

İKLİM

23 MART

DÜNYA
METEOROLOJİ
GÜNÜ

Kutlu olsun



“HAVANI BİLİRSEN, RİSKİNİ DE BİLİRSİN”

DÜNYA SU VE METEOROLOJİ GÜNÜ KUTLU OLSUN...

22 MART 2024 DÜNYA SU GÜNÜ
BARIŞ İÇİN SU:
PEKİ BARIŞI KİM BOZUYOR?

SEL VE SU BASKINLARI İLE
MÜCADELEDE KULLANILAN
YENİ YÖNTEMLER

NANOYDULAR: YENİ
METEOROLOJİK
KAYNAKLARIMIZ

DOĞANIN VE
SONSUZLUĞUN
GEOMETRİSİ: FRAKTAL
GEOMETRİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR
HEDEFLERİ VE YÜZER
GÜNEŞ ENERJİSİ
SANTRALLERİ



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)

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

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

E-posta: bilgi@meteoroloji.org.tr

Kapak Fotoğrafı : Fuat Kurumahmut
İkinci Sayfa Fotoğrafı : Dominika Roseclay
(pezels.com)

İÇİNDEKİLER

ÖZEL SAYI 2024

PROF. DR. KASIM KOÇAK 22 MART 2024 DÜNYA SU GÜNÜ BARIŞ İÇİN SU: PEKİ BARIŞI KİM BOZUYOR?	5
AHMET KÖSE “SEL VE SU BASKINLARI İLE MÜCADELEDE KULLANILAN YENİ YÖNTEMLER”	8
DR.DENİZ DEMİRHAN, HASAN ŞAHİN “NANOYDULAR: YENİ METEOROLOJİK VERİ KAYNAKLARIMIZ”	16
AHMET KÖSE “SIKIŞIK BÖLGE TRAFİĞİNİN HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİNİN AZALTILMASI İÇİN SAKINLEŞTİRİLMESİ, İSTANBUL ÖRNEĞİ”	22
PROF.DR. KASIM KOÇAK “DOĞANIN VE SONSUZLUĞUN GEOMETRİSİ: FRAKTAL GEOMETRİ”	28
DR.MURAT DURAK “DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ TÜRKİYE YOL HARİTASI”	32
PROF.DR.AHMET DURAN ŞAHİN, MUHAMMED ALBAYRAK, DR. M.SEREN KORKMAZ. “SÜRDÜREBİLİRLİK HEDEFLERİ VE YÜZER GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ”	41

EDITÖR



İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölüm Başkanı
Yayın Kurulu adına

PROF.DR. MİKDAT KADIOĞLU

Sevgili Meslektaşlarımız,

Bu ayki E-bültenimizde, önemli iki uluslararası etkinliği bir araya getirerek hem Dünya Su Günü'nü hem de Dünya Meteoroloji Günü'nü kutlamanın heyecanını yaşıyoruz. Her yıl 22 Mart'ta kutlanan Dünya Su Günü, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve tatlı suyun önemine dikkat çekmek amacıyla düzenlenmektedir. Bu yılın teması ise "Barış için sudan faydalanmak" olarak belirlenmiştir.

Günümüzde, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi faktörlerin etkisiyle su ile ilgili sorunlar giderek artmaktadır. Sel ve su baskınları, özellikle şehirlerde yaşayanları tehdit etmekte ve bu konuda etkili çözümler bulmak önemli bir hale gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde kullanılan meteorolojik afet erken uyarı sistemleri, bu sorunlarla mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Yağış tahminleri ve anlık ölçümler, sel ve su baskınlarının önlenmesinde etkili bir şekilde kullanılabilir.

Bu bağlamda, nano uyduların meteorolojik ölçümlerdeki başarısı da ön plana çıkmaktadır. Düşük maliyetlerle elde edilen veriler, su yönetimi ve afet önleme konularında bilimsel temellere dayalı kararlar almayı sağlamaktadır. Nano uyduların, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için önemli bir araç olduğunu söyleyebiliriz.

İstanbul özelinde, şehir planlamasında ve kentsel hareketlilikte sürdürülebilirlik odaklı adımların atılması, örnek bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 2020-2024 Stratejik Planı çerçevesinde hazırlanan Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı, karbon nötr bir şehir hedefini desteklemekte ve çeşitli projelerle bu yönde adımlar atmaktadır.

Geometrinin evrimi konusundaki yazımızda, insanın doğayı algılamasının gelişimi ve bu algılamaya paralel olarak matematiksel araçların nasıl şekillendiği üzerine kısa bir özet sunulmuştur. Bu evrim, insanın çevresiyle olan ilişkisini ve bilimdeki ilerlemeleri yansıtmaktadır.

Son olarak, "Mavi Vatan" stratejisi kapsamında denizlerimizin enerji alanında daha etkin bir şekilde kullanılması konusu üzerinde durulmuştur. Denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımları, su ve enerji taleplerini birleştirerek sürdürülebilir bir geleceğe katkı sağlamaktadır. Bu alandaki çalışmaların önemi, iklim değişikliğiyle mücadelede her bir teknolojinin çevresel etkilerini göz önünde bulundurarak gerçekleştirilmesidir.

Bu özel sayımızda, METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI'nın 22 Mart Dünya Su ve 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü etkinliklerine özel olarak, "İklim eyleminin ön saflarında" temasıyla WMO 2024'ü kutlamaktan büyük mutluluk duyuyoruz. Her iki günü de suyun ve meteorolojinin önemini vurgulayarak, bilinçlenmeye ve çözüm odaklı adımlar atmaya davet ediyoruz.

Sağlıklı ve sürdürülebilir bir dünya dileğiyle,

23 MART

**DÜNYA
METEOROLOJİ
GÜNÜ**

Kutlu olsun



Su Gelecektir



22 Mart

Dünya Su Günü

Kutlu Olsun



22 MART 2024 DÜNYA SU GÜNÜ

BARIŞ İÇİN SU:

PEKİ BARIŞI KİM BOZUYOR?



PROF. DR. KASIM KOÇAK

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Öğretim Üyesi & Hidroloji
Komisyonu Üyesi

Tatlı suyun önemine dikkat çekmek ve tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini savunmak için her yıl 22 Mart, "Dünya Su Günü" olarak kutlanmaktadır. Bu özel gün, suyla ilgili konular hakkında daha fazla bilgi edinmek, toplumu bilgilendirmek ve su sorunları hakkında farkındalık yaratılması bakımından önemli bir fırsattır. Su, her şeyden önce yaşamın temel yapı taşıdır. Diğer taraftan su, ekonomik, sosyal ve insani kalkınmayı desteklemek için önemli bir itici güçtür.

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

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

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

Geçmiş yılların Dünya Su Günü temaları, suyla ilgili hangi önemli konuların öne çıktığı konusunda bir fikir verecektir. Son on yılın temaları ise ayrıntılarına girmeden başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir: Yeraltı suyunu Görünür Yapmak (2022), Suyun Değeri (2021), Su ve İklim Değişimi (2020), Kimseyi Geride Bırakma (2019), Su İçin Doğal Yöntemler (2018), Neden Atık Su? (2017), Su ve Meslekler (2016), Su ve Sürdürülebilir Kalkınma (2015), Su ve Enerji (2014), Uluslararası Su İşbirliği (2013).

Yukarıda da kısaca değinildiği gibi Dünya Su Günü için her yıl farklı bir tema belirlenmektedir. 2024 yılı için belirlenen tema "Barış İçin Sudan Faydalanmak" olarak belirlenmiştir. Tarihte su nedeniyle çıkan savaş sayısı tahmin edilenin çok altındadır. Bununla birlikte toplumlar ve devletler arasında su nedeniyle çok sayıda anlaşmazlıkların ortaya çıktığı da bilinen bir gerçektir.

İki Sümer şehir devleti, Lagash ve Umma arasında 4500 yıl önce sulamada kullanılacak suların paylaşımı konusunda çıkmış olan bir savaş, Su Savaşları'ndan söz eden herkesin değindiği olayların başında gelir. Bununla birlikte sadece bu olayı alıp, suyun hep bir anlaşmazlık konusu olduğunu söylemek de haksızlık olur. Oregon Devlet Üniversitesi'nden Profesör Aaron Wolf'a göre Lagash ve Umma arasındaki savaştan bu yana aslında su için önemli bir savaş olmamış; buna karşılık, 805-1984 yılları arasında suya ilişkin en az 3600 uluslararası anlaşma imzalanmıştır. Gerçekten de, Wolf'un tarafından yapılan bir çalışmaya göre suyla ilgili işbirlikleri, çatışmalardan çok daha fazladır. Aynı ırmağın kenarında yer alan ülkeler arasında 1918-1994 yılları arasında yaşanan 412 bunalımdan yalnızca yedisinin suyla ilişkili olduğu bilinmektedir.

Diğer taraftan siyasetçiler, artan nüfus ve iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkması olası su sorununun, milyarlarca kişinin temiz içme suyuna erişemeyeceği bir dünyada çatışmalara neden olacağı uyarısını yapmaktadırlar. Bununla birlikte kimi uzmanlar uluslararası su savaşlarının olası olmadığı düşüncesindedir. Bu düşüncenin altında yatan temel neden, "işbirliğinin yararlarının su için savaşmaktan çok daha fazla olması" şeklinde izah edilmektedir. Daha orta yollu bir yaklaşıma göre ise, III. Dünya Savaşı'nın su nedeniyle çıkmayacağı ancak su kıtlığının gittikçe büyümesinin ciddi anlaşmazlıklara neden olacağı şeklindedir.

Üçüncü Dünya Su Yönetimi Merkezi Başkanı Asit Biswas'a göre "Eğer iki ülke arasında bir savaş çıkarsa, su bunun 15. nedeni olabilir, sudan ötürü çıkan son savaş binlerce yıl önceydi". Biswas'a göre sorunlardan biri suyun, çoğu zaman petrol gibi, yeniden kullanılmayan bir ürün olarak görülmesi. Oysa örneğin Kolorado Nehri'nin suyu elektrik elde etmek, sulama ve kullanım suyu elde etmek amacıyla yedi kez kullanılmaktadır.

Konuyla ilgili olarak hazırlanan raporlarda Orta Doğu, Kuzey Afrika, Hindistan ve Çin'i de kapsayan birçok ülkede su krizi her an kapıda beklemekte. Yakın gelecekte su, pek çok yerde tarım için toprak yetersizliğinden daha büyük bir kısıtlayıcı olmaya aday görünüyor. Su kıtlığı ve kirliliği birçok yoksul ülkenin ekonomik gelişmesini önemli ölçüde engellemektedir. Her 21 yılda ikiye katlanan küresel su talebi yeterince karşılanamadığı için, önemli toplumsal gerilimler ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşıma göre gelecek yüzyılın savaşları petrol yüzünden değil su yüzünden çıkacaktır. Oysa Wolf'un incelemelerine göre, dünyada 1999 öncesi 50 yıl boyunca "su savaşı" olmamış; ama, çeşitli ülkelerin arasında suyla ilişkili 37 askeri operasyon yaşanmıştır. İlginç olan bu askeri operasyonların sadece 30 tanesi İsrail ile komşuları arasında gerçekleşmiştir.

Geleceğin su savaşlarına gebe olduğunu düşünenlerin, bu konuda kalıcı bir zaferin nasıl sağlanabileceği üzerine düşünmesi de gerekmektedir. Stockholm Uluslararası Su Enstitüsü'nden bir araştırmacı "Eğer bir nehrin tümünü denetleyebilecek şekilde bölgeye egemen olursanız, orada yaşayanlara da su sağlamak zorundasınız. Bir su savaşının nasıl kazanılabileceğini düşünmek çok zor" olduğunu ifade etmektedir. Bunun gibi, uluslararası ilişkiler uzmanları, geçmiş savaşlarda yaşanan yenilenebilen doğal kaynakların talanının, yenilenebilir kaynaklar için geçerli olmadığını düşünüyor. Tarihte ve günümüzde dolaysız biçimde yenilenebilir kaynaklar için çıkmış bir savaş örneği yok. Komşu bir ülke, suyu ve tarım topraklarını alıp götürmüyor. Öte yandan ekonomileri yenilenebilir kaynaklara çok bağımlı ülkeler genellikle oldukça yoksul ve saldırıda kullanabilecekleri askeri güçten de yoksunlar. Bu nedenlerle su gibi yenilenebilir kaynaklar için savaş çıkması olasılığı çok yüksek görünmemektedir.

Nehirlerin paylaşımı buna istisna oluşturuyor. Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %40'ı birden çok ülkenin paylaştığı 263 nehir havzasında yaşıyor. Bu havzaların üçte ikisinde ortak su yönetimine ilişkin bir anlaşma yok. Konu ilk bakışta görüldüğünden daha karmaşık ta olsa, bu havzalarda ciddi bir çatışma riski her zaman vardır. Akış yönündeki (mansap tarafındaki) ülkeler ulusal varlığını belirleyecek kadar bu suya bağımlıysa ve kaynak tarafındaki ülke su miktarını azaltmak yoluna giderse, iki ülke arasında tarihten gelen bir çatışma kültürü de varsa ve en önemlisi, akış tarafındaki ülke askeri açıdan daha güçlüyse çatışma riski çok yüksek. Dünyada bahsedilen koşulların geçerli olduğu havza sayısı çok fazla değil. Buna en tipik örnek olarak Nil Nehri verilebilir. Bilindiği gibi Mısır, Nil Nehrinin suyuna çok bağımlı bir ülkedir. Tarihsel olarak kaynak tarafındaki komşuları olan Sudan ve Etiyopya ile zaman zaman çatışmalar yaşamıştır. Ayrıca Mısır, ekonomik ve askeri olarak diğer ülkelerden çok daha güçlüdür.

Su kıtlığına, dolayısıyla olası su savaşlarına karşı yapılabilecekler var kuşkusuz. Bunların başında, dünyadaki su tüketiminin %70'nin gerçekleştiği tarımda sulama verimliliğini arttıracak yeni teknikleri yaygınlaştırmak geliyor.

Buraya kadar daha ziyade, suyun yaşamsal bir kaynak olması, kıt olması ve dünya üzerinde zamansal ve alansal olarak eşit dağılmamış olması nedeniyle yaşanan savaş, çatışma ve anlaşmazlıklardan bahsettik. Ancak günümüzde konunun çok farklı bir boyutu daha var. O da büyük ulusal/ uluslararası şirketlerin suya ticari bir meta gözüyle bakmalarının yol açtığı durumdur.

Su savaşlarını gündemde tutmaya, dünyanın her yerinde egemenlik kurmak ve bunu sürdürmeye kararlı olan güçler, "su savaşı" kozunu, siyasal ve kültürel hegemonyalarını sürdürmenin önemli bir aracı olarak kullanmaktadır. Aynı güçler, su kıtlığının, yüz milyonlarca kişiye besin ve hijyen koşullarının sağlanamamasına, çok büyük insan topluluklarının yoksullaşmasına neden olduğuna, salgın hastalıklardan kırılmasına, toplumsal huzursuzluk ve şiddetin yaygınlaşmasına, göçlere neden olduğunda hiç değinmiyor. Su nerede kıtsa orada devasa projelerle baraj ve sulama yapılarını dayatıyor, bunu finanse ediyor gibi yapıp o ülkeleri daha da borçlandırıyor, su çevriminin düzenini bozuyor, insanları topraklarından ediyor. Dayattıkları kütleli endüstriyel tarım ise aşırı gübre ve ilaç kullanımını ve aşırı sulama nedeniyle suların ve giderek tarım toprakların tuzlanmasına neden oluyor. Büyük şirketler, dünyanın bütün kentlerinde susağlama, iletme ve dağıtma işletmelerini özelleştirip suyu pahalılaştırmayı, dünyanın bütün akarsularını özelleştirip suya erişime fiyat biçmeyi, her yerde endüstrinin kirlettiği suyu kamu kaynaklarıyla temizlemeyi, suyu her yönüyle ticarileştirmeyi büyük bir hız ve hırsla sürdürmektedir.

Tarihi gerçekler de gösteriyor ki, suyun akışı hep barıştan yana olmuştur. Biz, su dostlarına düşen, bu barışı ebedi kılmaktır, suyumuzu bulandıranlara karşı durmaktır.

22 Mart Dünya Su Gününüz kutlu olsun...



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**



**METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI**

SEL VE SU BASKINLARI İLE MÜCADELEDE KULLANILAN YENİ YÖNTEMLER



AHMET KÖSE

Yüksek Meteoroloji Mühendisi
Yayın Kurulu Başkanı

ÖZET

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle ülkemiz başta olmak üzere dünyanın birçok yerleşim yerinde sel ve su baskınları sıklığı artmıştır. İklim değişikliğinin etkisiyle süresi, sıklığı ve şiddeti artan yağışlar nedeniyle beton ve asfalt yüzeyle kaplı şehirler sık sık sel sularına maruz kalmakta can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu çalışmanın amacı dünyanın gelişmiş ülkelerinde sel ve su baskınları ile mücadelede kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Meteorolojik afetler erken uyarı sistemleri ile tahmin edilebilmektedir. Yağış başlamadan günler öncesinde ne kadar yağış düşeceği tahmin edilebilmektedir. Yağış başladığında radar görüntüsü ile hangi mahalleye ne kadar yağış düşeceği yaklaşık 30 dakika öncesinde tahmin edilirken, düşen her damla yağış anlık olarak ölçülmektedir. Yağışın hangi yüzeye düştüğünün analizi ile ne kadarının toprak tarafından emileceği, ne kadarının akışa geçeceği hesaplanarak sel ve su baskınları oluşmadan o noktalara müdahale edecek ekipler olay başlamadan sevk edilerek olası zararlar minimuma indirilebilir. Ayrıca sel ve su baskınlarına müdahalede aşağıda sunulan yeni müdahale yöntemleri de kullanılarak oluşması muhtemel zararlar en aza indirilebilir.

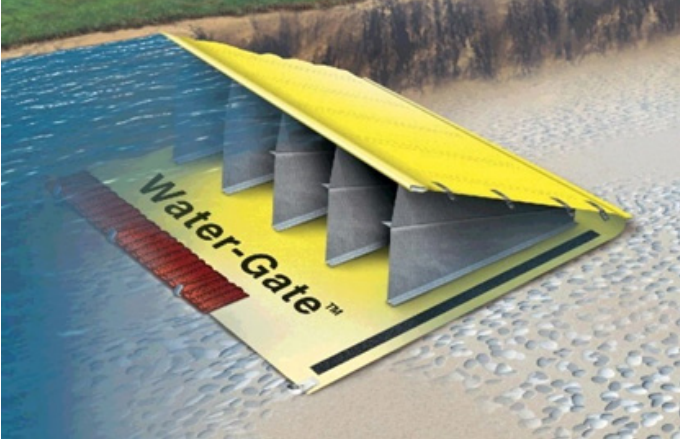
GİRİŞ

Geçmişten günümüze yükselen sel sularıyla mücadele etmek için kullanılan en yaygın çözüm kum torbalarıdır; çuval bezi veya polipropilenden yapılmış 1000'lerce kum torbası sel olması muhtemel bölgeye dizilerek, sel sularından korunmaya çalışılmaktadır. Kum torbalarını stoklamak, yerine koymak ve kaldırmak oldukça meşakkatli bir yöntemdir. Aşağıda kum torbalarının yerini almaya başlayan yeni nesil sel sularıyla mücadele yöntemleri sunulmuştur. Bu yöntemler dünyanın gelişmiş kentlerinde dirençli ve akıllı şehir uygulamaları olarak kullanılmaktadır. Önümüzdeki günlerde ülkemizde yerel seçim-

ler yapılacak olup, yerel yöneticilerin bu yöntemlerden uygun olanları kendi il ve ilçelerinde uygulamaları olası can ve mal kayıplarını en aza indirecektir.

1) Su Kapısı: Hızlı Tepkili Taşkın Kontrol Sistemi

Su kapısı, kendisini dengelemek için gelen suyun basıncını kullanan akıllı bir PVC cihazdır. Kum torbalarından daha pahalı olmasına rağmen, sel hasarını kontrol altına almada oldukça etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Tek bir kişi, bir evi korumak için ürünü birkaç saat içinde konuşlandırabilir veya tüm alanı ve açılmamış kamyonları korumak için daha büyük cihazlar satın alınabilir. Ürün kum torbalarına göre daha hafiftir, tekrar kullanılabilir ve kullanım sonrası kirlenecek dolgu malzemesi gerektirmez(1).



2) Suyla Şişirilmiş Mülkiyet Koruyucu (WIPP)

Son derece dayanıklı, vinil kaplı polyesterden yapılmış, yaklaşık 46 metre “Suyla Şişirilmiş Özellik Bariyeri” (WIPP). Temelde dâhili bir destek yapısına sahip uzun bir tüp olan sistem, yakındaki herhangi bir su kaynağıyla şişirilebilir ve gelen sulara karşı ağır bir bariyer görevi görebiliyor. Diğer sistemler gibi WIPP de kolay ve hızlı bir şekilde kurulabilir, onarılabilir ve kullanılmadığında kompakt bir şekilde paketlenmektedir(2).



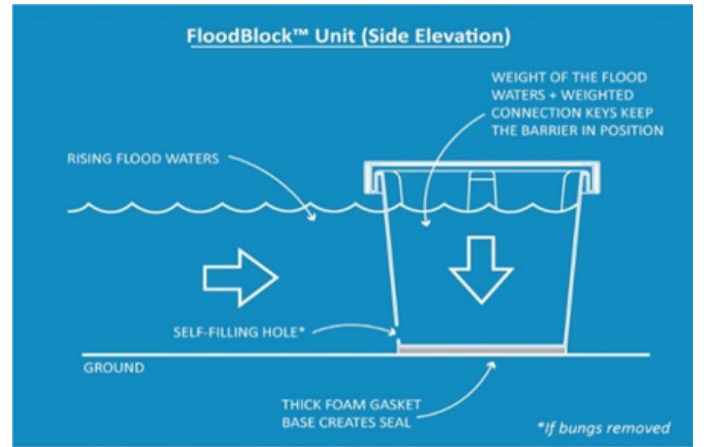
3) Hızlı Baraj: Sel Bariyeri Çorapları

Hızlı Barajlar; su bariyerli çoraplar, Kuzey Amerika'da en fazla kullanılan su baskını koruma cihazıdır. 2022 yılında tüm büyük ev yenileme perakendecilerini (örn. Home Depot, Lowes, Rona) ve ürün çeşitleriyle dolu büyük bir Amazon mağazasını kapsayacak şekilde ürün satışı mecrasını genişletmiştir. Hızlı Baraj su baskını bariyerleri her türlü ortama uygun 1,5metre, 3 metre ve 5 metre uzunluğunda parçalar halinde mevcuttur. Şu ana kadar yapılan incelemelere göre ürün, yükselen sel suları sonrasında ev sahiplerinin mülklerini kuru tutma konusunda iyi sonuçlar vermiştir (3).



4) Taşkın Bloku: Modüler Taşkın Önleme Çözümü

Evleri ve ticari alanları su baskınından korumak için birbirine kenetlenen, istiflenebilen ve konumlandırılabilen Lego benzeri bir yöntemdir. Cihaz, alt kısmındaki köpük dolgululu, alttan su sızmasını önleyen bir conta oluşturan, kendi kendini dolduran bir kasadır. İstifleme özelliği, depolandığında minimum yer tutar. Sistemin basitliği ve hafifliği, montajı için özel bir eğitim gerekmediği anlamına gelir; kum torbalarından daha etkili, yüksek kaliteli, uygun fiyatlı bir çözümdür(4).



5) Sel Suyu Önleme Sistemi

Sel sularıyla mücadelede küresel liderdir. Hem ev sahiplerinin hem de şehirlerin artan sel sularıyla başa çıkmasına yardımcı olmak için çeşitli su baskını cihazları sunmaktadır. En popüler cihazlarından biri ve genellikle kapı ve pencerelerden girmeyi önleyen cihazlardır. Hafif, yeniden kullanılabilir bariyer, kalıcı bir bariyerle aynı korumayı sağlar ve 1000'lerce ev sahibinin yollarına su girmesini engellemesine yardımcı olmaktadır(5).



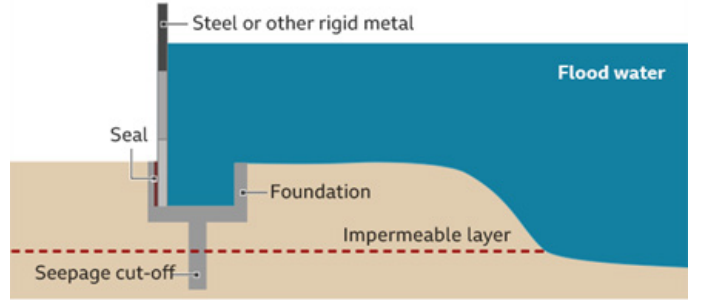
6) Sel Bariyerleri

Hafif metal bariyerler nispeten ucuzdur, özellikle gelişmiş ülkelerde dere yatağına yakın yerleşim yerleri etkilenmesin diye bu kesimlere yerleştirilir ve sular çekildiğinde tekrar çıkartılarak depolara kaldırılmaktadır. Burada en önemli nokta sel olmadan birkaç gün önce askerlerinde yardımıyla montajın hızlı yapılmasıdır(6).



Two types of temporary flood barrier

Sectional barrier



Frame barrier

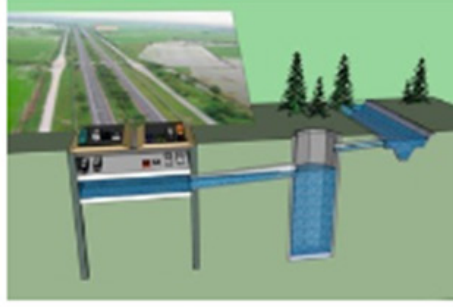


Source: Environment Agency

BBC

7) Çok Servisli Taşkın Tüneli Sistemi

Yer altı toprak istinat duvarları kullanılarak, mevcut Çevre Yolu'nun altına aç-kapa tünel inşa edilerek taşkın tünel sistemi yapılmaktadır. Burada tünele belli eğim verilerek hidro-elektrik santrali gibi kullanımı sağlanmaktadır. Tayland Yeraltı ve Tünel Açma Grubu Doğu Dış Çevre Yolu'nun altında büyük taşkın drenaj Tüneli olarak Çok Amaçlı Yeraltı Sistemlerini önermiştir. Bu proje ile yüksek hidrolik eğim nedeniyle (1.500 m³ /s, 129.600.000 m³ / gün) büyük miktarda taşkın suyu kısa sürede tahliye edilebilmektedir. Minimum arazi tahsisi ve kamulaştırması gereklidir. Ayrıca yeraltı sistemi olarak genişletilmesiyle 400 ila 600 MW arasında elektrik üretilmektedir(7).



8) Mekanik Bariyer

İngiltere'nin Başkenti Londra'da, Thames Nehri boyunca su seviyesi belirli bir noktaya ulaştığında yükselen devasa bir mekanik bariyer olan Thames Barrier ile su baskınlarından korunuyor. Bu proje 1982'den beri faaliyettedir olup 1953'teki Kuzey Denizi selinde olduğu gibi su taşkınlarına karşı koruma sağlamak üzere tasarlanmıştır(8).



9) İmplant Yapısı ile şehirlerin Selden Korunması

Büyük bir şehrin çevresinde taşkın kontrolü için bir süper setin inşası, şehrin geniş bir alanının yeniden geliştirilmesi gerektiği gerçeğinden dolayı büyük maliyetlere ve kayda değer bir zamana neden olur. Süper İmplant Levye, yüksek rijitliğe sahip geniş çaplı elemanlardan oluşan sürekli bir duvarın mevcut bir sete monte edilmesi nedeniyle sızılaşma veya taşma nedeniyle hasar görmeyecektir. Doğal afet etkilerine maruz kalsa dahi işlevini koruyan set, ulaşım ağları, acil tahliye tesisleri gibi altyapılar için de kullanılabilir. Bu tarz yapılar deprem sonrası zarar görme ihtimali olan İstanbul'daki Alibeyköy ve Elmalı Barajları için kullanılabilir. Çökmeye Karşı Bir Tedbir Olarak "İmplant Levee" ait aşağıdaki linkle ilgili video izlenebilir(9).



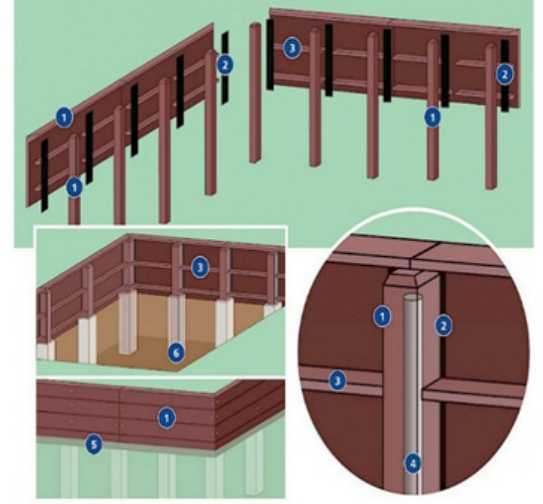
10) Sel Savunması

İngiltere'nin Aşağı Don Vadisi bölgesi, Sheffield yerleşim yeri için yeni sel zararını azaltma planı 500'den fazla işletmeye fayda sağlayacak ve yaklaşık beş bin işi, şehre giren ve çıkan ana yolları ve Don Nehri'nin 5 mil uzunluğundaki evleri koruyacak 21 milyon poundluk yatırım yapıldı. Taşkın savunma seviyelerini yükseltmek için nehrin 8 kilometrelik bir kısmı boyunca yeni yerçekimi duvarları, taşkın kapaklarının montajı ve nehre boşaltılan borulara ve açıklıklara 300'den fazla kanatlı vana takılmasını içeren yeni 'sert savunmalar' kuruldu(10).



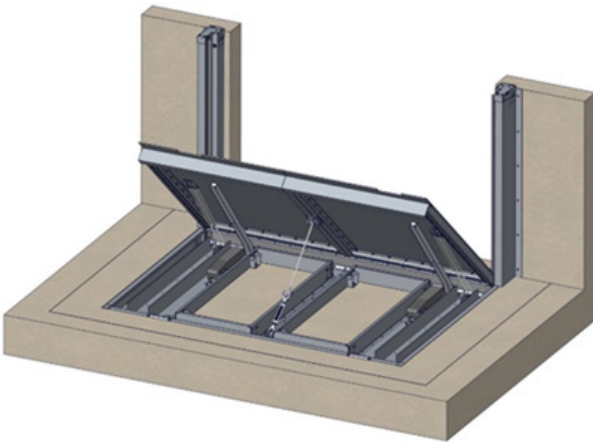
11) Sürdürülebilir, Uygun Maliyetli Taşkın Savunma

Paneller ve direkler gözeneksiz, dayanıklı, %100 sanayi sonrası geri dönüştürülmüş plastik atıklardan yapılmıştır ve daha fazla güç ve sağlam bir kurulum sağlamak için her bir direğin içinden çelik boru takviyesi geçmektedir. Sel suyunun neden olduğu basınç altında bükülmeyi önlemek için paneller yatay sırt destekleriyle donatılmıştır. Paneller ve direkler, her ortama uyum sağlayacak estetik açıdan sempatik ahşap efektli bir kaplamaya sahiptir(11).



12) Otomatik Açılır Su Baskını Bariyeri

Otomatik Açılır Su Baskını Bariyeri su baskınından korumak için hızlı ve etkin bir yöntemdir. Su baskını koruma çözümü, yürüme/sürüş yüzeyiyle aynı hizada kendi kendine depolanır. Büyük kamyon trafiğine yönelik AASHTO H-20 / HS-20 yük derecesine sahiptir ve su baskını meydana gelmesi durumunda suyun hidrostatik basıncı, bariyerin otomatik olarak yukarı doğru dönmesine neden olarak 2,5 metre yüksekliğe kadar sel sularından korur. Otomatik bariyer pasif olarak etkinleştirilmenin yanı sıra manuel veya elektronik olarak da yerleştirilebilir. Araba yolları/yürüyüş yolları, mağaza önleri, dış kapı açıklıkları ve yükleme iskeleleri dâhil ticari uygulamalar için idealdir(12).



13) Kendiliğinden Kapanan Su Bariyerleri

Kendiliğinden Kapanan Su Baskını Bariyeri, 1998'den beri dünya çapında kullanılan, kendi kendine yükselen bir bent kapağıdır. Tasarımı, bariyeri otomatik olarak kaldırmak için yaklaşan sel sularını kullanır. Otomatik çalışma, basamak veya rampa gerektirmeyen minimum ayak izi ile birlikte bu tür savunmayı, estetik kaygıların kalıcı bir bariyerin kabul edilemeyeceği veya yeterli uyarı ve insan gücünün kullanılamayacağı anlamına geldiği insansız alanlar için ideal bir çözümdür. 10 m uzunluğa ve 2,5 m yüksekliğe kadar tekli bariyerler mevcuttur. Gerektiğinde kalıcı veya çıkarılabilir ara direklerle daha fazla ünite ile birbirine bağlanabilir. Sel sularının basma ihtimali olan Metro durak girişlerinde kullanılabilir(13).



SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. 31 Doğa kaynaklı afetlerden ülkemizde en sık görüleni meteorolojik hadiselerin başında sel ve su baskınları gelmektedir.. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkisiyle, artan nüfus ve şehirleşmenin de her geçen gün artmasıyla sel felaketleri dünya çapında giderek yaygınlaşıyor. Sel ve taşkınlarla mücadelede en etkin yöntem altyapı, üst yapı, dere ıslahları, yağmursuyu hatları vb. planlanan tüm projelerde en güncel bilimsel metodların kullanılması gerekmektedir. Ülkemizde 100 yıllık ortalama yağış verisine göre bu hesaplar yapılmakta ve geçmişten günümüze projelerde Mocus ile sentetik yöntemler kullanılmaktadır. İklim değişikliğinin en belirgin ve sık yaşadığımız özelliği meteorolojik kaynaklı afetlerin sıklığı ve şiddetinin artmasıdır. Bu nedenle süre, şiddet ve frekans verileri göz önünde bulundurularak şiddetli yağışları karşılayabilecek hesaplama yöntemleri ile yeni projelerin yapılması, güncellemelerinde buna uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yeni dönemde geniş kapsamlı ulusal ve uluslararası bir çalıştayla alt ve üstyapıda kullanılması gereken yeni yöntemler tespit edilmeli buna uygun yapılmalıdır. Bu gerçekleşirse sürekli her yağışta sel suları ile dolan altgeçitler ile kritik noktalar hızlıca iyileştirilerek sel ve su baskını riski en aza indirilecektir. Yukarıda verilen sel ve su baskınları ile mücadelede kullanılan yöntemlerin bir kısmı ya da tamamının uygulamaya alınması sel ve su baskını zararlarını azaltacaktır.

KAYNAKÇA

- 1- <https://www.hydroresponse.com/water-gate-barrier> (Erişim Tarihi: 11.02.2024)
- 2- <https://aquabarrier.com/blog/wipp/wipp-system-deployed-new-zealand-flood/> (Erişim Tarihi: 12.02.2024)
- 3- <https://quickedams.com/products/flood-barriers?variant=47307490066743> (Erişim Tarihi: 12.02.2024)
- 4- <https://www.fluvial-innovations.co.uk/see-our-flood-barriers-in-action/> (Erişim Tarihi: 13.02.2024)
- 5- <https://www.amazon.com/JYHHCYS-Reusable-Control-Prevention-Removable/dp/B0CF5SYTX5> (Erişim Tarihi: 13.02.2024)
- 6- <https://geodesignbarriers.com/us/> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 7- https://www.tunnel-online.info/de/artikel/tunnel_2012-03_-1419387.html (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 8- <https://theconversation.com/britain-is-at-bursting-point-and-its-flood-barriers-need-to-be-updated-221441> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 9- https://www.giken.com/en/vision/construction_solutions/flood_defence/ (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 10- <https://www.sheffield.gov.uk/planning-development/master-action-plans/lower-don-valley-flood-defence> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 11- <https://bluepages.org.uk/listing/andel-floodwall-for-effective-flood-defence/> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 12- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Yebq-ou3i-I> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)
- 13- <https://www.youtube.com/watch?v=oNfSwHANJDE> (Erişim Tarihi: 14.02.2024)

NANOUYDULAR: YENİ METEOROLOJİK VERİ KAYNAKLARIMIZ



DR. DENİZ DEMİRHAN

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğretim Üyesi



HASAN ŞAHİN

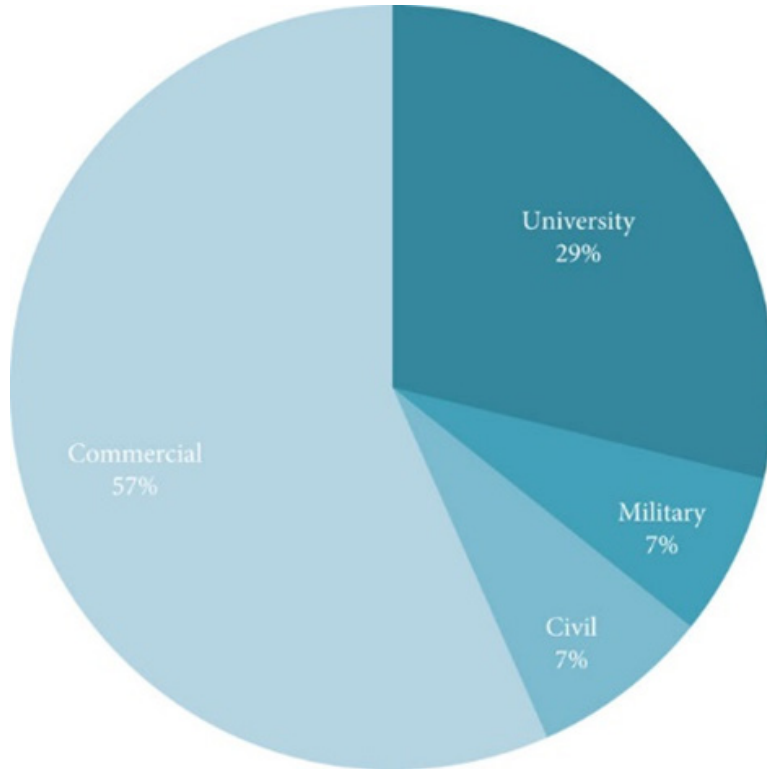
İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğrencisi

ÖZET

Nano uydular, yer seviyesinde ölçümün çok zor olduğu alanlarda oldukça başarılı görevler gerçekleştirmektedir. Bu ölçümler, nanouydulara, farklı özelliklere sahip meteorolojik yükler yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmekte ve oldukça düşük maliyetlerle veri elde edilmesini sağlamaktadır. Bu araştırmada, meteorolojik yük taşıyan altı farklı nanouydunun uzaktan algılama özellikleri incelenmiş ve nano uydular hakkında genel bilgiler verilmiştir. İncelenen nano uyduların her biri görevlerinde başarılı olmuş ve farklı alanlarda meteorolojik veriler üretmişlerdir. Değerlendirilen nanouydular arasında: Picasso, LAICE, TEMPEST-D, Kanada Gelişmiş Nanouzay Deneyi-2 (CanX-2), RAVAN ve RainCube bulunmaktadır. Picasso nanouydusu ozon dağılımını, mezosfere kadar olan sıcaklık profilini gösteriyor ve iyonosferdeki elektronik plazma karakterizasyonunu tespit edebiliyor. LAICE'in ise gravitasyonel dalgaları gözlemlemek, ve iyonosferdeki bu dalgalanmaları karasal hava sistemleriyle karşılaştırmak olan 2 farklı görevi vardır. TEMPEST-D uydusunun temel amacı yağış olaylarını küresel ölçekte incelemektir. CanX-2 uydusunun kullanım amacı ise, Kanada ileri nanouzay deneyinin programlarının başarısını test etmektir.. Bu çalışmada üzerinde durulan diğer bir nano uydu olan RAVAN, Dünyanın günlük radyasyon döngüsünü ve net enerji bütçesini ölçmeyi amaçlayan ilk proje olma özelliğine sahiptir. Sonucusu ise NASA'nın nano uydu üzerinde parabolik radar kullanan ilk uydusu RainCube'dur. Bu araştırma, nano uyduların, meteorolojik yükleri ile ilgili ve hangi meteorolojik verilerin ne tip bir nano uydu aracılığıyla üretildiğinin anlaşılması açısından çok önemlidir. Bu çalışma ulusal bir uzaktan algılama aracı oluşturmak için iyi bir başlangıç olacaktır.

1. GİRİŞ

Meteorolojik parametrelerin ölçümünde geçmişten günümüze pek çok yöntem ve araç kullanılmıştır (Nagel vd., 2020). Uzaydan uydularla yapılan gözlemler atmosfer bilimlerinde önemli bir yere sahiptir (Dave, 2022; Öztopal, 2021). İlk başarılı meteorolojik uydu, 1 Nisan 1960'ta NASA tarafından yalnızca dünyanın fotoğraflarını çekerek bulutluluğu anlamak amacıyla fırlatılan TIROS-1'dir. Daha sonraki yıllarda radar, spektrometre, radyometre vb. aletler kullanılarak atmosferik gözlemler yapılmıştır. on uydu. İlk CubeSat projesi 1999 yılında Kaliforniya Eyalet Politeknik Üniversitesi ile Stanford Üniversitesi arasında eğitim amaçlı geliştirildi. Cubesat, geleneksel uydulara göre büyük avantajları nedeniyle özellikle 2010'lu yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır. dolayısıyla iletişim, bilim, askeri vb. amaçlarla da kullanılmıştır. Şekil 1, CubeSat projelerinde daha fazla yer alan kuruluşları göstermektedir. Nano uyduların eğitim amaçlı kullanımının ticari alana kaydığı ve bu kaymanın yıllar geçtikçe artarak devam ettiği açıktır. CubeSats günümüzde atmosfer bilimlerinde çok yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Öztopal vd., 2001., Benesch, 2010).



Şekil 1 : Küp uydu kullanımının sektörel dağılımı (Villela vd., 2019)

2. Uydular ve Küp uydular

Uydular, pek çok alanda olduğu gibi, atmosferik çalışmalarda da çığır açıcı gelişmeler ve gözlemler sunuyor. Atmosferi gözlemlemek için kullanılan uydular meteorolojik uydulardır. Meteorolojik uydular, dünyanın kendi yörüngesinde dönüşü sırasındaki verileri toplayarak yer istasyonlarına gönderir. Önemli meteorolojik uydulardan olan METEOSAT, GOES, METOP, NOAA, LANDSAT vb. gibi uydular konvansiyonel yöntemlerle üretilmiş olup gerçekten büyük hacimli, ağır ve en önemlisi yüksek maliyetlidir. Ancak 2000'li yıllardan sonra, bu uydulara göre kullanımı ve üretimi çok daha kolay olan nano uydular, konvansiyonel uyduların yerine almaya başlamıştır. Nano uyduların maliyeti konvansiyonel uydulara göre çok düşük, hacmi çok daha küçük ve geliştirme aşaması konvansiyonel uydulara göre çok kısadır. Konvansiyonel uyduların inşa aşaması, yörüngelerinin belirlenmesi gibi işlemler 5 ila 15 saat arasında gerçekleşirken, nano uydu için bu süre yaklaşık 8 aydır.

Küp uydu, sıklıkla kullanılan bir nano uydu şeklidir. "CubeSat" adı, kütlesi 1 kg'dan biraz fazla ve boyutları 10 cmx10 cmx10 cm (1U) olan küp şeklindeki uyduyu ifade eder. Halihazırda üretim aşamasında olan 1U, 3U, 6.5U, 12U vb. hacimlere sahip nano uydular da bulunmaktadır. Örneğin 10 cm x 10 cm x 30 cm boyutunda bir nanouydu, 3U CubeSat'tır. Bir nano uydunun ortalama maliyeti 500.000 Euro iken, konvansiyonel uydularda bu rakam 500 milyon Euro'ya kadar çıkabilmektedir.

Nano uydular düşük maliyet, kısa üretim süreci ve erişilebilirlik açısından üniversiteler için oldukça uygun, eğitici ve daha da önemlisi uzay programlarına ve teknolojilerine teşvik edicidir. Başlangıçta eğitim amaçlı kullanılsa da nano uyduların işlevsellik kazanması, sanayinin gelişip büyümesiyle birlikte uzay programları için çok önemli bir kilometre taşı olmuştur. Nanouyduların en önemli konularından biri de üzerindeki yükleridir. Misyonuna göre üzerindeki yükler de değişebilmektedir. Bu misyonlar arasında atmosferik gözlemler, iletişim, uzay havası, astronomi, biyoloji vb. konular olabilmektedir.

Uydular, özellikle yer istasyonları ile gözlemlerin zor olduğu yerlerde atmosferik gözlemler için en önemli tekniklerden biri haline gelmiştir (Koudelka, 2017). Tablo 1'de bu çalışmada incelenen nanouydular ve bunların yük taşıma araçları verilmektedir.

Tablo 1: Bu araştırmada incelenen nano uydular ve özellikleri

Nano uydu	Yük	Atıldığı tarih	Yüksekliği	Bağlantı kapasitesi	Boyut	Kilo
CanX-2 (3U)	Argus 1000 GOE	28.04.2008	635 km	256 kbit/s	3U	3.5 kg
Picasso (3U)	Vision SLP	3.10.2021	500 km	204 mb/gün	3U	3.8 kg
Tempest-D (6U)	MM Radiometer	21.05.2018	400 km	-	6U	6 kg
Ravan	VACNTs Gallium C.S	11.10.2016	617 km	2.5 mb/gün	3U	5 kg
LAICE	RPA Photometer LINAS Sneupl	2023-	350-400 km	-	6U	12 kg
RainCube	Radar	21.05.2021	400 km	1.73 Gbit/gün	6U	5.5kg

2.1. PICASSO

PICASSO, Belçika Uzay Havacılık Enstitüsü tarafından Finlandiya Ltd. VTT Teknik Araştırma Merkezi ve Clyde Space Ltd. (İngiltere) ve Centre Spatial de Liège (BE). ortaklığıyla yönetilen bir Avrupa Uzay Ajansı projesidir. Picasso uydusu 02.09.2020 tarihinde fırlatılmıştır ve 30 cm x 10 cm x 10 cm boyutlarında ve 3,8 kg kütleye sahip bir 3U CubeSat'tır. Picasso enerjisini, üzerindeki güneş panelleri aracılığıyla Dünya'nın albedo'sundan alır. Picasso, stratosferdeki ozon dağılımını, mezosfere kadar olan sıcaklık profilini ve iyonosferdeki elektronik plazma karakterizasyonunu belirlemektir. Picasso'nun rakımı yaklaşık 500 km olup ömrünün 29 ay kadar olması düşünülmüştür. Picasso'nun 4 adet güneş paneli ve iki yerleşik bilgisayarı var. İletişim için S-Band kullanan bu nano uydu içinde Yükseklik Belirleme ve Kontrol Alt Sistemi (ADCS) ve 2 bilimsel araç (VISION ve SLP) bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen sistemlerin tümü 3U hacimli uydunun içerisinde yer almaktadır. Picasso'nun veri aktarım hızı 204 mb/gün olup, ortalamalara bakıldığında oldukça yüksektir (URL-1).

2.2. VISION

Gün aydınlığı (airglow) ve Örtülme (occultation) için Görünür Spektral Görüntüleyici (VISION) cihazı, spektral aralığı görünür ve yakın kızılötesi dalga boylarında yani 400 nm ila 800 nm arasındadır.

VISION cihazı temel olarak 3 önemli özelliğe sahiptir (Fussen D. vd, 2012):

- VISION cihazı Chappuis bandındaki radyasyon Emilimini analiz ederek kutup enlemlerindeki ve orta enlemlerdeki stratosferdeki ozonun dikey profilini elde edebilir.
- Stratosferik ve mezosferik sıcaklık profilleri elde edilir.
- Kuzey ışıkları gözlemleri yapılır.

2.3. Aşağı atmosfer /iyonosfer Etkileşimi Deneyi (Laice) nano uydusu

LAICE, Illinois Üniversitesi (UI) ile Virginia Politeknik Enstitüsü ve Urbana-Champaign, IL'deki Devlet Üniversitelerinin ortak bir projesidir ve orta atmosferdeki iyonosferdeki uzaktan algılama yoluyla atmosferik gravite dalgalarını incelemeyi amaçlamaktadır. LAICE, 12 kg'lık bir kütleyle sahip 6U büyüklüğünde bir küp uydudur. 2023 yılından sonra göreve başlaması bekleniyor (URL-2). LAICE uydusu, alçak Dünya yörüngesinde yani 350-400 km civarında olması planlanmaktadır.

LAICE CubSat platformu iletişim, güç, veri işleme ve ADCS sistemleri için yalnızca 0,75 U kullanır ve bu da potansiyel yüklerin kullanımı için çok fazla alan bırakır.

LAICE misyonunun iki temel bilimsel hedefi vardır:

- Alt F bölgesindeki (150 to 220 km yükseklik) iyon yoğunluk değişimlerini izlemeyi ve bunları kullanarak atmosferdeki gravite dalgalarını izlemek
 - Orta ve aşağı enlemlerde, iyonosferindeki gravite dalgalarının hareketini modellemek
- LAICE'nin bilimsel araştırma amaçlı hedeflerine ulaşmak için 4 yükü vardır:
- Gece saatlerinde gün aydınlığını gözlemlemek için, farklı dalga boylarına sahip dört kanallı fotometre
 - Sıcaklık ve iyon yoğunluğunu belirlemek için Potansiyel Geciktirme Analizörü (RPA)
 - Yoğunluğu tespit etmek için LAICE İyonizasyon Ölçer Nötr Atmosfer Sensörü (LINAS)
 - Nötr yoğunluğu tespit etmek için Uzay Nötr Basınç Cihazları (Sneupl)

2.4. TEMPEST - D Nanouydusu

Fırtınalar ve Tropikal Teknoloji için Zamansal Deney nano uydusu olan TEMPEST-D'nin amacı atmosferdeki yağış olaylarını küresel ölçekte incelemektir (URL-3). TEMPEST-D, bulut oluşumunu, buz oluşumunu, konvektif yağışı ve bulut yoğunluğunu izlemek ve incelemek için tasarlanmış bir nanouydudur. Tempest-D'nin temel özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Bulutların oluşum aşamalarını gözlemlemek amacıyla Colorado Eyalet Üniversitesi tarafından geliştirilen TEMPEST-D CubeSat projesi, yağış potansiyeli olmayan bulutlardan, yağış potansiyeli olan bulutlara geçiş sürecini zamansal çözünürlüğü yüksek cihazlarla gözlemler. 90-183 GHz aralığında kompakt bir radyometre kullanır.

TEMPEST-D, bulutların zaman içindeki gelişimini gözlemleyerek bulut oluşum süreçlerinin, iklim modellerinde daha doğru bir şekilde kullanılmasını sağlar. Modellerin geliştirilmesine katkı sağladığı için İklim değişikliğini daha iyi anlaşılmasında yardımcı olur. TEMPEST-D, fırtınanın ya da kasırganın hızının, yönünün atmosferin derinliklerine doğru ne şekilde değiştiğini izlememizi sağlar (URL-3).

2.5. Kanada Geliştirilmiş Nano uzay Deneyi (CanX - 2)

CanX-2, 28 Nisan 2008'de göreve başlayan, 10 cm x 10 cm x 34 cm ölçülerinde 3U hacminde ve 3,5 kg ağırlığında olan üçlü bir Küp uydudur. CanX-2 gücünü Küp uydunun etrafına monte edilen 22 güneş pilinden almaktadır. CanX-2, sera gazlarını tespit etmeye yönelik atmosferik gözlemleri yapmaktadır. Uydu üzerinde bulunan manyetometre, manyetik alan ölçümünden daha çok uydunun yönünü ve dönüşünü sağlar. CanX-2 sensörleri arasında bulunan Argus 1000 spektrometresi, uzaydan gelen sera gazı emisyonlarını tespit etmek için nadir görüntüleme modunda çalışan yeni nesil küçük bir kirlilik izleme ekipmanıdır. Diğer bir sensor olan GOE ise iyonosferin toplam elektron içeriğini ve troposferik su buharını ve kutup ışıklarının izleyebilen bir alettir.

2.6. RAVAN (Dikey Olarak Hizalanmış Nanotüpler ile Radyometre Hesaplanması)

Ravan, 11 Kasım 2016'da göreve başlayan bir 3U Küp uydudur. Ana hedefi Dünya'nın ısınım sal günlük döngüsünü ve net enerji dengesini ölçmektir. Bu amaçla üretilmiş ilk küp uydudur. Bu görevi gerçekleştirmek için bilinen en siyah madde olan VACNT'ler kullanılır. RAVAN, JHU/APL'den (Johns Hopkins Üniversitesi/ Uygulamalı Fizik Laboratuvarı), Laurel, MD'den William H. Swartz ve Draper Laboratuvarı, Cambridge, NASA/GSFC (Goddard Uzay Uçuş Merkezi), MA'dan Lars Dyrud ve L-1 Standartlar ve Teknoloji'deki ekipler tarafından yönetilmektedir.

Bu uydunun temel amacı, yeni üretilen uydu teknolojilerini ilk defa test etmenin yanı sıra, güneşten dünyaya gelen radyasyon ile dünyadan uzaya yansıyan radyasyon arasındaki farkı yani dünyanın radyasyon dengesini ölçmektir. İklimsel çalışmalarda enerji dengesinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu dengenin değişmesi önemli meteorolojik etkilere neden olmaktadır. Hem kısa hem de uzun vadede bu dengenin bilinmesi her iki tür hava tahmini için de büyük önem taşır. Uzun vadede bu dengenin değişimini bilmek, Dünya'nın ısı dengesinin ne yönde değiştiğini bilmekle eşdeğerdir. Dolayısıyla iklim değişikliği hakkında da bilgi vermektedir. RAVAN küp uydusunun ölçümleri uzun vadede çok güvenilir görünse de ancak kısa vadede aynı şeyi doğrulukta ölçümler yapmadığı bilinmektedir.

2.7. RaInCube (Küp Uydu içinde Radar)

Bir NASA/JPL ESTO (Yer Bilimleri Teknoloji Ofisi) projesi olan RaInCube, bir nanouydu içinde radar cihazı kullanılması amacıyla oluşturulmuş bir nanouydudur.

RainCube, Ka-bant yağış radar teknolojilerini düşük maliyetli, hızlı geri dönüşlü bir platformda tanıtım görevini üstlenmektedir. Radarlar yapıları gereği küp uydularda kullanılmaya pek uyumlu araçlar olmasa da, yeni geliştirilen parabolik radar mimarisine sahip 3U radar bu nanouyduya oldukça iyi çalışmıştır.

RaIncube'un en önemli amaçlarından biri CubeSat'ta radar cihazının nasıl çalıştığını göstermektir. CubeSat, 1,5 U konuşlandırılabilir bir antene ve yağış düşey değişimini ölçebilen radara sahiptir. Ka Band radarı, elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölümünün bir parçasıdır ve 26-40 GHz aralığında ve 1 cm ile 7,5 mm dalga boyları arasında çalışır. Ka bandı, atmosferik su buharı ile rezonans frekansı 22.245 GHz olması nedeniyle yağış gözlemleri için çok uygundur.

3. SONUÇLAR

Bu araştırma kapsamında nano uydular ve meteorolojik yükleri gösterilmiştir. Böyle bir genel bakış, amaçlarımıza en uygun nanouyduyu üretmekte ön bir bilgi sağlamanın yanı sıra çalışmalarımızda kullanabileceğimiz meteorolojik verilerin hangi nano uydulardan elde edebileceğimizi görmemiz açısından da büyük önem taşımaktadır.

Nano uyduların, yer bilimleri görevlerinde sık karşılaştığı sorunlardan biri, hava sistemlerinin gerçek zamanlı değişimlerini gözlemlemektir. Bir nano uydu, dünyanın yörüngesinde ortalama 90 dakikada döner. Bu nedenle bir bölgede gözlemlenen anlık bir olayı izlemek için uydunun aynı bölgeye geri dönmesi ortalama 90 dakika sürer. Dolayısıyla hava olaylarının zaman içinde nasıl değiştiğini ve ilerlediğini sürekli gözlemlemek mümkün olmamaktadır. Ancak RainCube projesi, hava süreçlerinin kısa süreli gelişimini gözlemlemeyi amaçlamaktadır. RainCube düşey bir perspektife sahiptir. Fırtınanın bir noktasına bakıldığında o noktanın düşey yapısının da görüntülenmesini sağlayabilmektedir.

TEMPEST-D ve RainCube’den alınan veriler birleştirildiğinde kasırgaların 3 boyutlu yapısı yakalanabilmektedir. Böyle bir teknoloji ile yapılan analizler, 28 Eylül 2018’de yaşanan Trami Tayfunu’nda kullanılmıştır.

Sonuç olarak, nano uydulardaki meteorolojik faydalı yükler birçok alanda olduğu gibi meteoroloji ve atmosfer bilimleri için de büyük önem taşımaktadır. Nano uydular sayesinde sayısal hava analizleri ve hava tahminleri çok daha büyük bir başarıyla gerçekleştirilebilmektedir. Nispeten düşük maliyetleri nedeniyle nano uydular, gelecekte atmosfer bilimleri ve meteorolojik gözlemler için en vazgeçilmez alanlardan biri olacaktır. Birçok ülke meteorolojik nano uydular konusunda atılımlar yaparak kendi uydularını geliştirip fırlatmayı başardı. Çünkü nano uyduların tasarımı ve üretimi, geleneksel uydulara göre daha az zaman ve daha düşük maliyet gerektirmektedir. Ülkemizin meteorolojik nano uydularda atılım yapması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- A Öztopal, HG Coşkun, Forest stand parameters from SPOT-XS data by use of artificial neural networks, Observing our environment from space, 185-189, 2021.
- A Öztopal, Z Sen, Forest assessment from satellite data by use of genetic algorithms, A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation 20, 33, 2001.
- Benesch W (2010) 60 years operational satellites up to 2030, Deutscher Wetterdienst. Offenbach am Main, Germany
- Bob Twigg, "Origin of CubeSat," in "Small Satellites, Past, Present, and Future," H. Helvajian and S. W. Janson, eds., 2008
- Dave. D. et.al. Role of Meteorological Satellites and Radar in Weather Forecasting, source: Artificial Intelligence of Things for Weather Forecasting and Climatic Behavioral Analysis, 16, DOI: 10.4018/978-1-6684-3981-4.ch002, 2022.
- Fussen, D., De Keyser, J., De Mazière, M., Pieroux, D., Lamy, H., Ranvier, S., ... & Noël, J. P. (2012). The PICASSO mission, <https://orfeo.belnet.be/bitstream/handle/internal/7036/Fussen%202012b%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Koudelka, O., Kuschnig, R., Wenger, M., & Romano, P. (2017, September). Nanosatellite Missions-the Future. In 2nd BRITE-Constellation Science Conference: 'small satellites-big science', Innsbruck, Aug. 2016 (pp. 63-72). Polish Astronomical Society.
- Nagel, G. W., Novo, E. M. L. de M., & Kampel, M.. (2020). Nanosatellites applied to optical Earth observation: a review. Revista Ambiente & Água, 15(3), e2513.
- Pranajaya, F. M. , R. E. Zee, S. C. O. Grocott, T. Rodič, D. Matko, K. Oštir, M. Peljhan, A. Urbas , H. Fröhlich, S. Blažič, A. Marsetič, (2012), "NEMO-HD : High-Resolution Microsatellite for Earth Monitoring and Observation," Proceedings of the 4S (Small Satellites Systems and Services) Symposium, Portoroz, Slovenia, June 4-8, 2012.
- Villela, Thyrso & Costa, César & Brandão, Alessandra & Bueno, Fernando & Leonardi, Rodrigo, (2019), Towards the Thousandth CubeSat: A Statistical Overview. International Journal of Aerospace Engineering. 2019. 1-13. 10.1155/2019/5063145.
- URL-1 <https://www.eoportal.org/satellite-missions/picasso#eop-quick-facts-section>
- URL-2 <https://www.eoportal.org/satellite-missions/laice#eop-quick-facts-section>
- URL-3 <https://www.eoportal.org/satellite-missions/tempest-d#tempest-d-temporal-experiment-for-storms-and-tropical-systems-technology---demonstration>

SIKIŞIK BÖLGE TRAFİĞİNİN HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİNİN AZALTILMASI İÇİN SAKİNLEŞTİRİLMESİ, İSTANBUL ÖRNEĞİ

ÖZET



AHMET KÖSE

Meteoroloji Yüksek Mühendisi
Yayın Kurulu Başkanı

Tarih boyunca dünyanın önemli çekim merkezlerinden olan İstanbul, tarihi ve kültürüyle olduğu kadar ekonomisi ve nüfus yoğunluğu bakımından da dünyanın önemli metropollerinden birisidir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) 2020-2024 Stratejik Planı doğrultusunda "adil, yeşil ve yaratıcı İstanbul" için Türkiye'nin ilk Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı'nı (SKHP) hazırladı. Türkiye'nin ilk Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı olmasının yanı sıra dünyada ilk defa bu büyüklükte bir kentte uygulanıyor. İddialı ve yenilikçi bir çalışmanın ilk adımları uluslararası alanda olumlu tepkilere neden olmuştur. Proje; İstanbulluların yaşam kalitesini artırmayı, özel araç kullanımını azaltarak insanları çevre dostu ulaşım sistemlerine yönlendirmeyi ve tüm paydaşları planlama sürecine dâhil etmeyi amaçlayan bu planın temel amaçları, İstanbul İklim Vizyonu ile uyumlu olarak, İstanbul'un 2050 yılında karbon nötr ve iklim dayanıklı bir dünya kenti olma hedefini desteklemek amacıyla ulaşım sistemini karbonsuzlaştırmak, toplu taşımanın kendi içinde ve diğer ulaşım türleri ile entegrasyonunu geliştirmek, otomobile bağımlılığı ve trafik tıkanıklığını azaltmaktır. Bu bağlamda, İstanbul SKHP çerçevesinde, metrobüsün ve İETT otobüs filosunun karbonsuzlaştırılmasına yönelik projeler geliştirilmiştir. Kentin merkez bölgelerinde, otomobil kullanımını, karbon salımını ve hava kirliliğini azaltacak düşük salım bölgeleri oluşturmak ve otopark yönetimi projeleri ile yaya ve bisikletli ulaşımı geliştirecek projeler önerilmektedir.



GİRİŞ

Dünya kentlerinin birçoğu yolların ve yaşam alanlarının yeniden planlanmasıyla daha güvenli ve sağlıklı hale gelebilir. Motorlu taşıt trafiğine öncelik ve hatta ayrıcalık verecek şekilde tasarlanmış caddeler bu kez yayalara, bisikletlilere, toplu taşımaya ve diğer kamusal aktivitelere hizmet etmek üzere etkin bir şekilde planlanırsa bütün yol kullanıcıları için çok daha güvenli hale gelebilir. Kent içi yolların ve yaşam alanlarının tasarımı o kentte yaşayanların sağlığını ve güvenliğini olumlu etkileyebilir. Bu kapsamda dünyanın birçok kentinde değişik uygulamalar yapılmaktadır. Düşük Emisyon Bölgeleri; hava kirliliği ile mücadele için belirli alanları kapsayan ve belirli türdeki araçların belirli bir bölgeye girmesini engelleyen bölgelerdir. Tipik olarak bu, emisyonların bu bölgeye girmesi için minimum bir standarda ulaşmaması durumunda araç için bir ücretten oluşacaktır. Buradaki fikir, daha temiz araçların kullanımını teşvik etmek ve böylece hava kalitesini iyileştirmektir(Şekil-1).

1. ANA CADDELERİN TRAFİĞE KAPATILMASI (OTOMOBİLSİZ SOKAK GÜNÜ)

Latin Amerika'da bilinen adıyla "Ciclovias recreativas" yani ana caddelerin trafiğe kapatılması etkinliği (ciclovias) yolların yalnızca bisiklet sürüşü, kaykay, yürüyüş, koşu ve benzeri aktivitelere izin verecek şekilde geçici olarak motorlu taşıt trafiğine kapatılması demektir. Yakın tarihte ortaya çıkmış olan bu uygulama (open streets) küresel bir mesele haline gelen hareketsiz yaşam sorununu ele almak ve hafta sonları güvenli sosyal aktivite alanları sunmak açısından çok önemsenmektedir(Şekil-2). (1)



Şekil-2: Yolların Kapatılarak Yayalara Sunulması

2. YÜRÜNEBİLİR KENTLER OLUŞTURMAK

Kentsel ulaşımın en önemli bileşenlerinden biri yaya ve bisiklettir. Güvenli ve sürdürülebilir ulaşım kavramlarının İstanbul’da en önemli bileşenlerinden biri yayadır. Kentlerde yaya olmak çok kırılğan bir bileşendir. Dolayısıyla daha yürünebilir kentler oluşturmamız gerekmektedir. Dünya genelinde yürüyerek erişim her geçen gün önem kazanmaktadır. Yürümek, sürdürülebilir ulaşımın en temel parçalarından biridir. Bedava, ücretsiz, ekonomik bir ulaşım türü olmasının yanında sağlıklı bir ulaşım biçimidir. Yaşadığımız kentleri planlarken, tasarlarken ve ulaşım ile ilgili politikalar üretirken her zaman yayalara öncelik verilmelidir. Bizim şu an yaşadığımız kentlerdeki hiyerarşiyi tersine çevirmemiz ve daha yürünebilir hale getirmemiz gerekmektedir. Yürünebilirlik ifadesini tanımlamamız gerekirse; güvenli, rahat ve keyifli yürüyüşe imkân sunan mekânlar, kentler oluşturarak, çok daha canlı, çok daha sağlıklı, sosyal, çekici bir kentte yaşama imkânı sunabilmektir. Bunun en önemli noktalarından biri ise yürüme mesafesinde kentsel hizmetlere erişebiliyor olmamızdır. Bu durum yaşam kalitemizi arttıran unsurlardan biridir.

Tüm dünyada yürünebilirliği artırmaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Dünyada da neler yapılıyor sorusunu yönelttiğimizde, temel politikalardan biri insanları arabalardan vazgeçirmeye teşvik edici girişimlerdir. Otomobil kullanımından öte yayalara da öncelik veren ve bunun dengesini sağlayan, daha karma kullanıma olanak veren bir ulaşım sistemi geliştirilmeye çalışılmaktadır. Toplu taşımanın kent içinde temel erişim sistemi haline getirilmesi ve bisikletli ulaşımın da bu sistemin parçası olması önemlidir. Yürünebilirliği artırmaya yönelik farklı ölçeklerde yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

2.1. Stockholm-İsveç: Kent konseyinin 2030 yılı için geliştirdiği bir dünya kenti Stockholm vizyonu çerçevesinde “Yürünebilir Kent Stockholm” hedefi oluşturulmuştur. Bu hedefin bileşenleri olarak planlarla uyumlu bir şekilde kenti daha yürünebilir hale getirmek, yayalar için daha güvenli, daha yaya dostu, canlı, çekici bir hale getirmek için stratejik çalışmalar üretilmektedir. Bu çalışmanın en temel hedefi, tüm kentte yayaları yürümeye teşvik edecek imkânlar yaratmaktır(2).

2.2: Londra-İngiltere: Benzer çalışmalar yapılmaktadır. Yine bunlar da stratejik düzeyde yapılan çalışmalardır. Burada da yürümeyi teşvik etmek, sokakları daha yürünebilir kılmak, yayalar için daha güvenli hale getirmek için çeşitli stratejiler geliştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı disiplinlerden uzmanlarla ve farklı paydaşlarla kenti daha yürünebilir hale getirecek bir süreç işlemektedir.

2.2.1. Londra Trafik Sıkışıklığı Ücreti, Emisyon Ücreti (T-Charge) Uygulaması, Düşük Emisyon Bölgesi (LEZ), Ultra Düşük Emisyon Bölgesi (ULEZ)

Küresel ısınmayla birlikte dünyanın önde gelen şehirleri çevreyi kirleten dizel ve benzinli araçlara getirdiği yasakları daha da sıkılaştırmaktadır. Sera gazı emisyonlarını azaltmak için şehirlerde Düşük Emisyon Bölgeleri (Low Emission Zone) oluşturulmaktadır. Londra’da dizel araç kullanımının ve trafik sıkışıklığının azaltılması ve hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla Düşük Emisyon Bölgeleri oluşturulmuş ve bu bölgelere giriş yapacak araçlar için egzoz emisyon standartlarına uygun olmaları şartı aranmaktadır. Ayrıca bu bölgelerde seyahat edecek araç sakinlerinin, kentin ulaşımını düzenleyen Transport for London (TfL) adlı kuruluşa kayıt yaptırması gerekmektedir. Londra’nın merkezindeki trafik sıkışıklığını azaltmak amacıyla Londra merkezine giren ve eski araçlardan Trafik Sıkışıklığı Ücreti alınmaktadır. 2017 yılından itibaren “T-Charge” adı verilen emisyon ücreti uygulaması başlatılmıştır. Bu uygulamada Londra merkezine giren eski araçların minimum emisyon standartlarını karşılaması ya da Trafik Sıkışıklığı Ücretine ek olarak ödenen emisyon ücretini ödemeleri gerekmektedir. 8 Nisan 2019 tarihinden itibaren Londra’nın merkezinde 3,6 milyon sakinin yaşadığı Ultra Düşük Emisyon Bölgesi (Ultra Low Emission Zone - ULEZ) bulunacaktır. Bu bölgeye girecek olan araçlar için daha sıkı emisyon standartlarını karşılamaları beklenmektedir(3).

2.3. Toronto-Kanada: Bu bağlamda bir yürüme stratejisi çalışması bulunmaktadır. Herkes için yürümenin uygun, güvenli ve çekici olmasını amaçlayan ve bu doğrultuda kenti iyileştirmeyi, geliştirmeyi amaçlayan bir çalışmadır. Konuya sadece fiziki projeler üretilmesi açısından bakılmadığı, yürüme kültürünü oluşturulduğu, gündelik hayatın bir parçası olacak şekilde de nasıl yaygınlaştırılabileceği üzerinde durulmaktadır. Mahalle ölçeğinde de çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

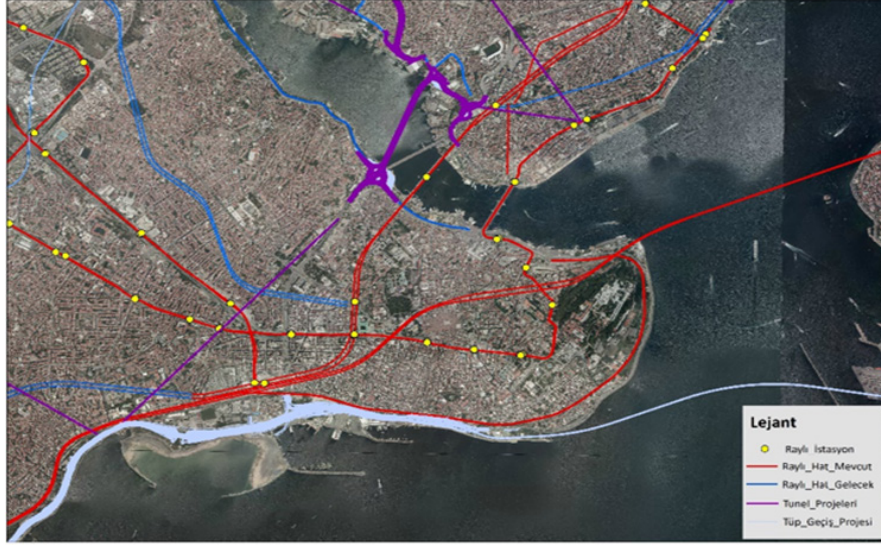
2.4. Kuzey Amerika: Mahalle ölçeğindeki çalışmalar ağırlıklı olarak Kuzey Amerika'da görülmektedir, çünkü mekânsal yerleşim dokusu nedeniyle çok daha uzun mesafelerde kurgulanmış mahalleler mevcuttur ve otomobil odaklı gelişmiş olan bu yerlerin daha yaya odaklı hale getirilmesi hedeflenmektedir. Bunların haricinde yürünebilirliği ölçen küresel yürünebilirlik endeksi olarak tanımlanan bir endeks yayınlanmıştır ve bu endeks güvenlik, uygunluk açısından yürünebilirliği derecelendirmektedir. Kentleri daha yürünebilir hale getirmek için endeksin belirlediği parametrelerin iyileştirilmesine yönelik stratejiler geliştirmek mümkündür. Bu endeksler doğrultusunda oluşturulan haritalar ile kent içinde nerelerin daha az yürünebilir olduğu keşfedilip onun üzerinden müdahale edeceğiniz noktalar da belirlenebilmektedir.

Toplu taşımının kent içinde temel erişim sistemi haline getirilmesi ve bisikletli ulaşımın da bu sistemin parçası olması önemlidir. Yürümek sadece fiziksel bir eylem değildir. Bu açıdan yürüme alışkanlığını gündelik hayata yerleştirmek için çeşitli eğitimler ve kampanyalar da yapmak gerekmektedir. Örneğin; dünya üzerinde çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen "okulumu yürüyerek gidiyorum" kampanyası güvenli bir yürüyüşü teşvik etmek için düzenlenen kampanyalardan biridir. Türkiye'de yaya olarak bize ayrılan güvenli ve konforlu olması gereken kaldırımlarda, standart dışı uygulamalar bulunmakta ve bu durum çok dar, çok yüksek ya da üzerine araç park edilen kaldırımlar ile karşı karşıya kalmamıza neden olmaktadır(4).

2.5. İstanbul; Tarihi Yarımada, 8500 yıllık geçmişiyle Doğu Roma, Bizans ve Osmanlı İmparatorluğu'na başkentlik yapmış bir merkez konumundadır. Haliç, İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ile çevrili olan ve batı sınırı Bizans döneminden kalma şehir surlarından oluşan Tarihi Yarımada ya da Osmanlı döneminden bu yana kullanılan bir diğer adıyla Suriçi, İstanbul'un ilk defa kurulduğu ve geliştiği yerdir.

Günümüzde Tarihi Yarımada'da fonksiyonlar belli alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu fonksiyonları hizmet, eğitim, konut ve turizm olarak ayırmak mümkündür. Konutların çoğunlukta olduğu alanlar, Eminönü ve Alt Laleli bölgeleri ile sınırlı kalırken, eğitim ve ticaret faaliyetleri tüm bölgeye yayılmış hâldedir. Sultanahmet ve yakın çevresinde ise turizm aktiviteleri ön plana çıkmış durumdadır. Tarihi Yarımada aynı zamanda çeşitli ulaşım türlerinin toplandığı bir merkez konumundadır. Bölgenin en önemli özelliklerinden biri olan "ticari çekim merkezi" kimliği, yoğun öğrenci nüfusa sahip bu bölgeye birçok kullanıcı çekmektedir. Eminönü, tramvay ve vapur aktarma noktalarının kesişim yeri olarak; Yenikapı ise Marmaray ve metro hatlarının kesişim alanı olarak önemli transfer merkezlerini oluşturmaktadırlar. Tarihi Yarımada, toplu taşıma modlarının yoğun kullanımının yanında, hızla büyüyen ve süratle motorlaşan kentin yarattığı baskıdan da etkilenmektedir. Özellikle kıyı şeridinde yer alan ve Tarihi Yarımada'yı çevreleyen Kennedy, Reşadiye, Ragıp Gümüşpala caddelerinde trafik hacimleri yüksektir. Buna bağlı olarak yayalaştırılmış bölgenin merkezi de dahil olmak üzere Tarihi Yarımada genelinde ciddi bir otopark talebi bulunmaktadır. Tarihi Yarımada içinde toplu taşıma imkanları ise sınırlıdır. Yarımada'nın içinden geçen sadece bir tane yüksek kapasiteli raylı toplu taşıma hattı mevcuttur.

Tarihi Yarımada'nın, tarihsel, kültürel ve ulaşım boyutunda sahip olduğu çok katmanlı yapıyı değerlendirmek isteyen İBB, bölgedeki yaşam kalitesini iyileştirmek üzere 2005 yılından bu yana çok sayıda cadde ve sokağın yayalaştırılmasına yönelik bir dizi projeyi gündemine almıştır. İBB'ye bağlı Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME)'nin Tarihi Yarımada için aldığı bir dizi yardımcı karar, yayalaştırma aracılığıyla araç trafiğinin bölgedeki turizm ve ticari faaliyetler üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda 2005 yılından itibaren çalışmalara başlanmıştır. 2005-2009 yılları arasında Eminönü Meydanı, Beyazıt Meydanı ve Ayasofya Meydanı yayalaştırma projeleri ile Gülhane Parkı'nın trafiğe kapatılması gerçekleştirilmiştir. Ekim 2013'de Tarihi Yarımada'da gerçekleştirilen büyük çaplı yayalaştırma projesi, Marmaray'ın açılış tarihiyle örtüşecek şekilde tamamlanmış, bu kapsamda Tarihi Yarımada genelinde 295 sokak yayalaştırılmıştır. Yayalaştırma projesi, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve UNESCO Dünya Miras Listesi'nde yer alan Tarihi Yarımada'nın kamusal alanları ile yapıyı çevresinin korunarak gelecek kuşaklara aktarılması anlamında bir fırsat sunmuştur (Şekil-3). (5)



Şekil-3: Tarihi Yarımada Ulaşım Hatları

Gündüz nüfusu yaklaşık 2.500.000 kişi olan bölgede, yayalaştırma faaliyetleriyle birlikte yaya hareketliliğinin de arttığı görülmüştür. 2013 yılında hizmete açılan Marmaray ve 2014 yılında hizmete açılan Taksim-Yenikapı Metro Hattı'yla birlikte bölgeye gelen kişi sayısı daha da artmıştır. Bu sebeple bölgede kentsel anlamda yapılacak iyileştirmelerin daha büyük bir kitleye hizmet edeceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında Boğaz'ı aşan alternatif bir yol olan Göztepe-Kazlıçeşme arasında yolculuk süresini azaltan "Avrasya Karayolu Tüp Geçiş" projesinin yayalaştırma ve toplu taşıma uygulamalarının geliştirildiği Tarihi Yarımada'da özel araç ve lastik tekerlekli kullanımını teşvik ederek Tarihi Yarımada'da özel araç sayısını artırmıştır. Böylesi bir projenin uygulanması, diğer toplu taşıma ve yayalaştırma projeleriyle de çelişmektedir. Sürdürülebilir politikalar geliştirmek bağlamında UNESCO Kültürel Miras Listesi'nde bulunan Tarihi Yarımada'yı fiziksel ve kültürel bağlamda etkileyecek uygulamalar mutlaka çok boyutlu değerlendirilmelidir.

Her geçen gün artan nüfus ve araç sayısı ile birlikte tarihi yarımada'daki tekerlekli araç sayısı da artmaktadır. Yukarıda dünyanın gelişmiş şehirleri incelendiğinde Tarihi Yarımada, Taksim, Üsküdar, Bakırköy gibi yaya hareketliliğinin fazla olduğu bölgelere tekerlekli araç girişi azaltılarak yayalaştırma projeleri ön plana çıkmaktadır. Bunu sağlamak içinde küresel ısınma ve iklim değişikliği etkileri göz önünde bulundurularak sürdürülebilir dirençli akıllı şehircilik uygulamaları kapsamında bu tarz bölgelerde Londra örneğinde olduğu gibi sıkışık trafiği ücretlendirme uygulamaları yapılmaktadır.

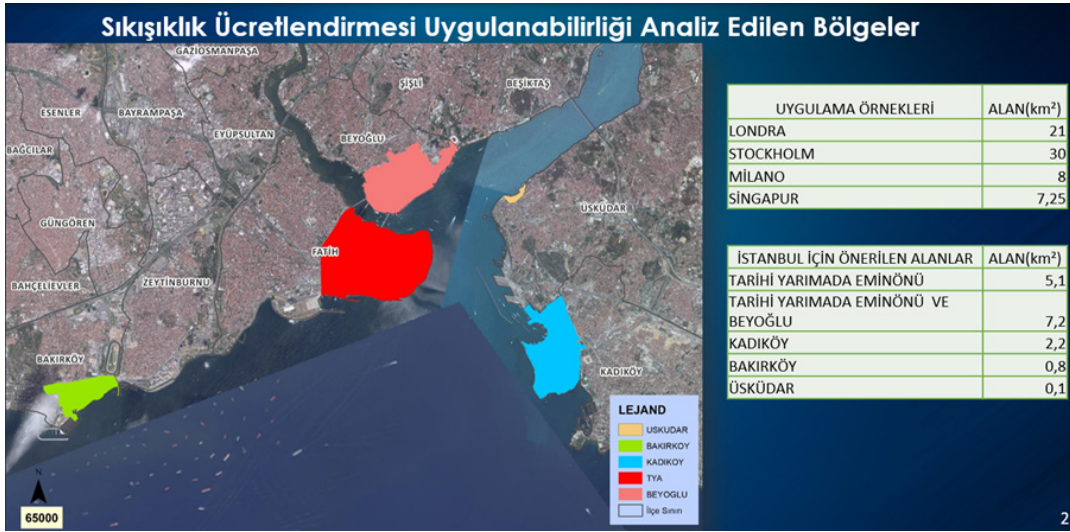
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, HAVA KİRLİLİĞİ VE YOL GÜVENLİĞİ

İstanbul'da iklim değişikliğine neden olan sera gazı salımlarının, 2019 yılı toplam sera gazı envanterine göre %28'i ulaşımdan kaynaklanmaktadır. İstanbul SKHP kapsamında çalışma baz yılı 2019 olarak alınmakla beraber, 2020 yılında güncellenen envanter çalışmasına göre bu oranının %26'ya düştüğü görülmektedir. Ulaşım kaynaklı sera gazı salımlarının %99'u motorlu kara taşıtlarından kaynaklanırken, demiryolu ve denizyolu kaynaklı sera gazı salımları toplamı ise yaklaşık %1'dir. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı Ekrem İmamoğlu; 2019 yılı Kasım ayında, "Deadline 2020" kapsamında Kopenhag'da yapılmış olan görüşmelerde; "2050 yılına kadar karbon nötr ve dirençli bir kent olma" taahhüdünü imzalamıştır. Bu taahhüt, motorlu taşıt salımlarını azaltmak ve İstanbulluların yaşam kalitesini artırmak için atılmış çok önemli bir adımdır. Bu doğrultuda, İBB tarafından revize edilen İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı'nda, Genişletilmiş İddialı Senaryo'da, ulaşımdan kaynaklanan karbon salımında 2030 yılına kadar %73, 2040'ta %94 ve 2050'de ise %100 azalma sağlama hedefi konulmuştur. İklim Değişikliği Eylem Planı ulaşım ve lojistiğe ek olarak enerji üretimi ve dağıtımı, sanayi, arazi kullanımı, konutlar, atık yönetimi ve su kaynakları gibi toplam on farklı sektörü kapsamaktadır. Motorlu taşıt

trafiği, iklim değişikliğine etkisi dışında, insan sağlığını tehdit eden hava kirliliği ve gürültü gibi olumsuz çevresel etkilerin de çok önemli bir kaynağıdır. Çoğunlukla, kentin çeperlerinde yaşayan yoksul kesim, hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık sorunlarına karşı daha savunmasız bir konumdadır. Hava kalitesinin artırılması ve iklim krizi ile mücadele açısından, İstanbul’da otomobile bağımlılığın ve otomobile ayrılmış kent mekânlarının azaltılması, ulaşım sisteminin karbonsuzlaştırılması ve dayanıklılığının artırılması politikaları yaşamsal önem taşımaktadır. Yol güvenliği konusunda son yıllarda yapılan iyileştirmelere karşın, İstanbul’da kaza sayıları yüksektir. TÜİK verilerine göre İstanbul’da, 2020 yılında gerçekleşen trafik kazalarında 322 kişi yaşamını yitirmiştir. İstanbul, Türkiye’de en çok ölümlü/yaralanmalı karayolu trafik kazası gerçekleşen kenttir. İstanbul’da karbon salımını artıran, hava kalitesini azaltan ve yol güvenliğini tehdit eden önemli unsurlardan biri de kamyon trafiğidir. Günümüzde inşaat sektörü, Türkiye’nin ekonomik faaliyetlerinin başında yer almaktadır. İstanbul’da, değişik ölçeklerde, büyük kentsel dönüşüm projeleri ve inşaatlar sürdürülmektedir. İstanbul’daki inşaat tedarik zinciri ve malzeme nakliye lojistiğine dair çeşitli konularda güvenli, çevreci ve maliyet verimliliği yüksek, akıllı çözümlere ihtiyaç vardır(6).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde Ulaşım ve Altyapı Bakanlığı’nın “Ulaşımında Enerji Verimliliğini Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” incelendiğinde mahalli idarelere trafiği düzenleme, hız azaltma (hız koridorları), düşük emisyon alanı, toplu taşımının özendirilmesi başta olmak üzere bir çok yetki verilmiştir. Bu yönetmelik kapsamında İBB başta Tarihi Yarımada, Beyoğlu, Üsküdar, Kadıköy gibi ilçelerde sıkışık trafiği rahatlatmak, yaya yoğunluğunun fazla olduğu bu alanlara tekerlekli araç girişini azaltmak amacıyla ücretlendirme yapabilecektir (Şekil-4). Bu uygulamanın başlamasıyla bireysel araçla bölgeye gidecek vatandaşların yüksek ücretten kaçınmak için toplu taşımaya yönelmesi sağlanacak hem bölgedeki sıkışık trafik azalırken hem de ulaşım amaçlı salınan hava kirleticileri en aza indirilmiştir olacaktır.



KAYNAKÇA:

- 1- <https://twitter.com/CicloviacRA> (Erişim Tarihi: 14.03.2024)
- 2- <https://www.c40.org/case-studies/cities100-stockholm-walkable-city-drives-long-term-growth/#:~:text=Environmental%20Benefits%20%E2%80%93%20The%20Walkable%20City,well%2Dbeing%20of%20all%20inhabitants.> (Erişim Tarihi: 14.03.2024)
- 3- <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge/paying-the-congestion-charge> (Erişim Tarihi: 08.03.2024)
- 4- <https://www.ipa.istanbul/yayinlar/indir/21> (Erişim Tarihi: 08.03.2024)
- 5- https://surdurulebilirulasim.istanbul/wp-content/uploads/2022/08/271487-60-IS-IMP-M9REP-Arup-001_TR-10-rs_compressed.pdf (Erişim Tarihi: 08.03.2024)
- 6- https://surdurulebilirulasim.istanbul/wp-content/uploads/2022/08/271487-60-IS-IMP-M9REP-Arup-001_TR-10-rs_compressed.pdf (Erişim Tarihi: 08.03.2024)

DOĞANIN VE SONSUZLUĞUN GEOMETRİSİ: FRAKTAL GEOMETRİ

ÖZET

Matematiğin önemli bir kolu olarak geometri, insanoğlunun doğayı nasıl algıladığı ile yakından ilişkilidir. Algılama biçimleri geliştikçe, daha ileri geometrik yaklaşımlar ortaya konmuştur. Bir mağara duvarına çizilen resimler bile belli bir geometrik yaklaşımı yansıtmaktadır. Diğer bir deyişle mağara duvarına resim yapan kişi, örneğin bir boğayı en azından belli bir oranda küçülterek çizmesi gerektiğini biliyordu. İnsanın çevresiyle olan ilişkisi ve buna paralel olarak bilim geliştikçe, doğayı betimlemede kullandığımız araçlar gelişmiştir. Bu yazı, Öklid geometrisinden fraktal geometrisine giden uzun yolculuğun kısa bir özetini sunmaktadır.

GEOMETRİNİN KISA TARİHİ

Yerleşik hayata geçilmesiyle geometrinin önemi ve geometriye duyulan gereksinim daha da artmıştır. Tarihte Mısırlılar ve Babilliler geometriye önemli katkılar yapmışlardır. Eski Mısır'da Nil Nehri'nde meydana gelen periyodik taşkınlar tarla sınırlarını ortadan kaldırıyordu. Durum normale döndükten sonra tarla sınırlarının yeniden belirlenmesi gerekmektedir. Mısırlılar bu sorunun üstesinden geometri bilgisini kullanarak gelmeyi başardı. Diğer taraftan Mısır matematiğine ilişkin araştırmalar, Mısırlıların hem küre yüzeyini hem de kesik piramidin hacmini bildiklerini göstermektedir. Babilliler ise arazi ölçümü yapabiliyor ve ikinci dereceden denklemleri çözebiliyordu.

Öklid geometrisi 2000 yıldan fazla bir zamandır hakimiyetini sürdürmektedir. Bu klasik geometri anlayışında doğada karşımıza çıkan şekiller; doğrular ve düzlemler, daireler ve küreler, üçgenler ve koniklerden ibarettir. Bu şekiller gerçeğin güçlü bir soyutlamasından ibarettir. Doğada var olan karmaşık yapıyı anlamak ve modelleyebilmek için yukarıda bahsedilen soyut şekillerin yeterli olmadığı artık bilinen bir gerçektir.



PROF. DR. KASIM KOÇAK

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğretim Üyesi

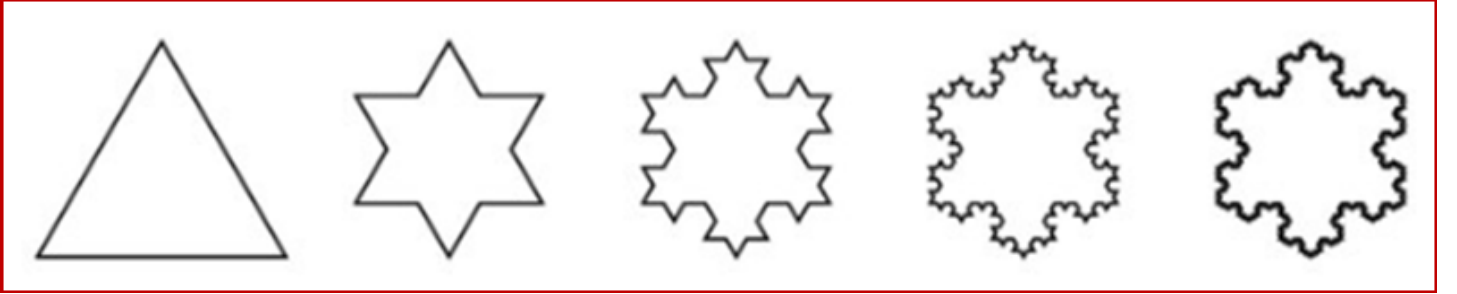
FRAKTAL GEOMETRİ

Yukarıda sözü edilen yeni geometrinin adı “fraktal geometri”dir. Bu isim Fransız bilim adamı Benoit Mandelbrot tarafından verilmiştir. “Fraktal” kelimesi Latince “fraktus (kırık taş)” kelimesinden türetilmiştir. Fraktal geometrinin yarattığı evren, yuvarlak veya düz olmayan; girintili çıkıntılı, kırık, bükük, birbirine girmiş, düğümlenmiş vb şekillerden oluşan bir evrendir. Bu evren Öklid geometrisinin tasvir ettiği türden sıkıcı ve tekdüze bir evren değildir; tersine gözlemciye her ölçekte ayrı bir dünyanın kapılarını aralar. Fraktal bir nesneye bakan gözlemci, matematikteki “sonsuz” kavramının nasıl somuta dönüştüğüne tanık olur.

Fraktal bir şeklin neye benzediğini daha iyi anlayabilmek için Mandelbrot’un İngiltere sahilleri için sorduğu soruyu biz Türkiye sahilleri için sorarak başlayalım: “Türkiye sahillerinin toplam uzunluğu nedir?” Mandelbrot’un iddiasına göre, her sahil bir bakıma sonsuz uzunluktadır, diğer bir deyişle, sorunun cevabı kullanılan cetvelin uzunluğuna bağlıdır. Örneğin açıklığı bir metre olan bir pergel ile Türkiye sahillerinin uzunluğu ölçüldüğünde, bulunan değer yaklaşık bir tahminden ibaret olacaktır. Çünkü pergel bir metrenin altındaki girinti ve çıkıntıların üzerinden atlayacaktır. Pergel açıklığı

yarım metreye indiğinde, bu uzunluk ölçeğindeki ayrıntılar da hesaba katılmış olacaktır. Dolayısı ile daha hassas bir ölçüm için her seferinde pergel açıklığını biraz daha küçültmemiz gerekecektir. Sonuçta bulmuş olduğumuz sahil uzunluğu, kullanılan uzunluk ölçeğine bağlı olacaktır. Örneğin bir uydudan ölçülen Türkiye sahillerinin uzunluğu, bütün koyuları ve burunları adımlayarak ölçüm yapan bir gözlemcinin bulunduğu uzunluktan daha küçük bir değer olacaktır.

Eğer sahil Öklid geometrisindeki şekillerden birine örneğin bir daireye benzeseydi, gittikçe küçülen pergel açıklıklarıyla yapılan ölçümler sonuçta belli bir değere yakınsardı. Ancak fraktal yaklaşıma göre, ölçek küçüldükçe bulunan sahil uzunluğu sürekli olarak artacak; körfez ve yarımadalardan daha küçük körfezcikler ve yarımadalıklar ortaya çıkacak ve bu işlem ancak atom boyutuna ulaşıldıktan sonra sona erecektir, çünkü sahillerin yapısında fraktallik mevcuttur. Fraktal bir nesnenin ne olduğu veya neye benzediğini Koch Kar Tanesini dikkate alarak anlatmaya çalışalım. Şekil 1, tam sayı bir boyut ile temsil edilen basit bir Öklidyen şekil olan üçgenden hareketle adım adım daha karmaşık ve fraktal boyuta sahip bir nesnenin nasıl elde edildiğini göstermektedir.



Şekil 1: Koch Kar Tanesinin iteratif olarak üretilmesi

Şekil 1’de görüldüğü gibi birinci adımda, kenarları birim uzunlukta olan bir eşkenar üçgen ile başlayıp, ikinci adımda eşkenarlar üç eşit parçaya bölünerek orta 1/3’lük kısım çıkarılarak, bu kısım üzerinde bir çatı oluşturulur. Üçüncü adımda, bir önceki adımda elde edilen 12 adet parça üzerinde aynı işlemler uygulanır. İterasyonlara bu şekilde devam edilirse, sonuçta fraktal bir şekil olan Koch Kar Tanesi elde edilir. Şekil 1 dikkatle incelenirse her bir iterasyon sonunda alt parçaların boyutu küçülürken sayısı

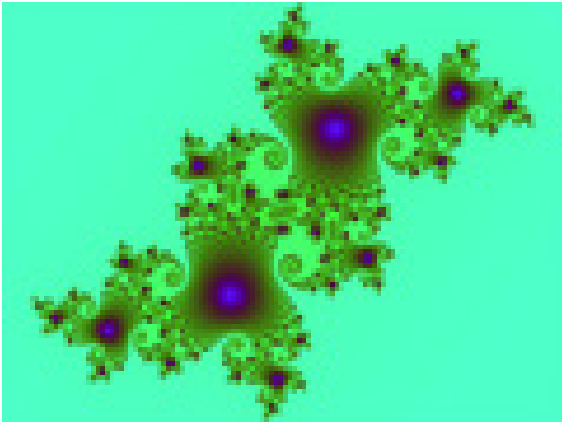
sonsuzla yaklaşacaktır. Diğer bir deyişle sonsuz uzunluktaki bir eğri, sonlu bir alanı çevreliyor olacaktır. Koch Kar tanesinin, başlangıçtaki üçgenin her hangi bir kenarı üzerindeki bir parçasını dikkate alalım. Eğer dikkate alınan eğri yakından incelenirse şeklin tamamı ile onu oluşturan alt parçaların bir birine benzer olduğu görülür. Örneğin şeklin tamamını 3 kat küçültürseniz bir alt parçasını elde edersiniz. Bu küçültme işlemine sonsuza kadar devam edebilirsiniz.

Bu aşamada artık bir fraktal şeklin tanımını yapabiliriz: Bir fraktal şekil kendi kendine benzer parçalardan oluşmuş bir şekildir. Fraktal şekillerin diğer önemli bir özelliği de boyutlarıdır. Bilindiği gibi Öklid geometrisindeki bütün şekiller tam sayı bir boyuta sahiptir. Örneğin noktanın boyutu 0, doğrunun boyutu 1, karenin boyutu 2, kübün boyutu 3'dür. Oysa fraktal şekiller tam sayı bir boyutla temsil edilemezler (Şekil 2). Koch Kar Tanesi iki nokta arasında sonsuz uzunlukta olması nedeniyle basit bir doğrunun ötesine taşmakta, diğer taraftan bir düzlemi de tam olarak dolduramamaktadır. Öyleyse Koch Kar Tanesinin boyutu 1 ile 2 tam sayıları arasında yani kesirli bir sayı olmalıdır. Bu sayı 1.26'dır. Bu örnekte olduğu gibi kesirli boyutlara *fraktal boyut* denir.

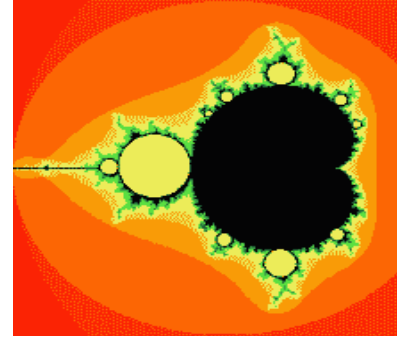
EUCLİDYEN BOYUTLAR	FRAKTAL BOYUTLAR
• (nokta) 0	----- 0.4
— 1	~~~~~ 1.4
□ 2	~~~~~ 1.8
□ 3	~~~~~ 2.6

Şekil 2: Öklidyen ve Fraktal boyutların karşılaştırılması.

Çeşitli matematiksel fonksiyonların ardışık olarak çözülmesi sonucu son derece büyüleyici fraktal şekiller elde edilebilmektedir (Şekil 3, 4).



Şekil 3: Julia kümesi



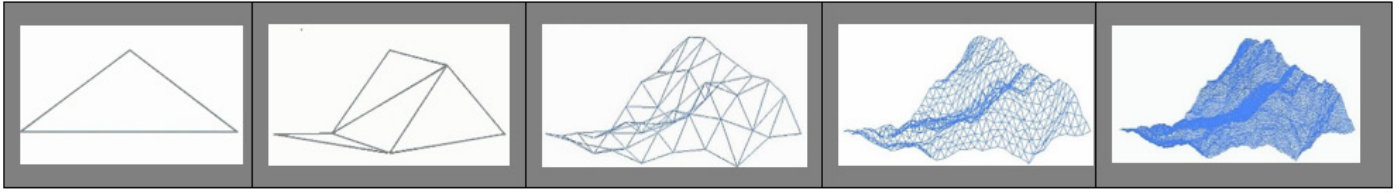
Şekil 4: Mandelbrot kümesi

Daha önce bir sahilin fraktal yapıya sahip olduğu üzerinde durulmuştu. Yalnızca sahiller değil, doğanın her hangi bir parçası, adaların dağılımı, dağlar, bir havzadaki ana akarsu ve kollarının oluşturduğu şekil, buzullar, belli bir kristal yapının veya tanenin bir kaya içindeki dağılımı, bitkilerin geometrisi vb fraktal özelliktedir. Şekil 5, bazı doğal fraktallere göstermektedir.



Şekil 5. Doğal fraktal örnekleri (Eğrelti otu, kar kristali, şimşek, bir nehrin kolları ve bir deniz kabuklusu).

Şekil 6, tam sayı bir boyuta sahip düzgün bir geometrik şekil olan üçgenden hareketle, fraktal boyuta sahip kompleks bir şekle adım adım nasıl ulaşıldığını göstermektedir. Sonlu sayıda iterasyon sonunda bile doğayı oldukça iyi tanımlayan bir şekil elde edildiği görülmektedir.



Şekil 6: Bir dağ görüntüsünün Fraktal yaklaşım ile adım adım üretilmesi.

Fraktal yaklaşımın doğayı tanımlamada son derece başarılı olduğuna en güzel örnek Şekil 7'de verilen fraktal manzaradır. Bu resim dikkatle incelenirse, bunun bir fotoğraf mı yoksa belli bir algoritmayla üretilmiş bir resim mi olduğunu ayırt etmek oldukça zordur.



Şekil 7: Fraktal algoritmalarla üretilmiş bir manzara (Url-1).

SONUÇ

İnsanlık geçmişten günümüze, doğayı doğru algılamak ve yorumlamak için pek çok geometrik bakış açısı geliştirmiştir. Bilgi birikimi arttıkça geometrik yaklaşımımız da buna paralel olarak gelişmiştir. Başlangıçta yeterli olan Öklid

geometrisini, perspektif geometri, afin geometri, diferansiyel geometri, topoloji, Riemann geometrisi vb izlemiştir. Bu durum, Öklid geometrisinin artık geçersiz olduğu anlamına gelmez. Eğer geometri anlayışımız bu gün fraktal geometri gibi ileri bir düzeye ulaşmışsa, bunun temelinde yine Öklid geometrisi ve onu izleyen geometrik yaklaşımların önemli katkısı vardır.

Gerçek olan şu ki doğrusal bir dünyada yaşamıyoruz. Çevremizde gözlemlediğimiz hemen her şey görüldüğünden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Kaos teorisi bu karmaşıklığı anlama çabasının matematiksel aracı, fraktal yaklaşım ise geometrik aracı olarak ortaya çıkmaktadır. Özetle, fraktal geometri başlıkta da ifade edildiği gibi doğanın ve sonsuzluğun geometrisi olarak adlandırılmayı fazlasıyla hak etmektedir.

KAYNAKLAR

- Addison, P. S. 1997: Fractals and Chaos: An Illustrated Course, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia.
 Koçak, K. 2005: Doğaya Farklı bir Bakış: Fraktal Geometri, Popüler Bilim, 136:40-42.
 url-1: <https://www.fractal-landscapes.co.uk/maths.html#Fractal>

www.meteoroloji.org.tr

DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ TÜRKİYE YOL HARİTASI



DR. MURAT DURAK

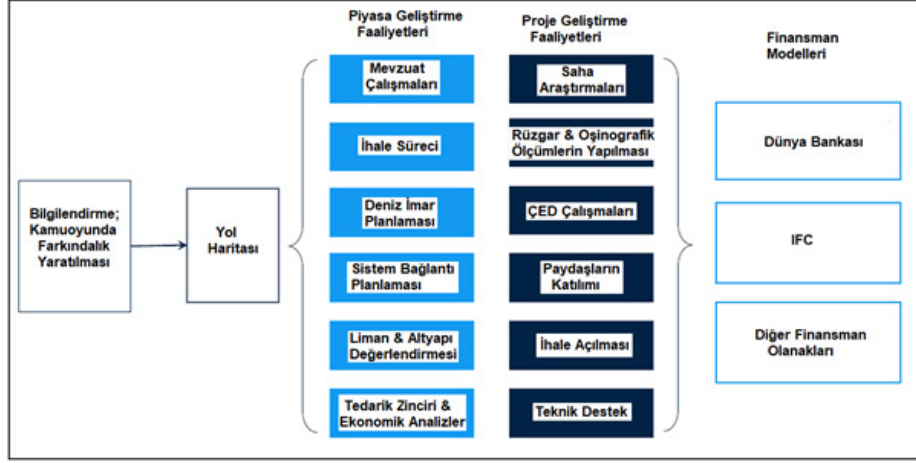
Meteoroloji Mühendisi
DRES Başkanı
Enerji Komisyonu Üyesi

ÖZET

“Mavi Vatan” stratejisinin sıkça konuşulduğu bu dönemde, denizlerimizden her alanda daha çok yararlanmamız gerektiği konusu, toplumumuz tarafından daha anlaşılır bir zemine oturmaya başlamıştır. “Mavi Vatan” sadece askeri stratejilerin baskın olduğu bir çerçeve içerisine sıkıştırılmamalı, diğer alanlarda da planlı somut adımlar atılmaya başlanmalıdır. Bu alanlar içerisinde enerji önemli bir yer tutmaktadır. Enerji alanında, denizlerimizde fosil yakıt rezervlerinin aranması ile ilgili önemli çabalara, önümüzdeki dönemde denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarının da ekleneceği öngörülmektedir. Denizlerimizden her alanda daha fazla yararlanmamız gerektiği artık yadsınamaz bir gerçektir. Bu deneyim ve tecrübeler, enerji dönüşümünün bir parçası olarak Denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarının doğru ve hızlı bir şekilde yapılmasıyla sağlanacaktır. Denizüstü RES projeleri son yıllarda büyük bir ivmelenme göstermiştir. Dünyada 2010 yılında 2.5 GW olan kurulu güç, 2022 yılı sonunda 65 GW’ı aşmıştır; bununla beraber ülkelerin 2030 yılı hedefi 400 GW’ı bulmaktadır. İlk DRES projeleri Avrupa’da görüldükten sonra akabinde Asya ve Amerika Ülkelerine doğru yönelim başlamıştır. Dünyanın diğer birçok ülkesinde ise konu ile ilgili çalışmalar sürmektedir.

1. TÜRKİYE YOL HARİTASI

Denizüstü RES (DRES) sektörü, ülkemizin de içinde olduğu Avrupa kıtasında önümüzdeki yıllarda büyüyen bir sektör olacaktır. Birçok ülke Denizüstü RES ile ilgili net kapasite projeksiyonları açıklamıştır. DRES projeleri Avrupa ülkelerinde başlamış olsa da; 2025 yılından sonra hızla diğer ülkelere yayılacağı gözlemlenmektedir. Denizüstü RES projelerinin realize edilebilmesi için yol haritası için aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.



Şekil 1. Denizüstü RES yol haritası.

1.1. DRES 2030, 2040, 2050 Yılına Kadar Hedef Konulması

DRES piyasa mekanizmasının oluşturulmasındaki ve uluslararası yatırımcıları ve sanayicileri çekebilmenin en önemli parametrelerinden bir tanesi Denizüstü RES ile ilgili açık ve net bir hedefin ortaya konulmasıdır. Avrupa Ülkeleri, Çin, ve ABD, Vietnam 2030 ve 2050 yılına kadar hedefler koymuştur. Ülkemizde 2035 yılına kadar 5 GW hedef konulmuştur. Ülkemiz için önerilen hedefler; 2040 yılına kadar 10 GW, 2050 yılına kadar ise 30 GW olmalıdır. Dolayısı ile 2050 yılında ülkemizin toplam kurulu gücünün 200 GW olabileceği hesaba katıldığında bunun 30 GW'ı denizüstü rüzgar elektrik santrallerinden üretilebilir. Burada özellikle iletim sistem işleticisi TEİAŞ'ın deniz rüzgar şiddeti yüksek olan bağlantı bölgelerinde sistem entegrasyon çalışmaları yapmalıdır.

1.2. Deniz Mekansal Planlarının (DMP) Hazırlanması

Denizüstü RES projeleri konusunda ilerlemiş ülkelere bakıldığında tamamının Deniz Mekansal Planlarını hazırladıkları görülmektedir. Bu mekansal planlar hazırlanırken aşağıdaki hassasiyetlere dikkat edilmelidir;

- Rüzgar potansiyeli,
- Bölgenin oşinografik yapısı,
- Doğal koruma,
- Sualtı arkeolojik durum,
- Su derinliği,
- Kıyıya uzaklık,
- Elektrik iletimi ve karadaki enterkonnekte sisteme bağlantı koşulları,
- Denizüstü ve altı doğal koruma alanları ve canlılar,
- Balıkçılık,
- Deniz trafiği,
- Boru hatları ve kablolar,
- Askeri kullanım,
- Ülkemize özel kıta sahanlığı hususu,
- Civar halkın hassasiyetleri.

Deniz Mekansal Planlar, ivedi bir şekilde hazırlanmalıdır. DRES projelerinin önünde engel teşkil edebilecek çevresel ve sosyal kısıtlar dikkate alınmalıdır. Bu planların doğru bir şekilde hazırlanması, DRES projelerinin önündeki en önemli itici güçtür.

Denizüstü RES projeleri, uzun dönemli planlama gerektirmektedir. DRES projelerinin önündeki önemli teknik engellerden birisi, uygun deniz tabanı sahasının tahsisidir. Bunun için Deniz Mekansal Planlaması-DMP (Maritime Spatial Planning-MSP) gereklidir. DMP sonrası, deniz tabanının tahsisi yapılabilir ve DRES ihalelerinin önü açılır. Deniz tabanı tahsisi bazı ülkelerde imtiyaz (concession) olarak görülmektedir. İyi düzenlenmiş bir deniz tabanı tahsis mekanizması yatırımcı çekmenin en önemli unsurlarındandır. Pazara girişte sadece yatırımcı değil; tedarikçi, proje geliştirici, mühendislik firmaları gibi birçok paydaşın bir araya gelerek bilgi transferi sağlaması gereklidir. Avrupa Ülkelerindeki tecrübelerden iyi organize edilen bir DMP süreci DRES yatırımlarında sürükleyici etkenlerden birisi olmuğu görülmüştür. DMP süreci, ülkelerin iklim ve sıfır karbon hedeflerine ulaşmada kritik bir süreci oluşturmaktadır. Denizüstü RES sahasındaki teknik kapasite, bölgede meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümler yapılarak karar verilebilir. Bu bilgiler, deniz tabanı jeolojisinin, bölgedeki akıntı ve dalga durumunun bilinmesi ne tip bir DRT temeli kullanılacağına karar verilmesine dolayısı ile maliyetinin bilinmesine yardımcı olacaktır. Bu bilgiler olmadan yatırımcılardan teklif istenmesi teknik olarak mümkün değildir. Sadece ihaleye teklif verilmesi için değil, Türkiye'nin kendi denizlerindeki kapasitesini bilmesi için öncelikle YEKA sahalarda, orta vadede potansiyel diğer sahalarda meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümlere başlanmalı ve bu sahalarda detaylı deniz araştırmaları yapılmalıdır. Bu bilgiler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı veya uygun görülen diğer kamu kurumlarında saklanarak Denizüstü RES projelerinde zamanı geldiğinde kullanılmalıdır.

1.3. Deniz Tabanının (Sea Bed) Tahsisinin Yapılması

Deniz tabanının tahsisinin yapılabilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilebilir;

1. Öncelikle iklim değişimi ve sıfır karbon hedeflerinin önceliği kapsamında politik adımların atılarak Denizüstü RES sektörü ile ilgili kapsamlı bir ulusal strateji oluşturulması,
2. Deniz Mekansal Planlarının (DMP) Denizüstü RES projelerini önceleyerek hazırlanması (bu kapsamda diğer bütün paydaşların da görüşü alınarak DMP oluşturulmalıdır),
3. Denizüstü RES saha tahsisi için ayrı bir birim oluşturulması,
4. Deniz taban kirası için uygun bir yıllık kira ücreti belirlenmesi.

DRES projelerinde aktif olan ülkeler incelendiğinde 2 ana model görülmektedir; birincisi merkezi model ikincisi de yerel ve merkez hibrid model olan 2 aşamalı izin yaklaşımıdır. Bazı ülkelerde (örn. ABD, Çin ve Tayvan) her iki modelin karışımı görülmektedir. Merkezi yaklaşımda süreç deniz tabanı tahsisi ve enerji satış anlaşması (ppa) birlikte yürütülmektedir. Kamu otoritesi DMP hazırlayarak, rüzgar potansiyeli, deniz tabanı jeoteknik çalışmalar, çevre ve sosyal konular vb gibi birçok parametreye bakarak DRES projelerinin önünü açmaktadır. Kamu idaresi yer seçimini belirlemektedir. Bu yaklaşım Danimarka, Hollanda ve Almanya'da başarıyla uygulanmaktadır.

Merkezi olmayan yaklaşımda, kamu otoritesi geniş alanları kapsayan DMP hazırlayarak yer seçimini proje geliştiricisi/yatırımcıya bırakmaktadır. Saha ile ilgili detay teknik çalışmalar, proje geliştiricisi/yatırımcı tarafından realize edilmektedir. Bu yaklaşım İngiltere'de uygulanmaktadır. Her iki modelin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Merkezi sistemde politik risklerin yüksek olduğu görülmüştür. Tecrübeli proje geliştirici/yatırımcıların saha belirlemesi daha uygun bir yöntemdir. Merkezi sistemde kamunun yeterli teknik çalışmaları yapamamasının yarattığı endişeler bulunmaktadır.

Ülkeler deniz tabanı tahsisini mevcut kamu kurumları ile yapabilir. Danimarka'da bu süreç Danimarka Enerji Ajansı (Danish Energy Agency) ile yapılmakta iken; ABD'de Bureau of Ocean Energy Management tarafından yürütülmektedir. Deniz tabanı tahsisleri genellikle 3 modelle yapılmaktadır. Bu modeller; rekabetçi olmayan, rekabetçi ve açık kapı (open door) olarak sınıflandırılabilir. Rekabetçi olmayan

model genellikle yeni gelişmeye başlayan ülkeler veya pilot proje (çoğunlukla yüzer-floating) uygulamalarında kullanılmaktadır. Proje geliştirici ile müzakereler yapılarak deniz tabanı tahsisi yapılmaktadır. Rekabetçi tahsis yönteminde proje geliştiriciler tahsisi yapan kuruma teklif verecek en uygunu teklif ederek süreç sonlandırılmaktadır. Bu yöntem, DRES piyasasının olgunluğa geçiş sürecindeki ülkelerde tercih edilmektedir. ABD, Hollanda, İngiltere ve Almanya bu yöntem ile deniz taban tahsisini yapmaktadır. Son yöntem olan açık kapı (open door) modeli Danimarka'da uygulanmaktadır. Proje geliştirici/yatırımcı kendisi sahayı önermiştir ve bütün sorumluluğu üzerine almıştır.

1.4. DRES İçin Elektrik Bağlantı Kapasitesi

Türkiye Elektrik İletim AŞ (TEİAŞ), iletim sistem planlaması yaparken Denizüstü RES projeleri için de bağlantı kapasitelerini planlamalıdır ve denizüstü rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde iletim şebekesi güçlendirilmelidir.

1.5. Meteorolojik ve Oşinoğrafik Ölçümlerin Yapılması

Açık kaynaklardan yararlanılarak rüzgar potansiyeli tahminleri yapılabilir de; sahada yapılacak ölçümlerle bölgedeki diğer ölçüm istasyonlarının (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, TPAO, kıyıya yakın karaüstü rüzgar ölçümleri vb) uzun yıllar verilerinin korele edilmesi ile potansiyel Denizüstü RES yatırımcılarına daha güvenilir veri sağlanabilecek ve bu alandaki yatırımlar teşvik edilebilecektir. Oşinoğrafik ölçümlerin yapılması yatırımcıların yatırım kararı almalarını etkileyen diğer önemli unsurdur. Meteorolojik ölçümlerin yanı sıra deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespit edilebilmesi için oşinoğrafik ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

1.6. Denizaltı Jeoteknik ve Jeolojik Çalışmaların Yapılması

Meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümlerden sonra mevcut mevzuata uygun olarak İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik / Mikrobölgeleme Etüt Raporu hazırlanmalıdır.

1.7. Denizüstü RES Projelerinin ÇED Sürecinin Başlatılması

Bütün veriler toplandıktan sonra tüm paydaşların müdahil olacağı ÇED süreci başlatılmalıdır. ÇED süreci sadece kamu kurumlarının yazışmaları olarak değil; yerel halk, balıkçılar, liman işletmeleri, turizm sektörü gibi yerel paydaşlar mutlaka sürece müdahil edilmelidir.

1.8. İzin Sürecinin Kolaylaştırılması

Tipik bir DRES projesi, başlangıcından işletmeye geçene kadar 8-10 yıllık bir süreci kapsamaktadır. Bu sürecin büyük bir kısmı izin süreçleri ile geçmektedir. Uygulamalara bakıldığında Denizüstü RES projesinin izin süreçleri bitirildiğinde, inşaat süreci 2 yılda bitirilmektedir. Bazen izin sürecindeki gecikmeler projede planlanan DRT teknolojisinin eskimesine ve projelerin yeniden revize edilerek tekrar izin sürecine girdiğini göstermektedir. Bu durum projelerde gecikmelere neden olmaktadır. Bu gecikmelerin minimuma indirilerek Denizüstü RES kapasitesinin devreye alınması istihdam ve ülkenin yerli enerji kaynak kullanımı açısından çok önemlidir. Bu süreçler bütüncül ve paydaşların karşılıklı mutabakatı ile hızlandırılabilir. AB'nin yayınladığı RePowerEU planına göre süreçlerin hızlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu amaçla, AB üye ülkeler yenilenebilir ivmelenme alanları (renewable acceleration areas) belirlenerek izin süreçlerinin basitleştirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hedeflenmektedir.

1.9. Finansman Modellerinin Belirlenmesi

Denizüstü RES projelerinin finansman yöntemi proje finansmanı ile yapılmalıdır. Ticari krediler her şirketin karşılayabileceği ve tercih edebileceği bir model değildir. Avrupa Ülkelerine bakıldığında 2011-2020 döneminde 30.6 GW Denizüstü RES kapasitesi için 117 milyar EURO finansman ayarlanmıştır. Bu miktarın %72'si (84 milyar EURO) proje finansmanı yöntemiyle yapılmıştır. Kredi oranları ise, ülke ve projenin durumuna göre %70-80 arasında değişim göstermiştir. Dünya Bankası gelişmekte olan ülkelerde yapılacak ilk Denizüstü RES projesi için imtiyazi finansman (concessional financing) yöntemini önermiştir. Bu yöntemde kamu, özel sektör ve finans kuruluşları bir araya gelerek DRES projesi için özel bir finansman paketi oluşturmaktadır. İlk projenin finansmanı bu şekilde yapılabilir.

1.10. Elektromekanik Ekipman Üretim Yol Haritası

Denizüstü rüzgar enerjisi sanayi ile ilgili sadece ülkemiz değil; civar ülkelerin de potansiyeli dikkate alınarak çalışmalar yürütülmelidir. Tedarik zinciri olarak ülkemizdeki 2035 yılı 5 GW hedefine ek olarak potansiyeli 2 TW'a yaklaşan geçen Karadeniz, Akdeniz, Hazar Bölgesi de dikkate alınmalıdır. Ülkemiz sanayisinin Karaüstü RES projelerindeki başarı hikayesi, Denizüstü RES projelerinde de uygulanmalıdır.

1.11. Limanların Geliştirilmesi

Denizüstü RES üretim, nakliye ve montaj limanlarının (marshalling port) coğrafi bölgelere ayrılarak planlanması yapılmalıdır. Bu amaçla, Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz'de en az birer adet liman belirlenerek gerekli altyapı/üstyapı çalışmalarına başlanmalıdır, mevcut limanların geliştirilmesinin zor olduğu görülmektedir. Yeni limanların inşası düşünülmelidir. Denizüstü RES işletme ve bakım limanları için ise, Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz'de halihazırda bulunan limanlarda küçük altyapı/üstyapı değişiklikleri yapılarak kullanılabilmesi mümkündür.

1.12. Gemilerin Türkiye'de Üretim Yol Haritası

Denizüstü RES projelerinde kullanılacak olan gemilerin ve diğer yardımcı ekipmanın ülkemiz tersanelerinde yapılması sağlanmalıdır. DRES montajlarının Avrupa ve Çin'de yapıldığından DRT montaj gemileri (Offshore Wind Turbine Installation Vessel-WTIV veya Jack-up Vessel) daha çok bu bölgelerde konuşlanmıştır. Çin'deki 2021 yılı sonunda cazip tarife uygulaması sona erdiğinden 2022 yılında montajlar azalmıştır. 2026 yılına kadar DRT montaj gemi emreamadeliğinde sıkıntı beklenmemektedir. Avrupa'da ve Amerika'da yani DRT montaj gemileri inşası devam etmekte olup Asya ülkelerinde ve diğer yeni gelişmekte olan pazarlarda kullanılmak üzere gerekli planlamalar yapılmaktadır. Ülkemizde Denizüstü RES proje montaj gemisi (jack-up vessel) henüz bulunmamaktadır. Tersanecilik sektörü, Denizüstü RES projelerinde kullanılan gemiler ile ilgili olarak üretim planlaması yaparak bu gemilerin ülkemizde üretilmesini sağlamalıdır.

1.13. DRES İzin Süreçlerinin Kısaltılması

Denizüstü RES izin süreci mümkün mertebe kısaltılmalıdır. Avrupa Ülkeleri bu konuyu gündeme tutarak çare aramaktadır. İngiltere bu süreci en etkin ve kısa sürede sonuçlandırın ülke konumundadır. Denizüstü RES projelerinin izin süreçlerinin azaltılması için, İngiltere Haziran 2023 tarihinde Offshore Wind Environmental Improvement Package (OWEIP) planı açıklamıştır. Bu plana göre, DRES projelerinin izin sürecinin 4 yıldan 1 yıla indirilmesi planlanmıştır. Bu planda One-Stop-Shop (OSS) yaklaşımı önerilerek tek kamu kurumu üzerinden izin süreçlerinin bitirilmesi teklif edilmiştir. OSS teklifi sadece süre kısaltımı değil; aynı zamanda projelerin önündeki belirsizliklerin ve gecikmelerin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

1.14. DRES İzin Süreçleri Yol Haritası Yayınlanması

DRES izin süreci ile ilgili açık ve şeffaf bir yol haritası yayınlanmalıdır. Bu süreçte, bütün izin işlemleri tek kamu kurumu (one stop shop) üzerinden yürütülmelidir. İzin süreçlerinin detaylı bir şekilde anlatıldığı el kitabı yayınlanmalıdır. Bu kitapta izin süreleri belirtilmeli ve uygulamada buna uyulmalıdır.

1.15. DRES İçin Ayrı Kanun Çıkartılması

Mevzuat düzenlemesi DRES projelerinin gelişimi ve finansman teminindeki en önemli hususlardandır. Açık ve yatırımcıyı çekebilecek bir mevzuat yapısının oluşumu Denizüstü RES yatırımlarının en önemli itici gücüdür. Birçok ülke DRES yatırımları için özel bir "Denizüstü Rüzgar Enerjisi Kanunu-Offshore Wind Energy Act" çıkarmıştır. Denizüstü RES projelerinin dinamikleri farklı olduğundan dolayı bazı özellikleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

Tahmin Edilebilirlik

DRES mevzuatı tahmin edilebilir (öngörülebilir) olmalıdır; süreç içerisinde belirsizlikler barındırmamalıdır.

Riskler

Mevzuatta risk oluşturabilecek hususlara dikkat edilerek, ileride oluşabilecek risklerin minimize edilmesi gereklidir.

Yatırımın Geri Dönüşü

Mevzuat, yatırımcıya makul bir geri dönüşü sağlamalıdır. Eğer riskler yüksek olursa, yatırımcıların geri dönüş beklentisi de yüksek olur.

Zaman Planlama

DRES mevzuatı, DRES projelerinin izin süreçlerinin zaman planlamasının açık bir şekilde dikkate alarak açık ve net bir zaman planı çizmelidir. Hangi iznin nereden alınacağı ve sürecin belirtilmesi önem arz etmektedir.

Altyapı ve İşgücü

DRES projelerinin hayata geçirilebilmesi için elektrik şebeke planlama, liman, tersane ve işgücü önemlidir.

Finanse Edilebilir (Bankable) Elektrik Satış Anlaşması (ppa)

Mevzuatta elektrik satış mekanizması ve diğer teşvik, garanti gibi hususların açık bir şekilde belirtilmesi gereklidir. Projelerin finanse edilebilmesi açısından bu kriterler önemlidir. Elektrik satış anlaşması finanse edilebilir cazip şartları içermelidir.

Vergisel Teşvikler

Sıfır karbon hedeflerine ulaşılabilmesi için, bütün diğer yenilenebilir enerji kaynakları (karaüstü RES, güneş enerjisi, hidro, biyokütle vb) sektörün başlangıcından ciddi vergi teşvikleri ile desteklenmiştir. Aynı sürecin denizüstü rüzgar enerjisi için de işletilmesi gerekmektedir. Piyasa olgunlaşana kadar veya diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilene kadar bu durum kaçınılmazdır.

Sektörel İşbirliği

Sektörün oluşumunda kamu, STK'lar, özel şirketlerin bir araya gelerek çalışması sürecin doğru ve akıcı bir şekilde ilerlemesini sağlar.

1.16. ÇED Sürecine Paydaşların Müdahililiyeti

Denizüstü RES ÇED sürecine bütün paydaşların katılımı sağlanmalıdır. İleride ortaya çıkabilecek sorunlar, bütün paydaşların sürece etkin katılımı ile minimize edilebilir.

1.17. İnşaat ve İşletme Dönemi ÇED Sürecinin Uygulanması ve Kontrolü

Denizüstü RES projesi gerek inşaat aşamasında ve gerekse de işletme sürecinde çevre ile uyumlu bir şekilde çalışabilmesini mümkün kılan bir çevresel regülasyona tabi tutulmalıdır. Bu konu, Denizüstü RES projelerine diğer bütün paydaşların daha sıcak bakmasını temin eder. Bu sürece, yerel paydaşlar olan belediye, yerel halk, balıkçılar, liman işletmeleri, turizm sektörü gibi paydaşlar müdahil edilmelidir.

1.18. DRES Projesinin Balıkçılıkla Etkileşimi

Bilindiği gibi balıkçılık sektörü, ülkemizdeki önemli istihdam alanlarından. Denizüstü RES projesinin balıkçılık sektörü ile inşaat ve işletme döneminde uyumlu çalışabilmesi gereklidir. Bunu sağlayabilmek için gerekli koordinasyon ve bilgi akışı, tanıtımlar sağlanmalıdır. Balıkçı kooperatifleri ve balıkçı barınakları konu ile ilgili bilgilendirilmelidir. Bu konuda daha önce anlatılan İngiltere Scroby Banks projesi örnek verilebilir. Halkla ilişkilere önem verilerek DRES projesinin balıkçılıkla uyum içerisinde çalışabileceği açık bir şekilde paydaşlara anlatılmalıdır.

1.19. Kadın Çalışan Kotası

DRES projelerinde kadın çalışan kotası konulmalıdır. Bu hususta kadın çalışanlara pozitif ayrımcılık uygulanmalı ve ihale şartnamesi buna göre dizayn edilmelidir.

1.20. Finanse Edilebilirlik (Bankability)

DRES ihale şartnamesi ve koşulları ülkemiz koşulları için rekabetçi olmasının yanında makul bir kar bırakarak uluslararası yatırımcılar için cazip şartlar sunmalıdır. Özellikle elektrik satış anlaşması (PPA), finanse edilebilir (bankable) kriterleri içermelidir.

1.21. İş Sağlığı ve İş Güvenliği

DRES projelerinin geliştirilme aşamasından demontajına kadar olan tüm süreçlerde iş sağlığı ve iş güvenliği (health and safety) kurallarına uyulması sağlanmalıdır.

1.22. Çevreye Karşı Duyarlılık

DRES projelerinin geliştirilme aşamasından demontajına kadar olan tüm süreçlerde Çevreye minimum hasar verilecek şekilde planlama yapılmalıdır.

1.23. Mühendislik Firmaları Teşvik Sistemi

Karaüstü RES ve GES projelerinde sektör başlangıcında verilen vergisel teşvikler Denizüstü RES projelerinde de işletilmelidir. Bunun yanında Denizüstü RES projeler için hizmet veren Startup mühendislik firmaları desteklenmelidir.

1.24. DRES Projeleri Eleman İhtiyacı

Denizüstü RES sektörü birçok farklı iş kolunu içermektedir. Sektörde farklı uzmanlık alanlarının yanısıra denizde çalışabilmenin de eğitimlerinin alınması gerekmektedir. Deniz biyoloğundan, deniz lojistik uzmanına, denizaltı kaynak mühendisinden, meteorolojiste kadar geniş bir disiplin içermektedir. Bu amaçla aşağıdaki hususlar bu açığı kapatmak için önerilmektedir;

- DRES projelerinin devamlılığı sağlanarak mezunların buraya ilgisi yönlendirilmelidir,
- DRES projelerinde çalışacak kişilerin eğitim alabileceği merkezler oluşturulmalıdır.

1.25. Yeşil Hidrojen Üretimi

Denizüstü RES projelerinde ileriki aşamada yeşil hidrojen üretebilme ve iletebilme kapasitesi dikkate alınmalıdır.

1.26. Power-to-X Planlaması

Denizüstü RES projelerinden hidrojen üretiminin bir sonraki adımı olan Power-to-X süreci de projelendirme aşamasında planlanmalıdır.

1.27. Enerji Adası Planlaması

Marmara Denizinde ileriki süreçlerde enerji adası yapılabilmesi hususu dikkate almaya değer bir noktadır. Enerji adaları ile, İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Balıkesir, Çanakkale ve Tekirdağ illeri deniz üzerinden birleşerek elektrik şebeke stabilitesi Marmara ve Trakya Bölgelerinde sağlanmış olur.

1.28. Denizüstü RES Demontaj Planlaması

Denizüstü RES projesinin ekonomik ömrü sona geldiğinde yapılacak olan demontaj faaliyeti için bütçe mutlaka en baştan planlanarak ayarlanmalıdır.

2. SONUÇ

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

KAYNAKLAR

- American Clean Power Association**, 2023. Offshore Wind Market Report.
- Akbari, N., Irawan, C. A., Jones, D. F., & Menachof, D.** (2017). A multi-criteria port suitability assessment for developments in the offshore wind industry. *Renewable Energy*. 102(2017). 118-133.
- A Vision 2030 Vision for European Offshore Wind Ports.** Trends and Opportunities, Wind Europe, May 2021.
- COP28, IRENA, GRA**, 2023. Tripling Renewable Power and Doubling Energy Efficiency by 2030: Crucial Steps Towards 1.5°C, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- DECOM Tools**, 2022. Decommissioning of Wind Turbines – Logistics Business Case, North Sea Region. European Regional Development Fund.
- Decommissioning of Offshore Wind Farms**, The Nature Based Business Case of Scour Protection, 2023. The Rich North Sea Program, The Netherlands.
- Durak, M. ve Küpeli, D.G.**, 2019. Denizüstü Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama.
- Enabling Frameworks for Offshore Wind Scale Up: Innovations in Permitting**, IRENA 2023, Abu Dhabi.
- European Wind Power Action Plan**, 2023. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels.
- Global Offshore Wind Report**, 2023. GWEC Market Report, Brussels.
- Global Wind Workforce Outlook 2023-2027**, 2023. GWEC Report, Brussels.
- Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA)**, 2023. TR22 Bölgesi Denizüstü Rüzgar Santrali ve Limanı Ön Fizibilite Raporu.
- International Energy Agency.** (2020). Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report, Paris. <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>

International Energy Agency, 2021. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.
NREL (2022). Cost of Wind Energy Review. Report of National Renewable Energy Laboratory, USA.
Offshore Wind Farm Decommissioning, 2022. Smart Port, Netherlands.
Offshore Wind Worldwide: Regulatory Framework in Selected Countries, 2nd Edition. April 2021.
Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2023. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
Renewable Power Generation Costs in 2022, 2023. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
State of the Global Climate 2022, 2023. WMO-No. 1316, World Meteorological Organization.
Wind Energy in Europe, 2022 Statistics and the Outlook for 2023-2027, Wind Europe, February 2023.
World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway. (2021). IRENA. Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>.



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI



METEOROLOJİ
MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteoroloji.org.tr

SÜRDÜREBİLİRLİK HEDEFLERİ VE YÜZER GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ



PROF.DR. AHMET DURAN
ŞAHİN

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğretim Üyesi



MUHAMMED ALBAYRAK

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar
Bakanlığı Uzmanı



DR.M. SEREN KORKMAZ

Samsun Üniversitesi
Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Öğretim Üyesi

1. GİRİŞ

Su kaynakları, dünyadaki yaşamın devam etmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu kaynakların yönetimi ve korunması, ekolojik denge ve insan faaliyetlerinin desteklenmesi açısından hayati değere sahiptir. Ancak nüfus artışı, sanayileşme ve iklim değişikliği nedeniyle artan su talebi, suyun sürdürülebilirliği konusunda önemli zorluklar ortaya çıkarmıştır. Su geri dönüşümü, yağmur suyu hasadı ve verimli sulama uygulamaları gibi sürdürülebilir su yönetimi stratejileri, gelecek nesillere temiz su sağlanmasının, bunun yanı sıra suyun korunmasını teşvik eden ve su kütlelerini kirlilikten koruyan politika ve düzenlemeler de, sürdürülebilir su kaynakları yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle suyun sürdürülebilirliği; teknolojik yenilik, politika uygulaması ve halkın farkındalığını kapsayan kapsamlı bir yaklaşımı gerektirir.

Ülkemizde yıllık yağış miktarı 573,4 mm/yıl olarak belirlenmiş olup [1] , bu yağışlarla kazanılan suyun büyük bir kısmı buharlaşma-terleme yoluyla atmosfere geri dönerken, geri kalanı ise yeraltı ve yüzeyde akışa geçerek kullanılabilir su kaynaklarına katkı sağlamaktadır [2], bu da bu iki miktarın neredeyse eşit olduğunu göstermektedir.

2040 yılı için tahmin edilen nüfus artışıyla birlikte mevcut su kaynaklarının yetersiz kalacağını belirten çalışmaların [3] yanı sıra, iklim modellerinin öngördüğü artan sıcaklık ve sel olaylarının sıklığında beklenen artışlar, su kaynaklarının daha etkin kullanılması için çeşitli stratejiler geliştirilmesini ve buharlaşma kayıplarının azaltılmasını gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Son yıllarda su kaynaklarına olan artan talep gibi, enerji talebinin de artmasıyla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimde artış görülmekte olup, hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi kaynaklar elektrik üretiminde önemli bir paya sahiptir [4]; bu doğal kaynaklar aynı zamanda sürdürülebilir olarak nitelendirilmiş [5] ve devlet kurumları tarafından da yatırıma teşvik edilerek yaygınlaştırılmıştır.

Geçmişte olduğu gibi bugün ve yakın gelecekte de insanlık için en hayati iki doğal kaynak olarak enerji ve suya olan talebin devam etmesine rağmen [6], özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki sanayileşmenin çevresel etkilerinin artmasıyla birlikte, 21. yüzyılda çevre ve insanlık için tehdit oluşturan büyük doğal afetlerin sıklığı ve yoğunluğunun artması öngörülmekte ve iklim değişikliğiyle mücadele ederken her teknolojinin çevresel sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ

Eylül 2015'te dünya liderleri, acil küresel sorunlara çözüm bulmayı ve herkes için daha sürdürülebilir bir geleceği teşvik etmeyi amaçlayan 17 iddialı hedefi benimsemek üzere Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nda bir araya gelmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals) olarak bilinen bu hedefler (Şekil 1) , daha önceki Binyıl Kalkınma Hedeflerinden (Millenium Development Goals) elde edilen tecrübelerle dayanarak aynı zamanda insanlığın refahı için kritik olan yeni ortaya çıkan sorunları da kapsamaktadır [7] .



Şekil 1 Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri [7]

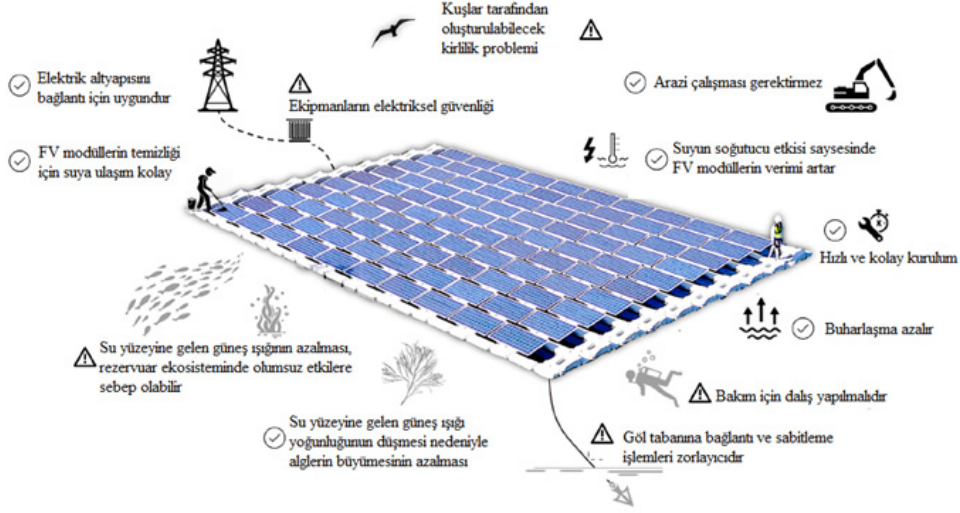
Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri; yoksulluğu sona erdirmeye, gezegeni korumaya ve 2030 yılına kadar herkes için refah sağlamaya yönelik evrensel bir eylem çağrısıdır. Sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmanın ekonomik büyüme, sosyal katılım ve çevreyi dengeleyen bütüncül bir temel yaklaşım gerektirdiği kabul edilmiştir. Her hedefin birbiriyle bağlantılı ve birbirine destekleyici olması nedeniyle sektörler, bölgeler ve paydaşlar arasında işbirlikleri gereklidir.

17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi, yoksulluğun ve açlığın ortadan kaldırılmasından cinsiyet eşitliğinin desteklenmesine, kaliteli eğitime erişimin sağlanmasından iklim değişikliğiyle mücadeleye kadar geniş bir yelpazedeki konuları kapsamaktadır. Eşitsizlik, çevresel bozulma, yetersiz sağlık hizmetleri ve sürdürülemez tüketim kalıpları dahil olmak üzere insanlığın karşı karşıya olduğu temel zorlukları ele almaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, bu zorlukları kapsamlı bir şekilde ele alarak mevcut ve gelecek nesiller için daha dayanıklı, eşitlikçi ve müreffeh bir dünya inşa etmeyi amaçlamaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin tanımlayıcı özelliklerinden biri de evrensel olmalarıdır [8]. Öncelikle gelişmekte olan ülkelere odaklanan Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin aksine, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, gelişmişlik düzeylerine bakılmaksızın tüm ülkeler için geçerlidir [9].

3. YÜZER GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ

Yüzer Güneş Enerjisi Santralleri (YGES), güneş enerjisi teknolojisine dayanan ve aynı zamanda su kaynaklarındaki buharlaşma kayıplarını azaltmayı hedefleyen yenilikçi bir mühendislik yaklaşımı sunan, artık dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [10]-[12]. Bu teknoloji, enerji üretimi yanı sıra su kaynaklarında buharlaşmanın azaltılmasını da hedeflemektedir (Şekil 1) [13].



Şekil 2 Yüzer Güneş Enerjisi Sistemleri (YGES) Genel Özellikleri. [14]'dan Türkçeleştirilmiştir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ve YÜZER GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ

Yüzer Güneş Enerjisi Sistemleri (YGES'ler), "Erişilebilir ve Temiz Enerji" (SKA-7) ve "İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme" (SKA-8) hedeflerine doğrudan katkı sağlayarak Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na uyum göstermektedir. Bu sistemler, su yüzeylerinde kurularak enerji üretiminde verimliliği artırırken aynı zamanda su kaynaklarını koruyarak buharlaşmayı azaltmaktadır. YGES'ler, "İklim Eylemi" (SKA-13) hedefine uygun olarak karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı olurken, "Sudaki Yaşam" (SKA-14) ve "Karasal Yaşam" (SKA-15) hedeflerine yönelik doğal habitatların korunmasına da katkıda bulunmaktadır. YGES'lerin yaygınlaştırılması, küresel sürdürülebilirlik çabalarını destekleyen ve sürdürülebilir bir gelecek için büyük öneme sahip olan yenilenebilir enerji çözümleri arasında öne çıkmaktadır.

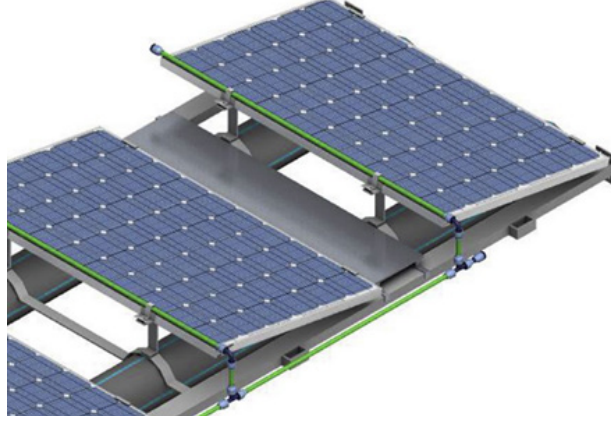
4.1. Erişilebilir ve Temiz Enerji Hedef (SKA-7)

Yüzer Güneş Enerji Sistemleri (YGES), güneş enerjisi kullanarak temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlar. Araştırmalar, bu sistemlerin buharlaşmayı azaltarak Türkiye'nin yılda 1.200 hm³ su tasarrufu yapabileceğini ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişle 77 milyon ton CO₂ emisyonunu azaltabileceğini göstermektedir. YGES'ler, Türkiye'nin enerji bağımlılığını azaltmada ve Paris İklim Anlaşması'nda belirtilen iklim değişikliğiyle mücadelede sunulan 'ulusal katkı beyanları'ndaki hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayabilirler[15].

4.2. İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme (SKA-8)

YGES'ler kurulum ve bakım-işletme süreçleri açısından ele alındığında, ekonomik büyümeye katkı sunabilme potansiyeli olan yeni iş fırsatları, istihdam olanakları yaratabilmektedir. Bazı çalışmalarda, YGES'lerin su rezervuarlarının soğutma etkisi sayesinde daha yüksek verim elde edilebileceği ifade edilmiştir [16]. Çeşitli araştırmalarda YGES'lerin karadaki sistemlere göre daha yüksek verim sağladığı, Afrika kıtasındaki önemli barajlarda kurulmasının elektrik üretimini önemli ölçüde artırabileceği belirtilmiştir [17]. Son olarak İtalya'da

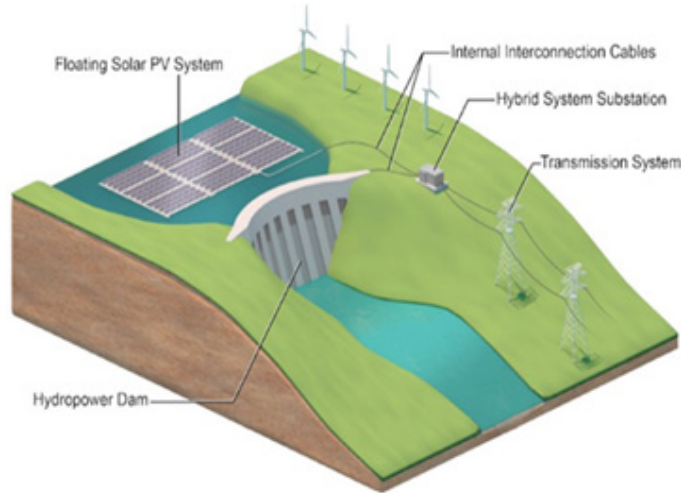
bir araştırmaya dayanarak bi-facial (çift yüzlü) YGES'lerin maliyet avantajı ve verimlilik artışı sağlayacağı, hidroelektrik üretim ve sulama gelirinden ek kaynak yaratabileceği belirtilmektedir [18].



4.3. Endüstri, Yenilikçilik ve Altyapı (SKA-9)

Yenilenebilir enerji sektöründe Yüzer Güneş Enerjisi Sistemleri (YGES'ler), yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sistemler, mevcut altyapı hizmetlerini kullanarak su rezervuarları veya hidroelektrik santrallerinin elektrik altyapısını destekleyebilir ve kapasitelerini artırabilir. Örneğin, Japonya'daki Aichi Hidroelektrik Santrali'nde gerçekleştirilen bir projede, su yardımıyla fotovoltaik panellerin yüzey sıcaklığı düşürülerek elektrik üretim performansı artırılmıştır. Bu proje, panellerin soğutulmadığı bir sistemle karşılaştırılarak etkileri incelenmiştir [19].

Yapılan bir çalışmada, Hindistan'daki 20 büyük baraj rezervuarında kurulacak her biri 5 MW kapasiteli Yüzer Güneş Enerjisi Sistemleri'nin (YGES) yılda 160 GWh enerji üretebileceği ve günde 1,40 milyon metreküp su tasarrufu sağlayabileceği belirtilmiştir. Tasarruf edilen suyla günlük 514,80 MWh ek enerji üretilabileceği ve yıllık %11 üretim artışı elde etmek için tek eksenli bir güneş takip mekanizmasının kullanılabilirliği ifade edilmiştir. Bu uygulamaların yılda yaklaşık 3,30 milyon ton CO2 azaltımına katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır. Bu bulgular, YGES uygulamalarının enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli faydalar sağlayabileceğini göstermektedir [20].



Türkiye'deki özel şirketler, güneş enerjisi potansiyelinden yararlanma konusunda edindikleri deneyimlerle Yüzer Güneş Enerji Sistemleri'nin (YGES) kurulum ve işletmesinde hızla uyum sağlamışlardır. Ar-Ge odaklı küçük ölçekli projeler, 2010'lu yıllarda tamamlanmış ve bu uygulamalar sayesinde eksiklikler giderilerek yeni tasarımlar ortaya çıkarılmış ve patentler alınmıştır [21]-[23].

4.4. Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar(SKA 11)

YGES'ler, su rezervuarlarına (göl, gölet, baraj, rekreasyon havuzu veya su arıtma tankı gibi) kuruldukları için yerleşim alanlarında genişleme ihtiyacı hissedilen bölgelerde araziyi enerji üretimi dışında başka amaçlarla kullanmayı destekler. İlk ticari YGES projesi olarak kabul edilen 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletindeki Far Niente bölgesinde bir üzüm bağında, sınırlı arazi imkanları ve fazla sulama ihtiyacı nedeniyle sahibi tarafından yapay bir göletin üzerine yüzen fotovoltaik panellerle kaplanarak hem ücretsiz elektrik üretilmesi hem de kurumaya yüz tutmuş üzüm bağlarının daha fazla sulanabilmesi amacıyla 200 kW kurulu güce sahip bir YGES kurulmuştur [12], [24]. Bu sistem, hem enerji üretimini sağlamış hem de su tasarrufuyla sürdürülebilir bir çözüm sunmuştur.

Rodrigues ve diğer araştırmacıların 2020'de yaptığı bir çalışmaya göre, Brezilya'nın kuzeydoğusunda geniş arazi alanlarının sınırlı olması YGES kurulumu için önemli bir engel teşkil etmektedir. Ancak, bu bölgede YGES kurulumunun yüksek elektrik üretim potansiyeline sahip olduğu ve yatırımın sekiz yıl içinde tamamen geri kazanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, YGES kurulumunun buharlaşmayı yılda yaklaşık 2,6 milyon m³ azaltabileceği ve bu sayede yaklaşık 50.000 kişinin su kullanım ihtiyacını karşılayabileceği ifade edilmiştir [25].



YGES'ler aynı zamanda sera gazı emisyonlarının azaltılmasıyla hava kalitesini iyileştirerek daha refah, sağlıklı ve sürdürülebilir şehirler için katkıda bulunurlar. Ayrıca, enerji arzını artırarak sera gazı emisyonlarını azaltmaları nedeniyle de önemli bir rol oynarlar.

4.5. İklim Eylemi (SKA 13)

Yüzen Güneş Enerjisi Sistemleri (YGES), karbon emisyonlarını azaltma ve hidroelektrik enerji üretimini optimize etme potansiyeline sahiptir. Yarısı (% 50) kapalı su rezervuarı için yüzer fotovoltaik panellerin buharlaşmayı %59 oranında azalttığı tespit edilmiştir [24]. Yeni Zelanda'da YGES'lerin enerji açığını kapatabileceği ve kurak dönemlerde hidroelektrik santrallere ek üretim yapabileceği belirtilmiştir [26]. Malezya'da planlaması yapılan bir YGES sistemi, yıllık 17.960 MWh elektrik üretebileceği ve böylelikle yılda 11.135.2 ton CO₂ emisyonunu azaltabileceği hesaplanmıştır [27]. Çin'deki planlanan ve faaliyete geçirilen YGES projeleri, iklim değişikliğine ilişkin emisyon 'Ulusal Katkı Beyanlarına' göre ulusal enerji tüketim hedeflerine önemli bir katkı sağlayabileceği ön görülmektedir [28].



2022'de yapılan bir çalışmaya göre [29], Brezilya ve Avustralya'nın yarı kurak bölgelerindeki YGES için iki senaryo incelenmiştir. Senaryo 1'de, Brezilya'daki barajlarda yıllık YGES üretimi 5579 GWh ile 5874 GWh arasında değişirken, buharlaşan su miktarını 62.609 bin m³ azaltmıştır. Senaryo 2'de, yıllık elektrik üretimi 14.005 GWh ile 14.745 GWh arasında olup, 157.482 bin m³ suyun buharlaşmasını engellemiştir. Avustralya'daki barajlarda ise, Senaryo 1'de yıllık YGES üretimi 6053 GWh ile 6235 GWh, Senaryo 2'de ise 14.334 GWh ile 13.614 GWh arasında değişmiştir. Seçilen güvenilirlik seviyesi, elektrik üretimini ve buharlaşma azalmasını doğrudan etkilemiştir [29].

4.6. Sudaki Yaşam (SKA 14)

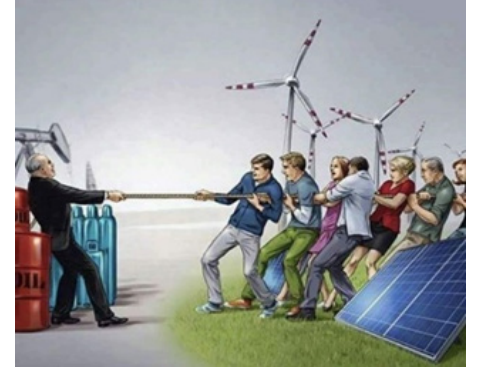
YGES'ler, su rezervuarlarında buharlaşmayı azaltarak kuraklık riskini ve sucul ekosistemin yok olma riskini azaltabilir. Ancak, YGES'lerin çevresel etkileri, su ekosistemine olası etkileri ve hidroekolojik etkileri tam anlamıyla ortaya konulmamıştır. YGES'lerin su yüzeyi ile çevre arasındaki oksijen ve gaz alışverişini kısıtlaması, suya ulaşan güneş ışığını azaltması, kullanılan kimyasalların salınması, petrol ve yakıtların sızıntıları, malzemelerin korozyonu ve aşınması, elektrik ekipmanlarının oluşturduğu elektrik alanları, su altı gürültü kirliliği ve kazalar ve sabotaj durumlarında yangınlar ve kimyasal madde salınımı gibi çeşitli etkileri bulunmaktadır [14]. Bu etkiler, suyun termal özellikleri, fitoplankton biyokütlesi ve biyoçeşitlilik kompozisyonu üzerinde önemli etkileri olabilir. Almanya'daki bir göletin yüzeyinin %2'si YGES ile kaplandığında, su sıcaklığı, hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş radyasyonu ve bağıl nem gibi faktörler üzerindeki etkileri incelenmiştir [30].

4.7. Karasal Yaşam (SKA 15)

Yüzer Güneş Enerjisi Sistemleri (YGES) karasal arazilerin kullanımını gerektirmez. Bu, karasal yüzeyler üzerinde ek bir mühendislik müdahalesine ihtiyaç duyulmadığı anlamına gelir ve bu durum, karasal yaşamı ve ekosistemleri korur. Ancak, sucul ekosistemlerde, YGES'lerin mevcut flora ve fauna üzerindeki etkileri tam olarak belirlenememiştir. Örneğin, kuş göç yolları veya balıklardan beslenen kuşlar üzerindeki etkileri hala belirsizdir [14].

4.8. Amaçlar için Ortaklıklar (SKA 17)

YGES'ler, hükümetler ve özel sektör kuruluşları gibi çeşitli toplulukların hedeflerine ulaşmalarını destekleyebilir ve yerel halkın katılımını sağlayabilir. Yerel otoriteler için, özellikle küçük topluluklarda veya adalarda [31], YGES'ler kullanışlı bir ortaklık aracı olabilir. Çevresel etkiler üzerine yapılan çalışmalar [32], YGES'lerin çevre dostu ve sürdürülebilir üretim uygulamalarının önemini vurgular. Devlet politikası bazında, Hindistan'ın su rezervuarlarında YGES kurularak büyük bir elektrik üretim potansiyeline ulaşabileceği belirtilmiştir [33], ancak mevcut kapasitesi belirlenen hedefe oldukça uzaktır.



Ülkemizde 'Yenilenebilir Enerji Kooperatifçiliği', YGES'lerin kurulumuyla birlikte sosyoekonomik fayda için işbirliği sinerjisi oluşturabilir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İklim değişikliğinin, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz ve çevresinde, bölgesel düzeyde en fazla su kaynaklarına etkisi görülmektedir. Ülkemizdeki geniş yenilenebilir enerji potansiyelinin kullanımını destekleyecek mevzuat düzenlemeleri ve teşvik mekanizmaları sayesinde, güneş enerjisi santrallerinin kurulumları hızla yaygınlaşmaktadır. Yüzer Güneş Enerjisi Santralleri (YGES), bir güneş enerjisi santrali uygulaması olmasının yanı sıra, kurulduğu su rezervuarında buharlaşmayı azaltması nedeniyle son 15 yılda tüm dünyada farklı ülkelerde tercih edilmektedir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, kimseyi geride bırakmamanın önemini vurgulamaktadır. Bu ilke, kadınlar, çocuklar, engelliler, yerli halklar ve mülteciler de dahil olmak üzere en savunmasız ve dışlanmış nüfuslara ulaşma kararlılığını ifade etmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, en geride kalanların ihtiyaçlarına öncelik vererek, herkesin gelişim potansiyelini gerçekleştirebileceği daha kapsayıcı ve eşitlikçi bir dünya yaratmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada, dünya genelindeki uygulama ve planlamalarda da ortaya konulan, YGES'lerin, güneş enerjisi teknolojisine dayanması nedeniyle temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edildiğini vurgulamaktadır. Bunun sonucunda, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, YGES'ler su yüzeylerine kuruldukları için enerji üretiminde verimliliği artırırken su kaynaklarını koruyarak buharlaşmayı azaltıldığı iddiasını taşımaktadır. Bu özellikleri sayesinde su kıtlığı yaşanan bölgelerde önemli bir avantaj sağlayabilirler. YGES'ler ayrıca ekonomik büyümeye de katkıda bulunur. Kurulum, bakım ve işletme süreçleri istihdam olanakları yaratırken yeni iş fırsatları sunmaktadır. Özellikle teknolojik olarak gelişmiş YGES sistemleri, güneş enerjisinden daha fazla verim elde etmeyi sağlar ve toplam enerji üretimindeki paylarını artırır. Bu da ekonomik açıdan daha sürdürülebilir bir enerji sektörünü destekler. Örneğin, yapılan araştırmalar YGES'lerin karada kurulu güneş enerjisi sistemlerine göre daha fazla elektrik ürettiğini ve hidroelektrik santrallerin kapasitesini artırabileceğini göstermiştir. YGES'lerin yenilikçilik ve altyapı açısından da önemli bir rolü vardır. Güneş enerjisi sektöründe yenilikçi bir yaklaşım sunarak endüstriyel gelişmeyi teşvik ederler. YGES'ler su rezervuarlarına kurulduğunda suyun soğutma etkisiyle fotovoltaik panellerin enerji verimliliği artabilmektedir. Aynı zamanda maliyet-rekabet gücünü artırır ve elektrik maliyetleri düşürülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, YGES'lerin suya erişimin kısıtlı olduğu coğrafyalarda su tasarrufu sağladığı görülmüştür. Bu da hem ekonomik açıdan avantaj sağlayıp hem de sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı desteklemektedir.

Sonuç olarak, YGES'ler sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğrudan katkı sağlayan, temiz, yenilenebilir ve ekonomik açıdan avantajlı enerji çözümleridir. Su rezervuar yüzeylerine kurulmaları enerji verimliliğini artırırken su kaynaklarını korumaya da yardımcı olurlar. Aynı zamanda, iş fırsatları yaratır, ekonomik büyümeye katkıda bulunur ve yenilikçilik ile altyapı gelişimine destek olurlar. YGES'ler, küresel sürdürülebilirlik çabalarına önemli bir katkı sağlayarak geleceğin enerji ihtiyaçlarını karşılamada kritik rol oynayabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, "2022 Yılı Yağış Değerlendirmesi", 2022. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>
- [2] B. Selek ve H. Aksu, "Water Resources Potential of Turkey", 2020, ss. 241-256. doi: 10.1007/978-3-030-11729-0_8.
- [3] M. Demircan, G. Hüdaverdi, H. Arabacı, ve M. Coşkun, "Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları", 2017.
- [4] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı", 2023. [https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2022 yilinda elektrik üretimimizin%2C 4,gücü 105.135 MW%27a ulaşmıştır. \(erişim 20 Eylül 2023\).](https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2022 yilinda elektrik üretimimizin%2C 4,gücü 105.135 MW%27a ulaşmıştır. (erişim 20 Eylül 2023).)
- [5] UNDP, "Delivering Sustainable Energy in a Changing Climate: Strategy Note on Sustainable Energy", 2016.
- [6] R. A. Topçu, "Su Yönetimi ve Enerji Verimliliği", 2017. <https://www.temizmekan.com/su-yonetimi-ve-enerji-verimliliği/>
- [7] UNDP, "Sustainable Development Goals", New York, 2017. [Çevrimiçi]. Available at: www.undp.org
- [8] Wikipedia İnternet Sitesi, "Wikipedia - Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri", 2024. https://tr.wikipedia.org/wiki/Sürdürülebilir_Kalkınma_Amaçları
- [9] A. Hacımale, "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 7: Erişilebilir Temiz Enerji". <https://www.tskb.com.tr/blog/surdurulebilirlik/surdurulebilir-kalkinma-hedefleri-7-erisilebilir-temiz-enerji>
- [10] R. Cazzaniga, M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, ve G. M. Tina, "Integration of PV floating with hydroelectric power plants", Heliyon, c. 5, sayı 6. Elsevier Ltd, 01 Haziran 2019. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01918.
- [11] A. Sahu, N. Yadav, ve K. Sudhakar, "Floating photovoltaic power plant: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, c. 66. Elsevier Ltd, ss. 815-824, 01 Aralık 2016. doi: 10.1016/j.rser.2016.08.051.
- [12] K. Trapani ve M. Redón Santafé, "A review of floating photovoltaic installations: 2007-2013", Progress in Photovoltaics: Research and Applications, c. 23, sayı 4. John Wiley and Sons Ltd, ss. 524-532, 01 Nisan 2015. doi: 10.1002/pip.2466.

- [13] World Bank Group, ESMAP, ve SERIS, "Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report", Washington DC., 2019. [Çevrimiçi]. Available at: www.worldbank.org
- [14] H. M. Pourn, M. Padilha Campos Lopes, T. Nogueira, D. Alves Castelo Branco, ve Y. Sheng, "Environmental and technical impacts of floating photovoltaic plants as an emerging clean energy technology", *iScience*, c. 25, sayı 11, s. 105253, 2022, doi: 10.1016/j.isci.2022.105253.
- [15] M. I. Kulat, K. Tosun, A. B. Karaveli, I. Yucel, ve B. G. Akinoglu, "A sound potential against energy dependency and climate change challenges: Floating photovoltaics on water reservoirs of Turkey", *Renew. Energy*, c. 206, sayı February, ss. 694–709, 2023, doi: 10.1016/j.renene.2022.12.058.
- [16] Y. K. Choi, "A study on power generation analysis of floating PV system considering environmental impact", *Int. J. Softw. Eng. its Appl.*, c. 8, sayı 1, ss. 75–84, 2014, doi: 10.14257/ijseia.2014.8.1.07.
- [17] R. G. Sanchez, I. Kougias, M. Moner-Girona, F. Fahl, ve A. Jäger-Waldau, "Assessment of floating solar photovoltaics potential in existing hydropower reservoirs in Africa", *Renew. Energy*, c. 169, ss. 687–699, May. 2021, doi: 10.1016/j.renene.2021.01.041.
- [18] G. M. Tina, F. Bontempo Scavo, L. Micheli, ve M. Rosa-Clot, "Economic comparison of floating photovoltaic systems with tracking systems and active cooling in a Mediterranean water basin", *Energy Sustain. Dev.*, c. 76, sayı July, s. 101283, 2023, doi: 10.1016/j.esd.2023.101283.
- [19] Y. Ueda, K. Kurokawa, M. Konagai, S. Takahashi, A. Terazawa, ve H. Ayaki, "Five Years Demonstration Results of Floating PV Systems with Water Spray Cooling", içinde 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2012, ss. 3926–3928.
- [20] N. Ravichandran, N. Ravichandran, ve B. Panneerselvam, "Floating photovoltaic system for Indian artificial reservoirs – an effective approach to reduce evaporation and carbon emission", *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, c. 19, sayı 8, ss. 7951–7968, Ağu. 2022, doi: 10.1007/s13762-021-03686-4.
- [21] İSKİ ve Meteo-Enerji Ltd. Şti., "Büyükçekmece Barajı Gölünde Yüzer Fotovoltaik (YFV) Sistemleri ile Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Fizibilite Araştırması", İstanbul, 2016.
- [22] A. D. Şahin ve İstanbul Teknik Üniversitesi, "Yüzer Güneş Enerji Santrali (Floating PV Power Plant)", Patent Number: 2017 04865, 2018
- [23] A. D. Şahin ve İstanbul Teknik Üniversitesi, "Yüzer Duba (Pontoon)", Patent Number: 2017 03554, 2018
- [24] M. S. Korkmaz, "Buharlaştırma Kayıplarının Yüzer Fotovoltaik Sistemler ile Azaltılması (Yüksek Lisans Tezi)", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [25] I. S. Rodrigues, G. L. B. Ramalho, ve P. H. A. Medeiros, "Potential of floating photovoltaic plant in a tropical reservoir in Brazil", *J. Environ. Plan. Manag.*, c. 63, sayı 13, ss. 2334–2356, Kas. 2020, doi: 10.1080/09640568.2020.1719824.
- [26] A. C. Brent, D. MacKenzie, ve J. Hinkley, "Floating photovoltaic systems: potential implications for Aotearoa New Zealand", *J. R. Soc. New Zeal.*, ss. 1–9, 2022, doi: 10.1080/03036758.2022.2152466.
- [27] M. I. İslam vd., "Techno-Economic and Carbon Emission Assessment of a Large-Scale Floating Solar PV System for Sustainable Energy Generation in Support of Malaysia's Renewable Energy Roadmap", *Energies*, c. 16, sayı 10, s. 4034, May. 2023, doi: 10.3390/en16104034.
- [28] Y. Jin vd., "Energy production and water savings from floating solar photovoltaics on global reservoirs", *Nat. Sustain.*, 2023, doi: 10.1038/s41893-023-01089-6.
- [29] J. P. Reges, P. C. M. Carvalho, J. C. De Araujo, ve T. C. Carneiro, "Sizing Methodology of Floating Photovoltaic Plants in Dams of Semi-Arid Areas", *J. Sol. Energy Eng. Trans. ASME*, c. 144, sayı 4, Ağu. 2022, doi: 10.1115/1.4052959.
- [30] G. Exley vd., "Floating solar panels on reservoirs impact phytoplankton populations: A modelling experiment", *J. Environ. Manage.*, c. 324, sayı December, ss. 1–12, 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116410.
- [31] A. Verma, M. Gangavarapu, ve P. S. Kulkarni, "Design and Feasibility analysis of Floating Solar Photovoltaic System for Minicoy Island, India", 2022 22nd Natl. Power Syst. Conf. NPSC 2022, sayı March, ss. 572–577, 2022, doi: 10.1109/NPSC57038.2022.10069946.
- [32] F. C. Prinsloo, "Environmental impact and assessment for floating solar systems on wine farms in the Western Cape Wine Region", The University of South Africa, 2017. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/313635011>
- [33] J. C. R. Kumar ve M. A. Majid, "Floating solar photovoltaic plants in India – A rapid transition to a green energy market and sustainable future", SAGE Publications Inc., 2021. doi: 10.1177/0958305X211057185.



ÖZEL SAYI 2021



ÖZEL SAYI 2022



ÖZEL SAYI 2023



İKLİM SAYI 20



İKLİM SAYI 30



İKLİM SAYI 40

Bütün sayılara ulaşmak için tıklayınız.

www.meteoroloji.org.tr/bultenler