ark., 2010). Kümes hayvanlarının kontamine karkaslarında buhar uygulaması yapılan bir çalışmada 3 dakika 98 °C buhar uygulamasıyla, mikroorganizma düşüşünün > 3.3. log CFU cm⁻² olduğu tespit edilmiştir (Avens ve ark., 2002). Ancak etin pişmesini önlemek için buhar, hızlı bir şekilde yüzeyde yoğunlaştırılmalı ve yeniden buharlaştırmada eşit ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir (James, 2002).

Elektrolize okside su (EOS) da literatürde karkas dekontaminasyonunda kullanılan alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Huang ve ark. (2006)'nın yaptığı çalışmalar sonucunda elektrolize okside suyun, çipura yüzeyindeki *E. coli* ile *Vibrio parahaemolyticus* mikroorganizmaları üzerine inhibe edici etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Farklı bir çalışmada elektrolize okside sular, hafif asitli elektolize okside su (HAEOS) ve asitli elektrolize okside su (AEOS) olarak iki farklı şekilde ayrıştırılmış ve bu uygulamaların güçlü antimikrobiyaller olduğu vurgulanarak, farklı konsantrasyonlarda (50 ppm AEOS, 5 ppm HAEOS) kullanıldıklarında benzer antimikrobiyal etkiler gösterdikleri sonucuna varılmıştır. AEOS 1,64±0,13 log, HAEOS ise

1,72±0.09 log *E. coli* O157: H7 düşüşüne sebep olmuştur (Ding ve ark., 2010). Diğer bir uygulama olan elektrolize su (ES) karkas üzerindeki özellikle *C. jejuni*'ye etki etmektedir (Loretz ve ark., 2010).

Bu metotlara alternatif olarak ışınlama, elektriksel uyarım ve UV de sıklıkla kullanılmaktadır. Alternatif fiziksel dekontaminasyon uygulamaları, yüzey bakterileri üzerine radyant enerji uygulanması ile gerçekleşmektedir (James, 2002). Bu metotlardan ışınlama ile, et ürününe iyonize radyasyon uygulanarak, ürün dekontamine hale getirilmektedir (Aymerich ve ark., 2008). Elektriksel uyarım uygulamaları ise, broiler tavukçulukta pratik olmamakla birlikte hindi karkasları için uygun olabilmektedir. UV ise genelde et depolama odaları ve atmosfer tarafından bakteriyel yükün taşındığı işleme ortamlarında kullanılmaktadır. Et yüzeyi dekontaminasyonunda UV pek uygun bir yöntem olmamaktadır. Deri yüzeyindeki tüy, kıl gibi düzensizliğe sebep olan yapılar UV ışığın bazı bölgelere ulaşmasını engellemektedir (Bolder, 1997). Bu açıdan UV sıklıkla dondurulmuş etlerin depolama ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır (James, 2002). Tablo 2.1.'de farklı fiziksel dekontaminasyon uygulamalarının mikrobiyal düşüş etkileri gösterilmektedir.

Kümes hayvanlarının dekontaminasyonunda su temelli uygulamalar ağırlıklı olmakla birlikte buhar uygulamaları da kullanılmaktadır. Fiziksel dekontaminasyon yöntemlerinde sıcaklığın artırılması, bakteri inhibisyonunu arttırmakla birlikte bu sürecin karkasın kalitesine ve dış görünüşüne olan etkileri göz önüne alınmalıdır (Loretz ve ark., 2010). Sıcak su uygulamasında tavuk epidermisinin zarar görmesi ile ürünün kalitesi ve dış görünüşü değişebilmektedir (Purnell ve ark., 2004). Termal uygulamalar mikroorganizma inhibisyonu için uygun olmalarına rağmen bu işlemler ürüne bazı zararlar verebilmektedir. Non – termal uygulamalar daha az sıcaklıkla mikroorganizmaları inhibe etmek için alternatif yöntemlerdir. Bu yöntemlerle kalitede ve besleyicilikteki kayıplar da minimize edilmektedir (Wheeler ve ark., 2014). Ancak ışınlama yapılan etlerde, işlemin, etin, protein, lipid ve vitamin bileşimlerinde değişikliklere sebep olduğu bilinmektedir (Giroux ve Lacroix, 1998). Bu bağlamda ışınlama sistemleri, ürüne, çevreye ve tüketici sağlığına uygun şekillerde dizayn edilmelidir (Aymerich ve ark., 2008).

Tablo 2.1. Farklı fiziksel dekontaminasyon uygulamalarının gerçekleştirdiği bakteriyel düşüş oranı (log₁₀ kob cm⁻²)

Fiziksel Uygulama	Düşürme Oranı	Kaynak
Soğuk su	< 0.5 < 1.4	(James ve ark., 1998)
Sıcak su	< 0.5 > 3	(James ve ark., 1998)
Elektrolize su	0,6 – 3,0	(Loretz ve ark., 2010)
Hafif asitli elektolize okside su	1,72±0.09	(Ding ve ark., 2010)
Asitli elektrolize okside su	1,64±0,13	(Ding ve ark., 2010)
Buhar	3 – 6	(James ve ark., 1998)
Ultraviolet (UV)	2 – 3	(James ve ark., 1998)
Görünür Işık	0.5 – 1.5	(James ve ark., 1998)

2.2. Kimyasal Dekontaminasyon Yöntemleri

Kimyasal dekontaminasyon, et endüstrisinde, en geniş kullanım alanı olan dekontaminasyon yöntemlerini içermektedir. Organik asitler, klorin, nitrit, trisodyum fosfat (TSP), sodyum klorür, peroksitler ve peroksi asitler vb kimyasallarla muamele gibi yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sığır karkaslarının dekontaminasyonu için en sık kullanılan yöntem organik asit uygulamasıdır (Loretz ve ark., 2011). Organik asitler, karboksilik gruplarından proteini serbest bırakarak, ortamın pH'ını düşürme prensibi ile koruyucu görevi gerçekleştirmektedirler (Paulsen ve Smulders, 2003). Organik asitler, inorganik asitlere göre daha fazla antimikrobiyal etkiye sahiptirler, bu durumun temel sebebi, inorganik asitlerin suda tamamen çözünmesi, olmaktadır. Organik asitler, ucuzdur ve pek çok gıdada doğal olarak bulunmaktadır. Organik asitler pek çok doğal fermentasyon reaksiyonunun temel ürünleri olarak da olmaktadır (James, 2002).

Organik asitleri içeren yıkama ve spreyleme işlemleri, sığır, domuz, kuzu ve kümes hayvanları karkaslarının dekontaminasyonunda kullanılmaktadır (James, 2002). Organik asitler güvenlidirler ve günlük alım dozları ile ilgili bir sınırlama bulunmamaktadır (Mani-López ve ark., 2012). Kullanılan üründe fark edilmeyecek düzeyde duyuşsal değişime sebep olmaları da bir diğer avantajları olarak karşımıza çıkmaktadır (Harris ve ark., 2012). Tavuk karkasına laktik asit uygulanan bir çalışmada mezofilik mikroorganizmaların 1,259 log, koliformların 1,685 log ve E. coli'nin ise 2,023 log oranında karkastan uzaklaştığı tespit edilmiştir (Heceer ve Ulusoy-Sözen, 2011).

Bir diğer kimyasal uygulama olan klorin, çeşitli formlarıyla gıda endüstrisinde en sık kullanılan sanitizördür. Gaz klorin (Cl₂), sodyum hipoklorid (NaOCl), kalsiyum hipoklorid (Ca(OCl)₂) ve klorindioksit (ClO₂) klorinin sıklıkla kullanılan formlarını oluşturmaktadır (James, 2002). Klorin, kırmızı etlerin karkaslarında, kümes hayvanlarının içinin temizlenmesinde ve bu iki et grubunu işlemede kullanılan sularda, kullanılmaktadır (Simpson ve Sofos, 2009). Ayrıca klorin, klorin dioksit ile ıslatılmış ambalaj materyali şeklinde ticari olarak antimikrobiyal ambalajlamada da kullanılmaktadır (Appendini ve Hotchkiss, 2002). Literatürde asit sodyum klorin, setilpridinyum klorin, monokloramin gibi klorin bazlı antimikrobiyallerin etkileri de incelenmiştir (Loretz ve ark., 2010).

Trisodyum fosfat (TSP) kümeslerde salmonella kontrolünün gerçekleştirilmesi için ilk olarak, ABD'de kullanılmıştır (James 2002). TSP, kümeslerdeki patojenleri elimine ederek gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesine yardımcı olmakta ve gıda zinciri boyunca çapraz kontaminasyon riskini azaltmaktadır (Capita ve ark., 2002). Literatürde TSP sıklıkla kümes hayvanlarının dekontaminasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Loretz ve ark., 2010).

Başlıca kullanılan bu kimyasal dekontaminasyon tekniklerinin dışında, parabenler, uzun ve kısa zincirli yağ asitleri ve esterleri, kuaterner amonyum bileşikleri, etanol, hidrojen peroksit (H₂O₂), gliserol, sodyum klorür, enzimler gibi kimyasallarda araştırılmakta ve uygulanmaktadır (Simpson ve Sofos, 2009).

Karkas dekontaminasyonu için H₂O₂ uygulanması, patojenlerin yayılımını önlemek için etkin ve güvenli bir metot olarak kabul edilmektedir (Bolder, 1997). Farklı gliserol esterlerinin de (gliserol asetat, gliserol kaproat, gliserol oleat vb.) farklı mikroorganizmalar üzerine inhibe edici etkisi olduğu bilinmektedir (Conley ve Kabara, 1973). Farklı bir uygulama

olarak potasyum sorbat, patojenlerin inhibe edilmesini sağlayarak kümes hayvanları etinin raf ömrünün uzatılmasına yardımcı olmaktadır (Bolder, 1997). Tablo 2.2.'de bazı kimyasal dekontaminantlar ve farklı mikroorganizmalar üzerine etkileri gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Yaygın kullanılan kimyasalların antimikrobiyal spektrumu (Simpson ve Sofos, 2009)

Antimikrobiyal ajanlar	Gram - pozitif	Gram - negatif	Maya	Küf
Asetik asit / asetat	●	●	●	■
Benzoik asit / benzoat	■	■	●	●
Sitrik asit / sitrat	●	●	○	■
Laktik asit / laktat	●	●	■	■
Sorbik asit / sorbat	●	●	●	●
Klorin içerikleri	●	●	■	●
Setilpridinyum klorid	●	●	●	●
Etanol	●	●	●	●
Hidrojen peroksit	●	●	●	●
Polifosfatlar	●	●	●	●
Parabenler	●	○	●	●
Nitrit	●	●	○	○
Orta zincirli yağ asitleri ve esterleri	●	■	●	●

(●) Yüksek derece de etkili; (■) kısıtlı ya da orta dereceli etkili; (○) etkisiz

2.3. Biyolojik Dekontaminasyon Yöntemleri

Biyolojik dekontaminasyon yöntemleri başlığı altında çeşitli mikroorganizmaların koruyucu bakterisid etkili metabolitleri (nisin vb.), bitkilerin antimikrobiyal etkiye sahip esansiyel yağları ya da içerikleri (flavonoidler, baharatlar vb.), doğal olarak oluşan çeşitli antimikrobiyal içerikler ile doğal yenilebilir filmler incelenecektir.

Bakteriyosinler, sıklıkla laktik asit bakterileri (LAB) tarafından üretilen antimikrobiyal peptitlerdir (Aymerich ve ark., 2008). Nisin, pediyosin ve natamisin gibi bakteriyosinler, farklı spektrumlarda mikroorganizmaları inhibe edebilmektedirler. Bakteriyosinlerin gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel etkisi ve spektrumu oldukça çeşitlidir (Ray ve Miller, 2003). Nisin, küçük hidrofobik bir proteindir ve direkt mikrobiyal hücrelerin dış membranına tutunarak hücrenin yok olmasını sağlamaktadır (Bolder, 1997).

Aynı zamanda LAB, çoğu gıdanın doğal olarak mikroflorasında bulunarak, farklı antimikrobiyal içerikleri (organik asitler, laktik asit, CO₂, H₂O₂, bakteriyosin, etanol vb.) üretmektedirler. Direkt ete inokule etmek, ambalaj materyalinin yüzeyine spreylemek şeklinde sürece eklenebilmektedirler (Aymerich ve ark., 2008). Bu avantajlarının yanı sıra *L. monocytogenes* gibi mikroorganizmaların nisin direnci kazanımı sonucu oluşacak problemler hâlâ tam tanımlanamamıştır (Adams, 2003).

Bir diğer etkin bakteriyosin olan natamisin ise düşük konsantrasyonlarda tüm küflere karşı etkili olabilmektedir. Fungal gelişimin önlenmesinde iyi bir antimikrobiyal olarak düşünülmektedir (Stark, 2003).

Doğal antimikrobiyal etkiye sahip laktoferrinin inhibe edici etkisi (Yamauchi ve ark., 1993; Simpson ve Sofos, 2009),

lizozim, laktoperoksidaz, glikoz oksidaz gibi enzimlerin de antimikrobiyal etki mekanizmaları bilinmektedir (Meyer, 2003; Simpson ve Sofos, 2009). Lizozimin et ve ürünlerinde gıdayı bozan gram-negatif bakterilere karşı avantajlı olabileceği vurgulanmaktadır (Cegielska-Radziejewska ve ark., 2009).

Pek çok farklı bitkinin yapısında doğal olarak bulunan ekstraktlar ve yağlar da antimikrobiyal etki göstermektedir. Bu bileşenler zaman zaman tat ve aroma vermek amacıyla kullanılırken, antimikrobiyal etkileri ile koruyucu olarak da işlev görmektedirler.

Hemen hemen tüm bitki ve baharatların yağlarının hem mikrobiyal gelişimi inhibe edici hem de toksin üretimini engelleyici etkisi olduğu bilinmektedir (Tassou ve ark., 2004). Smith–Palmer ve ark. (1998)'nın yaptığı bir çalışmanın sonucu göstermiştir ki, bitkisel esansiyel yağların antimikrobiyal özellikleri geniş bir çeşitliliktedir. Bitkilerden elde edilen esansiyel yağların en iyi bilinen örnekleri yenibahar, badem, defne, karabiber, kimyon, tarçın, karanfil, kişniş, sarımsak, greylift, limon, hindistancevizi, mandalina, soğan, portakal, keklik otu, biberiye, adaçayı ve kekiktir (Tassou ve ark., 2004). Baharatlar içerisinde kekik, gıdalara aroma vermek amacıyla sıklıkla kullanılırken, koruyucu bir antimikrobiyal olarak kekik yağı önem arz etmektedir (Stahl-Biskup ve Venskutonis, 2004). Sardinya kekiğinin esansiyel yağı üzerine yapılan bir çalışmada mayaların esansiyel yağ en duyarlı mikroorganizmalar olduğu sonucu çıkarılmıştır. Mayalardan sonra gram – pozitif bakteriler ve arkasından gram – negatif bakteriler gelmektedir. Çalışmanın diğer dikkat çekici sonucu ise gram – pozitif bakteriler arasında *L. monocytogenes*, gram – negatifler içinde ise *S. Typhimurium*, kekiğin esansiyel yağına en duyarlı mikroorganizmalar olarak bulunmuştur (Cosentino ve ark., 1999). Tarçının da et hazırlama da antimikrobiyal ve aroma verici olarak kullanıldığı bilinmektedir (Thomas ve Duethi, 2001). 41 bitki ekstraktının mikrobiyal etkisi üzerine yapılan bir çalışma da *P. aeruginosa*, en düşük sayıda (3) ekstrakt tarafından inhibe edilirken, *S. Typhimurium* 17 ekstrakt tarafından inhibe edilmiştir. Çalışma sonucunda bitki ekstraktlarına en duyarlı suşların *Candida albicans* ve *S. aureus* oldukları gözlemlenmiştir. Bu iki mikroorganizma 41 ekstraktın 40 tanesi tarafından inhibe edilmiştir (Hammer ve ark., 1999). Bitkilerin esansiyel yağlarının beş farklı gıda patojeni üzerine etkilerinin incelendiği farklı bir çalışmada ise değerlendirilen suşlar içerisinde gram pozitif bakterilerin gram – negatif bakterilere kıyasla, bitki ekstraktlarına karşı daha hassas oldukları gösterilmiştir (Smith – Palmer ve ark., 1998).

Bitki ekstraktlarının yanı sıra bitkilerde doğal olarak oluşan antimikrobiyal bileşenler de bulunmaktadır ve bu bileşenler mikroorganizmalar üzerine inhibe edici özellikleri ile mikrobiyal aktiviteyi sınırlandırmaktadırlar. Bowles ve Juneja (1998), çalışmalarında dört alifatik ve aromatik bitki karbonilinin ve ham sebze ekstraktlarının gıda kaynaklı patojenleri inhibe etmede ve bazı botulinum sporların ısısal ve ışınal direncini düşürmek için etkin olduklarını göstermektedirler. Farklı bir çalışmada gıdalarda doğal olarak bulunan öjenol ve sinnamaldehitin *L. monocytogenes* ve *Lactobacillus sakei* üzerine inhibe edici etkileri olduğu belirtilmektedir (Gill ve Holley, 2004). Ayrıca çay ekstraktı ve flavanoidlerinin inhibe edici etkisi olduğu da bilinmektedir. Kateşin, prosiyanidin gibi çay flavanoidlerinin, patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar, protein toksinler, virüsler ve küfler üzerine etkili oldukları gösterilmektedir. Aynı çalışmada flavanoidlerin kümes hayvanları ve kırmızı ette antimikrobiyal olarak etkili oldukları da vurgulanmaktadır (Friedman, 2007). Diasetil, timol, sinamik asit gibi doğal antimikrobiyallerin *S. typhimurium* ve *E.*

coli üzerine inhibe edici etkisinin vurgulandığı bir çalışmada timol'ün en etkin organik antimikrobiyal içerik olduğu vurgulanmaktadır. Timol, *S. Typhimurium* ve *E. coli*'ye karşı en düşük minimum inhibe edici konsantrasyona sahip doğal antimikrobiyaldir. Timol'den sonra en güçlü doğal antimikrobiyaller sırasıyla, karvakrol, öjenol, sinamik asit ve diasetildir (Olasupo ve ark., 2003).

ϵ -polilisin'in de son zamanlarda sıklıkla kullanılan doğal bir koruyucu olmaktadır. ϵ -polilisin, küflerin, mayaların, gram – pozitif ve gram – negatif bakterilerin çeşitli türlerine karşı inhibisyon etkisi olduğu kanıtlanmış, kullanımı ile ilgili yan etkiler bulunmayan bir koruyucudur (Hiraki ve ark., 2003). ϵ -polilisin'in antimikrobiyal etkisi üzerine yapılan çalışmalarda üç gıda patojeni (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*) üzerine inhibe edici etkisi olduğu belirtilmektedir (Geornaras ve Sofos, 2005). Aynı gıda patojenleri üzerine yapılan farklı bir çalışmada duyarlılıklarına göre mikroorganizmalar değerlendirilmiş, *S. Typhimurium*, ϵ -polilisine en duyarlı, *L. monocytogenes* ise bu üç patojen içinde en az duyarlı mikroorganizmalar olarak tespit edilmiştir (Chang ve ark., 2010). Tablo 2.3.'de yaygın olarak incelenen biyolojik temelli dekontaminasyon ajanlarının bazılarının antimikrobiyal spektrumu gösterilmektedir.

Tablo 2.3. yaygın olarak incelenen biyolojik temelli dekontaminasyon ajanlarının antimikrobiyal spektrumu (Simpson & Sofos, 2009)

Antimikrobiyal	Gram – pozitif	Gram – negatif	Maya	Küf
Laktoferrin	●	●	●	●
Lizozim	●	○	○	○
Pediyosin	●	○	○	○
Natamisin	○	○	●	●
Nisin	●	○	○	○

(●) Yüksek derece de etkili; (○) etkisiz

Yenilebilir filmlerle kaplama da biyolojik temelli dekontaminasyon uygulamaları arasında bulunmaktadır. Kitosanın kıyılmış et ürünlerinde koruyucu olarak faydalarına dair deneysel kanıtlar bulunmaktadır (Roller, 2003). Kitosanın sıklıkla kullanıldığı yenilebilir filmler ise farklı kaynaklardan elde edilmekle birlikte (kitosan, selülöz, nişasta vb.) kırmızı et, deniz ürünleri ve kümes hayvanları etlerinin kaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Et ve deniz ürünlerinde kaplama sadece antimikrobiyal olarak değil aynı zamanda depolama süresince nem kaybını önlemede, ürünün nemini koruma, ransiditeyi engelleme ve uçucu aroma kaybının önüne geçme gibi çeşitli faydaları bulunmaktadır (Gennadios ve ark., 1997; Campos ve ark., 2011).

2.4. Bütünleşik Dekontaminasyon Yöntemleri

Araştırmalar, bazı dekontaminasyon yöntemlerinin kombine edildiğinde en etkili hale geldiklerini göstermektedir (Belk, 2001). Bütünleşik yöntemler, patojen kontaminasyonunun riskini düşürmeyi maksimize etmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadırlar (Wheeler ve ark., 2014). Fiziksel, kimyasal ve biyolojik temelli dekontaminasyon tekniklerinin etkinliğini arttırmak, daha kısa sürede daha çok mikroorganizmayı inhibe edebilmek amacıyla farklı dekontaminasyon uygulamaları birleştirilerek sinerjistik etki oluşturulmaktadır. En sık kullanılan ve en verimli sonuçlar veren uygulamalar, ürünün yapısına, mikrobiyal yüküne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bazı uygulamalar bir arada kullanıldığında antagonistik etki de gösterebilmektedir. Bu bağlamda kullanılacak metotların

uygunluğu ve sinerjistik etki oluşturup oluşturmadıkları deneysel çalışmalarda denenmiş olmalıdır. Bütünleşik uygulamalarda kullanılan maddelerin konsantrasyonları, uygulama biçimleri ve ortam şartları en iyi şekilde optimize edilmeli ve doğru sonuçların alınabilmesi için kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.

Lizozim, diğer dekontaminasyon araçları ile sinerjistik etkiye sahip olmaktadır. Örneğin laktoferrin ve lizozim *Staphylococcus epidermidis*'e karşı etkilidir (Leitch ve Willcox, 1998). Lizozim ya da krisinin, EDTA ile kombinasyonunun, ette bozulmaya sebep olan ya da patojen mikroorganizmalar üzerinde inhibisyonu artırıcı etkisi olduğu da bilinmektedir (Gill ve Holley, 2003). Lizozim ve nisin karışımının, eti bozan mikroorganizmalara karşı etkili olduğu ve taze domuz etinin depolama ömrünü uzattığı (Nattress ve ark., 2001), aynı şekilde LAB'e karşı lizozim ve nisinin sinerjistik etkiye sahip olduğu (Chung ve Hancock, 2000) bilinmektedir.

Etanol ve nisinin bir arada etkinliğinin incelendiği farklı bir çalışmada ise etanol konsantrasyonunun artırılmasıyla, *L. monocytogenes* üzerine inhibe edici etkinin arttığı vurgulanmaktadır (Brewer ve ark., 2002). Ayrıca nisin, potasyum sorbat ve sarımsak yağı ile birleştirilmiş kitosan filmlerin antimikrobiyal aktivitelerinin geliştiği gözlemlenmiştir (Pranoto ve ark., 2005).

Benzoat ve formatın birarada kullanılmasının *L. monocytogenes* üzerine inhibe edici etkisi olduğu tespit edilmiş ayrıca bunlara etanol ilavesinin inhibisyon süresinin kılmasını sağladığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada etanol varlığında bakterilere karşı en iyi inhibisyon özelliği gösteren asit tuzlarının, format, benzoat, malat, laktat ve sorbat olduğu da belirtilmektedir (Barker ve Park, 2001). Bunlara ek olarak, ette laktosin varlığının, *L. monocytogenes*'i inhibe etmek için gereken nitrit seviyesini düşürdüğü belirtilmekte ve laktosinle organik asitler (askorbik asit) ve tuzlarının (sodyum laktat, sodyum aljinat) sinerjistik etki göstererek *L. monocytogenes*'i inhibe ettiği vurgulanmaktadır (Vignolo ve ark., 1998).

Kimyasal uygulamalara ek olarak farklı fiziksel uygulamalar da dekontaminasyon işleminin etkinliğini arttırmaktadır. Örneğin tavuk karkasında potasyum sorbatın *Salmonella*'ya karşı inhibe edici etkisi sıcaklıktan etkilenmektedir (Bolder, 1997). Aynı zamanda su ve organik asitlerle spreyleme en sık karşılaşılan uygulamalardan birisi olmaktadır (Loretz ve ark., 2011). Nisinle birlikte basınç uygulamasının test edildiği bir çalışmada, bu kombine yöntemin, sadece basınç uygulamasından daha inhibe edici olduğu sonucu elde edilmiş böylece tavuk etinin raf ömrü ve güvenliğinin geliştirildiği vurgulanmıştır (Yuste ve ark., 2002). %2'lik sodyum laktat ve nisin kombinasyonunun *Staphylococcus* kontrolü için en uygun sistem olduğu da belirtilmiştir (Scannell ve ark., 1997).

Bazı durumlarda, ϵ -polilisin farklı ajanlarla (sodyum laktat, laktik asit, asetik asit) kombine edildiğinde antimikrobiyal aktivitesinin arttığı gözlemlenirken, bu durumun antilisterial etkisine farkedilebilir bir katkısının olmadığı vurgulanmıştır (Geornaras ve Sofos, 2005). Ayrıca ϵ -polilisin, glisin, sirke ve etanol gibi antimikrobiyallerle birleşince sinerjistik etki oluşturabilmektedir (Yoshida ve Nagasawa, 2003). Bu tip uygulamalarda, konsantrasyon, sıcaklık ve süre gibi parametrelerin de optimal şekilde değiştirmek, işlemin etkinliğine katkı sağlamaktadır. Chang ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmada ϵ -polilisin konsantrasyonu ve uygulama süresinin artırılmasının mikrobiyal düşüşü arttırdığı vurgulanmaktadır. Ayrıca uygulanan tüm yöntemlerin HACCP gibi kalite sistemleri ile entegre edilmesi etkinliğinin artması açısından önem arz etmektedir (Milios ve ark., 2014).

3. Sonuç

Et ve ürünleri yapısal özellikleri ve işleme, depolama, ambalajlama ve taşıma koşullarına bağlı olarak tüm süreçlerde kontaminasyona açık gıdalar olabilmektedir. Bu bağlamda et ve ürünlerinin dekontaminasyonu hem ürünün korunması, tüketici sağlığı ve güvenliğinin garanti altına alınması hem de işletme ekonomisine kayıpların engellenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Et ve ürünleri hem patojen hem de bozulmaya sebep olabilen mikroorganizmaları bünyesinde barındırabilmektedir. Uygulanan dekontaminasyon yöntemleri ile üründe bulunan mikroorganizmaları inhibe ederek, raf ömrünü uzatmak ve tüketici sağlığını korumak dekontaminasyonun temel amacını oluşturmaktadır.

Farklı fiziksel uygulamalar doğal ya da yapay olarak elde edilen kimyasallar ve bazı biyolojik antimikrobiyaller ile et dekontaminasyonunu gerçekleştirmek mümkün olmakta ve bu bağlamda bazı ürünler için en uygun bütünleşik uygulamalar da çeşitli deneyler sonucunda tespit edilmektedir. Uygun ortam şartlarında sinerjistik etki oluşturan uygulamaların bir arada kullanılması ise en iyi dekontaminasyon sonucunu vermektedir.

Optimal uygulama, etin özelliklerine, işleneceği ürüne, ortam şartlarına, mikrobiyal yüke ve mikrobiyotaya bağlı olarak seçilmeli ve belirlenen standartlarda, halk sağlığını riske atmayacak şekillerde uygulanmalıdır.

Gelecek çalışmalarda, farklı dekontaminasyon uygulamaları kombineleri denenerek en sağlıklı ve uygun dekontaminasyon koşulları farklı et ve ürünleri için araştırılmalıdır. Ayrıca uygulamaların et kalitesi ve aroması üzerine olumlu ve olumsuz etkileri de araştırmalarda değerlendirilmelidir.

Kaynakça

- Adams, M. (2003). Nisin in Multifactorial Food Preservation. S. Roller içinde, *Natural Antimicrobials for The Minimal Processing of Foods*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Ali, H.N., Farooqui, A., Khan, A., Khan Y.A., Kazmi U. S.(2010). Microbial contamination of raw meat and its environment in retail shops in Karachi, Pakistan. *J. Infect Dev Ctries*. 4(6):382-388.
- Al-Nabulsi A., Osaili, T., Awada A., Olaimat, A., Shaker, R., Holley, R. (2014). Occurrence and antibiotic susceptibility of *Listeria monocytogenes* isolated from raw and processed meat products in Amman, Jordan. *Journal of Food* <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19476337.2014.982191#.VJPNlshD8> adresinden 19.12.2014 tarihinde alınmıştır.
- Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (3): 113-126.
- Avens, J. S., Albright, S. N., Morton, A. S., Prewitt, B. E., Kendall, P. A., & Sofos, J. N. (2002). Destruction of microorganisms on chicken carcasses by steam and boiling water immersion. *Food Control*, 13, 445-450. In Loretz, M., Stephan, R., & Zweifel, C. (2010). Antimicrobial activity of decontamination treatments for poultry carcasses: A literature survey. *Food Control*, (21): 791-804.
- Aymerich, T., Picouet, P., & Monfort, J. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, (78): 114-129.
- Barker, C., & Park, S. F. (2001). Sensitization of *Listeria monocytogenes* to Low pH, Organic Acids, and Osmotic

- Stress by Ethanol. *Applied and Environmental Microbiology* , 67(4): 1594–1600.
- Belk, K. E. (2001). Beef Decontamination Technologies. *Beef decontamination technologies (Beef facts)*.
- Bolder, N. (1997). Decontamination of meat and poultry carcasses. *Trends in Food Science and Technology*, (8): 221–227.
- Bowles, B. L., & Juneja, V. K. (1998). Inhibition of foodborne bacterial pathogens by naturally occurring food additives. *Journal of Food Safety* , (18): 101–112.
- Brewer, R., Adams, M., & Park, S. (2002). Enhanced inactivation of *Listeria monocytogenes* by nisin in the presence of ethanol. *Letters in Applied Microbiology* , (34): 18–21.
- Campos, C. A., Gerschenson, L. N., & Flores, S. K. (2011). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technol* , (4): 849–875.
- Capita, R., Alonso-Calleja, C., Gacia-Fernandez, M., & Moreno, B. (2002). Review: Trisodium Phosphate (TSP) Treatment for Decontamination of Poultry. *Food Science and Technology International* , 8(1):11–24.
- Carpenter, C.E., Smith, J.V., Broadbent, J.R. (2011). Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition. *Meat Science* (88): 256–260
- Cegielska-Radziejewska, R., Leśniewski, G., Kijowski, J., Szablewski, T., & Zabielski, J. (2009). Effects of Treatment With Lysozyme And Its Polymers On The Microflora and Sensory Properties of Chilled Chicken Breast Muscles. *Bull Vet Inst Pulawy* , (53): 455–461.
- Chang, S.-S., Lu, W.-Y. W., Park, S.-H., & Kang, D.-H. (2010). Control of foodborne pathogens on ready-to-eat roast beef slurry by ϵ -polylysine. *International Journal of Food Microbiology* , (141): 236–241.
- Chung, W., & Hancock, R. E. (2000). Action of lysozyme and nisin mixtures against lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* , (60): 25–32.
- Comery, R., Thanabalasuriar, A., Garneau P., Portt A., Boerlin P., Reid-Smith, R., Harel, J., Manges, A., Gruenheida, S. (2013). Identification of Potentially Diarrheogenic Atypical Enteropathogenic *Escherichia coli* Strains Present in Canadian Food Animals at Slaughter and in Retail Meats. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(12): 3892–3896
- Conley, A. J., & Kabara, J. J. (1973). Antimicrobial Action of Esters of Polyhydric Alcohols. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* , 4(5): 501–506.
- Cosentino, S., Tuberoso, C., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., et al. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. *Letters in Applied Microbiology* , (29): 130–135.
- Ding, T., Rahman, S., Purev, U., & Oh, D.-H. (2010). Modelling of *Escherichia coli* O157:H7 growth at various storage temperatures on beef treated with electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering* , (97): 497–503.
- Dupuy, C., Morlot, C., Gilot-Fromont, E., Mas, M., Grandmontagne, C., Gilli-Dunoyer, P., Gaya, E., Callait-Cardinal, M.P. (2014). Prevalence of *Taenia saginata* cysticercosis in French cattle in 2010. *Veterinary Parasitology* (203): 65–72
- Fredriksson-Ahomaa, M., Murros-Konttinen, A., Säde, E., Puolanne, E., Björkroth, J. (2012). High number of *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 in cold-stored modified atmosphere-packed pig cheek meat. *International Journal of Food Microbiology* (155): 69–72.
- Friedman, M. (2007). Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral and antifungal activities of tea flavanoids and teas . *Mol. Nutr. Food. Res.* , (51): 116–134.
- Gennadios, A., Hanna, M. A., & Kurth, L. B. (1997). Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* , (30): 337–350 .
- Geornaras, I., & Sofos, J. N. (2005). Activity of E–Polylysine Against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology and Safety* , 70 (9): 404–408.
- Gill, A. O., & Holley, R. A. (2003). Interactive inhibition of meat spoilage and pathogenic bacteria by lysozyme, nisin and EDTA in the presence of nitrite and sodium chloride at 24 °C. *International Journal of Food Microbiology* , (80): 251– 259.
- Gill, A. O., & Holley, R. A. (2004). Mechanisms of Bactericidal Action of Cinnamaldehyde against *Listeria monocytogenes* and of Eugenol against *L. monocytogenes* and *Lactobacillus* Sakei. *Applied and Environmental Microbiology* , 70 (10): 5750–5755.
- Giroux M., & Lacroix M. (1998). Nutritional adequacy of irradiated meat - a review. *Food Research International*, 31(4): 257–264
- Hammer, K., Carson, C., & T.V. Riley, 2. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology* , (86): 985–990.
- Harris, D., Brashears, M.M., Garmyn, A.J., Brooks, J.C., Miller M.F. (2012). Microbiological and organoleptic characteristics of beef trim and ground beef treated with acetic acid, lactic acid, acidified sodium chlorite, or sterile water in a simulated commercial processing environment to reduce *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella*. *Meat Science* (90): 783–788
- Hecer, C., Ulusoy Sözen, B.H. (2011). Microbiological properties of mechanically deboned poultry meat that applied lactic acid, acetic acid and sodium lactate. *African Journal of Agricultural Research* 6(16): 3847–3852.
- Hiraki, J., Ichikawa, T., Ninomiya, S.-i., Seki, H., Uohama, K., Seki, H., et al. (2003). Use of ADME studies to confirm the safety of e-polylysine as a preservative in food. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* , (37): 328–340.
- Huang, Y.-R., Hsieh, H.-S., Lin, S.-Y., Lin, S.-J., Hung, Y.-C., & Hwang, D. F. (2006). Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood . *Food Control* , (17): 987–993.
- James, C. (2002). New Developments in Decontaminating Raw Meat. J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward içinde, *Meat Processing Improving Quality*. CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd. .
- James, S., Brown, T., Evans, J., James, C., Ketterington, L., & Schofield, I. (1998). Decontamination of meat, meat products and other foods using steam condensation and organic acids. *3rd Karlsruhe Nutrition Symposium European Research towards Safer and Better Food*, (s. 175–185). Germany.
- Leitch, E. C., & Willcox, M. D. (1998). Synergic antistaphylococcal properties of lactoferrin and lysozyme. *J. Med. Microbiol.* , (47): 837–842.
- Laukkanen-Ninios, R., Fredriksson-Ahomaa, M., Majjala, R., Korkeala H. (2014). High prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pig cheeks. *Food Microbiology* (43): 50–52.
- Lin, D., Yan, M., Lin, S., Chen, S. (2014). Increasing prevalence of hydrogen sulfide negative *Salmonella* in retail meats. *Food Microbiology*, (43): 1–4.
- Loretz, M., Stephan, R., & Zweifel, C. (2011). Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses. *Food Control* , (22): 347–359.

- Loretz, M., Stephan, R., & Zweifel, C. (2010). Antimicrobial activity of decontamination treatments for poultry carcasses: A literature survey. *Food Control*, (21): 791–804.
- Mani-López, E., García H.S., López-Malo A. (2012). Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. *Food Research International* (45): 713–721
- McClure, P. J. (2002). Microbiological Hazard Identification in the Meat Industry. J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward içinde, *Meat Processing Improving Quality*. CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd.
- Meyer, A. S. (2003). Antimicrobial Enzymes. P. Zeuthen, & L. Bogh-Sorensen içinde, *Food Preservation Techniques*. England: CRC Press.
- Milios, K., Drosinos, E.H., Zoiopoulos, P.E. (2014). Carcass decontamination methods in slaughterhouses: a review. *J Hellenic Vet Med Soc* 65(2): 65-78.
- Nattress, F., Yost, C., & Baker, L. (2001). Evaluation of the ability of lysozyme and nisin to control meat spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, (70): 111–119.
- Olasupo, N. A., Fitzgerald, D. J., Gasson, M. J., & Narbad, A. (2003). Activity of natural antimicrobial compounds against *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Letters in Applied Microbiology*, (36): 448–451.
- Paulsen, P., & Smulders, F. J. (2003). Combining Natural Antimicrobial System with Other Preservation Techniques: The Case of Meat. P. Zeuthen, & L. Bogh-Sorensen içinde, *Food Preservation Techniques*. England: CRC Press.
- Pearse, B.H.G., Traub, R.J., Davis, A., Cobbold, R., Vanderlinde, P.B. (2010). Prevalence of *Cysticercus bovis* in Australian cattle. *Australian Veterinary Journal* 88(7): 260-262
- Pranoto, Y., Rakshit, S., & Salokhe, V. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT*, (38): 859–865.
- Podpečan, B., Pengov, A., Vadnjak, S., (2007). The Source Of Contamination Of Ground Meat For Production Of Meat Products With Bacteria *Staphylococcus Aureus*. *Slov Vet Res*, 44 (1/2): 25-30.
- Popescu, R., Pistol, A., Miltaru, L., Caplan, D., Cucuicu R., Popovici F. (2011). Two cases of infection with *Bacillus anthracis*, Romania, October (2011). *Eurosurveillance*, 16(45): 10-12
- Purnell G., Mattick K., Humphrey T., (2004). The use of hot wash treatments to reduce the number of pathogenic and spoilage bacteria on raw retail poultry. *Journal of Food Engineering*, (62): 29–36.
- Ray, B., & Miller, K. W. (2003). Bacteriocins Other Than Nisin: The Pediocin-Like Cystobiotics of Lactic Acid Bacteria. S. Roller içinde, *Natural Antimicrobials for The Minimal Processing of Foods*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Restaino, L., Frampton, E. W., Hemphill, J. B., & Palnikar, P. (1995). Efficacy of Ozonated Water against Various Food-Related Microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(9): 3471–3475.
- Roller, S. (2003). Chitosan: New Food Preservative or Laboratory Curiosity? S. Roller içinde, *Natural Antimicrobials for The Minimal Processing of Foods*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Scannell, A. G., Hill, C., Buckley, D. J., & Arendt, E. K. (1997). Determination of the influence of organic acids and nisin on shelf life and microbiological safety aspects of fresh pork sausage. *Journal of Applied Microbiology*, (83): 407-412.
- Simpson, C. A., & Sofos, J. N. (2009). Antimicrobial Ingredients. R. Tarte içinde, *Ingredients in Meat Products Properties, Functionally and Applications* (s. 301-377). Springer.
- Sofos, J. N., & Smith, G. C. (1998). Nonacid meat decontamination technologies: Model studies and commercial applications. *International Journal of Food Microbiology*, (44): 171-188.
- Stahl-Biskup, E., & Venskutonis, R. P. (2004). Thyme. K. V. Peter içinde, *Handbook of Herbs and Spices Volume 2*. Woodhead Publishing Ltd.
- Stark, J. (2003). Natamycin: an Effective Fungicide for Food and Beverages. S. Roller içinde, *Natural Antimicrobials for The Minimal Processing of Foods*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Tassou, C. C., Nychas, G. J., & Scandamis, P. N. (2004). Herbs and Spices and Antimicrobials. K. V. Peter içinde, *Handbook of Herbs and Spices Volume 2*. Woodhead Publishing Ltd.
- Thomas, J., & Duethi, P. P. (2001). Cinnamon. K. V. Peter içinde, *Handbook of Herbs and Spices Volume 1*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- USDA/EPA. (2012). Microbial Risk Assessment Guideline Pathogenic Microorganisms With Focus On Food And Water. Publication Numbers: USDA/FSIS/2012-001, EPA/100/J12/001.
- Ünlütürk, A., & Turantaş, F. (1998). *Gıda Mikrobiyolojisi*. İzmir: Mengi Tan Basımevi.
- Vignolo, G., Fadda, S., Kairuz, M. N., Holgado, A. P., & Oliver, G. (1998). Effects of curing additives on the control of *Listeria monocytogenes* by lactocin 705 in meat slurry. *Food Microbiology*, (15): 259-264.
- Waters, A., Contente-Cuomo, T., Buchhagen, J., Liu, C., Watson, L., Pearce, K., Foster, J., Bowers, J., Driebe, E., Engelthaler, D., Keim, P., Price, L. (2011). Multidrug-Resistant *Staphylococcus aureus* in US Meat and Poultry. BRIEF REPORT (52): 1227-1230.
- Wheeler, T.L., Kalchayanand, N., Bosilevac J.M. (2014). Pre- and post-harvest interventions to reduce pathogen contamination in the U.S. beef industry. *Meat Science* (98): 372–382
- Yamauchi, K., Tomita, M., Giehl, T. J., & III, R. T. (1993). Antibacterial Activity of Lactoferrin and a Pepsin-Derived Lactoferrin Peptide Fragment. *Infection and Immunity*, 61 (2): 719-728.
- Yoshida, Y., & Nagasawa, T. (2003). ϵ -Poly-L-lysine: microbial production, biodegradation and application potential. *Appl. Microbiol Biotechnol*, (62): 21-26.
- Yuste, J., Pla, R., Capellas, M., & Mor-Mur, M. (2002). Application of high-pressure processing and nisin to mechanically recovered poultry meat for microbial decontamination. *Food Control*, (13): 451–455.



Yapıların Enerji Kimlik Belgeleri Üzerine Değerlendirmeler

Sadık ÖNAL¹

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Beşevler, Ankara

(Dergiye gönderilme tarihi: 20 Eylül 2014, kabul tarihi: 26 Aralık 2014)

Özet

Dünya çapında binaların inşaat, işletme ve bakımları için yıllık birincil enerji tüketimleri yaklaşık % 30-40 olarak değerlendirilmektedir. Bu enerjinin büyük bir kısmı tek başına inşaat faaliyetlerinde tüketilmektedir. Konutlar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de binaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu oranın fazla olmasına paralel şekilde konutlar da bina sektöründe büyük bir enerji tüketim oranına sahiptir. Tüm bu sebeplerle binalarda enerji verimliliği konusu konutların diğer binalara oranla (ofisler, fabrikalar, alışveriş mağazaları vb.) daha fazla enerji verimliliği konusunda incelenmektedir. Bu çalışmada, yapıların enerji verimliliğinin tespit edilebilmesi amacıyla, inşa edilmiş farklı tipoloji ve alana sahip konutların enerji verim güçlerinin tespit edilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada Antalya ili Korkuteli ilçesinde farklı mahallerde (toplam altı mahalle) inşa edilmiş yirmi adet binanın enerji verim güçleri yorumlanmıştır. Farklı bölge ve konumda inşa edilmiş olan yapıların enerji verim güçlerinin değişkenlikleri Bina Enerji Performans Programı (BEP-TR) ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Binalarda Enerji Verimliliği, Enerji Kimlik Belgesi, Enerji Verimliliği, Bina Enerji Performansı Programı (BEP-TR).

Evaluation on Energy Identity Documents of The Buildings

Abstract

Building of buildings worldwide, the annual primary energy consumption for operation and maintenance are evaluated as 30-40%. A large part of this energy is consumed in stand-alone construction works. Houses in our country as well as all over the world constitute a major part of the building. In the building sector, in parallel, this ratio is more than housing has a large energy consumption. In this study, in order to be detected on the energy performance of buildings, identification of different typologies and energy housing built with performance and area are compared. Korkuteli province of Antalya in the study at different locations in the district (a total of six quarters) was built twenty building's energy performance are reviewed. Different regions and variability of the energy performance of buildings built in the location of Building Energy Performance Program (BEP-TR) are evaluated.

Key Words: Building Energy Performance, Building Energy Certification (BEP-TR), Energy Identification Document.

1. Giriş

Dünya genelinde binalar inşaat, işletme ve bakım birincil enerjinin % 30-40 miktarda tüketimi ve küresel olarak sera gazının yayımında % 40 oranında paya sahiptir (Asif vd.,2007). Türkiye, bulunduğu jeopolitik konum sebebiyle üç kıtanın birleşim noktasında yer almakta, Avrupa ile Asya'nın kavşak noktasını oluşturmaktadır. 783.562 km²'lik yüzölçümüyle dünyanın 34. büyük ülkesi olup, 2013 yılı itibarıyla 76 milyona ulaşan nüfusun %45'i şehirlerde yaşamaktadır (TÜİK, 2014).

Gelişmekte olan Türkiye için enerji hem gerekli ve hem de stratejik önemi olan özelliklere sahiptir. Tüm dünyanın ilgilendiği; enerjinin güvenli ve sürdürülebilir temini, verimli kullanımı, sera gazı etkilerinin azaltılması ve çevrenin korunması, petrol fiyatlarındaki artma eğilimi ve kararsızlıklar, fosil kaynaklardan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş vb. konular aynı zamanda

Türkiye'nin de ilgilenmesi ve ister istemez politikasında yer vermesi gereken konulardır (Satman, 2006).

Özellikle AB üyeliği yolunda ilerleyen bir Türkiye için yapılması öngörülenler, yatırım gereksinimleri, planlamalar ve enerji modelleri gündemi yoğun olarak meşgul etmektedir. Avrupa Birliği'ne geçiş aşamasındaki uyum çabaları ile birlikte özellikle binalarda enerji tüketiminin minimum düzeyde kullanılması açısından ve yine binalarda enerjinin boşa harcanmaması konusunda çalışmalar yürütülmektedir.

Günümüzde tüketilen enerjinin yaklaşık %30'unun elektrik tüketimi için, %40'lık kısmının ise binalarda kullanıldığı belirtilmektedir. Bu durum binalardaki enerji kullanımının ve verimliliğinin çok önemli olduğunu göstermektedir (Aykal, 2009). Bu sebepten binalarda enerji sertifikasyonu kapsamında binanın fonksiyonuna bağlı olarak ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi standart ihtiyaçlarını karşılamak için yeni binalarda öngörülen ve

mevcut binalarda ölçülen enerji miktarıdır. Binalarda enerji tüketimindeki %40'lık oran, enerji verimliliği açısından önemli bir değerdir (Wagner vd, 2007, Prakash vd, 2013).

Ortaya çıkan bu oran yalnızca enerji tüketimi için bir değer değil aynı zamanda enerji kullanımı sonucunda ortaya çıkan zararlı etkiler ile atmosfere sera gazı emisyonu yayılmasına sebep olmaktadır. Binaların yaşam döngüsü çerçevesinde tüketmiş oldukları enerji miktarları için değişik araştırmalar yapılmaktadır. Ancak ortaya çıkan çalışmalarda binaların tipolojilerine göre enerji tüketimlerinin farklılık gösterdikleri ortaya konulmuştur (Bansal, 2010).

Binaların enerji tüketiminin belirlenmesi adına binanın inşaat ve işletme aşamalarında kullanılan enerjinin ayrı ayrı değerlendirilmesi değerlendirilmektedir. Ancak bu ayırım bina enerji verimliliğinin belirlenmesinde aralarında bir ayırım olduğu anlamına gelmemektedir. Örneğin, binanın kullanım aşamasında tükettiği enerji miktarında, binanın inşaat safhasında kullanılan yapı malzemeleri (tuğla, çimento, agrega, cam, yalıtım malzemeleri vb.) etkili olmaktadır. Bu malzemelerin hepsi farklı üretim süreçleri ile doğal kaynaklar kullanılarak üretilmektedir (Prakash vd.,2013, Bansal, 2010). Binalar için enerji tüketiminin yaklaşık %10-20'lik kısmı inşaat aşamasında kullanılan yapı malzemeleri, elektrik enerjisi talebi, bina tipolojisi gibi parametreler doğrultusunda harcanmaktadır. Son yıllarda farklı bina tipolojileri açısından enerji analizi değerleri tahmin edilmiştir (Prakash vd.,2013, Bansal, 2010).

Shukla vd. (2009) çalışmalarında, Hindistan'ta bulunan kerpiç yapının enerji verim gücü değerlendirmesini incelemiştir. Debnath vd. (1995) çalışmalarında, tek katlı ve çok katlı betonarme binaların enerji analizlerini ortaya çıkarmıştır.

Citherlet ve Defaux (2007) çalışmalarında inceledikleri konutlarda, yalıtım malzeme kalınlıklarında yaptıkları değişikliklerle yalıtımın enerji tüketiminde yaklaşık %50 oranında azalma meydana geldiğini göstermişlerdir. Mitrarate ve Vale (2004) çalışmalarında Yeni Zelanda'da inşa edilmiş yüksek izolasyonlu çift duvar ve izolasyonsuz tek duvar için karşılaştırma sonucunda, yüksek izolasyonlu çift duvarlı yapıda %40 oranında enerji tasarrufu sağlandığı ortaya çıkarılmıştır. Utama ve Gheewala (2008) çalışmalarında, Endonezya'da bağlayıcı malzeme olarak çimentonun kullanıldığı bina ile kil kullanılarak inşa edilen yapı karşılaştırılmış, sonuç olarak kil kullanılarak inşa edilen yapının enerji tüketiminin çimentoya oranla daha az olduğunu analiz etmişlerdir.

Eskin (2011); çalışmada, farklı ortam koşulları ve bina özelliklerinin, binaların yıllık enerji yükleri üzerindeki etkisi irdelemiştir. Geliştirilen bir simülasyon programı vasıtasıyla yapılan inceleme sonucunda, bina özelliklerinin, bina konumunun, binanın bulunduğu iklim bölgesinin, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri enerji sarfiyatı üzerindeki etkisi ve sonuçlar her iklim bölgesi için ayrı ayrı sunulmuştur.

Enerji konusunun günümüzde ne kadar önemli olduğu göz önüne alındığında, Türkiye açısından gerekli yasal düzenlemeler çerçevesinde inşa edilen veya edilecek olan yapıların enerji kimlik belgelerinin tespit edilmesi zorunluluğu bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki ülkemizde de dahil olmak üzere enerji tasarruf potansiyelinin en yüksek olduğu binalarda, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerjinin %50-60'ının geri kazanılabileceğini göstermektedir. Bu tasarrufun

geri kazanılması ile enerjisinin yaklaşık %75'ini ithal eden ülkemizde, binalarda kullanılan toplam enerji miktarında en az %60'lara varan tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir (İzocam, 2013).

2. Amaç

Bu çalışmanın amacı, farklı tipoloji ve konuma sahip olan konut amaçlı binaların enerji verimliliklerinin karşılaştırılarak enerji verim gücü değişimlerini belirleyerek, konut amaçlı bu binaların inşa edildikleri bölgeye ait bina enerji kimliklerinin tespit edilmesidir. Binaların enerji verimliliğinde inşa edildikleri konum ve bina tipolojisinin etkili olduğu görülmüştür. Aynı iklimsel verilere sahip bir bölgenin değişik mahallerinde inşa edilmiş olan konutların, enerji verimliliğinin yakınlık gösterdiği ortaya çıkarılmıştır.

3. Metodoloji

Antalya ili Korkuteli ilçesine ait altı mahallede inşa edilmiş olan her biri altı daireden meydana gelen üç katlı 35 adet (toplam 210 adet bağımsız bölüm) çift daireli yaşam için tasarlanmış konutların enerji verimliliği tespit edilmiştir.

Tablo 1. Antalya- Korkuteli ilçesinde yaygın olarak inşa edilen konut tipolojisi

Bina inşaat alanı (m ²)	Kat sayısı	Konut sayısı	Bağımsız bölüm sayısı
435-707	3	35	210

Korkuteli ilçesi, Antalya ilinin yaylası konumunda olması sebebiyle özellikle son yıllarda inşaat ve yapılaşma alanında büyük bir gelişim göstermektedir. Çalışmada incelenen çift daireli konut tipolojisine sahip her biri yaklaşık olarak 85-120 m²'lik bağımsız bölümlerden oluşan üç katlı yaşam alanları ilçede en yaygın kullanılan bina tipolojisidir. Tablo 1'de görüldüğü gibi çalışmada kullanılan bina tipolojilerine ait genel bilgiler doğrultusunda enerji verimliliği değerleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Seçilen bina tipolojisine ait çift daireli bina formu

3.1. İnşaat teknik özellikleri

Çalışmada incelenmiş olan bina inşaat özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

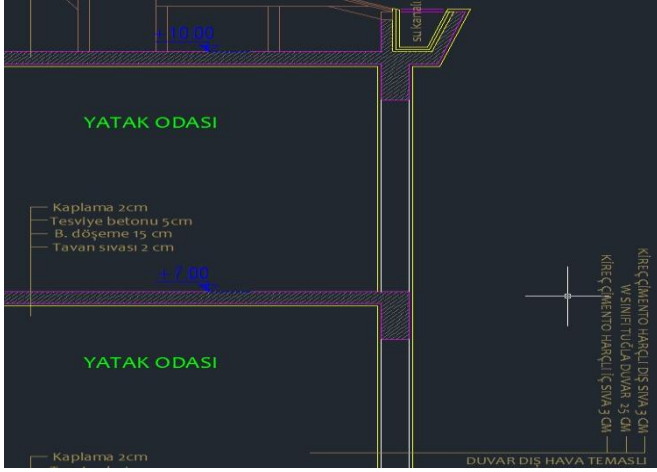
- ❖ Korkuteli ilçesi zemin yapısına bağlı olarak, zemin emniyet gerilmesi 15 t/m² olarak belirlenmiştir.
- ❖ Yapı sınıfı olarak 06.07.1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi kapsamında

III-A grubu olarak bina tasarım ve planlama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

- ❖ İnşa edilen yapılar bodrum, zemin ve 2 adet normal kat olarak toplam 4 kattan oluşmaktadır. Bina kat yükseklikleri 3 m olarak yapılmıştır.

3.2. Seçilen yapı malzemeleri

- Çalışmada incelenen binaların dış cephe duvarlarını oluşturan tuğlalar TS EN 771-1'e göre 29 cm x 19 cm x 25 cm (7 N/mm² basınç dayanımı) ebatlarında W sınıfı düşey delikli olarak belirlenmiştir.
- Binaların iç mekanların ayırımında ise yine TS EN 771-1'e göre, 29 cm x 19 cm x 13,5 cm (10 N/mm² basınç dayanımı) düşey delikli tuğla kullanılmıştır (Kudret, 2014).
- Bina yapımında kullanılan TS 500 ve TS EN 206'ya göre belirlenmiş beton sınıflarından C25 kullanılmıştır. Beton çeliği olarak STIII çelik sınıfı belirlenmiştir. Bina cinsleri betonarme karkas yapılarıdır.



Şekil 2. Binalara ait kesit detayları

Tablo 2. Bina duvar ve döşeme malzemeleri.

Konutlara ait Döşeme ve Duvar Malzemeleri					
	Duvar Malzemesi	Kalınlık		Döşeme Malzemesi	Kalınlık
1	İç Sıva Plastik Boya	3 cm	1	Zemin Kaplama	2 cm
2	W-Sınıfı Tuğla Duvar	25 cm	2	Tesviye Betonu	5 cm
3	Dış sıva	3 cm	3	Betonarme Döşeme	15 cm
4	Dış cephe plastik boya	0,01 cm	4	Tavan sıvası	2 cm

3.3. Çalışma alanı coğrafi yapısı

Korkuteli ilçesi Antalya iline bağlı Akdeniz Bölgesi ilçelerindedir. Doğusunda Antalya-Merkez ilçesi batısında, Muğla ili Fethiye ilçesi ve Burdur ili Gölhisar ve Çavdır ilçeleri, güneyde Kumluca ve Elmalı ilçeleri ve kuzeyde Burdur ili, Bucak ve Tefenni ilçeleri ile çevrili bulunmaktadır



Şekil 3. Korkuteli ilçesi haritası.

Yüzölçümü 2471 km²'dir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1020 metre olup 1/4 oranında Akdeniz iklimi, 3/4 oranında Göller Bölgesi kara iklimi hüküm sürer. Soğuk hava Göller Bölgesi'nden, sıcak hava Akdeniz Bölgesi'nden intikal etmektedir. Yılın hava sıcaklığı ortalaması kış aylarında genel olarak -5 °C ve yaz aylarında +25 °C olmaktadır. Toroslar'ın başlangıcını teşkil eden Bey Dağları'nın Akdeniz'e bakan yüzünün arka kısmında oluşan düzlüklerin ve tepeliklerin hakim olduğu bir arazi yapısı mevcuttur. İlçeye bağlı toplam 58 adet mahalle bulunmakta, nüfusu 52.900'dür (Korkuteli Kaymakamlığı, 2014).



Şekil 4. Antalya il sınırları haritası

3.4. Bina Enerji Verimliliği Programı

Çalışmada kullanılan enerji verimliliği yazılımı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 5 Aralık 2008 tarihinde yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği çerçevesinde hazırlanmış olan Bina Enerji Performansı Programı (BEP-TR) web tabanlı bir programdır. Binanın, m² başına düşen yıllık enerji tüketimi, CO₂ salınımı, elde edilen değerlerin referans bir binanınki ile kıyaslanması ve A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilmesi işlemlerini yapmaktadır. Bu program ayrıca, binaların enerji verimliliği hesaplama yöntemini kullanarak (BEP-TR), enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini ve enerji verim sınıfını belirlemek için kullanılmaktadır. Havalandırma, aydınlatma, ısıtma, soğutma ve sera gazı emisyon değerleri simülasyon programı sayesinde belirlenebilmektedir.

BEP-TR programında konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaların enerji verimliliklerinin değerlendirilmelerine olanak sağlamaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

4. Deneysel Bulgular ve Öneriler

Çalışmada Korkuteli ilçesine ait toplam altı mahallede inşa edilmiş olan 35 adet çift daire formunda toplam 210 adet konuttan oluşan veriler BEP-TR (Bina Enerji Performansı) Programı'na girilerek binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarı, binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanması ve binaya ait sera gazı salınımı tespit edilerek sürdürülebilirlik açısından yorumlanmıştır.

Öncelikle BEP-TR programına binaya ait tüm geometrik ve mekanik bilgileri (mimari, statik, mekanik, ısıtma, havalandırma ve aydınlatma verileri) programa tanımlandığı şekliyle girildikten sonra, ortaya çıkan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerine ilaveten sera gazı emisyonu değerleri hesaplanmıştır.

4.1. Bulgular

Antalya ili Korkuteli ilçesinde 35 adet çift daire formunda, toplamda 210 daireli konutlar için bina enerji verimliliği değerlendirmeleri yapılmıştır. BEP-TR programı ile elde edilen veriler aşağıda belirtilen tablo ve şekillerle gösterilmiştir.

Çalışmada, ilçenin altı mahallesinde inşa edilen yapıların ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve sera gazı emisyon değerleri yapıların inşa edildikleri konum açısından yorumlanmıştır.

Tablo 3-4-5 ve 6 'da ilçe genelinde enerji kimlik belgesi çıkartılmış 35 adet toplam 210 konutun ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sera gazı emisyon verileri gösterilmiştir.

Elde edilen enerji verimlilik değerleri enerji kimlik belgesi uzmanlarınca hesaplanan ve resmi olarak kullanılan verilerdir. Bu veriler binaların Yapı Kullanma İzin Belgesi alabilmesi için ilgili belediyeye sunulan Enerji Kimlik Belgesi verileridir. 210 konutu kapsayan bu çalışmada veriler incelenerek yorumlanmıştır.

Isıtma değerlerine bakıldığında; 20000 – 30000 kwh/yıl değerleri arasında ısıtma değerlerinin hesaplandığı görülmüştür. Bu verilerin binaların 450-600 m² arasında değişen inşaat alanına sahip olan yapılar için ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Ancak tablolarda ve Şekil 5'te de görüldüğü gibi 8 adet binanın ısıtma değerlerinin 35000-55000 kwh/yıl değerleri arasında ortaya çıktığı görülmüştür. Bu farklılığın bazıları için bina m²'sine bağlı olduğu, bazıları için binanın bazıları için bina m²'sine bağlı olduğu, bazıları için binanın bulunduğu konuma bağlı olduğu bazıları ise hesaplamadan kaynaklı farklılıkların ortaya çıktığı yorumlanmıştır.

Sıcak su sistemlerinde ortaya çıkan verilere bakıldığında, 4250-53000 kwh/yıl arasında değişim gösteren değerler hesaplandığı görülmüştür. Sıcak su sistemi için genel olarak sonuçların yakın oldukları, farklılık gösteren değerlerin bina konumu, bina m²'si ve hesaplamalardan kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir.

Aydınlatma değerleri, 2250-15000 kwh/yıl arasında değişiklik gösteren değerler ortaya çıkmıştır. Genel olarak aydınlatma değerlerinde ortalama olarak 10000 kw/yıl değerinin hesaplandığı görülmüştür. Bazı binalara ait aydınlatma verilerinde ise diğer değerlerde belirleyici olduğu gibi bina m²'si, bina konumu ve hesaplamadan kaynaklı farklılıkların sebep olduğu görülmüştür.

Sera gazı emisyon değerleri genel olarak yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak hesaplama ve bina konum ve m²'sinden kaynaklanan farklılıklardan dolayı da bazı sonuçlarda değişiklik ortaya çıktığı yorumlanmıştır.

Tablo 3. Binalara ait enerji verimliliği sonuçları

Ada/Parsel	399/11	548/11	567/01	1084/07	534/14	586/03	1069/8	311/19	1063/4
Isıtma (kwh/yıl)	23 352	23 768	23 157	21 497	22 419	28 861	21 343	38 183	25 019
Soğutma (kwh/yıl)	77 216	63 564	160 501	74 940	146 687	230 989	207 478	114 487	100 818
Sıcak Su (kwh/yıl)	19 364	14 343	19 288	17 791	23 517	50 003	33 093	34 680	20 908
Aydınlatma (kwh/yıl)	8790	2005	7178	10 864	10 028	11 259	8782	12 639	12 779
Sera Gazı	110	146	335	75	210	280	270	140	76
M ²	707	570	510	560	576	765	600	830	705

Tablo 4. Binalara ait enerji verimliliği sonuçları

Ada/Parsel	1063/4	689/17	932/2	760/06	304/02	952/12	445/02	1088/07	937/1
Isıtma (kwh/yıl)	25 019	52 456	26 431	18 733	29 075	23 353	33 976	41 880	29 964
Soğutma (kwh/yıl)	100 818	174 146	54 840	85 921	81 475	20 545	115 879	233 960	55 945
Sıcak Su (kwh/yıl)	20 908	31 422	13 009	18 051	14 085	4250	12 489	52 348	15 331
Aydınlatma (kwh/yıl)	12 779	7283	10 857	10 935	12 040	10 083	14 075	15 370	9750
Sera Gazı	76	365	150	130	165	135	220	365	150
M ²	705	505	450	630	500	475	520	570	480

Tablo 5. Binalara ait enerji verimliliği sonuçları

Ada/Parsel	937/1	815/5	1121/10	596/14	562/03	760/07	884/01	340/2	883/09	1229/09
Isıtma (kwh/yıl)	29 964	20 851	48 182	31 008	27 633	20 790	23 233	24 625	47 968	20 007
Soğutma (kwh/yıl)	55 945	71 208	96 465	124 008	158.268	82 518	125 565	92 095	55 024	167 157
Sıcak Su (kwh/yıl)	15 331	18 307	23 352	32 213	53.951	19 530	16 835	15 524	22 935	30 781
Aydınlatma (kwh/yıl)	9750	12 709	9917	8625	16 595	1935	7431	2568	5805	14 771
Sera Gazı	150	120	240	110	360	120	280	160	120	181
M ²	480	570	620	750	520	610	513	560	490	690

Tablo 6. Binalara ait enerji verimliliği sonuçları

Ada /Parsel	1229/09	475/30	357/12	321/08	346/9	431/7	198/41	857/8	429/11	708/11
Isıtma (kwh/yıl)	20 007	25 887	29 702	25 022	19 400	37 140	31 387	44 030	26 383	52 541
Soğutma (kwh/yıl)	167 157	47 856	141 710	74 035	139 786	80 860	168 876	200 618	73 207	149 533
Sıcak Su (kwh/yıl)	30 781	10 726	24 219	23 745	22 022	12 787	27 157	33 944	15 238	27 801
Aydınlatma (kwh/yıl)	14 771	2245	10 700	3272	9078	5278	7178	10 872	14 075	3354
Sera Gazı	181	165	220	96	250	355	260	345	100	272
M ²	690	510	610	700	500	535	565	605	500	630

4.2. Öneriler

Antalya ili Korkuteli ilçesinde 35 adet çift daire formunda, toplamda 210 dairesel konutlar için bina enerji verimliliği değerlendirmeleri yapılmıştır.

BEP-TR programı ile elde edilen veriler çerçevesinde ortaya çıkarılan öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- Çalışma kapsamında Korkuteli ilçesinde inşa edilmiş 210 konutlu, çift daire formuna sahip 35 adet binanın enerji sertifika sonuçları elde edilerek yapılan karşılaştırmada ortaya çıkan sonuçların farklılık gösterdikleri görülmüştür. Özellikle enerji verimliliği değerlendirmelerinde farklı enerji kimlik belgesi

uzmanlarınca yapılan hesaplamalarda, Korkuteli ilçesi için Antalya iline ait ısıtma, soğutma ve sıcak su sistemlerinin kullanıldığı yorumlanmıştır.

- Çalışma doğrultusunda aynı bina formuna sahip çift dairesel bir yapının uygulamadaki enerji verimliliği değerlerinin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçların farklılık göstermesinde etken olarak bina özelliklerinin Antalya ili iklim koşullarına göre BEP-TR programına enerji kimlik belgesi uzmanlarınca değerlerin tanıtılmasının neden olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle ısıtma ve soğutma sonuçlarında, Korkuteli ilçesinin 3/4 oranında karasal iklime sahip olduğu değerlendirildiğinde ve

örnek olarak uygulamada kullanılan bina enerji verimliliği sonuçlarına bakıldığında uygun sonuçlar olmadığı görülmüştür.

• Bu alanda Korkuteli ilçesi için bina enerji verimliliği değerlerinin daha uygun hesaplanabilmesi için öncelikle binaların iklimsel koşulları doğrultusunda BEP-TR programına veri olarak girilmesi, özellikle ısıtma ve soğutma değerlerinde Antalya iline ait iklim koşullarından ziyade daha çok karasal iklime yakın değerler içeren verilerin daha uygun sonuçlar verebileceği değerlendirilmektedir.

5. Sonuçlar

• Antalya ili Korkuteli ilçesinde 35 adet çift daire formunda, toplamda 210 daireli konutlar için bina enerji verimliliği değerlendirmeleri yapılarak binaların enerji sınıfının "*C Sınıfı*" olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç binaların Enerji Kimlik Belgesi değerlendirmesinde C Sınıfı, yani enerji sınıflandırılmasında kabul edilebilir bir bina olduğu anlaşılmaktadır.

• Ancak bina tipolojisi olarak yakın olan binaların enerji verim gücü sonuçlarında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç değişikliklerinin özellikle bina m²'si, bina konumu ve kullanıcıların hesaplama sırasında izledikleri yöntemlerden kaynaklandığı öngörülmektedir.

• Elde edilen sonuçlar sayesinde Korkuteli ilçesinde inşa edilen ve benzer forma sahip yaşamsal konutların enerji kimlik tespiti yapılmıştır. Bu sayede Korkuteli ilçesine ait bina enerji kimlik haritasının belirlenerek inşa edilen yapıların, inşa edilecek yapılarda yapılması gereken enerji tasarrufu kazançlarına yardımcı olabileceği değerlendirilmiştir.

• Enerji kimlik belgesi belirlenmesinde iklim ve bina mevkisinin önemli olduğu gözlemlenmiştir. Ancak BEP-Tr programı için binanın mevkisinin projedeki birebir şekliyle sisteme tanıtlanamaması ve sistemde kayıtlı olan geometrik şekillere benzetilerek sonuç alınmasının ortaya çıkan değerlere olumlu ya da olumsuz katkısının ne olabileceği hususunda tereddütler oluşturmaktadır.

• Ayrıca yine yapılan analiz değerlendirmesi sırasında sistemin geometrik olarak binanın tam olarak yapısına göre değil de dikdörtgen, kare, U veya H biçimi geometrik şekillere benzetilerek sisteme kayıt edilebildiği görülmüştür. Bu durum da hem kullanıcıya zaman harcatmakta hem de bina geometrisinde değişiklik olduğu için çıkan sonuçların güvenilirliği konusunu gündeme getirmektedir.

• BEP programında yer alan bina yapımında kullanılan bazı yapı malzemelerinin birebir olarak yer almadığı bu yüzden de sonuç almak için yakın malzemelerin kullanıldığı görülmüştür. Bunun da sonuca etki etmiş olabileceği değerlendirilmektedir.

6. Kaynaklar

- A. Debnath, S.V. Singh, Y.P. Singh, Comparative assessment of energy require-ments for different types of residential buildings in India, *Energy and Buildings* 23 (1995) 141–146.
- A. Shukla, G.N. Tiwari, M.S. Sodha, Embodied energy analysis of adobe house, *Renewable Energy* 34 (2009) 755–761.
- A. Utama, S.H. Gheewala, Life cycle energy of single landed houses in Indonesia, *Energy and Buildings* 40 (2008) 1911–1916.
- Aykal D., Gümüş B., Özbudak Y. B., "Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması", V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır 78-84 (2009).

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi Yardımcı Kullanım Kılavuzu", Ankara, 1-64.
- D. Bansal, et al., Embodied energy in residential cost effective units-up to 50 m², in: International Conference on Sustainable Built environment (ICSBE-2010), Kandy, Sri Lanka 13–14 DecrMBER, 2010.
- E. Velasco, F. Varela, "Building Energy Analysis (BEA): A methodology to assess building energy labelling", *Energy and Buildings*, 709-716 (2007).
- Eskin N., "Konut Dışı Binaların Yıllık Enerji İhtiyaçlarının İncelenmesi", İTÜ, İstanbul, 1-6 (2011).
- H.J. Wagner, J. Mathur, N.K. Bansal, *Energy Security Climate Change and Sustainable Development*, Anamaya Publishers, New Delhi, 2007, ISBN:9788188342815, 8188342815.
- İnternet: <http://www.korkuteli.gov.tr/cografya.aspx>, Korkuteli Kaymakamlığı resmi sitesi, (2014).
- İnternet: <http://www.kudret.com/products.php?cat=4>, Kudret Tuğla San. Tic. Ltd. Şti, (2014).
- İnternet: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=kategorist>, Türkiye İstatistik Kurumu, (2014).
- İzocam, "Açıklamalı ve Örneklerle TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı", 6-15, İstanbul, (2013).
- M. Asif, T. Muneer, R. Kelley, Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland, *Building and Environment* 42 (2007) 1391–1394.
- N. Mithraratne, B. Vale, Life cycle analysis model for New Zealand houses, *Building and Environment* 39 (2004) 483–492.
- S. Citherlet, T. Defaux, Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span, *Building and Environment* 42 (2007) 591–598.
- Satman A., "Türkiye'nin Enerji Vizyonu", Jeotermal Enerji ve Aydın'daki Geleceği Sempozyumu ve Sergisi, 1-16, Aydın, (2006).
- T. Ramesha, R. Prakash, K.K. Shukla, Life cycle energy analysis of a multifam-ily residential house: a case study in Indian context, *Open Journal of Energy Efficiency* 2 (2013) 34–41.