



İKLİM



“HAVANI BİLİRSEN, RİSKİNİ DE BİLİRSİN”

DÜNYA SU VE METEOROLOJİ GÜNÜ KUTLU OLSUN...

RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL
PROJELERİNDE UZAKTAN
ALGILAMA YÖNTEMİ
UYGULAMALARI

ASFALT SERİM
KOŞULLARI: İSTANBUL
ÖRNEĞİ

TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ
PLANI (2020-2035 DÖNEMİ)

HAVA KİRLİLİĞİ
ve YÖNETİMİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR SU
YÖNETİMİ MÜMKÜN MÜ?



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 BIÇKİCİ
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. ZFAER 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

İÇİNDEKİLER

ÖZEL SAYI 2023

METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI "22 MART DÜNYA SU GÜNÜ - 2023 "	5
MURAT DURAK "TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ PLANI (2020-2035 DÖNEMİ)"	10
MAHMUT KAYHAN "HAVA KİRLİLİĞİ ve YÖNETİMİ"	14
MURAT DURAK "RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJELERİNDE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ UYGULAMALARI"	20
AHMET KÖSE "ASFALT SERİM KOŞULLARI: İSTANBUL ÖRNEĞİ"	28
NAMİK CEYHAN "SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ MÜMKÜN MÜ?"	37
KÖKSAL KÖKSOY "TERMİK ve DİNAMİK KARARSIZLIK İNDEKSİ (TDKİ) GELİŞTİRİLMESİ UYGULAMASI ve TUTARLILIK ANALİZİ"	44
KEMAL OLGUN "BURSA İLİ YERALTISUYU DURUMU"	51
FERYAL BIÇKICI "PROJE KESİTLERİNDE AKIM ÖLÇÜMLERİNİN ve AĞI'LERİN ÖNEMİ - 2"	55

EDITÖR



Meteoroloji Mühendisleri
Odası adına
Başkan
FIRAT ÇUKURÇAYIR

Sevgili Meslektaşlarımız,
Bildiğiniz gibi; Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın Birleşmiş Milletler çatısı altında kuruluş sözleşmesinin yürürlüğe girdiği 23 Mart 1950 yılından günümüze kadar her "23 Mart" Dünya Meteoroloji Günü olarak kutlanmaktadır. WMO her yıl ayrı bir tema belirleyerek toplumlarda meteoroloji biliminin fark ve farkındalığını ortaya koymaya çalışmaktadır.

Bu yılın teması ise "Nesiller boyunca Hava, İklim ve Suyun Geleceği" dir. Bu temanın üç parametresine de ayrı ayrı baktığımız zaman aslında yaşamın ve insanlığın geleceğini belirleyen temel öğeler olduğunu görebilmekteyiz.

İnsanlar var olduğu ilk günden beri, henüz Meteoroloji biliminin adının bile konulmadığı zamanlardan günümüze kadar, meteoroloji bilimi ile hep iç içe olmuşlardır. İlk başlarda gerek hayvanlara gerekse yıldızlara, güneşe ve aya bakarak hava durumunu tahmin etmeye çalışmışlar ve hayatlarını planlamışlardır. Daha sonra bazı meteorolojik olayları gözlemleyerek hangi koşullarda oluştuğunun istatistiksel analizlerini yapmışlar ve gelecek nesillere bu bilgileri aktarma yollarını oluşturmuşlardır.

Yakın zamana kadar "Saatli Maarif Takvimi" bu anlayışla oluşturulmuş bir meteorolojik bilgi aktarım aracı olmuştur. Ama artık gelişen dünyada uydulardan, radarlardan, uçaklardan, gemilerden, binlerce otomatik ve manuel gözlem istasyonlarından alınan milyonlarca meteorolojik gözlem verisi saniyeler içinde belli merkezlere toplanarak işlenmektedir. Bu verinin kullanılmasıyla oluşturulan tahmin ve analizlerin kullanıcılara aktarılması ile kat ettiğimiz teknolojik gelişmeler ilerlememize katkı sağlamaktadır. Öte yandan, gelişmenin bedeli olarak kara ve deniz ekosistemlerinin her geçen gün daha da azalması ve bozulması, buzulların erimesi gibi durumlar ile iklim değişmekte ve aşırı hava olaylarının hem sayısı hem süresi artmaktadır. Öyle ki bunun sonucunda hepimizin üzerinde ortak yaşadığı adına dünya dediğimiz gezegenimizde maalesef gelecek nesillerin yaşam standartları ve konforları hiç olmadığı kadar da risk altındadır.

Dünyamız insan faaliyetlerinden kaynaklı sera gazları nedeniyle ne yazık ki; sürekli ısınıyor. Bu ısınma nedeniyle atmosferik sirkülasyon hem hızlanıyor hem de değişiyor. Bu etkileşim ile Dünyamız üzerinde sabit olan su miktarının dağılımı ciddi değişiklikler göstermektedir. Artan nüfus nedeniyle her geçen gün kişi başına düşen su miktarları azalmaktadır. Su aynı zamanda yaşam demek olduğu için gelecekte bizleri en çok etkileyecek hammadde olmaya devam edecektir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı yaptığı bir açıklamasında her yıl yaklaşık olarak üç milyar kişinin en az bir ay süre ile temiz su kaynaklarına erişemediğini ve 2050 yılına kadar bu rakamın beş milyarı aşacağını belirtmektedir. Hava, iklim ve su döngümüz maalesef gelecekte geçmişte olduğundan çok daha farklı olacak. Şu anda insanlığın tek şansı ise "Hava durumu, iklim ve hidrolojik hizmetler" ile ilgili zorlukların üstesinden gelmemize ve fırsatları değerlendirmemize yardımcı olacak gelişmiş ve sürekli gelişen teknoloji olacaktır.

Daha nice 23 Mart'larda görüşmek üzere tüm meteoroloji camiasının "23 Mart Dünya Meteoroloji Günü" ve "22 Mart Dünya Su günü" kutlu olsun.



22 MART DÜNYA SU GÜNÜ 2023



SU İÇİN, SADECE SU GÜNÜNDE NUTUK ATMAKTAN ÖTE BİR ŞEY YAPMAK GEREKİR.

Her yıl olduğu gibi, Dünya Su gününde, birçok yerden, suyun önemine ilişkin atıflar yapılarak suyun yaşamın temel olgusu olduğu, susuz yaşam olamayacağı belirtilerek, su sorunları iklim değişimine bağlanmaya çalışılacaktır.

Savaşların bir kısmı doğrudan, bir kısmı da gizli olarak su kaynaklarına sahip olmayı amaçlamaktadır. Ancak savaşlar su kaynaklarına sahip olmayı amaçlarken diğer taraftan kaynakların kirlenmesine ve yok olmasına da neden olmaktadır.

Dünyamızda karalar üzerinde suyun dağılımı çok büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı bölgelerin su yoksunu olmasından, bazı bölgelerde ise insanların alım gücünün yetersiz olmasından suya erişim konusunda sorunlar yaşanmaktadır. UNESCO'nun 2019 Dünya Su Raporuna göre iki milyar insanın temiz su kaynaklarına düzenli erişemediği, 4,3 milyar insanın ise sıhhi tesisat kullanmadığı belirtilmektedir.

Ülkemiz ve Su

Suların kaynağı olan yağış ülkemiz coğrafyasında çok farklılıklar göstermektedir. Karadeniz Bölgesinde bazı yerler 2500 mm, İç Anadolu Bölgesi bazı yerler 250 mm kadar yağış alırken ülkemizin uzun yıllar yağış ortalaması 570 mm olarak hesaplanmaktadır. Havzaların fiziki ve iklimsel özelliklerinden dolayı havza verimi açısından su miktarları ve havza içerisinde suyun kullanılabilir su miktarları çok büyük farklılıklar göstermektedir.

Ülkemiz değişik büyüklüklerde ve farklı fiziki, beşerî ve iklim özellikleri taşıyan 25 akarsu havzasına ayrılmıştır. 25 havzadaki akarsuların ikisi başka ülkelerde doğup Ülkemizden, 4 tanesi Ülkemizden doğup başka ülkelere denize dökülmektedir.

Havzaların içerisinde bulunan özellikle yerleşim, sanayi ve madencilik ile ilgili kullanılan su miktarları ile kullanılan suların deşarjı havzanın su miktarını, suyun rejimini ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Geldiğimiz süreçte bazı havzalardaki sular özellikle kalite yönünden hiçbir şekilde kullanılamayacak durumdadır.

Ülkemizde çeşitli büyüklüklerde ve özelliklerde tespit edilen 320 adet doğal göl bulunmaktadır. Göller su toplanma havzaları içerisindeki etkinliklerden ve su kullanımından doğrudan etkilenmektedir.

Ülkemizde değişik büyüklüklerde 860 adet baraj bulunmaktadır. Bu barajların yanı sıra binleri aşan sayıda gölet ya da gölet özelliğine sahip su yapısı bulunmaktadır.

Kişi başı düşen su miktarı,

Su miktarlarına göre yapılan ülkesi sınıflandırılmasında, yılda kişi başına düşen su miktarı 10.000 m³'ten fazla olanlar su zengini, 2.000 m³'ten az olanlar su azlığı yaşayan, 1.000 m³'ten az olan ülkeler su fakiri olarak nitelendirilmektedir.

Ülkemizin yüzeysel su potansiyelinin uzun yıllar ortalaması toplamı 94 milyar m³'tür. 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır.

Ülkemizde kullanılabilir yüzey sularının 180 milyar m³ ile 65 milyar m³ arasında değişmektedir. Suyun yağışlara bağlı olarak yıldan yıla değişim göstermesiyle kullanılabilen suyun da 65 milyar m³ değerine ve altına inebileceğini göstermektedir. Bu anlamda hesaplamaların sadece ortalama değerler üzerinden değil uç değerler üzerinden yapılması gerekir.

Kullanılabilir 112 milyar m³ su uzun yıllar ortalaması olan bir değerdir. Bu değere göre, Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1.400 m³'tür. Ortalama değer dışında kurak yıllar dikkate alındığında ülkemizde kişi başı düşen su miktarının 700 m³'ten daha az olacağı yıllar olacaktır. Ayrıca su kaynaklarının bölgesel dağılımları dikkate alındığında bazı bölgelerde kişi başı düşen su miktarı 250 m³ değerinin de altına inebileceği anlamına gelmektedir.

Ülkemizin nüfus artış hızının yanı sıra göçler ve nüfusun coğrafi dağılımı dikkate alındığında bu rakamların çok daha farklı değerlere ulaşacağı anlaşılmaktadır.

Ayrıca su varlığı olarak görülen bazı akarsular kalite açısından kullanılamayacak durumdadır. Bu durumlar dikkate alındığında su kaynakları ile ilgili açıklamaların yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Bu yaklaşımlarda iklim değişiminin önceliğe alınması, su kaynakları ile ilgili sorunlarını çözümsüz hale getirmektedir. Bu ve benzeri anlayışlar ile yaklaşıldığında sorunlar katlanarak büyümektedir.

Suya erişim;

Bu açıklamalardan açıkça anlaşılacağı üzere, bazı bölgeler su yoksunu haline gelirken, nüfusu hızla artış gösteren bölgeler ülkemiz için su yoksulu durumuna gelebilecektir. Özellikle son günlerde enerjiye ulaşmada yaşanan ekonomik sorunların suya erişim konusunda da yaşanması kaçınılmaz olabilir.

Enerjide yaşanan erişim sorununun suya erişimde yaşanmaması için su ticari meta haline getirilmemelidir.

Dünya Su Günü;

Su ve suya bağlı yaşanan sorunlar üzerinden su, Birleşmiş Milletlerin gündemine gelmiştir. BM Çevre ve Kalkınma Konferansında gündeme getirilen "ülkelerin sürekli artan temiz su sorununa dikkat çekmek, içilebilir su kaynaklarının korunması geliştirilmesi konusunda somut adımlar atılmasının sağlanması" amacıyla 1993 yılında BM Genel kurulunda alınan karar ile 22 Mart Dünya Su günü olarak ilan edilmiştir.

Dünya Su Konseyi;

BM tarafından 22 Mart'ın Dünya Su Günü ilan edilmesinden sonra, uluslararası su şirketleri tarafından 1996 yılında merkezi Marsilya'da olan Dünya Su Konseyi Kurulmuştur.

Dünya Su Konseyi, 1997 (Marakeş), 2000 (Lahey), 2003 (Kyoto), 2006 (Meksika) ve 2009 (İstanbul) da olmak üzere 5 kere Dünya Su Forumu düzenlenmiştir. Forumlarda özellikle artan su krizi, ekonomik ve sosyal kalkınmanın sürdürülebilirliğini tehdit eden vurgular sorgulanmıştır.

Uluslararası su şirketlerinin oluşturduğu Dünya Su Konseyinin düzenlediği toplantılar dışında 22 Mart dünya su günü ile ilgili birçok yerde ve birçok kurum kuruluş tarafından su ile ilgili toplantı düzenlenerek su gününün kutlanmasına ilişkin mesajlar yayınlanmaktadır.

Bu mesajlarda genellikle, su kaynaklarının nitelik ve nicelik olarak değişmesindeki asıl sorunların, yani su havzalarında yapılan faaliyetlerin etkileri yok sayılmaktadır.

Yayınlanan mesajlarda, son yıllarda su ile ilgili yaşanan sorunların ilk gerekçesi olarak iklim değişimi gösterilmeye çalışılmaktadır. Bu gerekçe su kaynaklarının uluslararası şirketlerin eline geçmesini sağlamak için bir argüman olarak kullanılıyor olabileceği gerçeği göz ardı edilmemelidir.

Planlama ve Su Kaynakları;

Su içme kullanma önceliği olmak üzere, tarım ve endüstriyel su ihtiyaçlarının yanı sıra her türlü enerji üretiminde kullanılmaktadır.

Su kaynaklarından koruyucu ve etkin olarak yararlanmada, öncelikle beşerî ve coğrafi veriler ile birlikte su kaynakları nitelik ve nicelik olarak ele alınarak planlama yapılmalıdır. Planlama yapılmayan alanlarda bireysel projelere izin verilmemelidir.

Endüstriyel üretim tesislerinin bulunduğu bölgeler, enerji üretim tesisleri ve kentsel yerleşimler dikkate alındığında planlama ile ilgili çelişkiler olduğu açıkça görülmektedir.

Mevcut durum, özellikle su kaynaklarının planlanması ile ilgili hatalar yapıldığı ya da plan yapılmadan yapılan işlerden dolayı sorunların katlanarak arttığını göstermektedir.

Su Havzalarının geleceği; Kirlilik ve Miktar

Su kaynakları, yağın yağışların yüzeysel akışları ve yeraltı suyu beslenimleri ile bir bütünlük içerisinde ele alınarak değerlendirilmelidir.

Su kaynak alanları su toplama havzasındaki tüm aktivitelerden doğrudan etkilenmektedir. Su havzalarının değişik etkinliklere açıldığı ve kullanılmasına izin verildiği için su kaynakları miktar

ve nicelik olarak değişirken ayrıca kirlenmektedir. Kirlenmede en önemli diğer neden ise kentsel, endüstriyel ve benzeri kullanılarak kirlenmiş suların doğal su havzalarına bırakılmasıdır.

Su, Sel ve Taşkınlar,

Su konuşulmaya başlandığında, suyun temel ihtiyaçlar için kullanımı yanı sıra, sel ve taşkınlar da gündeme gelmektedir.

6 Şubat depremi sonrası yaşanan sel ve taşkınlar, yerleşim yerlerine ilişkin sorunları yeniden hatırlatmıştır.

Yağış şiddeti bakımından, her bölge fiziki özelliklerine göre farklı tepkiler gösterir. Bu tepkiler bazı bölgelerde sel ve taşkınlara neden olabilmektedir. Şehirleşme ya da herhangi bir nedenle havzalarda yapılan değişiklik anlık akış miktarının değişmesine neden olduğundan, önceden sel ve taşkına neden olmayan yağışlar daha şiddetli sel ve taşkınlara neden olabilmektedir.

Son yıllarda belli çevreler tarafından sel ve taşkınlar iklim değişimi ile ilişkilendirilmektedir. Oysa bu sel ve taşkınların en büyük nedeni su havzalarında yapılan değişimler ile havzanın fiziksel özelliklerinin değiştirilmesinden kaynaklıdır.

Su havzalarına yapılan müdahaleler, suyun miktarında, niceliğinde ve kalitesinde değişimlere neden olabilmektedir.

Kuraklık ve Su Kaynakları;

Kuraklık yağış azlığı olarak yani meteorolojik kuraklık olarak başlayıp, tarımsal hidrolojik ve sosyo-ekonomik süreç olarak devam eder. Kuraklık doğal bir süreçtir.

Doğal süreç olarak yaşanan kuraklık iklim değişimi olarak ifade edilmesi su kaynaklarının geleceğini planlanması açısından doğru bir yaklaşım değildir. Kısa süreli şiddetli yağışlar kuraklık için bir çözüm değildir. Şiddetli yağışlar sel ve taşkınlara neden olmasının yanı sıra arazi kullanım özelliklerine göre toprak erozyonuna neden olmakta ve tarım alanlarının da sular altında kalmasına neden olmaktadır. Fayda açısından bakmak gerekir ise, su depolama yapılarındaki suların miktar olarak artmasına neden olabilir.

Su ve İklim Değişimi;

Su kaynaklarının yetersiz olması ya da kaynaklarda yaşanan kirlilikler sonucunda yaşanan sorunlar iklim değişimine bağlanmaya çalışılmaktadır.

Oysa günümüzde akarsular ya da göllerimizde suyun miktar olarak değişimi hakkında bir değerlendirme yapılırken havzaların kullanımına bakmak gerekiyor.

Birçok gölün su dengesinin olumsuz yönde bozulması, iklim değişiminden değil, göle gelen su kaynaklarına yapılan müdahaleden kaynaklanmaktadır. Burdur, Akşehir ve Eber gölleri gibi birçok göl bu konuya gösterilebilecek en belirgin örneklerdir. Bu göllerde yaşanan su sorunları iklim değişimi ile ilişkilendirilemeyeceği gibi, kuraklık ile de ilişkilendirilemez.

Su ve Enerji;

1990'lı yıllardan sonra yerli ve yenilenebilir enerji kavramı gündeme geldiğinde su kaynaklarına öncelik verildi. Kalkınma söylemleri içerisinde sanayinin enerjiye ihtiyacı olduğu belirtilerek enerji ihtiyacının yeni ve yenilenebilir enerji ile karşılanması söylemi kabul gördü.

Başta sanayinin enerji ihtiyacı gerekçe gösterilerek yap işlet devret kapsamında projeler ile ülkenin her tarafı HES'ler donatılmaya başlandı. Ancak bu projelerin ülkenin bütüncül planlarından ayrı olmaması gerektiği söylense de, HES sektörü uzun bir yol aldı.

Bu sürecin işletme aşamasına gelindiğinde temel su ihtiyaçlarının karşılanması noktasında ve endüstriyel kalınma için gerekli suyun sağlanması hususunda sorunlar yaşanmaya başlandı. Ayrıca HES'ler için belirlenen üretim miktarlarının ise sağlanamadığı ortaya çıkmış oldu. Çünkü birçok HES Hidrolojik ölçütlere uygun olmayan yöntemler ile elde edilen su verilerine göre projelendirilmişti.

Ancak bu süreç bizlere gösterdi ki, suyun gücünden enerji üretmek amacıyla izlenen süreç yanlışti. Artık HES'ler sanayinin enerji ihtiyacını karşılamayı bırak, sanayinin ihtiyacı olan su ile temel su ihtiyaçlarının karşılanmasında sorunlara neden olmaktadır. Ancak bizler bu durumu da yaşayarak da öğrenmiş olduk.

Paris Anlaşması ve SU;

Paris anlaşması iklim değişiminin etkilerinin azaltılması amacıyla, doğal alanların korunması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını sağlamak amacıyla yeni bir ekonomik model geliştirilmesini önermektedir. Bu model ile de bazı yaptırımların alt yapısının oluşturulması amaçlanmaktadır. Yaptırımlar tamamen ekonomik boyutları ile işlenmeye çalışılmaktadır. Bu anlaşmanın öncesindeki Kyoto ve daha önceki süreçlere bakıldığında bizim gibi ülkeler için yeni bir durum yoktur.

Örneğin, doğal alanların korunması için ülkemizdeki mevcut mevzuat yeterli olmasına rağmen uygulanmayarak ve değişik şekillerde bertaraf edilmeye çalışılarak doğal alanlar yok edilirken, Paris Anlaşması ile benzeri yaptırımların yapılmasının gündeme getirilmesi ne kadar gerçekçi olur.

Su kaynaklarının korunması için ülkemizdeki mevcut mevzuat yeterlidir. Paris Anlaşmasının koruma için ekonomik model önerisi dışında getirdiği yeni bir uygulama yoktur. Ülke olarak bize etkisi oluşturulmaya çalışılan ekonomik model ile olacaktır. Hiçbir uluslararası ekonomik model bizim gibi ülkelerin yararına olmamıştır.

Su ile ilgili Mevzuat;

"Su" adı altında ilk kanun 1926 ve 831 sayılı Sular hakkında kanundur. Gelişen süreç içerisinde kanunun yeterli gelmemiştir. Ancak süreç içerisinde çıkarılan diğer kanunlar ile su ile ilgili projeler, planlamalar ve tahsisler olmak üzere birçok aşamada eksiklikleri giderilerek mevzuat tamamlanmıştır. Mevzuat bütünü içerisinde olumlu olan düzenlemeler sağlarken, bazı maddelerde yapılan değişiklikler ile mevzuatta su kaynaklarının korunmasını sağlayan maddelerde kısmi bozulmalar yapılmıştır.

Su kaynakları ile ilgili yaşanan sorunlarda, mevzuatta yapılan düzenlemelerin göz ardı edilmeye çalışılarak, sanki su ile ilgili bir kanun yokmuş gibi algılar yaratılmaya çalışılmaktadır. Yaşanan sorunların mevzuattan kaynaklandığı yönünde algı oluşturularak yapılan hatalar örtülmeye çalışılmaktadır. Aslında su ile ilgili en önemli kanun 6200 sayılı ve 167 sayılı kanunlardır. Bu kanunların uygulanmasının önündeki sorunlara bakmak gerekir.

Su mevzuat bütünü ile ele alındığında yeni bir mevzuata ihtiyaç olmadığı ancak belli kanunlarda sorun olarak görülen bazı maddelerin düzeltilmesi yeterlidir.

Son yıllarda sorunların çözümü için su kanunu çıkarılarak sorunların çözüleceği şeklinde algı oluşturulması doğru değildir.

Hazırlanmış olan Su Kanun taslağının bu haliyle çıkarılması durumunda su ile ilgili yaşanan sorunlar kat be kat artacaktır. Yeni sorunları beraberinde getirecektir. Hatta bu kanun taslağının yasalaşması, suya erişimde sorunların daha da büyümesine neden olacaktır.

Su ile ilgili oluşturulmaya çalışılan yeni kurum ve kuruluşlar;

Su kaynakları ile ilgili çalışmalarda bilgi birikimlerinin yanı sıra tecrübelerde çok önemlidir. Geçmiş birikimlerin korunması ve geliştirilmesi gerekir. Yeni kurumlar oluşturmak, sorunu çözmek değil yeni sorunlar oluşturur çoğu zaman.

Su kaynaklarının korunması, planlanması, planlara uygun projelerin yapılması, su tahsislerine ilişkin düzenlemeler konusunda tek yetkili olan DSİ Genel Müdürlüğünün geliştirilmesi sağlanmalıdır. Su ile ilgili çalışmalarda, DSİ Genel Müdürlüğünün tüm dış baskılardan arındırılarak, kuruluş kanununa özgü çalışması sağlanmalıdır.

Mutlaka yeni bir su kanundan söz edilecek ise kapsayıcı bir kanun olmalıdır. Kanunda ilgili kurum ve kuruluşlar korunmalıdır.

Su ile ilgili mevzuatta sorun olarak görülen tüm düzenlemeler, dört kanunda yapılacak dört madde ile çözülebilecek kadar basittir.

Su ile ilgili çalışmalar;

Son yıllarda, AB ve uluslararası kuruluşların projeleri kapsamında ülkemizde birçok rapor hazırlanmakta ve hazırlanmaktadır. Bu raporlarda aynı veriler kullanılmakta ve birçoğu birbirinin tekrarı şeklindedir. Bu raporların çoğu uygulamada ya da planlamada kullanılabilecek raporlar değildir.

Önemli olan mevcut durumda uluslararası standartlara uygun ölçüm sistemlerini kurmuş ve işleten kamu kurumu olan DSİ'nin personel eksikliği başta olmak üzere desteklenmesidir. Kaynak kullanımı bu bakımdan çok önemlidir.

Gündeme getirilen son Su Kanunu taslağı bu haliyle kanunlaşması ülkemiz su kaynaklarının korunması ve suya erişimin kolaylaştırılması konusu bakımından uygun değildir.

MEVCUT İKLİM VERİLERİ DİKKATE ALINMADAN YAPILAN MEVCUT PROJELERDE YAŞANAN SORUNLARIN İKLİM DEĞİŞİMİNE BAĞLANAMAZ.

SU KAYNAKLARI KORUNMAK İSTENİYOR İSE, ÖNCELİKLE ORMANLAR, TARIM ALANLARI, MERALAR BAŞTA OLMAK ÜZERE TÜM DOĞAL ALANLAR KORUNMALIDIR.

SU TİCARİ META KAPSAMINDA ELE ALINMAMALIDIR.

MEVCUT SU KANUNU TASARISI HİÇBİR ŞEKİLDE YASALAŞMAMALIDIR.

SU KONUSUNDAKİ UYGULAMALARDA TEK YETKİLİ OLAN DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜNÜN KENDİ MEVZUATI KAPSAMINDAKİ TEKNİK ÇALIŞMALARI YAPABİLMESİ İÇİN SİYASİ BASKILardan ARINDIRILMALIDIR.

www.meteoroloji.org.tr

TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ PLANI (2020-2035 DÖNEMİ)



DR. MURAT DURAK

Meteoroloji Mühendisi &
Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı

Giriş

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Aralık 2022 tarihinde Türkiye Ulusal Enerji açıklanmıştır. Türkiye Ulusal Enerji Planı çalışması, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun Arz Güvenliği başlıklı 20.nci maddesinde yer alan

“Uzun dönemli Türkiye Ulusal Enerji Planı” çalışması her beş yılda bir Bakanlık tarafından hazırlanarak yayımlanır” hükmü gereğince hazırlanmıştır. Hazırlanan planda 2035-2053 dönemi öngörülere de yer almıştır.

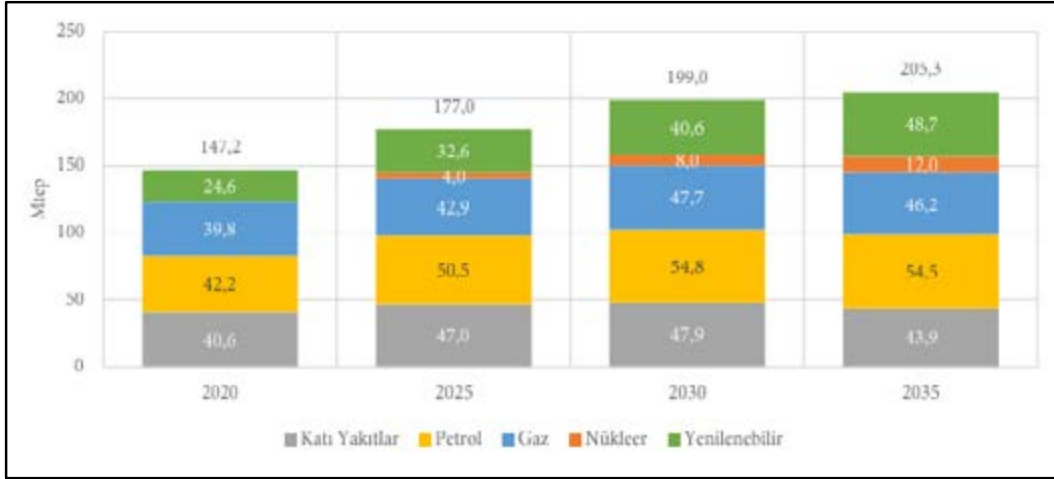
Planlamada kullanılan nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018-2080 dönemi projeksiyon çalışmasındaki referans değerleri kullanılmıştır. Raporun hazırlanmasında nüfus, ekonomik gelişim, yakıt fiyatları gibi temel göstergeler dikkate alınarak sanayi, mesken, hizmetler, tarım ve ulaştırma sektörlerinde enerji talebini oluşturan sektörel aktivitelerin tahmini yapılmıştır.

Ekonomik büyüme değerleri için T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının büyüme verileri kullanılmıştır. Türkiye Enerji Modelinde kritik bir öneme sahip olan imalat sanayi alt sektörleri bazında ekonomik katkının gelişimi incelenmiş ve gelişmiş ülkelere kıyasla söz konusu sektörlerin dağılımında kayda geçer bir değişim potansiyeli dikkate alınarak detaylı analizlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çerçevede alt sektör büyüme tahminleri için bazı sektörlerde Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) OECD ve OECD dışı ülkeler için yapmış olduğu alt sektörlerle ilişkin tahminleri kullanılmış; bazı sektörlerde ise “Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi” kullanılarak Kıyaslama (Benchmark) analizi yapılmıştır.

Çalışmada 2020 yılından başlayarak 2035 yılında kadar projeksiyonlara yer verilmiştir. Ülkemizin 2020 yılı birincil enerji tüketimi 147,2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2035 yılına kadar birincil enerji tüketimi 205,3 Mtep'e yükseleceği öngörülmüştür. Ülkemizde 2000-2020 yılları arasında yıllık ortalama %3,1 oranında artış göstermiş olan birincil enerji tüketimi, 2020-2035 yılları arasında %2,2 düzeyinde artacağı modellenmiştir.

2020 yılında %16,7 olan birincil enerji tüketimi içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2035 yılında %23,7 olarak projekte edilmiştir.

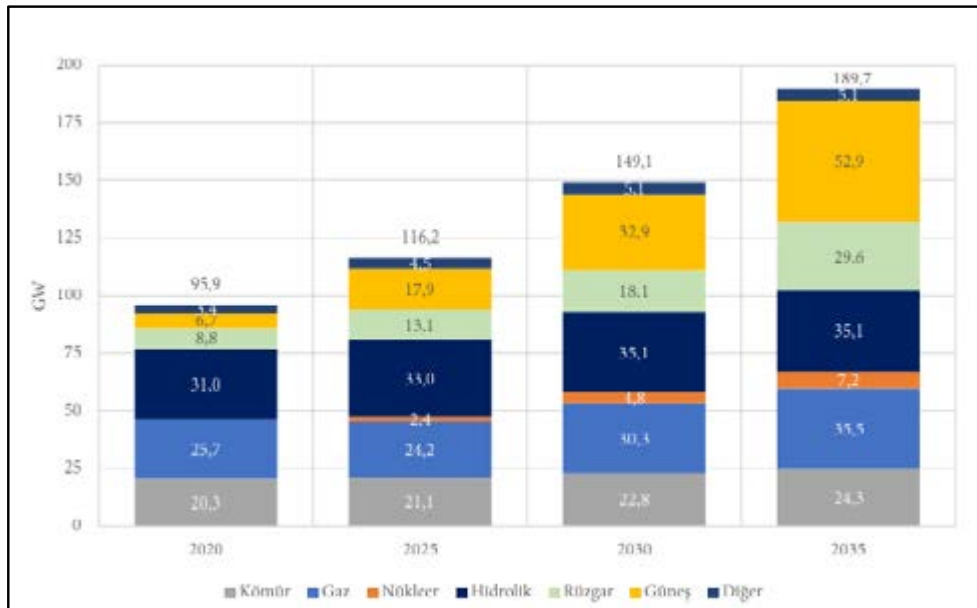
Aşağıdaki Şekil ile 2020 ile 2035 yılları arasındaki katı yakıtlar, petrol, doğal gaz, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1. 2020-2035 yılları arasında enerji kaynaklarının yüzdesi.

Ülkemizin 2035 Yılı Elektrik Kurulu Gücü

2020 yılında 95,9 GW olan elektrik kurulu gücü 2035 yılında 189,7 GW'a çıkacağı hesaplanarak Türkiye Ulusal Enerji Planı'na konulmuştur. 2020 yılında kurulu güç içerisinde %52 olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2035 yılına kadar %64,7'ye ulaşacağı planlanmıştır. Hidroelektrik santraller, orta-uzun dönemde 35,1 GW kurulu güç değerine ulaşmaktadır. Jeotermal ve biyokütle elektrik santrallerinin kurulu gücü 5,1 GW'a ulaşmaktadır.



2035 Yılına Kadar Devreye Alınacak Yeni Kapasite ve Hedefler

Ülkemizde 2022 sonu itibarı ile kurulu güç, 102 GW civarındadır. 2035 yılına kadar devreye alınması gereken kapasite 96,9 GW olarak hesaplanmıştır. Beşer yıllık dönemler açısından incelendiğinde; 2025 yılına kadar 21,6 GW; 2026-2030 döneminde 34,3 GW; 2031-2035 döneminde ise 41, GW yeni kapasitenin devreye alınması anlamına gelmektedir. Söz konusu kurulu güç artışının büyük çoğunluğu güneş ve rüzgar enerjisi olmak üzere, %74,3'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Rüzgar enerjisi için yıllık yeni kapasite 1,4 GW iken güneş enerjisi için bu değer 3,1 GW'tır.

Türkiye Ulusal Enerji Planına göre, 2020-2035 döneminde;

- Birincil enerji tüketimi 205,3 Mtep'e yükselmekte,
- Elektrik tüketimi 510,4 TWh'a ulaşmakta,
- Elektrik enerjisinin nihai enerji tüketimi içindeki payı %24,9 oranına erişmekte,
- Elektrik kurulu gücü 189,7 GW'a ulaşmaktadır.

Esneklik gereksinimlerinin karşılanabilmesi için;

- Batarya kapasitesi 7,5 GW'a (2 saat dolun süreli),
- Elektrolizör kapasitesi 5,0 GW'a ulaşmaktadır.

Ülkemizin elektrik sisteminde mevcut durumda sahip olduğu ve önümüzdeki dönemde sahip olabileceği imkanlar ve yenilenebilir enerji potansiyeli gözönüne alındığında rüzgar ve güneş enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimi içindeki paylarının yükseltilmesi planlanmıştır. Bu kapsamda 2035 yılında kaynaklar bazında kurulu güç;

- Karaüstü rüzgar enerjisi kurulu gücü 24,6 GW,
- Denizüstü rüzgar enerjisi kurulu gücü 5 GW,
- Güneş enerjisi kurulu gücü 52,9 GW,
- Hidroelektrik enerji kurulu gücü 35,1 GW,
- Jeotermal ve biyokütle 5,1 GW
- Nükleer enerjide 7,2 GW'a

seviyesinde planlanmıştır.

2035 - 2053 Dönemi Öngörütleri

Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda 2035 ile 2053 dönemi arasında aşağıdaki projeksiyonlar yapılmıştır:

- Çalışmada TÜİK 2018-2080 dönemi projeksiyon verileri kullanılmıştır.
- Elektrik ve ısı üretimi sektörü için belirlenen emisyon üst sınırı hedefi ve bu doğrultuda seçilen karbon fiyatları çerçevesinde, Türkiye Enerji Modelinde toplam sistem maliyetini minimize edecek şekilde yeni yatırım kararları alınmakta ve kaynakların kullanımı belirlenmektedir.
- Planlama aşamasında elektrikli araç gelişimi önem arz etmektedir. 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için elektrikli araç sayısının aşamalı olarak artması gerekmektedir.
- 2020 yılı birincil elektrik tüketimi 147,2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2000-2020 öneminde yıllık ortalama %3,1 oranında artış göstermiş olan birincil elektrik tüketimi, 2020-2053 döneminde yıllık ortalama %1,5 düzeyinde artmaktadır.
- 2020 yılında 1,7 tep/kişi olan kişi başı birincil enerji tüketimi 2,4 tep/kişi düzeyine çıkmaktadır.
- 2020 yılında %16,7 olan birincil enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2053 yılına kadar %50'ye yükselmektedir. Nükleer enerji ise %29,3'lük bir paya ulaşmaktadır.

- 2020 yılında %83,3 olan fosil kaynakların payı ise 2053 yılında %20,8 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Kömürün payı %3,6'ya gerilerken, petrol %5,6, doğal gaz %11,9'e gerilemektedir.
- 2020 yılında 105,5 Mtep olan nihai enerji tüketimi 2053 yılına kadar yıllık ortalama %1,3 oranında artış göstermektedir.

Kaynak:

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Ulusal Enerji Planı, Aralık 2022.

**METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
SOSYAL MEDYA HESAPLARIMIZ**



Sevgili Okurlarımız ve Meslektaşlarımız;

*Meteoroloji Mühendisleri Odası aylık İKLİM E-Bültende yayınlanmasını istediğiniz Makale ve Teknik yazılarınız (tablo, şekiller, kaynakça dahil) **en fazla 7 sayfa olmalıdır**. Yayınlanmasını istediğiniz makaleleri Meteoroloji Mühendisleri Odasına ait bilgi@meteoroloji.org.tr, dergi@meteoroloji.org.tr elektronik posta adresine en geç her ayın 15'ine kadar göndermenizi rica ederiz.*

HAVA KİRLİLİĞİ ve YÖNETİMİ



MAHMUT KAYHAN

Meteoroloji Mühendisi

Her sene kış aylarında havanın soğumasıyla ortaya çıkan ısınma talebine bağlı olarak yoğun yakıt tüketimi ve özellikle de kötü kaliteli yakıt tüketilmesiyle birlikte çok önemli sorunlardan biri olan **Kentsel Hava Kirliliği** ortaya çıkmaktadır., Hava kirliliğinin oluşmasına uygun meteorolojik koşullar mevcutsa ve doğal veya insan kaynaklı kirletici salımlar oluyorsa, atmosferde bulunan kirletici konsantrasyonlarının miktarı Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) koymuş olduğu sınır değerlerini aşmasına sebep olmaktadır. Bu durumda, atmosferik kirliliğin canlı ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz etkiler yapması kaçınılmazdır.

Kentsel hava kirliliğini meydana getiren doğrudan salımlar; Kükürt dioksit (SO₂), Hidrojen Sülfür (H₂S), Azot Monoksit (NO), Azot Dioksit (NO₂), Karbon Monoksit (CO), Karbon Dioksit (CO₂), Hidrojen Florür (HF), Partiküller, vb. Ayrıca Atmosferde sonradan oluşan kirletici bileşikler; Kükürt Trioksit (SO₃), Sülfürik Asit (H₂SO₄), Aldehitler, Ketonlar, Asitler, Endüstriyel Duman, vb.

Bunlara ilave olarak yaşamsal faaliyetlere bağlı olarak üretilen fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fuel-oil vb.) yanması ile oluşan; Partiküller, Kükürt Dioksit, Azot Oksitleri, Karbon Oksitleri, Kurşun, Hidrokarbonlar, vb.

Hava kirliliği, havada rutubetin artması ile ortamda bulunan kükürt veya azot oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitlerin, binalara, sanat eserlerinin dış yüzeylerinde ve araç boyalarında oluşturdukları tahribat yıldan yıla çok büyük zararların oluşmasına sebep olmaktadır.

Kentsel hava kirliliğinin başlıca kaynakları, evsel ısınma, trafik, endüstriyel kaynaklar ve taş ocakları pek çok kentimizde özellikle kış aylarında yoğun olarak karşılaştığımız hava kirliliği insan sağlığı açısından önemli problemler yaratmakta ve hatta bazı durumlarda ölümlere neden olabilmektedir.



Resim-1, Normal atmosfer koşullarında baca gazı hareketi.

Konunun önemini kavrama bakımından geçmişten bazı örnekler vermek gerekirse, kentsel hava kirliliğinin önemini anlamamız açısından çok daha anlaşılır olacaktır. Londra da 1948, 1952, 1956,1957, 1959, 1967 yıllarında yaşanan hava kirliliği olayında yüzlerce kişi hayatını kaybetmiştir ve ayrıca 1963 yılında New York'ta 200-400 arasında insan hayatını kaybetmiştir ve bunların tamamı Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarında yani kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Atmosfere insan kaynaklı kirleticilerin yoğun bir şekilde salındığı zamana denk gelmektedir. Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür ve durumun ciddiyetini anlama bakımından önemlidir.

Hava kirleticileri çok çeşitli olmakla beraber, kentsel hava kirliliği genellikle atmosferde bulunan kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde konsantrasyonlarının ölçülmesiyle saptanmaktadır. Son yıllarda sanayi kaynaklı kirleticilere bağlı olarak ortaya çıkan Yer Seviyesi Ozonu da, kentsel hava kirliliği açısından takip edilmesi gereken önemli parametrelerden birisi olmuştur.

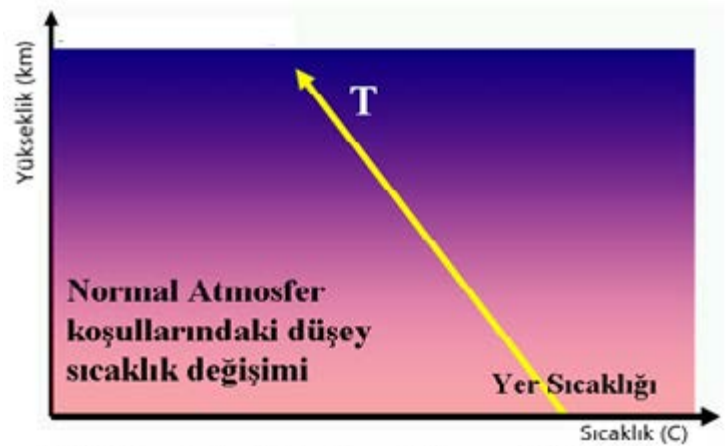
Kentsel hava kirliliğine etki eden en önemli parametrelerden başlıcaları; Kirleticilerin yoğunluğu, yakıtın kalitesi, bölgede yaşayan nüfus yoğunluğu, yerleşim yerinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri ile en önemli özelliklerden birisi olan Meteorolojik şartlarıdır. Buradaki en belirleyici meteorolojik

hadise ise Sıcak Nüveli Yüksek Basıncın etkin olması, Enverziyon, karışma yüksekliği, sıcaklık değişimi, rüzgâr ile nem en önemli değişkenlerdir.

Atmosferin yere yakın seviyelerinde gerçekleşen hava kirliliği olayının gerçekleşmesinde kirleticilerin varlığı ve konsantrasyon yoğunluğunun yanında en önemli nedenlerden birisi atmosferde gerçekleşen alt seviye sıcaklık terselmesi dediğimiz enverziyon olayıdır. Bu tamamen meteorolojik bir hadise olduğu için konuyu inceledikten sonra hava kirliliğini yönetimi olayına geçelim.

ENVERZİYON (SICAKLIK TERSELMESİ) ;

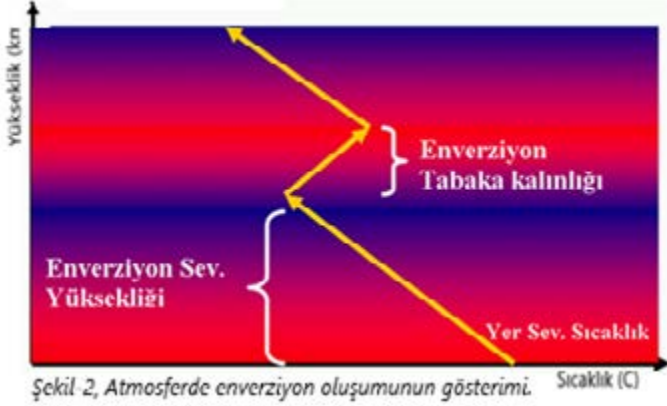
Normal atmosfer koşulları içerisinde düşey sıcaklık değişimi, yerden itibaren yükseldikçe her 100 metrede 0.5 ile 1.0 °C arasında azalma eğilimi göstermektedir. Buna basit bir örnekle açıklamak gerekirse en iyi örnek olarak Şekil-1 deki durum ile ifade edilebilir.



Şekil-1 Normal Atmosfer koşullarındaki düşey sıcaklık değişimi.

Şekilde gösterilen atmosferik düşey sıcaklık değişimi yerin sıcak, üst seviyelerine çıkıldıkça sıcaklığın düştüğü durumu göstermektedir. Yaz aylarında kara yüzeylerinde, kış aylarında deniz yüzeyleri üzerinde oluşmaktadır. Böyle durumlarda bacadan çıkan sıcak gaz, baca gazı çıkış hızı ve sıcaklığına bağlı olarak Resim-1 deki gibi atmosferin üst seviyelerine doğru yükselmeye zorlanacağından kirlilik oluşma tehlikesini ortadan kaldırmaktadır. Bu durum o bölgedeki canlıların sağlığı bakımından daha az riskli bir durumun oluşmasına sebep olmaktadır.

Ancak her zaman ideal atmosfer koşullarının bulunması mümkün değildir. Sıcaklığın yükseklikle azalacağı yerde tam tersine **Şekil-2** teki gibi yükseklikle birlikte artışın görülmesi durumuna **Sıcaklık Terselmesi** (temperature of inversion) ya da **Sıcaklık Enverziyonu** denilmektedir.



Sıcaklık terselmesi yer seviyesinden itibaren meydana geliyorsa bu duruma **Yer Seviyesi Sıcaklık Enverziyonu** denilir. Yerden daha yukarı seviyelerde sıcaklık terselmesi olayının meydana gelmesi durumuna **Yüksek Seviye Sıcaklık Enverziyonu** denir.

Sıcaklık terselmesinin görüldüğü durumlarda enverziyonun tabanı, yükselen hava hareketlerinin son bulunduğu sınır olarak kabul edilse de baca gazı çıkış hızı ve çıkan kirliliğin sıcaklığına bağlı olarak bu sınırı aşabilir ama bu kirliliğin oluşumuna engel olacak bir durum değildir. Enverziyon yerden itibaren başladığı takdirde dikey hareketler çok sınırlı olacağından su buharı ve atmosferik kirleticiler yükselemeyecek, yatay hava akımlarının da bu olaya bağlı olarak yok denecek kadar az olmasından dolayı yatay yönde de taşınma olmayacak ve sonuçta **Şekil-4** deki gibi atmosferde kirletici konsantrasyonu artacak ve hava kirliliği sorunu yaşanabilecektir.

Bu meteorolojik olay genel olarak yer yüzeyinin soğumaya başlaması ile birlikte başlar ve yerin soğuk olduğu durumlarda etkili olmaktadır, bu nedenle yazları deniz üzerinde, kışları kara üzerinde meydana gelmesi ısınma amaçlı yakıt tüketiminin artmasından dolayı kentler için önemli dezavantajdır.

Kentlerimizde meydana gelen enverziyon olaylarının büyük çoğunluğu, Sıcak nüveli yüksek basıncın

hakim olduğu yani havanın açık olduğu (bulutların olmadığı veya çok az olduğu) durumlarda, yer yüzeyinin hızla soğuması nedeniyle, Akşam saatlerinden başlayarak gece ve sabah erken saatlerde oluşmaktadır. Bu atmosfer koşullarının olduğu durumlarda kirletici olmasa dahi ulaşımı olumsuz şekilde etkileyen yoğun şekilde sis oluşmasına sebep olmaktadır. Sabah saatlerinde meydana gelen enverziyon durumu, genellikle öğlen saatlerine doğru yer yüzeyinin ısınması ve ısınan havanın yükselmesiyle birlikte ortadan kalkmaktadır.

Özellikle kuvvetli enverziyonun beklendiği günlerde, sabah saatlerinde kötü kaliteli yakıt kullanılan bölgelerde kalorifer ve sobaların yakılmaması veya kirlilik salımının azaltılması oluşacak hava kirliliğinin yoğunluğunu düşürecektir.

Sıcaklık terselmesi yer seviyesine çok yakın (75 metre nin altında) meydana geliyorsa, enverziyon tabakasının kalınlığı fazlaysa, terselmenin etkisi kuvvetli ise yani enverziyon alt tabakası ile üst yabakasının arasındaki sıcaklık farkı çoksa yer seviyesine yakın atmosfer tabakasındaki kirlilik artışı o oranda etkili ve tehlikelidir.



Resim-2, Enverziyon olduğu saatlerde kirleticilerin yere yakın seviyede yoğunlaşması.

Enverziyon yere yakın seviyeden itibaren başladığı takdirde, yükselici hareketler olmadığından su buharı ve atmosferik kirleticiler yükselemeyecek, yatay hava akımlarının da bu olaya bağlı olarak yok denecek kadar az olacağından dolayı yatay yönde de bir hava taşınımı olmayacağından dolayı atmosferde kirletici konsantrasyonu artarak hava kirliliği sorununu oluşturacaktır.

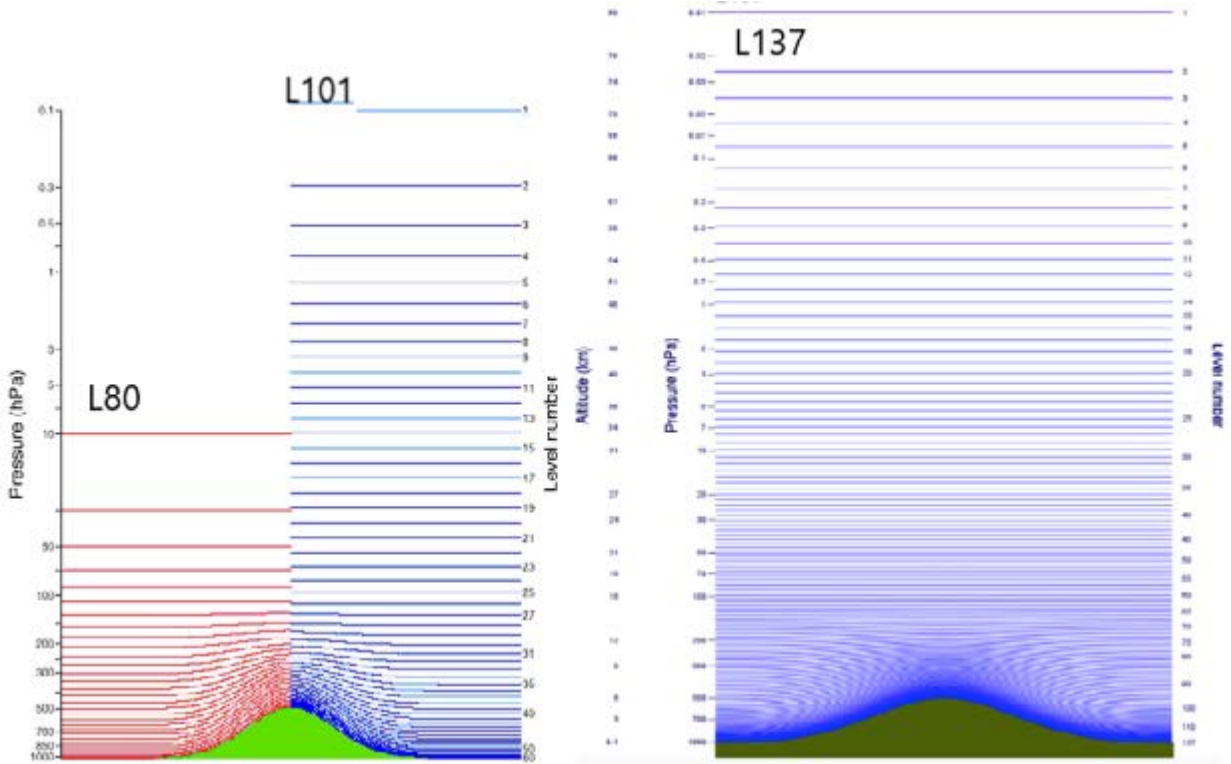
HAVA KİRLİLİĞİNİN YÖNETİMİ

Hava kirliliği yönetilebilir bir çevre sorunudur ve bu durum meteorologlarla yerel karar vericiler arasındaki koordinasyonla bir afete dönüşmesi engellenebilir. Bunun için sistemsal bir yönetim mekanizmasının hayata geçirilmesi gerekir ve ilk olarak meteorologlarca bölgenin klimatolojik verileri ve aylara göre etkisinde kaldığı meteorolojik sistemlerin ve geçmişte yaşanmış hava kirliliği istatistikleri analiz edilerek bir veri tabanının oluşturulmasıyla işe başlamak gerekir.

Hava kirliliğinin yönetmesinde en önemli kısmı yukarıda ayrıntılı olarak bahsettiğimiz enverziyon olayının tahmin edilmesidir. Nerede, hangi saatler arasında ve ne kadar etkili olacak bir enverziyon olacağını tahmin edilmesi gerekir. Bu kapsamda yüksek çözünürlüklü, düşey katman sayısı çok olan ve en az üç günlük tahmin tutarlılıklarının yüksek olduğu bir model seçilmelidir. Aşağıda örnek olarak verilen üç farklı modelin yükseklik için kullandığı

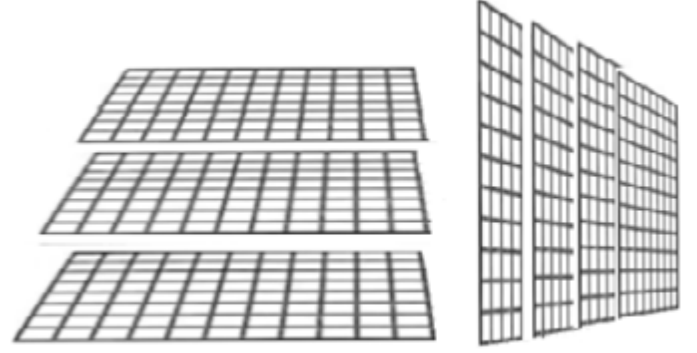
sigma seviyelerin bakıldığında sağdaki 137 seviyeli modelin bu iş için en ideali olduğu görülecektir.

Bu grafikte atmosfer modellerinde kullanılan ve sigma koordinatlarındaki veri üretilen sigma seviyelerini göstermektedir. Konunun kolay anlaşılması bakımında sol taraftaki kırmızı model az sayıda seviye kullandığını ve seviyeler arasındaki yüksekliklerin fazla olduğunu gösterirken sağ taraftaki model daha çok seviyeden oluşmaktadır ve bu alt tabakalarda seviyeler arasındaki yükseklik mesafesi azdır. Yerden itibaren seviyeler arasında 10-12 metre iken seviyeler arttıkça aralarındaki tabaka kalınlık mesafeleri artmaktadır. Bu nedenle yerden itibaren 20 seviyenin verisini aşağıdaki grid yapısına göre saatlik model tahminlerinden tabaka tabaka dikkate alarak düşey sıcaklık gradyanının hesaplanarak enverziyon olup olmayacağını ve varsa şiddetinin ne olacağını bularak en az 24 saat önceden karar vericilerle paylaşmak gerekir.

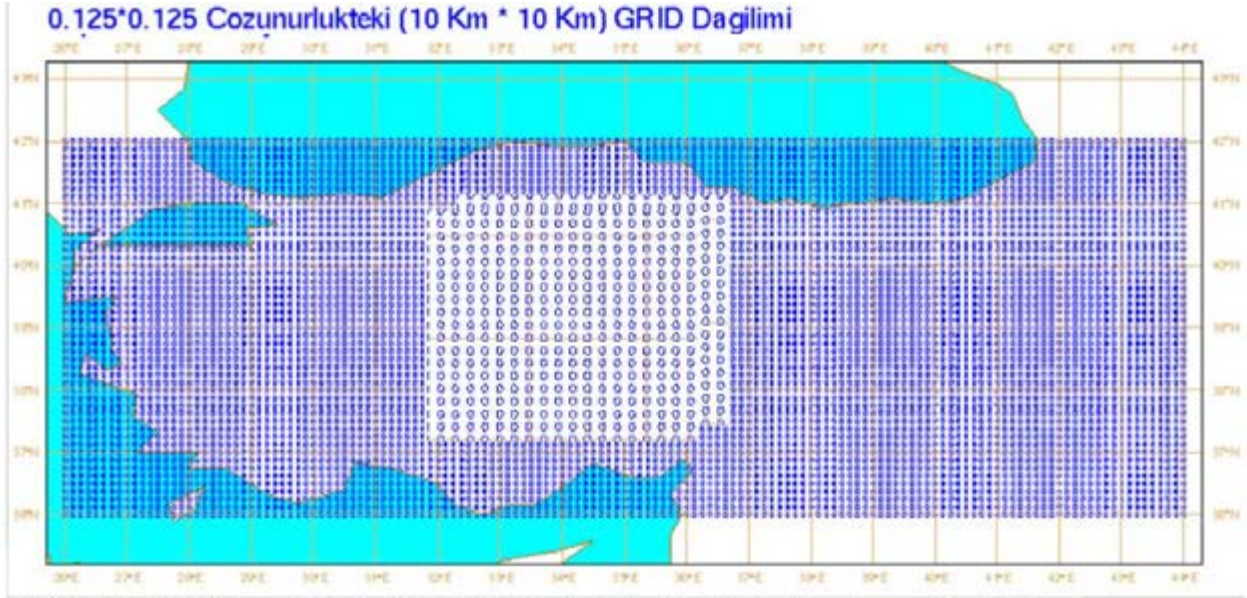


Sağdaki Resim-4 de görülen temsili yatay olarak grildenmiş olan yer ve atmosfer tabakalarını, sağda ise bu gridlerin düşey dağılımının sembolize edilmiş bir görüntüsü paylaşılmıştır. Model gridlerinde elde edilen bütün sayısal veriler son derece bilimsel yöntemlere dayanmaktadır.

Geçmişte çeşitli çalışmalarda (Orman Yangını Risk Tahminleri, Çığ Tahminleri, Kuvvetli Meteorolojik Olayların Tahminleri gibi) çalışmalarda kullandığımız ECMWF IFS modelindeki kullandığımız grid dağılımını gösteren diyagram aşağıda gösterilmiştir ve burada yaklaşık 9000 nokta için tahmin değeri üretilmektedir.



Şekil-4, Atmosfer modellerinde Gridlerin yatay ve düşey gösterimi.



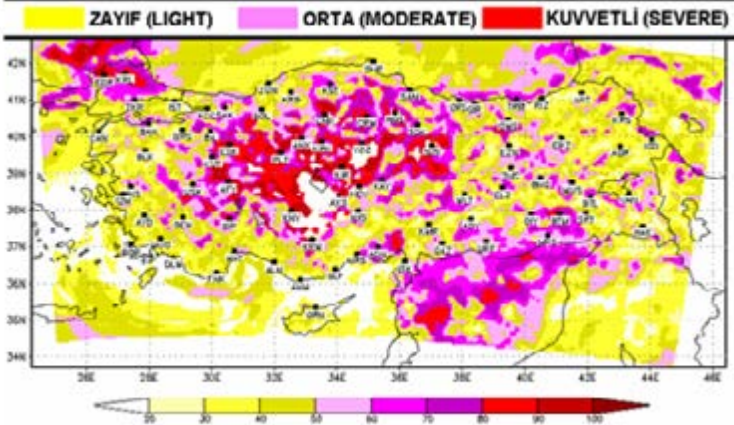
Şekil -5, ECMWF modelinde 0,125*0,125 çözünürlük için kullanılan grid dağılımı.

Kentsel Hava Kirliliği Riski için Enverziyon Şiddeti Tahmini çıktısının sonuçları açısından Şekil -6 te bir örneği görülebilir. Her 3 saatlik aralıklarla ileriki 3 güne kadar il ve ilçe merkezleri için Enverziyon tahmini yapıldığı gibi bu çıktılar kış

ayları gibi riskli zamanlarda saatlik tahmin çıktıları üretilebilir. Üretilen bu ürünlerin yerel yöneticiler veya yerel karar vericiler tarafından kullanılarak kentsel hava kirliliğini yönetebilmelerine yardımcı olması muhakkaktır.

ENVERZİYON RİSK HARİTASI

TAHMİN SAATI: 17122006 0600GMT



Şekil-6, ECMWF model verilerinden elde enverziyon tahmin haritası.

Her kentin meteorolojik özellikleri aynı değildir ve bu nedenle bütün illerde aynı yakıt türü aynı yoğunlukta tüketilse dahi oluşacak hava kirliliği yoğunluğu etkisi aynı olmayacaktır.

Bu nedenle her kentin kendine özgü iklim özellikleri yıl içerisinde o kentte ortalama kaç kez ve hangi şiddette enverziyon olduğunun belirlenip yakıt türlerinin buna göre seçilmesi her bakımdan faydalı olacaktır. Kentlerin hava kirliliğinin yönetilmesindeki süreçte meteorolojik analizler için mutlaka uzman meteorologlardan faydalanılmalı ve enverziyon tahminlerine göre kentteki yakıt tüketimi konusunda zamansal planlamalar yapılmalıdır. Örneğin; Ankara da 2 gün sonra saat 18:00 ile 21:00 arasında kuvvetli enverziyon varsa bunun anlamı o saatler arasında her türlü kirleticinin atmosfere salımının durdurulması gerekir demektir ve dikkat edilmediği takdirde kirleticilerin yer seviyeye en yakın atmosfer tabakasında çörekleneceği bu durumun kentsel hava kirliliğindeki konsantrasyon miktarını artıracak anlamına gelmektedir.

Kentlerde hava kirliliği yönetiminin en önemli yolu yerel karar vericilerin bu konuyu önemsemesidir ve sıcaklık terselmesinin orta kuvvette ve şiddetli olacağı saatler arasında yakıt kullanımının engellenmesi, trafiğe çıkan araç sayısı azaltılması, bu saatler arasında atmosferin kirlenmesine katkı sağlayan sanayi kesiminde üretim durdurulması gibi tedbirleri alabilir. Tabi ki, bunun ekonomik maliyetler olacaktır ama burada ki önceliklerin insan sağlığı mı yoksa üretim mi olduğunun iyi belirlenmesi gerekir. Tedbir olarak mekânlar sıcaklık terselmesinden önce ısıtılabilir, insanların bu

olayın olacağı saate kadar işlerini bitirerek evlerine dönmeleri sağlanabilir yani trafik yoğunluğu düşürülebilir. Bu meteorolojik hadise atmosferde sürekli olan bir olay değildir, bazı kış günlerinde akşam ve sabah saatlerinde oluşmaktadır. Kaldı ki ne zaman olacağı yukarıda belirtildiği gibi tahmin edilmektedir.

Hava kirliliğinin olduğu saatlerde solunum sonucunda ciddi sağlık problemlerine sebep olmanın yanında toprağın kirlenmesi, bitkilerin, içme suyunun ve besin zincirinin olumsuz şekilde etkilenmesi gibi ciddi sorunlara neden olmaktadır.

Özellikle yakıt türü kömüre dayalı Termik santrallerin bulunduğu bölgelerde enverziyon tahminleri bölgede yaşayanlar bakımından son derece önemlidir. Mutlaka konuya gerekli önemin verilmesi ve enverziyon olacağı saatlerden önce sistemlerin susturulması şeklinde kirlilik yönetimi yapılmalıdır.

Sonuç olarak; Kentsel hava kirliliği, meteoroloji birimleri ile yerel karar vericilerin işbirliği ve koordinasyonu ile yönetilebilir ve ayrıca oluşabilecek hava kirliliğinin çevre ve sağlık sorununa dönüşmesi engellenebilir. Bilgiye ulaşmanın ve bilgiyi kullanmanın bu kadar kolay olduğu günümüzde sanayi alanlarının ve kentsel imar planlamalarının yapımı aşamasında bölge için uzun yıllar enverziyon verileri analiz edilerek bölge ile ilgili nihai kararların bu kapsamda verilmesi gerekir. İleride çok büyük hava kirliliği sorunlarıyla karşılaşmamak için ÇED (Çevre Etki Değerlendirme) raporlarının bir numaralı kriteri olarak bu durumun dikkate alınması gerekir.

Son söz: Sağlıklı ve temiz bir çevrede yaşayabilmenin temel kuralı bilimin ışığında akli kullanmaktan geçer. Bir proje baştan doğru bir şekilde yapılmazsa doğacak olumsuzlukları düzeltmek için onlarca proje yapılmak zorunda kalırsınız.

Not: Bu konularda çalışmalar yapan MGM personeli, Müh. Ali İhsan İlhan, Müh. Cihan Dünder ve Müh. Nezahat Öz'e çalışmalarından dolayı teşekkür eder kolaylıklar dilerim.

RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJELERİNDE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ UYGULAMALARI

ÖZET

Ülkemizin bütün bölgelerinde sayıları ve boyutları gün geçtikçe artan rüzgar türbinlerinin mikrokonuslandırılmasında klasik yöntemler tercih edilmektedir. Rüzgar türbinlerinin 5 MW kurulu güç ve 120 metre yüksekliğe ulaştığı günümüz teknolojisinde, kompleks arazilerde sahanın 80 metre rüzgar ölçüm istasyonu ile temsil edilebilme özelliğinin hassasiyeti azalmaktadır. Bunun yanında sahanın 200 metreye kadar rüzgar profilinin belirlenmesi de gerekebilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, uzaktan algılama yöntemlerinin tanıtılarak rüzgar elektrik santral sahası rüzgar rejimi ve rüzgar türbin mikrokonuslandırılmasında uzaktan algılama yöntemlerinin tanıtılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama - SODAR - LIDAR

ABSTRACT

In all regions of our country, number of wind turbines is increasing. The classical preference for calculation annual energy production and micrositing is anemometric measurement. Currently, wind turbines have installed capacity of 5 MW and 120-meter hub height. In addition, wind profile has to known up to 200 m. The main purpose of this study is to introduce the methods of remote sensing use in wind energy applications.

Key Words: Remote sensing - SODAR - LIDAR



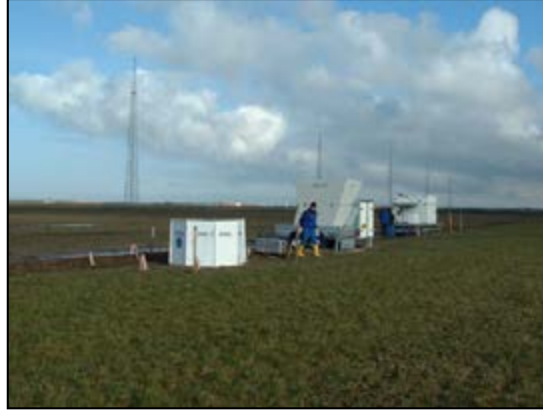
DR. MURAT DURAK

Meteoroloji Mühendisi &
Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı

1. GİRİŞ

SODAR (SO^Nic De^Tection And Ra^Nging) ve LIDAR (LI^Ght De^Tection And Ra^Nging) uzaktan algılama sistemlerinin rüzgar enerjisi uygulamalarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [1]. Bunun temel nedeni ölçüm sisteminin nakliye kolaylığı ve sahadaki ölçümlerin doğrulama ihtiyacı (verification veya validation) olarak sayılabilir. Rüzgar türbininin göbek yüksekliğinde (hub height) rüzgar şiddeti, rüzgar yönü, ve rüzgar kayması (wind shear) ciddi değişimler gösterebilmektedir [2].

Rüzgar türbinlerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Türbin kurulu güçleri ve türbin boyları da büyümektedir. Artan türbin boylarının bulunduğu seviyelerdeki rüzgar ve türbülans bilgisi hakkında tam olarak bilgi alınamamakta ancak tahminler yapılmaktadır [3]. Kara üzerindeki türbinlerin boyları 140 m lere kadar ulaşmasına rağmen; meteoroloji ölçüm istasyon boyları 80 m civarında kalmıştır. Türbin boylarının 140 olması, kanat uzunluğu ile birlikte 200 metreleri geçen bir yükseklikteki rüzgar rejiminin bilinmesini gerektirmektedir. Meteoroloji ölçüm istasyonu ile bu yüksekliklerde ölçümler oldukça maliyetlidir. Bu yüksekliklerde uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak ölçüm ve tahminler yapılabilir (Şekil 1). Şekilde 2 adet SODAR ve 1 LIDAR ölçümleri anemometrik ölçüm sistemi ile birlikte görülmektedir.

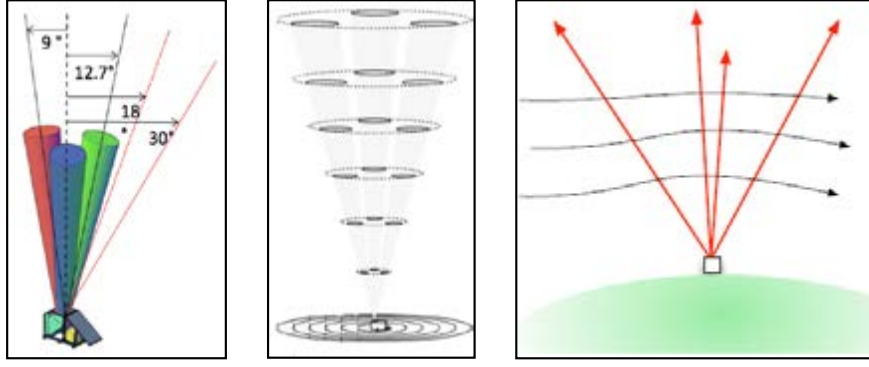


Şekil 1. SODAR ve anemometrik ölçümler (Danimarka Hovshore).

Yatırımcılar uzaktan algılama sisteminin tüm imkanlarından faydalanmaktadır. Ölçüm süresinin kısalığı bunun ana sebebidir. Uzaktan algılama sistemleri genellikle kısa süreli olarak kiralanmaktadır. Bu çalışmada uzaktan algılama teknolojileri tanıtarak rüzgar enerji uygulamalarındaki kullanımı hakkında bilgi verilmiştir.

2. SODAR Uzaktan Algılama Ölçüm Teknolojisi

SODAR teknolojisi temel olarak belirli frekanstaki ses dalgalarını gök yüzüne iletebilen bir ses kaynağından ve sonrasında rüzgar etkisiyle bu ses dalgalarında oluşan Doppler Shift etkisini yüksek hassasiyetle algılayabilen bir algılayıcıdan oluşur. SODAR, atmosferdeki ses yayılımının algılanması prensibine göre çalışır. Gökyüzüne iletilen ses dalgalarının mümkün olan en dar açı ile gökyüzünü taraması, kompleks sahalardaki ölçümlerin kalitesini arttırmak açısından önemli bir dizayn parametresidir. Piyasada bulunan farklı SODAR ölçüm cihazları incelendiğinde 100-300 aralığında farklı tasarımlar bulunduğu görülmektedir. Özellikle kompleks yapıdaki sahalarda, geniş yayılım açısı nedeniyle yüksek hacimde taranacak alandan kaynaklı belirsizlikler artabilir. Bu nedenle mümkün olan en dar açıdaki dizayn tercih edilmelidir. Bir diğer önemli tasarım parametresi ise yüksek frekansta çalışan bu ekipmanların güç tüketimidir. Sahada uzun süre veri toplayacak olan SODAR cihazının düşük güç tüketiminde veri kaybı yaşamaksızın kayıt yapması ve kaydı yapılan verilerin başarıyla internet üzerinden transfer edilebilir olması gereklidir. Ayrıca, çoğu zaman erişimi güç, kompleks sahalarda kullanılması gerekebilecek bu ekipmanların sahaya kolaylıkla nakledilebilmesi için kompakt yapıda ve kolay kurulabilir bir tasarımda olması gerekmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. SODAR atmosfere dalga yayını.

Rüzgar türbinleri, yeryüzünden 1 km mesafeye kadar olan atmosferik sınır tabakada (atmospheric boundary layer) çalışır. Bu tabaka yüksek türbülans seviyesi ile karakterize edilmektedir. Yüzeğe yakın tabaka olduğu için rüzgar kayması da (wind shear) sıklıkla görülür. SODAR, 2000-400 Hz seviyesinde atmosfere üç farklı yönde ses dalgaları göndererek ölçüm yapmaktadır. 1980'lerden itibaren meteoroloji biliminde kullanılmaya başlanan SODAR teknolojisi, rüzgar enerjisi, hava kirliliği, askeri amaçlar için de kullanılmaya başlanmıştır. Almanya'da nükleer santral sahalarında rüzgar şiddet ve yön ölçümleri ile atmosferik kararlılık belirlenmesinde de kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3 ile yaygın olarak kullanılan SODAR sistemleri görülmektedir [5].



Şekil 3. En yaygın kullanılan SODAR cihazları (saat yönünde: Second Wind Triton; AQSystem AQ500; Metek PCS2000-24/LP; ASC 4000i).

Tablo 1 ile SODAR uzaktan algımla sisteminin avantaj ve dezavantajları görülmektedir.

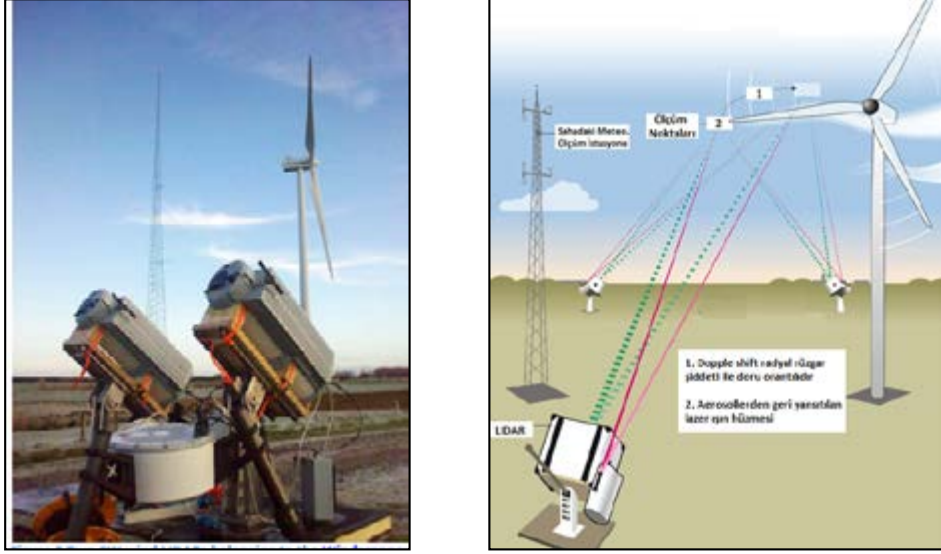
Tablo 1. SODAR avantaj ve dezavantajları.

Avantaj	Dezavantaj
Taşınabilir olması	Civardaki gürültü kaynaklarından etkilenme
Düşük güç tüketimi	Civardaki engellerden etkilenme

SODAR teknolojisi, 2000-4000 Hz bandında ses dalgalarının kısa patlamalarını ölçerek çalışan bir sistemdir. İki çeşit SODAR sistemi bulunmaktadır: mono-statik ve bi-statik SODAR [6]. Monostatik sistemde alıcı ve yayıcı (transmitter) sistem yerde yan yana bulunur. Bi-statik sistemde alıcı ve yayıcı sistem arasında 100 - 200 m civarında bir mesafe bulunmaktadır.

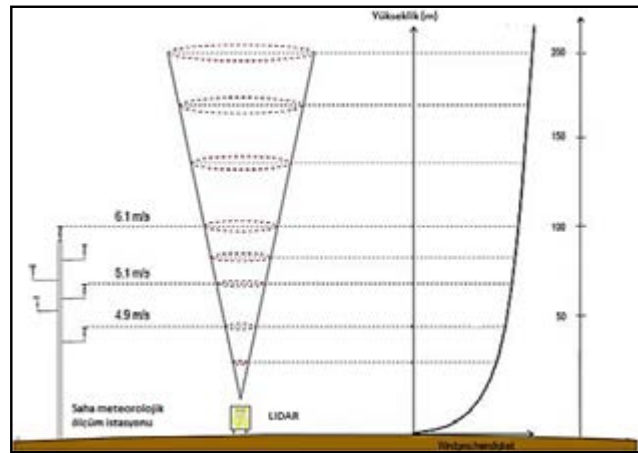
3. LIDAR Uzaktan Algılama Ölçüm Teknolojisi

LIDAR, lazer ışığının kullanarak rüzgar şiddeti, yönü ve türbülans belirleme tekniğidir. Atmosferdeki partiküllerden cihaz üzerine gelen lazer enerji yansımadır (Şekil 4).



Şekil 4. LIDAR atmosfere dalga yayılımı.

Atmosferdeki aerosollerden geri saçılan Doppler kaymasını (shift) leri yakalayarak ölçüm yapar. Doppler kayması, geri saçılan ışık huzmesindeki rüzgar şiddeti ile doğru orantılıdır. Geri dönen ışınlardaki Doppler kaymasının derecesine göre sonuç verir. Doppler kaymasının şiddeti atmosferdeki hacme göre değişir. LIDAR farklı açı ve yüksekliklerde kullanılabilir (Şekil 5). Havada asılı bulunan aerosollerin geri saçılımı ölçülür.



Şekil 5. LIDAR ölçüm tekniği.

2 Tür LIDAR vardır: daimi dalga (continuous wave) ve pulsed. Daimi dalga LIDAR lazer ışınlarının atmosfere sürekli gönderilerek ölçüm yapılması prensibine göre çalışır, farklı yüksekliklerdeki ışın huzmesine göre çalışır. Pulsed LIDAR kısa aralıklara ışık göndererek geri dönen saçılmaya göre ölçüm sonuçları verir. Daimi dalga LIDAR, hızlı ve yüksek çözünürlüklü veri topladığından dolayı daha yaygın olarak kullanılmaktadır. LIDAR kullanımının yaygınlaşması da SODAR ile aynı nedenlerden dolayıdır. Aşağıdaki özelliklerden dolayı daha yüksek doğruluğa sahiptir:

- a. Işık hızı, ses dalgasından 106 kat daha hızlıdır,
- b. LIDAR anten boyutu ışığın dalga boyuna bağlıdır. Lens çapının dalga boyutuna oranı 1000 den daha büyük olduğundan daha iyi sonuçlar ve yüksek veri örnekleme oranı alınır,
- c. LIDAR, rüzgar türbin göbek veya kanatlarına monte edilebilir. LIDAR sistemi rüzgarı 300 - 400 m öncesine kadar ölçebilmektedir. Rüzgar türbin aerodinamik performans ve pitch açılarının ayarlanmasında kullanılabilir. Böylelikle türbin üzerine gelen yorulma azaltılarak türbin ömrü artırılabilir,
- d. LIDAR sistemi, kepçe anemometre gibi noktasal ölçümü değil; hacimlse bir ölçüm yapar,
- e. SODAR tekniği ile 200 - 600 m lere kadar ölçüm yapılabilirken; LIDAR ile 2000 metrelere kadar ölçüm yapılabilir.

4. Uzaktan Algılama Sistemlerinin Yer Seçimi ve Çalıştırılması

Uzaktan algılama teknolojileri, RES projelerinde ve enerji değerlendirme raporlarında aşağıdaki gibi kullanılabilir:

1. Sahadaki meteoroloji ölçüm istasyon verilerinin ekstrapolasyonunda,
2. Sahadaki meteoroloji ölçüm istasyon verilerinin kayma katsayılarının (shear coefficients) hesaplanmasında,
3. Göbek yüksekliğinde rüzgar şiddeti ve yönünün belirlenmesinde,
4. Rüzgar potansiyelinin sahadaki değişiminin belirlenmesinde
5. Atmosferik sınır tabaka içindeki meteorolojik değişkenlerin profilinin belirlenmesinde.

Rüzgar elektrik santral (RES) projelerinde enerji hesaplamalarında en önemli kriterler verinin kalitesi, süresi ve sahayı temsil edebilirliğidir. Uzaktan algılama teknolojisinin kullanımı türbin yerleri ve meteoroloji ölçüm istasyon yeri ile de farklılıklar gösterebilir. Projedeki diğer parametrelerinde uzaktan algılama ölçüm sistemi üzerinde ciddi etkileri olabilir ve bu durum enerji hesaplamalarında farklılıklara yol açabilir. Uzaktan algılama sensörlerindeki belirsizlikler ve atmosferik koşulların mevsimsel değişimleri kısa süreli alınan uzaktan algılama verisi üzerindeki etkileri enerji hesaplamalarına yansiyabilir. Uzaktan algılama sistemlerinin kullanımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Uzaktan algılama teknolojisi hala gelişim aşamasındadır. Ekipman konfigürasyonu ve yazılım değişiklikleri ölçüm doğruluğu, kalitesi ve bütünlüğünü etkileyebilmektedir.
2. Ölçüm kalitesi cihazın proje sahası içerisindeki yerine göre değişim gösterebilmektedir. Mükemmel şekilde çalışan SODAR veya LIDAR cihazları bile doğru ölçümler göstermeyebilir. Kompleks arazilerde düzensiz akış veya yüzey yakınındaki pürüzlülük ölçüm doğruluğunu etkiler. Ayrıca SODAR ölçümleri sahaya özgü gürültü kaynaklarından etkilenebilir (ground clutter).
3. Uzaktan algılama ölçümleri, anemometrik ölçümlerden farklıdır. Anemometreler, rüzgar şiddetinin yönden bağımsız olarak ölçüm yapıldığı noktadaki ortalamasını verir, yani skaler bir ortalamadır. SODAR ve LIDAR uzaktan algılama ölçüm sistemleri, düşey ortalama ve yatay ortalama rüzgar şiddetlerini ölçerek vektörel bir ortalama vermektedir. Türbülanslı havalarda vektörel ortalamalar skaler ortalama değerlerinden daha düşüktür. Bunun anlamı ise, uzaktan algılama ile anemometrik ölçüm metodu aynı sonuçları vermeyebilir.

Yukarıdaki hususlara dikkat ederek uzaktan algılama ölçüm sistemi ile çalışılmalıdır.

Uzaktan Algılama Ölçüm Noktasının Seçimi

Uzaktan algılama ölçüm sisteminin projenin sahasındaki yeri, üretici firmanın talimatları ve uygulamadaki tecrübelerle göre belirlenmelidir. Ölçüm noktasının yeri ölçüm kalitesi ve güvenilirliğini doğrudan etkileyeceğinden dolayı aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Proje sahasında bulunan ve standartlara uygun meteoroloji ölçüm istasyonunun bulunması çok önemlidir. Bu istasyondan alınan veriler, uzaktan algılama ölçüm istasyon verileri ile saha ölçümlerinin teyidi yapılacaktır. Sahadaki meteoroloji istasyon verisi ile uzaktan algılama sistemi ölçümlerindeki elektriksel ve akustik gürültüden oluşan aykırı değerler ayıklanabilir.
2. Uzaktan algılama sistemi de sahadaki meteoroloji istasyonu gibi sahayı iyi temsil eden bir yerde olmalıdır.
3. Ormanlık arazilerde özellikle SODAR ölçümlerinde ölçüm cihazının bulunduğu yerin etrafındaki ağaçlar temizlenmelidir. Genel bir kural olarak ölçüm yüksekliğinden 20 m daha büyük bir çap alınabilir. Yani 100 m yüksekliğinde ölçümler için 120 m bir çaptaki ağaçlar temizlenmelidir. Orman arazilerindeki LIDAR ölçümleri için civardaki 10 m mesafeye kadar ağaçlar kesilebilir.
4. SODAR cihazının 20 m civarında herhangi bir bina, kaya veya yükselti olmamalıdır. Civarda gürültü kaynağı olabilecek bir yapı olmamalıdır.
5. Kompleks, türbülanslı akışın olduğu bölgeye uzaktan algılama sistemi konulmamalıdır.

Bu sistemlerde mümkünse en son yazılım ve donanım kullanılmalıdır ve ölçüm süresi boyunca çok gerekmedikçe konfigürasyon değişimi yapılmamalıdır.

5. Ölçümlerin Doğrulaması (Verification, Validation)

Doğrulama veya validasyon yöntemi incelenen verilerin başka bir istasyon verisi ile teyididir. Doğrulama yöntemi ile uzaktan algılama sisteminin sahadaki meteoroloji istasyon ölçümleri ile testi ve teyidi yapılmış olunur. Sonuçların kıyaslanması ve doğruluğu meteoroloji ölçüm istasyonunun sensörlerinin hassasiyeti ile uzaktan algılama sisteminin konumuna bağlıdır. Doğru ölçüm yapan hassas sensörlerle ve sistemin yüzey pürüzlülüğünden etkilenmediği doğru lokasyon seçimi ile verinin kalitesi ve temsil edebilirliği artar. Doğrulama yöntemi 6 ayda bir veya yılda en az 1 kez; ayrıca herhangi bir ekipman veya yazılım değişikliğinde de tekrarlanmalıdır. Doğrulama prosedürünü uygularken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Firmanın veya ekipmanın ilgili doküman veya talimatlarına göre işlemler yapılmalıdır.
2. SODAR cihazı konfigürasyonuna göre meteoroloji istasyonundan doğru bir şekilde konumlandırılmalıdır (yaklaşık 100 -150 m). LIDAR daha yakın olabilir.
3. Uzaktan algılama ölçüm sisteminin yapıldığı lokasyonun yüksekliği ile meteoroloji ölçüm istasyon noktası arasındaki yüksekliği farkı 5 m yi geçmemelidir.
4. Ölçüm sisteminin yeri mümkün mertebe uniform bir alanda düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip bir yerde olmalıdır.
5. Meteoroloji istasyonundaki sensörleri kalibrasyonlu olmalı ve her 2 yılda bir tekrar kalibre edilmelidir. Doğrulamanın güvenilirliği anemometrelerin kalitesine ve hassasiyetine bağlıdır.
6. Farklı yüksekliklerde birden fazla sensör olması kıyaslamayı kolaylaştırır.

Uzaktan algılama sistemi ile anemometre ölçüm sisteminin kıyaslanması ve doğrulaması her iki sistemin benzer ölçekte hata payı oranı olduğundan daha zordur. Anemometrik ölçüm hatalarının düzeltilmesi için bazı yöntemler geliştirilmiştir [3]. Bunlar arasında veriye lineer regresyon uydurulması yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Buradaki temel amaç anemometrik ölçümlerin slope ve ofset değerlerinin bulunmasıdır. En küçük kareler yöntemi kullanılarak

$$y = mx+b \quad (1)$$

belirlenir. Eşitlikte kullanılan,

y: uzaktan algılama rüzgar şiddeti;
x: anemometrik ölçüm sistemi rüzgar şiddeti;
m,b: lineer regresyon katsayılarıdır.

Diğer adımda gerçek rüzgar şiddeti z ile uzaktan algılama verisi arasındaki ilişkinin tahminine geçilir.

$$y = \hat{m}z + \hat{b} \quad (2)$$

Güvenilirlik oranı (reliability ratio)

$$\lambda = \frac{\sigma_x^2 - \sigma_u^2}{\sigma_x^2} \quad (3)$$

olarak verilir. Eşitlikte verilen

σ_x : Meteoroloji ölçüm istasyon verisinin standart sapması
 σ_u : Meteoroloji ölçüm istasyon sensör standart sapmasıdır.

Slope \hat{m} ve ofset \hat{b} değerleri ise;

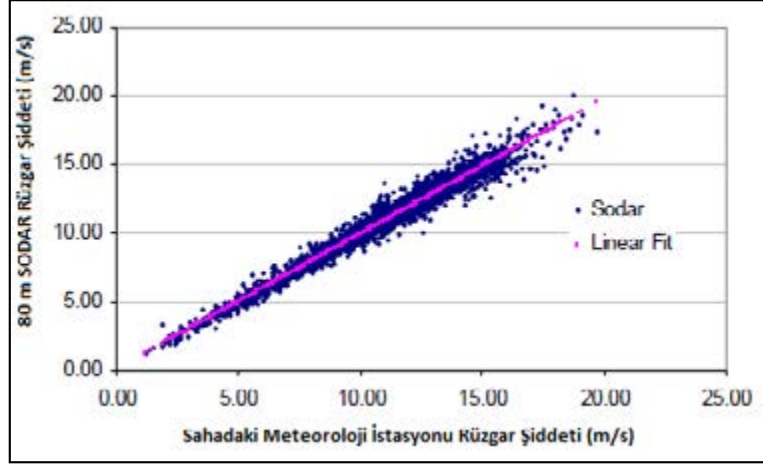
$$\hat{m} = \frac{m}{\lambda} ; \hat{b} = \hat{y} - \hat{m}\hat{x}$$

\hat{x} : meteoroloji ölçüm istasyon veri ortalaması
y : uzaktan algılama sistemi veri ortalaması
 σ_u : sensör hatası (ölçüm hatası, montaj hatası)

Doğrulama süreci bazı kriterlere göre değişim gösterebilmektedir. Genellikle aşağıdaki kriterlere uyulması gereklidir:

- 1. Minimum Ölçüm Süresi Kriteri:** Uzaktan algılama sistemiyle yapılan ölçüm süresi minimum 1 ay olmalıdır.
- 2. Minimum Miktar Kriteri:** Rüzgar şiddeti ve yönü doğrulanmış olarak 48 saatlik veri toplanmalıdır. Bu husus, sahanın temsil edilebilirliğini sağlar.
- 3. Veri Aralığı Kriteri:** Rüzgar şiddetinin 4-16 m/s aralığında 12 saatlik 2 veri aralığı seçilmelidir. Örneğin 4-8 m/s ile 8-16 m/s aralığında 12 saat veri toplanarak değerlendirme yapılmalıdır.
- 4. Belirsizlik Kriteri:** Standart hatanın slope ve ofset değeri hesaplanana kadar veri ölçümü yapılmalıdır.

Aşağıdaki Şekil ile 80 m anemometrik ölçümler ile uzaktan algılama ölçüm sistemi arasındaki grafik görülmektedir. Bu örnekte doğrulama yapılmamış ve veriler ham şekilde çizdirilmiştir. Doğrulanmamış (uncorrected) bir grafikdir; slope değeri 0.979; ofset değeri de 0.12 m/s dir. Verilerin standart sapması 3.13 m/s dir. Anemometre tahmini ölçüm hatası 0.20 m/s dir. Gerçek rüzgar şiddetinin doğrulanmış slope değeri 0.984; ofset değeri de 0.07 m/s dir. Slope değerindeki belirsizlik ± 0.024 iken; ofset değerinde ± 0.21 m/s dir.



Şekil 6. SODAR ve anemometrik ölçümler.

SODAR ile sahadaki meteoroloji istasyon verilerinin arasındaki korelasyon, ölçüm yüksekliği ve atmosferik kararlılık durumuna bağlıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makalede rüzgar elektrik santralleri planlamasında uzaktan algılama sistemleri olan SODAR ve LIDAR incelenmiştir. Türbin kule yüksekliklerinin 120 m ve kanat ile birlikte 180 m lere ulaşan bir yükseklikte rüzgar ve türbülans karakteristiklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Sabit ölçüm anemometre sistemi ile bu ölçümler çok maliyetlidir. Önümüzdeki dönemde uzaktan algılama teknolojileri daha yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Use of Remote Sensing for Wind Energy Assessments**, 2011. Recommended Practice, DNV-RP-J101.
- [2] **Durak, M. ve Özer, S.**, 2008. Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama, Ankara.
- [3] **Mikkelsen, T.**, 2014. Remote Sensing of Wind. Technical University of Denmark, Roskilde.
- [4] **Carroll, R., Ruppert, D., Stefanski, L. ve Crainiceanu, C.**, 2016. Measurement Error in Nonlinear Models: A Modern Perspective. 2nd edition. CRC Press.
- [5] **Braedley, S. ve Mikkelsen, T.**, 2012. SODAR Remote Sensing for Wind Energy. RISO, Denmark.
- [6] **Alhilal, S. ve Ahmed, S.**, 2015. Wind Energy: Site Characterization and Application of Remote Sensing, International Journal of Academic Scientific Research ISSN:2272-6446. Vol.3, Issue 4.

www.meteoroloji.org.tr

ASFALT SERİM KOŞULLARI: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Doç.Dr. İbrahim SÖNMEZ¹, Ahmet KÖSE²

¹EGE Asphalt Maden İnş. Nak. San. ve Tic. A.Ş. İstanbul

Türkiye ibrahimsonmez@egeasfalt.com,

²İBB Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğü, İstanbul Türkiye

a.kose@ibb.gov.tr



DR. İBRAHİM SÖNMEZ



AHMET KÖSE

Meteoroloji Yüksek Mühendisi
Yayın Kurulu Başkanı

ÖZET

Bu yayında Yol Çalışmalarında Asphalt Uygulamaları esnasında gelişen son teknoloji iş makineleri ve kaliteli üretilmiş asphalt karışımlarının kullanılmasına karşın hava koşullarının (çiy, rüzgâr, hava ve yol sıcaklığı vb) asphalt serimindeki büyük önemi üzerinde durulmaktadır. İstanbul'daki asphalt serim uygulamalarında dünden bugüne gözlenen gelişimi, sağlanan faydalar ve İstanbul için asphalt döküm için en uygun zamanlar ve hava koşulları incelenmektedir. Çalışma kapsamında asphalt üretim tesisleri ile yollardaki uygulama esnasında geçen süre içinde hava koşullarından (sıcaklık, çiy, rüzgâr, nem vb.) kaynaklanan asphalt soğumalarının formüle edilmesi konusunda İstanbul'da yapılan uygulamalı çalışma ve bulgular tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Asphalt, Karayolu, Hava koşulları

ABSTRACT

In this study; even though the newest heavy equipment and quality made tarmac mixtures have been used while asphalt spreading works it has been understood that meteorological conditions (wind speed, air temperature, surface temperature, and dew) are very important; and the improvement of asphalt spreading in Istanbul, the benefits and the meteorological conditions have been shown. Within this study, the time that passes between the asphalt plant and spreading over, and cooling due to meteorological conditions has been tried to formulate, and the results are shown as tables.

Keywords: Asphalt, Highways, Weather conditions

1. GİRİŞ

Karayolları ülke ekonomilerinin gelişmesinde ve üretkenliğinin sürdürülmesinde hayati önem taşımaktadır. Karayolu taşımacılığı üretim noktasından tüketim noktasına aktarmasız ve hızlı taşıma yapılmasına uygun olması nedeniyle, diğer taşıma türlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Ekonomik kalkınma ve toplum refahının gelişmesinde büyük önemi olan karayolu taşımacılığı, kendi bünyesinde başlı başına ekonomik bir faaliyet olduğu gibi, diğer sektörlerle de çok yakın ilişkisi olan ve bu sektörleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyen bir hizmet türü konumundadır. Sadece karayoluna dayanan ulaştırma sektörü; kirlenme, kazalar ve trafik tıkanıklığı ile ekonominin gelişmesindeki hareketliliği sınırlamaktadır.

Normal hava koşullarında ulaşımda herhangi bir sorun yaşanmazken, hava koşullarının kötüleştiği anlarda ulaşım sekteye uğrar. Hava koşulları trafiği etkileyen önemli etkenlerden biridir. Olumsuz hava koşulları sırasında, yol yüzeyi durumu hakkında önlem almak, gerekli çalışmaları yapmak, trafikte sürücülerini uyarmak, trafiğin akışkanlığının sağlanması ve yol güvenliği açısından oldukça önemlidir.

2. KARAYOLU BİLGİSİ

2.1. YOL ÜST YAPISI

Canlıların veya eşyaların herhangi bir yerden başka bir yere taşınması için çeşitli ulaşım sistemlerinden birinin tercih edilmesi gerekmektedir. Ulaşım sistemleri; karayolu, denizyolu, havayolu ve demiryolu olarak dört gruba ayrılabilir. Ülkemizde ve dünyada en çok tercih edilen karayolu taşımacılığıdır (Terzi 2005).

Ekonomik kalkınmanın ve refahın gelişmesinde büyük önemi olan karayolu taşımacılığının, ulaştırma sektörü içindeki payı giderek artan bir eğilim göstermektedir. Bu nedenle, en önemli altyapı yatırımlarından biri olan karayollarımız, gün geçtikçe artan bir trafik yükü altında bulunmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre, Türkiye’de Karayolu ulaşımında yolcu taşımacılığının payı 1950’de yüzde 50,3’den, 2009’da yüzde 98,3’e, yük taşımacılığının payı ise 1950’de yüzde 22,3’den 2009’da yüzde 94,6’ya yükselmiştir.

Çimento betonuyla yapılan kaplamalarla oluşturulan üstyapıya “Rijit Üstyapı” ya da “Beton Yollar” denir. Yol kaplaması olarak betonun görevi, trafik yüklerini tabana iletmek ve bu sırada tabanın deforme olmamasını sağlamaktır. Bir beton kaplamanın davranışı, dökülen beton tabakalarının özelliklerinin yanı sıra, kaplama altına serilen temel ve alttemel tabakalarıyla var olan taban zemininin özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu nedenle projelendirme sırasında, taban zemini, temel ve alttemel malzemeleri, betonu oluşturan kum, çakıl, kırmataş, çimento ve betonarme demiri gibi malzemelerin özelliklerinin çok iyi incelenmesi gerekmektedir. Beton yollar, enine ve boyuna derzlerle birbirinden ayrılmış 20-25 m2 alana sahip plaklar halindedir. Beton plağın rijitliğinin yüksek olması nedeniyle taban zemininde oluşan gerilmeler geniş alana yayılır (İlçali 2001).

Bitümlü kaplama tabakalarıyla oluşturulan üstyapılara “Esnek Üstyapı” denir. Esnek üstyapı, tesviye yüzeyiyle sıkı bir temas sağlayan trafik yüklerini, kaplama, temel ve alttemel tabakaları yoluyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup; stabilitesi, adezyon, tane sürtünmesi ve kohezyon gibi kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır. Trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği değere indirmek, altyapıyı korumak ve düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, esnek üstyapıların amacıdır. Esnek üstyapılar, şehirlerarası yollarda, havaalanlarında ve şehir içi yollarda kullanılmaktadır. Asfalt betonunun istenilen özelliklerde yapılmasının yanında, temel ve alttemel tabakalarının da öngörülen şartlarda yapılması durumunda kaplamanın daha uzun süre hizmet etmesi sağlanmış olur (İlçali 2001).

Karayollarında yaygın olarak uygulanan esnek üstyapıların kaplama tabakalarında kullanılan bitümlü karışımlar, yol inşaatında önemli bir yer tutmakta ve maliyeti büyük ölçüde etkilemektedir. Yol kaplamalarında, sıcak karışımlar içinde en çok kullanılan asfalt betonu kaplamalardır. Asfalt betonu kaplama, kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin belirli tane dağılımı limitleri arasında işyeri karışım formülü esaslarına

uygun olarak bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılarak yeterli temeller veya diğer bitümlü kaplamalar ile beton kaplamalar üzerine bir veya birden fazla tabakalar halinde sıcak olarak serilip sıkıştırılarak elde edilen bir yol kaplamasıdır. Asfalt betonu kaplama genel olarak; bitümlü temel tabakası, binder tabakası ve aşınma tabakası olarak üç tabaka halinde yapılır (Anonim 1994).

2.2. YOL YÜZEYİNİN TAŞIMASI GEREKLİ ÖZELLİKLER

Yüksek kalitedeki bir yolda yolu yapan ve işletenlerin aşağıdaki özellikleri yolda gerçekleştirmeleri ve uzun süre korumaları gerekir.

- a) Taşıt sürücüsü fren tedbirine başvurduğu zaman, yol yüzeyi ile tekerlek bandajları arasında, yağışlı havada bile, büyük bir aderans sağlanmalıdır.
- b) Taşıt sürücüsü bir virajı dönerken, yolun enine reaksiyonları, taşıtı belirli bir yörüngede tutabilmelidir.
- c) Yol yüzeyinde girinti çıkıntı olmamalıdır. Çünkü girinti ve çıkıntılar taşıtın düşey yönde sarsılmasına sebep olurlar. Sarsıntı ise yolcular ve taşıtlar için sakıncalar yaratır.
- d) Yol sağlam olmalıdır. Trafik etkisi, frenleme ve dönüş etkisi ve tekrarlanan yükler altında, uzun yıllar aynı kalitede kalabilmelidir.
- e) Yol üstyapısı ekonomik olmalıdır. Büyük bakım ve yenileme masrafları gerektirmemelidir.

Yolda taşıtların güvenli ve konforlu bir şekilde seyredebilmeleri, yukarıda açıklanan koşulların sağlanması için, yol yüzeyinin geçirimsiz olması, belirli bir pürüzlülüğe sahip bulunması ayrıca, enine ve boyuna profilinin sürekli ve düzgün olması gerekir.

Yol yüzeyinin pürüzlülüğü, taşıtlara uygun bir frenlenme ve iyi bir enine denge imkânı sağlamak için gereklidir. Bir taşıt için "fren uzunluğu" reaksiyon süresi sonunda yapılan frenle taşıtın tekerleklerinin bloke oluşundan tamamen duruncaya kadar yol üzerinde kayarak gittiği mesafedir.

Taşıtların duruş uzunluğunda, dolayısıyla trafik güvenliğinde vasıtanın hızı yanında yolun pürüzlülüğünün, kayma sürtünme katsayısının etkisi görülmektedir. Yol kuru ve temiz ise taşıt tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasında yüksek bir sürtünme sağlanması mümkündür. Buna karşılık kirli ve ıslak yüzeyli yolda güçlükler ortaya çıkar. Bu güçlükler bir taraftan lastiklere, diğer taraftan yol yüzeyinin dokusuna bağlıdır. Tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasında iyi bir aderans olabilmesi için kaplamanın aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- a) Yol yüzeyinde su birikmesinden sakınmalıdır. Düşük enine eğimler, yüzey deformasyonları, yüzeysel suların yanal akıtılmasının kötü oluşu, yatay yüzeylerin varlığına yol açan hatalı dever uygulamaları su birikimine sebep olabilir. Suyun kaplama tabakası tarafından hemen emilmesi bu sakıncayı ortadan kaldırılabirirse de bu defa yol gövdesinin drenajı sorunu ortaya çıkacaktır. Kar yağışının yoğun olarak yaşandığı kesimlerde de kar ve buz en kısa zamanda yol üzerinden uzaklaştırılmalı, hatta kar/buz oluşumunu engelleyici tedbirler önceden alınmalıdır.
- b) Kaplama tabakasının agregası keskin kenarlar içermeli ve bunu uzun süre korumalıdır. Agreganın kolay cilalanmayan, kırılmayan sert agregadan oluşması gerekir.
- c) Kaplama tabakası pürüzlülük sağlayacak dişli bir dokuya sahip bulunmalıdır.
- d) Yol yüzeyinin pürüzlülüğü yer yer değişmemelidir. Farklı malzeme ile onarım yapıldığı takdirde bu durum ortaya çıkar(Umar ve Ağar 1991).

2.3. ASFALT UYGULAMALARI VE HAVA SICAKLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİSİ

Asfalt karışımının üretilmesi, taşınması, finişerle serilmesi ve sıkıştırılması esnasında yapılan tüm işlemlerin tamamı ısı ile alakalıdır. Asfalt üretilmesi esnasında asfaltın hammaddeleri olan hem agregaya hem de bitüm belli derecelere kadar ısıtılmaktadır. Asfalt üretimi ve uygulaması tamamen hava sıcaklığı ile ilintili olup, Hava sıcaklığının 5 °C ve daha üstü sıcaklıklarda ancak uygulama yapılabilir. Bunun da dışında, asfalt uygulama yapılacak olan yol yüzeyinin ıslak, nemli olmaması gerekir.

a) Asfalt Üretimi Esnasında Hava ve Asfalt Isıları;

Hava Sıcaklığı (Gölgede)	Karışım Sıcaklığı
5 – 15 °C arası için	Minimum 155 °C
15,1 – 30 °C arası için	Minimum 145 °C
30 °C dan yukarısı için	Minimum 140 °C

Üretim esnasında malzemelerin ısı farklılıklarının dengede olması amacıyla asfaltın hammaddesi olan bitüm ile agrega arasındaki ısı farkları da aşağıdaki tabloda verilen değerlerde olacaktır.

BİTÜMLÜ BAĞLAYICI	Bitüm		Agrega	
	Min. °C	Maks. °C	Min. °C	Maks. °C
40/60, 50/70 pen bitüm ile hazırlanan karışımlarda	145	160	150	165
70/100 pen bitüm ile hazırlanan karışımlarda	140	155	145	160

b) Asfalt Uygulama Esnasında Hava ve Asfalt Isıları;

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	<50 mm	50 – 75 mm	>75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı (°C)	Minimum Serim Sıcaklığı (°C) (1)		
<5	(2)	(2)	(2)
5 – 9,9	(2)	141	135
10 – 14,9	146	138	132
>=15	141	135	130

(1)Finişere (yollara, köprülere, otoparklara ve benzeri yerlere asfalt döşemek için kullanılan bir inşaat ekipmanıdır) boşaltma yapıldığı andaki sıcaklık. (2) Serim yapılmamalıdır.

3. İKLİM ŞARTLARI (<http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx1>)

3.1. Yağmur: 0.5 mm.den daha büyük sıvı su damlaları şeklindeki yağışa verilen isim. Eğer havada dağılırsa damlalar daha da küçülebilir. Yağmurun yoğunluğu düşme oranına bağlıdır. Hafif, Orta, kuvvetli, Aşırı gibi zamana ve yağış miktarına göre isimlendirilir.

3.2. Nem: Havadaki su buharı miktarı. Nispi nem ve çığ noktası ile sık sık karıştırılan bir terimdir. Mutlak nem, nispi nem ve özgül nem, nem çeşitleri içinde yer alır.

3.3. Sıcaklık: Bir maddenin ısı veya moleküler hareketinin derecesinin ölçüsü. Teorik olarak, moleküler hareketin durduğu varsayılan mutlak sıfır değerli bir ıskala üzerinden ölçülür. Sıcaklık aynı zamanda sıcaklığın veya soğukluğun bir derecesidir. Sıcaklık değeri serbest hava içerisinde, gölgede ve yere yakın bir çevrede ölçülür.

3.4. Isı: Farklı sıcaklık değerlerine sahip olmalarından dolayı, iki sistem arasında transfer edilen enerji şekli. Termodinamiğin birinci yasasına göre, sistem tarafından emilen ısı, ya iş yapmak için kullanılır ya da içsel enerjiyi artırır. Isı, ancak transferiyle bir cismin sıcaklığının artmasına neden olduğu zaman hissedilebilir. Isı, moleküllerin rasgele hareketlerinden oluşan kinetik enerjidir.

3.5. Hissedilen Sıcaklık: Termometrenin ölçtüğü aktüel fiziksek hava sıcaklığından farklı olarak, insan vücudunun hissettiği, algıladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklık, iklimsel çevre, giysilerin ısı direnci, vücut yapısı ve kişisel durumdan olduğu kadar, termometre sıcaklığı, nispi nem, rüzgâr ve radyasyon gibi dört meteorolojik faktörden etkilendiği için kişiden kişiye değişiklik gösterir.

3.6. Rüzgâr: Yeryüzü ile ilişkili olarak, genellikle yatay olarak gelişen hava hareketi. Rüzgâr dört değişik alanda ölçülür: Yön, hız, karakteri (hamlesi veya squallı) ve yön kırılması. Yer rüzgarı, rüzgar gülü-oku ve anemometre ile ölçülürken yüksek seviye rüzgarları pilot balon, rawin ve uçak raporlarından belirlenmektedir. Meteorolojide, rüzgar yönü, coğrafi kuzeye göre rüzgarın estiği yöndür.

3.7. Çiy: havadaki su buharının yerde yoğunlaşarak oluşturduğu su damlacıklarına çiy denir.

3.8. Kırağı: Hava sıcaklığı ve işba noktasının donma sıcaklığı altında olması durumunda, radyasyon nedeniyle soğumuş yüzeyler üzerinde oluşan pul, tüy veya yelpaze şeklindeki ince buz kristalleri. Kırağı, yerde oluşan çığ tanelerinin sonradan donmasıyla olabileceği gibi, doğrudan 0 °C'nin altındaki bir sıcaklıkta su buharının cisimler üzerinde donmasıyla da olabilir. Sis ve bulut yerin radyasyonel olarak soğumasını engellediğinden sisli ve bulutlu havalarda kırağı görmek mümkün olmaz."1

Yüksek basınç sisteminin etkili olduğu kış mevsiminde hava sıcaklığı 5 °C' nin altına düştüğü günlerde; gökyüzü açık ve yağış yok ise köprü ve viyadüklerde çiy ve kırağı oluşabilir. Çiy araç camlarında sanki yağmur yağmışçasına ıslaklığa, kırağı ise yine araç camlarına kar yağmışçasına beyaz örtüye neden olmaktadır. Çiy ve kırağı genelde gökyüzünün açık olduğu gecelerde oluşur.

Metal radyasyonu yaymakta çok etkilidir. Metal yüzeyler çiy, kırağı oluşması için en önemli yerlerdir, çünkü havanın soğumasına maruz kalan bir araba ve metal etkili olarak ışık saçar. Çiy veya don yüzeyi beton gibi sert olmaz. Beton, metal veya ince yapraklı çimenler gibi havaya maruz kalmaz. Önemli bir şekilde, beton gün boyunca kazanılan sıcaklığın bir kısmını tutar (alıklar). Gece vakti soğuma meydana gelirken, toprak çoğu nedenlerden etraftaki havadan daha sıcaktır. Daha sıcak yüzey çiy veya kırağının ilk olarak beton üzerinde oluşmasını önler. Beton ayrıca bitki örtüsü gibi buharlaşmaya elverişli değildir. Böylece hem az neme sahip olma hem de dünyanın yüzeyinden sıcaklığın alınulmasının birleşmesi sonucu çiy ve kırağının beton üzerinde oluşmasını zorlaştıran sebeptir.

3.9. Yol Mikro İklimi

Verilmiş bir yol ağı dâhilinde yol yüzeyi durumu uzaysal ve maddi olarak değişiklikler gösterir. Yol yüzey sıcaklığının uzaysal dönüşümlerinin termal haritalaması İsveç ve Birleşik Krallıkta bağımsız olarak geliştirilmiştir. Sakin ve sissiz gecelerde yol yüzey sıcaklığı değişimleri yükseklik, topografi, yol inşası ve trafikten kaynaklanmaktadır. Rüzgâr, bulut ve yağış sıcaklıktaki uzaysal değişimin genişliğini azaltır. Belli bir gecede, yol yüzey sıcaklığındaki muhtemel uzaysal değişimi yansıtan birçok termal harita oluşturmak mümkündür.

3.10. Denizden yükseklik

Normalde denizden yükseklik ne kadar fazlaysa en düşük yol sıcaklığı o kadar alçak beklenir. Bu, stabil (kararlı) olmayan normal atmosfer şartları altında irtifa yükseldikçe hava sıcaklığının azalmasının sonucunda gerçekleşir. Çevresel ara oranı genelde $6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ civarındadır (Deniz seviyesinin üzerindeki yüksekliklerde hava sıcaklığının düşüşü). Yol yüzeyi sıcaklığının denizden yüksekliğiyle beraber benzer bir oranda azalması beklenir. Hassal Green (M6'da 79 metrede) ve Cat and Fiddle (514 metrede) Ortalama sıcaklık farkı, $7.8^{\circ}\text{C}/10000\text{ m}$ 'lik ara veren 435'lik yükseklik farkında; 3.4°C 'dir. Ancak denizden düşük yüksekliklerdeki don çukurları, özellikle sakin ve sissiz gecelerde ters ve soğuk havanın havuzlanması nedeniyle, vadi diplerinde en düşük sıcaklıkların kaydedilmesine sebep olabilir. Tepe yamacı herhangi bir drenajın gerçekleşmesi için yeterli olacak kadar sarpça, bir don çukuru oluşacaktır ve bu, daha düşük yol sıcaklıklarına sebep olacaktır. Soğuk hava havuzunun ebadı eğimin uzunluğu ve sarplığıyla ilgilidir. Uzun ve sığ bir eğimi dibindeki soğuk hava havuzu, kısa ve sarp bir eğimin dibindeki havuzundan, uzun eğimin dibindeki soğuk hava hacmi daha fazla olduğundan, daha büyük olacaktır. Ancak kısa ve sarp eğimin dibindeki soğuk hava yükseklikteki büyük değişiklikler ve eğimin başıyla sonu arasındaki sıcaklık farkından dolayı daha düşük sıcaklık dereceleri tecrübe edecektir.

3.11. Topoğrafya

Topoğrafı yol yüzeyinin ısı bakımından soğumasını gökyüzü görüş açısı etkenini kontrol ederek sınırlandırır. Geceleri yol yüzeyi ısı kaybıyla soğur. Doğaya ısı kaybı binalar, ağaçlar, bulut örtüsü, trafik ve tüneller tarafından azaltılır. Bunların tümü tekrar yüzeye yansır, emer ve yeniden yayar, yol yüzeyinden ısı kaybını azaltır ve sıcaklıkları korur. Tünellerdeki, köprü altlarındaki, ağaçlarla çevrelenmiş yollar daha açık yollara göre geceleri daha sıcak kalacaktır.

3.12. Yol inşaatı

Yol inşaatı önemlidir çünkü ısı yol yapısında saklanır ve termal özelliklerine göre farklı olarak serbest bırakılır. İnşaatın derinliği de ayrıca önemlidir; genelde inşaatın derinliği ne kadar fazlaysa yol da o kadar sıcak olur. Bu sebepten otoyollar diğer yollara göre daha sıcaktır, beton yollar ise black top yollara göre daha sıcaktır. Yüzeye değen güneş ısısındaki mevsimsel değişiklikler de göz önünde bulundurulmalıdır. Sonbahar ve ilkbaharın sonlarına doğru, kırağı oluşumu halen bir tehlike iken, gündüz katkısıyla yeterli ısı, yoldaki gece soğumasını karşılamak için depolanır. Bir yolun köprüyle kesiştiği yerde, daha derindeki inşaatı ve daha ufak termal hafızası nedeniyle daha soğuk olacaktır.

Termal hafıza inşaatın derinliğine, kullanılan inşaat malzemesine, yüzeye değen güneş ısısının ne kadar alındığına bağlıdır. Belli başlı köprüler özellikle su üzerinde olanlar, nazaran daha sıcak olan su yüzeyinden köprünün alt kısmına yansıyan ısı nedeniyle daha sıcak gözükebilirler. Kentsel bölgelerde, yükseltilmiş viyadük kısımları, inşaatın derinliği her ne kadar kısıtlı olsa da, kentsel ısı adası ve trafik etkisi yüzünden sıcak kalabilir. Çelik köprüler, yüksek termal iletkenlikleri ve kötü ısı tutmaları dolayısıyla yan yollara göre çok daha çabuk soğurlar. Kısa bir buzlu alan oluşturduklarından dolayı daha güvenli başka yollara göre bir takım problemler gösterirler.

3.13. Kentsel ısı adası

Kentsel ısı adası etkisi, şehir ve kasabaların inşa edildiği alanların banliyölere ve kırsal kesime göre birkaç derece daha sıcak olması olgusudur. Şehrin herhangi bir yerinde bu ısı adasının gerçek büyüklüğü bu bölgenin alan kullanımı ve n-mevsime bağlıdır. Kentsel ısı adasının yoğunluğu şehir büyüklüğünün, nüfus yoğunluğunun ve kentsel morfolojinin bir fonksiyonudur. Sıcaklık farkı; endüstriyel ve evsel ısı kaynakları, düşük gökyüzü görüş etkeni ve şehrin yapıları tarafından tutulan ısıdan kaynaklanmaktadır. Kentsel ısı adası etkisi sonbahar ve ilkbaharda en kuvvetli, kışın ortasında ise en düşük şekildedir. Rüzgâr hızının en düşük olduğu zamanlarda, şehrin üzerinde havanın karışmasını azalttığından, bu etki kendini en belirgin şekilde hissettirir. Şehir içerisinde ısı adası etkisi, topografi, hava ve trafiğin; şehir dışındaki yollara göre şehir içerisinde daha az etkili olduğu anlamına gelir.

3.14. Trafik

Trafik yol üzerinde bir gölge gibi davranarak ısı kaybını kısıtlar ve yolu gece ılık tutmaya eğilimlidir. Ayrıca trafik yol yüzeyi üzerindeki havayı karıştırır ve soğuk gecelerde yukarıdaki ılık havayı karıştırır. Motordan gelen ısı ve egzoz ve ayrıca lastiklerden gelen sürtünme ısı, trafik olmayan bir yola göre trafikli bir yolun asgari sıcaklıklarının 2 derece daha fazla olması anlamına gelmektedir. Çok şeritli yollarda araçlar genellikle yavaş şeritte yoğunlaşmaya meyillilerdir; bu durum sol şeridin emniyet şeridinin geceleri daha soğuk olduğunu gösterir.

2012 Yılında Nisan ile Eylül ayları arasında 12 farklı uygulama da asfaltın fabrikadan çıkışı, döküleceği yere ulaşması, ulaştığı yerdeki sıcaklık, serim sıcaklığı ve mevcut hava sıcaklıkları baz alınarak çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda asfaltın fabrika ile serim yeri arasındaki mesafe ve trafikte geçen zaman dilimine bağlı olarak bir ısı kaybettiği, asfalt serimi sırasındaki hava sıcaklığına bağlı olarak yine ısı transferi nedeniyle ortalama 7 ila 17 C°'lik bir ısı kaybı ile asfaltın serildiği görülmektedir. Isı kaybında özellikle bahar ve kış mevsimlerinde rüzgârın soğutucu etkisi de etkenlerden biridir. Ayrıca hava sıcaklığı yerden 2 metre yukarıda ve kapalı bir siper içerisinde ölçülmektedir. Dolayısıyla asfalt ile hava sıcaklığı birbirinden farklılık gösterebilir. Mevsimsel farklılıklara göre güneşin etkisini kaybettiği gecelerde hava ve asfalt sıcaklıkları birbirinden farklıdır. Güneşli zamanlarda asfaltın siyah rengi dolayısıyla güneş ışınlarını absorbe ederek havadan daha sıcak olduğu görülmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında asfaltın bir yerden başka bir yere taşınması, taşınma süresi, mevcut hava ve yol sıcaklığı, rüzgâr, daha soğuk günlerde çiy gibi parametreler bu ısı kaybının başlıca nedenleridir. Asfaltın serim sırasında olması gereken sıcaklık tüm bu parametreler göz önünde bulundurularak, fabrikadan gerekiyorsa biraz daha yüksek sıcaklıkta asfaltın transfer edilmelidir.

tarih	ilçe adı	cadde adı	fabrika adı	mesafe	asfalt cinsi	SICAKLIK DEĞERLERİ				
						fabrika çıkış sıcaklığı	finişer hazne sıcaklığı	serim sıcaklığı	hava sıcaklığı ORT.	ΔT
24.04.2012	beylikdüzü	e5 kuzey yolu	habipler	3954 m	mod. Aşın	165°C	157°C	152°C	14°C	13°C
14.05.2012	avcılar	e5 kuzey yolu	mahmutbe	20550 m	binder	165°C	160°C	153°C	16°C	12°C
27.06.2012	eyüp	akpınar yolu	habipler	23409 m	aşınma tip	160°C	152°C	146°C	25°C	14°C
28.06.2012	avcılar	e5 kuzey yanyol	habipler	32300 m	mod. Aşın	160°C	153°C	148°C	22°C	12°C
06.07.2012	avcılar	e5 kuzey yanyol	mahmutbe	19581 m	aşınma tip	155°C	156°C	148°C	27°C	7°C
10.07.2012	esenyurt	haramidere e5 tem bağlantı yolu	mahmutbe	17752 m	binder	161°C	156°C	150°C	24°C	11°C
25.07.2012	büyükçekmece	7.cadde	habipler	37851 m	aşınma tip	167°C	161°C	153°C	27°C	14°C
26.07.2012	avcılar	e5 güney yanyol	habipler	32300 m	aşınma	163°C	155°C	146°C	28°C	17°C
28.07.2012	büyükçekmece	e5 güney yanyol	mahmutbe	11889 m	binder	162°C	158°C	154°C	29°C	8°C
28.07.2012	bahçelievle	adnan kahveci bulvarı	mahmutbe	13000 m	binder	161°C	158°C	151°C	29°C	10°C
01.08.2012	beylikdüzü	atatürk caddesi	mahmutbe	27913 m	aşınma tip	163°C	156°C	150°C	25°C	13°C
02.09.2012	büyükçekmece	halkalı istasyon caddesi	mahmutbe	8999 m	binder	162°C	156°C	151°C	24°C	11°C

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Asfalt çalışmalarında sıcaklık faktörünün önemli olması nedeniyle, ani soğumaların sebeplerinin araştırıldığı bu çalışmada, soğumaya sebep olan faktörlerin zamanla olan etkisi ortaya konulmuştur.

Sıcaklık ölçümleri esnasında sadece hava sıcaklığının değil, bunu etkileyen rüzgâr, nem, hissedilen sıcaklık gibi faktörlerin de önemi olduğu bilinmelidir.

Çiy oluşması için, beton, asfalt, metal ve bitki yüzeyleri idealdir. Bitkiler, buharlaşma ve terlemesi nedeniyle nemli yüzeylere sahiptir. Bu nedenle bitki yüzeylerinde daha önce ve daha fazla çiy oluşur. Köprü, viyadük ve otomobil gibi yüzeyler ise çok hızlı bir şekilde soğur. Bu nedenle beton ve metal yüzeyler çiy oluşabilen en uygun yüzeylerdendir. Yüksek basınç merkezinin hâkim olduğu bulutsuz geceler, sakın veya hafif rüzgâr, nemli yer yüzeyi ve geceyin yüksek çiy noktası sıcaklığı çiy oluşumu için çok uygundur. Çiy, otomobillerin üzerinde su tabakası oluşturabilir. Aynı etki yollar ve metal köprüler içinde geçerlidir. Bu durumda çiy nedeniyle yollar ıslak bir zemin halini alır. Yolları kurutmak mümkün olmadığına göre, "çiyli saatlerde" asfalt sermek imkânsız hale gelmektedir.

KAYNAKÇA

Beaumont MA (1987) Detecting population expansion and decline using microsattellites. Genetics, 153, 2013–2029.

Campbell, L.R. 1986. Assessment of Traffic Collision Occurrence Related to Winter Conditions in the City of Winnipeg: 1974 to 1984. City of Winnipeg

Edwards, J., 1996. Weather-Related Road Accidents in England and Wales: A SpacialnAnalysis. Journal of Transport Geography 4:201-212.

Gibaldi, J. & Achtert, W. S. 2003. MLA handbook for writers of research papers. New York: Modern Language Association of America.

Karayolu Bakım El Kitabı, KGM Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara 1998

Umar, F., Açar, E. 1991. Yol Üstyapısı. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 339s. İstanbul.

Anonim 1994. Karayolları Genel Müdürlüğü. Yollar Fenni Şartnamesi, No:170/2, 435s., Ankara.

Anonim 1996a. Using Salt and Sand for Winter Road Maintenance. Wisconsin. Transportation Center, Wisconsin Transportation Bulletin No. 6, Wisconsin.

Resmi Gazete,28461 (Araçların Yüklenmesine İlişkin Ölçü ve Usuller ile Tartı ve Boyut Ölçüm Toleransları Hakkında Yönetmelik).

RMA, (Rubber Manufacturers Association - Lastik Üreticileri Derneği), ASTM (American Society for Testing and Materials)2012.

Davarcı A, Erbay A; 2011. Yerleşim yerlerindeki ölümlü trafik kazalarına etki eden faktörlerin lojistik regresyon modeli ile incelenmesi: İstanbul örneği Emniyet Genel Müdürlüğü verileri (2010-2012)

Ilıcalı, M. 2001. Asfalt ve Uygulamaları. No:1, 280s. İstanbul.

İyınam, Ş., İyınam, A.F. 2006. Snow and Ice Control in Highways. Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering, İstanbul.

Knapp, K.K. 2001. Investigation of volume, safety, and vehicle speeds during winter storm events. Maintenance Management Conference Proceedings 23; Transportation Research Board

Lynette C. Goodwin, "Best Practices Road Weather Management", (for Paul Pisano, Road Weather Management Program, Office of Transportation Operations, FHWA), 2003.



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteoroloji.org.tr

SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ MÜMKÜN MÜ?

ÖZET



NAMIK CEYHAN

Meteoroloji Yüksek Mühendisi &
Tarım ve Orman Komisyonu
Başkanı

Su, bütün canlıların yaşam kaynağıdır. İnsan vücudunun yaklaşık % 65'i sudur. Su, her ne kadar yenilenebilir bir doğal kaynak olsa da diğer doğal kaynaklar gibi sonsuza kadar tükenmeyecek değildir. Nitekim geçen yüz yılın ikinci yarısından itibaren yaşanan teknolojiye baş döndürücü gelişmeler, aşırı nüfus artışı, plansız kentleşme ve israf çılgınlığına dönüşen tüketim alışkanlıklarıyla birlikte ortaya çıkan çevre sorunlarından biri de su kirliliği, başta yer altı su rezervleri olmak üzere kullanılabilir tatlı su kaynaklarının azalması ve sulak alanların yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasıdır.

Su yönetimi; su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesi, dağıtılması ve kullanılmasıdır. Sürdürülebilir su yönetimi ise su kaynaklarının hidrolojik sistem içerisinde olumsuzluk yaratmadan günümüz ve gelecekte en iyi koşullarda kullanımının sağlanmasıdır.

Dünya üzerinde bu gerçeği bizzat yaşayan ve yaşaması muhtemel olan ülkeler, hukuki, sosyal ve teknik düzenlemeler yapmışlardır. Bu çerçevede bir dizi yasal düzenlemelere gidilerek, devlet kademelerinin ilgi alanlarına göre yetkili otoriteler sorumluluklar dağıtılmış, koruma ve kullanma statüleri belirlenmiştir. Ayrıca uluslararası işbirliği antlaşmalarına imza atılmıştır. Su ile ilgili pek çok yasal düzenleme olmasına rağmen sulak alanlar kurumaya, sular kirletilmeye ve yerüstü ve yeraltı su kaynakları azalmaya devam etmektedir. Onca yasal düzenlemeye rağmen henüz bir çerçeve su yasası çıkarılamamıştır.

Bir tarafta devletin ilgili kurumları, bir tarafta sivil toplum örgütleri ile duyarlı vatandaşlar hepsi konuyu gündemde tutmaya çalışmakta ama su stresi yaşayan ülke olmaktan su kıtlığı yaşayacak ülkelere doğru hızla ilerliyoruz. Konya Kapalı Havzasında olduğu gibi pek çok yerde kuraklık afet boyutlarına ulaşmaktadır. O halde bir yerlerde aksayan veya sürdürülemez bir durum vardır

Suya doğru bakmalıyız. Su alınıp satılabilir bir meta olmayıp doğal bir kaynaktır. Suyu kontrol edip istediğimiz şekilde kullanmanın yollarını nasıl bulduysak, su ile akılcı ve dengeli bir beraberliği yürütebilmenin yolunu da aynı şekilde bulmamız gerekmektedir. Çok geç olmadan!

GİRİŞ:

Eski çağlarda yaygın bir kanı olan dört eleman kuralına göre “bütün cisimler su, toprak, hava ve ateşten oluşmaktadır”. Modern bilimin ışığında ise “Susuz yaşam olmaz” inancı kabul görmektedir. Bu nedendir ki çevremizde görülen ve görülmeyen şekilde bütün canlılarda bulunan ve gizemli bir doğal kaynak olan suyun değerini ancak kaybedince anlayacağız.

Su, insanlık tarihi boyunca sorumsuzca harcanmış, alınır satılır bir emtia olarak görülüp yanlış yönetilmiş ve gereğinden fazla kullanılmıştır. Hiç tükenmeyecek sanılan diğer doğal kaynaklar gibi azaldığını gördükçe insanoğlunu bir telaş almıştır.

Uygarlığın doğuşuyla birlikte başlayan doğaya hâkim olma, doğadan faydalanma ve doğayı kontrol altında tutma eylemleri geçen yüzyılın ikinci yarısı ile birlikte çevre sorunları adı altında bir dizi sıkıntıyı da beraberinde getirmiştir.

Yeterli miktarda ve kaliteli bir suyun varlığı, tatlı su ekosistemlerinin olduğu kadar, gıda güvenencesinin ve sürdürülebilir kalkınmanın, dolayısıyla insanlığın geleceğinin de temel koşuludur. Sürdürülebilir su yönetimi işte bu yüzden çok önemlidir.



Yeni yüzyılda karşımıza çıkan başlıca zorluk, su kaynaklarının kısıtlı olması. Gıda güvenliği ve enerji güvencesi, ekonomik büyüme, iklim değişikliğiyle mücadele ve biyolojik çeşitlilik kaybının önlenmesi gibi birçok konunun temelinde su kaynaklarının sürdürülebilirliği vardır.

Eylül 2002’de Johannesburg’da düzenlenen BM Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde “Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak” için güvenli su kaynaklarına erişim ana koşul olarak belirtilmiştir. Suyun etkin kullanımı diğer sürdürülebilirlik konuları ile birlikte yoksulluğun önüne geçilmesi içinde önem taşır. Çünkü temiz suya erişim yeterli bir yaşam kalitesi için gereklilik olarak kabul edilir

Su tüketimini kontrol altına alamayan, yer altı su rezervlerinin azaldığını gören ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de sulak alanların daraldığı, yaşanan doğal hayatın, biyolojik çeşitliliğin birer birer yok olduğu, kuraklığın özellikle tarım alanlarında etkili olduğu, su kirliliği ve buna bağlı hastalık ve ölümlerin arttığı, sonuçta bir su krizine davetiye çıkarıldığı gerçeği ile karşı karşıyayız artık.

Yaşanan su stresinin işaretlerini her yerde görmek mümkündür. Yer altı su seviyeleri düşmekte, göller küçülmekte, sulak alanlar kurumaktadır. Konya kapalı havzasında yer alan Tuz Gölünün alanının daralması tuzluluk veriminin düşmesi, Beyşehir Gölündeki doğal hayatın ve balık türlerinin azalması, Akşehir Gölü ve Ereğli sazlıklarının kuruması gibi ülkemizin pek çok sulak alanlarının yok olması bizim için ibret alınması gereken örneklerdir. Son 50 yılda Türkiye’de 3 Van Gölü büyüklüğünde sulak alanın yok olduğu bilinmektedir.

Öte yandan temiz ve sağlıklı suya erişim en temel insan hakkıyken, küresel olarak 10 insandan 3’ünün güvenilir suya erişimi yok. Su kaynaklarının azalması, kirlenmesi veya erişilememesi, hayatın akışında birçok ekonomik ve siyasi sorunu da beraberinde getirmektedir.

Bu konuyla ilgili çıkarılan ve uygulama konan hukuki mevzuatların genel amacı su kaynakların ve doğal hayatın korunmasıdır. Bu şekilde suların kirlenmesinin önlenmesinin yanı sıra suların daha verimli nasıl kullanılacağı hedeflenmektedir.



Yasalar yürürlükte, yetkililer öz verili bir şekilde görevlerini yapmaya çalışmakta, sivil toplum örgütleri ve çevre gönüllüleri konuyu gündemde tutmaya çalışmakta. Bütün bunlara rağmen su kaynaklarındaki azalma devam ediyor, yer altı suları çekilmeye devam ediyor, obruklar artıyor, kuraklık her geçen yıl endişelendiriyor, su kirliliği önlenemez bir şekilde artıyor netice de su stresi yaşanmaya başlıyoruz.

O halde su yönetiminde aksayan, yürümeyen bir şeyler var. Bu konuda Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü koordinasyonunda **2021 yılında gerçekleştirilen "1.SU ŞURASI" da göstermiştir ki: su ile olan ilişkilerimizi yeniden gözden geçirmeli ve yönlendirmeliyiz.**

SU KAYNAKLARI:

Dünya üzerinde suyun kaynakları, hava, karalar, okyanuslar, göller ve nehirlerdir. Havadaki su buhar halinde olup, hidrolojik çevrim ile yeryüzü ve atmosfer arasında sürekli olarak hareket halindedir. Karalardaki sular ise toprak içindedir. Karalardaki bu sulardan kullanılabilir tatlı su miktarı toplam suların ancak % 2.5'i kadardır. Geriye kalan sıvı haldeki suyun %97,5'si tuzlu sulardan oluşmaktadır. Suyun dünya üzerindeki kullanımı ve yeri hakkında bir ikilem mevcuttur. Şöyle ki bir tarafta daha verimli tarım, gelişen sanayi, büyüyen ve modernleşen şehirler gibi olguların meydana gelmesini sağlayan hammadde, diğer taraftan da bütün doğal yaşamın ihtiyacı olan temel unsur olarak kabul edilmektedir. Su kıtlığı ve sulak alanların yok olması bu ikilemi çözümsüzlüğe götürmektedir. Bu bağlamda insanlığın hizmetine tahsis edilen daha fazla su, doğal hayata ve eko sistemlere daha az kalması demektir. Bu yarışta maalesef doğa bir adım geriye düşmüştür.

Su yenilenebilir bir kaynak olmakla beraber sınırsız

ve hiç tükenmeyecek değildir. Bu nedenle insanoğlu hem birey olarak hem de toplum olarak ihtiyaçlarını karşılarken suyun ekonomik, ekolojik ve siyasal sınırlarını yeniden değerlendirmesi gerekir. Yani su yönetimi sürdürülebilir olmalıdır.

SU TÜKETİMİ:

Su, insan vücudunun temel yapı taşı olmasının yanı sıra hayatın her alanında kullanılan doğal bir kaynaktır. Tüketim şekli ve amacı birbirinden farklı üç kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar tarım, sanayi ve evsel (günlük yaşam) olarak sıralanabilir. Ülkemizde halen kullanımda olan suyun %77'i tarım kesiminde,%13'ü endüstride,%10'u da kentsel ve kırsal yaşam alanlarında tüketilmektedir. Tarımda su kullanımı birim alandan daha çok ürün alabilmek veya bir yılda aynı alandan birden fazla hasat elde edebilmek için yapılan intensif tarım uygulamalarında görülmektedir.

Sanayide su kullanım oranı endüstrileşmiş ülkelerde genel su tüketiminin %50-80'ine ulaşmıştır. Üçüncü dünya ülkelerinde ve ülkemizde bu oran %10-30 arasında değişmektedir. Ancak suyun giderek tükendiğini gören ülkeler aldıkları teknik önlemlerle sanayide kullandıkları su tüketim oranlarını düşürmeyi başarmışlardır.

Kentsel ve kırsal alan günlük yaşantısında içme ve kullanma suyu olarak tüketilen su miktarının oranı ülkelerin gelişmişlikleri ile paraleldir. Örneğin Almanya'da günlük su tüketimi (kullanma, endüstri ve tarımsal üretimden payına düşen miktar) kişi başına 600-620 litre iken Türkiye'de bu miktar 136-148 litre arasında değişmektedir.



Dünya ülkelerinin üçte birinin suya erişimi yok veya çok kısıtlı. Afrika ve orta doğu ülkelerinin çoğunda bu miktar ancak 2-3 litredir. Bu nedenle halen Dünyada 80 ülkede yaşayan yaklaşık 2 milyar insan kurak mevsimlerde bu kadarını da bulamamaktadır. Başka bir deyişle dünyada 2 milyar insan temiz ve sağlıklı suya hasrettir. Ayrıca 2050 yılında 9,4 milyara ulaşması öngörülen dünya nüfusunun %40'ı su sıkıntısı çekebileceği beklenmektedir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarı en az 10.000 metreküp olmalıdır. Yıllık kişi başı su tüketimi 1000-1700 ton arası olan ülkeler su stresi altındadır. Kişi başına yılda 1000 tondan (1.000 metreküp) az su düşüyorsa o ülkede su kıtlığı var demektir.

Su stresi, su arzının miktar, kalite ve erişilebilirlik açısından güvenliğinin olmaması durumunu işaret ederken; su kıtlığı kurumların düzenli bir su sağlayamaması veya yeterli altyapı eksikliği nedeniyle fiziksel kıtlık veya erişim kıtlığı nedeniyle bulunabilirlikte kıtlık anlamına gelir

Dolayısıyla ülkemizde ve dünya genelinde su kaynaklarının verimli kullanılması her geçen gün daha da önemli hâle geliyor

TÜRKİYE, "SU STRESİ ALTINDA" BİR ÜLKE

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 574 mm olup, yılda ortalama 450 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³'tür, 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 58 milyar m³'ü kullanılmaktadır.

Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1 652 m³, 2009 yılında 1 544 m³, 2020 yılında ise 1 346 m³ olmuştur. Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, su baskısı yaşayan su stresi altındaki ülkeler arasında yer almaktadır.

Konunun uzmanları tarafından su kaynaklarının korunması ve verimli kullanılmasına yönelik



gerekli tedbirler alınmadığı takdirde 2030'da toplam nüfusun yüzde 49'unun, sulanan tarım alanlarının ise yüzde 78'inin su açığı riskiyle karşı karşıya kalacağı, önümüzdeki 8 yıl içerisinde nüfusumuzun neredeyse yarısı ve sulanan tarım alanlarının yüzde 78'i 'su açığı' riski ile karşı karşıya kalabileceği belirtilmektedir.

Türkiye halen su kıtlığı olan ülkeler arasına dâhil edilmemektedir. Ancak su tüketiminin yörelere ve bölgelere göre farklı miktarlarda olduğu ve sulanabilir pek çok tarım alanının henüz sulu tarıma açılmadığı düşünülürse bu değerlendirmenin uzun süreli olamayacak olduğu kolayca anlaşılır.

Ülkeler bu kadar hayati öneme sahip su ve su kaynaklarını korumak ve doğru kullanımını sağlamak için hem siyasi hem sosyal hem de yasal yönlerden adımlar atmaktadır.

TÜRKİYE'DE SU YÖNETİMİYLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER

Cumhuriyetin kuruluşundan hemen sonra 1926 yılında kabul edilen Türk Medeni Kanununda, 1912 tarihli İsviçre Federal Medeni Kanunundan iktibas edilerek, kamu hukuku alanına giren hususlar düzenlenirken "...sahipsiz şeyler ile, menfaati umuma ait olan mallar, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Akarsular ve menfaati umuma ait malların işletilmesi ve kullanılması hakkında ahkâmı mahsusa vazolunur " denilmekle yetinilmiş ve umuma ait sularla ilgili kullanma esaslarının kamu hukuku açısından ayrıca düzenleneceği açıklanmıştır.

Ülkemizde 18.10.1982 tarihinde kabul edilen Yeni Anayasanın 168.Maddesinde “ Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını belirli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi servet ve kaynağın arama ve işletilmesinin, devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan yapılması kanun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve devletçe yapılacak gözetim, denetim ve esasları ile uygulanacak müeyyideler kanunlarla gösterilir” hükmü getirilmiştir.

Ancak bu husus cumhuriyetin kuruluşundan bu yana ele alınmasına rağmen umuma ait yer üstü sularının korunması hakkında yasal bir düzenleme yapılamamıştır. Yukarıda da ifade edildiği gibi ülkemizin henüz temel bir su yasası bulunmamaktadır. 1960 yılında çıkarılan 167 sayılı Yer altı Suları Kanunu ise sadece yer altı su kaynaklarının kullanımı ve korunması esaslarını getirmiştir.

Bu kapsamda, hangi umumi suyun hangi kamu hizmetine tahsis edileceği konusunda karar vermeye, tahsise, tahsisi kaldırmaya 1954 yılında kurulan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nün yetkili olduğu açıkça ve kesin bir şekilde 6700 sayılı kanunla belirtilmiştir. Halen Tarım ve Orman Bakanlığı çatısı altındaki DSİ daha çok mevcut su kaynaklarının işletilmesi ve kullanımına yönelik hizmetler yürütmektedir.

11 Temmuz 2011 de çıkarılan 645 sayılı Kanunla kurulan Orman ve Su İşleri bakanlığı bünyesindeki Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) ise havza bazlı su kaynaklarının korunmasına yönelik çalışmalar yapmaktadır. Daha sonra 2018'de başlatılan Cumhurbaşkanlığı hükümet sistemiyle birlikte Tarım ve Orman Bakanlığı çatısı altına alınmıştır. Halen bu bakanlıkta hem DSİ hem de SYGM birlikte su ile ilgilenmektedir.

Öte yandan su kirliliğinin önlenmesi ve doğal varlıkların korunması konularında hizmet yürüten Çevre Yönetimi, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü ile Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı çatısı altında hizmet vermektedir.



Yani su ve sulak alanların pek çok sahibi ve yönetiminin olması sürdürülebilirliğinin ne kadar gerçekçi olabileceği düşündürmektedir. Bu kapsamda her kurum ve kuruluş tarafından su yönetimini doğrudan veya dolaylı olarak ilgilendiren onlarca kanun, yüzlerce yönetmelik yönerge, genelge ile koruma statüleri ve uluslararası antlaşmalar vb. yasal düzenlemeler ortaya koymuş ve koymaya devam etmektedirler. Bunların yanı sıra pek çok ulusal eylem planları uygulanmaktadır. Tüm bunları ilgili kurumların web sayfalarında yer alan mevzuatlar plan ve projeler bölümlerinden ulaşabilirsiniz. Yine de su kaynaklarının sürdürülebilirliği sağlanamamaktadır

TÜRKİYE'DE SU YÖNETİMİNDE SÖZ SAHİBİ OLAN KURUM VE KURULUŞLAR:

Ülkemizde 2018 yılında geçilen Cumhurbaşkanlığı yönetim sistemiyle birlikte oluşturulan yeniden yapılanma ile birlikte **Sağlık ve Gıda Politikaları Kurulu, Yerel Yönetim Politikaları Kurulu** yanı sıra hemen her bakanlıkta su yönetimiyle bir şekilde ilgilenen bağlı, ilgili kurumlar bulunmaktadır. Bunlardan en başta yer alan dört bakanlığın su ile ilgili birimlerine bir bakalım:

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: Doğal çevreyi korumak, sürdürülebilir şehirler ve yerleşmeler oluşturmak üzere; şehirlerimizin kimliğini canlandıran ve yatay mimariyi esas alan planlama, dönüşüm, güvenli yapılaşma, taşınmaz yönetimi ve konut sektörü ile çevreye yönelik tüm hizmetleri düzenleyici ve denetleyici bir anlayışla yapmakla görevlidir. Su ile ilgilenen birimleri:

- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
- Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
- Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü
- Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- İklim Değişikliği Başkanlığı
- Türkiye Çevre Ajansı Başkanlığı
- İller Bankası

Tarım ve Orman Bakanlığı: Ülkemizdeki ekolojik kaynakların kalkınma modeli perspektifiyle etkin, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde harekete geçirilip ekolojik, bitkisel ve hayvansal katma değer vasıtasıyla ekonomik güvenliği, gıda arz güvenliğini ve insan sağlığını güvence altına almakla görevlidir. Su ile ilgili birimleri:

- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
- Orman Genel Müdürlüğü
- Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
- Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
- Türkiye Su Enstitüsü

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: Ülkemizin Enerji kaynaklarını ve tabii kaynakları verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlamakla görevlidir. Su ile ilgili birimleri:

- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)
- Enerji verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı
- Tabii Kaynaklar Dairesi Başkanlığı

Sağlık Bakanlığı: Herkesin bedenî, zihni ve sosyal bakımdan tam bir iyilik hâli içinde hayatını sürdürmesini sağlamak, toplum sağlığını ilgilendiren her türlü koruyucu sağlık hizmetlerinin verilmesi amacıyla çevre sağlığını ilgilendiren konularda her türlü önlemi alır ve aldır. İçme suyu standartlarının belirlenmesi, kontrolü, mineral suları ve yüzme suları mevzuatlarının hazırlanmasını sağlar. Su ile ilgili birimleri:

- Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü
 - Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü
- Bu bakanlıkların yanı sıra özellikle Büyükşehir Belediyeleri başta olmak üzere tüm belediyeler ve yerel yönetimler su yönetimi konusunda hem ilgili hem de yetkili oldukları unutulmamalıdır.**

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın geleceğinde en stratejik ürünler su ve buğday olacağı gerçeğinden hareketle gıda güvenliğinin sigortası olan tarımın yaşaması ve yaşıtılması için en hayati unsur SU'dur. Suyun doğru kullanımı ve sürdürülebilir yönetimi, ülke ekonomisinin gelişmesi ve bölgesinde söz sahibi olmasında önemli bir etkidir. Bu nedenle erozyon, çölleşme, plansız kentleşme ve verimli tarım topraklarının amaç dışı kullanımı nedeniyle tarım alanları elden çıkmaması için; gelecekte su kıtlığı yaşamamak için; su ve su kaynaklarının doğru ve tasarruflu kullanımı için sürdürülebilir su yönetimi önemlidir.

Genel olarak çevre ve özel olarak da su kaynaklarının korunması ve su yönetimi konusunda uluslararası anlaşmalar ve milli mevzuatın gereği olarak son 40 yılda önemli hamleler atıldığı ve projelerin gerçekleştirildiğini görüyoruz. Sürdürülebilir kalkınma ilkesinden hareketle atılacak her adımda sürdürülebilir çevre politikalarının dikkate alınması, doğal kaynakların ve dolayısıyla su kaynaklarının korunması zorunludur.

Ülkemiz şimdilik su stresi yaşayan ülkeler arasında gösterilmektedir. Böyle giderse çok değil on yıl sonra su kıtlığı yaşaması muhtemel ülkeler sıralamasına girecektir. Bu durumu kimse istemez kimse de kabullenemez. Bunun için hemen harekete geçme zamanı gelmiştir.

Bu konudaki alınması gereken bazı önlemleri şöyle sıralayabiliriz:

1- Sürdürülebilir Su Yönetimi: Bu konudaki yetki karmaşasını ortadan kaldırmak, su yasasını bir an evvel çıkarmak ve uygulamaya koymak. Yani su doğru ve tek elden yönetmeli. Bunun için belki de seksenli yıllarda olduğu gibi Toprak Su Teşkilatı yeniden kurulmalı. Daha da iyisi Su Bakanlığının kurulması.

2- Kuraklığı tam izlemek: Yeraltı ve yerüstü su seviyelerini, toprak nemini, yağmış ve yağacak yağmuru, buharlaşma miktarlarını, bitki örtüsünü ve kuraklık indekslerini tek elden izleyecek bir birim oluşturulması. Yani sadece meteorolojik kuraklığı değil hidrolojik ve tarımsal kuraklığı da bilinmesi ve takip edebilmesi.

3- Kent su bütçesi yapılması: Her yıl 1 Ekim su yılı başında (mali yılbaşı 1 Ocak gibi) devreye girecek havza bazlı su bütçesinin hazırlanıp bitki ürün deseninin buna göre şekillendirilmesi.

4- Bitki ürün deseni seçimi; Sulama suyu bütçe kapasitesine göre kuraklığa dayanıklı bitki ürün deseni seçilmeli, gelir getirici alternatif ürünler tercih edilmeli, belli bölgelerde yoğunlaşan tarımsal faaliyetlerin ülke çapında yaygınlaşması sağlanmalı.

5- Ulusal eylem planları birleştirilmeli: Halen konu ile ilgili bir kaç bakanlık tarafından ulusal bazlı yürütülen Tarımsal Kuraklıkla Mücadele, İklim Değişikliği ile Mücadele, İklim Değişikliğine Uyum, Havza Bazlı Koruma Planları, Taşkın Koruma planı, Su Verimliliği Eylem Planı gibi konuyla doğrudan ilgili plan ve programlar birbiri ile ilişkilendirilip tek bir Sürdürülebilir Su Yönetimi Eylem Planı hazırlanmalı.

6- Yağmur suyu hasadı başlatılmalı: Özellikle binaların çatılarından gelen yağmur sularını sarnıçlarda depolayıp kullanım suyu olarak değerlendirilmesine yönelik düzenlemeler yapılmalı. İçme suyu ile kullanım suyu birbirinden mümkün olduğunca ayrılmalı. Bu önlem, belki de şiddetli yağmurlarda cadde ve sokakların hemen birer dereye dönüşmesini de engelleyebilir.

7- Risk yönetimi yapılmalı: Su kıtlığı ve beraberinde yaşanan kuraklık olduktan sonra değil olmadan önce izlenecek yol haritası ve iş birliği planları ortaya konmalıdır. Öncelik krizi yönetme değil, riski hesaplayıp hazırlıklı olmak gerekir. Unutmamak gerekir ki kuraklıkta sinsi bir afettir.

8- Su Kanunu ve İklim Kanunu: Su ve İklim adına yapılan şuralar sonucunda çıkarılması planlanan Su Kanunu ve İklim Kanunu bir an önce çıkarılıp yürürlüğe konulması.



9- Çevre veya Su Bakanlığı Kurulması: Yukarıda ifade edilen tüm iş ve işlemleri yürütecek ilgili kurum ve kuruluşları tek bir çatı altında birleştirecek Çevre Bakanlığı ya da Çevre ve Su Yönetimi Bakanlığı kurulması.

10- Cumhurbaşkanlığı bünyesindeki sosyal politikalar kurulları arasına "İklim Değişikliğine Uyum ve Su Yönetimi Politika Kurulu" oluşturularak konunun en üst düzeyde sahiplenilmesi,

11- Farkındalığın artırılması: Başta tarım çalışanları olmak üzere toplumun tüm kesimlerinde suyun önemi ve su kaynaklarının kullanımı, iklim değişimine uyum konusunda farkındalık eğitimlerinin artırılması. İlköğretim okullarında zorunlu ders olarak okutulması.

Yukarıdaki eylemlerin hayata geçebilmesi için öncelikle yönetim kadrosunda bulunanlar için sonrada tüm vatandaşlarımız için **hayatın her alanında tasarruf odaklı yeni bir çevre ahlakına ihtiyaç vardır.** Doğal kaynakların korunması gerektiği bilincini yaşam tarzı haline getirmeden sürdürülebilir bir yaşam ve sürdürülebilir bir su yönetimi mümkün görülmemektedir. Bu bizim hem insanlık hem de yasal görevimizdir.

SUYUMUZUN DEĞERİNİ BİLELİM KULLANIRKEN DİKKATLİ OLALIM SONRA HASRET KALMAYALIM.

Kalın sağlıcakla.

TERMİK ve DİNAMİK KARARSIZLIK İNDEKSİ (TDKİ) GELİŞTİRİLMESİ UYGULAMASI ve TUTARLILIK ANALİZİ

ÖZET



KÖKSAL KÖKSOY

Meteoroloji Mühendisi
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
2. Bölge (İzmir) Tahmin ve Uyarı
Merkezi
kkoksoy@mgm.gov.tr

Bilindiği üzere dünya üzerinde bu amaçla geliştirilmiş indeksler bulunmaktadır (<https://www.weather.gov/lmk/indices>). Ve fakat bu indeksler geliştirildikleri yerlerde en iyi sonucu vermektedirler. Yapılan bu çalışmada amaçlanan girdi olarak kullanılan temp (yüksek atmosfer sondaj) verileri ile atmosfer parselinin kararsızlığını sayısal değer olarak bulmaktır. TDKİ indeksi hesaplanırken belli bir noktayı temsil eden atmosfer parseli içerisindeki düşey sıcaklık gradyanı hesaplanarak termik kararsızlık, düşey rüzgar yön değişimi ve rüzgar hız değişimi hesaplanarak dinamik kararsızlık bulunur ve parselin düşey nem profili ile belirlenen algoritmada yerlerine konularak sonuca gidilir. Bu ve benzeri kararsızlık hava olaylarının açıklandığı tanımlarının yapıldığı ve kuvvetli yağışlara sebep olabilmesi için gereksinimler için belli başlı siteler kullanılabilir. Çalışmada başlıca kullanılan site Jeff Haby'nin sitesidir (<http://www.theweatherprediction.com>). TDKİ indeksi, dünya üzerindeki herhangi bir yer için denizden yüksekliğine (rakım) bağlı olarak aynı verimlilikte sonuçlar verebilmektedir. Tutarlılık analizi için kullanılan veri seti ele alınan istasyonun (17220 Güzelyalı) uzun yıllar (2006-2016) 00Z ve 12Z temp verileri olup temp verisi arşivlenen bir siteden indirilmiştir (<http://weather.uwyo.edu/upperair/indices.html>). Bu temp verilerinden elde edilen indeks değerler ile bu istasyonun temsil alanında kabul edilen 17220 Güzelyalı, 17219 Adnan Menderes Meydan, 17218 Çiğli Meydan, 17186 Manisa istasyonlarının yağış miktar verileri mukayese edilmiş olup bunun sonucunda artan indeks değerlerine karşılık artan yağış değerleri sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak indeks değerlerine karşılık gelen yağış miktar aralıkları da belirlenerek bundan sonraki uygulamalar ve operatör olarak kullanımlarda diğer kararsızlık indeksleri gibi tahmin aracı olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

1. GİRİŞ

Kararsızlık yağışları, doğası gereği yer seviyesindeki hava parseli ile troposferin üst seviyelerindeki hava parseli arasındaki sıcaklık farkına ve rüzgar profilinin oluşturduğu dinamik hareketlere bağlı olarak oluşmaktadır. Sıcaklık farkının oluşturduğu etki termik, rüzgar yön ve hızından kaynaklanan etki ise dinamik etki olarak düşünülmüş olup indeks ismini şekillendirmiştir.

TDKİ indeks değerleri hesaplanıp harita üzerinde sunulduğunda kararsızlık haritası oluşturulmuş olunur. Diğer indeks değerlerine göre seçilme nedeni bilinen ve kullanılan indeksler kendi coğrafyaları için geliştirilmiş olup farklı yerlerde aynı verimliliği vermemekte ya da indeks kritik değerlerinin düzenlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile bu çıkmazdan da kurtulmaya çalışılmış olup farklı özellikteki bölgeler için kullanılabilen kararsızlık indeks değerleri verebilmektedir.

Güncel atılan sondaj değerleri ve tahmini prognostik temp değerleri olmak üzere her iki durum içinde örnek hesaplama yapılmış ve değerlendirmesi yapılmıştır.

2. HESAPLAMA ALGORİTMASI (Deniz Seviyesindeki Bir Nokta İçin)

Deniz seviyesindeki bir nokta için algoritma adımları aşağıdaki gibidir. Deniz seviyesinde olmayan noktalar için rakıma bağlı olarak alt seviyeler algoritmadan çıkarılmaktadır.

Termik Kararsızlık Hesabı (Tk):

925mb-850mb Sıcaklık Gradyanı,
925mb-700mb Sıcaklık Gradyanı,
925mb-500mb Sıcaklık Gradyanı,
925mb-300mb Sıcaklık Gradyanı,
Çıkan sonuçların ortalaması alınır.

Dinamik Kararsızlık Hesabı (Dk):

Rüzgarın Yönüne Bağlı Olan (Ry):

925mb-850mb Rüzgar Yön Değişimi,
850mb-700mb Rüzgar Yön Değişimi,
700mb-500mb Rüzgar Yön Değişimi,
500mb-300mb Rüzgar Yön Değişimi,

çıkan sonuçların ortalaması alınır 16 katsayısı (algoritmadaki girdileri denkleştirmek için) ile çarpılır.

Rüzgarın Hızına Bağlı Olan (Rh):

925mb-850mb Rüzgar Hız Değişimi+925mb-850mb Rüzgar Hızı Ortalaması,
925mb-700mb Rüzgar Hız Değişimi+850mb-700mb Rüzgar Hızı Ortalaması,
925mb-500mb Rüzgar Hız Değişimi+700mb-500mb Rüzgar Hızı Ortalaması,
925mb-300mb Rüzgar Hız Değişimi+500mb-300mb Rüzgar Hızı Ortalaması
çıkan sonuçların ortalaması alınır.

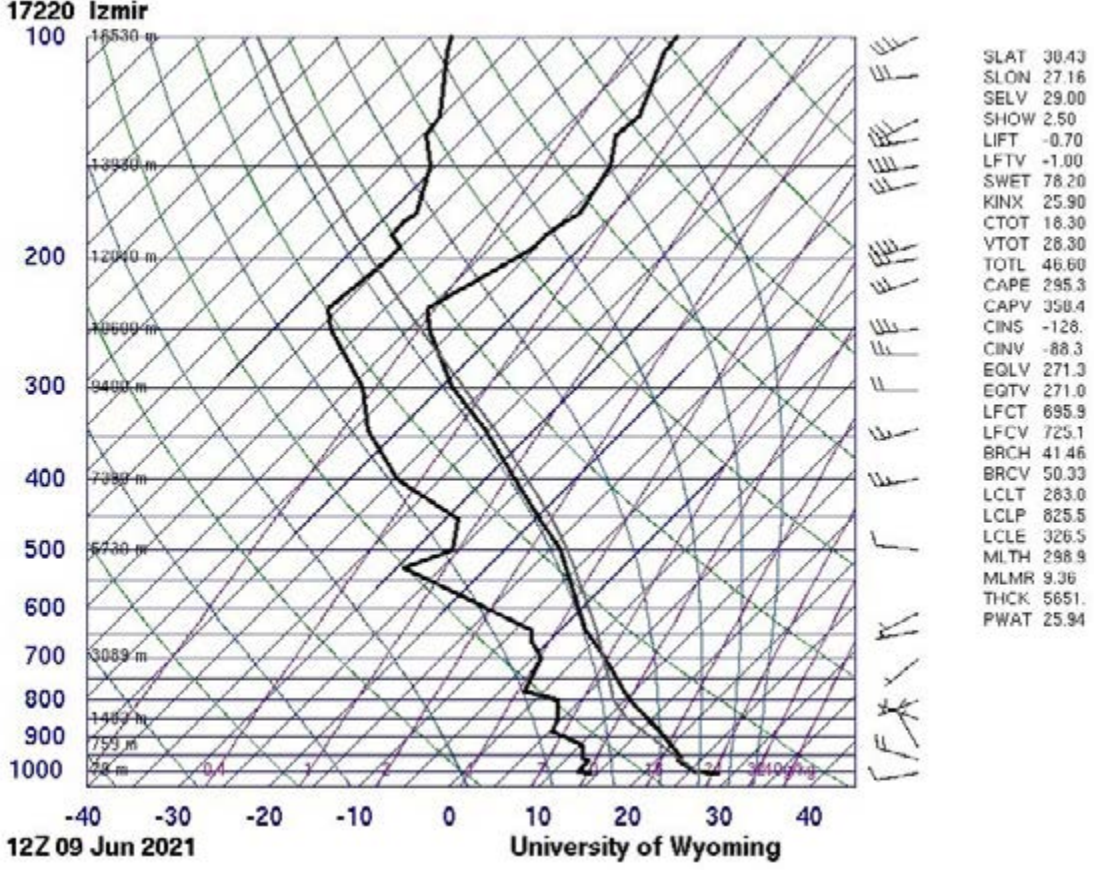
Parsel Neminin Hesabı (Np):

925mb Sıcaklık-İşba farkı ve sıcaklığa bağlı nem miktarı hesabı
850mb Sıcaklık-İşba farkı ve sıcaklığa bağlı nem miktarı hesabı
700mb Sıcaklık-İşba farkı ve sıcaklığa bağlı nem miktarı hesabı
çıkan sonuçların toplamının iki katı alınır.

3. ÖRNEKLER

Örnek-1 : Temp verisi kullanılarak yapılan hesaplama

17220 Güzelyalı 09.06.2021 tarihli 12:00 GMT temp verisi kullanılmıştır (Şekil-1). Yapılan indeks hesaplaması sonuçları aşağıya çıkarılmıştır (Tablo-1). Bu tarihte İzmir, Bornova, BORNOVA ORMAN SAHASI' nda 2 saatte 50,3 kg/m2 lik yağış gerçekleşmiştir.



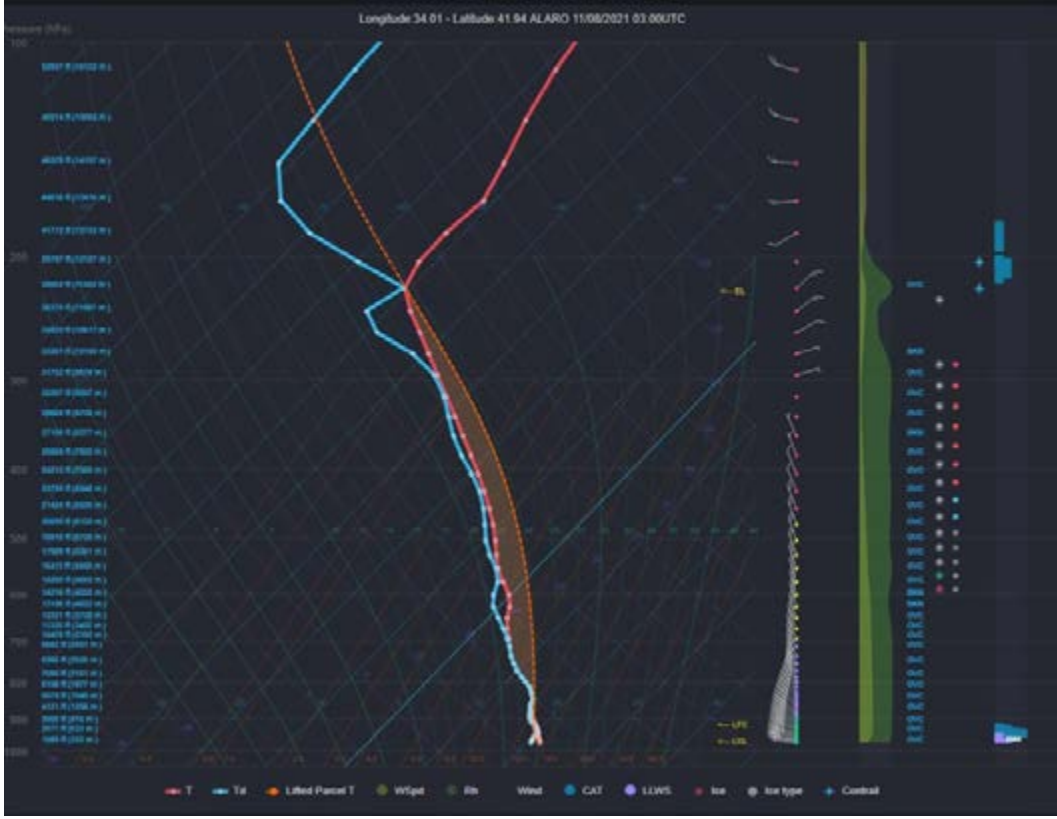
Şekil-1: 17220 Güzelyalı İstasyonuna ait 09.06.2021 tarihli 12:00 GMT temp verisi

						Tk	Np	Ry	Rh	TDKİ	Yağış Tahmini (kg/m2)
1007	29	28.2	14.2	260	10	95.60	19.94	48.00	12.52	6.23	25-50
925	759	20.4	10.4	330	14		2.04	6.6	19.34		
850	1541	7.5	6.7	84	17	164.96	7.50	2.4	7.14		
700	3089	3	-4	240	5	74.68	0.43	3.5	7.40		
500	5730	-13.7	-25.7	275	11	68.60		-0.5	16.19		
300	9400	-43.7	-53.7	270	20	74.18					

Tablo-1: Örnek-1'de TDKİ değeri 6.23 hesaplanmış olup 25-50 kg/m2 olarak yağış tahmin yapılmıştır. Gerçekleşen Bornova yağışı da 2 saatte 50.3 kg/m2 olmuştur.

Örnek-2 : Alaro prognostik (tahmini) temp verisi kullanılarak yapılan hesaplama

Kastamonu ili Bozkurt ilçesi 11.08.2021 tarihli 03:00 GMT prognostik (tahmini) temp verisi kullanılmıştır (Şekil-2). Yapılan indeks hesaplaması sonuçları aşağıya çıkarılmıştır (Tablo-2). Bu tarihte Bozkurt'ta sel meydana gelmiştir.



Şekil-2: Kastamonu ili Bozkurt ilçesi 11.08.2021 tarihli 03:00 GMT prognostik (tahmini) temp verisi

							Tk	Np	Ry	Rh	TDKİ	Yağış Tahmini (kg/m2)
971	331.9	21.6	20.5	277	17		57.61	80.00	80.00	24.75	22.14	175-200
923	768.1	19.3	19.1	289	39			19.30	19.30	37.03		
853	1447	15.7	15.7	312	38		53.04	15.70	15.70	33.03		
692	3193	5	4.8	337	33		58.97	5.00	5.00	21.97		
503	5735	-8.7	-9.8	341	19		56.37			6.96		
294	9678	-36	-36.4	73	3		62.07					

Tablo-2: Örnek-2'de TDKİ değeri 22.14 hesaplanmış olup 175-200 kg/m2 olarak yağış tahmin yapılmıştır. Gerçekleşen durumda Bozkurt ilçesinde sel meydana gelmiştir.

4. TUTARLILIK ANALİZİ

2006-2016 yılları 17220 İzmir Güzelyalı temp verileri ve İZMİR BÖLGE 17220, ADNAN MENDERES MEYDAN 17219, ÇİĞLİ MEYDAN 17218, MANİSA 17186 yağış verileri kullanılarak yapılan tutarlılık analizi aşağıdadır (Tablo-3, Tablo-4).

		00Z	ŞART	Tutan	Tutmayan		
			25-4	88.52	11.48		
	25	4	1.732798	86.79	9.693621	1.783024	100
	3982	3917	69	3456	386	71	3982
			"+/+"	"-/-"	"+/-"	"-/+"	
			"var/var"	"yok/yok"	"var/yok"	"yok/var"	

Tablo-3: 00 GMT veriler ile yapılan hesap sonucu bulunan TDKİ değerlerinin 25 kg/m2 üzerindeki yağışlar için tutarlılık analizi.

		12Z	ŞART	Tutan	Tutmayan		
			25-4	90.04	9.96		
	25	4	1.748606	88.29	8.210846	1.748606	100
	3946	3883	69	3484	324	69	3946
			"+/+"	"-/-"	"+/-"	"-/+"	
			"var/var"	"yok/yok"	"var/yok"	"yok/var"	

Tablo-4: 12 GMT veriler ile yapılan hesap sonucu bulunan TDKİ değerlerinin 25 kg/m2 üzerindeki yağışlar için tutarlılık analizi.

Kuvvetli konvektif yağışların belirlenmesinde kullanılması amacıyla yapılan TDKİ indeksinin 4 ve üzeri değerleri ile 25 kg/m2 ve üzeri yağış değerleri şartı ele alındığında var-yok tutarlılık analizinde;

00 Gmt temp rasatlarından elde edilen indeks değerlerinde **Tutan % 88.52 Tutmayan % 11.48,**

12 Gmt temp rasatlarından elde edilen indeks değerlerinde var-yok tutarlılık analizinde **Tutan % 90.04 Tutmayan % 9.96** bulunmuştur.

5. ÖNEMİ ve UYGULANABİLİRLİK

Sayısal hava tahmini ürünlerinden en çok kullanılanlardan biri yağış miktar haritalarıdır. Yağış miktar haritalarında yağışın kuvvetli olup olmadığına yağış miktarı ile karar verilmeye çalışılmaktadır. Yağışın zarar verebilecek boyutta olup olmadığına ancak süreye bağlı olarak şiddeti ile karar verilebilir. Sınırlı alan modellerinde dahi saatlik yağış miktar tahmini sunulabilmektedir. Gerçekte 10 dakika da yağacak 20 kg'lık yağış şiddet olarak 1 saatte yağacak olan 20 kg'lık yağıştan daha etkili olacaktır. TDKİ indeksinin önemi burada devreye girmektedir. Bir neyi o yer için o saatteki kararsızlığın karşılığını vermektedir. Bulunan TDKİ indeks değeri yorumlaması da oldukça basit olup artan değerler için tahmin edilen kararsızlık yağışının kuvvet ve şiddeti artmaktadır.

TDKİ indeksi basit formüllerin olduğu algorithmadan oluştuğu için manüel hesabı yapılabildiği gibi seviye sıcaklıkları, nemi ve rüzgar yön ve hız değerleri olan veri seti için de hesabı yapılarak kararsızlık haritaları da oluşturulabilir. Karmaşık olmayan algoritması sayesinde günümüz uydu teknolojilerinde sıcaklık ve rüzgar verileri kullanılarak hesaplanan TDKİ değerleri uydu görüntülerinde de sunulabilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

TDKİ indeksi tutarlılık analizinde görüldüğü üzere özellikle 25 kg/m² ve üzerinde yağış ihtimali olan durumlar için indeks değeri 4 ve üzerinde sonuç verdiği zamanlarda %90 civarında yüksek oranlarda gerçekleşme sonucuna ulaşmıştır.

İndeks değerinin 4 ve üzerinde olduğu durumlarda kuvvetli yağış alanlarının belirlenmesinde TDKİ indeksi operatörler tarafından bir araç olarak kullanılabilir.

TDKİ indeks değerinin 4 değerinden yüksek durumlarda beklenen yağış değerleri ise aralık olarak aşağıya çıkarılmıştır (Tablo-5);

TDKİ	Yağış Tahmini (kg/m ²)
0	0
1-2	0-1
2-3	1-5
3-4	5-15
4-5	15-25
5-7.5	25-50
7.5-10	50-75
10-12.5	75-100
12.5-15	100-125
15-17.5	125-150
17.5-20	150-175
20-22.5	175-200
22.5-25	200-250

Tablo-5: TDKİ indeks değerine karşılık gelen yağış tahmin değerleri.

Benzer çalışmalarını yapmak isteyenler için geliştirdikleri algoritmalarını çalıştırıp hesaplamak için kullanabilecekleri güncel veri setleri yayınlayan sayfaları kullanabilirler (<https://rucsoundings.noaa.gov>). Gerçekleşen durumlarla doğrulamak ve verifikasyon hesabı yapabilmek için kuvvetli hava olaylarının yer ve şiddetinin sunumunu yapan sayfaları kullanabilirler (<https://www.eswd.eu>).

KAYNAKLAR

Env Parameters and Indices, Convective Season Environmental Parameters and Indices, web sitesi, 17.03.2023 tarihinde erişildi, <https://www.weather.gov/lmk/indices>

THE ULTIMATE WEATHER EDUCATION WEBSITE, web sitesi, 17.03.2023 tarihinde erişildi, <http://www.theweatherprediction.com>

ATMOSPHERIC SOUNDINGS, Sounding Station Parameters and Indices, web sitesi, 17.03.2023 tarihinde erişildi, <http://weather.uwyo.edu/upperair/indices.html>

Generate soundings from Rapid Refresh (RAP), GFS, NAM, and other Model Analyses and Forecasts, RAOBS, or Aircraft (restricted), SOUNDING from GSL, web sitesi, 17.03.2023 tarihinde erişildi, <https://rucsoundings.noaa.gov>

European Severe Weather Database,web sitesi, 17.03.2023 tarihinde erişildi, <https://www.eswd.eu>



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**

BURSA İLİ YERALTISUYU DURUMU



KEMAL OLGUN

Jeoloji Yüksek Mühendisi
Bursa DSİ 1.Bölge Müdürlüğü
Yeraltısuları Şube Müdürü
kemalolgun@dsi.gov.tr

Giriş;

Ülkemizin nüfusu ve bulunduğu bölge olarak değerlendirildiğinde su kaynaklarımız stratejik önemdedir. Yeraltısuyu en önemli tatlı su kaynaklarından birisidir. Bursa il düzeyinde gözlenen nüfus artışı, yağışların düzensizliği, hızlanan endüstriyel yatırımlarla yüzey suyu kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Kurak periyotlarda barajlarda depolanan suyun yetersiz kaldığı durumlarda yeraltısuyunun içme, kullanma, tarımsal sulama ve endüstriyel amaçlarla yoğun olarak kullanılmasını zorunlu hale getirdiğinden rezervler üzerinde yoğun bir baskı oluşturmaktadır. Bu baskı nedeniyle kalite sorununu da beraberinde getirmektedir. Yeraltısuyu kullanımının minimize edilerek yüzeysel su kaynaklarımızın depolanması ve kullanıcıların kolay erişimi için tüm paydaşların gereken duyarlılığı göstermesi gerekmektedir.

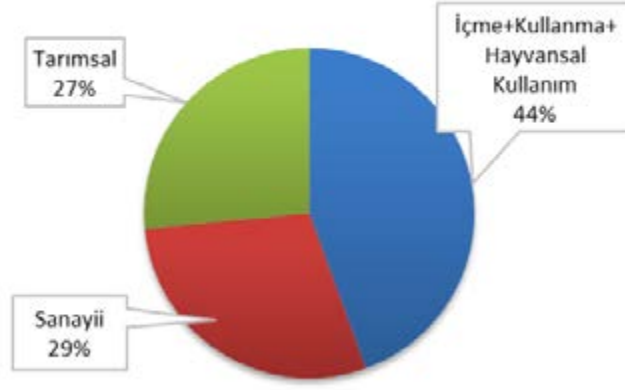
Yeraltısuyu Potansiyeli;

Bursa İl sınırları 3 ayrı havza içerisinde yer almakta olup, Sakarya Havzası 3 YAS Alt havzaya, Marmara Havzası 5 YAS Alt havzaya ve Susurluk Havzası da 5 YAS Alt havzası olmak üzere toplam 13 alt havzaya ayrılır. Aşağıdaki tabloda Bursa İli Alt Havza Bazında Yeraltısuyu Rezervi ve Fiili Tüketim verilmiştir.

Havza Adı	YAS Alt Havza Adı	Resmi Gazete İlan/Etüt İsmi İle	Emniyetli İşletme Rezervi (hm ³ /yıl)	Rezerv Durumu	
Marmara Havzası	Mudanya	A-Esence Limanı-TRİLYA Arası	0,25	Kapalı	
		B-Yeniköy ile Kumluca (Burgaz) arası	3,50	Kapalı	
	Gemlik	C- Kurşunlu çevresi	0,25	Kapalı	
		Gemlik ve Orhangazi ovalarından	11,50	Kapalı	
	Orhangazi	b) Gemlik ve Orhangazi ovalarından	14,00	Kapalı	
	İzmit	a) İzmit Ovası	20,00	Kapalı	
	Bayırköy		2,00	Kapalı	
TOPLAM			51,50		
Susurluk Havzası	Orhaneli		3,28	Kapalı	
	M.Kemalpaşa-Uluabat	Aşağı Susurluk ve Karacabey Ovaları	23,00	Kapalı	
	Nilüfer Alt Havzası	Bursa ovası - Çayırköy Ovası Bursa-Akçalar Ovası	224,07	Kapalı	
	Susurluk Alt Havzası	Aşağı Susurluk ve Karacabey Ovaları	21,50	Kapalı	
	Manyas Alt Havzası	Aşağı Susurluk ve Karacabey Ovaları	24,00	Kapalı	
	TOPLAM			295,85	
Sakarya	Yenişehir		40,00	Kapalı	
	İnegöl	İnegöl Ovası	46,00	Kapalı	
	TOPLAM			86,00	
	GENEL TOPLAM			433,35	

DSİ Görev ve Sorumlulukları çerçevesinde farklı yıllarda yeraltısuyu potansiyellerini belirlemek için hidrojeolojik etütler yaparak ilanlarını gerçekleştirmiştir. Hidrojeolojik etütlerle yeraltısuyu bilançoları oluşturulan ovalar alüvyon akiferlerden teşkil olup işletme rezervleri toplam 433,35 hm³/yıl dır. İşletme rezervinin tamamı tahsis edilmiştir. İl sınırlarımız içerisinde alüvyon akiferleri de kapsayan ve farklı kayalardaki akiferlerin dahil edildiği ve uluslararası normlara uygun olarak yeraltısuyu kütle çalışmaları da yapılmıştır. Bu kapsamda il genelinde 21 adet yeraltısuyu kütlesi belirlenmiş detay çalışmaları devam etmektedir. İl bazında yapılan tüm yeraltısuyu tahsislerinin sektörel dağılımı aşağıda grafikte gösterilmiştir.

TAHSİSLERİN SEKTÖREL DAĞILIMI



Yeraltısuyu izleme çalışmaları;

Yeraltısuyu kaynakları yenilenebilir olmasına rağmen, doğal yollardan yeniden dolması ve eski haline gelmesi uzun zaman almakta hatta imkansız hale gelmektedir. Yeraltısuyu seviye değişimleri aylık ve mevsimlik olarak DSİ tarafından yeraltısuyunun kalite ve miktar için 52 adet derin kuyuda izleme çalışması yapılmaktadır. Yeraltısuyunun ana girdisi yağışlar (beslenim) ve çıktısı ise kuyular ile çekimler (boşalım) olup yeraltısuyu seviyeleri yağış-çekim dengesine bağlı olarak değişimler gösterir. Son yıllarda nüfusun da artmasına bağlı olarak değişik nedenlerle yeraltısuyuna olan talep nedeniyle rezerv-çekim dengesi olumsuz yönde etkilenmiş ve seviyelerin düşmelerine sebep olmuştur.

Bursa il merkezi, içerisinde olduğu Bursa-Çayırköy Ovasında yağışların düzensizliği ve çekimlerin de etkisiyle düşüm trendindedir. Seviye düşümlerine bağlı olarakta zaman zaman farklı tarih ve farklı lokasyonlarda; Yüksek Tuz, Nitrat, Demir, Mangan, Alüminyum, Arsenik (nadiren) değerleri normalin üzerine çıkmaktadır. Karacabey-Mustafakemalpaşa ovasında ise seviye değişimlerinde yüzeysel sulamaların olmasına da bağlı olarak beslenim-çekim dengesinin bozulmadığı belirlenmiştir. Yağışlara bağlı olarak ta zaman zaman farklı tarih ve farklı lokasyonlarda; Yüksek Tuz, Yüksek Sodyum, Demir, Mangan, Alüminyum, Bor ve Arsenik (nadiren) değerleri normalin üzerine çıkmaktadır.

Yenişehir ve İnegöl Ovasında ise yüzeysel sulamadan da değişik sebeplerle yeterince yararlanılmadığından yağış besleniminin yetmediği çekimleri etkisiyle uzun vadeli düşüm trendindedir. Seviye düşümlerine bağlı olarak ta zaman zaman farklı tarih ve farklı lokasyonlarda; Yüksek Tuz, Demir, Mangan, Alüminyum, Nitrat (nadiren) değerleri normalin üzerine çıkmaktadır.

İzmit-Orhangazi Ovalarında yağışlara bağlı olarak yağış-çekim dengesinin zaman zaman bozulduğu tespit edilmiştir. Yağışlara bağlı olarak ta zaman zaman farklı tarih ve farklı lokasyonlarda; Demir, Mangan ve Alüminyum değerleri normalin üzerine çıkmaktadır.

Yeraltısuyu beslenme çalışmaları;

Yeraltısularının kaynağı yağışlardır. Değişik nedenlerle rezerv-çekim dengesinin olumsuz yönde etkilenmemesi, sürdürülebilir bir yeraltısuyu yönetimi için yeraltısuyu besleniminin yağışla karşılanmadığı sahalarda yeraltısuyunu rezerv ve kalite açısından korumak maksadıyla yüzey sularının değişik yöntemler ile yeraltısuyuna iletilmesine gereksinim duyulabilmektedir. Bu işleme suni besleme denilmektedir.

Yeraltısuyu beslenme çalışmaları için yasal mevzuatlara uygun kalitede su, uygun jeolojik-hidrojeolojik ortam ve kullanıcıların olması gerekir. Akiferlerdeki suyun kaynağı drenaj alanına düşen yağışlar olup yüzeysel akıştan beslenimi ise dere yataklarıdır. Dere yataklarının tabanının betonlaştırılmaması gerekmektedir. Uludağ ve diğer ovalarda da ovayı besleyen yamaçlardan gelen dere yataklarının kaplanması ile akan yerüstü sularının yeraltına sızmalarını engelleyerek yeraltısuyu emniyetli rezervlerini olumsuz etkilenmesini sağlamış oluyoruz. Böylece, uzun dönemlerde beslenimin azalmasına ayrıca iklimsel değişimlere bağlı olarak çekimlerin fazla olması nedeniyle yeraltısuyu seviyelerine düşüm olarak yansımaktadır. Bunun yerine yatağı doğal halde bırakıp suyun akış hızının yavaşlatılarak yeraltısuyu beslenimleri artırılabilir. mümkündür.

İlimizde yüksek dağlık bölgelerden kış aylarında çoğunlukla kullanılmadan denizlere giden yerüstü sularının beslenimler için faydalı olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle bu tür projelerin yapıldığı alanlar baskının (endüstriyel, madencilik vb) olmadığı, az olduğu ve ovalardaki akiferlerin beslenme bölgelerindedir. Yağışlı dönemlerde (4-5 ay) kaliteye olumlu katkısının yanında miktar olarak da katkısı olabilecektir.

DSİ olarak Bursa Ovasında Yıldırım İlçesi Yukarı Dokuzgözler Deliçay Dere yatağında eski kum-çakıl ocağı olarak işletilmiş bölgede 2020 den itibaren doğal beslenme gerçekleştirilmekte olup yeraltısuyuna ortalama 4 hm³/yıl katkı sağlanmaktadır. Kestel Narlıdere ve Kestel Aksuderesi Tersib bendi bölgesinde açılan kuyulara kış sularının verilerek yeraltısuyu beslenimi gerçekleştirilmektedir. Tüm bu çalışmalar öncesi ve süreç içerisinde de her türlü fiziko-kimyasal ve ağır metal analizleri de yapılmaktadır. Önümüzdeki süreçte İnegöl ovasını besleyen değişik dereler üzerinde de suni beslenme projelerinin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Sonuç;

Önümüzdeki süreçte değişik yayımlarda 2030 lu yıllarda su kaynaklarımızın %30 azalacağı, buna karşın nüfusumuzun ve sanayii kullanımlarının artacağı belirtilmektedir. Bursa İl sınırları içerisinde yeraltısularının korunması için öncelikle kullanılmadan kısa mesafelerde denizlere ulaşan yerüstü sularının kullanımının sağlanması için tüm paydaşlar gereken duyarlılığı göstermesi gerekmektedir.

Atalay, E., 1974, İznik, Orhangazi ve Gemlik Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ, Ankara, (Yayımlanmamış)
Çuhadar, G. Ve Alpaslan, N., 1980, Aşağı Susurluk Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ, Bursa, (Yayımlanmamış)

DSİ Genel Müdürlüğünün değişik tarihlerde düzenlediği eğitim seminerleri ve çalışmaları

Göral, M., 1970, Bursa İnegöl-Yenişehir Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ, Bursa, (Yayımlanmamış)

Keçik, A., 1981, İnegöl Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ, Ankara, (Yayımlanmamış)

Yılmaz, Dilek., 2005, Bursa-Çayıköy Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ, Bursa, (Yayımlanmamış)

Öncü, İ., 1975, Sun'i Besleme (Çeviri), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, Ankara

www.meteoroloji.org.tr

PROJE KESİTLERİNDE AKIM ÖLÇÜMLERİNİN ve AGİ'LERİN ÖNEMİ - 2



FERYAL BIÇKICI

Meteoroloji Mühendisi &
Meteoroloji Mühendisleri Odası
Bursa İl Temsilcisi

Özet:

Hidrolojik çalışmalarındaki ana amaçlardan biri de proje yerlerindeki su potansiyelinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplamalar, akım gözlem istasyonlarındaki (AGİ) günlük, aylık ve yıl-lık akım verileri kullanılarak yapılır. Proje kesitinde akım gözlem istasyonu olmaması durumunda müteferrik debi ölçümleri, benzeşim metotları ve meteorolojik veriler kullanılarak ampirik yöntemler, bölgesel analiz ve yağış-akış oranları ile su potansiyeli hesaplanır. Bu yazımızda, akım ölçüm verileri, ampirik yöntemler ve benzeşim yöntemiyle hesaplanan su potansiyel karşılaştırılarak, akım ölçümlerinin önemi anlatılacaktır.

1-GİRİŞ

Su yapılarının (Baraj, Gölet, Regülatör, Hidro Elektrik Santral, Taşkın koruma Tesisleri) planlanması ve su yönetiminin temel unsuru; suyun yerküredeki çevrimini, dağılımını ve özelliklerini inceleyen bilim dalı olan Hidroloji ile belirlenmektedir. Suyun zarar-larından koruyup, her damlasını insanlığa yararına çevirmeye çalışılan su yapılarının optimum planlanması, suyun rasyonel yönetilebilmesi sağlıklı doğru hidrolojik planlamalarla gerçekleşmektedir.

Hidrolojik planlama çalışmalarında proje kesitlerinde nitelik ve nicelik yönüyle doğru hidro-metri ve meteorolojik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler; Akarsularda (nehir, çay, dere) su miktarlarının ve zamansal değişiminin belirlendiği debi ölçümleri, rusubat ölçümleri, göllerde su hacmi ve zamansal dağılımı belirlemek için yapılan ölçümler, kay-naksuyu ölçümleri, hidrometeorolojik (yağış ve buharlaşma), meteorolojik (sıcaklık, nem, rüzgar...) ölçümler gibi sayısal verilerdir. Ölçümlerinin periyodik sıklığı, uzun yılları içermesi, süreklilik ve kesintisiz olması önemlidir. Akarsular üzerine kurulan suyun zamanla seviye değişimini izleyen Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve düzenli debi ölçümleri ile istasyonun kurulduğu kesitten geçen günlük, aylık, yıllık maksimum, minimum akımlar ve su potansiyeli belirlenmektedir.



Fotoğraf. 1 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) (1)



Fotoğraf. 2 Debi Ölçümü (1)

Cumhuriyetin ilanıyla birlikte başlayan ve günümüze kadar devam eden DSI ve mülga EİEİ tarafından Akarsular üzerinde su yapıları projesi ve su havzalarının kontrolü amacıyla binlerce AGİ kurulmuş, ölçümler yapılmış, istatistik analizleri yapılarak projelerde kullanılır veri haline getirilmiştir. Bu istasyonlarının bir kısmının çok uzun periyotlarda verisi olmasına rağmen bir kısmının ise kısa süreli işletilmiş ve kapatılmıştır. Bugün mevcut olan içme-kullanma suyu, sulama suyu, sanayi suyu, enerji ve taşkın amaçlı yapılmış olan su yapılarının hidroloji planlama, taşkın hidroloji raporlarında bu veriler kullanılmış ve halen kullanılmaktadır.

Su ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve enerji üretimi için yapılan su yapıları projelerinin kesitlerinde; tesisin boyutlandırılması, sulama alanının, su ihtiyaçlarının karşılama oranlarının, üretilecek enerji miktarının tespit edilebilmesi için su potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Hidroloji planlama çalışmalarından esaslarından olan su potansiyeli hesaplayabilmek için, barajlar ve regülatörler için en az 20 yıllık, göletler için ise 5 yıllık kesintisiz AGİ'nin değerlendirilmiş günlük, aylık ve yıllık verileri gerekmektedir. Su yapıları projelerinin gelişim sürecine göre, AGİ verilerinin kısa süreli olması durumunda, istatistiksel yöntemler kullanılarak uzun süreli veriye sahip başka bir AGİ'nin verileriyle uzun süreli ve kesintisiz veri elde edilerek su potansiyeli hesaplanmaktadır. AGİ'nin proje kesitinin membasında veya mansabında olması durumunda alansal oran, AGİ'nin olmaması durumunda müteferrik debi ölçümleri, benzeşim metotları ve meteorolojik veriler kullanılarak ampirik yöntemler, bölgesel analiz ve yağış-akış oranları ile su potansiyeli belirlenmektedir.

İlkim E-Bülten 2021 yılı Özel sayısında yayınlanan "Proje Kesitlerinde Akım Gözlem İstasyonu Açılışının ve İşletilmesinin Önemi" inceleme yazımında bir HES projesinin su potansiyeli 3,5 km mansabında bulunan AGİ verilerinin alan oranı yöntemi ile ve kesit yerinde işletilen AGİ verileri ile hesaplanmış, su potansiyeli farklılıkları ortaya konmuştu. Bu inceleme ise AGİ verileri olmadığı gölet projelerinin müteferrik debi ölçümleri, benzeşim yöntemleri ve ampirik yöntemler ile hesaplanmış su potansiyelleri sonuçları incelenmiştir.

2. SU POTANSİYELİ İRDELEMELERİ

Suya ihtiyaçları arttıkça Göl-Su projeleri kapsamında doldur boşalt mantığıyla çalışan sulama, içme-kullanma suyu, sanayi suyu, hayvan içme suyu temini amaçlı küçük dereler üzerinde ki gölet projeleri de hızla artmaktadır.

Artan talepler doğrultusunda zamanın da kısıtlı olması nedeniyle, küçük yağış alanlarına sahip dereler üzerinde geliştirilen gölet projelerinin su potansiyelleri, AGİ olmayan yerlerde müteferrik debi ölçümleri ile, müteferrik debi ölçümü olmayan yerlerde ise ampirik yöntemler, yağış-akış yöntemi, benzeşim metodu bölgesel analiz yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

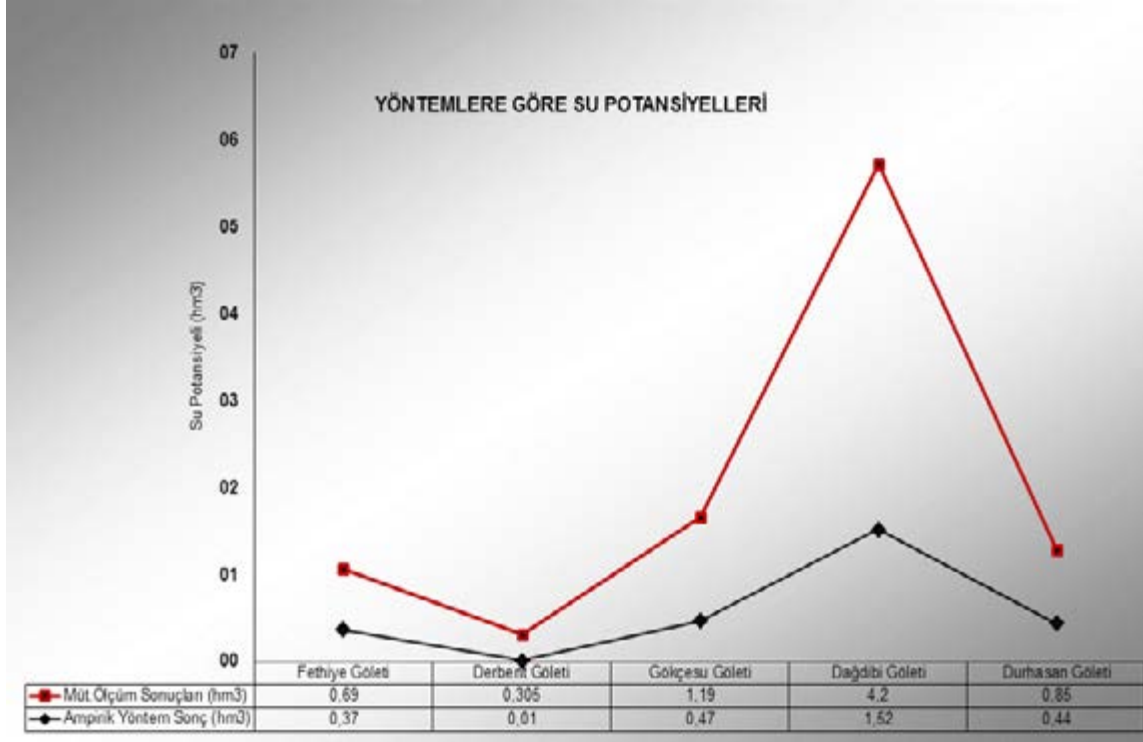
Hidroloji çalışmalarında ampirik yöntemlerde meteorolojik parametreler kullanılmaktadır. Yani sonuçta yine bir ölçüm sonuçlarına dayanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Ancak; mevcut meteoroloji istasyonlarının proje kesitini gerçek anlamda temsil etmemektedir. Ay-rıca ampirik yöntemlerle yağış sonucu akışa geçecek olan su miktarı hesaplanır. Oysa kaynaklardan meydana gelen akış hiçbir zaman dikkate alınmaz alınması da mümkün de-ğildir. Proje su kaynağını oluşturan akarsuyun yağış alanı içinde ne kadar kaynak olduğu ve bu kaynakların aylara göre akımları ampirik yöntemlerle tespit etmek mümkün de-ğildir.

DSİ 1. Bölge Müdürlüğü tarafından geliştirilen sulama amaçlı gölet projelerinde su potansiyeli çalışmaları en az 1 yıllık müteferrik debi ölçümleri ve gölet yeri yağış alanını temsil eden meteoroloji istasyonlarının ölçüm parametrelerinden olan yağış, buharlaşma ve sıcaklık verileri kullanılarak ihtimalli yağış-akış bağıntılarını veren ampirik (TURK-COUTAGNE) yöntemlerle hesaplanmıştır. Çizelge. 1 de ampirik yöntemlere göre ihtimalli yıllık ortalama su potansiyeli ve müteferrik debi ölçümlerine göre yıllık su potansiyelleri verilmiştir. Şekil. 1 de ise 5 ayrı gölet projesinde müteferrik debi ölçüm göre yıllık su potansiyeli ve ampirik yöntemle kabul edilen %80 ihtimalli yıllık su potansiyeli verilmiştir. Bu su potansiyeline göre, sulayacağı alanlar ise Tablo.1’de verilmiştir.

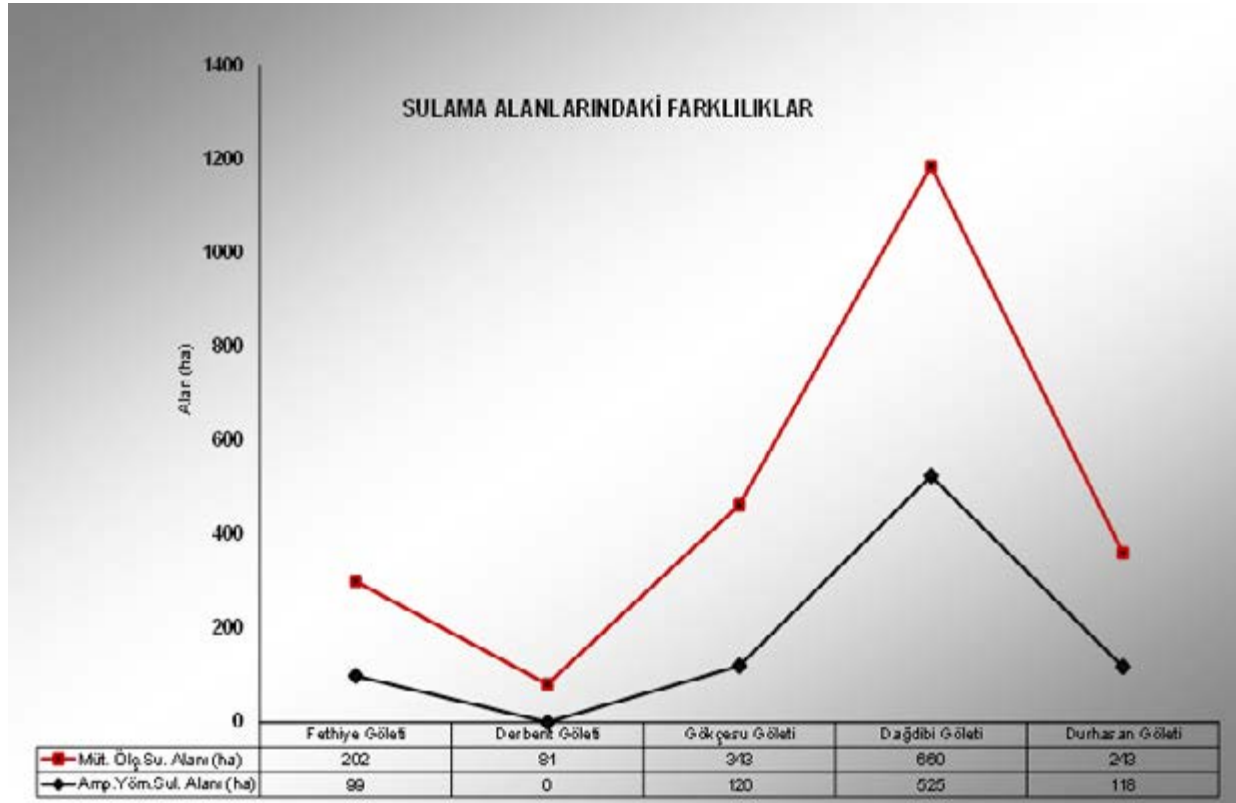
Tablo 1 Yıllık Su Potansiyelleri Karşılaştırılması (2)

Proje Adı	Ampirik Yöntem Sonuçları(hm3)		Müteferrik Ölçüm Sonuçları(hm3)
	%	YOS	YOS
Kocaeli Karamürsel Tepeköy Göleti Hidroloji Raporu(Uzundere)	50	2,06	2,73
	80	1,48	
	85	1,35	
	90	1,19	
Bursa Nilüfer Güngören Göleti Hidroloji Raporu(Yanişli Dere)	50	0,14	0,169
	80	0,10	
	85	0,09	
	90	0,08	
Bursa Gemlik Küçükkuşla Göleti Hidroloji Raporu(Pınarbaşı Dere)	50	2,29	4,436
	80	1,02	
	85	0,78	
	90	0,53	
Bursa İnegöl Alangünü Göleti Hidroloji Raporu	50	1,66	0,61
	80	1,21	
	85	1,16	
	90	1,01	

Tablo 1’deki ilk üç projede ve Şekil 1’de verilen 5 projede müteferrik debi verilerine göre hesaplanan yıllık su potansiyeli, ampirik yöntemlere hesaplanan su potansiyelinden yük-sek, son projede ise ne kadar düşük olduğu gözükmektedir. Şekil 2’de müteferrik debi ölçümlerine göre sulama alanlarının ne kadar arttığı görülmektedir.



Şekil 1 Yöntemlere Göre Su Potansiyeli (1)



Şekil 2 Sulama Alanları Farklılıkları (1)

Yine DSİ 1. Bölge Müdürlüğü projelerinden olan proje çalışmaları özel firma tarafından yapılan, “Bursa Orhangazi Kocakır Dere Göleti Hidroloji Raporu”nda ki su potansiyeli çalışmaları; ampirik yöntem, yağış-akış yöntemi, benzeşim metodu bölgesel analiz yöntemi ve müteferrik debi ölçümleri ile hesaplanmıştır. Şekil. 2 verilen yöntemlere göre yıllık su potansiyeli (Yıllık Akım), tek tek incelendiğinde her birinin farklı miktarlarda olduğu görülecektir. Müteferrik debi ölçümlerinin olmadığı var sayıldığında çeşitli yöntemlerle bu-lunan 13,61 hm³ ile 1,12 hm³ akım arasındaki hangi su potansiyeli proje için geçerli kabul edilecekti? Yöntemlerden hangisi olursa olsun, depolama tesisinin boyutları ve sulama alanının miktarı az veya çok olacaktır. Oysa yapılan müteferrik dahi olsa debi ölçümü, pro-jenin su potansiyeli hesabında AGİ verileri kadar sağlıklı olmasa da, ampirik yöntemlere göre daha iyi bir yaklaşım sağlayacak olup, yapılacak olan depolama ve sulama tesislerinin boyutlarının sağlıklı olmasına yol açacaktır.

Tablo- 2 Kocakır Göleti Çeşitli Yöntemlerle Su Potansiyeli Hesabı Sonuçları (3)

Yöntem	Yağış İstasyonu	Sıcaklık İstasyonu	Derivasyon Yeri Yıllık Akımları (hm ³)	
			Normal	Log
Ampirik Yöntemler	Tunc	Büyükdelliler (MGM)	3,64	3,47
		Kozbudaklar (DSİ)	3,09	2,88
		Bağlı (Bağlıköy, Soğukpınar) (DSİ)	5,92	5,70
		Uludağ - Saralan (MGM)	9,67	9,58
	Coutagne	Büyükdelliler (MGM)	3,43	3,27
		Kozbudaklar (DSİ)	2,92	2,73
		Bağlı (Bağlıköy, Soğukpınar) (DSİ)	5,79	5,55
		Uludağ - Saralan (MGM)	10,58	10,45
Yağış Akış Katsayısı Yöntemi	Büyükdelliler (MGM)		2,92	
	Kozbudaklar (DSİ)		2,69	
	Bağlı (Bağlıköy, Soğukpınar) (DSİ)		3,79	
	Uludağ - Saralan (MGM)		5,12	
AGİ'lerden Alan Oranı ile Taşınım Yöntemi	03-028 Nolu AGİ'den		2,65	
	03-038 Nolu AGİ'den		9,33	
	03-044 Nolu AGİ'den		2,40	
	03-049 Nolu AGİ'den		1,04	
	03-054 Nolu AGİ'den		2,53	
	03-055 Nolu AGİ'den		13,61	
	03-056 Nolu AGİ'den		2,83	
	03-059 Nolu AGİ'den		4,86	
	03-069 Nolu AGİ'den		5,85	
	03-070 Nolu AGİ'den		6,48	
	03-085 Nolu AGİ'den		2,96	
	03-092 Nolu AGİ'den		3,41	
	03-103 Nolu AGİ'den		1,12	
	03-106 Nolu AGİ'den		1,18	
03-118 Nolu AGİ'den		1,21		
03-120 Nolu AGİ'den		1,44		
Bölgesel Analiz Yöntemi	Lineer Denklem		2,73	
	Logaritmik Denklem		3,16	
Müteferrik Debi Ölçümleri'den			6,9	

3. SONUÇ

Orman alanlarının yok edilmesi, mera ve tarım alanlarının sanayi ve yerleşim alanlarına terk edilmesi, hidrolojik dengelerin bozulmasına, yağış akış buharlaşma miktarlarının ve zamansal dağılımın değişimine önemli etkiler meydana getirmektedir. Bir yandan yağış havzaları daraltılırken diğer yandan çevre kirliliği gibi faktörlerin etkisiyle mevcut kullanılabilen su kaynakları azalmaktadır. Hızla artan nüfusla birlikte su ihtiyaçları da hızla artmakta, arz talep dengesi bozulmaktadır. Küresel ısınmayla nedeniyle taşkın ve sellerin oluşum periyodu da her geçen gün sıklaşmaktadır. Buna bağlı olarak su yapıları projeleri de hızla artmaktadır.

Artan talepler doğrultusunda kısa sürede geliştirilmesi gereken su yapılarında, özelliklerde göletlerin hidroloji planlamaları müteferrik debi ölçümleri veya modellemeler veya ampirik yöntemlerle yapılmaktadır. Ayrıntıları gölet projelerinin hidroloji raporunda verilmiş olan sadece sonuçlarını verdiğimiz tablo ve grafiklerden de görüldüğü gibi ampirik veya benzeşim yöntemlerle elde edilen su potansiyelinin akarsulardaki gerçek su potansiyelini temsil etmediği, müteferrik debi ölçümleri ile yapılan çalışmaları doğrulamadığı görülmektedir.

Kaldığı; ayda bir veya iki defa, bazı durumlarda daha uzun zaman periyodunda yapılan müteferrik debi ölçümleri de, yapılan her iki ölçüm arasındaki zaman diliminde proje kesitinden geçen akım miktarı bilinmemekte, yine istatistik yöntemlerle tamamlanmaktadır. Bir AGİ'deki veriler gibi sağlıklı sonuç vermemektedir.

Akarsu ve derelerdeki su potansiyelinin fazla hesaplanması, su yapıları tesislerinin büyük yapılmasına, az hesaplanması ise, daha az alan sulanması, daha az enerji üretimi ve daha az içme-kullanma suyu sağlanarak kaynak kayıplarına, her iki durumda da ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Her geçen gün suya olan talebin artması, suyun ise azalması dikkate alınarak, akarsu yapılarında arz talep dengesinin kurula bilmesi, içme-kullanma, sulama, sanayi suyu ihtiyaçları, enerji ve taşkın koruma amaçlı su yapılarının optimum planlanması, suyun planlı yönetilmesi için, sağlıklı bir hidroloji planlaması ile yani nitelik ve nicelik yönüyle doğru hidrometri ve meteorolojik verilere sağlanır. Bu nedenle; her geçen gün artması gereken fakat çeşitli nedenlerden dolayı azalan akarsu ve göllerde (doğal, yapay) gözlem istasyonları (AGİ, GGİ, hidrometeoroloji) sayısı artırılarak nitelikli bir şekilde gözlemler yapılmalı, depolamalı tesis projelerinde, yapının yapılacağı kesitte akım gözlemleri istasyonları kurulmalı, küçük çaplı gölet projelerinde AGİ kurma imkanı olmadığı takdirde ayda en az iki kez olmak üzere birkaç yıl kesintisiz müteferrik debi ölçümleri yapılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Yazarına ait
2. İsimleri Geçen Gölet Projeleri Hidroloji Raporları (DSİ I. Bölge Müd.)
3. Bursa Orhangazi Kocakır Dere Göleti Hidroloji Raporu (DSİ Bölge- Müd.Hidromark-Eşref Batur)

www.meteoroloji.org.tr



İKLİM'in yolculuğu [Temmuz 2020](#)'de başladı.



İlk özel sayımızı [Mart 2021](#)'de yayımladık.



[Temmuz 2021](#)'de 1 yaşındaydık.



[Mart 2022](#)'de ikinci özel sayımızı yayımladık.



Göz açıp kapayana kadar tarih [Temmuz 2022](#) olmuş. Artık 2 yaşındayız.



Bu ay üçüncü özel sayımızı paylaşıyoruz.

www.meteoroloji.org.tr/bultenler