



ÖZEL SAYI 2

İKLİM

“HAVANI BİLİRSEN, RİSKİNİ DE BİLİRSİN”

22 MART DÜNYA SU & 23 MART DÜNYA METEOROLOJİ GÜNÜ KUTLU OLSUN

**KARAYOLLARINDA HAVA
KOŞULLARININ TRAFİK AKIM
HACMİNE OLAN ETKİSİ**

**TÜRKİYE TARIMINDA
“JAPON SENDROMU”
YAŞANIR MI?**

*İstanbul Yağış
Şiddetinin Alansal
Tahmini*

*Denizüstü Rüzgar
Elektrik Santralleri*

*Orman Yangınları
Kaynaklı Hava Kirliliği*



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ
ODASI

YAYIN KURULU



E-BÜLTEN

YAYIN KURULU

1. AHMET KÖSE (BAŞKAN)
2. ZEKİYE GÜNERİ (RAPORTÖR)
3. AYFER SERAP SÖĞÜT
4. AYŞEGÜL AKINCI YÜKSEL
5. BARIŞ ÖZGÜN
6. FERYAL BİÇKİCİ
7. LALEHAN ÇINAR
8. SELMA BALAY
9. FUAT KURUMAHMUT (TASARIM)

BİLİM VE ETİK
KURULU

1. PROF.DR. ORHAN ŞEN (BAŞKAN)
2. FIRAT ÇUKURÇAYIR (ODA BAŞKANI)
3. PROF.DR. MAHMUT CELAL BARLA
4. PROF.DR. ZAFER ASLAN
5. PROF.DR. AHMET DURAN ŞAHİN
6. PROF.DR. YURDANUR ÜNAL

METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
YÖNETİM KURULU

1. FIRAT ÇUKURÇAYIR (BAŞKAN)
2. İSMAİL KÜÇÜK (2.BAŞKAN)
3. EMEL ÜNAL (GENEL SEKRETER)
4. AYHAN AKGÖZ (MUHASİP ÜYE)
5. MEHMET SOYLU (SOSYAL İŞLER ÜYESİ)

İLETİŞİM:

Meteoroloji Mühendisleri Odası
Adres: Bayındır Sok. No: 49/16
Kızılay - ANKARA

Telefon: +90 541 419 56 04 /
+90 312 419 56 04
Fax: +90 312 419 57 05

E-posta: bilgi@meteoroloji.org.tr

Kapak Fotoğrafı : Ela Güzelgörür
İkinci Sayfa Fotoğrafı : Ela Güzelgörür

İÇİNDEKİLER

ÖZEL SAYI 2 / MART 2022

| | |
|---|----|
| EDİTÖR | |
| “DÜNYA METEOROLOJİ GÜNÜMÜZ KUTLU OLSUN” | 3 |
| PROF. DR. KASIM KOÇAK | |
| “DÜNYA SU GÜNÜ SU HAYAT, YERALTI SULARI İŞE HAYAT SİGORTASIDIR” | 8 |
| AHMET KÖSE | |
| “KARAYOLLARINDA HAVA KOŞULLARININ TRAFİK AKIM HACMİNE OLAN ETKİSİ; İSTANBUL ÖRNEĞİ” | 10 |
| NAMİK CEYHAN | |
| “TÜRKİYE TARIMINDA “JAPON SENDROMU” YAŞANIR MI?” | 21 |
| CANER KARAKAŞ - PROF.DR. ZEKİ ŞEN | |
| “İSTANBUL YAĞIŞ ŞİDDETİNİN ALANSAL TAHMİNİ” | 25 |
| DR. MURAT DURAK | |
| “MAVİ VATANIN ENERJİSİ: DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALLARI” | 35 |
| EMRE SAK | |
| “KARAYOLLARINDA ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI ÖNLEMLER VE UYGULAMALAR” | 41 |
| DR. DENİZ DEMİRHAN - AHMET ALPER DEMİR | |
| “ORMAN YANGINLARI KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNİN GÖRÜŞ MESAFESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ” | 51 |

EDİTÖR

DÜNYA METEOROLOJİ GÜNÜMÜZ KUTLU OLSUN...

Bildiğiniz gibi tüm dünyada her yılın 23 Mart günü “Dünya Meteoroloji Günü” olarak kutlanılmaktadır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), 23 Mart 1950’de imzalanan kuruluş Sözleşmesinin yürürlüğe girmesini her yıl tüm dünyada belli bir konu ve çeşitli etkinlikler ile anmaktadır.

Birleşmiş Milletler’in (BM) uzman bir kuruluşu olan WMO, dünya atmosferinin durumunu, davranışını, kara ve okyanuslarla olan etkileşimini araştırır. Hava, iklim, toprak ve su kaynakları ile ilgili uluslararası işbirliği ve koordinasyonu sağlar.

Her Dünya Meteoroloji Günü; Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servislerinin toplumların güvenliği ve esenliği için yaptıkları önemli katkıları ortaya koyan ulusal ve uluslararası etkinliklerle kutlanan bir gündür. Dünya Meteoroloji Günü için seçilen temalar, hava, iklim veya su ile ilgili güncel konuları yansıtmaktadır.

2022 yılının konusu da “Erken Uyarı ve Erken Eylem”dir. Her dünya meteoroloji günü konusunda olduğu gibi bu konunun da seçilmesinin ana sebeplerinden biri özellikle iklim değişikliği ile birlikte artan doğal afetlere dikkat çekerek Afet Riskinin Azaltılması için “Hidrometeoroloji ve İklim Bilgileri”nin önemini ortaya koyabilmektir.

WMO’nun en büyük önceliği ve hedefi, yaşamları ve yaşam kaynaklarını hava, iklim ve su ile ilgili azlığı ya da çokluğu gibi aşırı olaylardan korumaktır ve bunu yılın belli bir gününde, belli bir haftasında, ayında ya da mevsiminde değil yılın her dakikasında, her anında başarabilmek hedeflenmiştir.

Bu nedenle 2022 Dünya Meteoroloji Günü temasının “Erken Uyarı ve Erken Eylem” olması tüm yaşamları, yaşam kaynaklarını, su ve doğal kaynakları, kısaca dünyamızın geleceğini çok yakından ilgilendirmesi nedeniyle son derece önemlidir.

Peki; doğal afetlerden nasıl daha etkin olarak korunabiliriz? Hiç şüphesiz “Erken Uyarı” bu soruya verilebilecek cevaplardan en önemlisidir. Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisleri gelişmiş erken uyarı sistemlerinin istenilen başarıya ulaşmasındaki en büyük katkıyı sağlayan unsurlardır. Erken uyarılar sonucunda, erken önlem alınmasını sağlayan ve afet riskini ve zararlarını azaltmakla sorumlu diğer kurum ve kuruluşların başarıları da Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servislerinin katkıları ile doğru orantılıdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte hiç şüphesiz Bütünleşik Erken Uyarı Sistemlerinin başarıları da artmaktadır. Bununla birlikte Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servislerinin asıl hedefi, erken uyarılara en çok ihtiyacı olan en savunmasız kişilere zamanında ulaşmaktır. Dünyamızın ve insanlığın bu konuda aşması gereken hala birçok zorluk olduğunu da belirtmeliyiz.

İklim değişikliği, dünyanın her yerindeki ekstrem hava koşulları nedeniyle insanlığın çözmesi gereken en büyük sorun olarak karşımızdadır. Daha yoğun ve etkili sıcak hava dalgaları, kuraklık ve orman yangınları neredeyse günlük yaşantımızın sıradan olayları haline gelmektedir. Sıcaklık artışları nedeniyle artık atmosferde çok daha fazla su buharı var, bu da doğal olarak aşırı yağışlara ve ölümcül sellere neden olmaktadır.

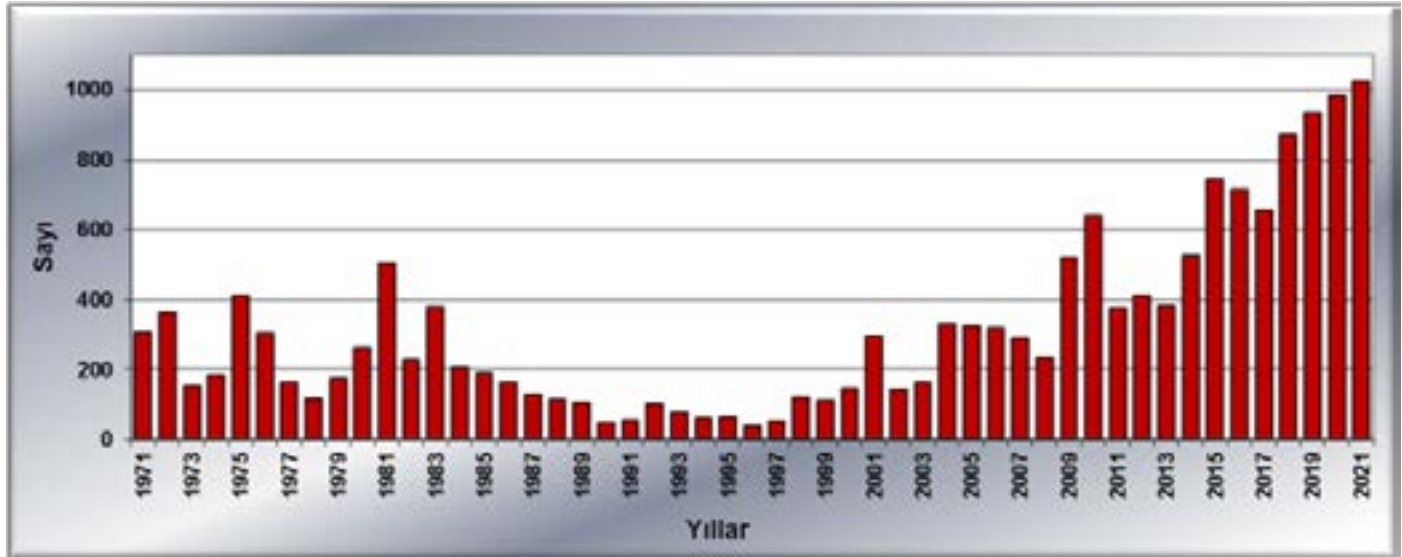
Yine sıcaklık artışları nedeniyle okyanusları ve denizlerin suları da ısınmaktadır. Su ekosistemlerinin bu sıcaklık artışından olumsuz etkilenmesi bir tarafa, sulardaki sıcaklık artışları daha güçlü tropik fırtınaları besleyen ve yükselen deniz seviyelerini de beraberinde getiren bir yapı oluşturmaktadır.

TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası olarak; dünyamız ve ülkemiz için bu sıcaklık artışlarının olumsuz eğiliminin devam etmesini bekliyoruz. Bu beklentimizin temel sebebi ise; tüm dünyada “sera gazı” derişiminin rekor seviyelerde seyretmesi nedeniyle iklim değişikliğinin de daha uzun yıllar süreceği, aynı şekilde sıcaklık artışları ile buzulların erimesinin de artacağı ve sonucunda deniz seviyesinin de yükselmeye devam edeceğini göstermesidir.

İklim değişikliğini bir anda sonlandırabilmek mümkün olmadığına göre neler yapılabileceği temel soru haline gelmektedir. Bu kapsamda öncelikle değişime sebep veren davranışların değiştirilmesi ile insan etkisinin azaltılması ve buna ek olarak, iklim değişikliği ve etkilerine uyum konusunda adımlar atılmasıdır.

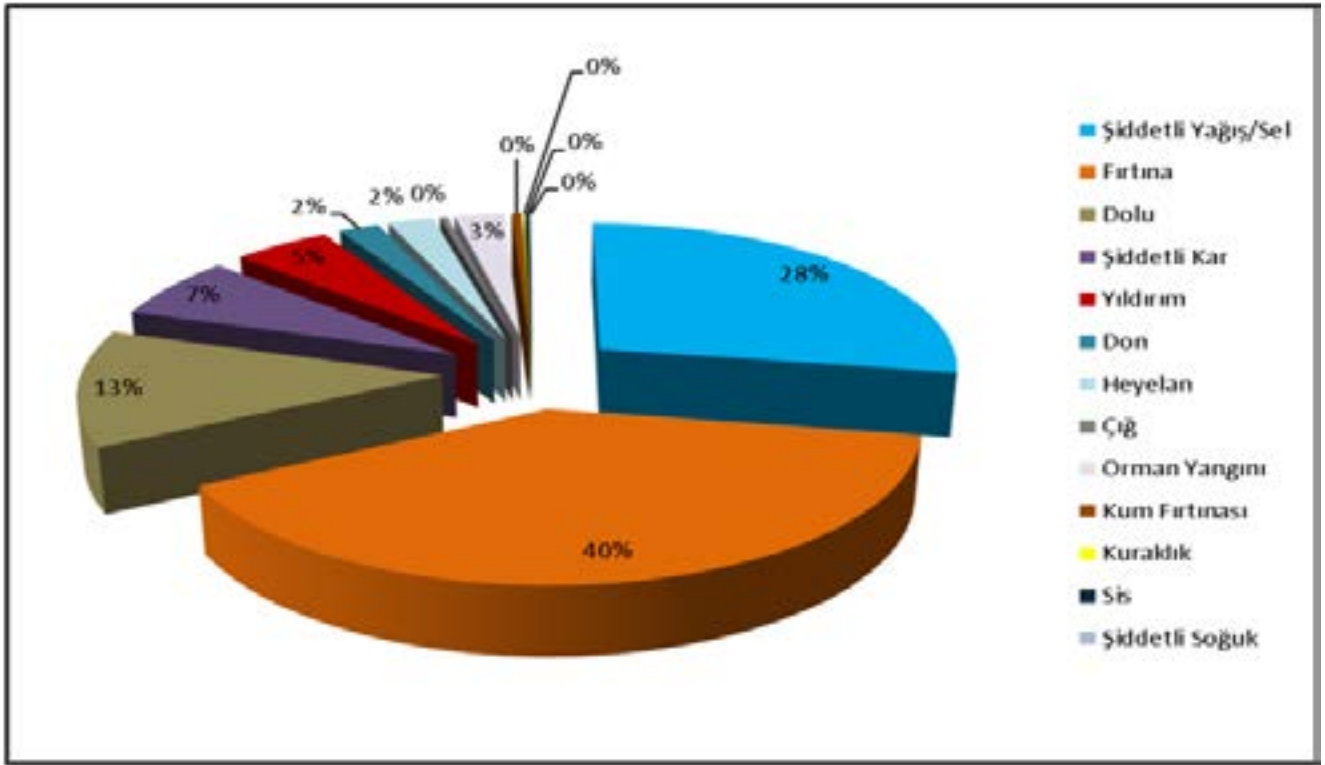
İklim değişikliği dikkate alınarak, tarım başta olmak üzere kentleşme gibi alanlarda nasıl bir politika oluşturulacağı konuşulurken, mevcut iklim unutulmaktadır. Oysa günümüzde meteorolojik olaylara bağlı olarak yaşanan afetlerin asıl nedeninin iklim değişikliğinden değil, mevcut iklime uygun yapılaşmaların olmamasından ve yanlış arazi kullanımlarından kaynaklandığı bilinmelidir.

Belki birçoğumuz farkında olmayabiliriz ama geçtiğimiz yıl Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) “Son 50 Yılın Afet İstatistikleri” hakkında bir rapor yayınladı. Bu rapor; hava durumu, iklim ve su ile ilgili olarak 11.000’den fazla afet olduğunu, neredeyse her gün bir afet meydana geldiğini ve bunun sonucunda da 2 milyonu aşkın ölüm meydana geldiğini ortaya koydu. Diğer bir ifade ile son elli yılda günde 115 kişi doğal afetler nedeniyle yaşamını kaybetti.



1971-2021 Ülkemizde Meydana Gelen Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler (Kaynak: MGM).

Tüm dünyada ve yukarıdaki şekilden de görüleceği gibi ülkemizde son 50 yılda afet sayısı beş kat arttı ve özellikle fırtına ve şiddetli yağış/sel gibi afetler nedeniyle oluşan ekonomik maliyetleri de arttırdı. Ancak olumlu değerlendirebileceğimiz bir nokta ise afetler nedeniyle oluşan can kayıpları hem dünyada hem ülkemizde önemli ölçüde azaldı. Artık yaşamları kurtarmada daha önce olmadığımız kadar iyiyiz.



2021 yılında ülkemizde Meydana Gelen Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Oranları (Kaynak: MGM)

Süper bilgisayarlar, uydular, radar teknolojisindeki ve bilimdeki gelişmeler, artan gözlem istasyonlarının sayısı ve kalitesi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hava tahminlerimizin doğruluğunu çok büyük ölçüde artırdı. Cep telefonu uyarıları ve hava durumu uygulamaları en uzak bölgelere bile saniyeler içinde ulaşabilir hale geldi.

Bununla birlikte WMO artık havanın nasıl olacağını ve ne yapacağına dair “Etki Temelli Tahminleri” teşvik ve tavsiye etmektedir. Bu şekilde, hava durumuna bağlı olan vatandaşlar, firmaların kurum ve kuruluşların hazırlıklarını ve erken eylemlerini oluşturabilmeleri, geliştirebilmeleri için önemlidir.

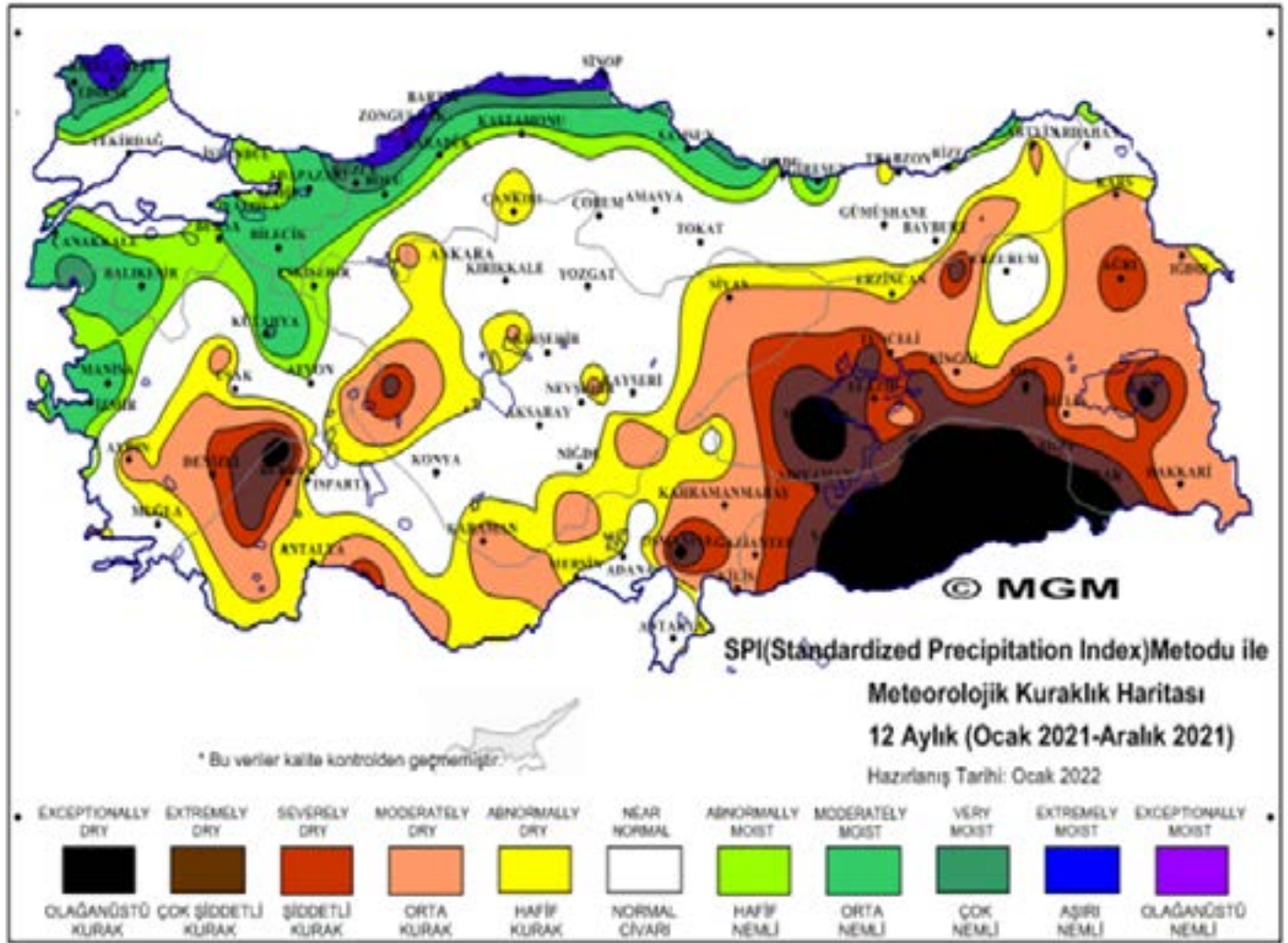
“Erken Uyarı ve Erken Eylem” konusunda hem dünyada hem ülkemizde daha yapılması gereken çok şeyin olduğu söylenebilir. 193 WMO Üyesi ülkeden sadece yarısına yakınında çoklu tehlike erken uyarı sistemleri mevcuttur. Ayrıca etki temelli tahmin için Üye ülkelerin büyük bir bölümünde tahmin becerilerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

MGM'nin son yıllarda yaptığı yatırımlar ile hem denizlerimizde hem de kara sınırlarımız üzerinde gözlem ağıımız genişlemiştir. Üyesi olduğumuz uluslararası kuruluşlar nedeniyle meteorolojik uydu teknolojilerimiz ve tüm ülkemizi kapsayan çeşitli tip ve kapasitedeki radar gözlemlerimiz ile dünyada sayılı bir noktadayız. Bununla birlikte, meteoroloji bilimi ulusal sınır tanımayan dünya çapında bir bilim dalı olması nedeniyle dünya üzerinde Afrika'da, Latin Amerika'nın bazı bölgelerinde ve Pasifik ve Karayip adasında halen hava ve hidrolojik gözlem ağlarında ciddi boşlukların bulunması bizim de tahminlerimizde kullandığımız küresel ölçekli modellerin ve tahminlerinin başarılarını olumsuz etkilemektedir.

Bu nedenle WMO, temel gözlem sistemine yatırım yapmak ve veri boşluklarını doldurmak için SOFF (Sistemik Gözlem Finansman Tesisi) olarak bilinen bir finansman mekanizması oluşturmuştur. Ayrıca WMO, savunmasız ülkeler ve topluluklar arasında dayanıklılık oluşturan İklim Riski ve Erken Uyarı Sistemleri Girişimi'nin (CREWS) uygulama ortağıdır.

WMO, suyla ilgili tehlikelere, kuraklık ve kıtlıklara daha fazla odaklanmak için yeni bir su ve iklim koalisyonuna öncülük ediyor. WMO'nun tropikal kasırgalar, kıyı taşkınları, sel ve kuraklık konularında oldukça başarılı program ve projeleri bulunmaktadır. İklim değişikliği ve afetler konusunda bir mükemmeliyet merkezi oluşturmak için BM Afet Riskini Azaltma Ofisi ile WMO güçlerini birleştirdi. WMO, hava durumuyla ilgili bir felaketten önce ve sonra insani yardımı optimize edebilmek için BM insani yardım kuruluşlarına güvenilir ve güvenilir bilgiler sağlamak için bir destek mekanizması geliştirmektedir.

WMO; Erken uyarı hizmetlerine daha fazla kaynak ayırmak ve yatırımların sürdürülebilirliğini sağlamak için Dünya Bankası, Avrupa Birliği, UNDP, Yeşil İklim Fonu gibi finansman kuruluşlarıyla birlikte çalışmaktadır.



2021 Yılı Meteorolojik Kuraklık Haritası (Kaynak: MGM)

Kuraklık son yıllarda ülkemizin en ciddi meteorolojik karakterli doğal afetlerinden biri olmuştur ve olmaya da devam etmektedir. Örneğin 2021 yılı 12 aylık meteorolojik kuraklık haritasına bakıldığında ülkemizin neredeyse tamamı kuraklık ile karşı karşıya olduğu görülmektedir.

Dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri her yıl belli dönemde temiz su kaynaklarına erişim sağlayamamaktadır. Ülkemiz açısından bakıldığı zaman su stresi yaşayan bir ülke olduğumuz ve su kaynaklarını çok daha verimli kullanmak zorunda olduğumuz açıkça söylenebilir.

WMO, iklim eylemi, sürdürülebilir kalkınma ve afet riskinin azaltılması ile ilgili 2030 uluslararası gündemi için gerekli çalışmalarını kesintisiz sürdürmektedir. WMO'nun vizyonu "2030 yılına kadar, tüm ulusların, özellikle en savunmasız olanların, aşırı hava, iklim, su ve diğer çevresel olayların sosyoekonomik sonuçlarına karşı daha dirençli olduğu bir dünyadır."

Nasıl ki Tıp Bilimi dünyasının hastalıklara karşı ana söylemi "erken teşhis hayat kurtarır" ise Meteoroloji Bilimi dünyasının da afetlere karşı yaşam ve yaşam kaynaklarını korumak için ana söylemi "Erken Uyarı, Erken Eylem" olmak zorundadır.

Meteorolojik parametreler dikkate alınarak, olağan meteorolojik olayların afete/felakete dönüşmesine neden olmayacak şekilde arazi kullanım planlarının ve uygulamalarının yapılması esas olmalıdır. Arazi kullanımlarının meteorolojik olaylara uygun planlanmasının ve yapılmasının erken uyarı sisteminden daha etkin olduğu da unutulmamalıdır. "Nasıl da erken uyarı var, bizi kurtarır" diyerek yeni bir yanlışa düşülmemesi gerektiği de hiç unutulmamalıdır. Her erken uyarının da kurtaramayacağı durumlar olacaktır.

Dünya Meteoroloji Günümüz kutlu olsun...

TMMOB METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteoroloji.org.tr



Prof. Dr. Kasım KOÇAK
İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğretim Üyesi
Hidroloji Komisyonu Üyesi

DÜNYA SU GÜNÜ SU HAYAT, YERALTI SULARI İSE HAYAT SİGORTASIDIR

Tatlı suyun önemine dikkat çekmek ve tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini savunmak için her yıl 22 Mart, “Dünya Su Günü” olarak kutlanmaktadır. Bu gün, suyla ilgili konular hakkında daha fazla bilgi edinmek, diğer insanları bilgilendirmek ve su sorunları üzerine farkındalık yaratması bakımından önemli bir fırsattır. Su, her şeyden önce yaşamın temel yapı taşıdır. Diğer taraftan su, ekonomik, sosyal ve insani kalkınmayı desteklemek için hayati bir öneme sahiptir.

Karar vericilere sürdürülebilir su politikalarını formüle etmek ve uygulamak için araçlar sağlamak üzere her yıl Dünya Su Günü’nde yeni bir Dünya Su Kalkınma Raporu yayınlanmaktadır. Bu rapor, Birleşmiş Milletler-Su (UN-Water) adına UNESCO’nun Dünya Su Geliştirme Programı (WWAP) tarafından koordine edilmektedir. Dünya Su Günü için belirlenen yıllık tema, söz konusu raporun odak noktasıyla uyumludur.

UNESCO ayrıca, ülkelerin su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmelerine yardımcı olmak ve bilimsel bilgi tabanını oluşturmak için Uluslararası Hidroloji Programı (IHP) faaliyetleri kapsamında, Dünya Su Günü’nün kutlanmasına da katkıda bulunmaktadır.

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansının (UNCED) önerileri doğrultusunda 22 Aralık 1992’de almış olduğu bir kararla, her yılın 22 Mart günü, 1993 yılından itibaren Dünya Su Günü olarak kutlanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda üye ülkeler, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesine yönelik belgesellerin yayınlanması, konferanslar, paneller, seminerler ve sergiler düzenlenmesi gibi etkinliklerle halkın bilinçlendirilmesi doğrultusunda bu özel ve önemli güne katkı sunmaya davet edilmiştir.

Geçmiş yılların Dünya Su Günü temaları, suyla ilgili hangi önemli konuların öne çıktığı konusunda bir fikir verecektir. Son onbir yılın temaları ise ayrıntılarına girmeden başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir: Su ve İklim Değişimi (2020), Kimseyi Geride Bırakma (2019), Su İçin Doğal Yöntemler (2018), Neden Atık Su? (2017), Su ve Meslekler (2016), Su ve Sürdürülebilir Kalkınma (2015), Su ve Enerji (2014), Uluslararası Su İşbirliği (2013), Su ve Gıda Güvenliği (2012), Şehirler için Su (2011), Suyun Değeri (2021).

Yukarıda da kısaca değinildiği gibi Dünya Su Günü için her yıl farklı bir tema belirlenmektedir. 2022 yılı için belirlenen tema “Yeraltı suyunu Görünür Yapmak” olarak belirlenmiştir. Yeraltı suları stratejik su kaynaklarıdır. Bu kaynaklar, acil durumlarda kullanılmak üzere yeraltına depolanmış su varlığı olarak düşünülmelidir. Bilindiği gibi ülkemiz önemli bir deprem kuşağında yer almaktadır. Bilim insanları bu konuda sürekli uyarılarda bulunmaktadır. Büyük depremler ne yazık ki su şebekesinin önemli ölçüde zarar görmesine neden olacaktır. Bütün bu doğal afetlerden en az zarar görecektir olan yine yeraltı su kaynakları olacaktır.

Diğer taraftan yeraltı ve yerüstü su kaynakları karşılıklı bir etkileşim içindedirler. Yeraltı su seviyesinin önemli ölçüde azalması yerüstü su kaynaklarını da olumsuz etkileyecektir. Artan nüfus ve sanayileşme sonucu yeraltı sularının önemli bir kısmı kirlenmiş, aşırı kullanmaya bağlı olarak bazı bölgelerde de tuzlanma sorunları ortaya çıkmıştır. Başta tarımsal amaçlı olmak üzere yeraltı sularının her türü kullanımı çok sıkı denetlenmeli, bu konudaki hukuki altyapı günün koşullarına uydurulmalıdır.

Doğada oldukça sınırlı miktarda bulunan yeraltı suyunun önemini anlamak için, yeryüzünde suyun genel dağılımı içindeki yerini bilmek gerekiyor. Bilindiği gibi doğa, su miktarı bakımından dinamik bir denge halindedir. Yerküresinin toplam su miktarı zamanla değişmez. Uzun bir süre göz önüne alındığında hidrolojik çevrimin her hangi bir parçasına giren ve çıkan su miktarları birbirine eşittir. Örneğin yeryüzüne bir yılda düşen yağış, o yıl içinde buharlaşarak havaya geri dönen su miktarına eşittir. Ancak kısa bir zaman aralığında bakılırsa çevrimdeki su miktarında büyük değişimler olduğu görülür. Her hangi bir anda suyun yer küresinin çeşitli kısımları arasında dağılımına bakarsak çok büyük bir kısmının (%97.4) denizlerde olduğunu görürüz. Karalarda ve atmosferde bulunan tatlı suyun dağılımı ise şöyledir: %77.23 kutup buzlarında, %22.21 yeraltı suyu halinde, %0.35 göllerde, %0.17 zemin nemi halinde, %0.04 atmosferde, %0.003'ü ise akarsularda bulunur. Verilen yüzdelerden de anlaşıldığı gibi tatlı suyun büyük bir yüzdesi kutup buzullarındadır. Ancak tamamen donmuş haldeki bu tatlı su kaynağından doğrudan yararlanma şansımız yoktur. Bunu bir yana bırakırsak, yeraltı su kaynağı sıvı halde bulunan en büyük tatlı su kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde yeraltı su kaynakları ciddi tehlikelerle karşı karşıyadır. Bunların başında nüfus artışı, çarpık kentleşme, arazi kullanımı ve ormansızlaştırma, üretimde eski teknolojilerin kullanımı sayılabilir. Özellikle son yıllarda bilim insanlarının dikkat çektiği diğer önemli bir konu da küresel iklim değişimidir. İklim değişimi karşısında takınılacak en gerçekçi tavır, değişen iklim koşulları altında yaşamayı, üretim yapmayı, su ve toprak kullanmayı öğrenmektir. Bunun yolu da hava, su ve toprak ortamını bozmadan, kirlenmeden kullanmayı öğrenmekten ve hepsinden önemlisi gelecek nesillerin yaşam hakkına saygı duymaktan geçmektedir. 22 Mart Dünya Su Gününüz kutlu olsun.

www.meteoroloji.org.tr



Ahmet KÖSE

Meteoroloji Yüksek Mühendisi

Yayın Kurulu Başkanı

KARAYOLLARINDA HAVA KOŞULLARININ TRAFİK AKIM HACMİNE OLAN ETKİSİ; İSTANBUL ÖRNEĞİ

ÖZET

İstanbul kent içi ve otoyolları hava koşullarının etkilediği durumlarda dahi, yüksek talep için yeterince kapasite sunmadığından trafikte tıkanıklık sorunu yaşamaktadır. Yağmur, kar gibi insanların algısını değiştiren çevresel olaylarında etkimesiyle trafik sıkışıklığı daha da artmaktadır. Sürücüler olumsuz hava koşulları altındaki yol kesiminde, güvenli sürüş için daha düşük hız ve önündeki araçla daha uzun takip aralığı seçme eğiliminde olduğundan trafik akımı üzerinde değişim meydana gelmektedir. Farklı hava olaylarının sürücü davranışı üzerinde farklı etkileri olabileceği gibi, trafik akım koşullarının da sürücü davranışları üzerinde belirleyici etkileri söz konusudur. Güneşli, karlı ve yağmurlu hava koşullarında karayollarında hız ve kapasite değerlerinde ne gibi değişimler yaşandığı bu çalışmayla ortaya konacaktır.

Anahtar Kelimeler: Trafik, Akım Hacmi, Hava Koşulları, Kapasite.

GİRİŞ

Kar fırtınası, donan yağmur, sulu sepken gibi meteorolojik hadiseler yoldaki sürtünmeyi azaltırken, yol güvenliği açısından tehlike oluşturur. Kış koşullarında yolları açık tutmak için İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) farklı mücadele yöntemleri kullanmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin verimliliği bilinemediğinden, kışla mücadele faaliyetleri için bir strateji geliştirilme ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çalışmada güneşli, yağmurlu ve kar yağışlı günlerin trafik akımına olan etkisi hesaplanmış, kar ve yağmurlu hava koşullarında hız ve kapasite değerlerinde azalmalar yaşandığı ortaya konmuştur.

Kış mevsiminde hava ve karayollarında yağmur, kar, sis, fırtına, buzlanma vb. hava koşulları ile mücadelede en önemli bakım stratejisi, koruyucu ve zarar azaltıcı bakım yöntemidir. Olay meydana gelmeden önce alınacak tedbirlerle (risk ve zarar azaltma) kriz yönetimi yerine afet yönetimi uygulayarak olası can ve mal kayıpları azaltılabilir. Kışla mücadelede ortaya çıkabilecek olumsuz hava koşullarını meteorolojik gözlem ve ölçümlere dayanarak tahmin edilmesi ve gereken önlemlerin zamanında alınması için 2007 yılı sonunda İBB buzlanmayı 3 saat öncesinden tespit eden, yoldaki kırağı, kimyasal oranını, sis, pus, fırtına, yağmur, çiy, kar vb. hadiseleri tespit eden Buzlanma Erken Uyarı Sistemi (BEUS) kurmuştur (Gökdemir T., 2013).

BEUS İstanbul'un ana ulaşım yolları olan TEM, D-100 (E-5) gibi ulaşımın ana omurgasını teşkil eden köprü, viyadük ve kritik noktalara kurulmuştur. Ulaşımı rahatlamak için yeni yapılan Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve ulaşım yolu ağına kurulan 15 yeni BEUS ile sayı 43'e çıkarken, 7 farklı Araç Takip Sistemi (ATS) ve her birinin farklı yazılımı nedeniyle yaşanan karmaşanın ortadan kaldırılması için yeniden tek tip ATS kurulmuştur. Ayrıca, örnek proje olarak buzlanmayı önlemek amacıyla Beylikdüzü-Haramidere arasına yaklaşık 2 km uzunluğunda sabit solüsyon püskürtme sistemi kurulmuş, tuz ve solüsyon kullanımıyla ilgili tüm kar küreme şoför ve ilgililere eğitimler verilmiş, üst köprü, hastane ve okul önleri, metro, otobüs ve şehir hat durakları önlerinin hangi ekiplerce nasıl ve hangi yöntemlerle temizleneceği tespit edilmiş, bu konuda üst köprülerin çoğunda bulunan demir aksam nedeniyle tuz serpme yerine ilaçlama yöntemine benzer organik metal ve çevreye duyarlı buz önleyici solüsyon püskürtme yöntemine geçilmiş, yola dökülecek kimyasalların ne oranda ve ne sıklıkta döküleceği, karın ne şekilde küreneceği gibi konularda Avrupa Birliği (AB) standartları baz alınarak uyum sağlanmıştır (Sönmez İ., vd., 2013).

TÜRKİYE'DE VE İSTANBUL'DA KIŞ ŞARTLARIYLA MÜCADELE

Kış mevsiminde doğa şartları ne olursa olsun insanların ve araçların emniyetli bir şekilde dolaşımını sağlamak, insanların günlük yaşamlarını devam ettirmeleri kamu ve yerel yönetimlerin görevleri arasındadır. Yapılan araştırmalarla, trafik sıkışıklığı ve kazaların çoğunun yağışlı havalarda yol ve hava şartlarına uygun araç kullanılmadığı için meydana geldiği görülmektedir. Karayollarında karla mücadele çalışmaları her yıl ülkemiz için sorun teşkil etmekte ve yüzlerce trafik kazası meydana gelirken can ile mal kayıpları yaşanmaktadır. Ülkemizin en büyük ekonomisinin döndüğü İstanbul'da kış çalışmaları için her yıl 50 milyon TL civarında harcama yapılmaktadır ve bu miktarın tüm ülkenin geri kalan kesimi için yapılan harcamaların yaklaşık 3 katı kadar olduğu hesap edilmektedir (Kadioglu M., vd., 2013)

Ülkemizde karla mücadele çalışmalarının bir standardının olmadığından genelde uzun yıllar bu işlerde çalışanların kendi kabiliyet ve becerileri doğrultusunda buzlanmanın giderilmesi şeklinde yapıldığı (de-icing) görülmektedir. Kışla mücadelede çalışmalarında en uzman olan dahi buzlanmayı önlemek için kar yağdıktan sonra yola tuz serpilmesi gerektiğine inanır ve yıllardır da kar yağmadan asfalt yüzeyine koruyucu ve önleyici bakım yöntemi olarak buzlanmanın önlenmesi (anti-icing) için tuz ya da solüsyon serpmeyi boş atılan malzeme olarak görür.

İstanbul dışında ülkemizin büyük bölümünde kışla mücadelede çalışanlar buzlanmanın önlenmesi yerine, tuz serperek giderilmesine uğraşır. Su 0°C'de donar, ancak 2°C'nin altına düşen çiy noktası sıcaklığı yoldaki suyun buzlanma eğilimi başlangıcı sayılan kristalleşmeye başladığını uzun yıllar BEUS ve RWIS algılayıcı verileri ile tespit edilmekte ve tedbirler alınmaktadır.

Kar yağışı ve buzlanma, karayolu ulaşımında trafiğin seyir güvenliğini olumsuz etkileyen ve yoldan beklenen hizmet düzeyini büyük ölçüde düşüren en önemli faktörlerden birisidir. Kar yağışı ve buzlanmanın etkili olduğu karayolunda, yol ile araç tekerlekleri arasındaki sürtünmenin azalması, trafiğin normal seyrini zorlaştırırken, can ve mal kayıplarına neden olabilecek boyutta trafik kazalarına sebep olmaktadır. Bu nedenle; karayollarında trafik seyir güvenliğinin sürekliliği için kar yağışı ve buzlanmanın etkili olduğu yol boyunca, kar küreme ve buz kontrolü çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Agar. E., vd, 2005)

KARAYOLLARI ULAŞIMINI ETKİLEYEN OLUMSUZ HAVA OLAYLARI VE İSTANBUL UYGULAMALARI

Yollardaki Buzlanma, Çiy, Kırığı, Yağmur, Kar

Karayolları üzerindeki kırığı, buzlanma, kar örtüsü kazalara sebep olabilir. Kırığı nedeniyle Gizli Buzlanma öncelikle altı boş olan viyadük ve köprülerde ortaya çıkar. Viyadük ve köprüler her iki yüzeyden soğuduğu için daha çabuk donarlar. Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi gelişmiş birkaç Avrupa ülkesi ile İstanbul'da tüm köprü ve viyadüklerde kış mevsiminde yollardaki buzlanma ile BEUS'larda anlık olarak ölçülen meteorolojik parametreler bir algoritma yazılımı ile İstanbul genelinde bulunan 60'ın üzerindeki Değişken Mesaj Panoları (DMS) vasıtasıyla sürücüler anlık olarak uyarılmaktadır.



Şekil 1. BEUS ve Hava Tahmin İstasyonlarının Dağılımı (Kaynak: İBB AKOM)



Şekil 2. İstanbul'daki Köprü ve Viyadüklerde Bulunan Buzlanma Uyarı Levhası ile DMS Uyarıları (Kaynak: İBB Trafik Müdürlüğü)

Şekil 3’de ülkemizde buzlanmanın meydana geldiği zaman aralığı bölgesel farklılıklar gösterse de İstanbul için bu süre 3 ile 63 gün aralığında değişmektedir.



Şekil 3. Türkiye Donlu (Buzlanma) Gün Sayısı (Kaynak: MGM Klimatoloji Şubesi, 2004)

Kar kış mevsiminin en faydalı yağışı olmasına rağmen ulaşım açısından en tehlikeli yağış tipidir. Kar yer seviyesindeki hava sıcaklığının 0°C 'ye yaklaştığı kış aylarında görülür. Genelde kar fırtınası şeklinde görülen yağış görüş mesafesini azalttığı, yol ve araç yüzeyinde birikme yaptığı için hava, deniz ve karayollarında aksamlar yaşanmaktadır.

Yağmur ülkemizde en sık görülen yağış tipi olup, araçların geçtiği yol yüzeyinden sıklıkla havalanması nedeniyle görüş mesafesinin daralmasına ve yolun kayganlaşmasına neden olmaktadır. Kışla mücadele genelde bu şekilde yapılırken, İstanbul’da nasıl yapıldığını anlamak için öncelikle iklim koşullarının İstanbul’a ne gibi etkileri olduğunu, araç ve gereç sayıları, buzlanmayı önleyici olarak kullanılan kimyasallar, ne oranda kullanıldığı, hangi standartlara uyulduğu, kışla mücadelede kullanılan araçların takip sistemi, BEUS, Trafik kameraları, kışla mücadele güzergahlarının belirlenme yöntemleri, yol, asma köprü, viyadük gibi sanat yapılarını etkileyecek fırtınalar, gece ve sabah erken saatlerde kış mevsiminde trafik akışını sekteye uğratabilecek çiy ve kırağın yola etkisi başta olmak üzere tüm bunların bir arada düşünüldüğü, planlandığı, bilimsel yöntem ve standartlara uygun kışla mücadelenin İstanbul’da ne şekilde uygulandığı, karşılaşılan zorluklar, artılar, eksiklikler gibi konular açıklanacaktır.

Dünyada ve ülkemizde gerek maliyetinin düşük oluşu, gerek kolay bulunuşu nedeniyle kışla mücadelede tuz kullanılmaktadır. İstanbul’da asma köprülerde üre viyadük gibi çelik ve demir aksamı fazla yapılarda ise İBB Kartal tesislerinde üretilen solüsyon püskürtülmektedir. İBB 2005 yılında benimde içinde olduğum kışla mücadelede kimyasal kullanımı projesi kapsamında aşağıda AB standartlarına göre kimyasal kullanılmaktadır.

HAVA KOŞULLARININ TRAFİK AKIŞINA ETKİSİ

İstanbul kent içi ve otoyolları hava koşullarının etkemediği durumlarda dahi, yüksek talep için yeterince kapasite sunamadığından tıkanıklık sorunu yaşamaktadır. Yağmur, kar gibi insanların algısını değiştiren çevresel olaylarında etkimesiyle trafik sıkışıklığı daha da artmaktadır. Sürücüler olumsuz hava koşulları altındaki yol kesiminde, güvenli sürüş için daha düşük hız ve önündeki araçla daha uzun takip aralığı seçme eğiliminde olduğundan trafik akımı üzerinde değişim meydana gelmektedir.

Gerçek bir trafik algılayıcısından elde edilen trafik verilerinde, trafik akım değişkenleri arasındaki teorik ilişkiye yakın bir değişimin ortaya çıktığı, serbest akım hızı ve kapasite hızı gibi büyüklüklerin ayırt edilebildiği akım hacmi-yoğunluk, hız-yoğunluk ve hız-akım hacmi ilişkileri sırasıyla Şekil 4 a, b ve c’de verilmiştir. Şekil 4 b’de hiçbir hava olayının etki etmediği bir yol kesitinde hız-yoğunluk ilişkisi verilmiştir. Bu ilişkiyi en iyi açıklayan denklem bulunmuş ve Bağntı (1)’de gösterilmiştir.

$$u = 0,0052 \cdot k^2 - 1,7487 \cdot k + 112,53 \quad (1)$$

Bağntı (1) kullanılarak, yoğunluğun sıfır olduğu anda bu yol kesitindeki serbest akım hızı bulunabilir. Bu hesap bağntı (2)’de gösterilmiştir.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 112,53 \text{ km / sa} \quad (2)$$

Bağntı (2)’den güneşli hava koşulları altında bu yoldaki serbest akım hızının 112,53 km/sa olduğu bulunmuştur.

Tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi, trafik akımının ana denkleminde yerine yazılarak, Bağntı (3)’de verilen akım hacmi (q) ile yoğunluk arasındaki ilişki hesaplanabilir.

$$q = 0,0052 \cdot k^3 - 1,7487 \cdot k^2 + 112,53 \cdot k \quad (3)$$

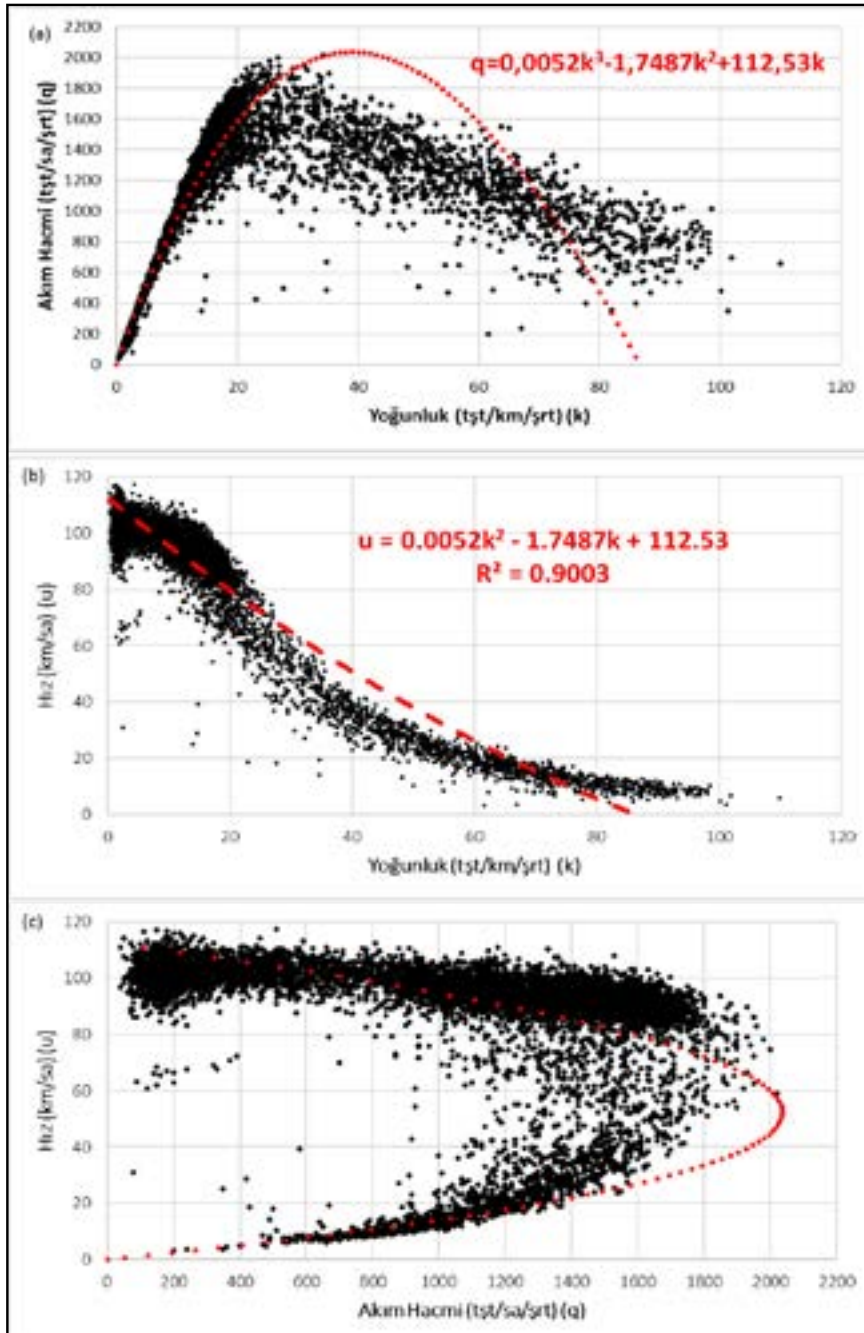
Şekil 4 a’da Bağntı (3)’ün değişimi verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere, parabol bir zirve noktası yapmakta ve ardından azalmaktadır. Bu ilişkideki zirve noktası ise yol kapasitesi olarak kabul edilmektedir. Bu kapasite değerinin bulunabilmesi için Bağntı (4)’de gösterilen işlemlerin yapılması ve optimum yoğunluk değerinin bulunması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{dq}{dk} = 0 &\rightarrow 0,0156 \cdot k^2 - 3,4974 \cdot k + 112,53 &&\rightarrow k_1 = 185 \text{ tşst / km} \\ &&&\rightarrow k_2 = 39 \text{ tşst / km} \end{aligned} \quad (4)$$

Bağntı (4)’de hacmin yoğunluğa göre türevi alınarak sıfıra eşitlenmiş, bu parabolün zirve değerini aldığı yoğunluk değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan yoğunluk değerlerinden 185tşst/km gözlemlenen yoğunluk aralığından (0-120tşst/km) büyük olduğu için dikkate alınmamış, 39tşst/km kapasite yoğunluğu veya optimum yoğunluk olarak belirlenmiştir. Bu yoğunluk değeri Bağntı (3)’de yerine yazıldığında Bağntı (5)’de gösterilen sonuç bulunmuştur.

$$q_{maks} = 0,0052 \cdot 39^3 - 1,7487 \cdot 39^2 + 112,53 \cdot 39 \rightarrow q_{maks} = 2037 \text{ tşst / sa / şrt} \quad (5)$$

Bağıntı (5)'den kapasite değeri 2037 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır. Şekil 4 b' de tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi ikinci dereceden bir parabol olması nedeniyle, bu eşitlikteki yoğunluk değeri çekilip trafik akımı ana denkleminde yerine yazılıp hız ile akım hacmi arasındaki ilişki hesaplanamamaktadır. Başka bir deyişle, hız-akım hacmi ilişkisi fonksiyon olarak ifade edilememektedir. Aynı zamanda, Şekil 4 c' de gösterildiği şekilde ilişkiye bir fonksiyon tahmin etmek mümkün olamamakta, zira bu ilişkide bir x değeri (akım hacmi) için birden fazla y değeri (hız) karşılık gelmektedir. Hız ve akım hacmi arasındaki ilişki anca $q=f(u)$ şeklinde tanımlanabilmektedir. Hız ile akım hacmi arasındaki değişimi yansıtmak için, önce Bağıntı (3) yardımıyla her yoğunluk değerine karşı gelen akım hacmi değeri hesaplanmış, ardından her yoğunluk ve akım hacmi çiftine karşı gelen hız hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan hız ve akım hacmi çiftleri ise Şekil 4 c' de gösterilmiştir.



Şekil 4. D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için güneşli havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri (Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı)

Aynı yol kesiminde, yağmur etkisi altındaki trafik akım değişkenleri arasındaki ilişki ise Şekil 5’de verilmiştir. Yağmur etkisi altındaki yol kesiminde de ilk olarak hız-yoğunluk arasında denklem tahmin edilerek hesaplamalara başlanmıştır. Hız yoğunluk ilişkisine ait denklem Bağntı (6)’de gösterilmiştir.

$$u = 0,0062 \cdot k^2 - 1,6951 \cdot k + 104,17 \quad (6)$$

Bağntı (6) yardımıyla, yağmur etkisi altında serbest akım hızı hesaplanmış ve Bağntı (7)’de görüldüğü üzere 104,17km/sa olarak bulunmuştur.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 104,17 \text{ km / sa} \quad (7)$$

Bağntı (6)’da tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi trafik akımının ana denkleminde yerine yazılarak Bağntı (8)’da verilen akım hacmi-yoğunluk ilişkisi hesaplanmıştır.

$$q = 0,0062 \cdot k^3 - 1,6951 \cdot k^2 + 104,17 \cdot k \quad (8)$$

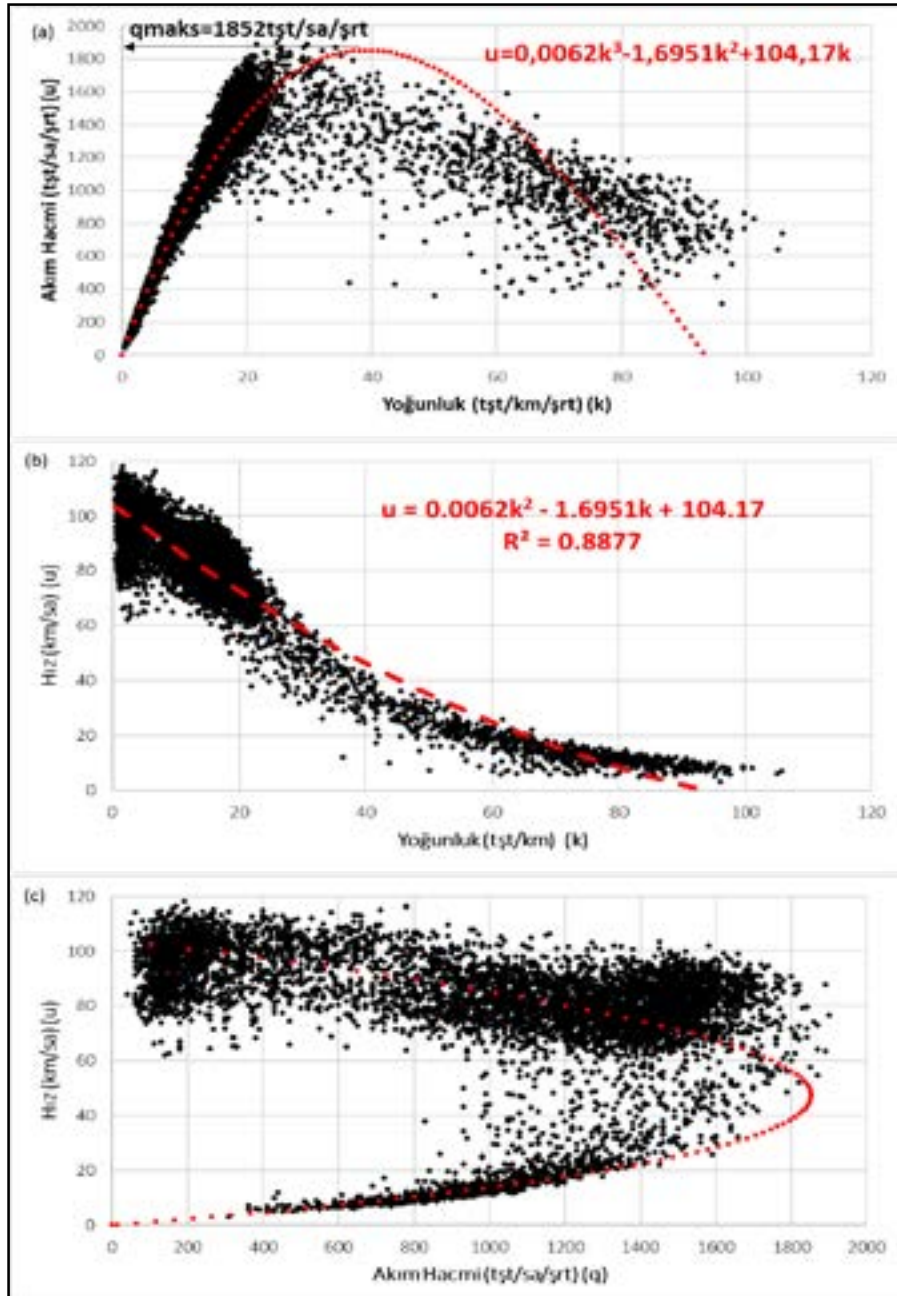
Akım hacmi-yoğunluk ilişkisini yansıtan Bağntı (8)’in türevi sıfıra eşitlenerek, kapasite akımını sağlayan optimum yoğunluk değeri hesaplanabilir. Bu işlem adımı Bağntı (9)’da gösterilmiştir.

$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow 0,0186 \cdot k^2 - 3,3902 \cdot k + 104,17 \quad \begin{array}{l} \rightarrow k_1 = 143 \text{ tş / km} \\ \rightarrow k_2 = 39 \text{ tş / km} \end{array} \quad (9)$$

Bağntı (9)’den gözlemlenen yoğunluk aralığında kalan, 39tş/km kapasite yoğunluğu olarak hesaplanmıştır. Bu yoğunluk değeri Bağntı (8)’de yerine yazıldığında Bağntı (10)’da gösterilen sonuç bulunur.

$$q_{maks} = 0,0062 \cdot 39^3 - 1,6951 \cdot 39^2 + 104,17 \cdot 39 \rightarrow q_{maks} = 1852 \text{ tş / sa / şrt} \quad (10)$$

Bağntı (10)’dan yağmur etkisi altındaki bu yol kesiminde kapasite değeri 1852 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır. Güneşli gün gözlemlerine benzer şekilde, yağmurlu gün verilerinde hız ile akım hacmi arasındaki ilişkiyi yansıtmak üzere, Bağntı (8) yardımıyla önce her k değerine karşılık gelen q değeri hesaplanmış, ardından hız değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değişimler Şekil 5 c’de çizdirilmiştir.



Şekil 5. D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için yağmurlu havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri (Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı)

Kar yağışı altında trafik akım değişkenleri arasındaki ilişki ise Şekil 6'da verilmiştir. Kar yağışı etkisi altında özellikle Şekil 6 c'de verilen hız-akım hacmi ilişkisi, beklenen eğilimin aksine, çok fazla saçılma gösteren bir değişim sergilemektedir. Kar etkisi altındaki aynı yol kesitinde, benzer şekilde hız yoğunluk ilişkisine model tahmin edilerek hesaplamalara başlanmıştır. Bağıntı (11)'de hız-yoğunluk değişimine ait denklem verilmiştir.

$$u = -0,0027 \cdot k^2 - 0,6423 \cdot k + 82,92 \quad (11)$$

Bağıntı (11)'den karlı koşullar altındaki bu yol kesimine ait serbest akım hızı Bağıntı (12)'de gösterildiği üzere 82,924km/sa olarak bulunmuştur.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 82,92 \text{ km / sa} \quad (12)$$

Bağıntı (11)'de tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi trafik akımı ana denkleminde yerine yazılarak Bağıntı (13)'de verilen akım hacmi-yoğunluk ilişkisi hesaplanmıştır.

$$q = -0,0027 \cdot k^3 - 0,6423 \cdot k^2 + 82,92 \cdot k \quad (13)$$

Akım hacmi-yoğunluk ilişkisini ifade eden Bağıntı (13)'ün türevi sıfıra eşitlenerek, bu parabolün zirve noktası, başka bir deyişle kapasite akımını sağlayan optimum yoğunluk değeri hesaplanabilir. Bu işlem adımı Bağıntı (14)'de gösterilmiştir.

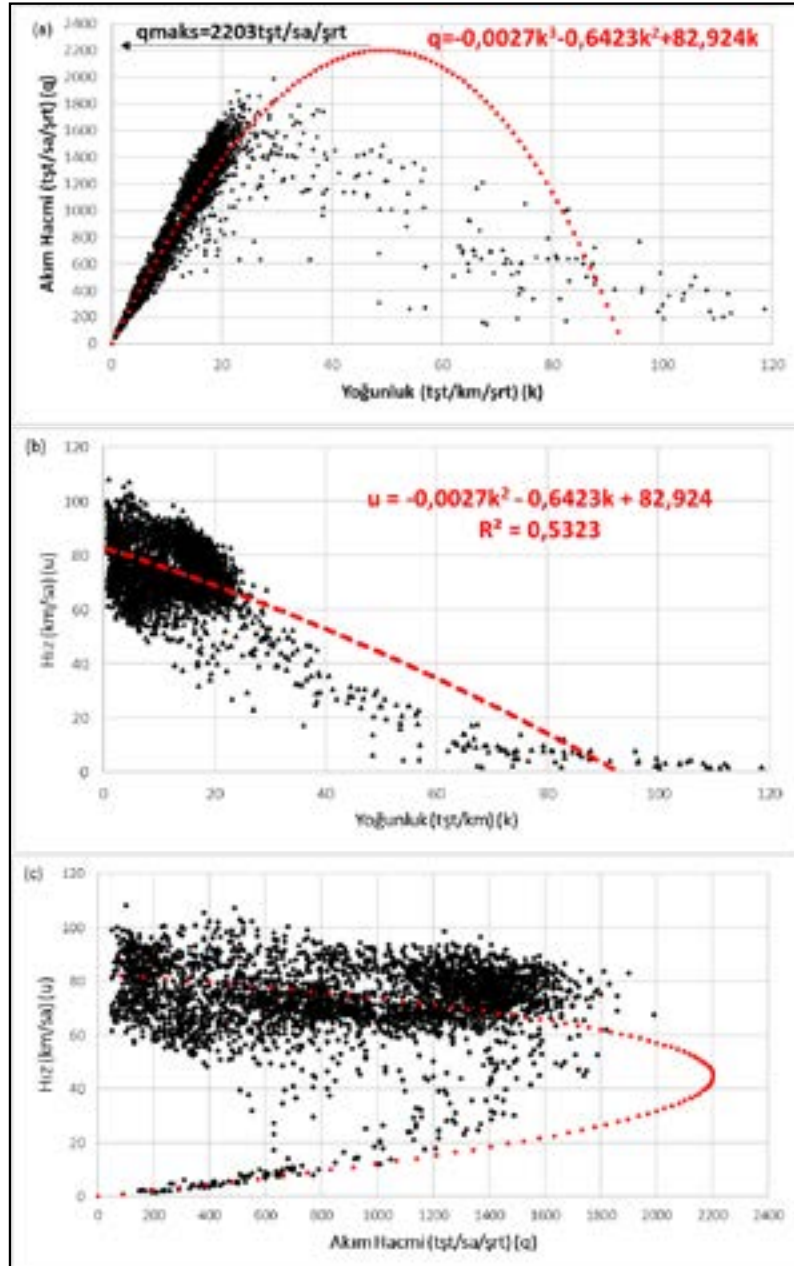
$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow -0,0081 \cdot k^2 - 1,2846 \cdot k + 82,92 \quad \begin{array}{l} \rightarrow k_1 = -207 \text{ tşst / km} \\ \rightarrow k_2 = 49 \text{ tşst / km} \end{array} \quad (14)$$

Bağıntı (14)'den bulunan köklerin biri negatif, diğeri ise gözlem aralığında çıkmıştır. Optimum yoğunluk olarak hesaplanan 49tşst/km Bağıntı (13)'de yerine yazıldığında Bağıntı (15)'de gösterilen sonuca ulaşılır.

$$q_{maks} = -0,0027 \cdot 49^3 - 0,6423 \cdot 49^2 + 82,92 \cdot 49 \rightarrow q_{maks} = 2203 \text{ tşst / sa / şrt} \quad (15)$$

Bağıntı (15)'den karlı hava koşulları için kapasite değeri, yağmur ve güneşe göre artarak, 2203 tşst/sa/şrt olarak hesaplanmıştır.

Karlı gün verilerinde hız ile akım hacmi arasındaki ilişkiyi yansıtmak üzere, Bağıntı (14) yardımıyla önce her k değerine karşılık gelen q değeri hesaplanmış, ardından hız değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değişimler Şekil 6 c' de çizdirilmiştir.



Şekil 6. D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için karlı havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri (Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı)

Güneşli ve yağmurlu hava koşullarında gözlemlenen serbest akım hızlarının aksine karlı hava koşullarında hız bir hayli azalarak Şekil 6 b'den görülebileceği üzere 82,92 km/sa seviyesine kadar azalmıştır. Hız-yoğunluk ilişkisinden elde edilen denklem ile karlı gözlemler için Bağntı (15) ile kapasite değeri 2203 tst/sa/şrt olarak hesaplanmıştır. Ancak gözlemler incelendiğinde yaklaşık 1900 tst/sa/şrt seviyelerinden daha büyük değerlerin olmadığı, denklem ile hesaplanan bu değer gerçek durumu yansıtmadığı söylenebilir. Burada yapılan hesap yöntemi daha çok elverişli hava şartları altındaki yol kesimleri için uygun olduğu, teorik hız, yoğunluk ve akım hacmi değişimlerinin herhangi bir hava olayı etkisi altında olmayan yol kesimlerinde uygun olduğu unutulmamalıdır. Şekil 6 c'de kar etkisi altındaki bir yolda, hız ile akım hacminin ne denli saçıldığı görülmektedir. Böyle saçılmış bir veri üzerinde yapılan bu teorik yaklaşımlarla kesin bir sonucun elde edilemeyeceği, sadece bir fikir verebileceği unutulmamalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 2015 yılı içerisinde 176 nolu trafik algılayıcısı güzergâhında güneşli, yağmurlu ve kar yağışlı günlerdeki akım hacmi incelenmiştir. Güneş ve yağmurlu günlerde artan akım hacmi hızlarda azalmaya neden olurken kar yağışlı günlerde durum tam tersi çıkmıştır. Bunun nedeni 2015 yılında yağın toplam 11 karlı gün verisinin az oluşu olabilir. Karlı gün verisinin daha fazla olduğu yıllarda bu çalışmanın tekrarlanması önerilir. Ayrıca bir başka etkende kar yağışlı günlerde İstanbul halkının toplu taşıma araçlarını tercih ettiği, mümkün mertebe karlı günlerde zorunlu kalmadıkça dışarı çıkmadıkları için trafiğin güneşli gün ve yağmurun aksine az çıktığını söyleyebiliriz. Her hava koşulundaki kapasite değerinin belirlenmesi için literatürde sıkça karşılaşılan en büyük yüzde 3'lük akım hacminin ortalaması kullanılmıştır. Bu durumda güneşli günler için gözlemlenen en büyük yüzde 3'lük akım hacminin ortalaması 2037 taşıt/s/şerit, yağmurlu günler için 1852 taşıt/s/şerit, karlı günler içinse 2203 taşıt/s/şerit olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada güneşli günler için ortalama hızın 112.53 km/s, yağmurlu günler için 104.17 km/s, karlı günler için ise 82.92 km/s olduğu sonucunda ulaşılmıştır. Ayrıca, gözlemlenen en büyük ve en küçük hızlar arasındaki farkın artması da trafik akımı üzerinde kararsızlığa yol açtığından, olumsuz hava koşullarının etkisi daha da artmaktadır.

Hava durumunun trafik akımı üzerinde yarattığı etkinin daha ayrıntılı incelendiği, kapasite ve serbest akım hızı hesaplarında elverişsiz hava şartlarının doğurduğu değişimleri dikkate alan hesap yöntemlerinin geliştirilmesinin gerekliliği anlaşılmaktadır. Burada bulunan sonuçlara göre, hava olaylarının trafik akımı üzerinde belirgin bir değişime yol açtığı görülmekte, bu değişimin anlaşılabilmesiyle alınabilecek önlemler geliştirilmesinin de gerekliliği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Agar, E. & Kutluhan, S., 2005. Karayollarında Kıs Bakımı Kar ve Buz Kontrolü. TMMOB İstanbul Bülten. 76, ss. 10-16.
- Aksoy, G (2012)., Bağ Yolculuk Sürelerinin Ölçüm Ve Modelleme Kapsamında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gökdemir, T., (2013). Buzlanma Erken Uyarı Sistemi Uygulamaları ve İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kadıoğlu, M., Apaydın, N., Köse, A., Tunç, M., & Özmen, S., 2013. Asma köprülerde rüzgârın trafik akışına etkisi ve kritik değerlerde alınması gereken tedbirler. 6.ATMOS, 24-26 Nisan 2013, İstanbul.
- Sensoy S., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Balta, İ., (2004). Türkiye İklimi. MGM Klimatoloji Kitabı ve Raporu. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası, ss. 146-150
- Sönmez, İ., Kalkancı, Ç., Gökdemir, T., Köse, A., & Çaylak, O., 2013. Kış çalışmalarında kullanılan tuzun yoldaki etki süresi ve buzlanma erken uyarı sistemi İstanbul uygulamaları. 6.ATMOS, 24-26 Nisan 2013, İstanbul.
- Şen, Z., (2016). Karşılıklı kişisel görüşme.
- Şen, Z., (2002). Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri Kitabı, İstanbul, Bilge Kültür Sanat.
- Yılmaz, S., 2006. Bulanık mantık ve mühendislik uygulamaları. Kocaeli:Kocaeli Üniversitesi Yayınları.



Namık CEYHAN
Meteoroloji Mühendisi
Tarım ve Orman Komisyonu
Başkanı

TÜRKİYE TARIMINDA “JAPON SENDROMU” YAŞANIR MI?

ÖZET

Nüfus yoğunluğu fazla olan ve hızla sanayileşme sürecine giren ülkelerde onları ağır biçimde tahıl ithalatçısı yapan üç unsur göze çarpıyor: Gelirler arttıkça; tahıl tüketiminin artması, tarım arazilerinin azalması, tahıl üretimi düşmesi.

Çevrebilimci Lester R. Brown, gelişmekte olan ülkelerin yaşamakta olduğu bu süreci, Japonya'nın yaşadığı “örnek” deneyim nedeniyle “Japon Sendromu” kavramı ile adlandırır. Japonya, 1955-1980 yılları arasında yaşadığı endüstrileşme süreci ile 1950'li yılların başlarında tahıl üretiminde kendine yeten bir ülke konumundan hızla uzaklaştı ve 1980'li yıllarla birlikte tahıl tüketiminin yüzde 70'ini ithal eden bir ülke konumuna gelmiştir.

Son dönemlerde Dünyada ve Türkiye'de beslenme ve gıda alanında yaşanan sıkıntılar, hayli ilgi çekici ve karamsar öngörülerin gündeme gelmesine neden olmaktadır. Küresel bir sorun olarak özellikle yoksul ve gelişmekte olan ülkeleri derinden etkileyen bu sorunun, farklı iç dinamiklerinden dolayı Türkiye'yi de etkileyebileceği bir gerçektir.

Bu çalışmada, Japonya'nın yaşadığı deneyimi anımsatan benzer gelişmeler, sanayileşme süreciyle birlikte Türkiye'de de ortaya çıkar mı? sorusuna cevap aranmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Japon sendromu, Çevre, Tarım, Gıda Güvenliği

1-JAPONYA' NIN DURUMU

Japonya, 127 milyon nüfus ile dünyanın kalabalık ülkeleri arasında yer alır. Yüz ölçümü 377.801 km² olup, km² ye 342 kişi düşmektedir. Japonya'da sanayinin gelişmesine bağlı olarak hızlı bir şehirleşme görülmektedir. Nüfusun yaklaşık %80'i şehirlerde yaşamaktadır. Japonya'nın büyük bir bölümü dağlarla kaplı olduğundan tarım alanı azdır. Toplam arazisinin ancak %13,3'ünde tarım yapılmakta olup nüfusunu sadece %5'i tarımla uğraşmaktadır. Bu nedenle Japonya tarımda dışa bağımlıdır ve dünyanın en çok tarımsal ürün ithal eden ülkelerinden biridir.

Japonya'da tarımın ekonomideki ve gayri safi milli hasıladaki payı her geçen yıl azalmaktadır. Ülke, 1955-1980 yılları arasında yaşadığı endüstrileşme süreci ile daha çok sanayi ve teknoloji alanına yatırımlar yapmış ve tarım alanlarını bu alanlara feda ettiğinden 1950'li yıllarda tahıl üretiminde kendi kendine yeten bir ülke konumundayken 1980'li yıllarda tahıl ihtiyacının %70'ini ithal eder konuma gelmiştir.

2-JAPON SENDROMU NEDİR?

Yoğun nüfusa sahip ülkeler hızla sanayileşmeye başladıklarında, onları ağır bir biçimde tahıl ithalatına bağımlı kılan üç unsur ortaya çıkmaktadır: Gelirler arttıkça:

- Tahıl tüketimi artıyor
- Tarım arazileri azalıyor
- Tahıl üretimi düşüyor

Günümüzde tahıl ihtiyacının %70'ini ithal eden Japonya'da yukarıdaki üç etki birlikte görülen örnek bir ülke olduğundan olayların bu şekilde gelişmesine Çevrebilimci Lester R Brown "Dünyayı nasıl tükettik" adlı eserinde bu durumu "Japon Sendromu" olarak değerlendiriyor.



3-TÜRKİYE'NİN DURUMU

Türkiye'nin nüfusu, adrese bağlı nüfus verilerine göre 2021 yılı sonu itibarıyla 84.680.273; yüz ölçümü 783.562 km² olup km² ye 108 kişi düşmektedir. Toplam arazisinin %30,3 ü tarım alanıdır. Türkiye'de son yirmi yılda sanayileşme ve tarım hızlı bir değişimden geçiyor.

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verilerine göre 2002 yılında Türkiye'de yaklaşık 2,6 milyon çiftçi varken, bu rakam 2020 yılı itibarıyla 1,8 milyona geriledi. TÜİK verilerine göre 2002 yılında toplam istihdamın %34,9'u (7,4 milyon) tarımda çalışmakta iken 2021 yılında toplam çalışan sayısının yüzde 14,6'ya (4,5 milyon) gerilediği görülüyor. Tabii bu gerilemenin nedeni çiftçinin üretim girdilerinin artması ve gelirlerinin düşmesi olarak açıklansa da bu tek başına yeterli değildir.

Sonuç: Tarımda istihdam geriliyor; Köylü toprağını terk ediyor, kırsaldan kentlere göç artıyor.

Türkiye'de 2000'de 26,4 milyon hektar büyüklüğünde olan ekilebilir tarım alanları 2020 yılına gelindiğinde 23,1 milyon hektara geriledi. Tarım alanlarımızın neredeyse yüzde 13'lük kısmı azaldı. Ülkemizde tarımsal ürünlere talep artarken, maalesef ekilebilen tarım arazileri her geçen gün azalıyor. Amaç dışı kullanımın en yaygın görüldüğü alanlar sanayi, inşaat, turizm, madencilik ve ulaştırma amaçlı kamu yatırımları olarak dikkat çekiyor.

Ülke bazında ithalat verilerimiz incelendiğinde, 2020 yılında en fazla ithalat yapılan ülkeler 3,2 milyar dolar ile Rusya, 1,4 milyar dolar ile Brezilya ve 1 milyar dolar ile Ukrayna oldu. Rusya, Brezilya ve Ukrayna'dan yapılan ithalat toplam ithalatın yüzde 35,1'ini oluşturdu.

Rusya'dan yapılan ithalatta öne çıkan ürünler buğday, ayçiçeği yağı ve ayçiçeği olurken, Brezilya'dan soya fasulyesi, kahve, tütün, Ukrayna'dan yapılan ithalatta soya fasulyesi, buğday ve dane mısır ürünleri öne çıktı.

Geçen yıl buğdayda son 14 yılın, arpada son 32 yılın en düşük üretiminin gerçekleştiği; tahıl ürünleri üretim miktarları 2021 yılında bir önceki yıla göre %14,3 oranında azalarak yaklaşık 31,9 milyon ton olarak gerçekleştiği ve 2019/2020 üretim sezonunda toplam buğday arzı içerisinde ithalatın payının %37 olduğu gerçeği göz önüne alındığında bu alanda da dışa bağımlılığın giderek arttığı görülmektedir.

Sonuç: En güzel yerlerdeki en verimli topraklar başka amaçlar için kullanılıyor. En temel tarım ürünlerinde ithalatçı duruma gelindi.

TÜİK verilerine göre Türkiye, 2002 yılında 115 ülkeden tarımsal ürün ithal ederken 2014 sonu itibariyle 153 ülkeden tarımsal ürün alır duruma geldi. GSMH gelirlerimiz arttıkça tüketim alışkanlıkları değişiyor. Tüketim alışkanlıklarımızın değişmesi, eğitim ve gelir artışında gözlenen farklılıklar, tarım ürünleri ithalatında artışlara neden olmuştur. 2002-2019 dönemi 19 yılın sonunda yıllık tarım ürünleri ithalatı toplam 208 milyar 303 milyon dolar iken, ihracat toplamı 215 milyar 208 milyon dolardır. Yani ihracatın ithalatı karşılama yüzdesi %103 seviyesindedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre, tarımda ihracatla ithalat başabaşnoktada olduğunu desteklemektedir. Nitekim TÜİK verilerinden derlenen Uluslararası Standart Ticaret Sınıflamasına (SITC Rev 3) göre 2014 yılında Türkiye'nin tarım ürünleri ihracatı 18 milyar 759 milyon dolar oldu. Aynı dönemde tarım ürünleri ithalatı ise 18 milyar 58 milyon dolar olarak gerçekleşti. Dış ticaret dengesi 700 milyon dolar fazla verdi. Tarımsal ihracatın ithalatı karşılama oranı yüzde 103,9 oldu. Bu durum her geçen yıl ithalat tarafında doğru artmakta ve başa baş duruma gelmektedir. Peki ya sonra?

Sonuçta: Tarım ürünleri üretimi düştü, tüketimi arttı; tarım ürünleri ithalatı arttı, maalesef kendine yeten ülkeden, tarım ürünlerini dışarıdan ithal eden ülke konumuna geldik.

4-TÜRKİYE - JAPONYA GELİŞMİŞLİK DEĞERLENDİRMESİ

Dünya ekonomisinde ülkelerin ne kadar paylarının olduğu ve ülke ekonomilerinin büyüme hızları doğrultusunda gelecekte ne kadar etkili olabilecekleri, ekonomi dergilerinin en çok önem verdiği konulardandır. 2019 yılı itibariyle IMF verilerine dayanarak dünya ekonomisine baktığımızda Gayrisafi milli hasıla açısından Amerika Birleşik Devletleri'nin 20.581 milyar dolar ile dünya ekonomisinin zirvesinde olduğu, Japonya'nın 5.210 milyar dolar ile Çin Halk Cumhuriyeti'nin ardından üçüncü sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye 766 milyar dolar ile on dokuzuncu sırada yer almaktadır. Yani Japonya çok gelişmiş bir ülkedir. Türkiye ise gelişmekte olan bir ülkedir.

Türkiye'nin yüz ölçümünün neredeyse yarısı büyüklüğünde ancak nüfus yoğunluğu, Türkiye'nin üç katı kadar olan Japonya, halkını besleyebilecek tarım ürünlerinin %70'ini ithal etmektedir. Türkiye'de ise bu oran %15 seviyesindedir. Japonya'da ülkenin çok büyük bir kısmı dağlık tarım alanı sınırlı olduğundan modern yöntemler kullanılarak tarım yapılmaktadır, bu nedenle ülkede tarım giderek daha maliyetli bir hal aldığından daha ucuza yurt dışından temin edilmektedir. Bunun yanı sıra bazı tarım ürünleri mevcut tarım alanlarının yanı sıra, topraksız, su içinde de (hidrofonik yöntem) üretilebilmektedir.

Türkiye'de ise tarıma elverişli alanlar daha geniş ve buralarda toprağa dayalı tarım yapılmaktadır. Her ne kadar başka ülkelerden tarım ürünü ithal edilse de tarım ürünü ihracatı yapılan ithalatı karşılamaktadır.

Türkiye, tarımsal hasıla bakımından son 10 yıldır Avrupa'da ve dünyada ilk **sıralarda** bulunuyor. 2005-2019 dönemi itibarıyla **tarımsal** hasılda Avrupa'da birinci olan ülkemiz, dünyada 7'nci **sırada** bulunuyor. Türkiye, dünya sebze üretiminde 4.sırada, meyve üretiminde 5. sırada yer alıyor. Ancak bu potansiyelini yeterince değerlendirdiğini söylemek çok zor.

Yani ülkemiz tarım alanları varlığı ve tarım çalışanlarının kapasitesi doğru yönetilir ve sürdürülebilir plan ve projelerle desteklenirse kendi kendine yetmeye devam edeceği gibi dünya gıda güvenliğinde söz sahibi ülke olma potansiyeline sahiptir.

Kuraklık, girdi fiyatlarındaki zamlar, Covid-19 salgınının etkileri, gıda fiyatlarındaki yükselme, dövizdeki aşırı dalgalanma, orman yangınları, doğal afet ve felaketlerin yaşandığı dönemlerde tarıma ve çiftçiye ayrı bir değer verilmesi gerekmektedir.



5-SONUÇ VE ÖNERİLER

“Japon Sendromu” olarak adlandırılan süreç, gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’de benzer bir şekilde yaşanmaya başladı. Yani tarıma elverişli araziler azalıyor, tarım ürünleri tüketimi artıyor ve tarım ürünleri üretimi azalıyor buna bağlı olarak tarım ürünü ithali her geçen yıl artıyor. Ancak ekonomik göstergeler ve mevcut beşerî durum ile ülkemizin tarım potansiyeli dikkate alındığında Türkiye’nin tarım ürünleri ithalatının önümüzdeki birkaç on yılda çok aşırı bir artış göstereceği beklenmemektedir.

Bu konuda dünyanın geleceğini tehdit eden çevresel faktörlerin başında gelen iklim değişimi ve beraberindeki kuraklık, çölleşme ya da aşırı yağışların neden olacağı sel, fırtına ve aşırı soğuk -donlu günler- gibi doğal afetlerin risk değerlendirmesinin yapılması ve hazırlanan ulusal eylem planlarında ve kalkınma planlarında bu hususun dikkatle uygulanması, sürdürülebilir kalkınma için sürdürülebilir tarım ve sürdürülebilir çevre ilkesine her alanda uyulması hayati önem taşımaktadır.

Sonuçta Türkiye’nin, Japonya’nın yaşadığı deneyimlerden yararlanması ve gıda güvenliği açısından konunun üzerinde dikkatle durulması, incelenmesi, araştırılması ve gelecek planlamasını buna göre yapması gerekir.

Unutmamalıdır ki; hiçbir ülke kendi geleceğini dünyanın çevresel geleceğinden ayrı düşünemez. Tarım ve çiftçilerimiz bizim ülkemiz için ihmal edilmeyecek kadar değerli bir hazinedir. Her şey bizim elimizdedir.

Bu konudaki önerilerim:

1. Tarımın en önemli üretim faktörü hiç kuşkusuz topraktır. Toprağı bu denli önemli yapan husus ise, onun yeniden üretilmeyen bir kıt kaynak olmasıdır. Bu kapsamda, insanlarımızın yeterli ve güvenilir gıdaya ulaşabilmeleri, tarımsal üretimin devam etmesi, kırsal kalkınmanın sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması için verimli tarım topraklarının korunması, bu toprakların bulunduğu alanların 1.sınıf sit alanı ilan edilmesi.
2. Büyükşehir Yasası ile kaldırılan KÖY yapılanmasının yeniden hayata geçirilmesi.
3. Türkiye’de Sürdürülebilir Toprak Yönetimi için bakanlıklar arasındaki yetki ve sorumluluk dağılımı gözden geçirilmeli; seksenli yıllardaki Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (öncesi YSE, Toprak Su) gibi bir yapılanmanın yeniden kurulması.
4. Tarım çalışanlarının ürün bazlı pazarlamaya yönelik kooperatifleşmesinin teşvik edilmesi, çiftçinin, köylünün gelirini artırıcı ürün çeşitliliğine gidilmesi.
5. Üretimde girdi maliyetlerinin desteklenmesi, tarladan pazara gelene kadar oluşan maliyetin azaltılması için aracı sisteminin kaldırılması.
6. Tarımsal desteklerin bizzat bu işle uğraşan, çiftçilik yapanlara verilmesi. Üretimin desteklenmesi.
7. Tarım havzalarının su potansiyeli dikkate alınarak ürün deseni belirlenmesi.
8. Yerli ve milli tohumların araştırılması ve korunması için, tohum enstitüsü tohum bankası gibi yapılanmaya gidilmesi,
9. İthalatı kolaylaştıran ve halen gümrük muafiyeti sıfırlanan ürünlere yeniden gümrük vergisi konulması.
10. Tarımsal ürün planlaması yapılarak ihracatın önünün açılması.

KAYNAK

- Brown, L.R. Dünyayı Nasıl Tükettik “ Outgrowing the Earth” (Türkiye İş Bankası Kültür yayınları, İstanbul, 2006.)
- Çobanoğlu, S. Küreselleşme ve Küreselleşmenin Kültürel Değerler Üzerindeki Etkileri. Yayınlanmamış Lisans Tezi, (2013).
- <http://www.tuik.gov.tr>
- <http://www.tarim.gov.tr/Konular/Makro-Ekonomik-Gostergeler>
- <https://www.dunya.com/ekonomi>
- <http://www.bilgiustam.com/japonya/>
- tarimdunyası.net (Gıda ve Hayvancılık Platformu)
- <http://politikaakademisi.org/dunya-ekonomik-gelismislik-siralamasi>
- <http://www.mahfieglmez.com/2015/06/kuresel-ekonominin-degerlendirilmesi>



Caner KARAKAŞ
Meteoroloji Mühendisi
Tekirdağ İl Temsilcisi

İSTANBUL YAĞIŞ ŞİDDETİNİN ALANSAL TAHMİNİ



Prof. Dr. Zekai ŞEN
Su Vakfı Başkanı
Medipol Üniversitesi
Öğretim Üyesi

ÖZET

Meteorolojik değişkenlerin tahmini genelde istasyon noktaları için yapılır. Halbuki bizim için, istasyon noktaları dışında kalan yerleşim alanları, yollar, iş yerleri vb. gibi noktalar daha da önemlidir. Öyle ise istasyon noktalarına göre yapılan tahminlerin en doğru bir şekilde herhangi bir noktaya taşınması gereklidir. Bunun için araştırmacılar günümüze kadar birçok yöntem geliştirmiştir. Bunlardan en yenisi olan noktasal toplam yarı-variogram yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır. Yöntemin esası, tesir yarıçaplarının daha önce ölçülmüş verilerden bulunmasıdır. Halbuki meteorolojide kullanılmakta olan Cressman yöntemi, sabit tesir yarıçapları kabulü ile ölçülmüş verilere dayanmadığından gerçeklikten uzaktır.

Anahtar Kelimeler: Alan, tahmin, şiddet, yağış, meteoroloji, nokta, yarı-variogram

1. GİRİŞ

Meteorolojik değişkenler sabit bir konumda zamansal değişim gösterdikleri gibi, sabit bir zamanda da alansal değişim de gösterirler. Zamansal değişimi belirleyebilmek için, istasyonlarda düzenli ve belirli zaman aralıkları ile ölçümler yapılır. Yersel değişimi saptayabilmek için ise belirli fakat düzensiz mesafelerde ölçüm istasyonları kurulmuştur. Mantiki olarak iki istasyon arasındaki mesafe ne kadar küçültülürse meteorolojik değişkenin alansal süreksizliği o kadar azalır ve bağımlılığı artar. Burada karşımıza çıkan sorun istasyonlar arasındaki mesafe ne kadar olmalıdır ki en ekonomik ve en iyi olarak meteorolojik değişkenlerin bir bölgedeki ölçümleri temin edilebilsin. Genel bir düşünüş, çok sayıda istasyon kurulmasını arzu eder. Ancak bu, ekonomik ve pratik olarak mümkün değildir. Bu problemi çözmek için günümüze kadar, el ile eş değer haritalarının çizilmesi yöntemi kullanılmıştır. Çizilen bu eş değer haritaları, değerler aynı olsa bile çizen kişiye göre farklılık göstermektedir. Bu nesnelliği (sübjektifliği) gidermek için araştırmacılar kişiden kişiye değişmeyen ve belirli kurallara sahip objektif yöntemleri geliştirmeye çalışmışlardır. 1955 yılında başlayan ilk çalışmalar ile matematik esaslı bir yöntem olan objektif analizin temelleri atılmış ve böylece günümüze kadar gelişim göstermiştir. Cressman (1959) tarafından ortaya atılan ve sabit tesir yarıçapları kabulü ile nesnellik içeren yöntem ülkemizde hala kullanılmaktadır. Bu yöntemin en tenkide açık yönü, bir bölgedeki meteorolojik değişkenlerin ölçülmüş değerlerini göz önünde tutmadan sadece istasyonların konumlarını esas alarak çözümler önermesidir. Hangi yöntem olursa olsun ölçülmüş veri değerleri esas alınmıyorsa o sadece veri değerlerinin üniform olması kabulüne göre işlemlerin yapılmasına yarar. Böyle bir durum ise pratikte ve özellikle meteoroloji çalışmalarında asla mümkün değildir.

Meteoroloji biliminde, alansal tahminlerin yapılması çok önemli araştırma konuları arasında gelmektedir. Bu amaçla nesnel ve öznel (objektif) yöntemler geliştirilmiştir. Objektif yöntemler, belirli kurallara bağlı ve kişisellikten uzak olması nedeniyle tercih edilirler. Bu doğrultuda yapılan en son çalışmalar Şen (1989) tarafından bulunan toplam semivariogram (TSV) yöntemi ve Habib (1993) tarafından geliştirilen noktasal toplam variogram (NTV) yöntemidir.

NTV yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli husus, tesir yarıçaplarının, bilinen noktalardaki ölçülmüş verilerden elde edilmesidir. Hâlbuki ülkemizde de hala kullanılmakta olan ve Cressman (1959) tarafından ortaya atılan yöntem sabit tesir yarıçapları içermekte ve gözlenmiş verilere dayanmamaktadır. Karakaş (1996) tarafından noktasal toplam variogram yöntemi İstanbul'un değişik meteoroloji istasyonlarındaki yağış şiddetleri için kullanılmıştır.

Bu çalışmada, NTV yöntemi kullanılarak istasyonlar arası mesafe ile yine bu istasyonlarda ölçülen yağış şiddeti değerlerinin farkının karesi arasındaki ilişki üstel bir modelle belirtilmiştir. Bu modeldeki eğri, birincisi küçük mesafeler boyunca eğrisel, ikincisi ise büyük mesafeler boyunca olan doğrusal kısımları ihtiva eder.

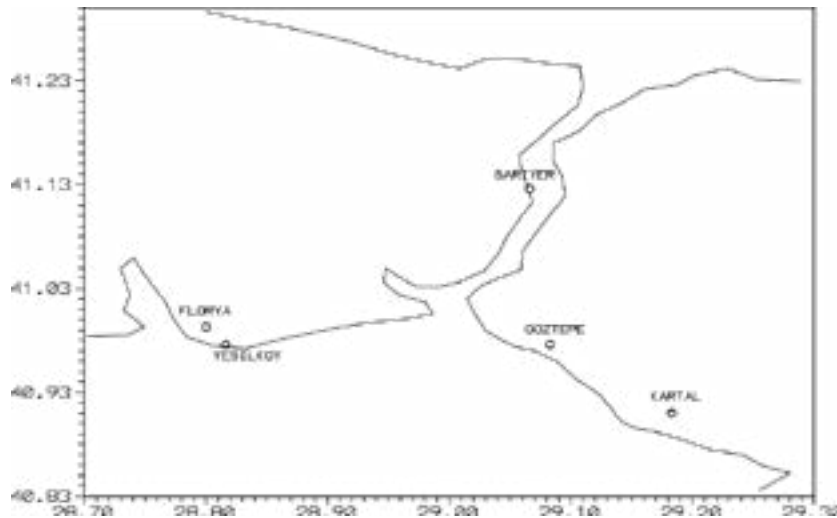
Tesir yarıçapı, eğrisel kısmın bitip doğrusal kısmın başladığı yere kadar olan mesafe olarak tanımlanmıştır. Böylece İstanbul meteoroloji istasyonlarında ölçülmüş ve hesaplanmış olan 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık yağış şiddetlerinin alansal değişimini temsil eden TSV ve bunlardan yararlanarak da çeşitli yağış şiddeti haritaları elde edilmiştir. Yağış şiddeti bilinmeyen herhangi bir noktadaki yağışın şiddetini İstanbul ili için bulmak mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, TSV yönteminin gerçeğe yakınlığı ve uygulanma kolaylığını gözler önüne sermek için İstanbul bölgesinde Florya, Göztepe, Kartal, Sarıyer ve Yeşilköy istasyonlarındaki yağış şiddetleri kullanılmıştır.

Objektif analizin amacı, meteorolojik değişkenlerin ölçüldüğü istasyon noktaları yardımıyla hiç ölçüm yapılmayan noktalardaki değerleri tahmin etmektir. Ölçüm yapılmamış bir noktada hava alanı, yol, baraj vb. inşaatlar; ziraat faaliyetleri, yerleşim alanı, spor tesisi gibi çalışmaların yapılması önemli olabilir. Buralarda yapılacak olan her türlü mühendislik yapıları için meteorolojik verilerin tahmin edilmesi mutlaka gereklidir. Cressman (1959) tarafından ortaya atılan yöntem ile alansal tahmin meteorolojide uzun yıllar kullanılmıştır. Fakat yöntemin sabit tesir yarıçapları kullanması, araştırmacıların zihnini daima meşgul etmiştir. Habib(1993) tarafından ortaya atılan TV yöntemi ise değişik istasyonlarda ölçülmüş verilerin mesafe ile ilişkisini saptayarak tesir yarıçapının hesaplanmasını sağlamaktadır.

2. YAĞIŞ ŞİDDETİ VERİLERİ

Bu çalışmada İstanbul sınırları içinde olan beş tane istasyon kullanılmıştır. Bunlar Şekil 1'deki haritada konum olarak gösterilmiş olan Florya, Göztepe, Kartal, Sarıyer ve Yeşilköy istasyonlarıdır.



Şekil 1 İstasyon konumları

Bu istasyonların, birbirlerine olan mesafelerini hesaplayabilmek için gerekli olan enlem ve boylamları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1 Enlem ve boylamlar.

| İstasyon | Enlem | Boylam |
|----------|-----------|-----------|
| Florya | 40° 59’ K | 28° 48’ D |
| Göztepe | 40° 58’ K | 29° 05’ D |
| Kartal | 40° 54’ K | 29° 11’ D |
| Sarıyer | 41° 07’ K | 29° 04’ D |
| Yeşilköy | 40° 58’ K | 28° 49’ D |

Karakaş (1996) tarafından geliştirilerek verilen ve Fortran dilinde yazılmış bilgisayar programı ile hesaplanmış istasyonlar arası mesafeler Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2 İstasyon arası mesafeler (km).

| | Florya | Göztepe | Kartal | Sarıyer | Yeşilköy |
|----------|--------|---------|--------|---------|----------|
| Florya | 0 | 23.49 | 33.14 | 27.56 | 2.20 |
| Göztepe | | 0 | 10.55 | 17.73 | 21.89 |
| Kartal | | | 0 | 26.12 | 31.19 |
| Sarıyer | | | | 0 | 26.76 |
| Yeşilköy | | | | | 0 |

En uzak iki istasyonun arasındaki mesafe 33.14 km ile Florya-Kartal arası, en yakın olanlar ise 2.2 km ile Florya-Yeşilköy arasıdır.

Yağış şiddeti ile süre arasında ters orantı vardır. Eğer yağış miktarını sabit tutarsak, yağış süresi kısaldığında yağış şiddeti artar; yağış süresi artarsa yağış şiddeti azalır. Bu çalışmada süre olarak tekerrür süresi kullanılmıştır. Bunlar 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür süreleridir. Her bir tekerrür süresinin bir yağış şiddeti değeri vardır.

Çizelge 3’de çalışmada kullanılan tekerrür sürelerine ait yağış şiddeti değerleri verilmiştir. Buradaki yağış şiddetleri İstanbul Havza Planı (1995) kaynağından alınmıştır.

Çizelge 3 Yağış şiddeti-tekerrür süresi (mm/dak)

| Tekerrür Süresi | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| İstasyon | 2 yıl | 5 yıl | 10 yıl | 25 yıl | 50 yıl | 100 yıl |
| Florya | 6.08 | 8.71 | 10.30 | 12.19 | 13.52 | 14.80 |
| Göztepe | 6.00 | 9.43 | 11.72 | 14.58 | 16.68 | 18.72 |
| Kartal | 6.80 | 11.44 | 15.36 | 21.42 | 26.82 | 33.06 |
| Sarıyer | 6.11 | 8.52 | 10.00 | 11.77 | 13.04 | 14.26 |
| Yeşilköy | 5.94 | 8.68 | 10.59 | 13.11 | 15.05 | 17.05 |

Bu çizelgeden görüleceği üzere yağış şiddeti en yüksek Kartal daha sonra da Göztepe istasyonlarındadır. Bunun anlamı ise İstanbul'un Asya yakası istasyonlarında kayıt edilen yağış şiddetlerinin her tekerrür süresi için Avrupa yakası istasyonlarından daha fazla olduğudur.

3. KULLANILAN YÖNTEM

Alansal olarak ölçüm yapılmamış bir noktadaki meteorolojik değişkenin tahmini için etrafındaki komşu istasyonlarda yapılmış kayıtlardan yararlanır. Böylece bir tahmin işleminde şimdiye kadar en basitten başlayarak gittikçe karmaşıklaşan çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında en basit olarak en yakındaki üç istasyonun aritmetik ortalamasının o istasyon için tahmin değeri kabul edilmesidir. Daha sonra, tahmin yapılacak noktadan birbirine dik geçirilen iki eksen ile dört kısma bölünen civarın her bir kısmındaki en yakın istasyonlar göz önünde tutularak aritmetik ortalama alınır ve tahmin böylece gerçekleştirilir.

Cressman tarafından ağırlıklı ortalama esasına dayanan ve günümüzde hala kullanılan yöntemde ağırlık katsayıları w olarak

$$w = \left(\frac{R^2 - d^2}{R^2 + d^2} \right)^\alpha \quad (1)$$

şeklinde belirtilen formülde R tesir yarıçapı, d tesir alanı içindeki herhangi bir istasyonun hesaplanan noktaya uzaklığı ve α ise yumuşatma katsayısıdır. Bu yöntemde α ve R 'nin belirlenmesinde o bölgenin fiziksel özellikleri göz önüne alınmamaktadır. Maalesef, ülkemizde yıllarca A.B.D. için geçerli olan katsayılar kullanılmıştır.

Ağırlık katsayıları bulunduktan sonra ağırlıklı ortalama formülü

$$x_1 = \frac{w_1 \cdot y_1 + w_2 \cdot y_2 + \dots + w_{n-1} \cdot y_{n-1} + w_n \cdot y_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_{n-1} + w_n} \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Burada y_i 'ler etki alanı içindeki istasyonlarda ölçülen değerler, w_i 'ler ise o istasyonların ağırlık katsayıları ve x_1 ise değeri istenilen noktanın tahmin değeridir.

Toplam semivariogram yönteminin en önemli özelliği, tesir yarıçaplarının o bölgedeki ölçülmüş olan verilerden yola çıkılarak bulunmasıdır. Bu özelliği ile diğer yöntemlere karşı önemli bir avantaja sahip olan TV yöntemi ana hatları ile aşağıda verilmiştir.

- 1) Yöntemin uygulanacağı alan üzerindeki tüm istasyonların birbirleri arasındaki mesafeler hesap edilerek bulunur. Böylece n tane istasyon için $n(n-1)/2$ tane mesafe elde edilmiş olur.
- 2) İstasyonlarda ölçülmüş değerlerin diğer istasyonlarda ölçülen değerlerle farkları alınarak bu farkların kareleri bulunur. Böylece her bir mesafeye karşılık gelen bir fark karesi değeri bulunur.
- 3) Mesafe değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanırken aynı zamanda bu mesafelere karşı gelen fark kareleri de birlikte hareket ettirilir. Böylece iki tane dizi elde etmiş oluruz.
- 4) Fark kareleri dizisi ardışık olarak toplanarak yeni bir dizi elde edilir. Bu işlem yöntemin toplam sıfatını kazanmasına sebep olur.
- 5) Yatay eksen mesafe, dikey eksen fark kareleri toplamı (FKT) olacak şekilde saçılma diyagramı çizilir.
- 6) Bu noktalara üstel bir eğri uydurulur. Elde edilen sonuç grafik, toplam variogram (TV) olarak adlandırılır.
- 7) Elde edilen eğrinin mesafeye göre türevi alınarak variogram grafiği bulunur. Bu grafik dikkatlice incelendiğinde modelin iki kısımdan oluştuğu görülür. Birinci kısım eğimi değişen, ikinci kısım ise doğrusal olandır. Eğriliğin bitip doğrusallaşmaya başladığı noktadan mesafe eksenine inilen bir dikme ile tesir yarıçapı bulunur.

Çizelge 2’de verilen mesafeler küçükten büyüğe dizildiğinde aşağıdaki gibi bir durum ortaya çıkar (Çizelge 4).

Çizelge 4. Küçükten büyüğe dizilmiş mesafeler

| İstasyon Çifti | Mesafe (km) |
|--------------------|-------------|
| Florya - Yeşilköy | 2.20 |
| Göztepe - Kartal | 10.55 |
| Göztepe - Sarıyer | 17.73 |
| Göztepe - Yeşilköy | 21.89 |
| Florya - Göztepe | 23.49 |
| Kartal - Sarıyer | 26.12 |
| Sarıyer - Yeşilköy | 26.76 |
| Florya - Sarıyer | 27.56 |
| Kartal - Yeşilköy | 31.19 |
| Florya - Kartal | 33.14 |

Şimdi, değişik tekerrür süreleri için hesaplanmış fark karelerini Çizelge 5’de gösterelim.

Çizelge 5 Fark kareleri

| FARK KARELERİ (Yağış Şiddeti) [mm ² /sa ²] | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 2 yıllık | 5 yıllık | 10 yıllık | 25 yıllık | 50 yıllık | 100 yıllık |
| 0.020 | 0.001 | 0.084 | 0.846 | 2.341 | 5.063 |
| 0.640 | 4.040 | 13.250 | 46.786 | 102.820 | 205.636 |
| 0.012 | 0.828 | 2.958 | 7.896 | 13.250 | 19.892 |
| 0.004 | 0.562 | 1.277 | 2.161 | 2.657 | 2.789 |
| 0.006 | 0.518 | 2.016 | 5.712 | 9.986 | 15.366 |
| 0.476 | 8.526 | 28.730 | 93.123 | 189.888 | 353.440 |
| 0.029 | 0.026 | 0.348 | 1.796 | 4.040 | 7.784 |
| 0.001 | 0.036 | 0.090 | 0.176 | 0.230 | 0.292 |
| 0.740 | 7.618 | 22.753 | 69.056 | 138.533 | 256.320 |
| 0.518 | 7.453 | 25.604 | 21.420 | 176.890 | 333.428 |

Değişik tekerrür süreleri için bu çizelgede verilen fark karelerini ardışık olarak topladığımızda oluşan yeni diziler aşağıda Çizelge 6' da gösterilmiştir.

| FARK KARELERİ TOPLAMI (Yağış Şiddeti) [mm ² /sa ²] | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 2 yıllık | 5 yıllık | 10 yıllık | 25 yıllık | 50 yıllık | 100 yıllık |
| 0.020 | 0.001 | 0.084 | 0.846 | 2.341 | 5.063 |
| 0.660 | 4.041 | 13.334 | 47.632 | 105.161 | 210.699 |
| 0.672 | 4.869 | 16.292 | 55.528 | 118.411 | 230.591 |
| 0.676 | 5.431 | 17.569 | 57.689 | 121.068 | 233.380 |
| 0.682 | 5.949 | 19.585 | 63.401 | 131.054 | 248.746 |
| 1.158 | 14.475 | 48.315 | 156.524 | 320.942 | 602.186 |
| 1.187 | 14.501 | 48.663 | 158.320 | 324.982 | 609.970 |
| 1.188 | 14.537 | 48.753 | 158.496 | 325.212 | 610.262 |
| 1.928 | 22.155 | 71.506 | 227.552 | 463.745 | 866.582 |
| 2.446 | 29.608 | 97.110 | 248.972 | 640.635 | 1200.010 |

Şimdiye kadar yapılan işlemleri formüllerle ifade ettiğimizde : İstasyon sayısı $i= 1, 2, 3, \dots, n$ ve buradan toplam istasyon sayısı n olur. İstasyonlar arasındaki birbirinden farklı mesafeler m tane ise,

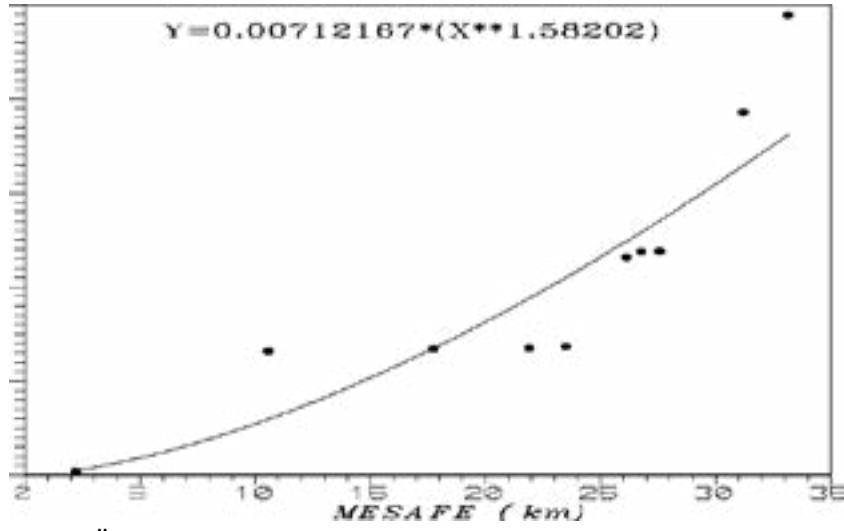
$$m = \frac{n(n-1)}{2}$$

Bu çalışmada $n = 5$ tane istasyon kullanıldığı için $m5 = 10$ tane farklı mesafe değeri bulunur. İstasyonlardaki yağış şiddeti değerlerini D ile gösterirsek, bu takdirde x ve y istasyonları yağış şiddetleri arasındaki farkların kareleri (F_m),

$$F_m = (D_i - D_j)^2$$

olur.

2 yıllık tekerrür süresi için, mesafe ile toplam fark karelerinin saçılma diyagramı ve üstel olarak en iyi model Şekil 2'deki gibi olur.



Şekil 2 Üstel Eğri Uydurulmuş Saçılma Diyagramı (Toplam variogram grafiği)

Bu eğrinin denklemini, en küçük kareler metodunu uygulayarak bulan "Grapher" adlı paket program vasıtası ile gerekli işlemlerin yapılması sonucunda

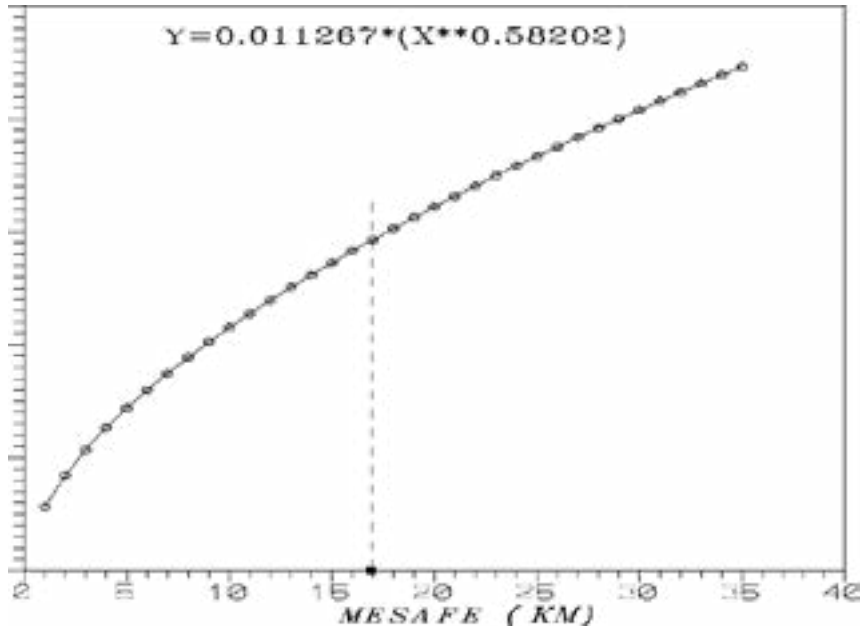
$$y = 0.00712167 \cdot x^{1.58202}$$

denklemini elde edilir.

Bu denklemin mesafeye göre türevini aldığımızda,

$$y' = 0.011267 \cdot x^{0.58202}$$

bulunur. Denkleminde hesaplanmış olduğumuz mesafe değerlerini yerine koyarak yeniden çizdiğimizde Şekil 3 elde edilir.



Şekil 3 Türevi Alınmış Model Eğrisi (Variogram grafiği)

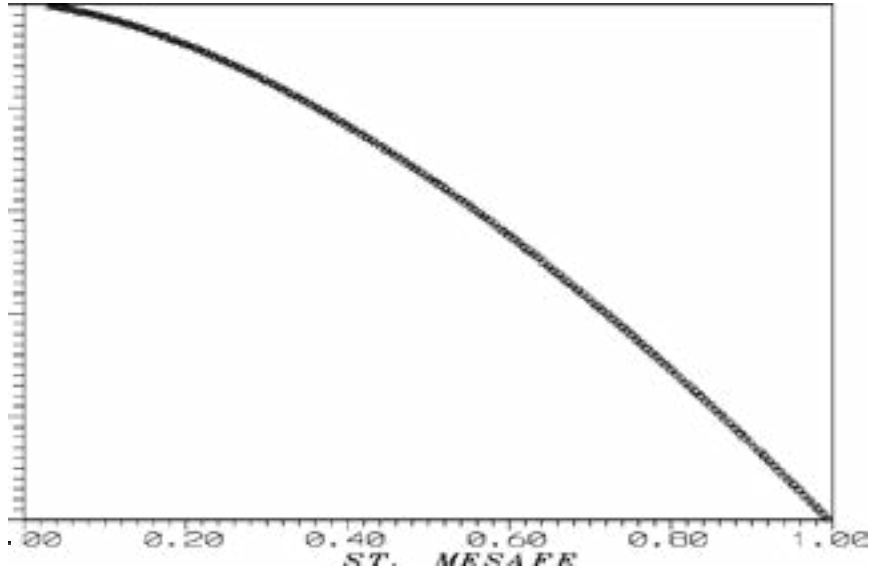
Bu eğri incelendiğinde, eğrinin iki kısımdan oluştuğu görülür. Küçük mesafelere denk gelen birinci kısmın eğimi değişkendir. Büyük mesafelere karşı gelen ikinci kısmın eğimi ise sabit olup doğrusaldır. Bu doğrusallık bize farklar karesi toplamının (FKT) mesafeyle ilişkisinin bittiğini ifade eder. Dolayısıyla model eğrisinin doğrusallaştığı noktadan mesafe eksenine inilen dikme ile bulunan değer "tesir yarıçapıdır".

Bu çalışmada, eğrinin doğrusallaştığı noktayı tespit etmek için Fortran dilinde yazılan bilgisayar programının esası, çok küçük aralıklar alınarak ardışık aralıklardaki eğiminin çok küçük hata oranı ile değişmediği noktanın belirlenmesi ve o anda eğrinin x yani mesafe eksenindeki değerinin bulunmasıdır. Çizelge 7'de tesir yarıçapları verilmiştir.

Çizelge 7 Tekerrür Sürelerine Ait Tesir Yarıçapları [km]

| 2 yıllık | 5 yıllık | 10 yıllık | 25 yıllık | 50 yıllık | 100 yıllık |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 16.9 | 27.1 | 21.5 | 6.6 | 8.9 | 7.8 |

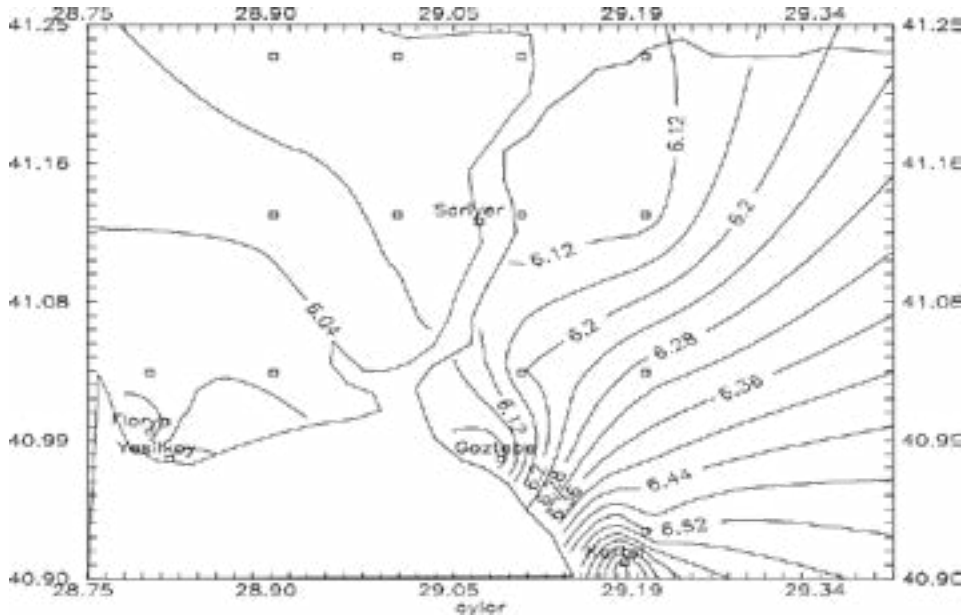
Tesir alanı bulunduktan sonra değeri bilinmeyen noktanın hesabı için, bu alan içinde kalan istasyonlardaki yağış şiddeti değerleri ağırlıklı ortalama ile hesaba katılır. Ağırlık katsayıları için ise, 2 yıllık tekerrür süresi için Şekil 4'de gösterilen eğrinin ordinatlarının 1'den çıkarılarak y eksenine göre simetriği elde edilir. Daha sonra x ve y eksenleri standartlaştırılır. Yani eksenlerdeki her değer o eksenlerdeki en büyük değere bölünür. Tüm bu işlemlerden sonra elde edilen eğri Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Ağırlık katsayısı eğrisi

Böylece ağırlık katsayıları, değeri bilinmeyen noktanın tesir alanı içindeki herhangi bir istasyona olan mesafesinin standartlaştırılması ve Şekil 4'de yerine konması ile eğrinin düşey eksenindeki okunan değeridir.

Bu çalışmanın amacı İstanbul ilinin TV yöntemi kullanılarak yağış şiddeti haritasını çıkarmak olduğundan harita üzerinde keyfi noktalar alınarak yukarıda anlatılan işlemler her bir tekerrür süresi için yapılarak yağış şiddeti haritaları elde edilir. Burada 2 yıllık tekerrür süresi için çıkarılan yağış şiddeti haritası Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. İstanbul'un 2 yıllık tekerrür süresi için yağış şiddeti haritası

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir bölgede ölçüm yapılmamış noktalarda meteoroloji verilerine ihtiyaç vardır. İşte ölçüm noktalarından ölçüm yapılmamış olan noktaya bilgi taşınarak tahmin yapılması için bu çalışmada basit fakat etkin bir objektif yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin esasları aşağıdaki adımlardır.

- 1) Çalışma bölgesinde mevcut olan ölçüm noktalarının (meteoroloji istasyonları) enlem, boylam dereceleri ile meteorolojik değişkenleri tespit edilir.
- 2) Enlem ve boylam derecelerinden yararlanarak istasyonlar arası mesafe matrisi teşkil edilir.
- 3) İstasyonlar arası verilerin farklarının kareleri bulunur.
- 4) Bu farklar en küçük mesafeden başlayarak büyüğüne doğru sıraya konur.
- 5) Dizili bu fark karelerinin ardışık toplamları alınır.
- 6) Mesafeler ile bu ardışık toplamların saçılma diyagramı çizilir.
- 7) Bu saçılma diyagramına en uygun olan eğri geçirilir.
- 8) Bu eğri standartlaştırılarak ağırlıklar mesafeye göre bulunur.
- 9) İstasyon ağırlıkları ve ölçüm değerleri nazarı itibara alınarak ölçüm yapılmamış bir noktadaki tahmin ağırlıklı ortalamaya göre bulunur.

Ağırlık katsayısı eğrisine dikkatle bakıldığında Cressman'ın elde ettiği eğrilere benzediği görülebilir. Yani TSV yöntemi ile Cressman'ın yöntemindeki α katsayısı objektif olarak bulunmuş olur.

Yukarıdaki yöntemin İstanbul'daki Florya, Yeşilköy, Kartal, Sarıyer ve Göztepe istasyonlarında ölçülen yağış şiddetlerine uygulanması sonucu bu çalışmada, İstanbul ili için yağış şiddeti haritaları elde edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

- Cressman, G.P., 1959. The correlation between wind and height on an isobaric surface II: summer data, *Journal of Meteorology*, 15, 12, 502 - 512
- Habib, Z. Z., 1993. Meteorolojide Nokta Semi-variogram ile Objektif Analiz. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul, 87 s
- Karakaş, C., 1996. İstanbul yağış şiddeti haritalarının toplam variogram yöntemiyle elde edilmesi, İTÜ, Bitirme ödevi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 43 sayfa.
- Şen, Z., 1989. Cumulative semivariogram models of regionalized variables, *Mathematical Geology*, 21, 8, 891-903



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ
ODASI



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ
ODASI



Dr. Murat DURAK
Meteoroloji Mühendisi

Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı

MAVİ VATANIN ENERJİSİ: DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALLARI

ÖZET

1980'lerde yaşanan büyük endüstriyel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak özellikle Almanya ve Danimarka gibi ülkelerin öncülüğünde rüzgar türbinleri gün geçtikçe gelişerek günümüze gelmiştir. Karaüstünde RT'ler kurulurken Danimarka denizüstüne RT kurmanın çalışmalarını başlatarak 1991 yılında ilk denizüstü rüzgar elektrik santralını (DRES) Vindeby'de o zamanki adıyla Bonus marka 11 adet 450 kW'lık türbinler kullanarak 4.95 MW gücündeki proje ile başlamıştır. 2020 yılı sonu itibarı ile 35 GW kurulu güce ulaşmış ve Global Wind Energy Council projeksiyonlarına göre 2030 yılında 200 GW kurulu güce ulaşılacağı tahmini yapılacaktır. Ülkemizde önümüzdeki dönemlerde DRES proje çalışmalarının hızlanacağı beklenmektedir.

Denizüstü RES projeleri, yenilenebilir enerji kaynakları ve arz güvenliğine katkısının yanında stratejik olarak da bakılmalıdır. Karasal RES projeleri, ülkemizin boşa duran dağları ve yerleşime uzak olan bölgelerini ekonomiye kazandırmıştır. Aynı süreç denizlerimiz için de işleyecektir. Artık sadece denizlerimizin altından değil; üstünden de faydalanma olanağını mümkün kılacaktır. Ek olarak projelerde kullanılacak ekipman, montaj, gemi, nakliye, mühendislik gibi proje bileşenlerinin mümkün mertebe ülkemiz kaynak ve insan gücü tarafından sağlanmasıdır. Bu yolla ülkemiz, diğer ülkelere know-how ve işgücünü ihraç edebilecektir.

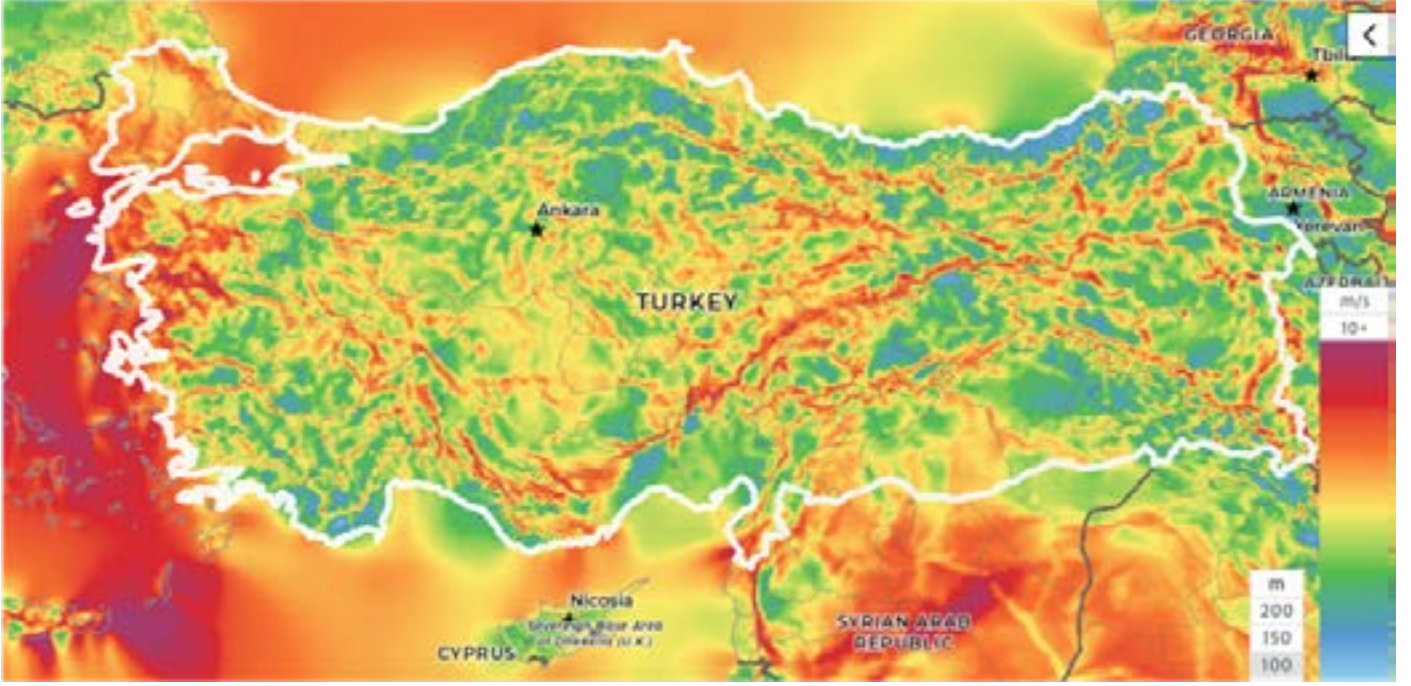
1. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED-www.dured.org)

Türkiye'de denizüstü rüzgâr elektrik santrallerinin yatırımlarının yapılması, geliştirilmesi, denizcilik ve enerji sektörünün bir araya getirilmesi, işbirliklerinin koordine edilmesi amacıyla 05 Nisan 2021 tarihinde Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) kurulmuştur.

Derneğin merkezi Ankara'dır. İstanbul ve İzmir'de şubeleri açılması hedeflenmektedir. DÜRED, denizüstü rüzgâr enerjisi ile ilgili sivil toplum faaliyetlerinin etkinleştirilmesi ve geliştirilmesini sağlamak ve bu konuda çalışmalar yapan kişi ve kuruluşlara destek vermek, Kamu Kurumları ve üniversiteleri de aktif olarak dernek faaliyetlerinde kullanarak farkındalık yaratılmasıdır. Ayrıca ülkemizin denizüstü rüzgar enerji kaynakları alanında mevcut potansiyelini ortaya koymak, denizüstü rüzgar enerji kullanımının oluşmasını sağlamak, mevzuatın oluşturulmasında katkıda bulunmak da ana hedeflerdendir.

2. Türkiye'nin Denizüstü RES Potansiyeli

Dünya Bankası'nın Ekim 2019 tarihinde yayınladığı "EXPANDING OFFSHORE WIND TO EMERGING MARKETS" raporuna göre, Türkiye'de açık deniz rüzgar enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu bölge rüzgâr hızlarının 9 m/s'ye ulaşabildiği Ege Bölgesi'nin kuzeybatısında kalan alanlardır. Teknik olarak bu bölge 6 GW sabit, 19 GW yüzer olmak üzere toplam 25 GW potansiyele sahiptir. Ege Bölgesi'ni rüzgar hızlarının 7-8 m/s hızlara ulaşan Marmara ve Karadeniz Bölgeleri takip etmektedir. Bunun dışında batı ve güney kısımlardaki tüm potansiyel sahalarla birlikte Türkiye'nin toplam açık deniz rüzgar potansiyeli 50 metreden daha az derinlikte 18 GW sabit, 50-1.000 metre derinlikte de 57 GW olmak üzere toplamda yaklaşık 75 GW'tır.



Şekil 1.Global Wind Atlas'a göre Türkiye'de açık deniz100m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızları.

3. DRES Projelerinin Arz Güvenliğine Katkısı

Enerji ihtiyacının üçte ikisinden fazlasını ithalat yoluyla karşılayan Türkiye açısından arz güvenliğinin sağlanması için bütün yerli ve milli kaynakların kullanılması gereklidir. Denizüstü RES potansiyelimiz düşünüldüğünde gerek enerji kaynak çeşitliliği ve gerekse de yenilenebilir kaynak olduğundan dolayı kullanılması elzemdir. Ayrıca ülkemizin denizüstü yapılar konusunda ilerlemesi için bu tip denizüstü yapılar konusunda deneyime ihtiyaç vardır.

4. Avrupa ve Dünyadaki Son DRES Durumu

İzleyen veriler, GWEC ve WindEurope'den alınmıştır. 2020 yılında toplam 356 adet DRT montajı yapılarak 2918 MW yeni kapasite eklenmiştir ve Avrupa'da toplam kurulu güç 2020 yılı sonu itibarı ile 25 014 MW olmuştur. Avrupa Ülkelerinde Hollanda, Belçika, İngiltere, Almanya, ve Portekiz'in DRES projelerine ağırlık verdiği görülmektedir. Hollanda 1493 MW, Belçika 706 MW, İngiltere 483 MW, Almanya 219 MW, ve Portekiz 17 MW yeni kapasiteyi devreye almıştır. Tablo ile de Avrupa Ülkelerinde 2020 yılı sonu itibarı ile DRES ve DRT sayıları ile kurulu güç değerleri görülmektedir. Toplam DRES kurulu gücünün 25 014 MW'a ulaştığı Avrupa'da İngiltere 10428 MW ile ilk sırayı almaktadır; onu 7698 MW ile Almanya izlemektedir. Avrupa Ülkelerinde önümüzdeki yıllarda DRES projelerine ağırlık verileceği öngörülmektedir.

Tablo 1. Avrupa ülkeleri DRES durumu.

| ÜLKE | DRES Sayısı | Toplam Kurulu Güç (MW) | DRT Sayısı |
|---------------|-------------|------------------------|--------------|
| İngiltere | 40 | 10.428 | 2.294 |
| Almanya | 29 | 7.698 | 1.501 |
| Hollanda | 9 | 2.611 | 537 |
| Belçika | 11 | 2.261 | 399 |
| Danimarka | 14 | 1.703 | 559 |
| İsveç | 5 | 192 | 80 |
| Finlandiya | 3 | 71 | 19 |
| İrlanda | 1 | 25 | 7 |
| Portekiz | 1 | 25 | 3 |
| İspanya | 1 | 5 | 1 |
| Fransa | 2 | 2 | 1 |
| Norveç | 1 | 2 | 1 |
| Toplam | 116 | 25.014 | 5.402 |

Avrupa ülkelerinin yanında Asya ve ABD’de DRES projeleri gerçekleştirilmektedir. Asya’da özellikle Çin, Tayvan, Japonya, Güney Kore, ve Vietnam’da projeler geliştirilmektedir. Yaklaşık 30 yıllık geçmişi olan DRES sektöründen ve özellikle Avrupa tecrübesinden öğrenilen bilgiler diğer dünya ülkeleri tarafından kullanılmaktadır. En önemli know-how, özel sektör ve kamunun birlikte çalışmasıdır. Dünyada 2019 yılında eklenen 6.1 GW kapasite topla kurulu gücü 30 GW’a yaklaştırmıştır. 2020 yılında 6 GW yeni denizüstü RES kapasitesi işletmeye alınmıştır. Çin, 3 GW yeni kapasite ekleyerek son 3 yıldaki kararlı büyümesini sürdürmüştür. Çin ve Avrupa’nın dışında Güney Kore (60 MW) ve ABD (12 MW) 2020 yılında kapasite ekleyen ülkeler olmuştur. 2020 yılı itibarı ile Dünyada bulunan DRES kurulu gücüne ait ülkelere göre kurulu güç değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Dünyada 2020 yılı sonu itibarı ile DRES durumu.

| ÜLKE | 2020 Yılı İşletmeye Alınan | 2020 Yılı Sonu Toplam Kurulu Güç (MW) |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|
| İngiltere | 483 | 10.206 |
| Almanya | 237 | 7.728 |
| Belçika | 706 | 2.262 |
| Danimarka | 0 | 1.703 |
| Hollanda | 1.493 | 2.611 |
| Avrupa Diğer | 17 | 327 |
| Çin | 3.060 | 9.996 |
| Güney Kore | 60 | 282 |
| Asya Diğer | 0 | 282 |
| Amerika | 12 | 42 |
| Toplam | 6.068 | 35.293 |

5. Denizüstü ve Karasal RES Arasındaki Farklar

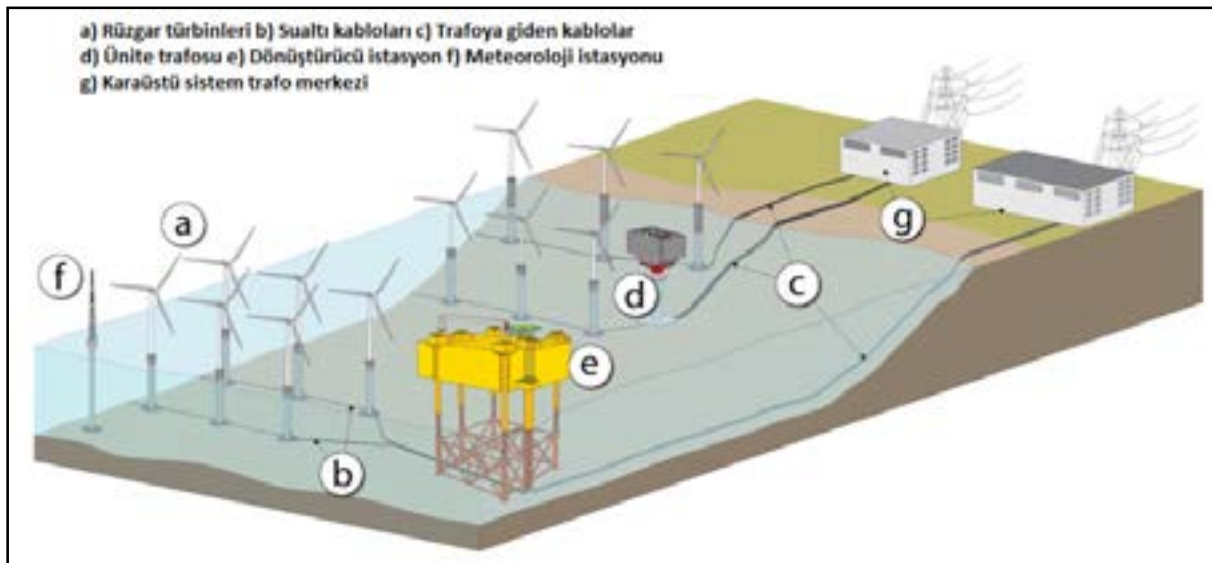
Denizüstü rüzgar enerji teknolojisinin 2 ayağı vardır; deniz ve enerji. Ülkemizde her 2 alanda da ilerlemiş bir sanayi ve işgücü bulunmaktadır. Ülkemizin son yıllarda denizcilik sektöründe kayda değer ilerlemesi ve karasal rüzgar enerjisinde edindiği deneyim ve know-how denizüstü rüzgar teknolojisi kullanımının en önemli avantajlarından biridir. Konu ile ilgili olarak çalışacak işgücü ve ekipman ülkemizde mevcuttur.

Elektromekanik ekipman tedarikinde yerli üretim olanakları karasal türbinler için mevcut olduğundan dolayı bu teknoloji rahatlıkla denizüstü teknolojisine çevrilebilir.

Denizüstü rüzgar elektrik santrallerinin (DRES) karaüstündeki rüzgar elektrik santrallerine göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Genel olarak bu uygulama karaüstü türbinlerine göre ilk kurulum maliyeti açısından dezavantajlı olmasına rağmen denizde rüzgar şiddetinin karaya oranla çok daha fazla ve sürekli olabilmesi açısından uzun vadede daha fazla kar getiren bir yatırım olma özelliğini taşır. Denizüstü rüzgar türbini (DRT) teknolojisinin en büyük avantajları olarak;

- Denizde rüzgarın daha yüksek şiddete olması sebebiyle artan enerji üretimi,
- Rüzgarın sürekliliğinin daha fazla olması ve pürüzsüzlüğün düşük olması,
- Daha düşük türbülans,
- Karada RES yapılan alanların azalması,
- Karadaki RES projelerinde imar sıkıntılarının artması,
- Denizüstünde kamulaştırma bedellerinin olmaması,
- Yaşam alanlarından uzak olduğu için görüntü ve gürültü kirliliğine sebep olmaması,
- Deniz ulaşımının kara ulaşımına kıyasla daha kolay ve ucuz olması sebebiyle ulaştırma maliyetindeki tasarruflar,
- Bölgesel gelişim ve istihdam sağlama,
- Denizsel endüstri ve teknolojilerin gelişerek istihdamın artması.

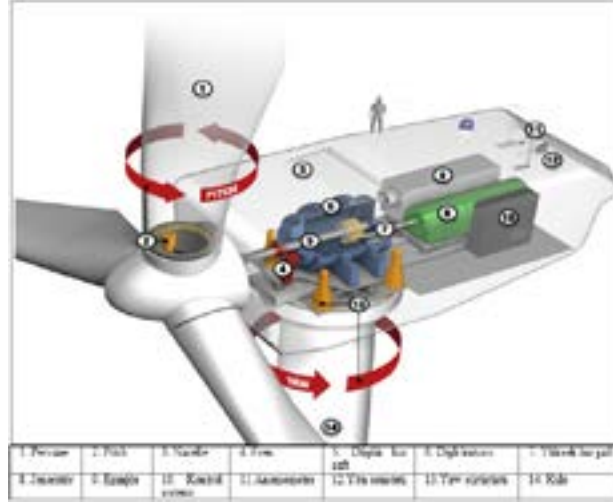
Denizüstü RES'in temel elemanları incelendiğinde 7 ana sistem görülmektedir. DRES temel elemanları DRT, sualtı kablolama, ünite trafosu, denizüstü şalt sahası, denizaltı enerji nakil hattı, karaüstü enerji nakil hattı ve karaüstü trafo merkezi olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 1. Global Wind Atlas'a göre Türkiye'de açık deniz 100m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızları.

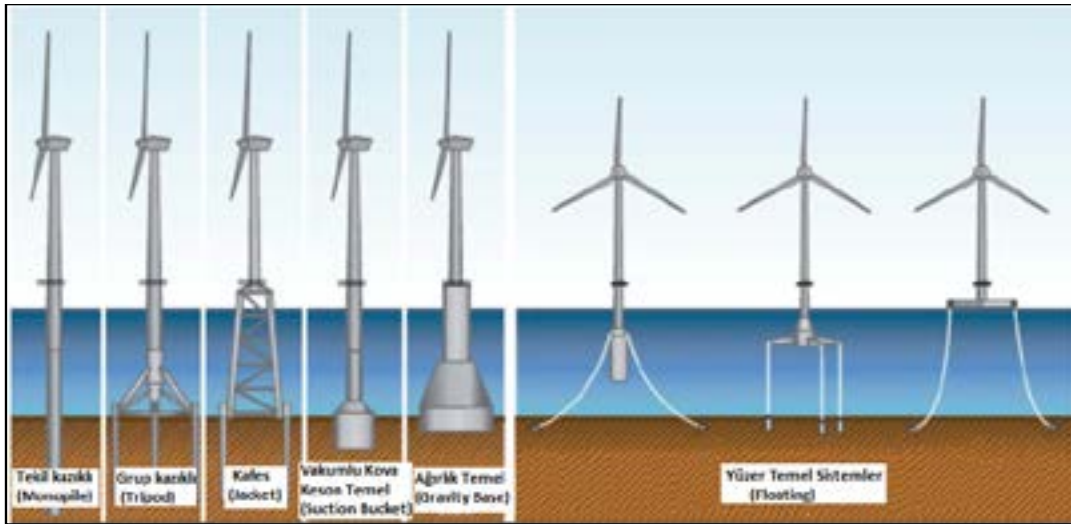
Denizüstü Rüzgar Türbini (DRT)

DRT'nin temel elemanları olarak kule, nasel, pervane, ünite (step-up) trafosu, kule geçiş parçası (transition piece) ve kule temeli verilebilir. İlerleyen sayfalarda bunlar incelenecektir. Denizüstü RT'ler karaüstü RT'lerden daha büyük boyuttadır. Şekil ile 12 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait nasel görülmektedir. Kıyaslama yapılması açısından bir insan naselde görülmektedir.



Şekil 3. Denizüstü rüzgar türbini 12 MW naseli.

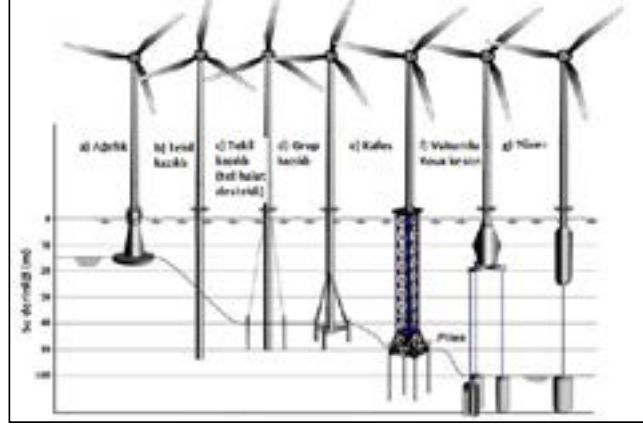
Denizüstü rüzgar türbin (DRT) temelini tipi ve tasarımı çok önemlidir, deniz derinliğinin yanında, etkiyen yükler, deniz tabanı karakteristikleri gibi hususlar da dikkate alınmaktadır. Yukarıda sayılan temel sistemleri aşağıda Şekil ile verilmiştir.



Şekil 4. DRT temel çeşitleri.

Temelin çeşit ve derinlik ilişkisi aşağıdaki Şekil ile verilmiştir.

- Tekil kazıklı temeller (Monopile) – 20 ile 30 m deniz derinliği,
- Grup kazıklı temeller (Tripod) – 30 ile 40 m deniz derinliği,
- Kafes temeller (Jacket) 50 ile 60 m deniz derinliği
- Vakumlu Kova Keson (Suction bucket) - 40-60 m,
- Ağırlık temeller (Gravity base) 30 ile 50 m deniz derinliği,
- Yüzer temeller (Floating)- 1000m ye kadar.



Şekil 5. DRT temel çeşitleri ve uygulama derinlikleri.

6. Ülkemizde Denizüstü RES Çalışmaları

Türkiye’de 2018 yılında 1200 MW kapasiteli 80USD/MWh taban fiyatlı ve profesyonelce tasarlanmış bir DRES ihalesi düzenlenmiştir. Ancak şartnameyi alan çok sayıda firma olmasına rağmen ihaleye katılım maalesef olmamıştır. Bunun sebepleri irdelenmeli ve DRES projelerini hayata geçirmek koordineli bir çalışma yürütülmelidir. Bu amaçla, sivil toplum kuruluşları, sektör temsilcileri, üniversiteler ile birlikte çalışılmalıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Dünya Bankası ile çalışması sürmektedir. Ülkemizde 4 noktada denizüstü meteorolojik ölçümlere başlanması planlanmaktadır.

7. Sonuç ve Öneriler

Denizüstü RES projelerine enerji arz güvenliğe katkısının yanında stratejik olarak da bakılmaktadır. Karasal RES projeleri ile ülkemizin boşa duran dağları ve yerleşime uzak olan bölgelerini ekonomiye kazandırmıştır. Aynı süreç denizlerimiz için de işleyecektir. Artık sadece denizlerimizin altından değil; üstünden de faydalanma olanağını mümkün olacaktır. Diğer önemli bir husus ise bu projelerde kullanılacak ekipman, montaj, nakliye, mühendislik gibi proje bileşenlerinin mümkün mertebe ülkemiz kaynak ve insan gücü tarafından sağlanmasıdır. Bu yolla ülkemiz, diğer ülkelere know-how ve işgücünü ihraç edebilecektir. Halihazırda bunu gerçekleştirebilecek deniz ve enerji sektörü bileşenleri ülkemizde mevcuttur. Aşağıdaki hususlar önem arz etmektedir:

- Ülkemizde 2030 yılına kadar DRES kapasite hedefi koymalıdır.
- Ülkemizde DRES’ler sadece proje olarak bakılmamalıdır, DRES projeleri elektrik üretiminin yanında aynı zamanda denizlerimiz için stratejik öneme sahiptir.
- Mühendislik hizmetleri, elektromekanik ekipman üretimi, gemi üretimi mümkün mertebe ülkemizde yapılmalıdır,
- Sadece proje için değil; üretim sanayisine yönelik yol haritası hazırlanmalıdır.
- Üniversitelerin ilgili bölümlerinin çalışmalara mutlaka aktif olarak müdahil edilmesi gereklidir.
- Yerel uzmanlarla çalışılmalıdır.

Kaynaklar:

Offshore Wind Power in Europe, 2020 Key Trends and Statistics, Wind Europe, 2021.

Offshore Wind Power Plant Technology Catalogue, Components of Wind Power Plants, AC Collection Systems and HVDC Systems, Oct 2017.



Emre SAK
İnşaat Mühendisi
İBB Ulaşım Planlama
Şube Müdürlüğü

KARAYOLLARINDA ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI ÖNLEMLER VE UYGULAMALAR

1- GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkisiyle fırtına, hortum, kuraklık, yağış şiddetindeki artışlar nedeniyle su baskınları, sel ve taşkınlar gibi meteorolojik kaynaklı afetlerde artışlar meydana gelmiştir. İklim, çevre yaşamının başlangıcından günümüze kadar türlerin evrimleşmesi, değişimi ve çeşitliliği üzerinde büyük rol sahibi olmuştur. İklim değişikliği ile birlikte; hem su hem de kara ekosistemlerinde meydana gelen değişim, ekosistemlerin biyolojik dengesinde değişime neden olmaktadır.

İklim değişikliğinin bir çok beşeri etkenleri vardır. Bunlardan en önemlilerinden biri ulaşımdır. Ulaşım sektörü dünyada karbon emisyonu kaynaklarından birisidir. Benzin ve dizel gibi fosil yakıtların kullanılması ile atmosfere sera gazı olan karbondioksit salınmaktadır. Karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄), nitröz oksit (N₂O) ve hidroflorokarbonlar (HFC'ler) gibi diğer sera gazlarının birikmesi, dünya atmosferinin ısınmasına dolayısıyla iklimde değişikliklere neden olmaktadır. Karayolu ile seyahat ve taşımacılık ulaşım sektörünün iklim değişikliğine sebep olan en temel ulaşım türüdür. Her ne kadar bazı gelişmiş ülkelerde raylı sistem ulaşımı ve sürdürülebilir ulaşım gelişse de halen araç kullanımı çok yaygındır. Raylı sistemlerin gelişmediği ülkelerde toplu taşıma yerine bireysel araç kullanımı hem emisyon oranını artırmakta hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bununla birlikte gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kentsel hareketliliğin desteklenmesi birçok ulaşım sorununu çözerken ulaşımın iklim değişikliğine olan katkısı ciddi ölçüde azalacaktır.

Sürdürülebilirlik; dünya kaynaklarının çevresel, sosyal ve toplumsal açıdan gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneklerinin tehlikeye atılmadan kullanılması yönünde kararlar alma ve uygulama bilincidir. Sürdürülebilir yol ise, farklı sürdürülebilir uygulamalar ile karayolunun çevre üzerindeki etkilerini en aza indirmeye çalışan bir sistemdir¹. Sürdürülebilir yolun amacı, bir karayolunun emisyonlarını kısıtlarken ömrünü uzatmaktır. Farklı inşaat teknikleri arasında, geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını, bir ekosistem yönetiminin kurulmasını, enerji azaltma eylemlerinin veya yağmur suyu toplama sistemlerinin uygulanması vardır². Sürdürülebilir yolun amacı:

- Çevresel etkileri önleyici bir şekilde inşa etmesi ve yolun dizaynının ona göre yapılması;
- İklim değişikliği ve kaynak kıtlığı gibi gelecekteki kaygıları düşünerek dizayn ve inşaatın yapılması;
- İlerde oluşabilecek yolculuk hacim artışına, toplu taşımadaki talep değişimine adapte olmasıdır³.

Yol yapımı ve kullanımı önemli ekonomik ve sosyal faydalar sağlasa da, dünyadaki hareketliliğin büyümesiyle çevresel etkisi giderek artmaktadır. Karayolu taşıtlarının ve dolayısıyla trafiğin sayısındaki artış, kirlilik ve gürültü rahatsızlıklarında önemli bir artışa neden olmaktadır. Son yıllarda yaşanan hava sıcaklıklarındaki artış, karbondioksit oranının yükselmesi, buzulların erimesi ve hava kirliliği gibi birçok çevre sorunu ile karşı karşıya kalmamız, yol inşaatı sektörünü sürdürülebilirlik konusunda bir çok yeni çalışma yapmaya yöneltmiştir.

2. KARAYOLLARINDA GERİ DÖNÜŞÜM

Atıkların hammadde gibi kullanılarak yeni bir maddeye dönüştürülmesine geri dönüşüm denir. Atık malzemelerin alternatif kullanım alanlarının bulunması son yıllarda ülkemizde giderek önem kazanmaya başlamıştır. Endüstriyel atıkların inşaat sektörünün değişik dallarında kullanılması ile büyük hacimlerde kullanıma olanak sağlanabilecek, sınırlı doğal kaynakların hızlı tüketimini önleyebilecek, ekonomik kazanç sağlayabilecek ve atıkların sebep olduğu çevre problemlerine bir ölçüde çözüm getirebilecektir. Bu çalışmada karayolunda geri dönüşüm konusunda önemli yeri olan ömrünü tamamlamış lastikler, hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları incelenmiştir.

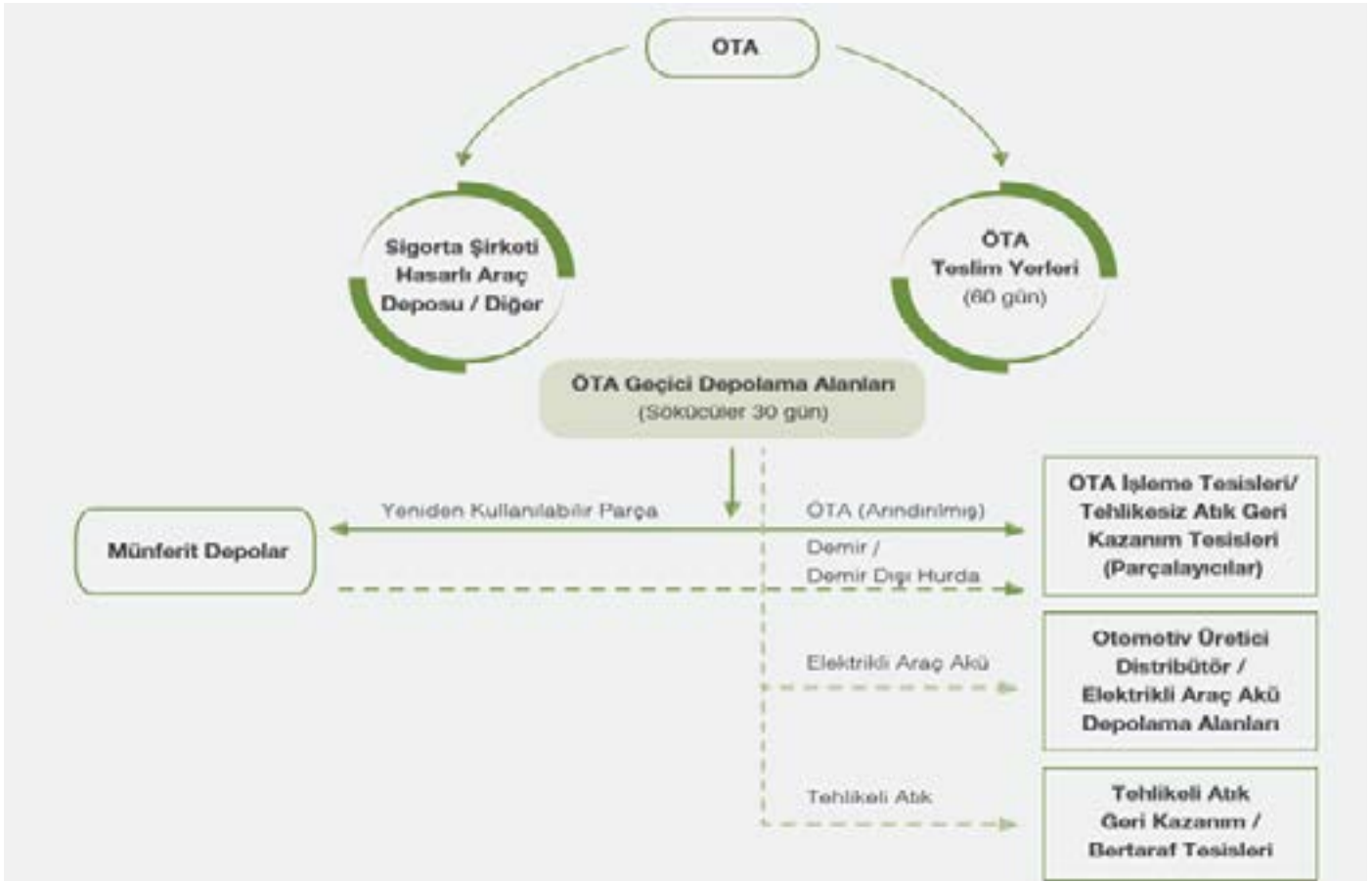
2.1 Ömrünü Tamamlamış Lastikler

Ömrünü tamamlamış lastikler (ÖTL), bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılmayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastikleri kapsamaktadır. ÖTL'lerden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi ve iklim değişikliğinin önlenmesi için yapılan harcamalar, kirleten öder prensibine göre karşılanmaktadır. Türkiye'de lastik üretiminde büyük paya sahip 5 lastik üreticisi (Brisa, Continental, Goodyear, Michelin, Pirelli) 2007 yılında bir araya gelerek yetkilendirilmiş kuruluş olan LASDER'i kurmuştur. Kaplamaya ya da yeniden kullanmaya uygun olmayan ve ömrünü tamamlamış lastik statüsünde değerlendirilen lastiklerden, maddesel geri kazanım veya enerji elde edilmektedir.

Türkiye'de 2014 yılında piyasaya sürülen lastik miktarı 292.237 ton olup, toplanan ömrünü tamamlamış lastik miktarı ise 120.425 tondur (ÇŞB). Ömrünü tamamlamış bu lastiklerin geri kazanımı ve geri dönüşümü ekonomi ve çevre açısından oldukça önemlidir. Türkiye'de Haziran 2016 verisine göre ÖTL'lerin ek yakıt olarak kullanıldığı 31 adet lisanslı Çimento Fabrikası ve 33 adet lisanslı ömrünü tamamlamış lastik geri kazanım tesisi bulunmaktadır. 2014 yılında toplanan ÖTL'nin %84'ü geri kazanım tesislerine, %16'sı çimento fabrikalarına gönderilmiştir4.

2.2 Ömrünü Tamamlamış Araçlar (ÖTA)

Ekonomik değeri yüksek olan malzemelerden oluşan ÖTA'lar %90 oranında yeniden kullanılabilen ya da geri kazanılabilmektedir. Yeni araçlara ait malzemelerin tasarımı ve üretimi, araç ömrünü tamamladıktan sonra sökülmesini, yeniden kullanımını, geri kazanımını ve geri dönüşümünü kolaylaştıracak şekilde yapılmaktadır. Ömrünü tamamlamış araçlardan kaynaklanan çevresel etkilerin en aza indirilmesi amacıyla aracın parçalanması, parçalama sonrası oluşan atıkların geri kazanıma veya bertarafa hazırlanması için yapılan ve tüm aksam parçaları araç üreticisinin sökülme bilgisine uygun olarak araçtan çıkartılmaktadır. Bu parçalardan kurşun, civa, kadmiyum, altı değerli krom içerenler, içerdikleri yasaklı maddelere göre ayrı konteynerlerde toplanmaktadır. ÖTA'lardan çıkarılan parçalar araç güvenliği ve çevre standartlarını karşılama durumunda yeniden kullanılır. Yeniden kullanılmayan parçalar çevresel açıdan uygunsa geri dönüştürülmekte veya geri kazanılmaktadır. ÖTA genel akış şekil 1'de verilmiştir4.



Şekil 2 1 Ömrünü tamamlamış araçların genel akış şeması4

Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen verilere göre Türkiye'de 3 yıl içinde hurdaya ayrılan araç sayısı 277 bin 835 oldu. 2016 yılı 2018 yılı ve 2018 yılının ilk dört ayını kapsayan verilere göre; İstanbul 71 bin 224 araç ile en fazla hurdaya araç veren şehir görüldü4.

2.3 Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

Atıkların kaynağının en aza indirilmesi, hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının karıştırılmaması, geri kazanılması ve özellikle altyapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmesi, sağlıklı bir geri kazanım ve bertaraf sisteminin oluşturulması için atıkların kaynağında ayrılması ve "seçici yıkım" yapılması esastır.

Hafriyat çalışmaları sırasında, bitkisel toprağın ayrı olarak toplanması ve park, bahçe, yeşil alan yapımında rekreasyon amacıyla kullanılması, hafriyat toprağının ise öncelikle dolgu, rekreasyon, düzenli depolama sahalarında günlük örtü ve benzeri amaçla kullanılması, tekrar kullanılmalarının mümkün olmaması durumunda hafriyat toprağı döküm sahalarında depolanarak bertaraf edilmesi gerekmektedir. Geri kazanım tesislerinde ikincil ürün haline getirilen asfalt atıkları düşük trafik yoğunluklu yollarda dolgu malzemesi olarak veya asfalt üretim tesislerinde öncelikli olarak kullanılması mümkündür4.

3- YOL YAPIMININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN AZALTILMASI UYGULAMALARI

Karayolunun yapımında çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli olarak tanımlanan stratejik alanlar şunlardır:

1. Yol Kaplaması Dizaynı
2. Güzergah Tasarımı
3. Yol Yapımında Kullanılan Malzemeler

3.1 Yol Kaplaması Dizaynı

Kaplama yüzeyinin pürüzsüz olması, araçların emisyonlarını ve yakıt tüketimini ciddi oranda azaltmaktadır. Amerika'daki Asfalt Kaplama Birliği (Asphalt Pavement Alliance) araç yakıt tüketimini azaltmak amacıyla araştırılan üç temel kaplama özelliğini belirlemiştir. Bunlar, kaplamada oluşan lastiğin dönmesine karşı direnç, kaplamanın sertliği ve kaplamanın pürüzlülüğüdür.⁵

Amerika Nevada'da Federal Otoyol İdaresi tarafından yürütülen tam ölçekli bir saha çalışması, daha pürüzsüz kaplamada kullanılan kamyonların yakıt tüketiminin yüzde 4,5 oranında azaldığını ispatlamıştır.⁵ Ayrıca az pürüzlü kaplamalar, kamyon ve araba lastiklerinden daha az hasar aldığı için normal kaplamalara göre %10'a kadar daha fazla servis süresinin olduğu kanıtlanmıştır.⁵

Yol yapımında kullanılan çevresel etkiyi azaltıcı başka bir yenilikçi kaplama teknolojisi ise sürekli kaplamadır (Perpetual pavement). Sürekli kaplama teknolojisi 20 yıla kadar servis hizmeti yapılacak şekilde dizayn edilmiştir ve hem bakım hem de inşaat maliyetlerini ve yeni malzeme ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır.⁶



Şekil 3 1 Sürekli Kaplama (Perpetual pavement)

3.2 Güzergah Tasarımı

Bir yol inşaatı projesinin tasarım aşamasında alınan kararlar, yolun genel çevresel etkileri üzerinde oldukça önemlidir. Yol ekseninde yapılan küçük ayarlamalar yolun hassas ekolojik alanlardan geçmesini engelleyebilir ve projeyi tamamlamak için gereken malzeme miktarını en aza indirebilir. Düşey kurpların varlığı araç verimliliği üzerinde büyük etkileri vardır. Tasarım aşamasında yapılan küçük değişiklikler, yolun servis hizmet süresi boyunca önemli derecede enerji tasarrufu sağlayabilir. Enerji tasarrufu yapılmasının iklim değişikliğini azaltmada önemli etkisi olacaktır.³

Yol dizaynında bazı yazılımların kullanılması, bir rotanın ekolojik olarak hassas alanlar veya tarihi kalıntılar olarak nitelendirilen alanların dışında, enerjinin rota seçimi için ana kriterlerden biri olmasını sağlar. Örneğin 2006 yılında geliştirilen JOULESAVE, yol tasarımcısının yol yapımının tüm aşamaları için enerji gereksinimlerini hızlı ölçmesini ve enerji kullanımına bağlı olarak farklı seçenekleri karşılaştırmasını sağlayan yaygın bir yazılımdır³. Yazılım bugüne kadar birçok yol inşaat projesinde yol yapımında yüzde 47'ye kadar, bir yolun işletme ömründe yüzde 20'ye kadar ve bakımında ise yüzde 30'a kadar enerji tasarrufunun mümkün olduğunu göstermiştir³.

3.3 Yol Yapımında Kullanılan Malzemeler

Yol yapımı doğal çevreye çok miktarda yabancı madde katmakta ve yüzlerce kilometre boyunca toprak koşullarını ve yüzey akışını bozmaktadır. Sonuç olarak yol yapım süreci yolların çevresel etkisinin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır.

Yol inşaat malzemelerinin çevresel etkisi iki ana faktöre ayrılabilir: malzeme seçimi ve bu malzemelerin yol yapımında kullanıldığı süreçler. Genel olarak yol yapımı için kullanılan malzemeler, çevredeki ortamın kimyasal bileşimini etkilerken tasarım ve yapım yöntemleri mekanik hasara (erozyon, toprak bozulması, havza değişiklikleri) neden olur³.

Yol yapımı için gereken büyük miktarda malzeme nedeniyle, agrega malzemelerinin taşınması, yol yapımından kaynaklanan toplam sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Doğal taş, çakıl ve kum gibi yol yapımında kullanılan geleneksel agrega malzemeleri yerine geri dönüştürülmüş malzemeler, yeniden kullanılmış atıklar veya bunlar gibi alternatif malzemeler kullanılabilir³.

3.3.1 Agregaların Yol Yapımındaki Etkilerinin Azaltılması

Geri dönüştürülmüş agregaların kullanımı ve atıkların yeniden işlenmesi süreci, aşağıdaki gibi önemli çevresel kazanımlar sağlar:

- Kaynak tüketiminde azalma;
- Atık malzemelerin depolamasında azalma;
- Taş ocağında agrega üretiminde azalma;
- Azaltılmış sera gazı emisyonları (agregaların taşınması sırasındaki araçların emisyonları)³.

3.3.2 İnşaat ve Yıkım Geri Dönüşüm Malzemelerinin Kullanılması

Beton, tuğla, moloz, asfalt, metaller, kereste ve diğer yapı malzemeleri de dahil olmak üzere bina ve yol kaplamalarının yıkılmasından kaynaklanan atık malzemeler, kırma taş agrega malzemesi uygulamalarında doğal agregaların yerine kullanılabilir.

Avusturalya Queensland'da, Alex Fraser firması Brisbane Clem 7 Tüneli'nin yapımında geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımına ve bu oluşturulan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına üzerine bazı çalışmalar yaptı. Firma, araştırmaları sonucu Clem 7 Tüneli'nde geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımının çevreye olan olumlu etkilerini:

- 1 tondan fazla CO₂ emisyonunun çevreye salınmaması,
- Atık depolama alanlarından 100.000 ton atık dönüştürme,
- 120.000 ton daha az doğal kaynak tüketme,
- 725 kamyon tasarrufu (45 000 km),
- %20 ye kadar malzeme ulaştırma maliyetinde azalma olarak hesapladı⁷.

3.3.3 Cam Geri Dönüşüm Malzemelerinin Kullanılması

Öğütülmüş cam (crash glass) modern yolların asfalt kaplama kısmında genellikle agrega olarak, temel tabak ve alt temel tabakasında yabancı madde (foreign material) olarak kullanılır. Camlar genellikle geri dönüşümlü cam şişeler, cam fabrikaları ve bina yıkım kaynaklarından elde edilir.

Öğütülmüş Cam Agregalar ile ilgili örnek çalışma Yeni Zlenada'nın Nelson kentinde uygulandı. Nelson, Yeni Zelanda'nın Güney Adası'nın zirvesinde yer alan yaklaşık 50.000 kişilik bir şehirdir. Coğrafi konumu dolayısıyla karayolu taşımacılığı pahalıdır ve demiryolu bağlantısı da yoktur. Şehirde yaklaşık yılda 2,000 ila 3,000 ton arasında geri dönüştürülmüş cam toplanıyordu. Camın uzaklaştırılması ve taşınması işlemleri oldukça pahalıydı. 2005 yılında Hogan ve Nelson Belediyesi geri dönüştürülmüş camın asfalt kaplamasında agrega olarak kullanılmasını kararlaştırdı. Sürecin yararları aşağıda gibi özetlenmiştir.⁸ Yararları:

- Camın depolanması ve uzak yeniden işleme alanına taşınmasının maliyetinin ve taşımadan doğacak çevresel etkilerin azalması,
- Depolama kullanımının azaltılması,
- Daha az doğal agrega kullanılmasıdır.⁸

3.3.4 Lastiklerin Geri Dönüşümünün Kullanılması

Lastikler genellikle kauçuk, çelik ve dokumadan yapılır. Yol inşasında kullanılan geri dönüştürülmüş yol lastikleri genellikle parçalanmış kauçuk (rubber crumb) olarak asfalt kaplamalarda kullanılır. Ancak bu işlem teknik bir takım zorluklar içerir. Kauçuk parçaları bitümdeki yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında erime eğilimindedir ve lastikleri parçalama işlemi son derece büyük bir enerji gerektirir.³ Ancak tüm atık lastikler için kaplama tabakasında ve dolgu alanlarında kullanabilecek yeni teknikler geliştirilmiştir.

3.3.5 Geri Kazanılmış Asfalt Kaplamanın Kullanılması

Geri dönüştürülmüş asfalt kaplaması (RAP), asfalt ve agrega içeren sökülmüş ve yeniden işlenmiş yol kaplama malzemesidir. RAP son yıllarda, sıcak karışimli asfalt kaplaması yol yapımında önemli uygulamalardan biri olmuştur⁹. Amerika'da her yıl 75-95 milyon ton arası RAP, yeni yapılan asfalt kaplamalarda kullanılmaktadır¹⁰. Amerika'daki son araştırmalarda geri dönüştürülmüş asfaltın, temel tabakası ve alt temel tabakasında kullanılması durumunda; küresel ısınma potansiyelini %20, enerji tüketimini %16, su tüketimini %11, atık üretimini %11 ve yaşam döngüsü maliyetlerini azaltmada %21 katkıda sağladığı bulunmuştur.¹¹

2005 yılındaki bir araştırmaya göre karayolu ile ilgili faaliyetler Japonya'nın toplam emisyonunun yüzde ikisini oluşturuyordu.¹² Bu sorunla başa çıkmak için Japonya geri dönüştürülmüş asfaltın daha düşük sıcaklıktaki asfalt kaplaması (warm mix asphalt) ve soğuk kaplamada (cool pavement) dahil bir çok teknoloji geliştirdi. Geri dönüştürülmüş asfalt ile daha düşük asfalt kaplaması elde etmiş ve bu işlem sırasında karıştırma sıcaklığı 160 ° C'den 130 ° C'ye düşmüştür ve azaltılmış yakıt tüketimi ile CO₂'nin yüzde 10-15 oranında azalmasını sağlamıştır.¹³

3.3.6 Jeopolimerlerin ve Alkali Aktivasyonlarının Kullanılması

Jeopolimer beton, portland çimentosuna kıyasla karbon emisyonlarını azaltmada kullanılan alternatif bir teknolojidir. Alkali aktifli çimentolar yapmak için, uçucu küller, demir üretim tesislerindeki yüksek fırın cüruf ve beton atık olmak üzere atık malzemeler kullanılır. Jeopolimer beton, portland çimentosu ile yapılan betondan yaklaşık %45-%80 daha az sera gazı üretir.¹⁴

3.3.7 Yol Güvenliği Uygulamalarında Geri Dönüşüm Malzemeleri Kullanılması

Yol güvenliği uygulamalarında en sık kullanılan geri dönüşüm malzemeleri; plastik, fiberglas, kauçuk, ahşap liflerdir. Ahşap, korkuluk direkleri ve ofset blokları, işaret destekleri, işaret boşlukları ve barikatlar gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Olası diğer uygulamaları arasında esnek trafik direkleri ve trafik konileri yer almaktadır¹⁵. Kauçuk ise geri dönüştürülmüş araba lastiklerinden elde edilip agrega olarak beton bariyer uygulamalarında kullanılabilir.

4- GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ AZALTMA ÇALIŞMALARI

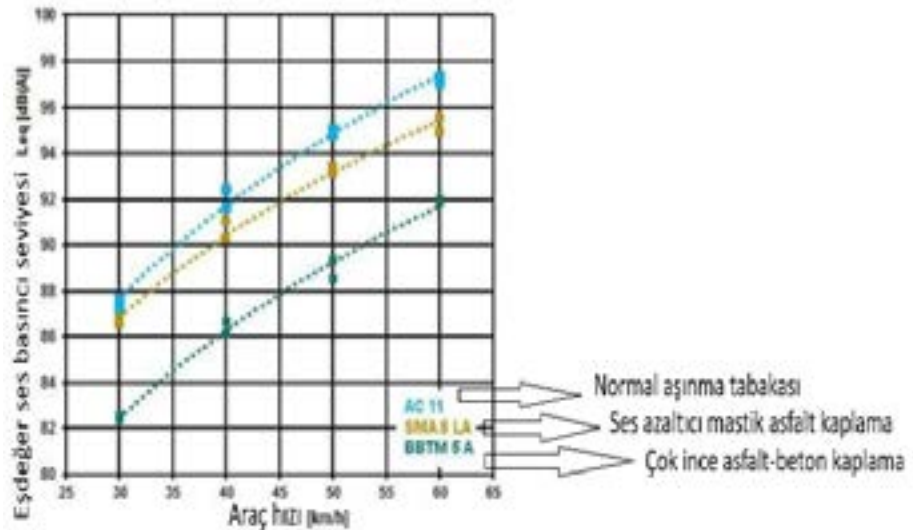
Çok rahatsız edici veya rahatsızlığa neden olan ses, gürültü olarak adlandırılır. Avrupa Birliği'nin çevresel etkilerle ilgili raporuna göre, Avrupa'da yaşayanların % 30'dan fazlasının WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından belirlenen sınırdan daha yüksek karayolu trafik gürültüsü kirliliğine maruz kaldığını ve Avrupa Birliği'nin yaklaşık % 10'unun gece trafik gürültüsü nedeniyle uyku bozukluğu yaşadığı tahmin edilmektedir.¹⁶

Avrupa Birliği binek araçlar için ses basıncı seviyesini 74 dB ile sınırlandırılmıştır ve Avrupa Parlamentosu spor otomobiller hariç yeni binek otomobiller için bu sınırın 8 yıl içinde 68 dB'ye düşürülmesini planlamıştır.¹⁶

4.1 Kaplama Tabakası ile Gürültü Kirliliğini Önleme Çalışmaları

Hollanda'da ince tabaka yol kaplamalarının yol yüzeyinde oluşan lastik ile kaplama arasındaki gürültü etkisi üzerinde araştırmalar yapılmış ve yüzey tabakası seviyesindeki değişimin genel olarak 4 mm'den yüksek dalga boyu aralığında meydana geldiği bulunmuştur. Araştırmacılar, 800Hz'in üzerinde frekanslarda gürültü düzeylerinin farklılıklarının yol yüzeyi özelliklerindeki değişikliklerle son derece ilişkili olduğunu göstermişlerdir (ses emiliminin belirgin varyasyonları 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda meydana gelir). Regresyon katsayıları incelenerek, dalga boyu aralığındaki yol tabakası seviyesinin 8 mm'nin üzerine çıkmasıyla gürültü seviyesinin doğru orantılı olduğu bulunmuştur.¹⁷

Çek Cumhuriyeti Brno üniversitesinde yapılan bir çalışmada asfalt karışımlarının çok ince asfalt-beton kaplama ve ses azaltıcı mastik asfalt kaplama (acoustic pavement) olmak üzere iki aşınma tiplerinde gürültü emisyonları özel cihaz kullanılarak ölçüldü ve asfalt betonunun standart karışımı ile karşılaştırıldı.¹⁸ Ses azaltıcı mastik asfalt kaplama (SMA 8 LA) ise normal aşınma tabakasına göre daha düşük eş değer ses basıncına sahip olsa da bu farklar 1 dB (A) ile 2 dB (A) arasındadır. ¹⁸ Çalışma sonucu çok ince asfalt-beton kaplama (BBTM 5 A), her ölçüm sırasında yaklaşık normal aşınma tabakasından (AC11) daha düşük eşdeğer ses basınç değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4 1 Birbitinden farklı 3 asfalt tipinin eşdeğer ses basıncı seviyesi grafiği

4.2 Ses Bariyerleri ile Gürültü Kirliliğini Önleme Çalışmaları

Ses bariyerleri, ses kaynağı ile insanların yaşam alanı arasında ses yayılımının önünde bir engel olarak tanımlanabilir.¹⁹ Ses bariyerleri ahşap, beton, taş durvar, metal ve şeffaf malzemelerden inşa edilebilir. Ses bariyerleri yol boyunca uzadığında ve yeterince yüksek olduğunda en iyi verim alınabilir ancak ses bariyerinin işlevi sadece ses azaltıcı olmasıdır ve sesin geçişini tamamen engelleyemez.²⁰ Etkili olabilmesi için ses bariyerinin sağlam, sürekli, boşluksuz olmaması ve oldukça yoğun olması gerekir.

Ses bariyerinin yüksekliği, alıcının gürültü kaynağından ses iletimini önlemek için önemli bir role sahiptir. Ses bariyerlerindeki her 1 metre artışın ses seviyesinde yaklaşık 1,5dB azalmasını sağlamaktadır.²¹



Şekil 4-2 Bariyer tipleri

4.4 Yol Kenarı Ağaçlandırılması ile Gürültü Kirliliğini Önleme Çalışmaları

Yol kenarı ağaçlandırılması (roadside vegetation), bitkiler ve hayvanlar için habitat sağlanması, trafik gürültüsü ve ışığa nüfuz etmeyi azaltan bir tampon görevinde olması, yol kullanıcıları için daha estetik bir görüntüye sahip olmasıyla birçok önemli işlevi yerine getirebilir.²²



Şekil 4-3 Örnek yol kenarı ağaçlandırma çalışması

Yol kenarı ağaçlandırılması, değişen trafik koşullarında yol trafik gürültü seviyelerinin azaltılması üzerindeki etkisini belirlemek için bir çalışma yapılmıştır.²³ Yoldan gelen gürültü 16 farklı lokasyonda şekildeki gibi ölçülmüştür.

Tablo 4-1 Değişen ağaçlandırma koşullarındaki ses basıncı seviyeleri ve ses enerjisindeki değişim

| Alan | Ağaçlandırma Olmadan Önceki Ses Seviyesi (dB) | Ağaçlandırmadan Sonraki Ses Seviyesi (dB) | Ses Seviyesindeki Değişim (dB) | Ses Enerjisindeki Değişim (½) |
|------|---|---|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 69 | 65 | 4 | 60 |
| 2 | 67 | 60 | 7 | 80 |
| 3 | 70 | 68 | 2 | 37 |
| 4 | 72 | 66 | 6 | 75 |
| 5 | 72 | 66 | 6 | 75 |
| 6 | 69 | 68 | 1 | 21 |
| 7 | 68 | 63 | 5 | 68 |
| 8 | 66 | 61 | 5 | 68 |
| 9 | 65 | 62 | 3 | 50 |
| 10 | 64 | 62 | 2 | 37 |
| 11 | 68 | 64 | 4 | 60 |
| 12 | 66 | 61 | 5 | 68 |
| 13 | 69 | 63 | 6 | 75 |
| 14 | 68 | 66 | 2 | 37 |
| 15 | 69 | 67 | 2 | 37 |
| 16 | 72 | 66 | 6 | 75 |

- Araştırmaya göre ortalama olarak yol kenarı ağaçlandırması ile gürültü yaklaşık %58 ses enerji azaltımına karşılık gelen 4dBA azaltılabilmektedir.
- Ölçümler, yüksek frekanslı gürültünün ağaçlandırma ile büyük ölçüde zayıfladığını fakat düşük frekanslı gürültünün neredeyse hiç zayıflamadığını göstermektedir.
- Gürültüdeki azalışın, ağaçlandırma alanının genişliği ile doğrusal olarak orantılıdır. 5dBA veya daha yüksek bir değişim elde etmesi için, ağaçlandırma alanının genişliği en az 1,5 metre olması gerektiği bulunmuştur.23

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sera gazı emisyonlarının en büyük kaynaklarından biri olan ulaşım sektörü toplam emisyonların %21'inden sorumludur. Bu emisyonların da neredeyse %75'i karayolu kaynaklıdır. Bu açıdan bakıldığında karayollarında geri dönüşüm yapılması ve yol yapımının çevresel etkilerinin azaltılması uygulamaları karayollarının çevreye verdiği zararlı emisyon miktarını azaltacak ve iklim değişikliğine olan etkisini azaltacaktır.

Ömrünü tamamlamış lastiklerin ve araçların bertaraf edilmesi sırasında çıkan zararlı gazların atmosfere yayılmasını önlemek için lastiklerin ve araçların geri dönüşüm malzemesi olarak kullanılması karbon emisyonlarının azaltılması açısından önem taşımaktadır. Aynı zamanda hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının yapılan inşaatlarda kullanılması yeni malzeme üretilmesini ve kamyon sirkülasyonunu azaltacak çevreye yayılan sera gazı emisyonlarını düşürülecektir.

Yol güzergahının doğru tasarlanması ile birlikte yolun ekolojik etkisi ve yol yapımı için kullanılan malzeme miktarı en aza indirgenecektir. Araç verimliliği için düşük kurpların varlığı önem taşımaktadır. Proje aşamasındaki bazı değişiklikler ile araçlarda önemli enerji tasarrufu elde edilirken bunun iklim değişikliğini etkilerini azaltmada etkisi büyük olacaktır.

Kaplama yüzeyinin pürüzsüz olması, araçların emisyonlarını ve yakıt tüketimini ciddi oranda azaltmaktadır. Kaplama yüzeyinin pürüzsüz olması ile yol yüzeyi araba ve kamyon lastiklerinden daha az hasar alacak ve servis ömrü daha uzun olacaktır.

Yol yapımı doğal çevreye çok miktarda zararlı madde katmakta, toprak ve yüzey koşullarını olumsuz etkilemektedir. Geri kazanılmış asfalt ve agregalar, öğütülmüş camlar ve lastikler gibi geri dönüştürülmüş malzemeler, jeopolimerler ve alkali aktivasyonları gibi bazı yenilikçi uygulamaların yol yapım sürecinde kullanılması çevreye fazla miktarda yabancı madde atılmasını engelleyecektir. Geri dönüşüm, yeni malzeme üretiminin azalmasını ve çevre kirliliğinin önlenmesini sağlayacak, enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonlarının azalması ile birlikte iklim değişikliğine pozitif katkı sağlayacaktır.

6. REFERANSLAR

1. <https://www.worldhighways.com/wh3/wh5/wh6/feature/sustainable-road-construction-current-practices-and-future-concepts> (November 23, 2015)
2. <https://www.sustainablehighways.org/203/what-is-a-sustainable-highway.html>(2017)
3. Peter N, Charlie H, Cheryl D, (2012). 'Reducing the environmental impact of road construction' accessed 20 July 2011, accessed 01 January 2019
4. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016). 'Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023'
5. Marks, H. & Newcomb, D. (2009) 'Smoothness Matters: The Influence of Pavement on Fuel Consumption', National Asphalt Pavement Association, USA
6. <https://estatespaving.com/perpetual-pavement-and-its-benefits/> (2017)
7. Alex Fraser Group (2008) 'The Premier Officially Opens the Western Metropolitan Recycling Facility', www.alexfraser.com.au/laverton-site-information.html, accessed 20 July 2011
8. Hogan, F. (2008) 'Use of Recycled Glass in Pavement Aggregate', 23rd ARRB Conference, Australian Road Research Board, Australia
9. Baoshan Huang a, Xiang Shu a, Guoqiang Li, (2005). 'Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements'
10. Lambert, J. (2011) Personal communications, CEO, Australia Asphalt Pavement Association (AAPA), 12 September 2011
11. Lee, J. C., T. B. Edil, et al. (2010). "Quantitative assessment of environmental and economic benefits of recycled materials in highway construction «
12. Kubo, K. (2010) 'Pavement Technologies in Japan: Measures Against Environmental Issues', International Symposium for Environmentally Friendly Road and Transport in Climate Changes, National Institute of Land Infrastructure Management & Research and Development Centre of Road and Bridge, Indonesia
13. Kubo, K. (2015) (undated) 'Recycling in Japan', 3rd International Conference on Asphalt Materials, China
14. McGuire, E., Provis, J., Duxson, P., & Crawford, R. (2011) 'Geopolymer Concrete: Is there an alternative and viable technology in the concrete sector which reduces carbon emissions?'
15. Roger P. Bligh, Dean C. Alberson, and Barbara G. Butler (1993). 'APPLICATIONS OF RECYCLED MATERIALS IN Code ROADSIDE SAFETY DEVICES'
16. Europe's environment: the third assessment, Copenhagen: European Environment Agency, ISBN 92-916-7574-1, (2003)
17. Mingliang Lia, Wim van Keulenb, Halil Ceylan, Martin v, André Mo,) (2013). 'Influence of changes in surface layer properties on tire/pavement noise'
18. Petr Kozak^{1, a}, Ondrej Dasek^{1, b}, Radka Matuszkova¹, Michal Radimsky¹, (2006) 'Low-Noise Asphalt Pavements in Urban Areas' accepted:2016-09-08
19. Halim¹, M F M Yusob, R Abdullah, M J M Nor, N A Rahman, , N S A Sukor, Z. Haron, (2018) 'Noise Barrier as an Option to Reduce Road Traffic Noise from Highways in Klang Valley, Malaysia H'
20. B. Kotzen, C. English. (2009) 'Environmental Noise Barrier: A Guide To Their Acoustics And Visual Design
21. <https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/measurement/handbook.cfm> (2018)
22. Suzanne J. Milton W. Richard J. Dean Leonard E. Sielecki Rodney van der Ree (2015) 'The Function and Management of Roadside Vegetation'
23. Kalansuriya¹, A.S. Pannila¹, D.U.J. Sonnadara² (2009) 'Effect of roadside vegetation on the reduction of traffic noise levels'



Dr. Deniz DEMİRHAN
İTÜ Meteoroloji Müh. Bölümü
Öğretim Üyesi
İstanbul Avrupa Yakası
İl Temsilcisi

ORMAN YANGINLARI KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNİN GÖRÜŞ MESAFESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ



Ahmet Alper DEMİR
Meteoroloji Mühendisi

Özet

Orman yangınları, atmosferdeki organik madde kaynaklı partikül kirliliğinin en büyük ikinci kaynağıdır. Yerel hava kalitesi, görüş mesafesi ve insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olabilir. Orman yangınlarından kaynaklanan emisyonlar uzun mesafeler kat edebilir. Kaynağından çok uzaklara yayılan kirleticiler, zararlı etkilerini bu bölgelerde de gösterebilir. Dolayısıyla her yıl hem ülkemizde hem de Dünya’da görülen binlerce orman yangını sebebiyle oluşan zararlı etkilere maruz kalmaktayız. Bu çalışmada hava kirleticilerinin görüş mesafesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmada, çapı 10 μm ve daha küçük olan partiküler maddeler (PM₁₀), SO₂, NO₂ ve O₃ gibi kirleticilerle birlikte hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, yüzey güneş radyasyonu gibi meteorolojik değişkenler de dikkate alınmıştır. Bu parametrelere bağımsız t-testi ve temel bileşenler analizi uygulanarak görüş mesafesinde azalma ve orman yangınları kaynaklı hava kirliliği arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada, 2021 yılının yaz aylarında Muğla ve Antalya illerinde gerçekleşen orman yangınlarına ait veriler kullanılmıştır.

1. Giriş

Hava kirliliği, daha büyük bir ölçekte, atmosferin kirlenmesine ve ekosistemin bozulmasına neden olan bir kaynağın tüm yıkıcı etkileri olarak tanımlanmaktadır (Azam vd., 2016). Dünya Sağlık Örgütü’ne göre (WHO) yer seviyesinde; çapları 2.5 ila 10 μm arası değişen partiküller (PM₁₀ - PM_{2.5}), CO, SO₂, NO₂, O₃ ve Pb insan sağlığına zarar veren 6 ana hava kirleticisidir. Havada çeşitli konsantrasyonlarda bulunan bu maddeler ve oluşturdukları aerosoller; görünür ışığı soğurabilir, saçabilir veya yansıtabilir. Bu optik süreçler sonucunda ise görüş mesafesinde azalma olması beklenebilir. Bu optik olayların şiddeti ve dolayısıyla görüş mesafesindeki azalma partikül boyutuna, şekline, bileşimine ve kirletici üzerinde yoğunlaşan su miktarı gibi faktörlere bağlıdır. (Visibility in Mandatory Federal Class I Areas, 1998)

2. Çalışma alanı, veri ve yöntem

2.1 Çalışma alanı

Türkiye’de 2021 yılının yaz aylarında gerçekleşen toplam 180 orman yangını 38 farklı ili etkiledi. 28.07.2021 tarihinde başlayan yangınlar, ağırlıklı olarak Türkiye’nin Akdeniz ve Ege bölgelerinde devam etti. (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2021). Bu yangınların en etkili olduğu konumlar Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Türkiye 2021 yaz ayları orman yangınları (Muğla ve Antalya)

| Yangının Çıktığı İlçe | Bağlı Olduğu İl | Yangının Çıktığı Tarih | Yangın Süresi |
|-----------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| Köyceğiz | Muğla | 29.07.2021 | 14 Gün |
| Manavgat | Antalya | 28.07.2021 | 10 Gün |

Çalışmada Tablo 1 ile gösterilen Köyceğiz ve Manavgat bölgelerindeki orman yangınları incelenmiştir. Veriler, Muğla ilinin, Menteşe ilçesinin, Musluhittin mahallesine ve Antalya ilinin Manavgat ilçesi istasyonlarına aittir.

2.2 Veri

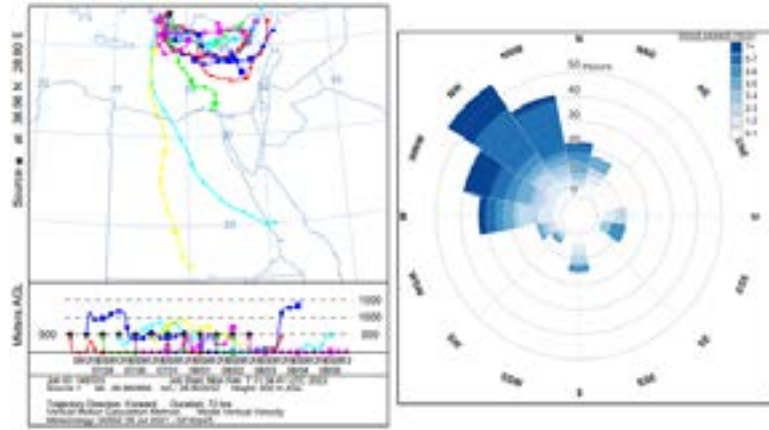
Çalışmada görüş mesafesi üzerinde en fazla etkisi olan orman yangınları kaynaklı kirlleticiler ve sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, yere ulaşan güneş radyasyonu ve görüş mesafesi kullanılmıştır. Kullanılan veriler, tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Çalışma için gerekli veriler (değişkenler ve birimleri)

| KIRLETICILER | METEOROLOJİK DEĞİŞKENLER |
|---------------------------------------|--|
| PM ₁₀ (µG/M ³) | Sıcaklık (T,Tmin,Tmax) (°C) |
| SO ₂ (µG/M ³) | Bağıl Nem (%) |
| NO ₂ (µG/M ³) | Rüzgar Hızı (m/s) |
| O ₃ (µG/M ³) | Yüzey Güneş Radyasyonu (W/m ²) |
| | Görüş Mesafesi |

Günlük ortalama ve / veya saatlik kirleticiler için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın UHKIA, ulusal hava kalitesi verileri kullanılmıştır. Meteorolojik parametreler ise, ECMWF ERA5 yeniden analiz verileridir. ERA5 verileri, çok sayıda atmosferik, kara ve okyanus iklimi değişkenlerinin saatlik, 4 boyutlu (enlem, boylam, yükseklik ve zaman) beşinci nesil ECMWF yeniden analiz veri setidir.

Görüş mesafesi verileri, Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiş, ancak Muğla'daki orman yangınına ait veriler bulunmadığından, bölgenin güneyindeki Dalaman Havalimanı'na ait görüş mesafesi verileri, METAR kodlarından okunup, Muğla analizi için kullanılmıştır. Bu verilerin çalışmada kullanılabilmesi açısından uygunluğu, yangın tarihlerinde görüş mesafesinin düşüp düşmediği ile ve ayrıca yangınlardan dolayı atmosfere yayılan dumanın havalimanı istasyonunun üzerinden geçip geçmediği hususunda HYSPLIT Trajectory Modelinin çalıştırılmasıyla saptanmıştır. 1 Ağustos 2021 tarihinde Musluhittin Mahallesi'ne ait (Menteşe, Muğla) ormanlık alandaki enlem ve boylam kullanılmış olup, model 3 gün boyunca 12'şer saat aralıklarıyla çalıştırılmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi yangının yaşandığı bölgelerdeki hava parsellerinin bu süreçte izlediği yol çoğunlukla güney yönünde olup Dalaman Havalimanı'nından geçtiği görülmüştür.



Şekil 1. Yangın noktasında çalıştırılan HYSPLIT modeli ve rüzgar hızı ve yönü analizi

Buna ek olarak, Dalaman Havalimanı METAR kodları kullanılarak yangın dönemindeki rüzgar hızı ve yönünün de analizi yapılmıştır. Şekil 1'e göre (sağ), rüzgarın çeşitli yönlerde değişiklik gösterdiği sonucu çıksa da; frekansı ve şiddeti en yüksek olan rüzgarlar kuzeybatı başta olmak üzere kuzey ve batı yönleridir. Bu bağlamda Dalaman Havalimanı görüş mesafesi bakımından taşınan kirletici maddelerden etkilenmektedir.

Antalya'daki Manavgat yangını için de görüş mesafesi verisi bulunamadığından, Tablo 3'deki 'Turbidite' (atmosfer bulanıklığı) değerleri kullanılmıştır. Bu tabloda; β ve α parametreleri (sırasıyla bulanıklık katsayısı ve dalga boyu katsayısı) kullanılarak elde edilen atmosfer bulanıklığını ve görüş mesafesi değerleri gösterilmektedir (Iqbal, 1983). Manavgat'daki orman yangını için, 'Very Turbid', çok bulanık durumuna ait 5 km ve altındaki değerler alınmıştır. Buna ek olarak, Temmuz 2020'de Manavgat'da gerçekleşen ve 2 gün süren başka bir orman yangınına ait görüş mesafesi verileri de, 2021'deki yangın dönemi için kullanılmıştır. Bu bağlamda; yapılan Antalya analizinde görüş mesafesi verileri olmayan bir istasyon için bu metodun uygulanabilirliği de aynı zamanda çalışmaya işlenmek istenmiştir. Ancak öte yandan, ölçülmesi gereken gerçek görüş mesafesi verilerinin eksikliği de önemli bir husustur.

Tablo 3. Atmosfer bulanıklığına bağlı değişkenler ve dereceleri

| Atmosfer | β | α | Görüş Mesafesi (km) |
|---------------|---------|----------|---------------------|
| Temiz | 0.00 | 1.30 | 340 |
| Açık | 0.10 | 1.30 | 28 |
| Bulanık | 0.20 | 1.30 | 11 |
| Aşırı Bulanık | 0.40 | 1.30 | <5 |

2.3 Metot

Bağımsız t-testi iki veri grubunun sahip olduğu değerleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için ortalamalarını karşılaştıran istatistiksel bir testtir. Veri grubu sayısı nedeniyle anlamlılık analizi için bağımsız t-testi seçilmiştir. Eğer grup sayısı 2 ise, ANOVA ve t-testi aynı sonucu vermektedir, ancak grup sayısının 3 veya daha üstü olduğu durumlarda ANOVA uygulanmaktadır. Muğla ve Antalya için yapılan bu çalışmada da t-testi kullanılmıştır.

t-testinin yanı sıra görüş mesafesi ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişki için PCA (Temel bileşenler analizi) testinin de kullanıldığı bilinmektedir (Majewski vd., 2014). Şekil 2’de bu çalışmada yapılan PCA testinin sonuçları gösterilmektedir.

| Parameter | Component | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| PM ₁₀ , µg m ⁻³ | 0.75 | 0.00 | -0.51 | 0.09 |
| SO ₂ , µg m ⁻³ | 0.71 | 0.20 | -0.33 | 0.20 |
| NO ₂ , µg m ⁻³ | 0.70 | -0.12 | -0.48 | 0.17 |
| O ₃ , µg m ⁻³ | -0.41 | 0.75 | 0.04 | 0.21 |
| T, °C | -0.75 | -0.48 | -0.41 | 0.06 |
| T _{max} , °C | -0.74 | -0.57 | -0.25 | -0.02 |
| T _{min} , °C | -0.75 | -0.38 | -0.50 | 0.07 |
| f, % | 0.29 | -0.69 | 0.50 | -0.08 |
| Precipitation, mm | -0.14 | -0.27 | 0.41 | 0.84 |
| Radiation, W m ⁻² | -0.38 | 0.46 | -0.63 | 0.14 |
| Visibility, km | -0.62 | 0.51 | -0.04 | -0.08 |
| V, m s ⁻¹ | -0.44 | 0.39 | 0.55 | 0.03 |
| Output value | 4.23 | 2.48 | 2.21 | 0.87 |
| Share | 0.35 | 0.21 | 0.18 | 0.07 |

| | Component | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PM ₁₀ , µg m ⁻³ | -0.09 | -0.83 | -0.24 | 0.25 | 0.06 |
| SO ₂ , µg m ⁻³ | -0.03 | -0.68 | -0.09 | 0.44 | -0.12 |
| NO ₂ , µg m ⁻³ | 0.09 | -0.78 | -0.27 | -0.04 | -0.25 |
| O ₃ , µg m ⁻³ | -0.71 | -0.05 | 0.43 | 0.24 | 0.24 |
| T, °C | -0.85 | 0.23 | -0.44 | 0.00 | 0.03 |
| T _{max} , °C | -0.64 | 0.44 | -0.56 | -0.02 | 0.00 |
| T _{min} , °C | -0.91 | 0.07 | -0.35 | 0.02 | 0.01 |
| f, % | 0.68 | 0.40 | -0.53 | -0.02 | -0.05 |
| Precipitation, mm | 0.17 | 0.44 | -0.27 | 0.68 | -0.12 |
| Radiation, W m ⁻² | -0.81 | -0.18 | 0.34 | -0.06 | 0.05 |
| Visibility, km | -0.39 | 0.29 | 0.39 | 0.01 | -0.76 |
| V, m s ⁻¹ | 0.22 | 0.50 | 0.42 | 0.39 | 0.15 |
| Output value | 3.82 | 2.73 | 1.75 | 0.94 | 0.77 |
| Share | 0.32 | 0.23 | 0.15 | 0.08 | 0.06 |

Şekil 2. PCA Uygulaması (Majewski vd., 2014)

PCA uygulaması da mevsimselliği göz önünde bulundurduğundan, her mevsim grubu için ayrı ayrı yapılmıştır. (Soldaki soğuk mevsimler, sağdaki ise sıcak mevsimler). Yapılan temel bileşenler analizi PM₁₀ ve NO₂'nin görüş mesafesi üzerindeki olumsuz etkisini kanıtlar niteliktedir. Öte yandan, diğer tüm parametreler değiştirilmeden ozon konsantrasyonunda gerçekleşen %50 oranındaki bir azalma, görüş mesafesinde 0.03 km'lik artışa yol açarken, aynı şekilde diğer tüm parametreler değişmeden PM₁₀'da %50 oranındaki bir azalma, görüş mesafesinde 1.1 km artışa yol açar, dolayısıyla PM₁₀ konsantrasyonun görüş mesafesinde, ozondan daha fazla etkisi olduğu anlaşılır. Görüş mesafesinin sıcaklıkla birlikte arttığı; PM₁₀ ve NO₂ konsantrasyon miktarlarıyla da yüksek korelasyona sahip olduğu da vurgulanabilir. Ayrıca rüzgar hızı, atmosfer basıncı ve CO₂'nin de görüş mesafesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada, kirletici partiküller ve görüş mesafesi arasındaki önemli bir ilişki olduğu ve artan konsantrasyonun görüş mesafesini önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür (Majewski vd., 2014).

Muğla ve Antalya için yapılan bu çalışmada da PCA analizi uygulanmış ve sonuçların anlamlı olduğu görülmüştür (Tablo 7).

3. Sonuçlar ve tartışma

Muğla ve Antalya analizlerinde bağımsız t-testi ve PCA uygulaması yapılacak tarihlerdeki (12 Temmuz 2021 - 12 Ağustos 2021) görüş mesafesi verileri ve diğer tüm değişkenler günlük ortalamaya çevrilmiş olup; 1 ay için elde edilen veri grubu, normal dönem ve yangın dönemi olarak 15'er gün şeklinde ikiye ayrılmıştır. Muğla analizinde; Tablo 4' de görüldüğü gibi gruplar arasında yapılan bağımsız örneklem t-testine göre, Levene testi değeri (sig) 0.001'den küçük hesaplanmıştır. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05'den küçüktür. Dolayısıyla eşit varyansları temsil eden H0 hipotezi reddedilerek, görüş mesafesi gruplarının varyanslarının popülasyonda eşit olarak (homojen) dağılmadığı kanıtlanmıştır.

Buna ek olarak; çift taraflı p değerine bakıldığında; normal bir dönemle, orman yangınının yaşandığı dönemin görüş mesafeleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir. ($t[28]=2.28$; $p<0.05$)

Tablo 4. Muğla bağımsız t-testi

| | F | Sig. | Levene testi | | t-testi | |
|--------------------------|--------|-------|--------------|--------|---------------|----------------|
| | | | t | df | Tek taraflı p | Çift taraflı p |
| Görüş M. Eşit varyanslar | 21.586 | <.001 | 2.280 | 28 | .015 | 0.030 |
| Eşit olmayan varyanslar | | | 2.280 | 14.000 | .019 | 0.039 |

PCA testi sonucu ise 3 boyuta indirilen orman yangını grubunun test sonucu tablo 5'te gösterilmektedir. Toplam dağılımın %55.05'ini ilk bileşen temsil etmektedir. Geri kalan 2. ve 3. bileşenler ise sırasıyla %29.027 ve %12.328 oranında toplam dağılımı temsil etmektedir.

Tablo 5. Muğla PCA Tablosu

| | Bileşenler | | |
|------------------|------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| T | .838 | -.537 | -.014 |
| Tmin | .688 | -.715 | -.067 |
| Tmax | .684 | -.718 | -.091 |
| Rüzgar | .204 | .017 | -.975 |
| Bağıl Nem (RH) | -.948 | -.013 | -.225 |
| Rad | .939 | -.170 | -.113 |
| PM ₁₀ | -.745 | .616 | .218 |
| SO ₂ | -.519 | .789 | -.145 |
| Görüş Mesafesi | .817 | -.515 | -.121 |

İlk bileşene bakıldığında, yer yüzeyine ulaşan güneş radyasyonuna (Rad, $r=0.939$) bağlı olarak; T, Tmin ve Tmax (Sıcaklık değerleri) yükünün pozitif ve yüksek olduğu görülmektedir. Ancak buna karşılık, yüksek negatif korelasyon değerleriyle ilişkili olan PM10 ve SO2 konsantrasyonları, havanın ısınmasıyla kirletici konsantrasyonlarının düştüğünü ifade etmektedir. Yine başka bir meteorolojik parametre olarak bağıl neme (RH) bakıldığında bu bileşendeki en yüksek yük değerini bağıl nemin (RH, $r=-0.948$) göstermesi ise; görüş mesafesinin düşmesinde bağıl nemin önemli bir rol oynadığını kanıtlar niteliktedir (Görüş Mesafesi, $r=0.817$). İkinci bileşende ise bu sefer Tmin ve Tmax yüklerinin daha fazla olduğu, yine kirletici partikül konsantrasyonlarıyla ters, görüş mesafesiyle ise aynı işaretli korelasyon oluşturduğu görülmektedir. Bu sonuca göre artan minimum ve maksimum sıcaklık değeri, partikül konsantrasyonunu düşürüp, görüş mesafesini önemli ölçüde iyileştirmektedir (Görüş Mesafesi, $r=-0.515$). Son bileşende ise rüzgar değişkeninin yükü yüksektir (Rüzgar, $r=-0.975$). Buna bağlı olarak görüş mesafesinde zayıf korelasyonlu bir iyileşme meydana gelmiştir (Görüş Mesafesi, $r=-0.121$).

Antalya analizinde; Tablo 6'da görüldüğü gibi gruplar arasında yapılan bağımsız örneklem t-testine göre, Levene testi değeri (p) 0.001'den küçük hesaplanmıştır. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0.05'den küçüktür. Dolayısıyla eşit varyansları temsil eden H0 hipotezi reddedilerek, görüş mesafesi gruplarının varyanslarının popülasyonda eşit olarak (homojen) dağılmadığı kanıtlanır. Buna ek olarak; iki kuyruklu p değerine bakıldığında; normal bir dönemle, orman yangınının yaşandığı dönemin görüş mesafeleri arasında anlamlı bir farklılık vardır. ($t[28]=5.24$; $p<0.05$)

Tablo 6. Antalya bağımsız t-testi

| | F | Sig. | Levene testi | | t-testi | |
|--------------------------|--------|-------|--------------|--------|---------------|----------------|
| | | | t | df | Tek taraflı p | Çift taraflı p |
| Görüş M. Eşit varyanslar | 54.091 | <.001 | 5.249 | 28 | <.001 | <.001 |
| Eşit olmayan varyanslar | | | 5.249 | 14.000 | <.001 | <.001 |

Antalya analizinde, Muğla analizinden farklı olarak; PCA testi öncesi boyut indirgenmesi işlemi özvektör değeri 0,998 olan 4. Bileşen 1000'de 2'lik bir eksiklikle 1,000 bandını aşmamasına rağmen, bileşen olarak kabul edilip önem arz ettiği için teste dahil edilmiştir, dolayısıyla Antalya PCA, 4 bileşen üzerinden incelenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Antalya PCA Tablosu

| | Bileşenler | | | |
|------------------|------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| T | .948 | .183 | -.217 | .005 |
| Tmin | .951 | .112 | -.226 | -.014 |
| Tmax | .949 | .088 | -.234 | -.018 |
| Rüzgar | .152 | .291 | .263 | .304 |
| RH | -.847 | -.149 | -.118 | -.127 |
| Rad. | .315 | -.630 | -.159 | -.058 |
| PM ₁₀ | -.567 | -.416 | .663 | -.174 |
| SO ₂ | -.452 | -.255 | .833 | .117 |
| NO ₂ | -.545 | -.404 | .084 | -.498 |
| O ₃ | -.220 | -.724 | .209 | -.233 |
| Görüş M. | .563 | .681 | -.110 | .357 |

Testte birinci bileşene bakıldığında, T, Tmin ve Tmax değerlerinin yüklerinin yüksek olduğu görülmektedir. ($r=0.948, r=0.951, r=0.949$) Bu korelasyon değerleri karşısında PM10 ve diğer kirletici partikül konsantrasyonları ise (SO₂, NO₂ ve O₃) negatif korelasyon değerleri almıştır. Dolayısıyla artan hava sıcaklığıyla birlikte kirletici partikül konsantrasyonunda azalma, buna bağlı olarak da görüş mesafesinde iyileşme meydana gelecektir (Görüş Mesafesi, $r=0.563$). Birinci bileşende yükü fazla olan bir diğer meteorolojik parametre ise bağıl nemdir (RH, $r=-0.847$). Bağıl nem için elde edilen yüksek korelasyona bağlı olarak negatif değerli görüş mesafesi, bağıl nemdeki artışın görüş mesafesini kısıtlayacağını ifade etmektedir.

Testte ikinci bileşene bakıldığında görüş mesafesinin bu bileşende kuvvetli yüklendiği görülmektedir. (Görüş Mesafesi, $r=0.681$). İkinci bileşende diğer meteorolojik değişkenlere göre en fazla yüke sahip olan değişken ise yüzey güneş radyasyonudur (Rad, $r=-0.630$). Buna bağlı olarak kirleticilerden O₃, negatif yüklüdür ve korelasyonu yüksektir (O₃, $r=-0.724$). Sonuçta, artan yüzey güneş radyasyonu ile birlikte görüş mesafesinin kısıtlandığı yorumu yapılabilir. Buna ek olarak bu bileşende yükselen ozon konsantrasyonu da görüş mesafesinde önemli bir kısıtlayıcı rol oynamıştır. Nitekim yüksek SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının da görüş mesafesi üzerinde azaltıcı bir rolünün olduğu da açıktır.

Testte üçüncü bileşene bakıldığında görüş mesafesinin yükünün en az olduğu bileşenin bu bileşen olduğu görülmektedir (Görüş Mesafesi, $r=-0.110$). Ancak yine de yüksek ve pozitif SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının görüş mesafesi üzerinde kısıtlayıcı etkisi tekrardan doğrulanmaktadır. Bu bileşendeki diğer tüm değişkenlerin yükleri önem arz etmemektedir.

Testteki son bileşende ise rüzgar değişkeninin yükü görüş mesafesini artırma yönündedir (Rüzgar, $r=0.304$; Görüş Mesafesi, $r=0.357$). Bu bileşendeki NO₂ konsantrasyonu incelendiğinde, NO₂ arttığında görüş mesafesinin azaldığı görülmektedir (NO₂, $r=-0.498$). Buna ek olarak, NO₂ konsantrasyonunun artışı, bir diğer kirletici olan ozonun yer seviyesindeki üretiminin artmasına ve dolayısıyla konsantrasyonun da yukarı yönlü değişmesine yol açtığı, yine bu bileşende görülmektedir (O₃, $r=0.-233$).

Kaynaklar

- Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21(1), 65. <https://doi.org/10.4103/1735-1995.189646>
- Grzegorz Majewski, Piotr Oskar Czechowski, Artur Jerzy Badyda ve Andrzej Brandyk. (2014). Effect of air pollution on visibility in urban conditions., 40(2).
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J.,Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049. doi:10.1002/qj.3803
- Iqbal, M. (1983). *Solar Spectral Radiation Under Cloudless Skies. An Introduction to Solar Radiation* (ss. 107-168). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-373750-2.50011-2
- United States Environmental Protection Agency. (2001). *Visibility in Mandatory Federal Class 1 Areas (1994-1998): Report to Congress*.

www.meteoroloji.org.tr

**METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
SOSYAL MEDYA HESAPLARIMIZ**





1.Sayı Temmuz 2020



2.Sayı Ağustos 2020



3.Sayı Eylül 2020



4.Sayı Ekim 2020



5.Sayı Kasım 2020



6.Sayı Aralık 2020



7.Sayı Ocak 2021



8.Sayı Şubat 2021



9.Sayı Mart 2021



Özel Sayı 2021



10.Sayı Nisan 2021



11.Sayı Mayıs 2021



12.Sayı Haziran 2021



13.Sayı Temmuz 2021



14.Sayı Ağustos 2021



15.Sayı Eylül 2021



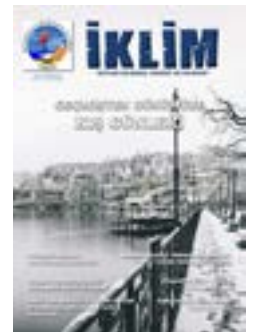
16.Sayı Ekim 2021



17.Sayı Kasım 2021



18.Sayı Aralık 2021



19.Sayı Ocak 2022



20.Sayı Şubat 2022



21.Sayı Mart 2022



Özel Sayı 2022