



**MÜHENDİSLİK VE
MİMARLIK BİLİMLERİ** Teori,
Güncel Araş malar ve Yeni
Eğilimler-3

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Can ÇİVİ

MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK BİLİMLERİ

Teori, Güncel Araştırmalar ve Yeni Eğilimler 3

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Can ÇİVİ

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Can ÇİVİ

/Birinci Baskı / First Edition •© Eylül / September 2021

Cetinje-Montenegro

ISBN • 978-9940-46-083-9

© copyright All Rights Reserved

web: www.ivpe.me

Tel. +382 41 234 709

e-mail: office@ivpe.me



Cetinje, Montenegro

ÖN SÖZ

Yaygın internet kullanımı ve yapay zeka teknolojileri vasıtasıyla dijitalleşme ve bilişim; tüm süreçlerde yer alan ve gelişmelere yön veren en temel unsurlar halini almıştır. Tüm bunların yanında küreselleşmenin sonucu olarak mesafe kavramının ortadan kalkması, bilgi ve veri akışını hızla artırırken, insan kitlelerini de daha girift hale getirmektedir. Bu durum hem ekonomik-kültürel anlamda yoğun etkileşim sağlamakla beraber hem de dünyanın bir ucunda ortaya çıkan salgının hızla yayılmasına ve küresel bir sorun haline gelmesine sebep olabilirken aynı zamanda eş zamanlı ve etkileşimli yürütülen başarılı çalışmalarla çözüm üretilmesine de olanak sunabilmektedir. Küreselleşme ve dijitalleşmenin çeşitli konularda olumsuz etkileri olabileceği gibi, çok disiplinli ve doğru kurgulanmış metodolojik yaklaşımlarla aslında birçok sorunun en verimli şekilde çözümü olabileceği yakın tarihimizde defalarca ortaya konmuştur.

Bu nedenledir ki, MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK BİLİMLERİ Teori, Güncel Araştırmalar ve Yeni Eğilimler 3 isimli kitapta gündeme alınan yapay zeka, iletişim, lojistik, sürdürülebilir kalkınma, yeşil ve sürdürülebilir şehirler gibi hayati kavramlar üzerine yapılan araştırmalar; çeşitli yönleriyle de olsa dünyamızın daha yaşanabilir olması ve bilimsel entegrasyon açısından siz okuyucularımızın değerlendirmelerine sunulmuştur.

Bu kitapta, ülkemizin dört bir yanından çeşitli şehirlerde bulunan mühendislik ve mimarlık alanında eğitim veren üniversitelerimizdeki değerli hocalarımızın uzmanlık alanları ile bilişim teknolojilerini entegre ettikleri çalışmalara yer verilmiştir. Kitabın ortaya çıkmasında çalışmalarını katkıda bulunan yazarlara ve çalışmaların değerlendirilmesinde katkıda bulunan hakemlere teşekkür eder ve daha sürdürülebilir bir gelecek için verdikleri mücadelede başarılar dileriz.

Dr.Öğr.Üyesi Can Çivi

Editör

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
BÖLÜM I	
BULANIK AHP YÖNTEMİ KULLANILARAK KONTEYNER LİMANLARININ TEMEL PERFORMANS GÖSTERGELERİNİN AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ	
Ercan Yüksek yıldız.....	1
BÖLÜM II	
FONKSİYONEL OLARAK ULAŞIM VE EKONOMİ İLİŞKİSİ	
Hümevra Bolakar Tosun.....	21
BÖLÜM III	
SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMADA PROBLEM VE PROJE TABANLI ÖĞRENMENİN HİBRİT KULLANIMI	
Hüseyin Yener & Fatma Şahin.....	35
BÖLÜM IV	
ERA5 RE-ANALİZ VERİLERİ İLE İSTATİSTİKSEL ÖLÇEK İNDİRGEME YÖNTEMİ UYGULANARAK RİZE İLİ AYLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞERLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ	
H. Yıldırım Dalkılıç & Sefa Nur Yeşilyurt.....	63
BÖLÜM V	
YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ VE ENERJİ ETKİN YAPI UYGULAMALARININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	
Rüveyda Kömürlü, Buket Nil Topsakal.....	79
BÖLÜM VI	
YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ MALZEME KATEGORİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: BREEAM, LEED VE ÇEDBİK-B.E.S.T.	
Rüveyda Kömürlü & Göksu Yıldırım.....	99

BÖLÜM VII

PANDEMİ İLE ARTAN KONUT KULLANIMININ KULLANICI SEÇİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Sebahat Sevde Sağlam & Seden Acun Özgünler.....117

BÖLÜM VIII

OTOMASYONDA PROGRAMLANABİLİR LOJİK DENETLEYİCİLER KULLANIMI VE PROGRAMLANMASI

Süleyman Adak.....137

BÖLÜM I

BULANIK AHP YÖNTEMİ KULLANILARAK KONTEYNER LİMANLARININ TEMEL PERFORMANS GÖSTERGELERİNİN AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Ercan Yüksekıldız

Samsun Üniversitesi, e-mail:ercan.yuksekyildiz@samsun.edu.tr

Orcid no: 0000-0001-7199-8267

1. Giriş

Limanlarda yükleme-boşaltma, pilotaj, römorkaj, depolama, puantaj, barınma vb. gibi birçok hizmet verilmektedir (Altınçubuk, 2000). Verilen bu hizmetlerin eksiksiz bir şekilde yürütülmesi ile ulaştırma hizmetleri olumlu yönde etkilenecek, aksi takdirde ise tüm sistemi olumsuz şekilde etkileyecektir (Bayar, 2005).

Liman verimliliği tanımı oldukça yaygın kullanılmakla birlikte geniş bir anlam ifade etmektedir. Limanların sektör hedeflerinin belirlenmesi, kalkınma ve büyüme tahminlerinin yapılabilmesi amacıyla limanların verimlilikleri hesaplanmalıdır. Denizcilik sektöründe yaşanan yoğun rekabet, azalan kâr marjı ve müşterilerin sürekli değişen talepleri nedeniyle limanlar verimliliklerini ölçmek zorundadırlar. Bir limanın verimliliği birçok faktöre bağlıdır ve bu faktörler temel performans göstergeleri (TPG) olarak da bilinir. Limanların verimlilik ölçümü için kullanılan TPG'ler her bir liman için aynı şekilde kullanılamamaktadır. Bu göstergelerin limanların ticari aktivite ve ana karakteristikleri dikkate alınarak belirlenmesi oldukça önemlidir (Bartan, 2007).

Konteyner limanlarının verimlilik ölçümleri ilgili oldukça fazla çalışma vardır. Bu çalışmalarda değişik yöntem ve metotlarla konteyner limanlarının verimlilikleri belirlenmeye çalışılmış ve her bir çalışmada kendine özgü farklı TPG'ler kullanılmıştır. Kullanılan yöntem ve metot ne olursa olsun konteyner limanların verimliliklerinin ölçümünde kullanılan temel performans göstergelerinin doğru olarak seçilememesi elde edilen bulguların yanlış olmasına sebep olacaktır. Sonuç olarak verimlilik sonuçları da hatalı olacağından düzeltilmesi gereken eksiklikler ve verimlilik azalmasına sebep olan nedenler de doğru bir şekilde analiz edilemeyecektir. Bu nedenle TPG'lerin doğru olarak belirlenmesi verimlilik çalışmaları için oldukça önemli ve dikkat isteyen bir aşama olarak kabul edilmektedir.

Yapılan çalışmada konteyner limanlarının verimliliklerinin ölçümünde etkili olan temel göstergeler literatür çalışması ve uzman görüşleri alınarak belirlenmiş ve hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Elde edilen hiyerarşik yapıdaki TPG'ler ikili karşılaştırma matrisleri şeklinde uzman grubuna uygulanarak görüşleri alınmıştır. Uzmanların görüşleri doğrultusunda konteyner limanlarının verimliliklerinin ölçümünde etkili olan TPG'lerin önem sıralaması bulanık AHP yöntemiyle yapılarak, limanlarda rekabetin sürdürülebilirliği ve karlılığın arttırılabilmesi için dikkate alınması gereken hususlar belirlenmiştir. Bulanık AHP yöntemi belirsizliğin olduğu ortamlarda gerçekçi kararlar verebilmek için kullanılan bir yöntemdir. Çalışmanın sonucunda rekabetçi bir ortamda faaliyet gösteren konteyner limanlarının verimliliklerini arttırmak için nasıl bir yaklaşım sergilemesi gerektiği belirtilmiştir.

2. Materyal ve metot

Konteyner limanlarının verimliliklerinin ölçümünde etkili olan temel göstergeleri tespit edebilmek amacıyla literatür taraması yapılmış ve konu ile ilgili uzmanların görüşleri alınmıştır. Konunun uzmanı olarak bir liman başkanı, bir denizci akademisyen ve bir liman operasyon müdürünün görüşlerine başvurulmuştur.

Yapılan inceleme ve literatür taraması sonucunda konteyner limanlarının verimliliklerini belirlemede en çok tercih edilen TPG'lerin gemi ile ilgili, yanaşma yeri ile ilgili, terminal ile ilgili, finans ve iş ile ilgili değişkenler olmak üzere 4 ana ve 18 alt başlık altında toplandığı tespit edilmiştir. Belirlenen TPG'ler Tablo 1'de gösterilmiştir.

2.1. Bulanık AHP

Literatürde birçok BAHP yaklaşımı mevcuttur. Üçgen bulanık sayılar kullanılarak yapılan ve bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) BAHP ile ilgili ilk çalışmayı yapmıştır. Sonrasında ise Buckley (1985) yeni bir yöntem geliştirerek BAHP'yi yamuk bulanık sayılar kullanarak uygulamıştır. Chang (1996), BAHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebe değerleri için mertebe analizi yöntemini kullanarak BAHP'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur (Kaptanoğlu ve Özok, 2006). Bu yöntemin en avantajlı yanı hesap gereksiniminin az olması ve klasik AHP'nin adımlarını izleyerek ilave işlem gerektirmemesidir. Dezavantajı ise sadece bulanık üçgen sayıları kullanmasıdır (Göksu ve Güngör, 2008).

Tablo 1. Konteyner verimliliklerinin ölçümünde etkili olan temel performans göstergeleri

Kategori	Göstergeler	Literatür
Gemi ile ilgili değişkenler	Limana gelen gemi sayısı	Al-Eraqi vd. (2008); Tongzon vd. (2008); Rajasekar ve Deo (2014); López-Bermúdez vd. (2019); Dayananda ve Dwarakish (2020)
	Ortalama gemi bağlanma süresi	Tongzon (2001); Dayananda ve Dwarakish (2020)
	Römorkör sayısı	Tongzon, (2001); Schøyen ve Odeck (2013)
Yanışma yeri değişkenleri	Rıhtım uzunluğu	Nottebomm vd. (2000); Cullinane vd. (2002); Itoh (2002); Wang vd. (2003); Wiegman vd. (2004); Tongzon ve Heng. (2005); Bayar (2005); Birgün ve Akten (2005); Cullinane ve Song (2006); Sun vd. (2006); Cullinane ve Wang (2006); Tongzon vd. (2008); Wu ve Goh (2010); Hung vd. (2010); Ateş (2010); Morales-Sarriera vd. (2013); Yuen vd. (2013); Trujillo vd. (2013); Ateş ve Esmer (2013); Schøyen ve Odeck (2013); Rajasekar ve Deo (2014); Serebrisky vd. (2016); Perez vd. (2016); Yüksek yıldız ve Tunçel (2020)
	Kreyn/elleçleme ekipmanı sayısı	Nottebomm vd. (2000); Tongzon (2001); Itoh (2002); Wang vd. (2003); Song ve Han (2004); Bayar (2005); Tongzon ve Heng. (2005); Birgün ve Akten (2005); Cullinane ve Song (2006); Rios ve Maçada (2006); Cullinane ve Wang (2006); Panayides vd. (2008); Al-Eraqi vd. (2008); Tongzon vd. (2008); Wu ve Goh (2010); Hung vd. (2010); Ateş (2010); Ateş ve Esmer (2013); Trujillo vd. (2013); Morales-Sarriera vd. (2013); Yuen vd. (2013); Serebrisky vd. (2016); Perez vd. (2016); López-Bermúdez vd. (2019)

Tablo 1'in devamı

Kategori	Göstergeler	Literatür
	Net kreyn verimi	Dowd ve Leschine (1990); Cullinane vd. (2002); Wilmsmeier vd. (2013)
	Yanaşma yeri sayısı	Tongzon (2001); Song ve Han (2004); Sun vd. (2006); Rios ve Maçada (2006); Tongzon vd. (2008); Hung vd. (2010); Ateş (2010); Rajasekar ve Deo (2014)
	Yük elleçleme kapasitesi	Çağlar (2012); Yüksek yıldız ve Tunçel (2020)
	Yanaşma derinliği	Tongzon vd. (2008); Ateş ve Esmer (2013); Yüksek yıldız ve Tunçel (2020)
	Terminalde kalma süresi	Dowd ve Leschine (1990); Cullinane ve Song (2003); Dayananda ve Dwarakish (2020)
Terminal değişkenleri	Terminal boyutu/alanı	Nottebomm vd. (2000); Cullinane vd. (2002); Itoh (2002); Wang vd. (2003); Wiegman vd. (2004); Tongzon ve Heng. (2005); Cullinane ve Song (2006); Sun vd. (2006); Rios ve Maçada (2006); Cullinane ve Wang (2006); Panayides vd. (2008); Tongzon vd. (2008); Wu ve Goh (2010); Hung vd. (2010); Trujillo vd. (2013); Schøyen ve Odeck (2013); Yuen vd. (2013); Morales-Sarriera vd. (2013); Wilmsmeier vd. (2013); Serebrisky vd. (2016); Yüksek yıldız ve Tunçel (2020)
	Terminal depolama kapasitesi	Birgün ve Akten (2005); Sun vd. (2006); Al-Eraqi vd. (2008); Ateş (2010); Çağlar (2012); Ateş ve Esmer (2013); Perez vd. (2016)

Tablo 1'in devamı

Kategori	Göstergeler	Literatür
	Mülkiyet (özel veya kamu)	Cullinane vd. (2002), Clark vd. (2004); Tongzon ve Heng (2005); Gonzalez ve Trujillo (2008); Yuen vd. (2013)
	Elleçlenen konteyner miktarı	Roll ve Hayuth (1993); Tongzon (2001); Itoh (2002); Cullinane vd. (2002); Wang vd. (2003); Song ve Han (2004); Wiegman vd. (2004); Tongzon ve Heng. (2005); Bayar (2005); Birgün ve Akten (2005); Cullinane ve Song (2006); Sun vd. (2006); Rios ve Maçada (2006); Cullinane ve Wang (2006); Panayides vd. (2008); Al-Eraqi vd. (2008); Tongzon vd. (2008); Wu ve Goh (2010); Ateş (2010); Hung vd. (2010); Çağlar (2012); Morales-Sarriera vd. (2013); Wilmsmeier vd. (2013); Ateş ve Esmer (2013); Trujillo vd. (2013); Yuen vd. (2013); Rajasekar ve Deo (2014); Perez vd. (2016); López-Bermúdez vd. (2019); Yüksek yıldız ve Tunçel (2020)
	İşgücü maliyetleri	Dowd ve Leschine (1990); Roll ve Hayuth (1993); Martinez-Budria vd. (1999); Cullinane ve Song (2003)
Finans ve iş ile ilgili değişkenler	Personel sayısı	Dowd ve Leschine (1990); Tongzon (2001); Itoh (2002); Estache vd. (2002); Barros (2005); Gonzalez ve Trujillo (2008); Çağlar (2012); Núñez-Sanchez ve Coto-Millan (2012); Wilmsmeier vd. (2013); Rajasekar ve Deo (2014)
	Sermaye	Roll ve Hayuth (1993); Cullinane ve Song (2003)
	Amortisman	Martinez-Budria vd. (1999); Cullinane ve Song (2003)

Bu çalışmada Chang (1996) tarafından geliştirilen, BAHF uygulamaları içinde sıklıkla kullanılan, kolay ve basit olmasının yanı sıra bulanık sayılardan gerçek öncelik değerleri elde edilmesini sağlayan Meritebe Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin seçilmesindeki bir diğer sebep de karar verme sürecinde belirsizliğin etkilerini en aza indirmesidir (Vatansever ve Uluköy, 2013).

Bu yöntemde $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ amaç kümesi olmak üzere, her bir ölçüt her bir amacı gerçekleştirmek için ele alınır ve meritebe analizi yapılır. Böylelikle ikili karşılaştırma matrisleri yardımıyla m adet meritebe analiz değeri elde edilir. Bu değerler üçgen bulanık sayılar olmak üzere $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$ $i = \{1, 2, \dots, n\}$ şeklinde gösterilir.

Chang'ın (1996) önerdiği meritebe analiz yaklaşımı dört aşamada tanımlanabilir.

Aşama 1. Ölçüt i 'ye göre bulanık sentetik meritebe değeri belirlenir:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad j = \{1, 2, \dots, m\} \quad (1)$$

Formül 1'deki $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde edebilmek amacıyla m adet meritebe analiz değerinin bulanık toplama işlemi aşağıdaki şekilde yapılır;

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2)$$

Sonrasında ise $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$ ifadesini elde edebilmek için $M_{g_i}^m$ $j = \{1, 2, \dots, m\}$ değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapılarak (Formül 3) elde edilen vektörün tersi hesaplanır (Formül 4).

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

Aşama 2. $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ için olabilirlik derecesi aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)] \quad (5)$$

Formül 5 açıldığında;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1, \\ 0 & l_1 \geq u_2, \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (6)$$

elde edilmektedir.

Formül 6'daki d değeri, $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgen bulanık sayılarının kesişim noktasının ordinatıdır. M_1 ve M_2 'yi karşılaştırabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir.

Adım 3. Konveks bir bulanık sayının k tane bulanık sayıdan M_i ($i=1, 2, \dots, k$) daha büyük olmasının olabilirlik derecesi de hesap edilmelidir;

$$V(M \geq M_1, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad (7)$$

Burada $i=1, 2, \dots, k$; $k \neq i$ için $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğu düşünülürse ağırlık vektörü formül 8'deki gibi hesap edilir:

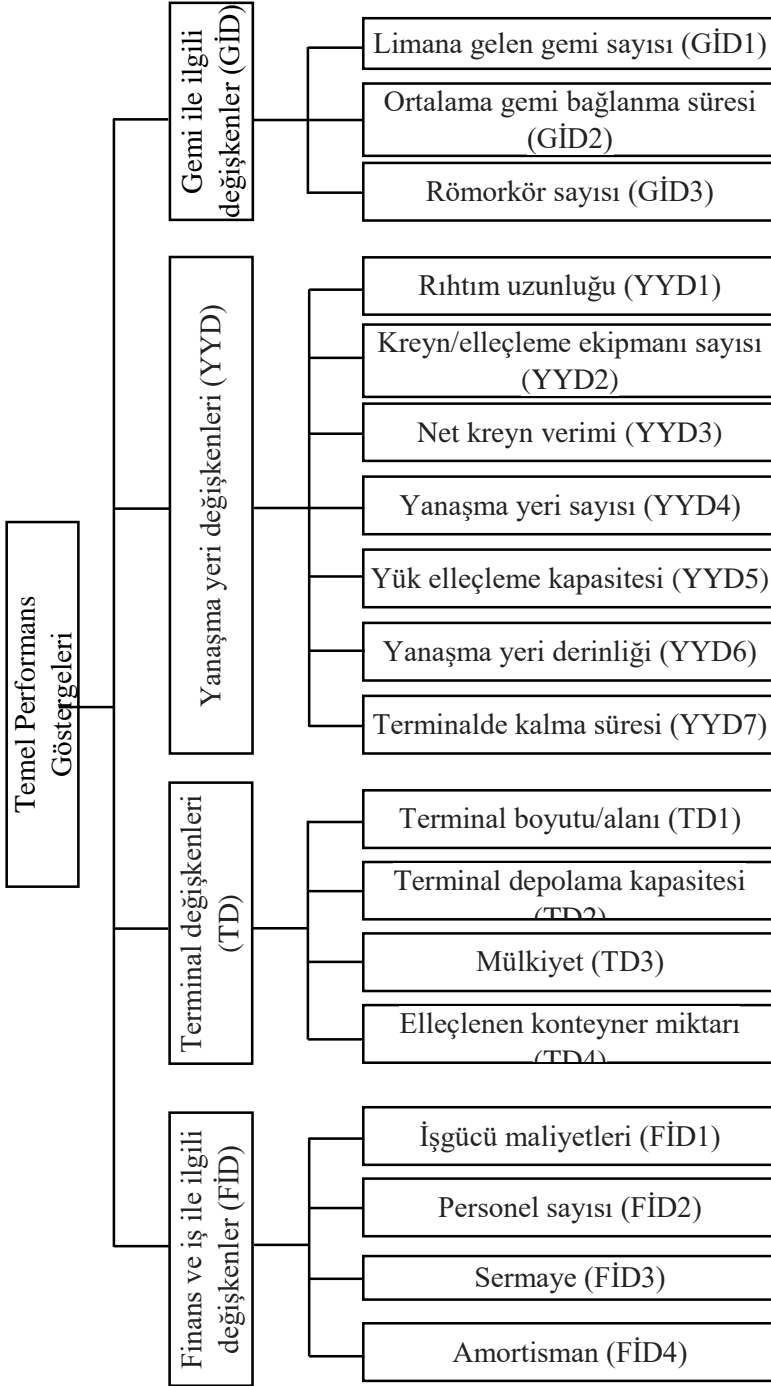
$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Adım 4. Ağırlık vektörlerinin normalize edilmesi:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Burada W artık gerçek sayılardan oluşan bir ağırlık vektörüdür. Üçgen bulanık sayılar ile oluşturulan karşılaştırma matrisiyle hesaplanan W ağırlık vektörü ile klasik AHP yönteminin hiyerarşik yapısına uygun olarak alternatiflerin ağırlıkları bulunur.

Konteyner limanları için belirlenen TPG'lerin önem derecelerini belirlemek amacıyla ana kriterler ve onlara ait olan alt kriterler belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Literatür incelemesi ve uzman görüşleri sonucu elde edilen ana ve alt kriterler kullanılarak oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. TPG'ler için belirlenen hiyerarşik yapı

Daha sonra ise kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için karar vericilerden ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Bulanık AHS yönteminde ikili karşılaştırmalar için çeşitli ölçekler kullanılmakta olup, sıklıkla kullanılan ölçek bulanık üçgensel sayılardan oluşmaktadır. Bulanık üçgensel sayılardan oluşan ölçek Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Dilsel değerlendirme ölçeği ve üyelik fonksiyonları (Zyoud vd., 2016)

Dilsel Değişkenler	Üyelik Fonksiyonu	Karşıtı
Eşit Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Orta Önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Güçlü Önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Güçlü Önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Mutlak Önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapıldıktan sonra karar vericilere ait değerlendirmeler Tablo 2’deki önem ölçeği kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Uzmanların yaptıkları karşılaştırmalara göre aynı kritere ait değerlerin geometrik ortalaması alınarak, uzman görüşleri tek bir bulanık sayı haline getirilmiştir. Bulanık sayıların ortalamalarının hesaplanması için literatürde yaygın olarak kullanılan teknik geometrik ortalama alınmasıdır (Saaty, 1980). Uzmanların verdikleri cevapların geometrik ortalamaları ile oluşturulan matris Tablo 3’te görülmektedir.

Tablo 3. Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	GİD	YYD	TD	FİD
GİD	(1 1 1)	(0.342, 0.481, 1)	(0.179, 0.281, 0.693)	(1.442, 3.557, 5.593)
YYD		(1 1 1)	(1.442, 2.466, 3.271)	(2.080, 4.217, 6.257)
TD			(1 1 1)	(0.843, 1.710, 3.271)
FİD				(1 1 1)

Tablo 3’ten elde edilen verilerle oluşturulan ana kriterlerin bulanık sayı değerleri Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır. Bulunan bulanık sayı değerleri Tablo 4’te gösterilmektedir. GİD ana kriteri için yapılan bulanık sayı değerlerinin hesaplama aşamaları aşağıda gösterilmektedir. YYD, TD ve FİD kriterleri içinde aynı adımlar uygulanmıştır.

$$l_{GİD} = 1+0.342+0.179+1.442=2.963$$

$$m_{GİD} = 1+0.481+0.281+3.557=5.319$$

$$u_{GİD} = 1+1+0.693+5.593=8.286$$

Tablo 4. GİD ana kriterinin bulanık sayı değerleri

	GİD	YYD	TD	FİD	Toplam
l	2.963	5.522	3.591	1.644	13.720
m	5.319	9.763	6.672	2.103	23.857
u	8.286	13.452	10.558	3.359	35.655

Bulanık sayıların genel toplamının hesaplanması amacıyla Eşitlik 3 kullanılarak kriterlerin bulanık sayı değerleri toplamı bulunmuştur. Genel toplamın tersi Eşitlik 4 yardımıyla alınarak $(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l})$ işlemi yapılmıştır. Bu nedenle $(\frac{1}{13.720}, \frac{1}{23.857}, \frac{1}{35.655})$ işleminin sonucunda vektör değeri (0.028; 0.042; 0.073) olarak bulunmuştur.

Eşitlik 1 yardımıyla ana kriterlere ait bulanık üçgensel sayı değerleri ile elde edilen vektör değeri çarpılarak sentez değerleri hesaplanmaktadır.

$$S_{GİD} = (2.963; 5.319; 8.286) \otimes (0.028; 0.042; 0.073)$$

$$= (0.083; 0.0223; 0.604)$$

$$S_{YYD} = (5.522; 9.763; 13.452) \otimes (0.028; 0.042; 0.073)$$

$$= (0.155; 0.409; 0.980)$$

$$S_{TD} = (3.591; 6.672; 10.558) \otimes (0.028; 0.042; 0.073)$$

$$= (0.101; 0.280; 0.769)$$

$$S_{FİD} = (1.644; 2.103; 3.359) \otimes (0.028; 0.042; 0.073)$$

$$= (0.406; 0.088; 0.245)$$

Eşitlik 5 ve 6 kullanılarak ana kriterlerin birbirleriyle yapılan ikili karşılaştırmaları sonucunda elde edilen sentetik mertebe olabilirlik dereceleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ana kriterler için sentetik mertebe değerleri

V ($S_i \geq S_k$)	GİD	YYD	TD	FİD
GİD	-	0.706	0.898	1
YYD	1	-	1	1
TD	1	0.825	-	1
FİD	0.545	0.219	0.429	-

Konveks bir bulanık sayının k tane bulanık sayıdan M_i ($i=1, 2, \dots, k$) daha büyük olmasının olabilirlik derecesi Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanarak W' ağırlık vektörü (0.706; 1; 0.825; 0.219) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlık vektörünün Eşitlik 9 yardımıyla normalize edilmesiyle yeni ağırlık vektörü $W = (0.257; 0.363; 0.300; 0.080)$ olarak bulunmuştur.

Ana kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için yapılan işlemler benzer şekilde alt kriterler için oluşturulan bulanık karşılaştırma matrislerine uygulanarak alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Her bir alt kriter için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri ve hesaplamalar sonucu elde edilen ağırlıklar Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 6. GİD kriterinin alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları

	GİD 1	GİD 2	GİD 3	Kriter ağırlığı
GİD 1	(1, 1, 1)	(1.00, 1.44, 1.71)	(1.26, 3.56, 5.59)	0.470
GİD 2		(1, 1, 1)	(0.58, 1.44, 2.92)	0.313
GİD 3			(1, 1, 1)	0.217

Tablo 7. TD kriterinin alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları

	TD 1	TD 2	TD 3	TD 4	Kriter ağırlığı
TD 1	(1, 1, 1)	(0.52, 0.84, 1.19)	(1.44, 3.56, 5.59)	(0.16, 0.24, 0.48)	0.255
TD 2		(1, 1, 1)	(1.00, 3.00, 5.00)	(0.16, 0.24, 0.48)	0.254
TD 3			(1, 1, 1)	(0.18, 0.28, 0.69)	0.060
TD 4				(1, 1, 1)	0.431

Tablo 8. YYD kriterinin alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları

	YYD 1	YYD 2	YYD 3	YYD 4	YYD 5	YYD 6	YYD 7	Kriter ağırlığı
YYD 1	(1, 1, 1)	(1, 2.08, 2.92)	(2.08, 4.21, 6.25)	(1 1 1)	(1.44, 2.46, 3.27)	(2.46, 4.71, 6.80)	(1.44, 3.55, 5.59)	0.223
YYD 2		(1, 1, 1)	(1.44, 3.55, 5.59)	(0.2, 0.33, 1.00)	(1.00, 2.08, 2.92)	(1.44, 3.55, 5.59)	(2.08, 4.21, 6.25)	0.200
YYD 3			(1, 1, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.17, 0.28, 0.69)	(1.44, 3.55, 5.59)	(0.52, 0.58, 0.69)	0.085
YYD 4				(1, 1, 1)	(1.44, 2.46, 3.27)	(3.55, 5.59, 7.61)	(1.44, 3.55, 5.59)	0.238
YYD 5					(1, 1, 1)	(0.75, 1.44, 2.26)	(0.52, 1.21, 2.02)	0.128
YYD 6						(1, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1.00)	0.015
YYD 7							(1, 1, 1)	0.111

Tablo 9. FİD kriterinin alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları

	FİD 1	FİD 2	FİD 3	FİD 4	Kriter ağırlığı
FİD 1	(1, 1, 1)	(0.31, 0.41, 0.69)	(0.58, 1.00, 1.71)	(1.00, 2.08, 2.92)	0.251
FİD 2		(1, 1, 1)	(1.00, 2.08, 2.92)	(1.00, 1.44, 1.71)	0.363
FİD 3			(1, 1, 1)	(1.44, 2.47, 3.27)	0.277
FİD 4				(1, 1, 1)	0.109

Tüm hiyerarşik yapı içerisinde yer alan ana ve alt kriterler için elde edilen ağırlıklar ve önem sıralamaları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Tüm kriterler için ağırlıklar ve önem sıralamaları

Ana kriterler	Ağırlık	Önem sırası	Alt kriterler	Ağırlık	Önem sırası	Toplam ağırlık	Toplam önem sırası
GİD	0.257	3	GİD 1	0.556	1	0.121	2
			GİD 2	0.335	2	0.080	5
			GİD 3	0.109	3	0.056	9
YYD	0.363	1	YYD 1	0.223	2	0.081	4
			YYD 2	0.200	3	0.073	8
			YYD 3	0.085	6	0.031	12
			YYD 4	0.238	1	0.086	3
			YYD 5	0.128	4	0.046	10
			YYD 6	0.015	7	0.005	18
			YYD 7	0.111	5	0.040	11
TD	0.300	2	TD 1	0.278	2	0.077	6
			TD 2	0.275	3	0.076	7
			TD 3	0.015	4	0.018	16
			TD 4	0.432	1	0.129	1
FİD	0.080	4	FİD 1	0.251	3	0.020	15
			FİD 2	0.363	1	0.030	13
			FİD 3	0.277	2	0.022	14
			FİD 4	0.109	4	0.009	17

3. Bulgular

Çalışmada yapılan BAHS analizinin sonuçlarına göre öncelik sırası YYD>TD>GİD>FİD şeklinde elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yaşama yeri ile ilgili değişkenlerin en önemli olduğu görülürken finansla ilgili değişkenlerin son sırada yer aldığı görülmektedir.

Toplam ağırlık değerleri ise ana kriterlere ait olan ağırlıklar ile ilgili alt kriterlerin ağırlıkları çarpılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toplam önem sıralaması yapılarak tüm alt kriterlerin sıralaması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda TD4 (Elleçlenen konteyner miktarı) kriterinin tüm kriterler içinde ilk sırada yer aldığı görülürken YYD6 kriterinin son sırada olduğu görülmektedir.

Toplam önem sıralamasına göre ilk 5 kriterin önem sırası TD4>GİD1>YYD4>YYD1>GİD2 şeklinde ortaya çıkmıştır. TD4 ve

GİD1 (Limana gelen gemi sayısı) kriterlerinin önem değerleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

4. Tartışma ve sonuç

Literatürde konteyner limanlarının verimlilik hesaplamalarıyla ilgili çok sayıda performans göstergesinin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bu performans kriterlerinin doğru seçilmemesi durumunda kullanılan metot ve yöntem her ne olursa olsun ortaya çıkacak olan hesaplamalarda yanlışlıklar söz konusu olacaktır. Dolayısıyla TPG'lerin dikkatlice belirlenmesi konteyner limanların verimlilik hesaplamalarında en önemli hususlardan birisidir. Yapılan çalışmada, konteyner limanlarının verimliliklerinin hesaplanmasında kullanılan TPG'ler belirlenerek, bulanık AHP yardımıyla önem sıralaması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında ana kriterler açısından en önemli performans göstergesinin yanaşma yeri değişkenleri (YYD) olduğu belirlenmiştir. Sonrasında ise terminal değişkenleri (TD) gelmektedir. Alt kriterler açısından yapılan değerlendirmede ise elleçlenen konteyner miktarı (TD4) kriterinin önem sıralamasında ilk sırayı aldığı sonrasında ise limana gelen gemi sayısı (GİD1), yanaşma yeri sayısı (YYD4), rıhtım uzunluğu (YYD1) ve ortalama gemi bağlanma süresi (GİD2) değişkenlerinin yer aldığı görülmektedir. Konteyner limanları için yapılan verimlilikle ilgili çalışmalara bakıldığında bu çalışmada elde edilen sıralamadaki performans göstergelerinin en sık kullanılan TPG'ler olduğu belirlenmiş ve yapılan çalışmanın oldukça doğru sonuçlar vermiş olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre konteyner limanlarının verimliliklerini daha da arttırabilmesi için bu performans göstergelerinde olumlu iyileştirmeler yapması gerekmektedir. Özellikle elleçlenen konteyner sayısının arttırılması ve gelen gemi sayısındaki artışlar limanın daha fazla verimli çalışmasına neden olacaktır. Çalışmanın rekabet şartlarının oldukça ağır olduğu limancılık sektöründe, liman yetkililerinin verimliliklerini arttırmak için hangi performans göstergeleri üzerinde daha fazla önem göstermeleri gerektiğine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada konteyner limanları için bulanık AHP kullanılarak TPG'lerin önem sıralaması yapılmıştır, diğer liman tipleri için TPG'ler belirlenerek farklı yöntemler kullanılarak önem sıralaması yapılabilir.

Kaynaklar

- Al-Eraqi, A. S., Mustafa, A., Khader, A. T. Barros, C. P. (2008), Efficiency of Middle Eastern and East African Seaports: Application of DEA Using Window Analysis, *European Journal of Scientific Research*, 23 (4): 597-612.
- Altınçubuk, F., (2000), Liman idare ve işletmesi, İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası, İstanbul, Yayın No:12.
- Ateş A., (2010), Türkiye Konteyner Terminallerinde Verimlilik Analizi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Ateş, A., Esmir, S. (2013), Türk Konteyner Terminalleri Üzerinde 2009 Yılı Küresel Finans Krizinin Etkileri, *Sayıştay Dergisi*, (91), 105-12
- Barros, C. P., (2005), Decomposing growth in portuguese seaports: a frontier cost approach. *Marit. Econ. Logist.* 7, 297-315.
- Bartan, D. (2007), Konteyner Terminallerinde Performans Değerlendirmesi ve İzmir Alsancak Limanı Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bayar, S. (2005), Veri Zarflama Analizi Kullanarak Liman Verimliliğinin Ölçülmesi: Türk Limanlarından Bir Örnek, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Birgun, S., Akten, N. (2005), Relative efficiencies of seaport container terminals: A DEA perspective. *International Journal of Integrated Supply Management*, 1(4), 442-456.
- Buckley, J. J. (1985), Fuzzy Hierarchical Analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247.
- Chang, Da-Yong. (1996), Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
- Clark, X., Dollar, D., Micco, A. (2004), Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade, *Journal of Development Economics*, 75(2), 417-450.
- Cullinane, K. P. B., Song, D. W. and Gray, R. (2002), A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Accessing the Influence of Administrative and Ownership Structures, *Transportation Research Part A*, 36, 743-762.

- Cullinane, K. P. B., Song, D. W. (2003), A Stochastic Frontier Model of the Productive Efficiency of Korean Container Terminals, *Applied Economics*, 35 (3).
- Cullinane, K. P. B., Song, D. W. (2006), Estimating the Relative Efficiency of European Container Ports: A Stochastic Frontier Analysis. Research in Transportation Economics Vol 16 Port Economics, Eds Cullinane, K., and Talley, W. K. Amsterdam, Netherlands.
- Cullinane, K., Wang, T. F. (2006), Data Envelopment Analysis (DEA) and Improving Container Port Efficiency, *Research in Transportation Economics*, 17, 517-566.
- Çağlar, V. (2012), Türk Özel Limanlarının Etkinlik Ve Verimlilik Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2012, İzmir, 129.
- Dayananda Shetty K., Dwarakish G.S. (2020), Measuring port performance and productivity, ISH, *Journal of Hydraulic Engineering*, 26:2, 221-227.
- Dowd T. J., Leschine T. M. (1990), Container terminal productivity: a perspective, *Maritime Policy & Management*, 17:2, 107-112.
- Estache, A., Gonzalez, M., Trujillo, L., (2002), Efficiency gains from port reform and the potential for yardstick competition: lessons from Mexico, *World Dev.*, 30 (4), 545-560.
- Gonzalez, M., Trujillo, L., (2008), Reforms and infrastructure efficiency in Spain's container ports, *Transp. Res. Part A*, 42 (1), 243-257.
- Göksu, A. ve Güngör İ. (2008), Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 13(3), 1-26.
- Hung, S.W., Lu, W.M., Wang, T.P. (2010), Benchmarking The Operating Efficiency of Asia Container Ports, *European J. Operational Res.*, 203, 706-713.
- Itoh, H. (2002), Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan: A Window Application of Data Envelopment Analysis, *Review of Urban & Regional Development Studies*. 14: 133-152.
- Kaptanoğlu, D., Özok, A. F. (2006), Akademik Performans Değerlendirilmesi İçin Bir Bulanık Model, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 5(1), 193-204.
- López-Bermúdez, B., Freire-Seoane, M. J., González-Laxe, F. (2019), Efficiency and productivity of container terminals in Brazilian ports (2008-2017), *Utilities Policy*, 56, 82-91.

- Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navarro-Ibanez, M., Ravelo-Mesa, T. (1999), A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis, *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 237-253.
- Morales-Sarriera, J., Araya, G., Serebrisky, T., Briceño-Garmendía, C., Schwartz, J., 2013, Benchmarking Container Port Technical Efficiency in Latin America and the Caribbean: a Stochastic Frontier Analysis, Banco Mundial, Policy research working paper 6680.
- Notteboom, T., Coeck, C., van den Broeck, J. (2000), Measuring and Explaining the relative Efficiency of Container Terminals by Means of Bayesian Stochastic Frontier Models, *International Journal of Maritime Economics*, 2(2), 83-106.
- Núñez-Sánchez, R., Coto-Millán, P. (2012), The impact of public reforms on the productivity of Spanish ports: A parametric distance function approach, *Transport Policy*, 24, 99-108.
- Rajasekar, T., Deo, M. (2014), Does Size Influence The Operational Efficiency of The Major Ports of India?-A Study, *IUP Journal of Operations Management*, 13(1), 20.
- Rios, L. R., Maçada, A. C. G. (2006), Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosur using DEA, *Maritime Economics & Logistics*, 8(4), 331-346.
- Roll, Y., Hayuth, Y. (1993), Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA), *Maritime policy and Management*, 20(2), 153-161.
- Panayides, P. M., Wang, T. F., Maxoulis, C. N. (2008), Measuring Seaport Economic Efficiency: A Comparative DEA Study, IAME Annual Conference, Dalian Maritime University, Dalian, China.
- Perez, I., Trujillo, L., González, M. M. (2016), Efficiency determinants of container terminals in Latin American and the Caribbean, *Utilities Policy*, 41, 1-14.
- Saaty, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Serebrisky, T., Sarriera, J. M., Suárez-Alemán, A., Araya, G., Briceño-Garmendía, C., Schwartz, J. (2016), Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean, *Transport Policy*, 45, 31-45.
- Schøyen, H., Odeck, J. (2013), The Technical Efficiency of Norwegian Container Ports: A Comparison to Some Nordic and UK Container

- Ports Using Data Envelopment Analysis (DEA), *Maritime Economics & Logistics*, 15(2), 197-221.
- Song, D. W., Han, C. H. (2004), An econometric approach to performance determinants of Asian container terminals, *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 39-53.
- Tongzon, J. (2001), Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis, *Transportation Research Part A: Policy And Practice*, 35(2), 107-122.
- Tongzon, J., Heng, W. (2005), Port Privatization, Efficiency and Competitiveness: Some Empirical Evidence from Container Ports (Terminals), *Transportation Research Part A*, 39, 405-424
- Tongzon, J., Chang, Y. T., Lee, S. Y. (2008), Efficiency Measurement of Selected Korean and Other International Ports Using Stepwise Data Envelopment Analysis (DEA), IAME Annual Conference, Dalian Maritime University, Dalian, Çin.
- Trujillo, L., González, M. M., Jiménez, J. L. (2013), An Overview on The Reform Process of African Ports, *Utilities Policy*, 25, 12-22.
- Van Laarhoven, P. M. J., Pedrycz, W. (1983), A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 1(11), 229-241.
- Vatansever, K., Uluköy, M. (2013), Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama, *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (2), 274-293.
- Wang, T. F., Cullinane, K., Song, D. W. (2003), Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of DEA and FDH Approaches, *Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 698-701.
- Wiegmans, B. W., Rietveld, P., Pels, E., van Woudenberg, S. (2004), Container terminals and utilisation of facilities, *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 313-339.
- Wilmsmeier, G., Tovar, B., Sanchez, R., (2013), The evolution of container terminal productivity and efficiency under changing economic environments, *Res. Transp. Bus. Manag.* 8, 50-66.
- Wu, Y. C. J., Goh, M. (2010), Container Port Efficiency in Emerging and More Advanced Markets, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(6), 1030-1042.

- Yuen, A. C. L., Zhang, A., Cheung, W. (2013), Foreign participation and competition: A way to improve the container port efficiency in China, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 220-231.
- Yüksekyıldız, E., Tunçel, A. (2020), Determining the Relative Efficiency of Container Terminals in Turkey Using Fuzzy Data Envelopment Analysis, *Marine Science and Technology Bulletin*, 9 (2), 102-113. DOI: 10.33714/masteb.711452
- Zyoud, S. H., Kaufmann, L. G., Shaheen, H., Samhan, S., Fuchs-Hanusch, D. (2016), A Framework For Water Loss Management in Developing Countries Under Fuzzy Environment: Integration of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS, *Expert Systems with Applications*, 61, 86-105.

BÖLÜM II

FONKSİYONEL OLARAK ULAŞIM VE EKONOMİ İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hümeýra Bolakar Tosun

Aksaray Üniversitesi, bolakarhumeýra@gmail.com

Orcid No: 0000-0002-6710-2277

1. Giriş

Tekerleğin icadı ile ulaşımda araç kullanımı tarihte ilk olarak başlamış varsayılr. Tekerleğin icadı uygarlık tarihinin en kapsamlı en önemli adımların biri olarak literatüre geçmiştir. Zaman geçtikçe her alanda olduğu gibi ulaşım ve ulaştırma alanında teknolojik yeniliklerle birlikte gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. Buhar gücü, petrol, elektrik, ve motor gibi yeniliklerin icadıyla son yüzyılda büyük gelişmeler olmuştur. Gemilerde buhar gücünden faydalanılması deniz ulaşımı ve yük taşımada yelkenli gemilere oranla daha çok hız, güvenlik ve konfor sağlamış ve aynı zamanda taşınan yolcu ve yük miktarı da artmıştır. Hızlı bir şekilde çok kısa zaman içinde dünyadaki üretim hacmi taşınan ham maddeler sayesinde artmıştır. Akabinde demiryolu ulaşımın ortaya çıkması ulaşım sektöründe ve sanayileşme adımımda yeni adımlar atılmış ve gelişen teknolojiyle yeni ulaştırma türleri ortaya çıkmıştır. Ve yaşadığımız yüzyıl içerisinde ulaşım alanında büyük adımlar atılmıştır. Artık ulaşım araçları daha hızlı daha güvenli ve daha konforlu hale gelmiştir. Bütün bu gelişmeler ve ilerlemeler dünyanın her yerine ham madde ulaşımını kolay bir şekilde iletebilmesinde dolayı, eskiye nazaran daha hızlı üretim yapılmasına olanak sağlamıştır. Ulaşım alanındaki bütün bu ilerlemelerin en önemli sebebi gelişen teknoloji olmuştur. Ve beraberinde gelişen teknoloji ile günümüz ulaşım seviyesine ulaşabilmiştir. Gelişen teknoloji beraberinde kombine taşımacılığı getirmiş ve artık ulaşım ve iletişim daha kolay hale gelmiştir.

Kaynak (2001)'e göre önümüzdeki yıllar içerisinde evrensel olarak tanımlanan bir ulaşım ağından veya ulaştırma sistemleri hakkında araştırmalar yapılarak konuşulmaya devam edileceğinden bahsedilmektedir. Tam anlamıyla evrensel bir biçimde birden çok ülkeyi birleştiren bazı ulaşım sistemlerinin ön planlamasına geçilmiştir. Çok çeşitli birden fazla ulaştırma sistemleri arasında rekabeti hafifletecek yani örneğin, yüksek hızlı trenler ve havayolu ulaşımı gibi şuan halen ciddi yarış içinde olan bazı ulaşım sistemlerinin birbirine entegre şekillerde planlanması ve tasarlanmasına başlanmıştır. Yani ilerleyen zamanlarda yaşadığı konuttan çıkan bir kişi bulunduğu kent içerisinde, bir şehirden başka bir şehre, hatta ülkeler arası ulaşmak istedikleri yerlere birbirine

entegre tek bir ulaşım türü içinde alışveriş yaparak seyahat edebilme imkanına sahip olabilecektir.

Evren ve Tekin (1997) yapmış oldukları çalışmalarında, ulaştırma sistemlerinde birleştirilmiş yani kombine taşımacılığın önemine dikkat çekmişlerdir. Şuan kullanılan birçok ulaştırma sisteminin birbirine olan üstünlüklerini avantajlarının artık azalmış olması ve bu da ulaşım sistemleri arasında birbirine olan bağlılığın ve birleştirilmiş sistemlerinin önemini gündeme getirmiştir. Bu aşamada, demiryolu ulaşım sistemi de diğer ulaşım türlerinde olduğu gibi önem kazanmaya başlamıştır. Bazı Avrupa Birliği ülkeleri ile bazı doğu ülkelerinin birlikte olan görüşmeleri ve ulaşım alanıyla ilgili olan bazı çalışmaları neticesinde kombine taşımacılığın dikkat çekilmiştir. Ve bu çalışmalarda kombine taşımacılıkta öncelik demiryolu ağının artırılmasına yönelik tutumlar olmuştur. United Nations European Commission of Economy (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu) vasıtasıyla geliştirilen bazı araştırma geliştirme çalışmaları neticesinde ulaştırma hizmetlerinin birleşiminden yük ve yolcu trafiğinde artış olabileceği düşünülmüştür. Kombine taşımacılık bu sebeple Tüm Avrupa'nın ve hatta dünyanın gündemindedir.

Knocke (1997) yapmış olduğu çalışmasında, yirmi ya da otuz yıl içerisinde, sabah San Francisco'da kahvaltılık edip, öğle yemeği için Tokyo'da bir davete katılmak ve ardından akşam Los Angeles'a geri dönüp biraz dinlendikten sonra sevdiğinizle yemeğinizi yemenin, ulaşım sayesinde mümkün olabileceğini söylemiştir. Hava, kara ve deniz ulaşımı mümkün olmayan sevilere erişecektir. Ayrıca, insanların ve malların bir ulaşım türünden başka bir ulaşım türüne kolaylıkla aktarılabilirliğini ifade etmiştir.

Açık tanımla bir tür yer değiştirme olarak ifade edilen ulaşım insanların bir amaç altında bu yer değiştirme imkanı sağlar ve bu sebepten dolayı insan için hayatsal bir faaliyet olarak ifade edilir. Bu ulaşım hareketi neticesinde ülkelerde ekonomik olarak bir canlanma da söz konusu olacaktır. Türkiye'de coğrafi olarak yeryüzü şekilleri, iklim vb. doğal nedenlerle ve nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik gelişmeler gibi beşeri nedenlerle ulaşım faaliyetleri diğer dünya ülkelerinde olduğu gelişme devamlılığı göstermektedir. Yani ülkelerin coğrafi alt yapılarının ulaşım sistemlerinin gelişmesine etkisi büyüktür. Coğrafi alt yapı ulaştırma ağının inşa edilebilme maliyetini etkiler. Türkiye'deki ulaştırma yapısı ve mevcut olan ağlar incelendiğinde doğu batı doğrultusunda bir ulaşım ağının mevcut olduğu gözlemlenir. Türkiye dağlık bir coğrafyaya sahiptir bu nedenle burada etkin olan ağ bu sıra dağların arasında uzanmıştır. Ayrıca bu durum ulaşımın belirli bölgelerde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu alanlar da özellikle akarsuların uzun yıllar boyunca oluşmuş vadiler üzerinde yer almaktadır (Şahin, 2014)

Anadolu'da oluşan ilk ulaşım güzergahları şunlardır (Şahin, 2013; Doğanay ve Çavuş, 2013):

✓ Bu ulaşım ağı güzergâhlarının en ilki, M.Ö. 2000'lerde Babil Thapsakus olarak bilinmektedir. M.Ö. 1700-1200 yılları ve arasında Anadolu'da bazı uygarlıklar oluşmuş ve böylece lokasyonlar arasında yeni yol ağları oluşmuştur. Örnek olarak, Hititler'de Hattuşaş, Lidyalılar'da Sardes ve Urartular'da Malazgirt bu oluşmuş en eski ulaşım ağlarına örnek gösterilebilir.

✓ M.Ö. VI. yüzyılda Anadolu'nun Perslerin egemenliğine girmesiyle Kral Yolu olarak bilinen ve tarihte çok önemli ulaşım ağlarını birbirine bağlayan yol ağı oluşmuştur. Kral Yolu üzerinde en çok kabul edilen yol güzergahı; Sard Köyü, Dinar, Sivrihisar, Sazılar, Ankara, Nefesköy, Turhal, Sivas, Malatya gibi belirlenen güzergahlardır.

✓ Romalılar dönemine gelindiğinde, malzeme ve işçilik olarak daha kapsamlı ve daha kaliteli yollar inşa edilmiştir.

✓ Selçuklular dönemine gelindiğinde Anadolu güzergahında bazı ulaşım politikaları geliştirildi. Bu dönem itibarıyla 30 km aralıklarla yani 9 saatlik deve yolculuğu düşünülerek kervansaraylar kurulmuştur. Bu dönemin en büyük ve en kapsamlı Selçuklu kervansaraylarını, kuzey güney ve doğu batı doğrultusunda Anadolu'da bulunan yollarda inşa edilmiştir.

✓ Osmanlı Devleti kuruluşundan itibaren İstanbul'un fethine değin en çok Selçuklu yolları kullanılmıştır.

2. Ulaşım ve Gelişimi

Ülke ekonomilerinde bankacılık gibi mali hizmetlerin yanında tarım ve sanayi sektörleri ve ayrıca kalkınma sektörü olan hizmet sektörünün kapsamına da ulaşım ağı hizmetleri, telefon gibi iletişim hizmetleri ve ayrıca turizm ve eğlenceyi de içeren bir takım alt sistemler girmektedir.

Aynı zamanda bir hizmet sektörü olarak tanımlanan ulaşım, ülke ekonomilerinde uzun tarih boyunca gıda, ısınma, barınma gibi başlıca ihtiyaçlar temininde çok önemli bir rol almıştır. 19. yüzyıl dan 20. yüzyılın sonlarına ve ayrıca 21. yüzyılın başlarındaki küreselleşme ve ekonomik yükselme süreçlerine kadar, tüm dünyanın değişik yerleri ekonomik kalkınmadan değişik biçimlerde etkilenmiştir. (Erdoğan, 2016).

Ülke ekonomisinin lokomotifi olan ulaşım sektörü, mali açıdan ulusal ve uluslararası ölçekte düşünüldüğünde ekonomik olarak temel unsur niteliği taşımaktadır. Kent içi ulaşım denildiğinde akla ilk olarak; iş, konut ve bazı sosyokültürel alanlar gibi değişiklik gösteren arazi kullanımları ve bunların karşılıklı ilişkileri akla gelir. Bu açıdan kentçi

ulaşım planları mekan planlamalarından ayrı olarak değerlendirilmemektedir. Ulaşıma olan talepler ve ülke arazisi kullanımı dağılımı ve bunların sosyal ve hatta çevresel bazı ulaşım politikaları çerçevesinde değerlendirilerek oluşturulmalıdır.

Kentsel ulaşım problemlerinin bilime ve bilimsel olgulara ilişkin bir takım yöntemlerle incelendiği çalışmalarda ulaşım ağlarına katkı sağlanması ve ayrıca yayalara daha kapsamlı alanların ayrılması gerektiği vurgulanmaktadır. Araç trafiğine kapalı yaya kullanımı ile ilgili bazı çalışmalar, modern kentsel gelişmenin mekânsal ölçekte olan etmenlerindedir. Yayaların kent sınırları içerisinde daha güvenli bir şekilde yolculuk yapması ve o alanları rahat bir biçimde kullanması yaşanabilirliğin bir göstergesi olarak bilinmektedir (Akbulut, 2016).

Ulaşım, genel olarak insanların ve eşyaların bir bölgeden bir diğer bölgeye aktarılması yani yer değiştirme olarak ifade edilir. Medeniyet tarihinden beri ulaşım, insanların yaşayışında her zaman çok önemli bir yere sahip olmuştur. Herhangi bir malın ya da bir insanın bulunduğu yerle iletileceği yer arasında kat edilecek olan mesafe, bu mesafenin alacağı zaman ve bu mesafenin doğuracağı maliyet dşnlerek ulaşım türlerinden bir tanesi seçilebilir. Budan dolayı ulaşım alanındaki yapılan birtakım gelişmeler veya yeniliklerde amaç önce mesafeyi azaltmak ve dolaylı olarak zaman ve maliyet tasarrufu yapmak olacaktır. Bütün bunlar düşünülürken elbette ki güvenlik ve konfor unsurları da dşnlmelidir. Yani bu kapsamda ulaşım türü seçilirken temel amaç, kat edilen mesafenin, mümkün olabildiği kadar en kısa zamanda, en az maliyetle, güvenli ve konforlu olacak şekilde gerçekleştirmek olması sebebiyle olduğu için trel anlamda ulaşım türlerinden yalnızca birine ağırlık vermekle değil, ulaşım türler arasında dengeyi ve entegrasyonu sağlayacak bir alt yapının oluşturulması oldukça önemlidir (Akgüngör ve Demirel 2004).

Ulaşım, genel anlamda temel alanlarda içerisinde birden fazla disiplini barındıran bir daldır. Ulaşım, karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu gibi türlerden oluşur. Bu türler arasında denge olması o ülkenin ulaşım altyapısının iyi olduğu anlamına gelmektedir. Ulaşım sektörünün, tarım ve sanayi sektörleriyle karşılıklı iletişim halinde olduğu gerçeği ülke ekonomisindeki yerini ve önemini açıkça ifade etmektedir. Bu bağlamda ekonomik kalkınmada sağladığı faydalar neticesinde değerlendirildiğinde diğer mali katkılardan açık ara nde gelmektedir. (Erdoğan, 2016).

Dünya ekonomisinde meydana gelen değişiklikler ve ilerlemelerin ulaşımı doğrudan etkilediği gerçeği tüm dünya ulusları tarafından kabul görmüş bir gerçektir. Geçmişten günümüze tarih hep aynı şekilde tekerrür etmiştir, yani doğrudan etki hep ekonomilere yansımıştır. İlk olarak tekerleğin icadı ardından yelkenli gemilerin ve buharlı gemilerin icadı, hızla coğrafi keşişleri gerçekleştirmiş ve dolaylı olarak ardından sanayi

devriminin hızlanmasına olanak sağlamıştır. Günümüz döneminde de ulaştırma sistemlerinde hem ulaştırma teknolojisindeki hem de bilişim teknolojisindeki ilerlemelerin ve yeniliklerin etkisiyle önemli bir gelişme sağlanmıştır (Candemir, 2002).

3. Ekonomi ve Kalkınma

Ekonomik planlamanın ekonomik bir getirme getireceği bilinen bir gerçektir ve ekonomik kalkınmanın ekonomik ve sosyal olarak çift taraflı olması yani bir bütün olması oldukça önemli bir olgudur. Sosyal kalkınma yani başka bir deyişle sosyal planlama kavramı denildiğinde, toplumun bütününe kavrayan gelir dağılımı, iş istihdamı, kırsal kesimde kalkınma, kentsel gelişim, eğitim ve sağlık gibi kavramlar ilk olarak akla gelir. Sosyal olarak gelişim de sosyal kalkınmayı hedeflemektedir.

Ulaşım sistemlerinin gelişmesi, sosyo-ekonomik bir durumla mümkün olabilir. Kalkınma politikaları ve stratejileri daha önceki dönemlerde fiziksel sermayeye odaklanmışken son dönemlerde beşeri sermaye konularının da ekonomik kalkınma içinde yer almasıyla daha önemli hale gelmiştir. Bu bağlamda ulaşım ve ulaştırma sektörü, ekonominin önemli bir bileşeni ve kalkınma için kullanılan bir araç niteliği taşımaktadır. Ulaştırma altyapısının kalitesi ile ekonomik gelişme düzeyi arasında doğrudan bir ilişki olduğu açıkça bilinmektedir. Düzgün bir şekilde planlaması yapılmış bir yol veya havayolu, demiryolu ve liman gibi ulaştırma yapılarının var olduğu ve geliştiği alanlarda maddeye ulaşım ve erişim oldukça kolay ve ucuzdur. Bundan dolayı yapılacak olan yatırımlar netice düşünüldüğünde ilk yatırım maliyetleri düşünülmeden gerçekleştirilmelidir. Bütün bunlara ek olarak kentsel ölçekte gelişim, üniversiteler veya hastaneler gibi birçok alanın gelişmesi vasıtasıyla total olarak ekonomiyi de etkileyerek kalkınmaya dolaylı etki sağlamaktadır. Ulaşımın gelişmesi ve bu alanda yapılan yenilikler hem sıklığı hem de girdi arzının sürekliliğini sağlamaktadır. Böylece girdi maliyetlerinde bir düşüş oluşabilmektedir ve bu da üretici fiyatlarını etkileyip oluşacak olan maliyetleri azaltabilme ihtimali nedeniyle tarımsal ve endüstriyel üretimin artmasına katkı sağlayacaktır. Böylece verimlilik artacak ve bu artan verimlilikle birlikte üretim kapasitesi artmaktadır. Bu döngü vesilesiyle üretim düzeyinde oluşan artışlar, ulaşım hizmet talebini artırarak, ulaştırma sistemlerine yatırıma teşvik ederek ulaştırma sektörünün kalitesini arttırmaktadır.

Ulaştırmanın ekonomik açıdan önemi, makroekonomik ve mikroekonomik açıdan değerlendirilebilir:

Makroekonomik düzeyde taşımacılığın tüm ekonomiler için önemi, taşımacılık ve sağladığı hareketlilik ile ülkesel ekonomide, istihdam ve gelir düzeyiyle ilişki içindedir. Birçok gelişmiş ülkede, ulaşım GSYİH'nın % 6 ila% 12'sini oluşturur. Lojistik maliyetler için daha kapsamlı bir

şekilde bakıldığında, bu maliyetler GSYİH'nın% 6 ila% 25'ini oluşturabilmektedir. Ayrıca, altyapılar ve araçlar da buna ilave olmak üzere tüm ulaşım varlıklarının değeri, gelişmekte olan bir ekonominin GSYİH'sının yarısını basitçe açıklayabilmektedir.

Mikro ekonomik düzeyde ekonominin belirli bölümleri için taşımacılığın önemine bakıldığında ulaşım, üretici, tüketici ve dağıtım maliyetleriyle bağlantılı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, özel ulaştırma faaliyetlerinin ve altyapısının önemi, ekonominin tüm sektörleri için değerlendirilebilir. Özellikle, daha yüksek gelir seviyeleri, ulaşımın tüketim giderlerinde çok daha büyük bir pay ile ilişki içindedir. Ulaştırma, hane halkı harcamalarının ortalama% 10 ila% 15'ini ifade ederken, üretimdeki her bir çıktı biriminin maliyetlerinin yaklaşık% 4'ünü ifade etmektedir (Saatçioğlu, 2006).

Ulaştırma sektörünün etkinlik alanları, hedefte gidilecek olan mesafeler ile bu mesafelerde taşınan yolcu ve yük oranına bağlı olarak oluşan total maliyetlerin ortalamasıyla belirlenmektedir. Ulaştırma sistemleri arasında rekabet yaratmak, ülke kaynaklarının etkin dağılımı ve kamu yararına karşı durumdadır. Dolaylı ekonomik etkiler, doğrudan taşımacılık faaliyetine bağlı şirketlerin satın alımlarının bir sonucu olarak ifade edilebilmektedir.

Ulaştırma faaliyetleri, tedarik firmaları, ekipman ve parça tedarikçileri, bakım ve onarım hizmetleri, sigorta şirketleri, danışmanlık vs. hizmet işleri gibi bir çok diğer ekonomik sektör, ulaşım vasıtasıyla, ülkeye istihdam sağlar. Bunun yanında arazi sahipleri, özellikle meydana gelen yolcu ve yük trafiğinin yoğunluğunun artması nedeniyle daha fazla kira alırlar. Ayrıca yolcu trafiği ve yük trafiği mal ve hizmetler için yakıt, bakım, onarım, gibi ek talepler ortaya çıkarır. Yük ile ilgili faaliyetler, girdileri için daha geniş bir pazarlardan yararlanırlar.

Ulaşımın ekonomik açıdan etkileri, malların veya hizmetlerin fiyatının düştüğü ya da çeşitliliğinin arttığı ekonomik alt etkilerinin bir sonucu olmuştur. Örnek olarak çelik endüstrisi, yüksek fırınlar için demir madeni gibi ürünlerin üretimi ve teminini gerektirir. Kişiler eğitim, sosyal aktiviteler, boş zaman faaliyetleri ve bunlarla ilgili sosyal aktiviteler açısından çok daha fazla seçeneğe sahip olduğu için, artan hareketlilikten etkilenirler. Genel anlamda bunların sonucu olarak ekonomi genellikle daha fazla rekabet ortamı yaratılacak duruma gelir. Yani bu durumda ulaşım, ekonomi ve ekonomik faaliyetleri besleyen bir unsur durumuna gelmiştir.

Mesafe açısında ekonomikliğine değinecek olursak, maliyetleri kısmen diğer türlere oranla karayolu ulaşımının daha az olduğu bilinmektedir. Mesafe olarak 250 kilometreden daha az kısa ve orta ölçekli olarak tanımlanan mesafelerde yolcu ve yük taşımacılığı kapıdan kapıya

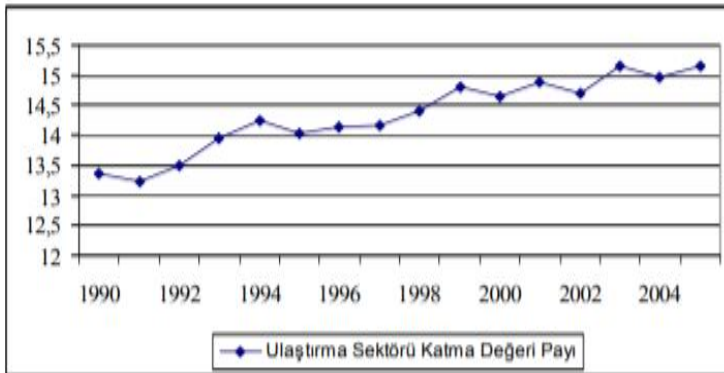
orta boy niteliğinde yani ortalama 20 ton hacimdeki malların taşınmasında karayolu ulaşımının oldukça ekonomik olduğu bilinmektedir. Ayrıca karayolu ulaşımı ile yolcu ve yük taşınmasında, ulaşım hizmetinin bölünebilirliği diğer ulaşım türlerine göre avantaj niteliği taşımaktadır. Fakat buna rağmen, diğer ulaşım türleri (demiryolu, denizyolu, havayolu ve boru hattı taşımacılığı), 200 kilometre ve bunun üzeri mesafeleri kapsayan daha uzun mesafelerde önemli birer taşıma türü olarak bilinmektedir. Buna ek olarak 100 km ile 800 km arası mesafeler için en uygun ulaşım türünün demiryolları ulaşımı olduğu ve 800 km üzeri mesafeler için en uygun ulaşım türünün havayolu ulaşımı olduğu bilinmektedir. En ucuz ve en ekonomik taşıma türü olarak deniz ulaşımı kabul edilmektedir. Enerji ve yük taşıma maliyetleri açısından değerlendirildiğinde 1 km'lik bir mesafe için sırasıyla, su yolu ile 127 ton, karayolu ile 50 ton ve demiryolu ile 97 ton yük taşınabildiği bilgisi gözlemlenerek literatüre geçmiştir. (Erdoğan, 2016).

Ulaşım ve ekonominin daha alt başlıklarını incelersek, ulaşım sektörlerinin ekonomi ile bağlantılarına değinmek gerekmektedir. Bu sebeple demiryolu, karayolu, deniz ulaşımı ve havayolu taşımacılıklarının ekonomi ile ilişkisini irdelemek gerekir.

4. Ekonominin Demiryolu, Karayolu, Deniz ulaşımı ve Havayolu Taşımacılığına Etkileri

Sırasıyla; denizyolu, karayolu, demiryolu, havayolu ve boru hatları olmak üzere ulaşım kendi içinde beş ana grup altında toplanır. Ülke ekonomisine sayısız katkı sağlayan bu sektörün Ülkemiz ekonomisindeki oranı %13 ile %16 değişerek ilerlemektedir. (TÜSİAD, 2007).

Şekil 1. Ulaştırma Sektörünün Toplam Katma Değer İçindeki Payı



Eğer ülkede potansiyel olarak kaynak tahsis edilebiliyorsa çarpan hızlandırıcı etkisi olarak bilinen bir etkiyle ekonomi daha fazla büyüyerek gelişecektir. Ve özellikle gelişen sanayi ile birlikte sanayinin tekstil ve gıda

birimlerindeki artan rakamlar demiryolu ulaşımın birçok etki aşanını etkileyerek gelişimine yol açmaktadır. Bu alanlarda üretilen faydalar yaratarak, bu kesimlerin kapasitelerinin artmasına sebep olmuştur. Böylece bir yandan sanayiler gelişirken, diğer taraftan demiryolları inşaatından elde edilen teknik bilgi birikimi, Batı Avrupa'da Rostow'un safhalar teorisindeki olgunlaşma yeniliğine neden olmuştur (Rostow, 1996).

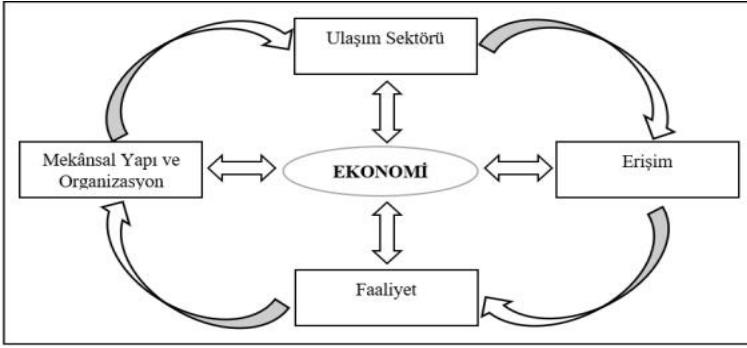
Ulaşım türlerinden bir tanesi olan demiryolu ulaşımı, bütün olarak ele alındığında kamu tarafından yerine getirilen ve işletme zararları nedeniyle kamusal ölçekte kalkındırılmaya çalışılan bir sektör haline gelmiştir. Türler arasında rekabetin olmaması ayrıca talep edilen verimli işletme türlerine yetişememesi ve ulaşım sektörünü etkinliği için temin edilen kamu desteğinin devamlılığının olmaması, devleti ve toplumu ulaşım sektörünü rekabete açmayı sağlayacak düzenlemeleri uygulayabilmeyi hedeflemiştir.

Günümüzde Türkiye'de demiryolu ulaşımı, dünyadaki farklı uygulamalarda birbirini takip eden üç ayrı aşamadan geçmiş yeni bir düzenleme ile birlikte oluşmaktadır. İlk olarak yeniden yapılandırma durumu akla gelmektedir. Yani değişmekte olan dünyadaki ulaşım pazarı şartlarına en uygun olacak şekilde birtakım sorunlarını düzelterek şekilde bir yapılandırma olarak düşünülebilir. İkincisine gelindiğinde, diğer türlere oranla açık ara önde ilerleyen karayolu taşımacılığı ile rekabet edebilme imkanları geliştirebilmek için ticarileşmektir. Bunu uygulayabilmek içinde ulaşım türlerinin esneklik ve ataklık gibi faktörlerinden faydalanmaktır. Ayrıca mali olarak ele alındığında tüketimi en aza indirgeyebilmek için bazı özelleştirme çalışmalarından faydalanmaktır. Ve son olarak müşteri talebi bazında verilen önemin artırılabilmesi, rekabetin artırılması ve bilgi teknolojilerindeki değişim imkanlarının gelişmesine olanak sağlamasıdır (Duman vd, 2007).

Karayolu ulaşımına gelindiğinde ülkemizde ve dünyada ekonomik açıdan önemli bir yere sahip bulunan karayolu yük taşımacılığı sebebiyle üretilen malların çoğu nakliye yöntemi ile pazarlara taşınabilmekte ve ulaşım ekonomik döngü içerisinde önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde karayolu yük taşımacılığının türel dağılımı diğer ulaşım türlerine oranla oldukça fazladır. Karayolu ile yapılan taşımacılık faaliyetlerinin, insanlık tarihi kadar eski olduğu bilinir. Tarihte ilk avcı topluluklarında avlardan oluşan yüklerin, evcilleştirilmiş bazı hayvanlar ile taşınmaya başlamıştır. Karayolu yük taşımacılığı, petrol fiyatlarının yüksek olması nedeniyle ve yüksek maliyetler nedeniyle kendi türü içinde içerisinde zorluklarla yüzleşmektedir. Yük taşımacılığının km. başına ton maliyeti, kullanılan enerji miktarı ve tüketilen enerji biçimi ve ayrıca en önemlisi kaza riskinin yüksek olması gibi bazı olumsuz yönleri mevcuttur. Yakıt maliyeti, sektörün en büyük gideri olmasından ötürü fiyat değişimleri bu ulaşım sektörünü olumsuz olarak etkilemektedir. Bazı

şirketlerin uzun dönemli sözleşmelere imza atması ise diğer nakliye işi yapan firmalar için olumsuz durum oluşturmaktadır. Bir diğer olumsuz durum, karayolu sistemindeki denetimsizliktir. Bu denetim eksiklikleri ve altyapı eksiklikleri gibi sebepler sektörde etkinlik gösteren firmaların mali açıdan dengeyi değiştirerek ücreti arttırmaktadır. Karayolu taşımacılığı rakamlarının mali açıdan fazla olması belirli yerlerde yoğunlaşma oluşturarak üretim ve tüketim dengesini olumsuz yönde etkilemektedir. Örnek verecek olursak, Türkiye petrol ithal eden bir konumda olması sebebiyle karayolu ulaşım ücretlerinin yüksek olması, netice olarak mal ve hizmetlerin fiyatlarını arttırıcı olması yönünde bir durum doğurmaktadır (Macit 2020).

Karayolu taşımacılığın ekonomiye olan etkisi iki şekilde ifade edilebilir. Bunlardan ilki doğrudan etki olarak ikincisi ise dolaylı yoldan etki olarak tanımlanır. Doğrudan etki yük taşımacılığında elde edilen ücret ve bu sektörde faaliyet gösterenlerin elde ettikleri gelirlerinden elde edilir. Dolaylı yoldan etki ise, taşımacılığın ekonomik faaliyetler için bir çekim gücüne olanak sağlamasından kaynaklanmaktadır (Çancı ve Güngören, 2013). Şekil 1’de ulaştırma ve ekonomi arasındaki ilişki ifade edilmiştir (Caid, 2004).



Şekil 1. Ulaştırma ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Bağlantı

Şekilde görüldüğü üzere bağlantı; ulaşım sektörü, erişim, faaliyet, mekânsal yapı organizasyon unsurlarından ve bu unsurlardan etkilenen ekonomiden oluşmaktadır. Ulaştırma sistemindeki politikalar bölgelerin yerel olarak ulaşılabilirliğini etkilemektedir. Ulaşım türlerinin ekonomiye olan etkileri özellikle kamu harcamaları, millî gelir gibi hesaplar ile belirlenir. (Caid, 2004). Havayolu ulaşımına bakıldığında; sistemin bütün coğrafi koşullarda, uzak mesafelerde yüksek kapasiteli yolcu hacminde ayrıca kırılabilir daha dayanıksız olarak nitelendirilen yükte diğerlerinden hafif ve pahaca daha ağır bazı eşyaların ulaşımında etkin

olduğu bilinmektedir. Bununla ek olarak, günümüzde oldukça fazla olan ortalama taşıma mesafesine göre, gönderilen mal büyüklüğündeki hafifleme ve yükleme frekansında artışlar oluşturarak yük taşımacılığında sistem sayesinde büyüme sağlanmıştır.

Havayolu taşımacılığı, sahip olduğu bazı özellikler sayesinde diğer ulaşım türlerinden kısmen ayrılmaktadır. Bunların içinden en önemli olanı yani en çok tercih edilebilirlik nedeni, uzak mesafeleri çok hızlı olarak kat etme olanağına sahip olmasıdır. Bu özellik, havayolu taşımacılığı çok önemli hale gelerek ülkelerin ekonomilerine ciddi oranda katkı sağlaması kaçınılmaz olmuştur. Havayolu taşımacılığı bu katkı sağladığı ekonomik faaliyetlerin yanı sıra, sahip olduğu teknik olanaklarla yer ve zaman faydası sağladığından toplumlara sosyal ve kültürel açıdan da fayda sağlamaktadır. Havayolu ulaşımının 800 km ve daha üzeri mesafeler için etkin bir taşıma olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu alandaki hızlı teknolojik gelişmelerin, diğer ulaşım türlerinde de teknolojik gelişime uyum sağlamaları konusunda katkısı olmaktadır. Bunun sonucunda demiryolları, karayolları, denizyolları vs. ulaşım türlerinde teknoloji bağlantılı sistemlerin gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Günümüzde artan teknoloji ile birlikte daha nitelikli, daha hızlı, daha konforlu ve daha güvenilir ulaşım araçları karşımıza çıkmaktadır. Birim taşıma maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, özellikle yakıt tüketiminin olarak yüksek olması nedeniyle, hava ulaşımı diğer sistemlere göre daha pahalı bir sistemdir. Yani teknoloji alanındaki yeniliklerin ve uygun bir hava yolu ulaşımı politikasının havayolu taşımacılığında oldukça önemli olduğu açıkça ifade edilmektedir. Ancak uçakların taşıma kapasitesi arttıkça birim taşıma maliyetleri azalacağından dolayı bu kapsamda oluşturulacak politikaların çok önemli olacağı düşünülmektedir (Kiracı, 2017).

Deniz ticaretine gelindiğinde, bu ulaşım türü ülkelerin karşılıklı olarak her çeşit malın alınıp satıldığı büyük bir ulaşım lokomotifidir. Bundan dolayı geçmişten günümüze kadar karşılıklı ticaretin en önemlilerinden biri olan deniz ticareti her dönemde önemini korumuş ve korumaya da devam etmektedir. Gelişmiş ülkeler, ekonomilerine canlılık, hareketlilik kazandırmak için denizin vermiş olduğu imkanlardan fazlaca yararlanmayı tercih etmektedirler. Bilinçli deniz taşımacılığı ülke gelirinde artış yaşanmasına ilave olarak o ülkede denizciliğin de gelişmesine olanak sağlamaktadır. Denizcilik ulaşımında deniz ticareti deniz ticareti ve denizcilik ekonomisi küresel olmasından dolayı bu türlerde temel gösterge global piyasalardır.

Günümüz dünyasında deniz taşımacılığı hızla gelişen teknolojilere paralel olarak yük ve yolcu taşımacılığı başta olmak üzere, gemi inşa sanayi, liman hizmetleri, deniz turizmi ile bir ticaret ve hizmet dalı olarak yaygınlaşmaya başlamıştır. Dünya üzerindeki ticaretin yaklaşık olarak yüzde 90'ının denizyolu ile yapıldığı iddia edilmektedir. Denizyolu

taşımacılığının diğer taşıma türlerine göre avantajları sıralandığında diğer türlere göre ekonomik ölçekte çok etkin ve ucuz bir sistem olduğu bilinmektedir. Geçmişten günümüze dek yapılan çalışmalarda, deniz yolu ulaşımının demiryoluna kıyasla 3,5 kat, havayoluna kıyasla 20 kat, karayolu taşımacılığına kıyasla ise 7 kat ucuz olduğu ifade edilmiştir.

Denizyolu taşımacılığı hacim ve miktar olarak fazla olarak tanımlanmış bazı yüklerin mesafe olarak, kıtalar arası okyanuslar arası gibi oldukça uzun mesafelere taşınmasında en optimum sistem olarak bilinmektedir. Uluslararası veriler ışığında yapılan çalışmalara göre, aynı miktarda enerji ile 370 km su yolunda, 300 km demiryolunda ve 100 km'de kara yolunda mesafe kat edilmektedir. Bu da denizyolu taşımacılığının enerji tüketimi açısından ne kadar avantaj sağladığını açıkça ifade etmektedir. Denizyolu taşımacılığının enerji tüketimi konusundaki bu avantajının yanında 1500 tonluk bir gemi yine aynı enerjiyle, otuz sekiz vagonun ve elli kamyonun taşıyacağı yükü taşıyabileceği bilgisi sistemin önemini göstermektedir. Büyük miktarlardaki yükün diğer ulaştırma türlerine kıyasla düşük maliyetlerle ülkeler ve kıtalar arasında taşınması ancak denizyolu taşımacılığı ile mümkün olabileceği düşünülmektedir (Çiçek ve Kişi 2007).

Bütün bu bahsedilen türlerin etkinliğinin artması ve ekonomik olarak ülke adına daha fazla yarar sağlaması için iyi hazırlanmış bir politika hazırlanması oldukça önemli olacaktır. Avrupa Birliği tarafından sunulan raporda taşıma politikaları, havayolu, denizyolu, demiryolu ve karayolu alanlarında yapılanlar ve ayrıca birlik, uyumlaştırılma planları ve farklılıklar şeklinde ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir. AB taşıma politikaları; teknik ve güvenlik standartları, sosyal standartlar ve pazarın serbestleşmesi boyutları düşünülmekte ve tüm bu faktörler “tek bir taşıma pazarı” adı altında birleştirilmektedir. Avrupa Birliği'nin gelecek dönem ulaştırma politikalarının çerçevesini belirleyen “2010 Yılında Avrupa Ulaştırma Politikası-Karar Verme Zamanı, Beyaz Kitap”, başlıklı çalışmanın maddeleri:

- Taşıma türel dağılımın dengeli olması,
- Taşımacılıkta darboğaz olarak tanımlanan yerlerin yok edilmesi,
- Kullanıcıların taşıma politikalarının merkezine getirilmesi,
- Küresel taşıma yönetimi

Olarak ifade edilmiştir (Lojistikhaber, 2006).

5. Ulaşımın ekonomik fonksiyonları

Türkiye’de ulaştırma sektörü büyük bir gelişim göstermiştir. Türkiye’nin modern sanayi çağını yakalayabilmesi için ulaşım sektörünün

ileri teknolojiye dayalı bir altyapıya sahip olması bu sektör için oldukça önemlidir. Bu önem;

- Daralmış olan iç pazarın genişlemesi,
 - Genç olarak tanımlanan nüfus potansiyeli,
 - Küreselleşme globalleşme yansımaları,
 - Türkiye'nin Doğu ve Batı ekseninde ulaşım koridoru olarak tanımlanması,
 - Türkiye ve Avrupa Birliği ilişkilerindeki uluslararası ticarete yönelik gelişmeler,
 - Ülke kalkınmasında ulaştırmaya daha çok önem verilmesi,
- İle çok daha etkili olacaktır.

Genel anlamda ara biri ürün niteliğinde olan ulaşım ve ulaştırma sektörünün ekonomik fonksiyonlarından biri, üreticiler ile tüketiciler arasındaki zaman boşluklarını yok etmektir. Bunun yanı sıra, üretim süreçlerinde kullanılan kaynakları bir araya getiren araçları piyasaya sunmak ve ürünlerin piyasalara girişini sağlayarak, alıcılar ile satıcıları ayıran zaman ve mekân faydası sağlamaktır. Ulaşımın sağladığı en önemli avantaj, insanların ve malların istenilen zamanda istenilen yerde olabilmesi olarak bilinmektedir. Bundan dolayı ulaştırma sektörü, bu yönüyle malların ve hizmetlerin üretim süreçlerinin bir parçası olmuştur. Böylece, köy ile şehir merkezi olarak tanımlanan mekanlar arasında üretim, dağıtım, tüketim aşamalarını üretici ve tüketiciler birbirine bağlamaktadır.

Bir diğer ekonomik fonksiyon ise, üretim sürecinin en önemli parametresi olan ulaşım giderlerinin toplam maliyetler içinde yer almasından dolayı, taşıma sisteminde yapılacak bir iyileştirmenin ulaşım maliyetini iyileştirdiği bilinmektedir. Dolaylı olarak maliyetlerin azaltılması, faydalı olan ekonomik kaynakların etkinliğini artırıp ekonomiye katkı sağlayacaktır. Hammadde merkezleri ile üretim merkezleri arasında daha hızlı ve maliyet düşmesinden dolayı, üretim merkezleri hammadde kaynaklarının etrafında yoğunlaşarak toplu üretimin yaparak birim maliyetlerin düşmesini sağlar. Gelişmekte olan ülkeler bazında değerlendirilirse, maliyet ve fiyat ekonomi sebebiyle oldukça önemlidir. Ulaştırma sektörünün, malların ve hizmetlerin üretim sürecinin en önemli bileşeni olması sebebiyle, endüstriler arası ileri ve geri bağlantıların da bir aracı olduğu kanıtlanmış bir gerçektir.

Ulaştırma, genel anlamda ekonominin döngülerini takip eden ve büyüten en önemli sektörlerden biri olup, ekonomide Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) arttığında artan talep, gerek tarımı gerekse sanayi üretimini canlandırarak taşımaya olan talebi arttırmaktadır. GSYİH'daki bir artış, ulaşım talebinde de bir artışa neden olmaktadır. Eğer ulaştırma

sektörü kriz yaşarsa ve kalkınma sağlayamazsa, bu zarar sadece ulaştırma sektörünü etkilemez, bu durum tüm ekonomiyi hatta tüm ülkeyi olumsuz yönde etkileyebilir. Bundan dolayı ulaştırma sektörü ülke ekonomisinin lokomotifini olması sebebiyle gereken hassasiyet verilmeli ve uygun politikalarla desteklenmelidir.

Kaynakça

- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 336-355.
- Akgüngör, A., Demirel, A. (2004). Türkiyedeki Ulaştırma Sistemlerinin Analizi ve Ulaştırma Politikaları. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (3) , 423-430
- Caıd N. (2004). Analysis of the Link Between Transport and Economic Growth. OECD Rapor. 1-94.
- Candemir, Y., (2002). Uluslararası Ulaştırma ve Türkiye'nin Önündeki Sorunlar ve Olanaklar, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Çancı, M. ve Güngören, M. (2013). İktisadi Yaşamda Taşımacılık Sektörü. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 12(45), 198-213.
- Çiçek, S., KİŞİ, H., (2007). Deniz Ulaştırma Politikaları Oluşturmada Sosyo-Ekonomik Boyut: Bir Model Önerisi. 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu.
- Doğanay, H. ve Çavuş, A. (2013). Türkiye Ekonomik Coğrafyası, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Duman, T., Ayduğan, P., ve Koçak, G. N. (2007). Karayolu Yolcu Taşımacılığı Hizmetlerinde Hizmet Kalitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- Erdoğan, H. T. (2016). Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3(1), 187-215.
- Evren, G. ve Tekin, İ., (1997). Türkiye'de Uluslararası Kombine Taşımacılığın Avrupa İle Bütünleşme Bağlamına Değerlendirilmesi, 2. Ulusal Demiryolu Kongresi, Tisamat Basım Sanayi, Ankara.
- Kaynak, M., (2001).Yeni Demiryolu Çağı Yüksek Hızlı Trenler ve Türkiye, 2001 Türkiye İktisat Kongresi, İzmir.

- Kiracı, K. (2017). Havayolu Taşımacılığı ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik Analizi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33(1), 197-216.
- Knoke, W., (1997). Cesur Yeni Dünya, Türk Henkel Dergisi Yayınları 7, İstanbul.
- Lojistik Haber (2006), “Beyaz Kitap, AB Sürecinde Lojistik Sektörü”, (Kaynak:SEDEFED), <http://www.lojistikhaber.com>.
- Macit, D. (2020). Karayolu Yük Taşımacılığının Ekonomik Büyüme ve Ticaret Hacmi Üzerindeki Etkisine Yönelik Ampirik Bir Analiz. Alanya Akademik Bakış, 4(3), 843-860.
- Rostow, W. Whitman (1996). İktisadi Gelişmelerin Merhaleleri Komünist Olmayan Bir Manifesto, Çeviren: Erol Güngör, Türkiye Ticaret Odaları, Sanayi Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği Yayını, Ankara.
- Saatçioğlu, C. (2006). Ulaştırma sistemleri ve politikaları Türkiye-Avrupa birliği uygulamaları. Gazi Kitabevi.
- Şahin, İ.F. (2013) Türkiye’de Karayolu Ulaşımı ve Geçitler, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Şahin, İ.F. (2014). Türkiye’de Ulaşım ve Turizm, (içinde) Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği, Editörler: Hakkı Yazıcı ve Nusret Koca, Sayfa: 353-390, Ankara: Pegem Akademi.
- TÜSİAD, Kurumsal Yapısı, Yasal Çerçevesi ve Göstergeleriyle Ulaştırma Sektörü, İstanbul, 2007.

BÖLÜM III

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMADA PROBLEM VE PROJE TABANLI ÖĞRENMENİN HİBRİT KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Huseyin Yener¹ & Prof. Dr. Fatma Şahin¹

¹Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: huseyinyener@maltepe.edu.tr
Orcid No.:0000-0002-2152-5362

²Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: fsahin@marmara.edu.tr
Orcid No.:0000-0002-6291-0013

1. Giriş

Günümüzde yaşamda karşılaştığımız problemler gittikçe karmaşık hale gelmiştir. Kompleks problemlerin çözülmesi farklı disiplin bilgisine ve becerilerine sahip olmayı gerektirmektedir. Problem ve proje tabanlı öğrenme bu becerilerin gelişimine yardımcı olabilecek öğrenme yaklaşımlarıdır. Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ), amaca yönelik bilişsel işlemler dizisi olup, problem çözme, günlük yaşamdaki en önemli bilişsel aktivitedir (Anderson, 1980; Jonassen, 2000). PDÖ, sorgulama yaklaşımı ile problem çözme sürecini birleştiren öğrenci merkezli bir pedagojik yaklaşımdır (Etherington, 2011). PDÖ’de problemlerin kötü yapılandırılmış problemler veya kompleks problem senaryoları gibi farklı uygulamaları vardır (Ravitz, 2009). PDÖ modellerinin uygulanmasında bilişsel öğrenme, işbirlikçi öğrenme ve içerik bilgisi olmak üzere üç tür öğrenme olduğu konusunda fikir birliği vardır (Ravitz, 2009). Bir öğrenme strateji olarak PDÖ, öğrencilerin problem çözmelerini, analiz etmelerini, sentezlemelerini, eleştirel düşünmelerini ve çeşitli disiplinlerden gelen bilgileri birleştirmelerini gerektiren bir süreçtir (Terhart, 2003).

Proje tabanlı öğrenme (PDÖ) ise aktif yapılandırma, yerleşik öğrenme, sosyal etkileşimler ve bilişsel gelişimi sağlayan bir yaklaşımdır (Bransford vd, 2000). PDÖ’nün farklı çeşitleri olmasına rağmen hepsinin ortak noktası, yaşam temelli bir yönlendirici problem kullanılmasıdır (Barron vd, 1998). Bu problem, öğrencilerin keşfetmesini sağlar ve zaman içinde motivasyonlarını artırır. PDÖ’nün özellikleri arasında, ürün veya eser üreten etkinliklerin varlığı, günlük yaşamla ilgili öğrenme materyalleri sağlama, öğrenmenin sınıfta veya sınıf dışında yapılabilmesi, öğrencilerin ürün tasarlaması, değerlendirmesi ve planlama etkinliklerinin sonuçlandırması sayılabilir (Hosnan, 2014). PDÖ’nün önemli bileşenleri olarak, bir projeye genel bakış ve gerekçeleştirme, bir dizi açıkça tanımlanmış öğrenme hedefleri ve anahtar kavramlar, bir malzeme ve kaynak listesi, bir dizi etkinleştirme görevi ve değerlendirme kriterleri ve dereceli puanlama anahtarlarının kullanılması olarak öne çıkmaktadır.

Bilimsel süreç becerileri, öğrencilerin mevcut olan temel yeteneklerinden kaynaklanan entelektüel, sosyal ve fiziksel bilgi gelişimlerinin iç görüleri veya örnekleri olarak tanımlanır (Aydoğdu, 2015).

PDÖ ve PjDÖ birbirine yakın iki öğrenme yaklaşımıdır. PDÖ, iyi tanımlanmış bir cevabı olmayan problemleri incelemek için eleştirel düşünmeyi içermektedir. PDÖ’de, öğrencilerden bir plan geliştirmeleri ve problemi ele alan bir ürün veya eser oluşturmaları istenmektedir. Problem ve proje tabanlı öğrenmenin ortak özellikleri; her ikisi de çeşitli basamaklardan oluşan bir uygulamadır, bir bağlama dayalı problem durumuyla başlar, öğrenci kendi öğrenmesinden sorumludur, motivasyon ve bilimsel becerilerin gelişimini sağlar, açık uçludur ve grup çalışmasına dayanmaktadır.

Sürdürülebilirlik eğitim programlarının amacı, gerçek yaşam problemleri üzerinde düşünen ve çözüm yolları geliştiren bireyler yetiştirmektir (Rowe, 2007). PDÖ; tıp, mühendislik, eğitim gibi alanlarda eğitiminde iyi bilinen bir yaklaşımdır ve 40 yılı aşkın süredir uygulamaktadır, fakat yaklaşım disipline ve bağlama göre farklılık gösterebilmektedir. Son yıllarda PDÖ ve PjDÖ deneyimleri, sürdürülebilirlik eğitimi için yol gösterici bir vizyon haline gelmiştir (Wiek vd, 2011a; Clark ve Dickson, 2003; Wiek vd, 2012).

2. Sürdürülebilirlik programlarında problem ve proje tabanlı öğrenme (PPDÖ)

Yeni çalışmalarda problem ve proje tabanlı öğrenmenin birleştirilerek kullanılmasının kompleks problemlere çözüm geliştirmede daha etkili olacağı açıklanmıştır. Bu yaklaşım problem ve projeye dayalı öğrenme (PPDÖ) olarak adlandırılmıştır. PPDÖ’nün temel özellikleri; gerçek dünya problemlerine odaklanan, öğrenci merkezli, kendi kendini yöneten ve işbirlikli öğrenme olarak sayılabilir (Savery, 2006; Stauffacher vd, 2006; Brundiers vd, 2010; Brundiers ve Wiek, 2011). PPDÖ, yerel ve uluslararası ölçekte sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm önerilerini işbirliği içinde belirleme, analiz etme ve geliştirme konusunda ortam sunmaktadır (Steinemann, 2003; Wiek vd, 2011b; Yasin ve Rahman, 2011; Thomas, 2009).

Probleme ve projeye dayalı öğrenme yaklaşımlarının pek çok ortak noktası olduğundan, çoğu zaman hibrit olarak kullanılabilir (Savery, 2006; Sapos vd., 2008). Her iki model de, deneysel öğrenmeyle (Kolb ve Kolb, 2005) birleştğinde, öz-yönetimli, yapılandırıcı ve gerçek dünya öğrenme deneyimleri sunmaktadır. İki yaklaşımın ortak noktası, öğrencilerin problemleri simüle ederek, küçük öğrenci grupları çalışırken gerçek dünyadaki sürdürülebilirlik problemleriyle meşgul olmalarıdır. PPDÖ yaklaşımları, öğrencilerin akran ve öz değerlendirmelerin yapıldığı, eleştirel düşünme becerilerini geliştiren bir uygulamayı içermektedir

(Donnelly ve Fitzmaurice, 2005; Hmelo-Silver, 2004). Aşağıdaki tabloda problem tabanlı ve proje tabanlı öğrenmenin kendilerine özgü özellikleri ile ortak özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. Problem ve proje tabanlı öğrenmenin farklı ve ortak özellikleri (Brundiers ve Wiek, 2013)

Probleme dayalı öğrenme	Ortak yönler	Proje tabanlı öğrenme
Sonuçlar: problemin anlaşılması; teori oluşturma	Öğrencileri gerçek dünya sorunlarıyla meşgul olur. Öğrenci merkezli, küçük grup çalışması yapılır.	Sonuçlar: çözüm seçenekleri pratik ürünler ortaya koyulur.
Ana faaliyet: problemlerin araştırılması	Problemin anlaşılması için simülasyonlar kullanılabilir. Bilgi türleri entegre edilir.	Ana Faaliyet: kanıta dayalı çözüm seçenekleri geliştirilir.
Düzenleme ilkesi: yinelemeli öğrenme	Öğrenme koçu olarak öğretmen veya akademisyen görev alır.	Düzenleme İlkesi: proje yönetimi önemlidir.
Kendi kendine öğrenme: büyük ölçüde öğrenci merkezli	Biçimlendirici ve performans dayalı (akran) değerlendirmeler uygulanır.	Kendi kendine öğrenme: yüksek düzeyde yapılandırılmış proje çerçevesinde öğrenci merkezli öğrenme sağlanır.

PPDÖ öğrenme, kompleks problemlere odaklanır ve problemin çözümü için hipotezler geliştirir ve test etmek için tümevarımsal ve bağlamsal bir yaklaşım benimser (Barrows ve Tamblyn, 1980; Hmelo-Silver, 2004). Öğrenmeyi yapılandırmak için öğrenciler, problemleri tanımlamayı, problem çerçevelerini bozmayı, problemi yeniden çerçevelemeyi, problem yönlerini analiz etmeyi ve bulguları bütünleştirmeyi içeren yinelemeli bir sürece girerler (Moust vd, 2005; Jerneck ve Olsson, 2011). Sürdürülebilirlik programlarında ele alınan sorunlar, gerçek dünyadaki sürdürülebilirlik sorunlarıdır. Bu sorunlar, basit bir çözümü olmayan karmaşık ve "iyi yapılandırılmamış" problemlerdir. Aslında, bu tür iyi yapılandırılmamış problemlere yönelik çoğu "çözüm" (Brown vd, 2010) başka ek problemler de oluşturabilir. Sorgulamanın odak noktası, sürdürülebilirlik problemlerinin zengin bir şekilde araştırılmasını sağlamaktır. Eleştirel ve derin anlayışa daha çok vurgu yapılırken,

uygulanabilir çözüm seçeneklerinin oluşturulmasına ve test edilmesine daha az vurgu yapılır (Thomas, 2009; Sipos vd, 2008).

PPDÖ öğrenme modelleri, uygulanabilir çözüm seçenekleri oluşturmak için olaya özel problem anlayışı geliştirmeye odaklanır. Profesyonel bir proje yönetimi yaklaşımı, öğrencilerin çalışmalarını yapılandırmak ve desteklemek için ortam ve araç sağlar. Probleme dayalı öğrenmede olduğu gibi, eğitmenler mentor olarak hareket eder, ancak rolleri, sadece yeni anlayışlar oluşturmak değil, aynı zamanda uygulanabilir çözüm seçenekleri geliştirmenin zorlu sürecinde öğrencilerin proaktif rehberliğini de içermektedir (Blumenfeld vd, 1991; Roessingh ve Chambers, 2011).

PPDÖ, öğrencilerin sürdürülebilirlik yetkinliklerini geliştirmeyi (Wiek vd, 2011a ve 2011b) ve mesleki uygulamaya geçişlerini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Probleme dayalı öğrenme (PDÖ), proje tabanlı öğrenme(PJTÖ) ve problem proje tabanlı öğrenme (PPDÖ); sağlık bilimleri, şehir planlaması, mühendislik, sürdürülebilirlik ve beşeri bilimler gibi çeşitli alanlarda geleneksel yaklaşımların tamamlayıcısı olarak sınıflarda, programlarda, okullarda ve tüm üniversitelerde uygulanmaktadır. PPDÖ, PDÖ ve PJDÖ'nün birleşmiş halidir. Böylece her iki yaklaşımın en iyi özellikleri bir araya getirilir. PPDÖ'nün temel hedefleri, öğrencilerin kapsamlı ve esnek bir bilgi tabanı, aktarılabilir problem çözme becerileri ve işbirlikçi yeterlilik ile kendi kendini motive eden ve kendi kendini yöneten öğrenenler olmalarına yardımcı olmayı içermektedir (Hemlo-Silver, 2004).

PPDÖ yaklaşımları, sağlık bilimleri, mühendislik, mimarlık, işletme ve eğitim alanlarında zengin bir uygulama geçmişine sahiptir (Savery, 2006). PPDÖ, aktif öğrenen olma, nasıl öğrenileceğini öğrenme, grup tartışması yoluyla daha derin bir öğrenme, takım çalışması, beceri ve bilginin aktarılabilirliği, kendine güven ve sunum becerilerinin gelişmesi, profesyonellerle etkileşim ve iletişim, eleştirel, yenilikçi ve yaratıcı düşünme ve arkadaş edinme gibi çok önemli becerileri geliştirmektedir. PPDÖ sürdürülebilirlik eğitimi, kompleks toplumsal sorunlara çözüm önerileri geliştirmeyi, derinlemesine araştırmayı ve farklı uzmanlık türleri arasında işbirliğini öngörmektedir (Wiek vd, 2012; Brundiers vd, 2013). Bu nedenle, sürdürülebilirlik programları öğrencileri yalnızca içerik bilgisi ve analitik becerilerle değil, aynı zamanda kişilerarası yetkinlikler ve disiplinler arası/akademik iş deneyimi ile de donatılmalıdırlar. Bu beceriler yalnızca derse dayalı etkinliklerle geliştirilemez, uygulamalı, işbirliği ile çalışan ekip çalışmaları da gereklidir.

2.1.Sürdürülebilirlikte temel yetkinlikler

Son 20 yılda dünyanın dört bir yanındaki üniversitelerde ve kolejlerde yüzlerce sürdürülebilirlik programı ortaya çıktı. İşverenler, öğrenciler, eğitimciler ve program yöneticileri için en önemli soru, bu programların

öğrencilerde hangi yetkinlikleri geliştirdiğinin tespit edilmesidir (Barth vd, 2007; Rieckmann, 2012).

Brundiers vd, (2011) tarafından detaylandırılan PPDÖ programı üç ana noktayı vurgular: (1) Model, dört temel PPDÖ bileşenini (sorunu ortaya koymak; sorunu detaylı anlamak; sorunu simüle etmek ve çevre ile etkileşim içinde olmak) ayırt eder (Brundiers vd, 2010). (2) PPDÖ bileşenleri, öğrencilerin bireysel ve işbirliğine dayalı öğrenme kapasitelerini güçlendirmelerine ve disiplinler arasında ve uygulayıcılarla iletişim, işbirliği ve proje yönetimi becerileri geliştirmelerine yardımcı olur. (3) PPDÖ bileşenleri öğrencilerde sürdürülebilirlik problem çözme yeterliliğini geliştirmek için gerekli becerileri güçlendirir (Wiek vd, 2011a ve 2011b).

PPDÖ, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini, stratejilerini yansıtmaları ve derinleştirmeleri konusunda desteklerken, öğrencilerin aktif ve öz sorumlu bir şekilde bilgi, beceri ve tutum geliştirmelerini de sağlar. PPDÖ, bilgi, beceri ve duyuşsal alanlarla birlikte zengin öğrenme deneyimleri sağlarken sürdürülebilirlik yetkinlikleri geliştirmektedir (Wiek ve Kay, 2013).

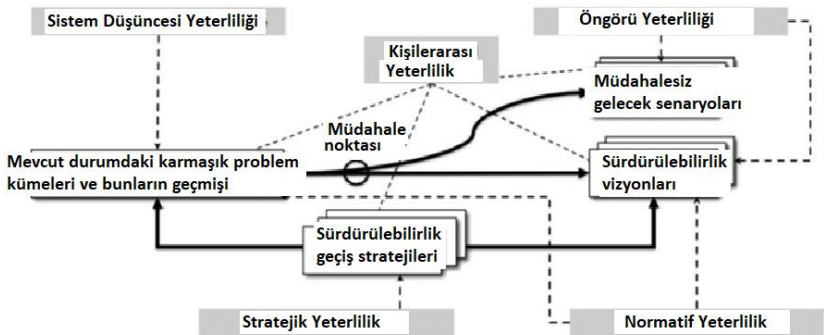
Wiek vd, (2011a) sürdürülebilirlik konusunda altı temel yetkinlik tanımlamışlardır: Bunlar; Sistem Düşünce Yetkinliği, Gelecek Düşüncesi (Öngörülü) Yetkinliği, Değerler Düşünme (Normatif) Yetkinliği, Stratejik Düşünme Yetkinliği, Kişilerarası (İşbirliği) Yetkinlik, Entegre Problem Çözme Yetkinliği'dir. Bu yetkinliklerin tanımları ve içerikleri tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Sürdürülebilirlikteki temel yetkinliklerin tanımları (Wiek vd, 2011, 2016)

Sistem düşüncesi yetkinliği “farklı alanlarda (toplum, çevre, ekonomi vb.) ve farklı ölçeklerde (yerelden küresele) karmaşık sistemleri toplu olarak analiz etme yeteneği, böylece sürdürülebilirlikle ilgili basamaklı etkileri, atalet, geri bildirim döngüleri ve diğer sistemik özellikleri dikkate alır. sorunlar ve sürdürülebilirlik problem çözme çerçeveleri” (Wiek vd, 2011).	Stratejik düşünme yetkinliği “Sürdürülebilirliğe yönelik müdahaleleri, geçişleri ve dönüştürücü yönetim stratejilerini toplu olarak tasarlama ve uygulama becerisi” (Wiek vd, 2011).
---	--

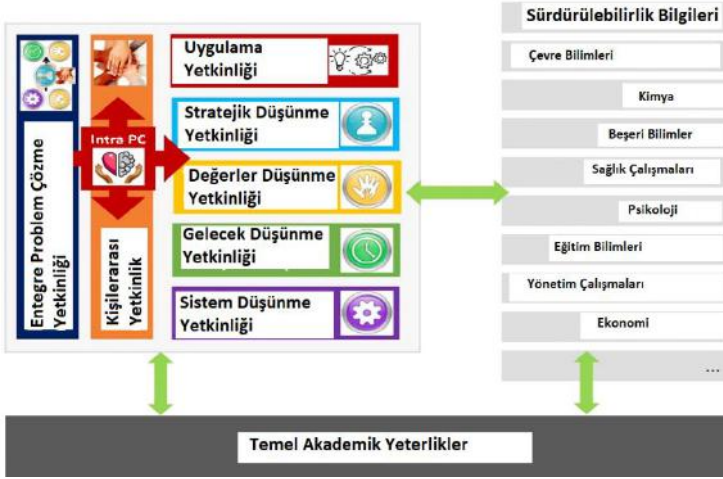
<p>Öngörülü/gelecek-düşünme yetkinliği “sürdürülebilirlik sorunları ve sürdürülebilirlik problem çözme çerçeveleriyle ilgili geleceğe ilişkin toplu olarak analiz etme, değerlendirme ve zengin “resimler” oluşturma yeteneği” (Wiek vd, 2011).</p>	<p>Kişilerarası/işbirlikçi yetkinlik “işbirlikçi ve katılımcı sürdürülebilirlik araştırması ve problem çözmeyi motive etme, etkinleştirme ve kolaylaştırma yeteneği” (Wiek vd, 2011).</p>
<p>Normatif/değerler-düşünme yetkinliği “Sürdürülebilirlik değerlerini, ilkelerini, hedeflerini ve hedeflerini toplu olarak haritalama, belirleme, uygulama, uzlaştırma ve müzakere etme yeteneği” (Wiek vd, 2011).</p>	<p>Entegre problem çözme yetkinliği, sürdürülebilirlik sorunlarını çözmek ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için beş temel yetkinliği [solda] anlamlı bir şekilde kullanma ve entegre etme meta-yeterlidir (Wiek vd, 2016). “Sorun analizi, sürdürülebilirlik değerlendirmesi, vizyon oluşturma ve strateji oluşturmaya anlamlı bir şekilde bütünleştirmek” için “karmaşık sürdürülebilirlik sorunlarına farklı problem çözme çerçeveleri uygulama ve uygulanabilir çözüm seçenekleri geliştirme” yeteneğidir (Wiek vd, 2016).</p>

Aşağıda yer alan şekil’de sürdürülebilirlik temel yetkinliği olan altı yeterliliğin birbiriyle olan ilişkileri yer almaktadır.



Şekil 1. Sürdürülebilirlikteki temel yetkinliklerin birbiriyle ilişkileri (Brundiers vd, 2020)

Her yetkinlik, gerçek dünyadaki sürdürülebilirlik problemleri, zorluklar ve fırsatlar ile ilgili olarak başarılı görev performansı ve problem çözme mümkün kılan işlevsel bilgi, beceri ve tutumlar karşımıdır. Bu yetkinlikler kültürel, coğrafi ve ölçekler arasında aktarılabilirler. Bu nedenle, yerel çalışma, öğrencileri sınırlamaz aksine evrensel olarak uygulanabilir becerileri öğrenmek için pratik bir ortam sağlar (Wiek, 2011; Waren 2014). Brundiers vd, (2020) şekil 2’de sürdürülebilirlik konusundaki temel akademik yetkinlikler ve sürdürülebilirliğe özgü kavramları birbirine bağlayan üç boyutlu model görülmektedir.



Şekil 2. Sürdürülebilirlik çerçevesindeki temel yetkinlikler (Brundiers vd, 2020)

Şekil 2’de görülen bu model sürdürülebilirlikteki kilit yeterliliklerin temel yeterlilikler ve güncel bilgilerle nasıl ilişkili olduğunu göstermektedir. Sürdürülebilirlikteki anahtar yetkinlikler birbirine bağlıdır ve herhangi bir akademik ortamda edinilebilen akademik yetkinlikle ilişkilidir (Wiek vd, 2011). Sürdürülebilirlik terimi, dört farklı şekilde tanımlanmaktadır. (a) çevre eğitimi olarak sürdürülebilirlik (Ryan, 2000), (b) sürdürülebilir kalkınma eğitimi olarak (Ryan, 2000), (c) sürdürülebilir büyüme eğitimi olarak (Fien, 1988) ve (d) sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik (Collins, 1992; Pavlova, 2004).

2.2.Okul ve üniversitelerde sürdürülebilirlik eğitimi

Sürdürülebilirlik eğitiminin müfredatta ve derslerinde PPDÖ yaklaşımını kullanmanın fayda sağlayacağı konusunda araştırmalar bulunmaktadır. Aslında üniversiteler son on yılda gerçek dünyadaki öğrenme fırsatlarını keşfetmekte ve PPDÖ bileşenlerini uygulamaktadır (Dobson ve Tomkinson, 2012; Segalas vd, 2010; Guerra, 2012; Yasin ve Rahman, 2011; Brundiers vd, 2013; Brundiers ve Wiek, 2013). Ancak, birçok yükseköğretim kurumu için sürdürülebilirlik eğitiminde titiz,

müfredatla uyumlu PPDÖ fırsatları sağlamada bireysel, disiplinler ve kurumsal zorluklar devam etmektedir (Whitmer vd, 2010). Bir çok ülke sürdürülebilirlik eğitimini ilk, orta, yüksek öğretim ve hatta lisansüstü düzeyde programlarına entegre etmişlerdir (Redman ve Wiek, 2012; Brundiars vd, 2010; Wiek ve Kay, 2013; Brundiars ve Wiek, 2013). Bu durum, yerel ve uluslararası ölçekte sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm seçeneklerini işbirliği içinde belirleme, analiz etme ve geliştirme konusunda benzersiz ortamlar sunmaktadır (Thomas, 2009; Steinemann, 2003; Yasin ve Rahman; Wiek vd, 2011b).

Yüksek öğrenimde sürdürülebilirlik eğitiminin altı boyutun (yaşam boyu öğrenme, disiplinler arası yaklaşım, sistem düşünme, ortak çalışma, çok kültürlülük ve yetkilendirme) eğitim programlarına entegre edilmesi önerilmiştir (Bruntland Raporu 1987).

Buradan yola çıkılarak bu çalışmanın problemini; problem ve proje tabanlı öğrenmenin birlikte kullanıldığı PPDÖ yaklaşımının lisansüstü eğitim alan katılımcıların sürdürülebilirlik ile ilgili bilgi ve becerilerine etkisi nedir? sorusu oluşturmaktadır.

3. Yöntem

3.1.Araştırmanın deseni

Yapılana bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Güncel bir olayı gerçek yaşam çerçevesi içinde inceleyen durum çalışması; “niçin” ve “nasıl” sorularını temel alan, bir olgu ya da olayı derinliğine incelemesine fırsat veren bir araştırma yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Araştırmacı durum çalışmasında, bir olayı, etkinliği, süreci ve programı bir ya da birden fazla kişiyi derinlemesine sorgulayarak inceler. Durumlar genellikle etkinlikler veya zaman ile birbirine bağlıdır. Araştırmacı ayrıntılı bilgiye ulaşmak için çeşitli veri toplama süreçlerini kullanır (Creswell, 2009).

3.2.Çalışma grubu

Araştırmaya Fen Bilgisi Eğitimi Lisansüstü eğitimi programında yer alan Disiplinlerarası Bilim Eğitimi dersine devam 20 öğrenci katılmıştır. Çalışma grubunun katılımcıların profilleri tablo 3’de görülmektedir. Katılımcıların yaşları 23 ile 45 arasında değişmektedir.

Tablo 3. Araştırmaya katılan katılımcıların profilleri

Devam Ettikleri Lisansüstü Program	n
Fen Bilgisi (Yüksek Lisans)	4 (3bayan, 1 erkek)
Fen Bilgisi (Doktora)	5 (3erkek, 1 bayan)
Kimya Eğitimi (Doktora)	2 (2 bayan)
Biyoloji Eğitimi (Yüksek Lisans)	7 (7 bayan)
Gıda Mühendisliği (Doktora)	2 (1 erkek, 1 bayan)

3.3.Veri toplama araçları

Veriler katılımcıların sürdürülebilirlik ile ilgili seçilen okulda ve yaz kampında sürdürülebilirlik eğitimi için hazırladıkları projelerin rubriklerle nicel olarak analiz edilmesinden sağlanmıştır. Araştırmada lisansüstü öğrencilerinin PPDÖ uygulamaları sonucunda “Temel Beceri Gelişimi”, “Sürdürülebilirlik Yeterlilikleri” ve “Proje Geliştirme Süreç Becerileri” rubrikle değerlendirilmiştir. Geliştirilen projeler ayrıca nitel olarak içerik analizi yapılmıştır.

3.4.Araştırmanın uygulanması

Problem ve proje temelli öğrenme disiplinlerarası bilim eğitimi dersine entegre edilmiştir. Başlangıçta, lisansüstü öğrencilerine disiplinlerarası sürdürülebilirlik ve sürdürülebilirliği sağlamak için geliştirilen yöntem ve teknikler ile ilgili temel bilgiler, gerçek yaşam problemleri ve örnek olaylardan örnekler verilmiştir. Daha sonra katılımcılar her grupta 4 kişi olmak üzere 5 gruba ayrılmışlardır. Gruplara sürdürülebilir yaz kampı ve sürdürülebilir okul projelerinden birini seçmeleri istenmiştir. Bu aşamadan sonra tablo 3’de belirtilen Problem ve proje tabanlı öğrenmenin basamakları uygulanmıştır.

Araştırmada kullanılan rubrikler uzman (3 puan), orta(2 puan), acemi (1 puan) ve yetersiz (0 puan) olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4. Araştırmanın uygulama basamakları

1. Problem Tabanlı Öğrenme	Sürdürülebilir Okul/ Sürdürülebilir Yaz Kampı
Birinci Oturum	Problem sunulur, problem içeriği grupça tartışılır. Bilinmeyen terimler ve kavramlar belirlenir ve netleştirilir Keşif için problemlerin ve konuların doğası tanımlanır. Problemlerin, olası çözümleri, açıklamaları ve eylemleri analiz edilir ve beyin fırtınası yapılır Daha ileri araştırmalar için özel öğrenme hedefleri ve soruları formüle edilir; öğrenciler, araştırılacak bir konunun en önemli yönlerinin ne olduğuna kendileri karar verirler
Oturumlar arası	Katılımcılar, üzerinde anlaşmaya varılan öğrenme hedeflerine dayalı olarak kendi kendilerine öğrenmeye katılırlar. Gruplar, birlikte çalışmak için sınıf dışında da buluşabilir.

Son Oturum	Katılımcılar, özel çalışmanın sonuçlarını paylaşır, kaynaklara atıfta bulunur ve üzerinde anlaşmaya varılan öğrenme hedeflerinden geçerek bulguları ve fikirleri tartışır. Grup paylaşım süreci, belirli bir konu için gerekli olan arka plan bilgisinin genişliğini kapsamalıdır. Son oturumda seçilen problemlerden biri proje temelli eğitim olarak geliştirilmiştir.
2. Proje Tabanlı Öğrenme	Isınma, Organizasyon ve Bilgi Araştırma Süresi
PDÖ senaryolarının tasarımı	Mümkün olduğunca gerçek hayattaki sürdürülebilirlik projelerine, vaka çalışmalarına ve senaryolara dayalı; sürdürülebilirliği farklı açılardan, yani çevresel, sosyal, ekonomik ve politik olarak ele alan ve farklı uluslararası ve kültürel bakış açıları dikkate alınmıştır. Senaryoların odak noktası, sürdürülebilirlik problemlerin üstesinden gelmek için yaratıcı ve yenilikçi yaklaşımlar oluşturmak için işbirliği içinde çalışmak ve böylece süreçte yeni sürdürülebilirlik "bilgisi" oluşturmak amaçlanmıştır.
Proje Planının Yapılması	Projenin zaman, maliyet ve malzeme planlarının yapılması
Projenin Uygulanması	Projenin deneysel uygulamasının yapılması
Projenin Sunumu	Projenin sınıfa sunulması
Değerlendirme	Projenin hazırlayan grup tarafından öz değerlendirilmesi, sınıf arkadaşlarının değerlendirme ve öğretim elemanın değerlendirmesi ve geri bildirim verilmesi

4. Bulgular

Yapılan araştırmada lisansüstü öğrencilerinin PPDÖ uygulamalarıyla temel beceri, sürdürülebilirlik yetkinlikleri ve proje geliştirme süreçlerindeki becerileri analiz edilmiştir.

Tablo 5. PPDÖ'nün lisansüstü öğrencilerin proje geliştirme becerileri

Beceriler	Tanımlar	Proje Gruplarının Ortalama Puanı (X)					
		1	2	3	4	5	Ort. Puan
Temel Beceriler	Öğrenmeyi veya bilginin daha hızlı edinilmesini kolaylaştırmak (örn. eleştirel düşünme, aktif dinleme, vb.)	2	1	2	3	3	2,20
Kompleks problem Çözme Becerileri	Kompleks, gerçek dünya ortamlarında yeni, kötü yapılandırılmış problemleri çözmek	1	1	2	3	3	2,0
Kaynak Yönetimi Becerileri	Kaynakları verimli bir şekilde kullanılır	3	1	3	2	2	2,20
Sosyal Beceriler	Hedeflere ulaşmak için grup, kurum ve paydaşlarla birlikte çalışır (örneğin, müzakere, koordinasyon, vb.)	3	2	3	3	3	2,80
Sistem Becerileri	Disiplinlerarası kompleks problem ve sistemleri bütüncül analiz etme (sistem analizi ve değerlendirmesi)	1	1	2	2	3	1,80
Teknik Beceriler	Araç ve gereçleri kullanma	1	2	2	3	3	2,20
Toplam Ortalama Puan(X)		1,83	1,33	2,33	2,66	2,83	2,20

* Her bir beceri 3 puan (uzman), 2 Puan (orta), 1 puan (acemi) olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5’de lisansüstü öğrencilerinin PPDÖ uygulamaları sonrasında çeşitli becerileri düzeyleri görülmektedir. Çalışmada yer alan 5 grubun tüm becerilerdeki ortalama puanlarına bakıldığında 5. grup 2,83; 4. Grup 2,66 puanla uzman seviyesine yakın, 3. Grup 2,33 puanla orta, 1. Grup 1,83 ile orta ve 2. Grup 1,33 ile acemi düzeyinde becerilere sahip oldukları tespit edilmiştir. Gruplar beceri alanlarına göre değerlendirildiğinde 2,80 puanla sosyal becerilerde uzman düzeye yakın bir düzeyde olduğu görülmektedir. Temel beceriler (X: 2,2); kaynak yönetim becerileri (X:2,2) ve Teknik beceriler (X: 2,2)’de orta düzeyin üstünde, kompleks problem çözme (2,0) ve Sistem düşünme(1,8)’de orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü gibi katılımcıların en iyi olduğu beceri sosyal beceriler olurken en zayıf oldukları beceri ise sistem düşünme becerisi olmaktadır.

Tablo 6. Lisansüstü öğrencilerinin sürdürülebilirlik yeterlilikleri

Yeterlilikleri	Tanımlar	Gruplar					
		1	2	3	4	5	Ort. Puan
Sistem Düşüncesi Yetkinliği	Farklı alanlarda (toplum, çevre, ekonomi vb.) ve farklı ölçeklerde (yerelden küresele) karmaşık sistemleri toplu olarak analiz etme yeteneği	2	1	2	3	3	2,20
Öngörülü/ Gelecek-düşünme Yetkinliği	Sürdürülebilirlik problemleri ile ilgili geleceğe ilişkin analiz etme, değerlendirme yeteneği.	2	1	2	2	2	1,80
Normatif/ değerler-düşünme Yetkinliği	Sosyal ve toplumsal sürdürülebilirlik değerlerini, ilkelerini, etik kuralları belirleme, uygulama ve müzakere etme yeteneği.	1	1	1	2	2	1,40
Stratejik düşünme Yetkinliği	Sürdürülebilirliğe yönelik müdahaleleri, geçişleri ve dönüştürücü yönetim stratejilerini toplu	2	1	2	3	3	2,20

	olarak tasarlama, uygulama ve yenilikçi deneyler planlama yeteneği						
Kişilerarası/ İşbirlikçi Yetkinlik	İşbirlikçi ve katılımcı sürdürülebilirlik araştırması ve problem çözmeyi motive etme, etkinleştirme ve kolaylaştırma yeteneği.	3	2	3	3	3	2,80
Entegre Problem Çözme Yetkinliği	İlgili disiplin, disiplinler arası yaklaşımlardan yararlanırken, sürdürülebilirlik problem çözme sürecinin veya yeterliliklerinin adımlarını birleştirebilme ve entegre edebilme yeteneğidir.	2	1	3	2	3	2,20
Toplam		2,00	1,16	2,16	2,50	2,66	2,10

Tablo 6’da lisansüstü öğrencilerin sürdürülebilirlik yeterlik düzeyleri görülmektedir. Her bir grubun 6 sürdürülebilirlik yeteneğinin toplam puanlarına bakıldığında 5. Grup (X: 2,66) ve 4. Grup(X: 2,50) ile orta düzeyin üstünde uzman düzeye yaklaşmış olduğu belirlenmiştir. Grup 3 (X: 2,16) ve Grup 1 (X: 2,00) ile orta düzeyde grup 2 (X: 1,16) ise acemi düzeyde yeterliklere sahiptir. Her bir sürdürülebilirlik yeterlik alanları ayrı ayrı incelendiğinde, X: 2,80 ile “Kişilerarası/ İşbirlikçi Yetkinlik” uzman düzeye yakın olurken, X: 2,2 ortalama puana sahip olan “stratejik düşünme”, “sistem düşünme” ve “entegre problem çözme” orta düzeyde, X: 1,80 puanla öngörülü düşünmede ortaya yakın, X: 1,40 puanla normatif düşünmede acemi düzeyde yetkinliğe sahip oldukları tespit edilmiştir.

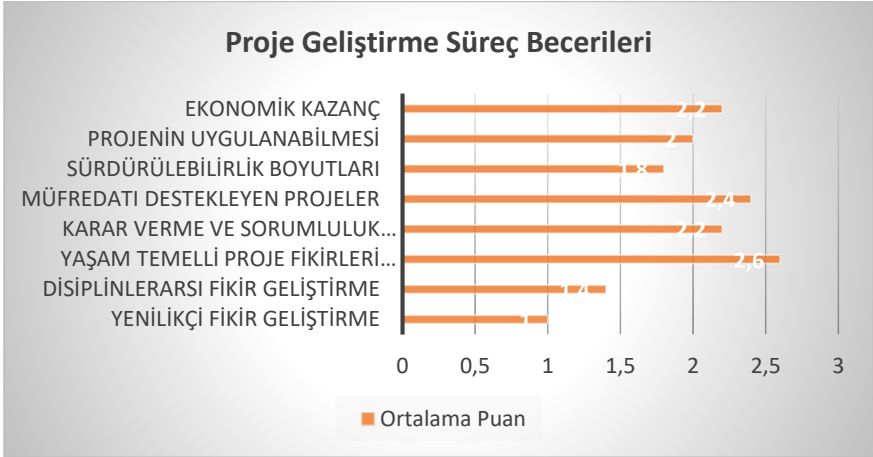
Tablo 7. Lisansüstü öğrencilerin oluşturdukları problem ve projeler

Grup	Bağlam Temelli Problem Konuları	Uygulanan Proje
1	Okulumuzda Geri Dönüşümü nasıl düzenleyebiliriz? Okulumuzda yenilenebilir temiz enerji olan Güneş enerji kolektörlerinin kurulması için	Ters çatı uygulaması ile yağmur suyunun daha verimli toplanması

	<p>okul yönetimini nasıl ikna edebiliriz?</p> <p>Kağıt israfı için neler yapılabilir?</p> <p>Çatıdaki yağmur sularının toplanıp kullanılması için nasıl bir proje önerebiliriz?</p> <p>Geri dönüştürülebilen atıklarla okulöncesi sınıf öğrencileri için oyuncak tasarlayarak okulumuzun bütçesine ne kadar kazandırabiliriz?</p>	
2	<p>Biyçeşitliliği arttırmak ve okulumuzun çevresinde oksijen miktarını arttırmak için Yeşil Çatıları kullanabilir miyiz?</p> <p>Okulumuzda elektrik tasarruf için sensörlü aydınlatma sisteminin modelini tasarlayabilir miyiz?</p> <p>Okula yeşil ulaşımı nasıl sağlarız?</p>	STEM projesi: Maket bir okulun sensörlü aydınlatmasını tasarlama
3	<p>Ekolojik Ayak izimizi nasıl azaltabiliriz?</p> <p>Çatıdan gelen yağmur sularını nasıl toplayabiliriz?</p> <p>Topraksız Bitki Yetiştiriciliğini (Hidroponik Tarım) okulumuzda nasıl uygularız?</p> <p>“Plugging”(yani çöp toplama sporu) okulumuz öğrencilerinin çevreye karşı tutumlarını nasıl etkiler?</p>	Hazır programlar kullanılarak öğrencilerin kendilerine ait karbon, su ve ekolojik ayak izlerinin hesaplanması
4	<p>Kantinde gıda israfını önlemek için dikkat çekici nasıl bir Poster hazırlamalıyız?</p> <p>Okulumuzda sınıf ve ofisler için ikinci el mobilya alımını nasıl teşvik edebiliriz?</p> <p>Sınıflarımızı doğal aydınlatma için neler yapabiliriz?</p>	Kompost gübre yapımı

5	Elektronik atıkları uygun şekilde geri dönüştürmek için bir e-atık politikası uygulamak Permakültür için Yağmur Suyu Toplama Gölet Tasarımı Okulumuzun bahçesinde Hügelkültür / Çukur Kültür yapabilir miyiz?	Permakültür için Yağmur Suyu Toplama Gölet Tasarımı
---	---	---

Tablo 7’de lisansüstü öğrencilerinin “sürdürülebilir okulumuz” konusu ile ilgili oluşturdukları problem ve proje konuları görülmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi katılımcılar hem güncel hem de yaşam temelli problem ve proje konuları oluşturmuşlardır. Oluşturulan projelerin tamamı sürdürülebilirliğin çevre boyutuna ve birçok alt boyutuna (biyoçeşitlilik, kirlilik, geri dönüşüm, temiz, su, su tasarrufu, temiz enerji gibi) yer vermişlerdir. Projelerde orta düzeyde sürdürülebilirliğin ekonomi boyutuna (verimlilik, bütçe gibi) yer vermiştir. Çevre ve ekonomi boyutuna yer veren katılımcılar problem ve proje konularında sosyal(eşitlik, adalet, etik gibi) konulara çok sınırlı yer vermişlerdir.



Şekil 3. Tüm gruplara ait proje geliştirme süreç becerilerinin değerlendirilmesi

Şekil 3’de lisansüstü öğrencilerinin proje geliştirme sürecinde gözlenen süreç becerileri görülmektedir. Katılımcıların en çok başarılı oldukları becerinin “yaşam temelli proje fikri geliştirme” olduğu tespit edilmiştir. Sonraki beceriler ise sırasıyla müfredatı destekleyen projeler oluşturma, ekonomik kazancı düşünme, karar verme ve sorumluluk alma, projenin uygulanabilirliği, sürdürülebilirliğin boyutlarına yer verme, disiplinlerarası fikir geliştirme ve yenilikçi fikir oluşturma gelmektedir.

5. Tartışma

Bu çalışmada, lisansüstü öğrencilerinin PPDÖ uygulamaları sırasında proje geliştirme becerileri ve sürdürülebilirlik yeterliliklerinin düzeyleri incelenmiştir. Lisansüstü öğrencilerinin proje geliştirmede gerekli olan becerileri incelendiğinde en iyi düzeyde sosyal becerilerin, daha sonra gelişim düzeyine göre temel beceriler, kaynak yönetimi, teknik beceriler, kompleks problem çözme ve sistem düşünme becerileri olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü gibi en az gelişen beceri sistem düşünme becerisi olduğu görülmüştür. Katılımcı öğrencilerinin proje geliştirme sürecindeki becerileri incelendiğinde de katılımcıların en çok başarılı oldukları becerinin “yaşam temelli proje fikri geliştirme” olduğu tespit edilmiştir. Sonraki beceriler ise sırasıyla müfredatı destekleyen projeler oluşturma, ekonomik kazancı düşünme, karar verme ve sorumluluk alma, projenin uygulanabilirliği, sürdürülebilirliğin boyutlarına yer verme, disiplinlerarası fikir geliştirme ve yenilikçi fikir oluşturma gelmektedir.

Yapılan çeşitli çalışmalarda da projelerin, problem çözme, eleştirel düşünme veya işbirlikçi öğrenme ile ilgili olan ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma için bilimsel becerileri içerdiğini belirtmiştir (Ozkan, 2013; Bransford vd, 2000; Barron vd, 1998; Krajcik vd, 2015). Kim (2021) de çalışmasında PPDÖ'nin, öğrencilerin işbirliği, iletişim, eleştirel düşünme ve yaratıcılık gibi becerileri geliştirmelerine yardımcı olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda bu uygulamaların akademik performansı olumsuz etkileyen bir duygu olan kaygıyı azalttığını açıklamışlardır (Britner, 2008; Tomas vd, 2016). Bilim eğitimcileri kaygı veya korku gibi olumsuz duygulardan etkilenen öğrenciler için işbirlikçi ve destekleyici bir sınıf ortamı sağlanmasını önermişlerdir (Britner, 2008). Duygular biliş, motivasyon, ilgi ve bilim öğrenimini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu, onların bilim öğrenimi sırasında olumlu duyguları teşvik etmek için farklı yöntemler uygulayarak ve kararlar alarak görevlerini yerine getirmelerine yardımcı olmaktadır (Tomas vd, 2016). Proje Tabanlı Öğrenme, öğrencilerin karmaşık problemleri çözmek ve çözümlerini ve sonuçlarını bilgilendirici bir şekilde savunmak için içerik bilgisi ve akademik beceriler kazanarak sorgulama sorularını yönlendiren entelektüel olarak zorlayıcı görevlerle meşgul oldukları bir yöntemdir (Movahedzadeh, 2012).

PDÖ yükseköğretim öğrencilerin, sosyal ilişkilerini, beceri gelişimini, motivasyonu, disiplinlerarası problem çözme ve nesnelere anında teması sağlamaktadır. Diğer bazı araştırmacılar da benzer şekilde yüksek öğretimde PDÖ deneyiminin motivasyon sağladığını ve öğrencileri gerçek uygulamalara hazırladığını bildirmişlerdir (Prince vd, 2000). Aynı zamanda öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumlarının geliştiği ve konu içeriğinin daha derinden anlaşıldığı da bildirilmiştir (Takeda vd, 2017). PPDÖ'nin faydalarından biri de sürdürülebilirliğin proje yönetim

planlarına entegrasyonu ile pratik deneyimlerin bir yansımasını sağlaması olmuştur. Bunu yaparak, sürdürülebilir proje yönetiminin çok ihtiyaç duyulan pratik uygulamasına katkıda bulunur. PPDÖ, öğrencilerin duyuşsal alanını etkileyerek daha anlamlı bir öğrenme sağlar.

Proje tabanlı öğrenme, SKE yeterliliklerinin, farklı kültürel bağlamlarda çevresel ve sürdürülebilirlik eylemleriyle ilgili çeşitli beceri ve yeterlilikleri geliştirmede merkezi bir rol oynamaktadır. Bunlar, 21. yüzyıl dünyasının karşı karşıya olduğu yerel ve küresel zorlukların üstesinden gelmek için gerekli olan işbirliği, eleştirel düşünme, stratejik yetkinlikler, öz farkındalık ve iletişimi içermektedir. Proje tabanlı öğrenme örgün ve örgün olmayan ortamlarda uygulanabilir. Bu çalışma sonuçları göz önüne alındığında gerçek yaşam deneyimleri sağlamak ve katılımcıların SKE yeterliliklerini geliştirmek için PPDÖ mesleki gelişim programlarının bir parçası olması önerisini desteklemekteyiz. - Örgün eğitim sistemi dışındaki mentorlar ve uzmanlar, öğretmenler ve öğrenciler için proje tasarımı ve uygulama desteği sağlamak için işbirliği yapabilir.

Yapılan bu çalışmada lisansüstü öğrencilerin sürdürülebilirlik yeterlikleri incelendiğinde kişilerarası yetkinliğin uzman düzeyde geliştildiği, stratejik düşünme, entegre problem çözmeye lisansüstü öğrencilerin sürdürülebilirlik yeterlik düzeyleri incelendiğinde, “Kişilerarası/ İşbirlikçi Yetkinlik” te uzman düzeye yakın olurken, “stratejik düşünme”, “sistem düşünme” ve “entegre problem çözmeye” orta düzeyde, öngörülü düşünmede ortaya yakın, normatif düşünmede acemi düzeyde yetkinliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Tüm gruptaki İşbirliği ile çalışarak işbirliği yetkinliğinde büyük bir başarı tespit edilmiştir. Ayrıca gruplar projelerini desteklemek için katılımcılar, okul personeli ve farklı kuruluşlardan destek almışlardır. Katılımcılar özgün ve toplumu ilgilendiren problemleri eleştirel bir gözle bakarak titizlikle değerlendirip seçerek eleştirel düşünme yetkinliğini yansıtmışlardır. Problemler katılımcılar tarafından farklı disiplinleri de içine alacak şekilde bütüncül olarak değerlendirip problemleri çözmüşlerdir. Bu şekilde sistem düşünme ve entegre problem çözmeye yetkinliklerinin geliştildiği tespit edilmiştir. Öğrenciler projelere dahil olduktan sonra değerler, anlayışlar ve davranışlarla ilgili gelişmeler de sınırlı düzeyde gelişme görülmüştür. Bu kanıtlar, sürdürülebilirlik perspektifi için eğitimle sürdürülebilirlik projelerinin yürütülmesinin, değerlerin öğretilmesinde ve sistem düşüncesinin farkındalığının artırılmasında etkili ve anlamlı bir yaklaşım olduğu önermesini desteklemektedir. Değerler eğitimi ve sürdürülebilirlik eğitimi arasındaki bu ilişki, uygulamalı, gerçek yaşam bağlamlarının yanı sıra öğrenci zihin haritalarında ve görüşmelerde gözlemlenmiştir.

PPBL derslerinin sürdürülebilirlik eğitiminde önemli bir işlevi yerine getirebileceği bildirilmektedir (Brundiers, 2013). PPDÖ ile uygun bir bağlam kullanıldığında bazı sürdürülebilirlik yetkinlikleri daha kolay

gelişirken değerler düşüncesi ve sistem düşüncesi daha yavaş ve zor gelişmektedir. Bu yetkinliklerin gelişimi için daha fazla rehberlik ve mentorluğa ihtiyaç vardır. Sistem düşüncesi kazanma perspektifinden bakıldığında, bu düşüncenin gelişmesi için daha çok rehberliğe ve uygulamaya ihtiyaç var gibi görünmektedir. Bulgular, bazı öğrencilerin artan farkındalık sergilediğini ve olaylar arasındaki ilişkileri tanımlayabildiklerini öne sürse de, bu yaklaşıma sürekli olarak açık bir şekilde odaklanmanın gerektiği görülmektedir. Öğrencilerin kendi dünyalarındaki olayları bütünleşik bir bütün olarak anlamaları için, resmin tamamını görmek ve kirlilik ve bir eko-sistemin sağlığı gibi parçalı bilgi parçaları arasında karşılıklı ilişkiler kurmak gerekmektedir. Değerler düşüncesi bu karşılıklı ilişkilerin önemli bir bileşenidir ve bu nedenle eğitimciler tarafından açıkça dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle, yönlendirme olmadan gerçekleşmeyeceğinden, deneyimlerin bağlantıları ve uygunluğu hakkında düşünmeyi geliştirecek kolaylaştırıcı açıklama ve uygulamalara gerek vardır. Bir diğer önemli konu da sürdürülebilirlik bağlamında daha derin gelecek düşüncesinin ve sistem düşüncesinin vurgulanması gerekmektedir (Lovat vd, 2007). PPDÖ uygulamaları, öz-yönetimli öğrenmenin geliştirilmesi ve sürdürülebilirlik yetkinliklerinin entegrasyonu için çok uygun bir ortam sunmaktadır. Özellikle PDÖ uygulamaların ortak amaçlanan öğrenme çıktıları, UNESCO (2005)'nin sürdürülebilirlik için temel yetkinliklerinin çoğuyla örtüşmektedir. PPDÖ kompleks, kötü yapılandırılmış sürdürülebilirlik problemlerinin ele alınması, sürdürülebilirlik çözüm seçeneklerinin geliştirilmesine odaklanmanın benimsenmesi, ekip çalışması ve paydaş işbirliği ihtiyacının kabul edilmesi gibi temel ilkelerle uyumludur (Wiek, 2011).

Yapılan bu çalışmada uygulanan iki örnek problem arasında sürdürülebilir okul projesi katılımcılara daha yakın gelmiş ve daha çok problem ve proje üretebilmişlerdir. Ülkemizde yaz kampları yaygın olmadığından bu konuda daha sınırlı başarı sağlanmıştır. Halbuki yaz kampı gibi okul dışı uygulamalar sürdürülebilirlik problemlerini yerinde görülmesi nedeniyle hem sürdürülebilirlik yetkinliklerinin hem de bilgi, beceri ve tutumları daha fazla geliştirebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada katılımcılar yeni bilgiler (yağmur suyunun nasıl toplanabileceği, yiyecek atıklarından bahçe için kompost gübre yapımı, yenilenebilir enerji kaynakları gibi), özgüven (bir problemi çözebilme, projeyi tamamlayabilme gibi), problem çözme becerileri ve artan motivasyon (biyoçeşitliliği, doğayı ve ormanları koruma, temiz su, yenilenebilir enerji kullanımını artırma gibi) kazanmışlardır (Bell, 2010; Genç, 2014; Rieckmann, 2018).

Bu çalışmada PPDÖ uygulamalarına başlamadan önce ve uygulama sırasında bazı zorluklar da yaşanmıştır. Bunlar arasında PPDÖ'ye başlamadan önce katılımcıların PPDÖ'ye karşı motivasyon ve

özgüvenlerini geliştirmek, proje sırasında materyal temini, gerekli kurum ve kuruluşlarla iletişime geçme, müfredatla uyumlu sürdürülebilirlik bağlamsal senaryolar oluşturmak, süre yetersizliği ve okul dışı toplantı yapmak gelmektedir. Benzer zorlukları çeşitli araştırmacılar da belirtmiştir. Aitken (2019) farklı kurum ve kişilerden destek almakta zorluk yaşadıklarını bildirmiştir. Yine bu çalışmada bu tür uygulamalar için daha uzun bir zaman verilmesi gerektiği de vurgulanmıştır. Bu zorluklar göz önüne alındığında, sürdürülebilirlik alanında PPBL teorisi ve uygulaması arasındaki bu zorlukların nasıl kapatılacağına yönelik yenilikçi yaklaşımlara odaklanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Sonuç; Bu araştırma sonucunda lisansüstü öğrencilerinde aşağıdaki anlayışları geliştirdikleri görülmüştür.

1. Sürdürülebilirliğin sadece çevre ile ilgili olmadığı ve sürdürülebilirlik problemlerinin de sadece mühendislikle çözülemeyeceğini görülmüştür. Sürdürülebilirlikte adalet ve eşitliğin önemli olduğu, adalet ve eşitlik perspektifini çevresel adaletin ötesinde, daha genel olarak sosyal ve ırksal adalet biçimlerini de içerecek şekilde geniş olduğunu fark etmişlerdir.

2. Bilimin “nesnel olduğu düşünülür” , “değerler bilimin alanının dışındadır” ve “bilim adamları değerlerle uğraşmamalı” şeklindeki pozitivist algıya karşı çıkararak değerleri bilimsel araştırmaya entegre edilmesi gerektiği anlayışı kabul görmüştür.

3. Sürdürülebilirlik bilimini, aynı titizliği gösteren, sistemler, değerler, gelecekler ve stratejik düşünme yetkinliklerini kullanarak, sürdürülebilirlik problemlerine yönelik çözümler araştıran ve sürdürülebilirlik problemlerini araştıran çözüm odaklı bir alan olduğu anlaşılmıştır.

4. Sürdürülebilirlik biliminin disiplinler arası bir alan olduğu, alanla ilgili problemlerin çözülmesi için farklı disipline ait paydaş katılımının olması gerekliliğini görmüşlerdir.

Kaynakça

- Aitken, L. (2019, May). Teacher perspectives on using project-based learning. Teacher. Retrieved from <https://www.teachermagazine.com.au/articles/teacher-perspectives-on-using-project-based-learning>
- Anderson, J. R. (Ed.) (1980). Cognitive skills and their acquisition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum and Associates
- Aydoğdu, A. (2015). The investigation of science process skills of science teachers in terms of some variables, *Educational Research and Reviews* 10(5), 582–594

- Barrows, H.S. and Tamblyn, R.M. (1980), *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*, Springer Publishing Company, New York, NY.
- Barron, B. J., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., and Bransford, J. D. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3–4), 271–311.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83, 39-43.
- Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M., and Palincsar, A. (1991), Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning, *Educational Psychologist*, Vol. 26 No. 3, pp. 369-398.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., and Cocking, R. R. (2000). *How people learn*, (vol. 11). Washington, DC: National academy press.
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *J. Res. Sci. Teach.* 45, 955–970. [CrossRef]
- Brown, V.A., Harris, J.A. and Russell, J.Y. (2010). *Tackling Wicked Problems: Through the Transdisciplinary Imagination*, Earthscan, London.
- Brundiens, K., Wiek, A. and Redman, C.L. (2010), Real-world learning opportunities in sustainability: from classroom into the real world, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 11 No. 4, pp. 308-324.
- Brundiens, K., Savage, E., Mannell, S., Lang, D.J. and Wiek, A. (2013), Educating sustainability change agents by design – appraisals of the transformative role of higher education, in Fadeeva, Z. and Mader, C. (Eds), *Sustainability Assessment in Higher Education – Challenges and Approaches*, United Nations University, Tokyo, in collaboration with Copernicus Alliance and International Association of Universities.
- Brundiens, K. and Wiek, A. (2011), Educating students in real-world sustainability research: vision and implementation, *Innovative Higher Education*, Vol. 36 No. 2, pp. 107-124.
- Brundiens, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science* 16:13–29
- Clark, W.C. and Dickson, N.M. (2003), *Sustainability science – The emerging research program*, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 100 No. 14, pp. 8059-8080.

- Collins, C. (1992). The problem of cross-purposes – the challenge of our generation. In J. Anderson (Ed.) *Education for a sustainable society. Proceedings of the 31st National Conference of the Australian College of Education (ACE)*. Canberra: ACE.
- Creswell, J.W. (2009). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (3rd ed.)*. Los Angeles, CA: SAGE Publications, Inc.
- Dobson, H.E. and Tomkinson, C.B. (2012), Creating sustainable development change agents through problem-based learning: designing appropriate student PBL projects, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 13 No. 3, pp. 263-278.
- Donnelly, R. and Fitzmaurice, M. (2005), *Collaborative project-based learning and problem-based learning in higher education: consideration of tutor and student roles in learner-focused strategies*, in Neill, G.O', Moore, S. and McMulling, B. (Eds), *Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching*, All Ireland Society for Higher Education (AISHE), Dublin, pp. 87-98.
- Etherington, M. B. (2011). Investigative Primary Science: A Problem-based Learning Approach. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(9).
- Fien, J. (1988). Education for the Australian Environment. *BASSP Bulletin*, 6, 4-47.
- Guerra, A. (2012), *Problem-based learning and education for sustainable development – An overview in engineering education*, Proceedings of the 4th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, 2-4 July, pp. 557-565.
- Hmelo-Silver, C.E. (2004), Problem-based learning: what and how do students learn? *Educational Psychology Review*, Vol. 16 No. 3, pp. 235-266.
- Hosnan, Kosasih. (2014). *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual Dalam Pembelajaran Abad 21*, Bogor Ghalia Indonesia
- Jerneck, A. and Olsson, L. (2011), Breaking out of sustainability impasses: how to apply frame analysis, reframing and transition theory to global health challenges, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 1 No. 2, pp. 255-271.
- Jonassen, D.H. (2000). *Integrating problem solving into instructional design*. In R.A. Reiser and J. Dempsey (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Kim, Y. (2021). The Problem/Project-Based Learning (PBL/PjBL) at Online Classes. *International Journal of Advanced Culture Technology* Vol.9 No.1 162-167

- Kolb, A. and Kolb, D. (2005), Learning styles and learning spaces: enhancing experiential learning in higher education, *Academy of Management Learning and Education*, Vol. 4 No. 2, pp. 193-212.
- Krajcik, J. S., Palincsar, A., Miller, E. (2015). *Multiple literacy in project-based learning*. Michigan State University, East Lansing MI; Lucas education research, a division of the George Lucas Educational Foundation, SanRafael, CA
- Lovat, T. J. (2007) *Values education and quality teaching: two sides of the learning coin*, in: T. J. Lovat and R. Toomey (Eds) *Values education and quality teaching: the double helix effect* (Sydney, David Barlow Publishing), 1–12.
- Moust, J.H., Berkel, H.J.V. and Schmidt, H.G. (2005), Signs of erosion: reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University, *Higher Education*, Vol. 50 No. 4, pp. 665-683.
- Pavlova, M. (2004). *Sustainable development: is it a priority for French students?* In Middleton, H. E., Pavlova, M and Roebuck, R. (Eds.). *Learning For Innovation in Technology Education*, Proceedings of the 3rd Biennial Technology Education Research Conference. Centre for Learning Research, Griffith University, Surfers Paradise, Vol. 3, 36-45.
- Prince, K.J.A.H.; Van deWiel, M.W.J.; Scherpbier, A.J.J.A.; Van der Vleuten, C.P.M.; Boshuizen, H.P.A. A. (2000). Qualitative Analysis of the Transition from Theory to Practice in Undergraduate Training in a PBL-Medical School. *Adv. Health Sci. Educ.* 5, 105–116. [CrossRef]
- Ravitz, J. (2009, August). *Does project based learning help foster communities of learners in small US high schools?* Paper presented at the European Association for Research on Learning and Instruction, Amsterdam, NL.
- Redman, C.L. and Wiek, A. (2012), *Sustainability as a transformation in education*, in Johnston, L.F. (Ed.), *Higher Education for Sustainability – Cases, Challenges, and Opportunities from Across the Curriculum*, Routledge, New York, NY, pp. 212-220.
- Rieckmann, M. (2018). *Learning to transform the world: Key competencies in Education for Sustainable Development*. In A. Leicht, J. Heiss and W.J. Byun (Eds.). *Issues and Trends in Education for Sustainable Development*. Paris: UNESCO. pp. 39-59.
- Rieckmann, M. (2012). The global perspective of education for sustainable development: A European-Latin American study about key competencies for thinking and acting in the world society, *Environmental Education Research*, DOI:10.1080/13504622.2012.697547
- Roessingh, H. and Chambers, W. (2011), Project-based learning and pedagogy in teacher preparation: staking out the theoretical mid-ground, *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, Vol. 23 No. 1, pp. 60-71.

- Rowe, D. (2007), Education for a sustainable future, *Science*, Vol. 317 No. 5836, pp. 323-324.
- Savery, J.R. (2006), Overview of problem-based learning: definitions and distinctions, *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-20.
- Segalas, J., Ferrer-Balas, D. and Mulder, K.F. (2010), What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18 No. 3, pp. 275-284.
- Sipos, Y., Battisti, B. and Grimm, K. (2008), Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 9 No. 1, pp. 68-86.
- Stauffacher, M., Walter, A., Lang, D., Wiek, A. and Scholz, R. (2006), Learning to research environmental problems from a functional socio-cultural constructivism perspective: the transdisciplinary case study approach, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 7 No. 3, pp. 252-275.
- Steinemann, A. (2003), Implementing sustainable development through problem-based learning: pedagogy and practice, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 129 No. 4, pp. 216-224.
- Terhart, E. (2003). Constructivism and teaching: a new paradigm in general didactics? *Journal of curriculum studies*, 35, no. 1, 25–44
- Thomas, I. (2009), Critical thinking, transformative learning, sustainable education, and problem-based learning in universities, *Journal of Transformative Education*, Vol. 7 No. 3, pp. 245-264.
- Tomas, L., Rigano, D., and Ritchie, S.M. (2016). Students' regulation of their emotions in a science classroom. *J. Res. Sci. Teach.* 53, 234–260. [CrossRef]
- UNESCO, (2005). *Education for Sustainable Development in action*. Paris: Guidelines and recommendations for reorienting teacher education to address sustainability. Paris: UNESCO.
- Whitmer, A., Ogden, L., Lawton, J., Sturmer, P., Groffman, P.M., Schneider, L., Hart, D., Halpern, B., Schlesinger, W., Raciti, S., Bettez, N., Ortega, S., Rustad, L., Pickett, S.T.A. and Killiea, M. (2010), The engaged university: providing a platform for research that transforms society, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 8 No. 6, pp. 314-321.
- Wiek, A., Bernstein, M., Foley, R., Cohen, M., Forrest, N., Kuzdas, C., Kay, B. and Withycombe Keeler, L. (2016). *Operationalising competencies in higher education for sustainable development*. In M. Barth, G. Michelsen, M. Rieckmann and I. Thomas (Eds). *Handbook of Higher Education for Sustainable Development*. London: Routledge. pp. 241-260.

- Wiek, A., Ness, B., Brand, F.S., Schweizer-Ries, P. and Farioli, F. (2012), From complex systems analysis to transformational change: A comparative appraisal of sustainability science projects, *Sustainability Science*, Vol. 7 No. S1, pp. 5-24.
- Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6, 203- 218.
- Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C.L. (2011a), Key competencies in sustainability – A reference framework for academic program development, *Sustainability Science*, Vol. 6 No. 2, pp. 203-218.
- Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C.L. and Banas Mills, S. (2011b), Moving forward on competence in sustainability research and problem solving, *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, Vol. 53 No. 2, pp. 3-12.
- Wiek, A. and Kay, B. (2013), *Learning while transforming – problem- and project-based learning for sustainability in Phoenix, AZ*, Working Paper, School of Sustainability, Arizona State University, Tempe, AZ.
- Wiek, A., Ness, B., Brand, F.S., Schweizer-Ries, P. and Farioli, F. (2012), From complex systems analysis to transformational change: A comparative appraisal of sustainability science projects, *Sustainability Science*, Vol. 7 No. S1, pp. 5-24.
- Yasin, R.M. and Rahman, S. (2011), Problem Oriented Project Based Learning (POPBL) in promoting education for sustainable development, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 15, pp. 289-293.
- Yıldırım, A., ve Simsek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seckin Yayinlari

Ek. Örnek bir proje uygulaması

PPDÖ Yaklaşımına göre tasarlanmış sürdürülebilir okul uygulaması

Problem senaryosu: Bir özel okulun yöneticisi son zamanlarda sürdürülebilir kampüs projesini duymuş ve bunu okulunda uygulamak istiyor. Sürdürülebilir kalkınma uzmanı olarak sizden yardım istiyor ve size okulunda birlikte çalışma teklifi sunuyor. Okul kampüsünde ekonomik, çevre, sosyal, kültürel olarak sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için hangi projeleri ve uygulamaları yaparsınız?

Önerilerinizde mevcut uygulamaların ve önerdiğiniz sürdürülebilir uygulamaların mali, çevresel ve enerji maliyetleri ortaya koyulmalıdır. Önerileriniz, haklı gerekçelere dayanmalı ve gerçekçi olmalıdır.

Uygulama örneği; Okulumuzda geri dönüşüm

Birinci Oturum: Öncelikle takım arkadaşları seçilip, birlikte problemi analiz edilir. Daha sonra yapılabilecek projeler için problemler belirlenir.

Daha sonra mentor (Öğretim elemanı) tarafından grubun düşünmesine yardım edecek sorular sorularak beyin fırtınası yapılır.

Örnek Sorular;

- Okulumuzda geri dönüştürüleebilecek tüm farklı malzeme türleri nelerdir ve tüm geri dönüşüm tesislerinin yerleri nerededir?
- Geri dönüşüm tesislerini ne kadar iyi tanıyorsunuz? personel ve öğrenciler için geri dönüşüm ne kadar kolay? İletişim nasıl geliştirilebilir?
- Geri dönüşüm tesislerinin kötüye kullanıldığına dair örnekler var mı? Bunun sonuçları ne olabilir? Bunu nasıl engelleyebiliriz?

İkinci Oturum; Grup üyeleri mentorun sorularını araştırmak için görev dağılımı yapar ve oturumlar arası bireysel olarak çalışırlar, eğer ihtiyaç duyarlarsa okul dışı yüzyüze ya da çevrimiçi toplantı yaparlar, bu toplantılar çevrimiçi de yapılmıştır. Bu sırada problem çözmeyi destekleyecek kolaylaştırıcı bilgiler edinilir.

Kolaylaştırıcı bilgiler araştırma

- Kampüste geri dönüştürülebilen tüm farklı malzeme türleri ve tüm bu geri dönüşüm tesislerinin konumu nasıldır?
- Kolay erişilebilen birçok yerde hangi malzemeler geri dönüştürülebilir? Geri dönüştürmek için hangi malzemelerin nereye götürülmesi gerekiyor?
- Hangi malzemeler geri dönüştürülemiyor?
- Kampüsteki geri dönüşüm şemalarını anlamada zorluklar, yani taşan çöp kutuları, kirli kutular, geri dönüşüm kutularındaki yanlış atıklar nasıl önlenebilir? Bunun için nasıl bir afiş ve sunum hazırlamalıyız?
- İnsanların doğru bir şekilde geri dönüşümüne yardımcı olacak bilgiler nelerdir? Yani Yanlış / kirli şeyleri geri dönüşüm kutularına koymanın etkisini biliyorlar mı?
- Personel ve öğrenciler için reklam ve geri dönüşüm kolaylığı nasıl geliştirilebilir?
- Okuldaki yemekhane ve kantinde yiyecek atıklarının geri dönüşümü nasıl sağlanabilir? (Hayvanlar için yemek yapma ya da bahçe için kompost gübre yapma gibi).
- Okulda geri dönüşümle ne kadar enerji ve hammadde tasarrufu sağlanır? Bunun okulun bütçesine katkısı ne olur?
- Okulumuzdaki öğrencilerin atık ve geri dönüşüm konusundaki tutumları nasıldır?
- Okul Yönetimi öğrencilerin kampüs dışında atık yönetimine yardımcı olmak için nasıl bir girişimde bulunabilir?

- Geri dönüşümün alternatifleri (atıkları azaltmak, ürünleri yeniden kullanmak, belirli şeyleri satın almamak gibi) nelerdir?

Son Oturum: Grup tarafından sürdürülebilir okulumuz için seçilen okulumuzda geri dönüşümle ilgili bir sunum hazırlanıp sunuldu. Sunumla ilgili katılımcılar tarafından önerilerde bulunuldu. Grup bu önerilere göre sunumunu revize etmiştir.

Bu aşamadan sonra proje tabanlı öğrenme uygulamasına geçilmiştir.

Proje konusu 1: Yiyecek atıklarından okul bahçesi için kompost güre oluşturma

Bu projenin seçilme nedeni; Öncelikle bu bağlam her yaş grubu öğrenci için uygulanabilir olması ve maliyetinin düşük olmasıdır. Dolayısıyla sürdürülebilirliğin çevre, ekonomi ve sosyal olmak üzere üç boyutunu da içermektedir. Okuldaki öğrencilerin katıldığı bu proje ile hem öğrencilerin hem de projeyi yöneten lisansüstü öğrencilerinin bilgi, beceri ve tutumlarını geliştirmiştir. Aynı zamanda lisansüstü öğrencilerinin sürdürülebilirlik yeterlikleri gelişmektedir.

PROJE: Bir kovada gübre elde etmek

İnsanların organik malzemeleri zengin bir toprak değişikliğine dönüştürmek için kullandıkları kompostlaştırma, süreçleri öğrenilecektir.

Malzemeler

Büyük kapaklı kova, mala veya kürek, muşamba, kompost, toprak veya talaş, Gübrelenebilir malzemeler (çim kırıntıları, kağıt, yiyecek artıkları katılımcılardan), Kompostlanamayan malzemeler (ör. Plastik bardaklar), Su, Çalışma kâğıdı

Aşamalar

1. Kompostlamanın doğanın geri dönüşüm yolu olduğunu tartışın.
2. İnsanların neden kompost yapmak isteyeceği ve bunun neden önemli olduğu hakkında konuşun.
3. Sınıfın, bir kovada kompost yaparak kompostlanabilir malzemeleri geri dönüştüren bir deney yapacağını açıklayın.
4. Öğrencilerden kompost için topladıkları malzemeleri isteyin.
5. Kompostun temellerini tartışın.
6. Gözlem için kompost yığınının dahil etmek üzere plastik kaplar veya kaşıklar gibi az miktarda gübrelenemez malzeme toplayın.
7. Mala veya kürekle yiyecekleri ve diğer organik malzemeleri küçük parçalar halinde doğrayın. (Parçalar ne kadar küçük olursa, ayrışma o kadar hızlı olur.) Karşılaştırma için bazı büyük parçalar bırakın.
8. Kovayı yarıya kadar yeşil ve taşlaşla doldurun. Katmanlayın ve ilerledikçe karıştırın. Katmanlara biyolojik olarak parçalanamayan

öğeleri de ekleyin. Yığını nemli tutmak için gerektiği kadar su ekleyin.

9. Bir çalışma sayfasına, gruba giren öğeleri kaydedin.
10. Büyük bir kovaya işlenmemiş ağaçtan yaklaşık bir galon toprak, kompost, saksı karışımı veya talaş ekleyin. Kova $\frac{3}{4}$ 'den fazla dolu olmamalıdır.
11. Malzemeyi nemli tutun ama tamamen ıslatmayın.
12. Katılımcıların, paketin içeriğine ve tek tek öğelere ne olacağıyla ilgili tahminlerini yazmalarını sağlayın. Kötü kokacak mı? Çürüyecek mi, içinde bir şeyler büyüyecek mi? Muz kabuklarına ne olacak? plastik bardaklar?
13. Kompostun temellerini ve neden önemli olduğunu gözden geçirerek özetleyin.

Maliyet ve uygulanabilirlik

Bu bağlamda atık maddelerin bir alanda toplanması sürecini içeren proje her yaş grubu öğrenci için uygulanabilir. Kullanım alanı sayısına göre değişik sayılarda büyük kovalara ihtiyaç duyulması nedeniyle maliyeti oldukça düşüktür.

BÖLÜM IV

ERA5 RE-ANALİZ VERİLERİ İLE İSTATİSTİKSEL ÖLÇEK İNDİRGEME YÖNTEMİ UYGULANARAK RİZE İLİ AYLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞERLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Doç. Dr. H. Yıldırım Dalkılıç¹ & Sefa Nur Yeşilyurt²

¹ *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye.
e-mail: hydalkilic@erzincan.edu.tr. Orcid no: 0000-0002-4405-9341*

² *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat
Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzincan, Türkiye.
e-mail: sefa.yesilyurt@erzincan.edu.tr. Orcid no: 0000-0001-6173-3038*

1. Giriş

Küresel ısınma; global anlamda büyük etkileri olan bir sorundur. Bu etkilerin başında gelen iklim değişikliği ise hem ülke bazlı hem de tüm dünyayı ilgilendiren, sadece insanları etkilemekte kalmayıp tüm canlıları etkisi altına alan bir olaydır. Bu nedenle iklim değişikliği ve beraberinde görülen olumsuz etkilerin araştırılması oldukça önemli bir konu olarak literatürde yerini almıştır. İklim değişikliğinin sebeplerinin ve etkilerinin araştırılıp çözüm bulunması için birçok çalışma yapılmakta, hükümetler arası paneller düzenlenmekte ve geleceğe yönelik durum tespiti yapılmaktadır. Bu çalışmalardan en önemlisi sayılabilecek olan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 5-7 yılda bir Dünya'nın geldiği iklim durumunu değerlendirmek amacıyla raporlar hazırlamaktadır. İlki 1990 yılında hazırlanan raporları 1995 (FAR), 1996 (SAR), 2001(TAR), 2007 (AR4) ve 2013-2014 (AR5) yıllarında hazırlanan raporlar takip etmektedir. 6. IPCC değerlendirme raporu (AR6) ise 2015 yılında hazırlanmaya başlanmış ve 2021 yılında tamamlanmıştır (IPCC,2014; IPCC 2021). Tüm bu raporlarda insanların doğaya yapmış oldukları baskının büyüdüğü ve iklim değişikliğinin bu sebeple git gide arttığı vurgulanmıştır. İklim değişikliğini azaltma yolunda alınması gereken önlemlerin de açıklandığı raporlarda mevcut küresel ortalama sıcaklığın 1880'den 2012'ye kadar 0,85 C° arttığı belirtilmiştir. 21. Yüzyılın ilk dönemlerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin şimdiye kadarki en sıcak dönemleri işaret ettiği ifade edilen raporlarda sıcaklık artışının tüm canlıları olumsuz etkileyeceği belirtilmiştir (Nacar ve ark., 2019).

İklim değişikliği ve sıcaklık artışı için gerekli ve yeterli tedbirlerin alınabilmesi için gelecek dönemlerin tahmini ve modellenmesi büyük önem arz etmektedir. Ancak meydana gelen hava olaylarının en iyi şekilde belirlenebilmesi için küresel olarak meydana gelen ısınmanın yerel ölçekteki etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle iklim modelleme çalışmaları yapılmalı, gelecek dönem iklim ve sıcaklık durumu belirlenmelidir (Daba ve You,2020; Okkan ve Karakan, 2016; Okkan ve Kırdemir, 2018).

Gelecek dönemlere ait iklimsel özelliklerin modellenmesinin en etkin yolu ise iklim modelleme çalışmaları olarak görülmektedir. Küresel iklim modelleri veya genel dolaşım modelleri (GCM: Global Climate Model) akışkan hareketi ve enerji transferi ile her ikisinin zamanla entegre edildiği iklim modelleri olduğundan daha güvenilir görülmekte ve tercih edilmektedir. Ancak GCM; iklim modelleri arasında oldukça karmaşık olan ve modeldeki parametre belirsizliği yüksek olan bir model yapısına sahiptir. Ayrıca Genel Dolaşım Modellerinin veri takım çözünürlükleri çok düşüktür ve yerel ölçek için tahminde bulunulması mümkün değildir. Bu nedenle bölgesel ölçeye indirgenerek çalışılması gerekmektedir. Ölçek indirgeme için temelde dinamik veya istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri kullanılmaktadır. Fiziksel iklim modelleme çalışmalarını ele alarak hazırlanan dinamik ölçek indirgeme modelleri başlangıç ve sınır koşullarını küresel ölçekli modellerden alarak yüksek çözünürlükte çıktılar elde edebilmekte, ayrıca sistemin matematiksel betimlemesini korumaktadır. Çözünürlükteki artış, modellerin kullanılabilmesi için üst düzey bilgisayar donanımı gerektirmesinden dolayı tercih edilememektedir. Bu durumda araştırmacılar daha uygulanabilir olan istatistiksel ölçek indirgeme yöntemine yönelmektedir. Kaba çözünürlüklü atmosferik değişkenler ile gözlem verileri arasında ilişki kurmayı hedefleyen istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri; kullanım kolaylığı, daha düşük bilgisayar donanımı ile uygulanabilmesi, hesaplama verimliliğinin olması, çok sayıda benzeşime olanak vermesi gibi sebeplerle birçok çalışmada kullanılmış ve iyi sonuç alındığı görülmüştür (Daba ve Ypu, 2020; Nacar ve ark., 2021). Bu ölçek indirgeme yöntemleri yapay sinir ağıları (YSA), regresyon tipleri, destek vektör makinaları gibi birçok teknikte uygulanabilmektedir.

Literatürdeki bu uygulamalar incelendiğinde (Nacar ve ark., 2021) tarafından hazırlanan çalışmada Era-Interim re-analiz veri seti ile çalışılmış ölçek indirgeme yöntemi olarak Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (ÇDURE) yöntemi seçilmiştir. Rize ilinin de içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Havzası verileri kullanılan çalışmada Era-Interim verileri ile aylık ortalama sıcaklık değerleri modellenmiş ve model yapısının çok başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmada sıcaklık parametresinin modellenmesi için sadece air (hava) parametresinin bile

yeterli olabileceği belirtilmiştir. 2019 yılında yapılan bir çalışmada ise (2.5°x2.5°) çözünürlüğe sahip National Center for Environmental Prediction and National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) re-analiz veri setinde yer alan büyük ölçekli atmosferik değişkenler arasından seçilmiş olası tahminleyicileri ile, Doğu Karadeniz Havzası (DKH) meteoroloji istasyonlarından ölçülmüş olan yağış ve sıcaklık parametrelerine indirgeyen ölçek indirgeme modellerinin kurulması amaçlanmıştır. Çalışmada büyük ölçekli ağa sahip olan iklim parametrelerinin havza ölçeğine istatistiksel ölçek indirgeme modelleri ile büyük ölçüde başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Nacar ve ark., 2021). (Vu ve ark. 2015) çalışmada Era-Interim re analiz verilerine ek olarak günümüz GBM verilerin eklenmiş olduğu bir veri setinden türetilen büyük ölçekli tahmin değişkenleri kullanılarak İleri Beslemeli Geri Yayılım algoritması ile (Feed Forward Back Propagation) çalışılmıştır. (Al-Mukhtar ve Qasim, 2019) çalışmada gelecek dönem maksimum/ minimum sıcaklık ve yağış değerleri tahmin edilmiştir. Çalışmada (2011-2040), (2041-2070) ve (2071-2100) dönemleri için RCP2.5, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır. İstatistiksel ölçek indirgeme uygulaması yapılan çalışmada atmosferik verilere NCEP/NCAR aracılığıyla ulaşılrken; yerel verilere ise meteoroloji istasyonlarından ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar modellerin başarı sonuç verdiğini göstermiştir. (Jiyang ve ark., 2021) çalışmasında ise Evrişimli Sinir Ağı (CNN) kullanılarak yağış miktarı tahmin edilmiştir. ERA5 re-analiz verileri ile ölçek küçültme uygulanan çalışmada model sonuçlarının tutarlı ve başarılı olduğu görülmüştür. (Huht, 2002) çalışmada Amerika'daki bir istasyon için günlük sıcaklık değerlerinin tahmin edilebilmesi için istatistiksel ölçek indirgeme uygulanmıştır. NCEP-NCAR re-analiz verileri kullanılan çalışmada verilerin değişimleri de incelenerek bölgesel analizler de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ölçek indirgeme yapılarak günlük sıcaklık değerlerinin tahmininde başarılı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada ise kullanılacak olan istatistiksel ölçek indirgeme yöntemlerinin uygulanabilmesi için gözlem verileri meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. Re-analiz verilerine ise NCEP/NCAR, Era40, Era-Interim gibi veri setleri aracılığıyla ulaşılabilse de beşinci nesil ECMWF yeniden analiz verileri olan ve Era-Interim re-analizinin yerini alan Era5 kullanımı önerilmektedir. Re-analiz, model verilerini gözlemlerle birleştirerek küresel olarak eksiksiz ve tutarlı veri kümeleri oluşturmayı amaçlamaktadır. Küresel olarak tüm bölgelerin verilerine erişilebilen Era5 Re-analiz verileri; 0.25°*0.25° atmosfer verilerine sahiptir. Era5 re-analiz veri setlerine online olarak ulaşılabilmekte ve özelleştirilebilen veri setleri elde edilebilmektedir (ECMWF, 2021). Bu çalışmada da “ERA5 monthly averaged data on single levels from 1979 to present” data setinde yer alan 5 atmosferik değişken kullanılarak Rize’de bulunan iki meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık verilerinin

Gradyan Arttırma Makinesi (Gradient Boosting Machine - GBM) ve Destek Vektör Makineleri (Support Vector Regression - SVR) kullanılarak tahmin edilmesi ve çalışmanın GCM verileri kullanılarak iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi için yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

2. Yöntem

2.1. Gradyan arttırma makineleri (Gradient boosting machine-GBM)

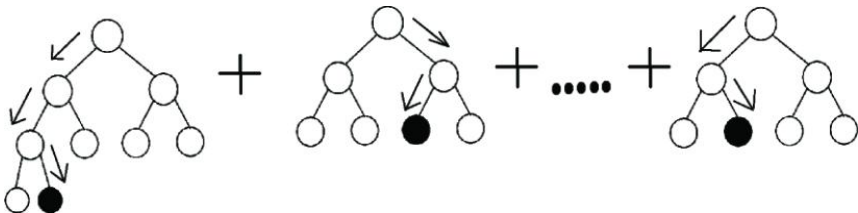
Friedman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalara dayanan bir topluluk öğrenme algoritması olan GBM; karar ağaçları gibi zayıf öğrenicili algoritmaların birbirlerinin eksik yönlerini tamamlayarak güçlü öğrenicili hale getirildiği bir algoritmadır (Freidman ve ark., 2020). Makine öğrenimi ve veri madenciliği çalışmalarında başarılı olduğu gözlemlenen algoritma için ilk olarak tahmin fonksiyonu oluşturulur. Tahmin fonksiyonu ile gözlem fonksiyonu incelenerek kayıp değerleri bulunur. İkinci olarak tahmin ve kayıp fonksiyonları birleştirilerek tekrar tahminler ve gözlemler arasında oluşacak fark incelenir. Bu şekilde sürekli olarak kümülatif olarak ilerlenerek fonksiyonun başarısını arttırılmaya çalışılır. GBM, farklı sifıra yaklaşıncaya kadar bu işlemleri deneyen ve gözlemlere en yakın tahmin değerlerini oluşturulmaya çalışıldığı bir algoritmadır. Bu fonksiyonlarda i . gözlem değerleri y_i ; i . tahmin değerleri ise y_i^p ve gözlem sayısı n olarak simgelendiğinde kayıp fonksiyonu denklem 2. ve 3.'de verildiği gibi oluşturulur. GBM model yapısı ise Şekil 1.'de verildiği gibidir. Bu çalışmada GBM model yapısının oluşturulabilmesi için R-Studio Version 1.4.1103 kullanılmıştır.

$$f(\text{kayıp fonksiyonu}) = \frac{1}{n} \sum (y_i - y_i^p)^2 \quad (1)$$

Ve a ; öğrenme oranı olarak temsil edilirse,

$$y_i^p = y_i^p - a * 2 * \sum (y_i - y_i^p) \quad (2)$$

Şeklinde ifade edilir.

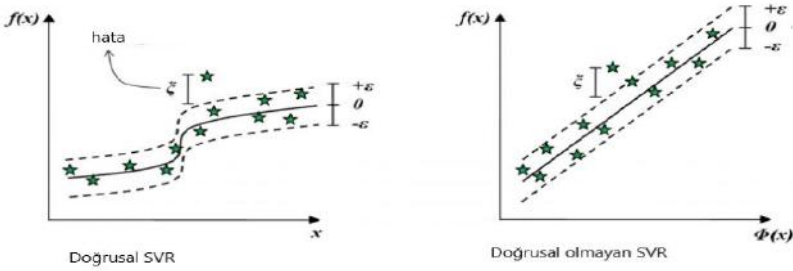


Şekil 1 Gradyan Arttırma Makinaları model yapısı (Felix ve Sasipraba, 2019; Mingju, 2020).

2.2. Destek vektör regresyonu (Support vector regression- SVR)

İstatistiksel öğrenme teorisine dayalı bir algoritmaya sahip olan SVR; Vapnik tarafından geliştirilmiştir (Vapnik, 2000). Doğrusal olmayan problemleri çözmeye yeteneğinden dolayı geleneksel makine öğrenme yöntemlerinden daha avantajlı olan algoritma; ilk olarak sınıflandırma problemleri için geliştirilmiş sonrasında Smola ve arkadaşları tarafından regresyon için de kullanılabilir hale getirilmiştir (Smola,2004).

Doğrusal veya doğrusal olmayan yapıdaki veri setleri için bir aralık belirlenmesiyle tüm verileri bu aralıkta tutarak ve maksimum noktayı da içine almaya çalışarak hata değerinin en aza indirgenmesini sağlayan SVR için model yapısı Şekil 2.'de verildiği gibidir (Sahoo, 2020).



Şekil 2: SVR yapısı (Sahoo, 2020).

Yapı içerisindeki ağırlık vektörü w , hata değeri ise ε olarak ifade edildiğinde minimizasyon işlemi;

$\min 1/2\|w\|^2$ denklemi $y_i - (w, x_i + b) \leq \varepsilon$ ve $(w, x_i + b) - y_i \leq \varepsilon$ (3) denklemlerine bağlı olarak ifade edilir.

x ; hiper düzlem üzerinde bir nokta,

b ; bias olarak adlandırıldığında kısıt denklemi;

$$f(x) = y_i(w, x_i + b) \quad (4)$$

Şeklinde oluşturulur ve model marj değeri tüm verileri içinde tutacak şekilde hesaplanmak istenirse minimizasyon kullanılır. Ancak tüm değerlerin bu şekilde kullanılması mümkün değildir. Bu durumda gevşeklik değişkenleri (slack) (ξ_i, ξ_i^*) kullanılır (Salas, 1993).

$$\min 1/2\|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N (\xi_i + \xi_i^*) \quad (5)$$

denklemin $y_i - (w, x_i + b) \leq \varepsilon + \xi_i$ ve $(w, x_i + b) - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^*$ denklemlerine bağlı olarak oluşturulmaktadır. $C > 0$ sabiti kullanılmakta

ve f denkleminin $\pm \varepsilon$ değerinden büyük olduğu değerler tolere edilmektedir (Borges, 1998).

Modeli diğer modellerden ayıran özellikler ise; yüksek doğruluk oranına sahip olması, karmaşık karar sınırlarını modelleyebilme özelliği, çok sayıda bağımsız değişkenle çalışabilme özelliği ve diğer yöntemlere kıyasla aşırı öğrenme sorununun az olması olarak sıralanabilir. SVR model yapısının oluşturulabilmesi için R-Studio Version 1.4.1103 kullanılmıştır.

2.3. Performans değerlendirme indeksleri

Geliştirilen modellerin performansını değerlendirmek R^2 , RMSE, MAE ve NSE olarak isimlendirilen üç performans değerlendirme indeksi kullanılmıştır. Bu indeksler aşağıdaki denklemler yardımı ile bulunabilmektedir;

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - f_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |y_i - y_j| \quad (8)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum (y_{model} - y_{gözlem})^2}{(y_{gözlem} - y_{gözlem \text{ ortalaması}})^2} \quad (9)$$

Burada y ölçülen değer, \bar{y} ölçülen değerlerin ortalaması, N toplam data sayısını ifade eder ve bu indekslerden R^2 değeri en iyi 1 değerine, RMSE ve MAE ise en iyi 0 değerine sahip olabilir. Rank analizi ise; modeller arasından en iyi performans gösteren modelin tüm değerlendirme ölçütleri dikkate alınarak belirlenmesi için uygulanan bir yöntemdir. Modellerin performans değerlendirme puanını belirlemeyi ve en iyi sonucu veren modeli bulmayı amaçlayan yöntem, her bir veri seti için modellere en iyi değere olan yakınlıklarına göre bir sıra ataması ve tüm veri setleri için puanların toplanıp kıyaslama yapılması ile gerçekleştirilir. R_i her bir veri setinin seçilen modelindeki rank değeri ve n model sayısı olarak simgelenirse toplam rank değeri;

$$Modal \ Total \ Rank = \sum_{i=1}^n R_i \quad (10)$$

Denklemleri ile belirlenir (Zhang ve ark., 2020).

3. Çalışma alanı, veriler ve uygulama

Türkiye’de Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan Rize; doğuda Çayeli ve Güneysu ile, güneyde İkizdere, batıda Derepazarı ve Kalkandere, kuzeyde ise Karadeniz ile çevrili bir ildir. Kıyı kesiminde ılık ve çok yağışlı bir iklim hüküm süren Rize; Türkiye’nin en çok yağış alan bölgelerinden birisidir. Sel ve heyelan riski çok fazla olan ve gün geçtikçe bu riskin arttığı Rize iline ait iklimsel özelliklerin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmada Rize iline ait meteoroloji genel müdürlüğünden edinilen iki istasyona ait (17040-17628) aylık ortalama sıcaklık verilerinin 1 ve 12 ay sonraki durumunun tahmin edilmesi amaçlanmıştır (Tecer ve Cerit, 2009).

Bu amaç doğrultusunda Rize il sınırları içerisindeki tüm meteoroloji istasyonlarına ait veriler incelenerek en uzun süre eksiksiz veriye sahip olan ve Tablo 1.’de istatistiksel özellikleri verilen iki meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Ayrıca IPCC tarafından iklim projeksiyon referans aralığı olarak belirlenen 1981-2011 yıllarına ait veriler kullanılmıştır (Demircan ve ark., 2011).

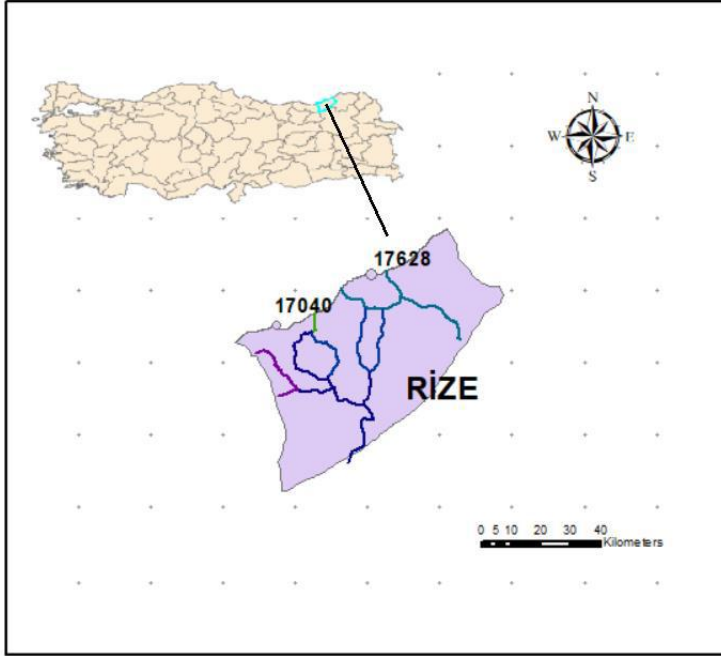
Tablo 1 İstasyonlara ait genel ve istatistik bilgileri.

İstasyon kodu	İstasyon	Koordinatlar	Ortalama sıcaklık	Minimum sıcaklık	Maksimum sıcaklık	Standart Sapma	Dönem
			(°C)	(°C)	(°C)		yıl
17040	Rize	41°10'39.7"K 40°53'57.5"D	14,4166	3,3	26,8	6,358417	1981- 2011
17628	Rize- Pazar	41°02'24.0"K 40°30'04.7"D	13,51999	2,2	25,5	6,066441	

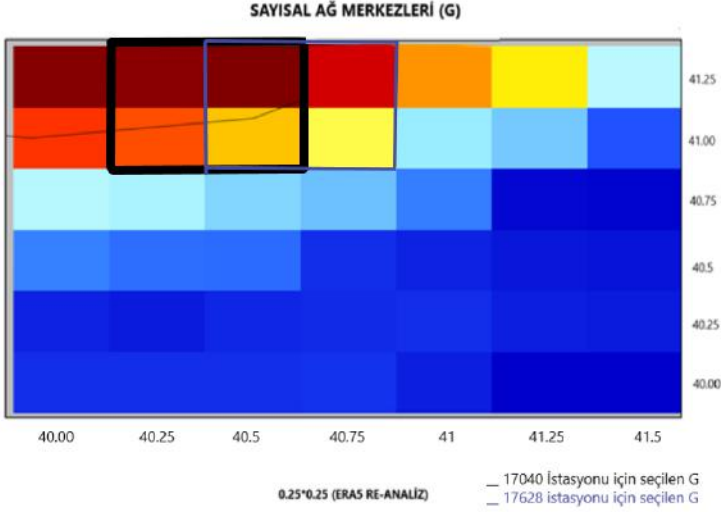
Era5 re-analiz verileri ise “ERA5 monthly averaged data on single levels from 1979 to present” veri seti kullanılarak oluşturulmuş (ECWMF, 2021) ve bu veri seti içerisinde sıcaklık ile ilişkili olabileceği düşünülen HCC (Yüksek Bulut Örtüsü) (Boyutsuz) verileri, IMF (Anlık Nem Akışı) ($\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), MRR (Ortalama Akış Oranı) ($\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), T (Yüzey Sıcaklığı)(Kelvin), 2MT (2 m sıcaklık değeri) (Kelvin), TCC (Toplam Bulut Örtüsü) (Boyutsuz), TP (Toplam Yağış) (M) 1981-2011 yılları arası verileri kullanılmıştır. Bu verilere ait detaylı bilgiler ECMWF kaynağından edinilebilmektedir. Tüm verilerin birimlerinin farklı olması; model yapısında bozulmaya sebep olarak model performanslarını olumsuz yönde etkileyebilecek olduğundan tüm veriler Denklem 1.’de verilen yardımı ile standardize edilerek kullanılmıştır. Bu denklemde x seçilen veriyi, x_{ort} verilerin ortalama değerini ve s_x ise verilerin standart sapmasını ifade etmektedir. Standardizasyon işlemi sonucunda ortalaması 0; standart sapması 1 olan veri takımı oluşturulmaktadır.

$$x_s = \frac{x - x_{ort}}{s_x} \quad (11)$$

Bu veriler il sınırları olan 41.424 Kuzey, 40.409 Güney, 40.139 Batı ve 41.57 Doğu koordinatlarına göre seçildiğinden ve istasyon koordinatlarına göre sayısal ağ merkezi (G) seçimi yapıldığından her bir istasyonla eşleşmesi için; istasyon koordinatlarını çevreleyen 4 sayısal ağ merkezi seçimi yapılmıştır. 17040 istasyonu için 41-41,25/40,25-40,5 aralığındaki sayısal ağ merkezleri, 17628 istasyonu için ise 41-41,25/40,5-40,75 aralığındaki sayısal ağ merkezleri seçilmiştir. Seçilen istasyonların konumları Şekil 3'de ve Rize ili ve kullanılan istasyonlar için seçilen sayısal ağ merkezleri Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3 Seçilen Meteoroloji İstasyonları.



Şekil 4 Sayısal ağ merkezleri (G) (Panoply uygulaması ile oluşturulmuştur.)

Her bir istasyona ait aylık ortalama sıcaklık verileri (1 ay ve 12 ay sonrası için) ile ERA5 re-analiz verileri arası korelasyon durumu incelenmiş ve Şekil 5.'de gösterilmiştir. Korelasyon durumu 0.8 değerinin üzerinde olan veriler ile farklı veri kombinasyonları denenmiş ve Tablo 2.'de gösterilmiştir.

1 AY SONRASINI TAHMİN ETMEK İÇİN KULLANILAN VERİLERİN KORELASYON DURUMU									
	HCC	IMF	MRR	T	2MT	TCC	TP	17040 T	17628 T
HCC	1	0.4424	0.3136	-0.6028	-0.5806	0.7367	0.447	-0.4752	-0.4678
IMF	0.4424	1	-0.357	-0.8708	-0.8677	0.5054	-0.089	-0.9413	-0.9319
MRR	0.3136	-0.357	1	0.2177	0.2379	0.0685	0.4049	0.3934	0.3949
T	-0.6028	-0.8708	0.2177	1	0.9985	-0.6585	-0.1	0.8891	0.8812
2MT	-0.5806	-0.8677	0.2379	0.9985	1	-0.6596	-0.1	0.8868	0.8787
TCC	0.7367	0.5054	0.0685	-0.6585	-0.6596	1	0.5219	-0.5251	-0.5169
TP	0.447	-0.089	0.4049	-0.1	-0.1	0.5219	1	0.0527	0.0556
17040 T	-0.4752	-0.9413	0.3934	0.8891	0.8868	-0.5251	0.0527	1	0.9973
17628 T	-0.4678	-0.9319	0.3949	0.8812	0.8787	-0.5169	0.0556	0.9973	1
12 AY SONRASINI TAHMİN ETMEK İÇİN KULLANILAN VERİLERİN KORELASYON DURUMU									
	HCC	IMF	MRR	T	2MT	TCC	TP	17040 T	17628 T
HCC	1	0.4485	0.3181	-0.6047	-0.5827	0.7395	0.4495	-0.6745	-0.6616
IMF	0.4485	1	-0.3581	-0.8757	-0.8721	0.5077	-0.0838	-0.8167	-0.8115
MRR	0.3181	-0.3581	1	0.2226	0.2422	0.0735	0.4113	0.117	0.1281
T	-0.6047	-0.8757	0.2226	1	0.9985	-0.6555	-0.0973	0.9469	0.9415
2MT	-0.5827	-0.8721	0.2422	0.9985	1	-0.6567	-0.0974	0.941	0.9356
TCC	0.7395	0.5077	0.0735	-0.6555	-0.6567	1	0.519	-0.6458	-0.6328
TP	0.4495	-0.0838	0.4113	-0.0973	-0.0974	0.519	1	-0.0955	-0.0831
17040 T	-0.6745	-0.8167	0.117	0.9469	0.941	-0.6458	-0.0955	1	0.9973
17628 T	-0.6616	-0.8115	0.1281	0.9415	0.9356	-0.6328	-0.0831	0.9973	1

Şekil 5 Aylık ortalama sıcaklık verileri ile ERA5 re-analiz verileri arası korelasyon durumu

Tablo 2 Seçilen kombinasyonlar

KOMBİNASYON KODU	TAHMİN DÖNEMİ	GİRDİ	ÇIKTI
1	1 AY SONRASI	IMF	AYLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞERLERİ (MGM)
2	1 AY SONRASI	T	
3	1 AY SONRASI	2MT	
4	1 AY SONRASI	IMF+T+2MT	
5	12 AY SONRASI	IMF	
6	12 AY SONRASI	T	
7	12 AY SONRASI	2MT	
8	12 AY SONRASI	IMF+T+2MT	

GBM ve SVR algoritmaları kullanılmadan önce verilerin %80'i eğitim, %20'si ise test için ayrılmış ayrıca çapraz doğrulama (cross-validation) uygulanmıştır.

4. Bulgular

Çalışmada öncelikle eldeki gözlem verilerinin ERA5 Re-analiz verileri ile korelasyonu incelenmiş ve aylık ortalama sıcaklık verileri ile ilişkisi en yüksek olan veriler (0.8 ve üstü) anlık nem akışı, yüzey sıcaklığı ve 2m sıcaklık değeri olarak görülmüştür. Bu verilerin girdi olarak alındığı farklı kombinasyonlar denenmiş ve Tablo 1.'de gösterilmiştir. Bu kombinasyonlar ile GBM ve SVR modelleri uygulanarak yöntemler arasında aylık ortalama sıcaklık verileri için kıyaslama yapılmıştır. Yöntemlerin daha iyi sonuç verebilmesi ve aşırı öğrenme gibi sorunlar yaşanmaması için hiper-parametre optimizasyonu yapılmıştır. GBM yöntemi için en iyi sonuca ulaşılan hiper-parametreler Tablo 3.'de, SVR yöntemi için ise Tablo 4.'te verilmiştir.

Tablo 3 GBM algoritmasında en iyi sonuca ulaşılmasını sağlayan hiper-parametreler

Hiperparametre / seçilen değer	Derinlik Katsayısı	İterasyon Ağaç Sayısı	Öğrenme hızı	Minimum gözlem sayısı
	Ntraction.depts	n.trees	shrinkage	n.minobsinnode
	1	5000	0,01	5

Tablo 4 SVR en iyi sonuca ulaşılmasını sağlayan hiper-parametreler

Hiperparametre/ seçilen değer	C	ϵ	γ
	Hata ceza kat sayısı	Hata payı	Radyal tabanlı fonksiyon parametresi
	0,5	0,1	0,0625

Tüm kombinasyonlara ait GBM ve SVR model performans değerleri Tablo 5.'te verildiği gibidir.

Tablo 5 Model performans değerleri

KOMBİNASYON KODU	YÖNTEM	İSTASYON	TEST			
			RMSE (C°)	R ²	MAE	NSE
1	GBM	17040	0.3079864	0.9079933	0.2377018	0.9077596
	SVR	17040	0.3261902	0.8972683	0.2556031	0.8965334
	GBM	17628	0.3114018	0.9087763	0.2571819	0.9064114
	SVR	17628	0.3180267	0.9043397	0.2558417	0.9023869
2	GBM	17040	0.5674620	0.6994150	0.4280125	0.6892191
	SVR	17040	0.5489022	0.7149713	0.4206419	0.7092158
	GBM	17628	0.3095934	0.9056925	0.2373507	0.9055615
	SVR	17628	0.3541912	0.8778230	0.2635324	0.8763935
3	GBM	17040	0.4565962	0.7418179	0.4417724	0.7360974
	SVR	17040	0.5263693	0.714883	0.4372737	0.7305742
	GBM	17628	0.5360735	0.7258443	0.4267772	0.7226491
	SVR	17628	0.5640140	0.6998281	0.4301832	0.6929843
4	GBM	17040	0.2863254	0.9214246	0.2362076	0.9208774
	SVR	17040	0.2845628	0.9226674	0.2319897	0.9218486
	GBM	17628	0.2846534	0.9213097	0.2239433	0.9212064
	SVR	17628	0.2869444	0.92910925	0.2285445	0.919933
5	GBM	17040	0.4735525	0.7621966	0.3607093	0.7612991
	SVR	17040	0.5049257	0.7335702	0.3662615	0.7286231
	GBM	17628	0.5802805	0.6751136	0.4456058	0.6682266
	SVR	17628	0.5967433	0.6656436	0.4313042	0.6491345
6	GBM	17040	0.2645426	0.9258984	0.2024044	0.9255081
	SVR	17040	0.27700090	0.9197193	0.2188398	0.9183219
	GBM	17628	0.3095934	0.9056925	0.2373507	0.9055615
	SVR	17628	0.3541912	0.8778230	0.2635324	0.8763935
7	GBM	17040	0.2593144	0.9286868	0.2009451	0.9284234
	SVR	17040	0.2624242	0.9272148	0.200871	0.9266963
	GBM	17628	0.325574	0.8957114	0.2540028	0.8955968
	SVR	17628	0.3447035	0.8831404	0.2633910	0.882927
8	GBM	17040	0.2609331	0.9288900	0.1996016	0.927527
	SVR	17040	0.2688418	0.9235341	0.2100621	0.9230672
	GBM	17628	0.26982254	0.929815	0.220826	0.9171474
	SVR	17628	0.9165216	0.9150337	0.2249119	0.9149582

Algoritma sonuçlarını inceleyebilmek için performans değerlendirme indeksleri kullanılmıştır. Ancak model performansını ölçen indeksler arası bir üstünlük olmadığından rank analizi ile model sonuçları ve kombinasyonlar değerlendirilmiştir. Rank analizinin model sonuçlarına uygulaması Tablo 6.'da verilmiş, toplam rank değerleri ise Tablo 7.'de gösterilmiştir.

Tablo 6 Rank analizi sonuçları

KOMBİNASYON KODU	TEKNİK	İSTASYON	TEST															
			RMSE	MODELE GÖRE RANK	KOMBİNASYONA GÖRE RANK	R ²	TOPLAM R2	KOMBİNASYONA GÖRE RANK	MAE	MODELE GÖRE RANK	KOMBİNASYONA GÖRE RANK	NSE	MODELE GÖRE RANK	KOMBİNASYONA GÖRE RANK				
1	GBM	17040	0.307986	2	4	0.907993	3.618378	4	0.237702	2	4	0.90776	2	4				
	SVR	17040	0.32619	1											0.897268	1	0.896533	1
	GBM	17628	0.311402	2											0.908776	1	0.906411	2
	SVR	17628	0.318027	1											0.90434	2	0.902387	1
2	GBM	17040	0.567462	1	3	0.699415	3.197902	3	0.428013	1	3	0.689219	1	3				
	SVR	17040	0.548902	2											0.714971	2	0.709216	2
	GBM	17628	0.309593	2											0.905693	2	0.905562	2
	SVR	17628	0.354191	1											0.877823	1	0.876394	1
3	GBM	17040	0.456596	2	2	0.741818	2.908373	2	0.441772	1	1	0.736097	2	2				
	SVR	17040	0.526369	1											0.740883	2	0.730574	1
	GBM	17628	0.536074	2											0.725844	2	0.722649	2
	SVR	17628	0.564014	1											0.699828	1	0.692984	1
4	GBM	17040	0.286325	1	7	0.921425	3.694511	7	0.236208	1	6	0.920877	1	8				
	SVR	17040	0.284563	2											0.922667	2	0.921849	2
	GBM	17628	0.284653	2											0.92131	1	0.921206	1
	SVR	17628	0.286944	1											0.929109	2	0.919933	2
5	GBM	17040	0.473553	2	1	0.762197	2.836524	1	0.360709	2	2	0.761299	2	1				
	SVR	17040	0.504926	1											0.73357	1	0.728623	1
	GBM	17628	0.580281	2											0.675114	2	0.668227	2
	SVR	17628	0.596743	1											0.665644	2	0.649135	1
6	GBM	17040	0.264543	2	5	0.925898	3.629133	5	0.202404	2	5	0.925508	2	5				
	SVR	17040	0.277001	1											0.919719	1	0.918322	1
	GBM	17628	0.309593	2											0.905693	2	0.905562	2
	SVR	17628	0.354191	1											0.877823	1	0.876394	1
7	GBM	17040	0.259314	2	6	0.928687	3.634753	6	0.200945	1	7	0.928423	2	6				
	SVR	17040	0.262424	1											0.927215	2	0.926696	1
	GBM	17628	0.325574	2											0.895711	2	0.895597	2
	SVR	17628	0.344704	1											0.88314	1	0.882397	1
8	GBM	17040	0.260933	2	8	0.92889	3.697273	8	0.199602	2	8	0.927527	2	7				
	SVR	17040	0.268842	1											0.923534	1	0.923067	1
	GBM	17628	0.269823	2											0.929815	2	0.917147	2
	SVR	17628	0.276295	1											0.915034	1	0.914958	1

Tablo 7 Toplam Rank Değerleri

GBM RANK DEĞERLERİ TOPLAMI	SVR RANK DEĞERLERİ TOPLAMI	1. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	2. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	3. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	4. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	5. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	6. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	7. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ	8. KOMBİNASYON RANK DEĞERİ
113	79	16	12	7	28	4	20	25	31

Toplam rank değerleri incelendiğinde GBM algoritmasının SVR algoritmasından çok daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca kombinasyonlar incelendiğinde 12 ay sonraki verilerin tahmin edildiği 8 numaralı kombinasyonun; IMF+T+2MT girdi değerleri ve aylık ortalama sıcaklık çıktı değerleri ile en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Ayrıca 12 ay sonraki verileri tahmin etmede algoritmaların bir ay sonraki verileri tahmin etmeye göre daha iyi olduğu görülmüştür.

5. Sonuç

Çalışmada Era-Interim veri setinin güncellenmiş ve daha yüksek çözünürlüklü hale getirilmiş hali olan yeni Era5 Re-analiz verileri (küresel ölçekli atmosferik değişkenler); Meteorolojik gözlem verilerinden aylık ortalama sıcaklık verilerinin tahmini için kullanılmış ve ölçek indirilmesi yapılmıştır. Rize ilinde bulunan ve uzun süreli eksiksiz gözleme sahip iki istasyona ait sıcaklık verileri için 1 ay ve 12 ay önceki Era5 verileri kullanılarak güncel aylık ortalama sıcaklık değerlerinin tahmin edilmesi sağlanan çalışmada; Gradyan Arttırma Makineleri ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında Era5 re-analiz verilerinin yerel ölçekte karşılığının belirlenmesinde başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışma Era5 re-analiz verileri ile Rize ili için yerel ölçekteki sıcaklık verilerinin modellenmesine ait ilk çalışma özelliği taşımaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında atmosferik değişkenler ile yerel ölçekteki aylık ortalama sıcaklık değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Korelasyon değerlerine bakıldığında aylık ortalama sıcaklık değerlerinin aylık ortalama akış değerleri haricindeki atmosferik değişkenler ile ilişkili olduğu görülse de daha iyi bir model yapısının oluşturulabilmesi için en fazla ilişkiye sahip olan 3 değişken (Anlık nem akışı, yüzey sıcaklığı ve 2m sıcaklık) seçilerek kullanılmıştır. Ayrıca modeller oluşturulurken aşırı öğrenme sorununun olmaması ve daha iyi sonuç alınabilmesi için hiper-parametre optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yaygın olarak kullanılan performans değerlendirme kriterleri ile test edilmiş ve en iyi sonuca ulaşan model yapısının belirlenebilmesi için rank analizi yapılmıştır.

Elde edilen model sonuçlarına bakıldığında 12 ay önceki atmosferik değişkenler ile mevcut sıcaklık değerlerinin tahmininin iklimsellik etkisinin ortadan kalkması ile daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. 1 ay önceki verileri kullanımı ile oluşturulan model yapılarında ise mevsimler arası geçiş gibi etkenlerin sıcaklık değerlerinde oluşturacağı ani farklılıkların model performansını olumsuz etkilediği görülmüştür. Ayrıca kullanılan kombinasyonlara bakıldığında IMF, T ve 2MT atmosferik değişkenlerinin tümünün girdi olarak kullanılmasının ayrı ayrı kullanıma göre daha iyi sonuç verdiği ve en iyi model yapısına sekizinci kombinasyon ile ulaşıldığı görülmüştür. Bunlara ek olarak GBM ve SVR model performansları kıyaslanmış ve GBM model yapısının, literatürde geniş bir kullanıma sahip SVR modelinden çok daha başarılı olduğu görülmüştür.

Bu çalışma Era5 re-analiz verilerinin istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri ile kullanımının iyi sonuç verdiğini kanıtlamaktadır. Ayrıca çalışmanın daha büyük çaplı, daha büyük veri setleri ile daha büyük

alanlarda uygulanacak olan çalışmalar için altlık sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Al-Mukhtar, M., & Qasim, M. (2019). Future predictions of precipitation and temperature in Iraq using the statistical downscaling model. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(2), 25.
- Burges, C. J. (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition. *Data Mining Knowledge Discovery*, 2(2), 121- 167.
- Daba, M. H., & You, S. (2020). Assessment of climate change impacts on river flow regimes in the upstream of Awash Basin, Ethiopia: based on IPCC fifth assessment report (AR5) climate change scenarios. *Hydrology*, 7(4), 98.
- Demircan, M., Alan, I., and Sensoy, S.,2011, Increasing resolution of temperature maps by using Geographic Information Systems (GIS) and topography information, *5th Atmospheric Science Symposium*, 27-29 April 2011, İstanbul Technical University, Istanbul – Turkey, Sayfa 423.
- ECMWF. (2021, Haziran 10). The family of ERA5 datasets. <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/The+family+of+ERA5+dats>.
- Felix A.Y., Sasipraba T., (2019). Flood Detection Using Gradient Boost Machine Learning Approach, *2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*, 779-783.doi: 10.1109/ICCIKE47802.2019.9004419.
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2000). Additive logistic regression: a statistical view of boosting. *Ann. Stat.*, 28, 337–407.doi: 10.1214/aos/1016218222.
- IPCC . (2021). AR6 Climate Change- The Physical Science Basis. IPCC. (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>).
- IPCC. (2014), AR5 Climate Change 2014:. IPCC. (<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>).
- Huth, R. (2002). Statistical downscaling of daily temperature in central Europe. *Journal of Climate*, 15(13), 1731-1742.
- Jiang, Y., Yang, K., Shao, C., Zhou, X., Zhao, L., Chen, Y., & Wu, H. (2021). A downscaling approach for constructing high-resolution precipitation dataset over the Tibetan Plateau from ERA5 reanalysis. *Atmospheric Research*, 256, 105574.
- Mingju Gong, Y. B. (2020). Gradient boosting machine for predicting return temperature of district heating system: A case study for residential buildings in Tianjin. *Journal of Building Engineering*, 27, 100950.

- Nacar, S., Kandal, M., & Okkan, U. (2021). EraInterim Re-analiz Verileri Kullanılarak İstatistiksel Ölçek İndirgeme Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Tahmin Edilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 136-148. doi:<https://doi.org/10.21324/dacd.700144>.
- Nacar, S., Kandal, M., Okkan, U. & Dede T. (2019). İstatistiksel Ölçek İndirgeme Yöntemi ile NCEP/NCAR re-analiz Verilerinin Doğu Karadeniz Havzası Aylık Yağış ve Sıcaklık Değerlerine İndirgenmesi. *Conference: International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering (iSTE-CE'2019)*.
- Okkan, U., & Karakan, E. (2016). İklim Değişikliğinin İkizcetepeler Barajı Akımlarına Etkilerinin Modellenmesi: 2015-2030 Projeksiyonu. *İMO Teknik Dergi*, 7379-7401.
- Okkan, U., & Kirdemir, U. (2018). Investigation of the behavior of an agricultural-operated dam reservoir under RCP scenarios of AR5-IPCC. *Water resources management*, 32(8), 2847-2866.
- Sahoo, B. J. (2020). Application of Support Vector Regression for Modeling Low Flow Time Series. *KSCE J Civ Eng*, 923-934.
- Salas, J. D. (1993). Analysis and modeling of hydrologic time series. *Handbook of Hydrology* (Cilt 19, s. 1-72).
- Smola, A., & Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector. *Statistics and Computing*, 14(3), 199-222.
- Tecer, L. H., & Cerit, O. (2009). Temperature trends and changes in Rize, Turkey, for the period 1975 to 2007. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 37(2), 150-159. Doi: 10.1002/clen.200800021.
- Vapnik, V. (2000). The nature of statistical learning theory. Springer-Verlag.
- Vu T., Aribarg T., Supratid S., Raghavan S. (2015). Statistical downscaling rainfall using artificial neural network: significantly wetter Bangkok?, *Theoretical and Applied Climatology*.126(3-4), doi: 10.1007/s00704-015-1580-1.
- Zhang, H., Zhou, J., Jahed Armaghani, D., Tahir, M., Pham, B., & Huynh, V. (2020). A Combination of Feature Selection and Random Forest Techniques to Solve a Problem Related to Blast-Induced Ground Vibration. *Appl. Sci.*, 10 (3), 869. doi:<https://doi.org/10.3390/app10030869>.

BÖLÜM V

YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ VE ENERJİ ETKİN YAPI UYGULAMALARININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Rüyeyda Kömürlü¹ & Buket Nil Topsakal²

*Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmit, Kocaeli, e-posta: ruveydakomurlu@kocaeli.edu.tr
Orcid no: 0000-0002-0665-481X*

*Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Y.L. Programı, İzmit, Kocaeli, e-posta: buketnt@gmail.com
Orcid no: 0000-0003-2010-6980*

1. Giriş

Endüstri devrimi ve onu takip eden modernizm ile artan üretim ve bunun sebep olduğu aşırı enerji ihtiyacı, fosil yakıtların kullanımına yol açmış, artan emisyonlarla küresel ısınma gibi doğal çevreyi tahrip eden birçok sorun ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilir mimari, bozulan çevre sorunlarına çözüm olmayı amaçlamıştır. Bu amaçla sürdürülebilir yapıların belirli bir seviyeye getirilmesinin ve sürdürülebilir yapıların üretiminin teşvik edilmesinin amaçlandığı birçok sertifikasyon sistemi geliştirilmiştir.

Bu çalışmada yeşil bina kavramı; dünyadaki sertifikasyon sistemleri ve bu sistemlerde çoğunlukla en çok değerlendirme payına sahip olan “enerji ve atmosfer” kategorisi incelenerek yeşil bina sertifikasına sahip enerji etkin yapı uygulamalarının örnekler üzerinden değerlendirilmiştir.

2.Sürdürülebilir Yapı Tasarımı

Ekolojik dengenin bozulmasında etkili olan fazla enerji tüketimi ve yenilenemeyen doğal kaynakların kullanımına yapı sektörü de oldukça katkı sağlamıştır (Deringöl, 2015). Dünya çapında kullanılan enerjinin %50’si, suyun %42’si yapı üretiminde harcanmaktadır. Sera gazlarının oluşumunda %50 oranında yapıların etkisi bulunmaktadır (Özhan, 2017). Sürdürülebilir yaklaşım ile doğayla iyi ilişkiler kuran, çevresini kalkındıran, geri dönüşümden ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan yapı üretimi hedeflenmektedir (Dikmen, 2011).

2.1. Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk olarak 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından yayınlanmış olan “Ortak Geleceğimiz” başlıklı Brutland Raporu’nda dile getirilmiştir (WCED, 1987).

Sürdürülebilir kalkınmaya uygun şekilde yapı endüstrisinde çevreyle olumlu ilişkiler kurma amacıyla “Yeşil Bina” kavramı ortaya çıkmıştır. Yeşil binalar; enerji tüketiminin en aza indirgemenin amaçlandığı, bulunulan iklime ve coğrafyaya en uygun malzeme ve yapım yöntemlerinin tercih edildiği, çevresini de kalkanıran ve yaşam kalitesinin artırılmasının amaçlandığı yapılarıdır (Kömürlü vd., 2013).

2.2. Enerji Etkin Bina

Enerji etkin bina, doğru tasarım yöntemlerinin kullanılmasının yanı sıra enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayıp enerjiyi etkin ve verimli kullanarak minimum düzeyde salınım yapan bina olarak tanımlanabilmektedir (Dikmen, 2011).

Yapıda tasarım aşamasının önemi, Türkiye’deki harcanan enerjinin %20’sinin konutlarda, %8’inin ticarethanelerde, %5 ‘inin resmi dairelerde, %4’ünün sokak aydınlatmasında ve %63’ünün sanayide kullanılmasıyla görülebilmektedir (Selçuk,2010). Yapıdaki enerji harcaması sadece yapının kullanıldığı zaman diliminde değil, tasarımından yıkımına kadar olan tüm süreçte gerçekleşmektedir.

Tablo 1. Bina yaşam döngüsünde enerji kullanımının gerçekleştiği alanlar (Koca, 2006)

Yapım	Bakım	Kullanım	Yıkım
- Hammadde kazancı - Malzeme üretimi - Taşıma - Şantiyede çalışma	- Temizleme Onarım - Modernleştirme	- Isıtma, iklimlendirme / aydınlatma - Sıcak su temini - Ev aletleri, pişirme	- Geri Dönüşüm

2.3. Enerji Etkin Yapı Tasarımında Etkili Olan Faktörler

Enerji etkin yapı tasarımında etkili olan faktörler dış çevre ve yapılı çevre parametreleri olarak iki başlık altında incelenebilmektedir. Dış çevre parametreleri yapının bulunduğu yerin iklimi, topografyası ve bitki örtüsü olarak özetlenebilir. Enerji kullanım miktarını etkileyen iklim elemanları

da güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgârdan oluşmaktadır (Akgöz, 2004).

Yapılı çevreye ilişkin tasarım parametreleri ise yerleşmenin yeri, bina aralıkları, bina yönelişi, bina formu, bina kabuğunun özellikleri, doğal havalandırma, güneş kontrolü (cephe gölgeleme aracı tasarımı) ve nem kontrolü kategorilerinden oluşmaktadır (Dikmen, 2011).

3. Çevresel Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemleri

Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında yönlendirici olan sertifikaların amacı yeşil bina tanımlamasına sınırlar koyarak netleştirmek, bütünsel tasarım yöntemi oluşturmak, yeşil rekabeti teşvik etmek ve bu konuda tüketici bilincini arttırmaktır (Arslan, 2015).

Birçok ülke tarafından geliştirilmiş olan sertifikasyon sistemlerinden en yaygın olanları; Dünya Yeşil Bina Konseyi (WGBC) üyesi ülkelerin de çoğunlukla kabul etmiş olduğu İngiltere’de 1990 yılında geliştirilmiş olan BREEAM (Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu), ABD’de 1998 yılında ABD Yeşil Bina Konseyi’nin (USGBC) geliştirmiş olduğu LEED (Enerji ve Çevre Tasarımda Liderlik), Avustralya’da 2003 yılında Avustralya Yeşil Binalar Konseyi’nin (GBCA) geliştirmiş olduğu Green Star ve Japonya’da 2001 yılında devletin geliştirmiş olduğu CASBEE (Yapılı Çevre Değerlendirme Metodu) sertifikasyon sistemleridir (Kömürlü, 2018).

Türkiye’de Türk Standartları Enstitüsü’nün geliştirmiş olduğu “Güvenli Yeşil Bina Sertifika Sistemi”, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından geliştirilen “Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım (B.E.S.T) Sertifika Sistemi” gibi birden çok yeşil bina sertifikasyon sistemi geliştirilmiş olsa da ülkemizde en çok kullanılan sistem aynı zamanda dünyada da en çok kullanılan LEED sertifikasyon sistemi olmaktadır. (Kömürlü ve Sayın, 2019).

3.1. LEED V4.1 Değerlendirme ve Sertifikasyon Sistemi

1993 yılında kurulan ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilip 1998 yılında yayımlanan ve düzenli olarak güncellenen “LEED (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)” yeşil bina sertifikalandırma sisteminin günümüzde 2020 yılında yayınlanan LEED V4.1 versiyonu kullanılmaktadır (USGBC, 2020).

3.1.1. LEED Sertifika Düzeyleri

Puanlama sistemine dayalı olarak değerlendirilen LEED sertifikalarını aşağıda belirtilen seviyelerde değerlendirilmektedir:

- Onaylı sertifika: 40–49 puan
- Gümüş sertifika: 50–59 puan

- Altın sertifika: 60–79 puan
- Platin sertifika: 80 puan ve üzeri (USGBC,2020)



Resim 1. LEED Sertifika Düzeyleri (USGBC,2020)

3.1.2.LEED Sertifikasının Gereklikleri

LEED sertifikasının alınabilmesi için tanımlanan minimum program gereklikleri, ön koşullar sağlanmalıdır. Bunlar şöyle ifade edilebilir:

- Proje hareket etmemeli, kalıcı şekilde inşa edilip taşınabilen özelliğe sahip olmamalıdır.
- Kabul edilebilir proje sınırlarına sahip olmalıdır, LEED proje sınırı net şekilde tanımlanmalıdır.
- LEED sertifikası bir projenin her alanı için istenmiyor olabilmektedir (Selçuk, 2010).

Ön koşullar da sağlandıktan sonra kredi değerlendirmesine başlanır, LEED sertifikası alınabilmesi için minimum 40 puana ihtiyaç bulunmaktadır. Sertifikasyon sürecinde ise hem tasarım hem de inşaat aşamasında değerlendirmeler yapılmakta ve bunların sonucunda sertifikasyon gerçekleşmektedir (Gürgün, 2017).

3.1.3.LEED V4.1 Kategorileri

Dört farklı LEED V4.1 sertifika çeşidi bulunmaktadır: Bina İşletme ve Bakımı için LEED-EB O+M (LEED Building Operations and Maintenance), iç mekan tasarımı ve yapımı için LEED-ID+C (LEED Interior Design and Construction), yakın çevre gelişimi için LEED-ND (LEED Neighborhood Development) ve bina tasarımı ve yapımı için LEED-BD+C (LEED Building Design and Construction) şeklindedir. Tüm bu sertifika çeşitlerinin farklı gereklikleri bulunmaktadır (USGBC, 2020). Bu sertifika çeşitlerinin ülkemizdeki kullanımları Tablo 2’de gösterildiği gibidir.

Tablo 2. Türkiye’de LEED sertifika projelerinin değerlendirme kategorilerine göre dağılımı (USGBC, 2020)

	Yapı Türleri	Platin	Altın	Gümüş	Sertifikalı	Toplam	Sertifika Adayı	Toplam
BD+C	Yeni Binalar	18	139	41	11	209	278	487
	Çekirdek & Kabuk	6	70	4	1	81	66	147
	Eğitim	1	4		2	7	8	15
	Ticari		1			1	4	5
	Veri Merkezleri		1			1	4	5
	Depo ve Dağıtım Merkezi			1	1	2	5	7
	Konaklama						1	1
	Sağlık	1	7	1		9	13	22
	Konutlar	18	14			32	76	108
ID+C	Ticari İç Mekan	4	23	5		32	14	46
	Ticari			3	4	7		7
OM	Mevcut Binalar	4	16	4		24	5	29
	Okullar						1	1
	Konaklama						1	1
ND	Plan Halinde		1			1	5	6
	Uygulanmış Projeler						3	3
Toplam		62	341	72	21	486	751	1247

3.1.4.LEED BD+C (Bina Tasarım ve Yapım) Değerlendirme Sistemi

LEED değerlendirme sınıflarından biri olan BD+C (Building Design and Construction-Bina Tasarım ve Yapım) sınıfından yapıların değerlendirme kategorileri, alınabilecek maksimum puan değerleriyle Tablo 3’te gösterildiği şekildedir, puan ağırlığı en fazla olan kategorinin Enerji ve Atmosfer kriteri olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Bina tasarım ve yapım sertifika çeşidi kategorileri ve ağırlıkları (USGBC, 2020).

LEED Kategorileri	Yeni Binalar	Çekirdek ve Kabuk	Eğitim	Ticaret	Data Merkezler	Depo ve Dağıtım	Konaklama	Sağlık
Bütünleşik Süreç	1	1	1	1	1	1	1	1
Konum ve Ulaşım	16	20	15	16	16	16	16	9
Sürdürülebilir Arsalar	10	11	12	10	10	10	10	9
Su Verimliliği	11	11	12	12	11	11	11	11
Enerji ve Atmosfer	33	33	31	33	33	33	33	35
Malzemeler ve Kaynaklar	13	14	13	13	13	13	13	19
İç Mekan Kalitesi	16	5	16	15	16	16	16	16
Tasarımda Yenilik	6	6	6	6	6	6	6	6
Bölgesel Öncelik	4	4	4	4	4	4	4	4
TOPLAM	110	110	110	110	110	110	110	110

3.1.5.Enerji ve Atmosfer Kriteri

LEED sertifikasında en çok puan getirmekte olan bu kategoride amaç enerji tasarrufu sağlarken yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla CO₂ emisyonunun azaltılmasıdır. Bu kategoriden puan alabilmek için düşük U değerine sahip olan yapı malzemelerinin kullanılması, ısıtma-soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji verimli sistemler olmaları gerekmektedir. Yapılan hesaplamalar Bina Enerji Modellemesi yapılarak raporlanmalıdır. Binanın enerji performansı ASHRAE standartlarıyla karşılaştırıldığında daha verimli sonuçlar vermelidir (Kömürlü vd., 2013).

3.1.6.LEED v4.1’de yer alan Enerji ve Atmosfer Ön Şart ve Kredileri

LEED v4.1’de yer alan Enerji ve Atmosfer kategorisinin önşart ve kredilerinin puanları aşağıda belirtildiği gibidir (USGBC,2020):

- Önşart 1. Temel seviyede bina enerji sistemlerinin testi ve devreye alınması
- Önşart 2. Minimum enerji performansı
- Önşart 3. Bina bazında enerji kontrolü
- Önşart 4. Temel seviyede soğutucu akışkan yönetimi
- EAc1. İleri seviyede test ve devreye alma - Puan 2-6
- EAc2. Enerji performansının optimize edilmesi – Puan 1-18
- EAc3. İleri seviye ölçme ve doğrulama - Puan 1
- EAc4. Talep katılımı - Puan 1-2
- EAc5. Yenilenebilir enerji - Puan 1-5
- EAc6. İleri seviyede soğutucu akışkan yönetimi - Puan 1

3.2. BREEAM Sertifikasyon Sistemi

“BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method / Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi)”, BRE tarafından 1993 yılında İngiltere’de oluşturulmuştur (Kömürlü ve Sayın, 2019).

Ölçütlere dayalı değerlendirme sistemlerinin ilki olan BREEAM, farklı kategoriler halinde olacak şekilde sürekli güncellenmiş olup son güncellenmesi 2020 yılında yapılmıştır. Yapıları genel olarak üç farklı kategoride inceleyen BREEAM kategorileri; yeni yapılar, yenileme ve kullanımda olan binalar şeklindedir (BREEAM, 2020). Farklı ülkelerde kullanılmak üzere; İngiltere dışındaki diğer ülkeler için BREEAM International, Avrupa ülkeleri ve Türkiye’yi kapsayan sertifika sistemi için ise BREEAM Europe oluşturulmuştur (Arslan, 2015).

Puanlama kullanılan sertifikasyon sisteminde puan hesaplanırken öncelikle yapının hangi gruba ait olduğu belirlenir (sadece kabuk, kabuk ve çekirdek vb.), sonrasında yapının önemli performans kategorilerindeki minimum seviyeyi karşılaması halinde tüm kategorilerdeki kredilerin ne kadarını karşıladığı yüzde cinsinden hesaplanır ve kategori ağırlık ortalamasıyla çarpılır, elde edilen çarpımlar toplanır ve bu toplam puanın yer aldığı aralığa göre sertifika seviyesi belirlenmiş olur. Ek olarak her bir yenilik kredi için en fazla %1,00 olmak şartıyla toplamda en fazla %10,00 toplam puana eklenebilmektedir (BREEAM, 2017:26).

BREEAM sertifikasyon sisteminin seviyelerine göre puan yüzdelerinin dağılımı Tablo 4’te, yeni yapılar uluslararası standartındaki tam donanımlı kamusal yapıların ağırlık yüzdeleri ise Tablo 5’te gösterildiği şekildedir.

Tablo 4. BREEAM sertifika seviyeleri taban yüzdeleri (BREEAM, 2017:18).

BREEAM Sertifika Seviyeleri	Puan Yüzdesi
Üstün Başarı	≥ 85
Mükemmel	≥ 70
Çok İyi	≥ 55
İyi	≥ 45
Geçer	≥ 30
Başarısız	< 30

Tablo 5. BREEAM Kamusal yapılar yüzdeleri (BREEAM, 2017:21).

BREEAM Alanı	Ağırlık Yüzdesi
Yönetim	% 11,00
Sağlık ve Yaşam Kalitesi	% 19,00
Enerji	% 20,00
Ulaşım	% 6,00
Su	% 7,00
Materyaller	% 13,00
Atık	% 6,00
Alan kullanımı ve çevrebilim	% 8,00
Kirlilik	% 10,00
Toplam:	% 100,00
İnovasyon (ek olarak)	% 10,00

4. Dünyadan ve Türkiye’den Enerji Etkin Yapı Uygulamalarından Örnekler

Enerji etkin yapılarda amaç optimum içsel konforu sağlarken minimum enerji tüketmek ve enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan elde etmek, doğru malzeme seçimi ve detay uygulamalarıyla da ilk başta yüksek olabilen yatırım maliyetinden bina yaşam ömrü boyunca olan işletme maliyetleri ile tasarruf sağlanmasıdır (Akgöz, 2004). Sürdürülebilir yapılar, farklı coğrafi koşullar ve ülkelerde farklı sistemler ve malzemelerden yararlanılarak yapılmaktadır. Bu farklılıkları gözlemlemek adına bu bölümde Türkiye’den ve dünyadan çeşitli enerji etkin yapı uygulama örnekleri incelenmiştir.

4.1. Hearst Tower, New York, A.B.D.

Foster + Partners mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı, 2001 yılında inşa edilmiştir. Mevcutta bulunan tarihi bir yapının üstüne eklenmesi özelliğiyle diğer örneklerden ayrılmaktadır. Bu eki yaparken çevreci yaklaşım benimsenmiştir. Bu bağlamda %90 oranında geri dönüştürülmüş çelik kullanılarak inşa edilmiştir ve geleneksel tipteki komşularına nazaran 21% oranında daha az enerji tüketmektedir (Archdaily, 2020).

Hearst Kulesi New York'ta bulunan LEED programına göre birinci sınıf ilk ofis binasıdır, 2006 yılında LEED Gold sertifikasını almış, 2012 yılında ise işletme ve yönetimiyle LEED Platinum sertifikasına sahip olmuştur. Yapının çatısı, yağmur mevsimi boyunca kentin drenaj sistemine 25% oranında daha az yağmur suyunun karışmasına imkân verecek şekilde yağmur suyunu toplamak üzere tasarlanmıştır. Çatıdan biriktirilmeye başlanan su, ısıtılarak ısı iletken döşemelerde yıl boyunca dolaşımı sağlanarak yapının ısıtması sağlanmaktadır. Soğutma ve nemlendirme için ise yine aynı su kullanılmaktadır. Havalandırmanın çoğu doğal havalandırma aracılığıyla sağlanmaktadır. Doğal aydınlatmaya öncelik verilmiş olup, yapının lobi kısmında aydınlatma göz önünde bulundurularak geniş pencereler tasarlanmıştır. Yapıya sızan ışığın ihtiyaç duyulan miktarına göre ayarlanabilmesi için otomatik tepki verebilen ışık sensörlerinden yararlanılmıştır. Yapının resmi Resim 2'de görülebilmektedir. Sonradan eklenen çelik strüktürün yapıdaki konumlanışı ve yeni eklenen kısım ile ilişkisi Resim 3'te verilen kesitten görülebilmektedir (Foster and Partners, 2020).



Resim 2. Hearst Tower (Archdaily, 2020)

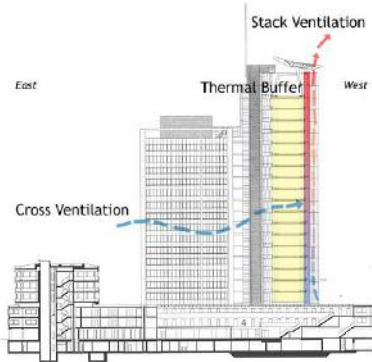
4.2. GSW Headquarters Binası, Berlin, Almanya

Sauerbruch Hutton mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı 1999 yılında inşa edilmiştir. Sürdürülebilir yapılar arasında Almanya'daki en önemli ve ilk örneklerden biridir. Yapının inşasında enerji tasarruflu inşaat tekniklerinden yararlanılmıştır. Cephesinde bulunan hareketli güneş kırıcılar Resim 4'te gösterilmiştir. Çift katmanlı entegre kabuk sistemi, arasındaki 1 metrelik boşluk ile ters basınç oluşturarak bina içerisinde sağladığı havalandırma, Resim 5'te görülmektedir. Oluşturulan doğal havalandırma sistemiyle otomasyonlu bir havalandırma sistemine ihtiyaç kalmamıştır. Doğal nem ve ısı yalıtımı sağlanması için aero-dinamik bir çatı örtüsü kullanılmıştır. Ana ısıtma sistemi ise elektrikle sağlanarak karbon emisyonu düşük seviyede tutulmaya çalışılmıştır. Soğutma için ise püskürtmeli soğutuculardan yararlanılmıştır (Mimarizm Dergisi, 2020).



Resim 3. GSW Headquarters Binası Cephesi (Architectuul, 2020)

Yapı enerji kaynak kullanımının uygun olması ve otomasyon sistemlerine ihtiyaç bırakılmadan işleyebilmesi sebebiyle 2000 yılında Stirling Prize adayı olmuş, 2004 yılında da Bauphysikpreis-Yapı Fiziği Ödülü'nü almıştır (19).



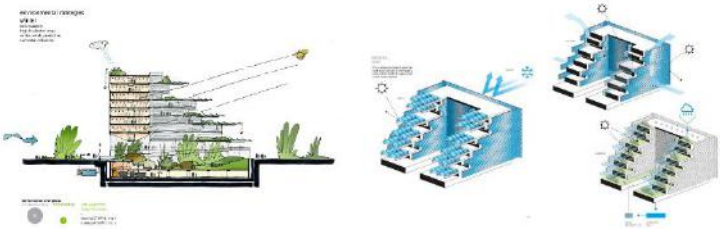
Resim 4. GSW Headquarters Binası Kesiti (Mimarizm Dergisi, 2020)

4.3. SIEEB Ecological and Energy Efficient Building, Tsinghua, Çin

Mario Cucinella tarafından tasarlanan yapı 2003 yılında inşa edilmiştir. Çin’de karbondioksit emisyonunu azaltması bakımından örnek bir yapı olması amacıyla tasarlanmıştır. Yapının tasarımını pasif ve aktif stratejilerin bir arada kullanılarak dış çevrenin kontrolüyle optimum iç mekan koşulları oluşturmak amacını taşımaktadır. Resim 7’de görülen fotovoltaik paneller kullanılmış, doğal havalandırma ve aydınlatma sağlanmıştır. Yapının en belirgin özelliği olan yeşil çatısı olmuştur. Bu çatı aynı zamanda yağmur suyunu toplayıp geri dönüştürülerek kullanılmasını sağlamaktadır. Kışın iklim koşulları düşünülerek kalın bir yalıtım tabakası cephelerde uygulanmış, ısıtmada ise toplanılan yağmur suyunun ısıtılıp yapıyı dolaşarak ısıtmasından yararlanılmıştır (SIEEB, 2020).



Resim 5. SIEEB Binası (SIEEB, 2020)



Resim 6. SIEEB Binası İklimsel Şemalar (SIEEB, 2020)

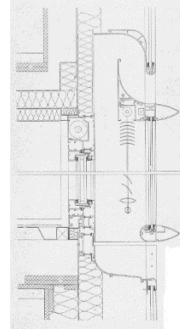
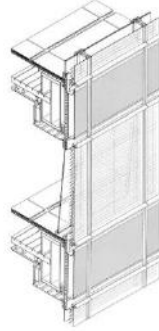
4.4. Commerzbank Genel Müdürlük Binası, Frankfurt, Almanya

Foster and Partners mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı 1997 yılında inşa edilmiştir. Avrupa’nın ilk ekolojik yüksek bloğudur. 2008’den itibaren sürdürülebilir enerji kaynaklarından enerji kullanılmaya başlanmıştır. Su tüketimini azaltmak amacıyla soğutucularda kullanılan sular geri dönüştürülüp, tuvalet sifonlarında kullanılmıştır. Yapıda geri dönüşümlü malzemeler kullanılmıştır ve inşaat sırasında ortaya çıkan atıklar için atık ayrıştırma tesisleriyle anlaşılmıştır (Foster and Partners, 2020).

Kabukta doğal havalandırmadan ve kütlede gök bahçesinden yararlanılarak, otomasyon sistemlerine olan yük azaltılmıştır. Bu bağlamda yazın iklimsel koşulları için, iç bahçelerde yer alan otomasyonlu pencerelerden alınan havanın, ofislerin bulunduğu alandan geçerek atriuma ulaşmasıyla, iç mekânı serinleten rüzgar koridoru elde edilmektedir (Bilgin ve Utkutuğ,1999).



Resim 7. Commerzbank Binası
(Foster and Partners,2020)



Resim 8. Cephe ve Rain Screen detayı
(Foster and Partners,2020)

Genelde yapılarda içsel ısı kazanımlarından dolayı aktif soğutma yükü daha fazla olurken bu yapıda tasarlanmış olan doğal havalandırma yollarıyla aktif soğutma yükü oldukça azalmış ve benzer tipteki ofis binalarına göre üçte bir oranında yüke sahip olunmuştur. Doğal havalandırma kullanıcının da isteğine göre kumanda ile veya otomatik olarak değişebilmektedir. Bu cephe Resim 12’de görüldüğü gibi tüm yapı boyunca devam eden arasında 165 mm boşluk bulunan çift katmanlı camdan oluşmaktadır. Cephede yağmur suyunun girişini kontrol etmek amacıyla Resim 11’de görüldüğü şekilde detay tasarlanmıştır. Cephede kullanımı tercih edilen cam türü ışık ve ısı yalıtımı sağlarken doğal aydınlatmaya katkı sağlayan Low-E camlar olmuştur (Foster and Partners,2020).



Resim 9. Commerzbank Binası planı, kesiti ve doğal havalandırma eskizi (Foster and Partners,2020)

4.5. Turkcell Ar-Ge Binası, Kocaeli, Türkiye

Erginoğlu ve Çalışlar Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı 2008 yılında inşa edilmiştir. Yapı Turkcell firmasına ait araştırma geliştirme merkezi olarak tasarlanmıştır. Yapıyı enerji etkin yapan özelliklerden bir tanesi Resim 12’de görüldüğü gibi, ofis alanlarının bulunduğu kısımlar çatıda bulunan boşluktan ve yan cephelerden aldığı ışıkla dört taraftan doğal ışığı kontrollü şekilde almasıdır. Yapıda bulunan çim çatı rekreasyon alanı olarak değerlendirilmiştir. Yapıda çevre dostu malzemeler kullanılmıştır (Erginoğlu ve Çalışlar Mimarlık, 2020).



Resim 10. Turkcell Ar-Ge Binası (Arkiv, 2020)

4.6. Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM), İstanbul, Türkiye

Cannon Design mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı 2011 yılında inşa edilmiştir. Araştırma geliştirme merkezi olan yapı, LEED Gold ve BREAAAM Çok İyi sertifikalarına sahiptir. Yapıda verimli havalandırma sistemleri kullanılmış olup aydınlatma sistemlerinde kontrol sistemleri kullanılmıştır. Yapıdaki malzeme seçimi çevre dostu malzemelerden yapılmıştır. Yağmur suyunun toplanması ve geri kullanımı, sus tasarruflu armatür kullanımı ve sürdürülebilir peyzaj uygulamaları sağlanmıştır.

Cephedeki çok katmanlı cam ve geniş saçaklar sayesinde istenmeyen ışık olan doğu ve güney yönlerinden gelen ışığın kontrollü alınmasını sağlamaktadır. Geniş saçak aynı zamanda fotovoltaik panelleri barındırarak yapıya enerji kaynağı sağlamaktadır (Binat ve Şık, 2014).



Resim 11. Sabancı Nanoteknoloji Binası (Binat ve Şık, 2014)

4.7. Wilo Pompa Sistemleri Binası, İstanbul, Türkiye

Erke Tasarım mimarlık ofisi tarafından tasarımı yapılan yapı 2009 yılında inşa edilmiştir ve LEED Gold sertifikasına sahiptir. Yapıda enerji kullanımından %24, su kullanımından %50 tasarruf sağlanmaktadır. Doğal ışıktan maksimum derecede yararlanılmış, çatıda ışıklıklar kullanılmıştır. Yapıya bireysel ulaşım sağlanırken oluşan karbon salınımını azaltmak için personel servisi kullanılmış ve bisiklet kullanımı park alanları ile teşvik edilmeye çalışılmış. Enerji ve atmosfer kategorisi için ise yüksek verimli fanlar ve pompalar, ısı geri kazanımlı ve yüksek verimli değişken gaz debili ısıtma ve soğutma sistemleri, ısıtma ve soğutma için bina otomasyon sistemi, yalıtımı sağlayan yüksek performanslı dış cephe ve camlar, verimli aydınlatma sistemleri ve aydınlatmada hareket ve varlık sensörleri kullanılmış, güneş panellerinden sıcak su elde edilmesi sağlanmıştır (Demirci, 2012).



Resim 12. Wilo Pompa Sistemleri Binası (Wilo, 2020)

4.8. Siemens GOSB Tesisi, Gebze, Türkiye

SEYAŞ mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapı 2009 yılında inşa edilmiştir ve LEED Gold sertifikasına sahiptir. İnşaat sırasında ısı adası etkisinin azaltılması ve yeşil alanların korunması için standartların üzerinde açık alan bırakılmıştır. Çatı yağmur suyu toplanılarak bina içinde ve peyzaj alanlarını sulamada yeniden kullanılarak %50 tasarruf sağlanmıştır. Çatı kaplamasında güneş ışınlarının etkilerini azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla beyaz renk tercih edilmiştir. Yapıdaki uygulamalar ASHREA standartlarıyla karşılaştırıldığında %30 daha verimli sonuç vermektedir (Demirci, 2012).



Resim 13. Siemens GOSB Tesisi (Siemens, 2020)

4.9. Türk Motor Merkezi Binası, İstanbul, Türkiye

Türk Hava Yolları A.Ş. ve Amerikan menşeli motor üreticisi Pratt & Whitney'in ortaklığı ile 2009 yılında kurulmuş, 2010 yılında inşaatı tamamlanmıştır. İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı'nda bulunan ve yaklaşık 23,000 metrekarelik kapalı alana sahip olan Türk Motor Merkezi (TEC- Turkish Engine Center), LEED Gold sertifikası almıştır (Turkish Technic, 2020). Binada doğal kaynaklar oldukça verimli bir şekilde kullanılmış ve enerjide tasarruf sağlanmıştır. Aydınlatma için toplam 361 adet Solatube günışığı aydınlatma borusu kullanılmış, gereksiz günışığı kullanılmayarak soğutma yükü azaltılmıştır (Yeşil Bina, 2010). Binada yer alan çok sayıda güneş sensörlerinin sürekli olarak iç mekân aydınlatmasını ölçmekte olup yapay aydınlatmanın kuvvetini bu ölçüme göre kısımaktadır. Yapı kabuğu yüksek yalıtıma sahip olacak şekilde uygulanmış, yapıda kullanılan mekanik sistemler en verimlilerinden seçilmiş, çatı ile yağmur sularının toplanıp filtre edilerek peyzaj ve diğer tüm alanlarda kullanılmasıyla suda yüzde 60 tasarruf edilmiştir (Kömürlü vd., 2013).



Resim 14. Türk Motor Merkezi Binası (Yeşil Bina, 2010)

5. Sonuç

Sürdürülebilir yapı kavramı tüm dünya çapında farklı sistemler ve farklı sertifikasyon sistemleriyle benimsenmiş ve daha çok sayıda tasarlanıp inşa edilmeye başlanmıştır. Enerji etkin yapılarla, yapı tasarım ölçütleri yeniden belirlenmiş, bu yönde tasarım, malzeme ve sistem seçimleri şekillenmiştir. Binaların bu şekilde inşa edilmesiyle karbon emisyonu azaltılmaya, ekolojik denge tekrardan kurulmaya, enerji kaynakları yenilenebilir olanlarla değiştirilmeye, iç mekân konfor koşulları iyileştirilmeye başlanmıştır.

Çalışmada incelenen örnekler sonucunda aktif sistemlerin yanı sıra pasif sistemlerden de yararlanan enerji etkin yapı örneklerinde, bu sistemlerin yapının tasarımında belirleyici olduğu ve yapının biçimini oldukça şekillendirdiği görülmektedir. Doğal havalandırma kimi zaman yapıda tüm cephe boyunca devam edip dışarıdan gözlemlenemezken, kimi zaman dışardan okunabilir şekilde yapının formuna etki etmektedir. Aydınlatma için bırakılan açıklıklar veya tasarlanan boşluklar, yapının kimliğini oluşturabilmektedir. Bu alanlar gök bahçe gibi farklı şekillerde işlevlendirilerek tamamen farklı bir mekân da oluşturulabilmektedir. Tüm bu tasarım stratejilerinin uygulanmasında yeşil bina sertifika sistemleri oldukça teşvik edici olmaktadır ve sertifika sistemlerinin oldukça kapsayıcı kategorileri ve puanlandırılması yapı inşa ve tasarım sürecinde önemli bir etken olmaktadır.

Sürdürülebilir yapılarda benimsenen tüm stratejiler, başta maliyetli olabilmesine karşın yapının yaşam ömrü boyunca enerji harcamaları ve çevreyle kurduğu ilişki düşünüldüğünde enerji tasarrufu sağladığı görülmekte ve kaçınılmaması gereken stratejiler olduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizde ve tüm dünyada LEED sertifikası başta olmak üzere diğer yeşil bina sertifikalarına sahip yapıların sayılarının giderek artıyor olması sürdürülebilirlik adına ilerlemenin olduğunu açıkça göstermektedir.

Kaynakça

- Akgöz, E. (2004). *Enerji etkin bina tasarım parametreleri için uygun değerlerin belirlenmesi: İstanbul örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Archdaily, Heartst Tower, <https://www.archdaily.com/204701/flashback-hearst-tower-foster-and-partners/>, E.T: 10.04.2020.
- Arkiv, Turkcell Ar-Ge Binası, <http://www.arkiv.com.tr/proje/turkcell-ar-ge-binasi/1497>, E.T: 10.04.2020.
- Arslan, N. C. (2015). *Yeşil Bina Projelerinde Tasarım Süreci İçin Bir Yaklaşım: LEED V4 Sertifikalandırma Süreci Modeli*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bilgin, E., ve Utkutuğ, G. S. (1999). *Tasarım ve Üretim Sürecinde Mimar-Mühendis İş Birliğini Yansıtan Üç Örnek Bina*. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, S: 39-5.8
- Binat, B., Şık, N. (Ed.) (2014). *Vitra Çağdaş Mimarlık Dizisi 3, Eğitim Yapıları*. ISBN: 978-605-61000-4-8, Birinci Baskı İstanbul, 264-271.
- BREEAM. (2017). BREEAM International New Construction 2016, Technical Manual, Version: SD233, Issue: 2.0
- BREEAM. (2020). <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/>, E.T: 10.04.2020
- Demirci, T. (Ed.) (2012). XXI Yeşil Binalar Referans Rehberi. İstanbul: Depo Yayıncılık
- Deringöl, T. (2015). *Sürdürülebilir çağdaş konut tasarımında Gaziantep'in yerel mimarisinden öğrenilenler*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 121-134. DOI 10.2339
- Erginoğlu & Çalışlar Mimarlık, <http://www.ecarch.com/works/turkcell-ar-ge/>, E.T: 10.04.2020.
- Foster and Partners, <https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/#drawings>, E.T: 08.04.2020.
- Foster and Partners, <https://www.fosterandpartners.com/projects/heartst-headquarters/>, E.T: 10.04.2020.

- GSW Yönetim Binası,
http://architectuul.com/architecture/view_image/gsw-headquarters/4729 E.T: 08.04.2020.
- Gürgün, A. (2017). Türkiye'deki LEED NC 2009 Sertifikalı Binaların Enerji ve Atmosfer Kredilerinin Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20 (2), 383-392. DOI 10.2339
- Koca, Ö. (2006). *Sıcak Kuru ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kömürlü, R. (2018). *Yeşil Bina Kavramı ve Proje Yönetimi*. Yapı Dergisi, Yıl: 2018 Haziran Sayı: 438, S: 48-51.
- Kömürlü, R., Gürgün, P., ve Somalı, B. (2013). *Yeşil Bina Sertifikalandırma Süreç Yönetimi ve Kullanım Aşamasında Sağlanan Faydaları*. Mimarlıkta Malzeme Dergisi, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi Süreli Yayını, Yıl: 8, Sayı: 24, S: 57-63.
- Kömürlü, R., Sayın, M. (2019). *Yeşil Bina Üretimi Kapsamında Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin İncelenmesi*. Erasmus International Academic Research Symposium In Science, Engineering and Architecture, 629-637.
- Mimarizm Dergisi, http://www.mimarizm.com/makale/gsw-yonetim-binasi-sauerbruch-hutton_113570, E.T: 04.04.2020.
- Özhan, M. Ö. (2017). *Yapı endüstrisinde sürdürülebilirlik ve enerji etkin konut tasarımı* Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Selçuk, G. (2010). *LEED Sertifikası Almaya Yönelik Yeni Bina ve Kapsamlı Yenileme Projelerinde Sözleşmelerin Biçimlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- SIEEB, Archdaily, <https://www.archdaily.com/880371/sino-italian-ecological-and-energy-efficient-building-mario-cucinella-architects/>, E.T: 10.04.2020.
- Siemens, <https://new.siemens.com/tr/tr/sirket/hakkimizda/siemens-entegre-uretim-tesisleri.html>, E.T: 05.10.2020.
- Turkish Technic. (2020). "*Turkish Engine Center (TEC)*", E.A.: https://turkishtechnic.com/TR/istirakler/turkish_engine_center, E.T.: 15.10.2020

- USGBC (U.S. Green Building Council). (2020). LEED v4.1 Bina Tasarımı ve İnşaatı Kılavuzu (Building Design and Construction Guide). E.A.: <https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc>, E.T.: 08.04.2020.
- USGBC (U.S. Green Building Council). (2020). LEED v4.1 Bina Tasarımı ve İnşaatı Değerlendirme Sistemi (Building Design and Construction Rating System). E.A.: <https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc>, Erişim Tarihi: 09.05.2020.
- WCED (World Council on Environment and Development). (1987). *“Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future”*, Erişim Adresi: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>, E.T.: 12.09.2020.
- Wilo, https://wilo-il.com/wilo_yesil_bina.html, E.T: 29.09.2020.
- Yeşil Bina. (2010). *“Turkish Engine Center”*, Yeşil Bina Dergisi, Yıl: 2010 Ekim, Sayı: 1, S:34-38.

BÖLÜM VI

YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ MALZEME KATEGORİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: BREEAM, LEED VE ÇEDBİK-B.E.S.T.

Doç. Dr. Rüveyda Kömürlü¹ & Göksu Yıldırım²

¹*Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü,
Kocaeli, Türkiye
ruveydakomurlu@gmail.com, ruveyda.komurlu@kocaeli.edu.tr
Orcid no: 0000-0002-0665-481X*

²*Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı,
Kocaeli, Türkiye, goksuyildirim8@gmail.com
Orcid no: 0000-0002-4280-6112*

1. Giriş

1.1. Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Bina Kavramı

Teknoloji ve sanayinin gelişmesiyle birlikte insanların doğal çevredeki izleri katlanarak artmıştır. Bu durum doğal çevreyi tehdit etmekle birlikte insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Günümüzde hem teknolojik gelişmeler doğrultusunda üretimin artması hem de doğal kaynakların azalması sonucu bir üretim-tüketim dengesizliği oluşmuştur (Kömürlü ve Onak, 2020). İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyen bu dengesizlik ise sürdürülebilirlik gibi kavramların oluşmasına ve buna karşı bir çözüm arayışına gidilmesine neden olmuştur.

Sürdürülebilirlik kavramı ve çevre duyarlılığı 1970'lerden başlayarak önem kazanmış, 1983'te Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu tarafından sürdürülebilir gelişmeye “gelecek nesillerin kaynaklarını tehdit altında bırakmadan bugünün gereksinimlerini karşılamak” tarifi yapılmıştır (Kömürlü, 2018, s.48). Bu kavramdan sonra ise “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramı önem kazanmaya başlamıştır. Bu kavramın amaçları arasında kaynakları gelecek nesillere aktarmak, ekolojik dengeyi korumak, doğal kaynak oluşumunu geliştirmek ve insan ile doğa arasındaki uyumu yakalamak gibi kararlar yer alır (Demiral, 2015).

Sürdürülebilir bina ise; yaşam döngüsü süresince arazi seçimi, yerleşim, tasarım, inşaat, işletim, bakım ve yıkım süreçleriyle insan sağlığı ve çevre üzerindeki negatif etkileri azaltılmış, enerji, su ve malzemenin etkin olarak kullanımına odaklanmış bir tasarım sonucu ortaya çıkan üründür (Cassidy ve Wright, 2009).

Tablo 1. İncelenen Yeşil Bina Değerlendirme/Sertifika Sistemleri Hakkında Genel Bilgi

SERTİFİKA SİSTEMİ	BREEAM	LEED	ÇEDBİK-B.E.S.T.
TANIM	BRE Çevresel Değerlendirme Metodu	Çevre ve Enerji Tasarımında Liderlik	Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
TARİH	1990	1998	2013
SERTİFİKA VEREN KURUM	Bina Araştırma Enstitüsü (Building Research Establishment - BRE)	Amerika Yeşil Bina Konseyi (U.S. Green Building Council - USGBC)	ÇEDBİK Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
ÜLKE	İngiltere	Amerika	Türkiye

1.2. Sertifikasyon Sistemleri

Sürdürülebilir bina kavramı ile yeşil bina, ekolojik bina ve çevre dostu bina kavramları, aynı soruna benzer çözüm arayışında ortaya çıkan kavramlardır. Çevreye ve insana minimum düzeyde zarar veren, diğer yapılar içinde daha az enerji harcayan, yaşama elverişli, kullanılan malzemelerde yaşam döngüsü analizi olan, düşük emisyonu sahip, inşaat öncesinde olduğu gibi inşaat sırası ve sonrasında da çevre duyarlılığını devam ettiren binalar, sürdürülebilir binalardır (Yılmaz, 2012).

Zamanla sürdürülebilirlik kavramını tüm dünyaya yaymaya çalışan birçok bağımsız organizasyon ortaya çıkmıştır. Bu organizasyonlar, yeşil bina kavramını sistematikleştirerek bir sertifikasyon ve derecelendirme sistemleri oluşturmuşlardır. Kriterlere dayalı bu sistemlerin geliştirilmesindeki temel amaç, objektif bir değerlendirme merkezi oluşturmak ve bir binanın "yeşil" unvanına sahip olabilmesinde evrensel bir dil kullanmaktır (Kanter Otçu ve Oğuz, 2015).

Dünya genelinde başta BREEAM ve LEED olmak üzere birçok sertifikasyon sistemi kullanılmaktadır. Türkiye’de Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından geliştirilen “Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım (B.E.S.T) Sertifika Sistemi”, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (MSGSÜ) Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi (YUAMER) tarafından geliştirilen “Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar (SEEB-TR) Sertifika sistemi” ve Türk Standartları Enstitüsü’nün

geliştirdiği “Güvenli Yeşil Bina Sertifika Sistemi” gibi birden çok yeşil bina sertifikasyon sistemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada Türkiye’den ÇEDBİK-B.E.S.T. Sertifika Sistemi ile Amerika Birleşik Devletleri’nden LEED ve İngiltere’den BREEAM Sertifika Sistemi’nin malzeme kategorileri incelenmiş, karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

1.2.1. BREEAM Sertifikası

İngiltere’de, Bina Araştırma Enstitüsü (Building Research Establishment-BRE) tarafından 1990 yılında başlatılan “Bina Araştırma Enstitüsü Çevresel Değerlendirme Metodu (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM) sertifika sistemi, diğer tüm yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. İlk olarak İngiltere’de oluşturulduğu için, İngiltere’nin koşulları düşünerek hazırlanmıştır. Bu durum, sertifika sistemini dünya çapındaki diğer tüm ülkelerde uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle 2008 yılında BREEAM sisteminin uluslararası versiyonları da geliştirilmiştir. Uluslararası BREEAM Sertifikasına Körfez Ülkeleri, Ofisler, Endüstriyel Binalar, Alışveriş Merkezleri, Bespoke gibi farklı kategorilerden başvurulabilir (BREEAM, 2018).

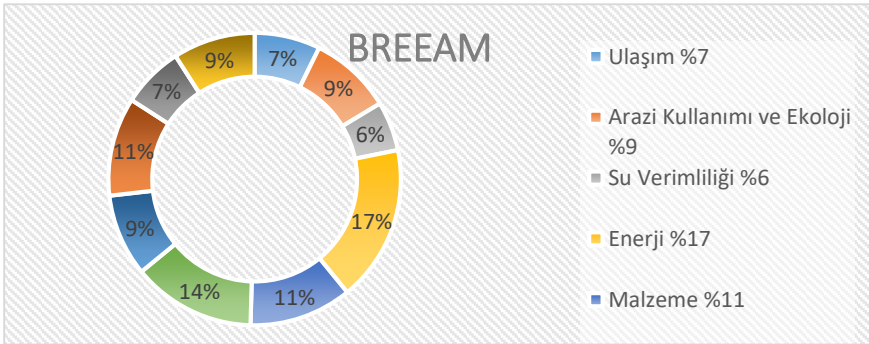
BREEAM sertifikası, çevresel kalkınma esas alınarak hazırlanmıştır. Projenin tasarım aşamasında, inşaat sırasında veya sonrasında sertifikaya başvuru yapılabilir. Talep olduğu sürece BREEAM şemaları spesifik ülke veya bölgeler için uyarlanabilmektedir (Çelik, 2009).

Sertifika süreci gerekli evraklarla birlikte ilgili kuruluşa başvuru yapılmasıyla başlar. Başvuru yapıldıktan sonra projenin ait olduğu BREEAM kategorisi belirlenir. Değerlendirme uzmanları tarafından kriterlere göre inceleme yapılır ve seviyeye göre proje sertifikalandırılır.

İlgili kategorideki projeler değerlendirme kriterlerinden aldıkları sonuç puanına göre; 30-40 puan arası Geçer, 45-54 puan arası İyi, 55-59 puan arası Çok İyi, 70-84 puan arası Mükemmel ve 85-110 puan arası Olağanüstü olmak üzere derecelendirilir. Şu anda BREEAM sertifikasında 87 ülkeden 572,662 proje en az Geçer not olarak sertifikalandırılmıştır. Ülkemizde ise 64 proje BREEAM sertifikası ile derecelendirilmiştir (BREEAM, 2018). BREEAM sertifikasındaki derecelendirme kriterlerine ait puan ve yüzdeler aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. BREEAM Sertifika Sisteminde Kategorilere Ait Puanlar (BREEAM, 2018)

Enerji	19 puan
Sağlık ve Konfor	15 puan
Malzeme	12,5 puan
Yönetim	12 puan
İnovasyon	10 puan
Arazi Kullanımı ve Ekoloji	10 puan
Kirlilik	10 puan
Ulaşım	8 puan
Atıklar	7,5 puan
Su	6 puan



Şekil 1. BREEAM Sertifika Sisteminde Kategorilerin Yüzdelerle Dağılımı (BREEAM, 2018)

1.2.2. LEED Sertifikası

“Çevre ve Enerji Tasarımında Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)” Sertifika Sistemi Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Binalar Konseyi (United States Green Building Council-USGBC) tarafından geliştirilmiştir. Amaçlarını “Yapı ve toplulukların tasarım, inşa ve işletme süreçlerini değiştirerek sağlıklı ve yaşam kalitesini arttıran bir ortam oluşturmak” olarak tanımlayan LEED sertifika sistemi, Yeşil Bina’yı tanımlayan kriterleri ile Mart 2000’de halka sunulmuştur (USGBC, 2020). Halihazırda LEED dünya çapında en çok tercih edilen

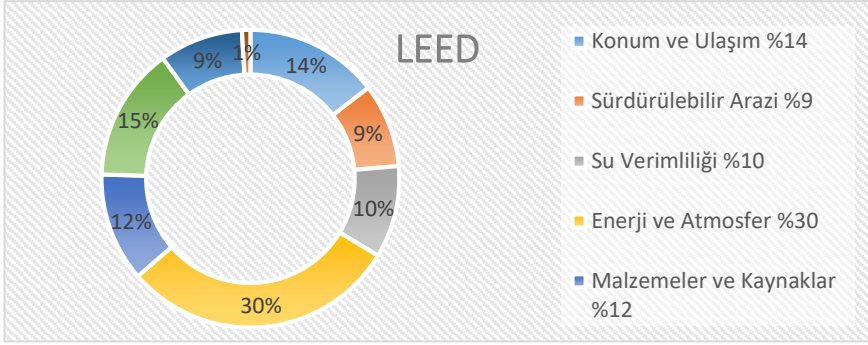
yeşil bina sertifika sistemidir. LEED ilk olarak yeni yapılar için geliştirilmiş, sonraki süreçte farklı yapı türleri için sürümler geliştirilmeye başlanmıştır (Kömürlü, 2018). Şu an, projeye göre 6 farklı kategoriden birine başvuru yapılabilir. Bunlar: yeni yapıları kapsayan Yeşil Bina Tasarımı ve İnşaatı, ticari iç mekanları kapsayan Yeşil İç Mimari Tasarım ve İnşaatı, var olan yapıları kapsayan Yeşil Bina Operasyonları ve Koruma, Yeşil Bölgesel Gelişim, Konutlar ile Şehir ve Topluluklardır (LEED v4, 2019).

Sertifika sürecinde ön koşul olarak belirlenen şartlar bulunmaktadır. Proje bu şartları sağlamazsa sertifika başvurusu kabul edilmez (Çelik,2009). Uygulamaya başvuru yapıldıktan sonra sertifika inceleme ücreti ödenir. Ücretler proje türü ve boyutuna göre farklılık göstermektedir. İnceleme süreci başlar ve sonunda çıkan olumlu karar ile yapı sertifikalandırılır (Somalı ve Ilıcalı, 2009, s.1083). İlgili kategorideki projeler değerlendirme kriterlerinden aldıkları sonuç puanına göre; 40-49 puan arası LEED Certified, 50-59 puan arası LEED Silver, 60-79 puan arası LEED Gold ve 80-110 puan arası LEED Platinum olmak üzere derecelendirilir. Şu anda LEED sertifikası kriterlerine göre 162 ülkeden 32,500 proje sertifikalandırılmıştır. Ülkemizde ise 772 proje LEED sertifikası ile derecelendirilmiştir (USGBC, 2020).

LEED v4 Sertifikasına göre derecelendirme kategorilerine ait puan ve yüzdelikler aşağıda verilmiştir (Tablo 3 ve Şekil 2).

Tablo 3. LEED Kategorilerine Ait Puanlar (LEED, v4, 2019)

Enerji ve Atmosfer	33 puan
Konum ve Ulaşım	16 puan
İç Ortam Kalitesi	16 puan
Malzeme	12,5 puan
Su Verimliliği	11 puan
İnovasyon ve Bölgesel Öncelikler	10 puan
Sürdürülebilir Arazi	10 puan
Bütünleşik Süreç Yönetimi	1 puan



Şekil 2. LEED Sertifika Sisteminde Kategorilerin Yüzdeleri Dağılımı (LEED, v4, 2019)

1.2.3. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikası

Ülkemizde 2007 yılında başlayan yeşil bina ile ilgili sertifikasyon çalışmaları, 2013 yılında 2. Uluslararası Yeşil Binalar Zirvesi’nde tanıtılan Yeşil Konut Sertifika Kılavuzu ile devam etmiştir (ÇEDBİK, 2020). “Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Konut Sertifikasını (ÇEDBİK-B.E.S.T. Konut Sertifikasını)” geliştirmiştir.

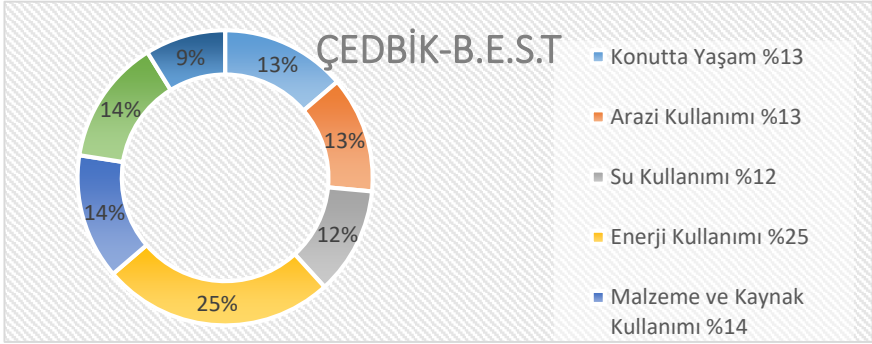
Bu bağlamda BEST Konut Sertifikası Kapsamına; tekil aile konutları, alanı 2.000 m²’den az olan standart apartmanlar, alanı 2.000-20.000m² arası olan standart apartmanlar, alanı 20.000-50.000m² arası olan standart apartmanlar, alanı 50.000m²’den büyük olan standart apartmanlar ve rezidans ile lüks konutlar girmektedir (B.E.S.T.-Konut Sertifika Kılavuzu, Versiyon 2.0, Ağustos 2019).

Sertifika süreci, başvurusu yapılan projenin ön koşulları geçmesi ile başlar. Değerlendirme, belirtilen kriterlere göre yapılır. Buna göre dokuz temel kategori kapsamında uzman değerlendiriciler tarafından sonuç puanı belirlenir.

Derecelendirme sistemine göre 45-64 puan arası Onaylı, 65-79 puan arası İyi, 80-99 puan arası Çok İyi ve 100-110 Puan arası Mükemmel derece sertifikası alır. Şu anda ülkemizdeki 428 proje, ÇEDBİK- B.E.S.T. esaslarına göre uzmanlar tarafından değerlendirilerek sertifika almaya hak kazanmıştır (ÇEDBİK, 2020). ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasına göre derecelendirme kategorilerine ait puan ve yüzdeleri aşağıda verilmiştir (Tablo 4 ve Şekil 3).

Tablo 4. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikası kategorilerine Ait Puanlar (B.E.S.T.-Konut sertifikası kılavuzu, Versiyon 2.0, 2019).

Enerji Kullanımı	26 puan
Malzeme ve Kaynak Kullanımı	14 puan
Sağlık ve Konfor	14 puan
Konutta Yaşam	14 puan
Arazi Kullanımı	13 puan
Su Kullanımı	12 puan
Bütünleşik Proje Yönetimi	9 puan
İşletme ve Bakım	6 puan
Yenilikçilik	2 puan



Şekil 3. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikası Sisteminde Kategorilerin Yüzdeleri Dağılımı (B.E.S.T.-Konut Sertifikası Kılavuzu, Vers. 2.0, 2019).

2. Sertifikasyon Sistemlerinde Malzeme Kategorisi

Kategorinin temel amacı doğru malzeme seçimi ile kaynakları uygun bir biçimde kullanmak ve çevreye verilecek zararı en aza indirmektir. Malzeme üretimi sırasındaki çevresel etkiyi de azaltmak esastır. Sadece hammaddelerde değil, yapıdaki tüm malzemelerin olabildiğinde enerji verimli ve geri dönüştürülebilir içeriğe sahip olması gerekir. Böylece inşaat öncesi, sırası ve sonrasında seçilecek doğru malzemelerle yapının tüm yaşam döngüsü boyunca çevreye vereceği etki en aza indirilmiş olur.

Bahsi geçen sertifika sistemlerinde malzeme kriteri BREEAM (2018)'de %11, LEED (2019)'de %12 ve ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında (2019) %14'lük bir öneme sahiptir. Ancak benzer sorunlara çözüm arayışında olduğu için bir kriter, başka kategorileri de etkilemektedir. Bu bağlamda malzeme kategorisinin etkilediği ve etkilendiği diğer kategoriler olmadan düşünmek doğru olmaz.

2.1. BREEAM Sisteminde Malzeme Kategorisi

Sadece hammaddelerde değil binadaki tüm malzemelerde BREEAM tarafından oluşturulmuş standartları içeren Yeşil Rehber'e uyumlu A sınıfı enerji verimli ve geri dönüşümlü içerikli malzemelerin kullanılması esaslarını kapsamaktadır. BREEAM Malzeme kategorisi ve malzeme ilgili kriterlere ait puanlar aşağıda verilmiştir. Puanlar "Yeni Yapılar- BREEAM UK New Construction" kılavuzuna göre alınmıştır (Tablo 5).

Malzeme kategorisi ve malzeme ile ilgili olan diğer kategoriler düşünüldüğünde en fazla 19 puan alınabilir. Bu durumda %11 olan malzeme kategorisinin yüzdesi artar ve diğer kategorilerdeki malzeme ile ilgili olan puanlar da eklenince oran %18'e çıkar.

2.2. LEED Sisteminde Malzeme Kategorisi

Materyal ve kaynaklar ana kategorisi, yapı malzemeleri ve kaynaklarda geri dönüştürülebilirlik, yeniden kullanım konularını değerlendirmektedir. Ayrıca yerel malzeme kullanımını destekleyici puanlar bulundurur. Puan toplamı "Yeni Yapılar- LEED BD+C: New Construction" kılavuzuna göre alınan malzeme ile ilgili puanlar aşağıda verilmiştir (Tablo 6). Bazı malzeme kategorisindeki krediler, sadece sağlık yapıları için belirlenmiştir. Bu durum tabloda farklı renkte ifade edilmiş olup, toplam puana dahil edilmemiştir.

Malzeme ve ilgili kriterler ile birlikte en fazla 20 puan alınabilir. Bu durumda %12 olan kategorisinin yüzdesi artar ve Yeni Yapılar sınıfına göre %19,2 olur. Bu sonuca Sağlık Yapıları sınıfını da eklersek bu oran %24,96'ya yükselir. Ancak diğer sertifika sistemleriyle karşılaştırılmasının daha sağlıklı olması açısından LEED v4.1 Yeni Yapılar Tasarım ve İnşaat versiyonu baz alınmaktadır.

Tablo 5. BREEAM Sertifika Sisteminde Malzeme ile İlgili Kriterler ve Puanlar (BREEAM UK New Construction Technical Manual 2019).

KODU	KATEGORİ	DEĞERLENDİRME KRİTERİ	PUAN
Mat 01	Malzeme	Yapı Yaşam Döngüsü Yapının yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisini malzeme seçimiyle minimumda tutmayı amaçlar.	6
Mat 02	Malzeme	Çevreci Malzeme Kullanımı İnşaat malzemelerinin çevresel etkilerine dair verilerin mevcudiyeti	1
Mat 03	Malzeme	Sorumlu Malzeme ve Kaynak Seçimi Malzemenin kaynaktan elde edilmesi, işlenmesi, üretimi ve kullanımı sırasında çevresel etkisi minimumda tutulması	3
Mat 04	Malzeme	İzolasyon Önceki versiyonlarda olup, BRREAM UK New Construction 2018'de ayrı olarak ele alınmamaktadır.	-
Mat 05	Malzeme	Dayanıklılık ve Esneklik için Tasarım Olabildiğince az hasar gören, tamir ve değişim ihtiyacını olabildiğince uzun olan malzeme seçimi	1
Mat 06	Malzeme	Malzeme Verimliliği Gereksiz malzeme kullanımından kaçınılması, yapı ömrü boyunca malzemenin dayanımı	1
Wst 01	Atıklar	Şantiye Atık Yönetimi Yeniden kullanımı teşvik ederek inşaat atıklarını azaltmak.	3
Wst 02	Atıklar	Geri Dönüştürülmüş Agrega Kullanımı Geri dönüştürülmüş agrega kullanımını teşvik etmek	1
Wst 04	Atıklar	Zemin ve Tavan Kaplamaları Amaç kaplamaların, yapıyı kullanacak kişi tarafından seçilmesi ile gereksiz malzeme kullanımını önlemektir.	1
Hea 02	Sağlık ve Konfor	İç Hava Kalitesi Projede kullanılan tüm malzemeler düşük emisyonlu uçucu organik bileşenli (VOC) malzemelerden seçilmesi esastır. (Çelik, 2009)	2
TOPLAM PUAN			19

Tablo 6. LEED Değerlendirme Sisteminde Malzeme ile İlgili Kriterler ve Puanlar (LEED v4.1 Building Design and Construction, April 2019).

DURUMU	KATEGORİ	DEĞERLENDİRME KRİTERİ	PUAN
Ön Koşul	<i>Malzeme</i>	Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Depolanması ve Toplanması <i>Bina kullanıcıları tarafından üretilen ve depolama alanlarına taşınan malzeme atıklarının azaltılması amaçlanır.</i>	Ön Koşul
Ön Koşul	<i>Malzeme</i>	İnşaat Atık Yönetimi <i>İnşaat veya yıkım sırasında oluşan malzeme atıklarının geri kazanılması, yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesidir.</i>	Ön Koşul
Ön Koşul (Sağlık Yapıları)	<i>Malzeme</i>	<i>Kaynak Azaltma- Cıva Cıva içeren malzemelerin kullanımını kısıtlayarak cıva salınımını azaltmak amaçlanmıştır.</i>	-
Kredi	<i>Malzeme</i>	Bina Yaşam Döngüsü <i>Malzemelerin yeniden kullanımı teşvik edilerek çevresel etkiyi azaltmak esasına dayanır.</i>	5
Kredi	<i>Malzeme</i>	Yapıda Kullanılan Malzemelerin Belirtilmesi- Çevresel Malzeme Kullanımı <i>Yaşam döngüsü bilgisi bulunan malzemelerin kullanımını teşvik eder.</i>	2
Kredi	<i>Malzeme</i>	Yapıda Kullanılan Malzemelerin Belirtilmesi- Hammadde Tedariği <i>Malzemenin sorumlu bir şekilde hammaddesinin elde edildiğini ve tedarik aşamasının da buna uygun olmasıdır.</i>	2
Kredi	<i>Malzeme</i>	Yapıda Kullanılan Malzemelerin Belirtilmesi- Malzeme İçeriği <i>Malzeme içeriğindeki zararlı kimyasalların belirtilmesi ve olabildiğinde az kullanılması esasına dayanır.</i>	2

Kredi (Sağlık Yapıları)	Malzeme	<i>Kaynak Azaltma- Cıva Cıva içeren malzemelerin kullanımını kısıtlayarak cıva salınımını azaltmak amaçlanmıştır. (Sağlık yapıları için hem ön koşul hem de kredidir.)</i>	1
Kredi (Sağlık Yapıları)	Malzeme	<i>Kaynak Azaltma- Kurşun, Kadmiyum, Bakır Bahsi geçen kimyasalların salınımını azaltmak amacıyla, içeriğinde bulunan malzemelerin kullanımını kısıtlar.</i>	2
Kredi (Sağlık Yapıları)	Malzeme	<i>Mobilyalar ve Medikal Araçlar</i>	2
Kredi (Sağlık Yapıları)	Malzeme	<i>Esneklik için Tasarım</i>	1
Kredi	Malzeme	İnşaat Atık Yönetimi <i>İnşaat veya yıkım sırasında oluşan malzeme atıklarının geri kazanılması, yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesidir. (Hem ön koşul hem de kredidir.)</i>	2
Kredi	İç Ortam Kalitesi	Düşük Emisyonlu Malzeme Kullanımı <i>Malzemelerde kullanılan uçucu organik madde (VOC) oranının kısıtlanmasını öngörür.</i>	3
Kredi	Sürdürülebilir Arazi	Isı Adası Azaltma <i>Güneş ışığı yansıtma değeri en az 0,33 olan kaldırım malzemeleri kullanımı ve buna göre uygun çatı kaplaması malzemesi seçimine dayanır.</i>	4
TOPLAM PUAN (Sağlık Yapıları kategori puanları hariç)			20

2.3. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında Malzeme Kategorisi

Yapı malzemelerinin üretim aşamasından başlayarak yaşam döngüleri boyunca çevreye verdikleri zararı azaltmak, malzeme kategorisinin temelini oluşturur. Yapıda kullanılan tüm malzemelerin geri dönüştürülebilir olması, insan sağlığına ve ekosistem üzerinde olumsuz bir etkisinin olmaması önemlidir. Malzemenin içeriği kadar estetik olması,

fonksiyonelliği ve maliyeti gibi konular da büyük bir rol oynar. Malzeme ve ilgili kriterlere ait puanlar ileriki sayfada gösterilmiştir.

Malzeme kategorisi ve malzeme ile ilgili kriterler ile birlikte en fazla 27 puan alınabilir (Tablo 7). Bu durumda %14 olan kategorinin yüzdesi artar ve %27 olur. Karşılaştırılan diğer sertifika sistemleri düşünöldüğünde bu oran diğerlerine göre oldukça yüksektir. Ancak BREEAM ve LEED sertifikasyon sistemlerinin uluslararası, ÇEDBİK - B.E.S.T. Konut Sertifikasının ise ölkemiz şartları düşünölerek oluşturulduğu unutulmamalıdır.

3. Sonuç

Yapıda malzeme kullanımı, devamlı değişen bir olgudur. Malzemelerin gelişen teknoloji ile birlikte evrilerek değişmesi, rekabet ortamının da artmasına neden olur. Bu rekabet ortamında maliyeti düşük, kullanım alanı geniş, düşük emisyonlu, sürdürülebilir, yeniden kullanıma elverişli, tedarik aşaması kolay ve estetik olan malzemeler ön plana çıkar. Zaman geçtikçe de var olan her malzemenin çevresel açıdan daha üstün olanı piyasaya sürölmektedir. Bu durumda doğayla uyumlu malzeme çeşitliliğinin artacağı gibi, tasarım anlamında da birçok farklı olanak sunacağı düşünölmektedir.

Malzeme kategorisi, karşılaştırılan sertifikasyon sistemlerinde puan ve yüzde olarak ilk dört kriter içinde yer almaktadır. Bu durumda Enerji Kullanımı ile Sağlık ve Konfor gibi kategorilerden hemen sonra gelmektedir. Tasarımın, kullanılan malzemeler ile şekillendiği ve maliyet kaygısının malzeme seçimi ile ortaya çıkması durumu düşünöldüğünde malzeme kategorisine verilen bu önem anlam kazanmaktadır. Benzer sorunlara bir çözüm arayışı nedeniyle ortaya çıkan ve karşılaştırılması yapılan bu sertifika sistemlerinde malzeme kategorisi ile ilgili bazı alt başlıkların, kriterlerin ortak olması ise kaçınılmazdır. Tablo 8’de tüm alt başlıklar/kriterler incelenmiş, ortak olan alt başlıklar/kriterler farklı renk ile gösterilmiştir.

Tabloda göröldüğu gibi malzemenin yeniden kullanımı, mevcut yapı elemanlarından yararlanma, sürdürülebilir ve geri dönüştürölmüş malzeme seçimi, malzeme temini, atık yönetimi ve düşük emisyonlu malzeme kullanımı her üç sertifika sisteminde de puanların farklı olmasına rağmen ortaktır. Bu ortak duruma rağmen bazı kriterler, farklı kategoriler içinde yer alır. Örnek vermek gerekirse malzemenin yeniden kullanımı ve mevcut elemanlardan yararlanma BREEAM ve LEED’de aynı kategori içinde yer alırken, ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında bu iki alt başlık ayrı

kategorilere aittir. Benzer durum sürdürülebilir malzeme seçimi ve yaşam döngüsü analizi yapılmış malzeme kullanımı için de geçerlidir. Bu nedenle aynı puan iki kez tabloda yer almakta ve bu durum da toplam sonucu etkilememektedir. Daha ayrıntılı olduğu düşünüldüğünden alt başlıklar/kriterler bu şekilde ele alınmıştır.

Son durum incelendiğinde ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasının malzeme kriteri açısından, puan ve içerik bakımından daha kapsamlı olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla BREEAM ve LEED takip etmektedir. Ancak bu durum ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasının, malzeme kategorisi açısından en iyisi olduğunu göstermez. Karşılaştırılması yapılan diğer iki sertifika sisteminin geliştirildiği ülkelerin İngiltere ve Amerika olmasına rağmen, diğer ülkelerin de ihtiyacına cevap verme anlamında sonraları uluslararası düzeyde gelişme göstermektedir. Ancak her ülkenin konumu, durumu, yerel koşulları ve ihtiyacı farklıdır. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut sertifikası ise ülkemiz şartları düşünülerek geliştirildiğinden daha özelleşmiş haldedir. Özellikle ülkemizdeki afet durumlarının düşünülmesi bunu göstermektedir. Durumun böyle olması ise Tablo 8'deki toplam puana yansımaktadır.

Benzer endişelerle oluşturulan ve malzeme kategorisi açısından karşılaştırılması yapılan BREEAM, LEED ve ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında, birçok ortak alt başlık/kriter bulunmaktadır. Sertifikasyon sistemleri kendi içlerinde incelendiğinde de malzeme kategorisine verilen önemin yüksek olduğu görülmektedir. Malzeme ile ilgili diğer kategorilerle birlikte bu önem daha da artmaktadır. Zaman geçtikçe yeni ve eklemeler yapılmış versiyonları ile güncellenen bu sertifikasyon sistemlerinin malzeme kategorisinin de daha çok gelişeceği ve özelleşeceği açıktır.

Tablo 7. ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında Malzeme ile İlgili Kriterler ve Puanlar (B.e.s.t. Konut Sertifikası Kılavuzu- Yeni Konutlar, Ağustos 2019).

KODU	KATEGORİ	DEĞERLENDİRME KRİTERİ	PUAN
6.1	<i>Malzeme ve Kaynak</i>	Çevre Dostu Malzeme <i>Yaşam döngüsü analizi yapılmış ve karbon salınım değeri düşük olan malzeme seçimi esas alınmaktadır.</i>	3
6.2	<i>Malzeme ve Kaynak</i>	Mevcut Elemanlardan Yararlanılması <i>Gereksiz kaynak kullanımını önlemek ve atıkları azaltmak amacıyla mevcut bina elemanlarının kullanılmasını ile yıkım-moloz aşamalarının azaltılması desteklemektir.</i>	3
6.3	<i>Malzeme ve Kaynak</i>	Malzemenin Yeniden Kullanımı <i>Gereksiz kaynak kullanımını önlemek ve yeniden kullanılabilen, geri dönüştürülmüş, çabuk yenilenebilen, dayanıklı malzemelerin kullanılmasını desteklemek amaçlanmaktadır.</i>	3
6.4	<i>Malzeme ve Kaynak</i>	Yerel Malzeme <i>Nakliye sırasındaki karbon salımı ve gereksiz kaynak kullanımını önlemek amacıyla, binanın konumuna yakın yerlerde üretilen ve yerel olan malzemenin kullanımı desteklenmektedir.</i>	3
6.5	<i>Malzeme ve Kaynak</i>	Dayanıklı Malzeme <i>Binanın, sık kullanıma bağlı veya fiziksel çevreye karşı zamana bağlı dayanımı olması için bina içinde ve dışında koruma sağlanmasıdır.</i>	2

1.3	Bütünleşik Proje Yönetimi	İnşaat Atık Yönetimi <i>Sahadan çıkan hafriyat toprağının ve taşların yine aynı sahada, tasnif edilip dolgu malzemesi olarak kullanılması hafriyat atıklarının bertaraf maliyetlerini ve dolgu malzemesinin maliyetini azaltır. İnşaat ve moloz atıkları geri kazanılabilir, ikinci hammadde olarak kullanılabilir. Elde edilen inşaatlarda kullanılabilir. Ayrıca ambalaj atıklarını fazla olmadığı malzeme kullanımı esastır.</i>	3
2.2	Arazi Kullanımı	Afet Riski <i>Sel ve taşkın durumları düşünülerek, otopark, erişim yolları ve peyzaj alanlarında geçirimli malzemeler kullanılmasına dayanır.</i>	3
3.4	Su Kullanımı	Yüzeysel Su Akışı <i>Yüzeysel akış suyu miktarını ve kalitesini kontrol etmek amacıyla geçirimsiz yüzeyler azaltılabilir. Geçirgen kaplama malzemeleri kullanılması ve yeşil çatı uygulaması geçirgen yüzeyleri arttırır.</i>	2
5.4	Sağlık ve Konfor	Kirleticilerin Kontrolü <i>İç mekân malzemelerinden kaynaklanabilecek kirleticileri kontrol altında tutarak, sağlıklı bir iç ortam oluşturmaktır.</i>	2
8.3	İşletme ve Bakım	Bina Kullanım ve Bakımı <i>Konut kullanıcılarına kullanım kılavuzu sağlanması ve ön eğitim verilerek içinde yaşayacakları binanın ve sitenin verimli ve etkin kullanılmasına yardımcı olunmasıdır. Bina Kullanım kılavuzunda malzeme ve atık planı oluşturulmalıdır.</i>	2
9.1	Yenilikçilik	Yenilikçilik <i>Malzeme ve kaynak kullanımında yenilikçi çözümlerin belirlenmesi ve uygulanmasını öngörür.</i>	1
TOPLAM PUAN			27

Tablo 8. BREEAM, LEED ve ÇEDBİK- B.E.S.T. Konut Sertifikasında Malzeme Kriteri Karşılaştırılması

Malzeme ile İlgili Ortaya Çıkan Başlıklar / Kriterler	BREEAM	PUAN	LEED	PUAN	ÇEDBİK -B.E.S.T.	PUAN
Malzemenin yeniden kullanımı	+	3	+	5	+	3
Yapı ve cephedeki mevcut elemanlardan yararlanma	+	3	+	5	+	3
Sürdürülebilir ve geri dönüştürülmüş malzeme seçimi	+	6	+	2	+	3
Yerel malzeme kullanımı	-	0	+	2	+	3
Malzeme temini, seçimi ve idaresi	+	3	+	2	+	3
Dayanıklı malzeme seçimi	+	1	-	0	+	2
Sertifikalı ahşap kullanımı	-	0	+	1	-	0
İnşaat sırasında atık yönetiminin önemi	+	3	+	2	+	3
Sert peyzaj ve çevre duvarı	+	1	-	0	-	0
Yalıtımlı malzeme kullanımı	+	1	-	0	-	0
Yaşam döngüsü analizi yapılmış malzeme kullanımı	+	6	+	2	+	3
Düşük emisyonlu malzeme kullanımı	+	1	+	3	+	2
Geri dönüştürülen dolgu malzemesi	+	1	-	0	+	3
Kaplama malzemelerinde geçirim	-	0	-	0	+	5
Isı adası azaltma	-	0	+	4	-	0
Bina bakımı	-	0	-	0	+	1
Yenilikçilik	-	0	-	0	+	2
TOPLAM		19/29		17/28		14/36

Kaynaklar

- B.E.S.T. Konut Sertifikası Kılavuzu, (2019). *Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım- Yeni konutlar, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği*, Versiyon 2., Erişim Linki: <https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg/b-e-s-t-konut-sertifikasi-12-pg> Erişim Tarihi: 08.11.2020.
- BREEAM, (2018). *BREEAM UK New Construction Technical Manual*, Erişim Linki: https://www.breeam.com/NC2018/content/resources/output/10_pdf/a4_pdf/print/nc_uk_a4_print_mono/nc_uk_a4_print_mono.pdf Erişim Tarihi: 06.11 2020.
- Cassidy, R. ve Wright, G. (2009). *2003 White Paper on Sustainability: A Report on the Green Building Movement*, Erişim Linki: <https://www.bdcnetwork.com/2003-white-paper-sustainability-report-green-building-movement> Erişim Tarihi: 08.05.2020
- ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği), (2020). *B.E.S.T. Konut Sertifika Sistemi*, Erişim Linki: <https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg/b-e-s-t-konut-sertifikasi-12-pg> Erişim Tarihi: 08.05.2020.
- Çelik, E. (2009). *Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Yüksek Lisans Tezi.
- Demiral, B. (2015). *Planlamada Yeni Politikalar ve Stratejiler/Riskler ve Fırsatlar*, Sürdürülebilir Kentler ve Bölge, 8 Kasım Dünya Şehircilik Günü 29. Kolokyumu, Şehir Plancıları Odası, İstanbul.
- Kömürlü, R. ve Onak, B., (2020). *Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde İç Mekan Kalitesi: Uluslararası ve Ulusal Sertifika Sistemlerinin Karşılaştırılması*, S. YARDIMLI, Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Akademik Çalışmalar – II, (249-266), Ankara: Gece Kitaplığı.
- Somalı, B. ve Ilıcalı, E. (2009). *LEED ve BREEAM Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi*, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Seminer Bildirisi, 1081-1088, İzmir.
- Kömürlü, R. (2018). *Yeşil Bina Kavramı ve Proje Yönetimi*, (Green Building Concept and Project Management). Yapı Dergisi (Building Journal, Monthly Architecture, Design and Art Magazine), Sayı (Issue): 438, Haziran (June), Prchitect İletişim

Ltd. Şti (Prchitect Publisher), ISSN: 1300-3437, 48-51, İstanbul, Türkiye.

Kanter Otçu, İ. ve Oğuz, D. (2015). *Yeşil Binalar ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri*, Erişim Linki: <https://www.plantdergisi.com/prof-dr-dicle-oguz/yesil-binalar-ve-yesil-bina-sertifika-sistemleri.html> Erişim Tarihi: 08.05.2020.

LEED v4.1 (Leadership in Energy and Enviromental Design Building Design and Construction Certification System), (2019). Erişim Linki: <https://www.usgbc.org> Erişim Tarihi 08.05.2020.

USGBC, (2020). Erişim Linki: <https://www.usgbc.org/about/brand> Erişim Tarihi: 08.05.2020.

Yılmaz, B. (2012). *Türkiye İçin Sürdürülebilir Bina Performans Kriterleri ve Bütünleşik Tasarım Yönetim Modeli Oluşturulması*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilimleri Doktora Tezi.

BÖLÜM VII

PANDEMİ İLE ARTAN KONUT KULLANIMININ KULLANICI SEÇİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Sebahat Sevde Sağlam¹ & Prof. Dr. Seden Acun Özgünler²

¹(Yüksek Lisans Öğr.); İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: saglams20@itu.edu.tr
Orcid No: 0000-0002-4186-4759

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, e-mail: acused@itu.edu.tr
Orcid No: 0000-0001-5975-5115

1.Giriş

Geçmişten günümüze konut temelde insanoğlunun barınma ihtiyacını karşılamakta olan bir yaşam merkezi; zamanın, iletişimin ve etkileşimin anlam bütünlüğünü sağlayan bir mekan olmuştur. Bulunduğu toplumun yaşayışı, kültürü gibi faktörlerle şekillenen konutlar, kullanıcılarının kişiliklerini yansıtırken, aynı zamanda fiziksel ve psikolojik yönden kullanıcılarını etkilemektedir.(Alga, 2005). Mimaride 20. Yüzyıla birlikte özellikle konutların fiziksel sağlığa etkileri üzerinde önemle durulmuştur. Teknoloji ve tıbbın gelişmesi ile birlikte ışık, temiz hava, su, havalandırma ve açık alanlara erişim gibi faktörler, konutlar başta olmak üzere bina tasarımının temel ilkeleri haline gelmiştir. (Zarrabi vd., 2021).

Tarih boyunca meydana gelen salgınlarla insanların yaşam tarzları, alışkanlıkları, kentleri, mimari anlayışları şekillenmiştir. Bugün karşı karşıya olduğumuz Covid-19 salgını, İspanyol Gribi'nden sonra dünyanın en çok etkilendiği salgın olarak nitelendirilmektedir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020). Şiddetli akut solunum yolu rahatsızlığına neden olan hastalık; 31 Aralık 2020 tarihinde Çin-Wuhan kentinde ortaya çıkmış olup kısa süre içerisinde dünya çapında yayılmıştır(Lu vd. 2020).

Salgınla birlikte yurt dışı uçuşlar sonlandırılmış, ülkeler arası kargo ve nakliyelerde aksamalar meydana gelmiş, yayılma hızının azaltılması amacıyla insanlar sosyal yönlerden sınırlandırılmıştır. Sosyal mesafe ve hijyenin önemi vurgulanmış, hükümetler yurt içi ulaşımına sınırlamalar getirmiştir. Bazı işletmelerin geçici süreyle hizmet vermesi durdurulmuş, evde karantina uygulamaları ve uzun süren karantinalar öncesi gıda stoklaması yapılmış, zaruri bir durum olmadığı sürece insanların evlerinden çıkmamaları istenmiştir. Dünya nüfusuna “Evde Kal” çağrılarının devam ettiği günümüzde maske takılması, mesafeli olunması

ve ev karantinası gibi tedbirlerin sosyal yaşamı etkilediği kadar, mimari ve şehircilikle ilgili algıları ve talepleri de etkilediği görülmüştür (Spennemann, 2021; Url-1).

Salgınla birlikte şehirlerin planlanmasındaki eksiklikler gündeme gelirken şehirleşme ve mimaride yeni arayışlar ortaya çıkmıştır. Mevcut şehir kurgularındaki ortak alanların tasarımı, kalabalıkların toplanmasına imkan veren alanlar hastalığın yayılmasını arttırdığı için salgın sonrası hayata uyumluluğu tartışılmaktadır. Karantina, artan konut kullanım süreleri ve iş hayatındaki çalışmalarla eğitimin konutlardan yürütülmesi salgınla birlikte konutlarımıza yeni işlevler yüklemiş ve konutlarımızın salgın gibi sıra dışı durumlara hazırlıksız oluşu mimari açıdan kullanıcılarda yeni arayışların başlamasına neden olmuştur (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020; Spennemann, 2021) .

Dünya Sağlık Örgütü' nün yayınladığı salgınla ilgili tavsiyeler doğrultusunda sağlıklı konut tasarımı evde karantina, evde korunma ve evde tedavi olarak üç başlıkta ele alınmaktadır(Zarrabi vd., 2021; Url-1). Aynı zamanda mimari çözümlerle salgından korunmanın nasıl sağlanacağı ve sağlıklı yapı tasarımı konuları üzerinde yürütülen çalışmalarda da artan kullanım süreleri sonucu kullanıcıların ruhsal ve fiziksel sağlığı açısından konutların yeniden ele alınmasını gerektiği üzerinde durulmaktadır (Akbari vd., 2021).

Bu çalışmada artan konut kullanım süresinin etkisiyle toplumun farklı kesimlerinden oluşan 162 katılımcının tercih ve beklentilerinde meydana gelen değişimin konut iç mekanı, malzeme seçimi ve malzeme seçim kriterleri üzerindeki etkisinin saptanabilmesi için Google Anket üzerinden 21 soruluk bir anket çalışması düzenlenmiştir. Çalışma sonucunda, literatür taramasında elde edilen bilgiler ve anket çalışmasından elde edilen bulgular değerlendirilerek, önerilerde bulunulmuştur.

2.Salgınlar tarihi ve Covid-19

Günümüzde mücadele etmekte olduğumuz Covid-19 salgını insanlık tarihi boyunca görülen salgınlardan yalnızca biridir. İnsanoğlunun var oluşuyla birlikte dönem dönem salgın hastalıklar meydana gelmiştir. Salgınlar milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine neden olurken, toplumların yaşayışlarını, anlayışlarını, ekonomilerini, kentsel ve mimari ihtiyaçlarını şekillendirmiştir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020).

Tarihi kayıtlara geçen ve MS 541 'de ortaya çıktığı bilinen Justinyen Vebası nüfusun büyük bir çoğunluğunun hayatını kaybetmesiyle sonuçlanırken imparatorlukların gidişatlarını değiştirmiş ve ekonomik sorunlara neden olmuştur. İkincil büyük salgın olan ve Kara Veba olarak adlandırılan salgın, 1347-50 yıllarında dünya nüfusunun üçte birinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Bu salgında; hastalığın deniz ticareti yapan

tüccarlardan, dünyanın farklı bölgelerine yayıldığı düşünülmesi ile birlikte tarihte kayıtlara geçmiş yaklaşık 40 gün süren ilk karantina uygulamasının yapıldığı bilinmektedir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020; Kaur vd. 2020; Url-2)

19. yüzyıl ile birlikte Kolera hastalığı ortaya çıkmış ve özellikle Avrupa Kıtası'nı etkisi altına almıştır. Dünya Sağlık Örgütü 1850 yılında Londra'da Kolera vakalarının artmasının temiz içme suyuyla atık suyun karışmasından kaynaklı olduğunu bildirmiş ve o dönemde kanalizasyon ile alt yapı çalışmalarına önem verilmiştir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020; Kaur vd. 2020).

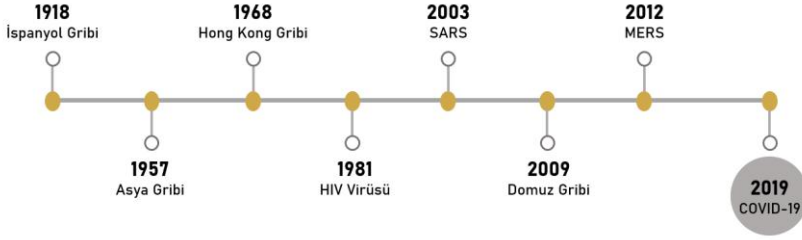
Teknolojide yaşanan gelişmeler ve ikinci sanayi devrimi ile birlikte şekillenmeye başlayan kentlerde görülen yüksek katlı konut binaları, artan kent nüfusunun barınma ihtiyacını gidermek amacıyla yapılmıştır. Bu konutlarda dar ve havasız yaşam alanlarının inşa edilmesi ve dönemin ekonomik geliri düşük olan kesiminin bodrum katlarda hayatlarını sürdürmesi gibi etkenlerin yaşam şartlarını kötüleştirerek insanlarda solunumla ilgili sorunlar oluşmasına neden olduğu bilinmektedir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020).

1918 yılında ölümcül solunum yolu virüsü olarak adlandırılan İspanyol Gribi 50 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olurken, virüsün yayılımını durdurmak amaçlı kamusal hayat sınırlandırılmış ve kentsel büyüme yavaşlamıştır. İspanyol gribi salgınının ortaya çıkmasından günümüze kadar, her 10 ila 15 yılda bir grip virüsü kaynaklı salgınların ortaya çıktığı bilinmektedir (Eltarabily ve Elghezanwy, 2020; Pemmada vd., 2020; Kaur vd., 2020). İspanyol Gribi sonrası 1957 yılında Çin merkezli Asya Gribi, 1968 yılında Hong Kong Gribi, 1981 yılında HIV/AIDS¹, 2002 yılında SARS², 2009 yılında Domuz Gribi, 2012 yılında MERS³ ve 2019 yılında COVID-19 ortaya çıkmıştır. Dünya Sağlık Örgütü insan yaşamını tehdit eden ve artan sayıda virüsün ortaya çıktığı 20. Yüzyıl sonrasını virüs çağı olarak nitelendirmiştir (Pemmada vd., 2020; Yılmazsoy vd. 2021; Kaur vd. 2020; Url-2).

¹ Human Immunodeficiency Virus

² Severe Acute Respiratory Syndrome

³ Middle East Respiratory Syndrome



Şekil 1. 1918 sonrası grip salgınları

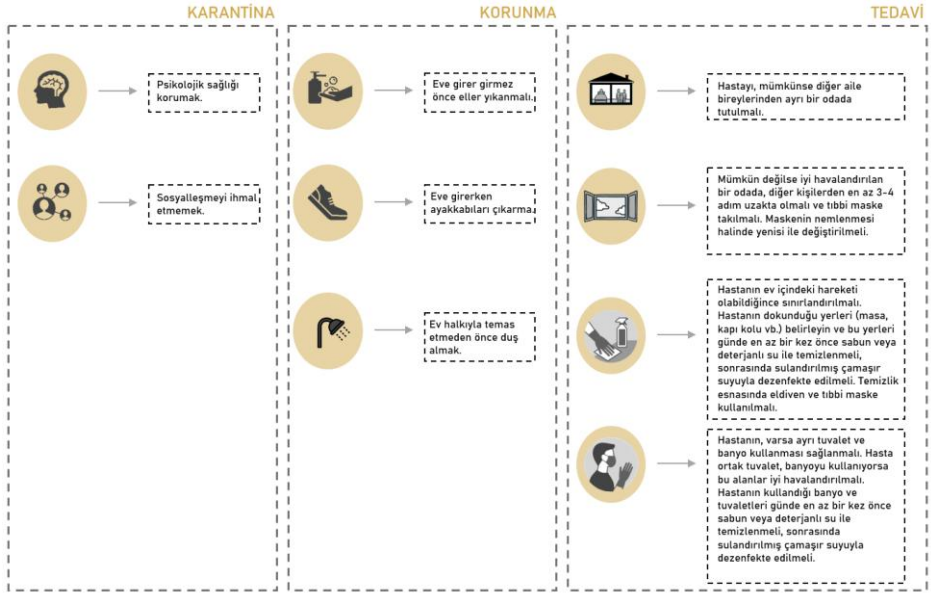
Covid-19 virüsü ilk olarak 31 Aralık 2019 tarihinde Çin tarafından Dünya Sağlık Örgütüne Hubei Eyaleti Wuhan şehrinde olağan dışı zatürre vakalarının meydana geldiğinin bildirilmesiyle ortaya çıkmıştır (Lu vd., 2020; Sharifi ve Garmsir, 2020; Kaur vd. 2020; Tokazhanov vd. 2020; Url-1). Bulaşıcılığı fazla olan bu virüs hızla diğer coğrafyalara yayılmaya başlamış ve kısa sürede dünyanın birçok yerinde belirti gösteren kişilerin artmasıyla birlikte 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından Covid-19 pandemi ilan edilmiştir (Url-1). Günümüzde hala hastalığın yayılımını durdurmak amacıyla karantina uygulamaları yapılmakta, ülkeler arası ve şehirlerarası seyahat yasakları artan-azalan vaka sayılarına göre şekillenmeye devam etmektedir. Dünya çapında insanların evlerinde kalması, kalabalık ve kapalı alanlara girmemesi, buluşma ve toplanmaların yaşanmaması için uyarılar ve 'Evde kal' çağrıları yapılmaktadır (Yılmazsoy vd. 2021).

Tarihteki diğer salgınlarda olduğu gibi Covid-19 salgını da insanların sağlığını etkilemesinin yanı sıra, psikoloji, sosyal yaşam, ekonomi, gündelik yaşam ve alışkanlıklar, iş hayatı, kentsel alan kurguları, mimari talep ve beklentiler gibi birçok alana etki etmektedir. Salgın tedbiri olarak insanlar arası mesafenin, kapalı alanlarda kalmamanın öneminin vurgulanması; insanları toplu taşıma yerine özel araç kullanımına, yürümeye, bisiklet kullanıma yöneltmiş, artan vaka sayısı ile kamu ve özel şirketler çalışanlarını evden çalışma sistemine geçirmiş, kalabalık ortamlara girmek virüs yayılımı açısından tehlikeli olduğu için internet üzerinden alışveriş oranları artmış, eğitim öğretim faaliyetleri çevrimiçi programlar aracılığıyla internet üzerinden sürdürülmüş ve tüm toplu etkinlikler (düğün, konser, konferans vs .) ileri tarihlere ertelenmiştir (Sharifi ve Garmsir, 2020; Tokazhanov vd. 2020).

Akademik çalışmalara bakıldığında; hastalığın tanı ve tedavisi ile ilgili araştırmaların yanı sıra salgının kentsel ve mimari ölçeklerdeki etkileri üzerine çalışmaların sayısı da giderek artmaktadır. Özellikle kentlerin salgın hastalıklara karşı hazırlıksız oluşu ve çözümleri ile ilgili araştırmalar

yürütülmektedir (Sharifi ve Garmsir, 2020). Mimari açıdan bakıldığında ise artan konut içi kullanımının beraberinde getirdiği konuta eklenen işlevlerin konumlanması, artan enerji tüketimi, konut planlarının salgın koşullarına uyumlu olacak şekilde yeniden kurgulanması, konutların kullanıcılar üzerindeki psikolojik etkisi vb. konularda çalışmalar yapılmaktadır. (Zarrabi vd., 2021; Akbari vd. 2021; Tokazhanov vd., 2020; D'Alessandro vd. 2021)

Dünya sağlık örgütünün Covid-19 pandemisi kapsamında konut kullanımı için verdiği tavsiyeler doğrultusunda konut kullanımı Evde Karantina, Korunma, Tedavi olarak üç bölümde incelenebilir(Url-1; Zarrabi vd. 2021). Karantina ile artan konut kullanım süreleri, hastalıktan korunmak için konut içi gerekli düzenlemeler ve hastalığa yakalanan bireylerin ev halkına bulaştırmadan iyileşebilmesi için belirtilen üç bölüm içerisinde çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2.Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiyeleri

Literatür taraması sonucu mimari olarak; Covid-19 salgını sonrası mimari talep ve beklentilerin nasıl şekilleneceğinin öngörülmesi amacıyla toplumun her kesiminden katılımcıya yöneltilmiş anket çalışmaları (Zarrabi vd., 2021), karantina sürelerinde konutlarda zihinsel sağlık için konutların değerlendirilmesi üzerine çalışmalar (Akbari vd. 2021), konutlarda geçirilen sürenin artmasıyla birlikte enerji tüketiminin hızla artmasına çözüm arayışların olduğu çalışmalar (Tleuken vd., 2021; Tokazhanov vd., 2020), ekonomik problemlere çözüm getirebilmek amaçlı kendi kendine yeten sürdürülebilir konutlarla ilgili çalışmalar

(D'Alessandro vd. 2021) malzeme bilimi, mimarının insanlığı virüslerden nasıl koruyabileceği ile ilgili ortam ve yüzeyler üzerinde araştırmalar (Megahed ve Ghoneim, 2020; Pemmada vd., 2020; Yu vd. 2020) salgın sonrası inşaat, konut mekânsal incelemeleri ve kentlerle ilgili çalışmaların yürütüldüğü görülmüştür (Spennemann, 2021; Klemo, 2021; Sharifi ve Garmsir, 2020).

3. Konutların iç mekanlarında malzeme seçiminin önemi

Bir tasarımın fiziksel olarak oluşmasında en önemli öge olarak görülen, tasarımın karakterini belirleyen malzemenin seçimi her bina tipi için kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde artan malzeme çeşitliliği ile doğru malzeme seçimi de eskiye oranla zorlaşmakta ve yanlış seçimler yapıların yaşamları süresince kullanıcıları olumsuz etkilemektedir. Bu artan sayıdaki malzeme çeşitliliği içerisinde doğru malzemeyi seçebilmek için malzeme seçim kriterleri bulunmaktadır. Bu kriterlere bakıldığında malzemenin kullanıcıların estetik anlayışına uygun olmasının beklendiği kadar teknik yönden beklentiyi karşılaması gerektiği de görülmektedir. (Sönmez, 2016).

İnsanların barınma ihtiyacını karşılayan en küçük birim olan konutlar özelinde bakıldığında; iç mekan tasarımı ve tasarımda kullanılan malzemeler kullanıcıların konforu ve fiziksel- ruhsal sağlığı açısından oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalarda da görülmüştür ki konutlar özellikle insanların ruh sağlığını oldukça etkilenmektedir (Yılmazsoy vd., 2021; Çomak, 2020) Bu kapsamda düşünüldüğünde birçok sınırlayıcı ögenin (duvar, tavan vb.) olduğu iç mekanlarda doğru malzeme seçimi mekanın gereksinimlerini karşılamının yanı sıra, kullanıcı sağlığı açısından da değerlidir. Mevcutta kullanıcılar genel olarak konutlarında ahşap ve doğal taş malzemeler tercih etmektedirler. Ek olarak kullanıcıların duygu ve düşüncelerindeki ortak noktanın mekânda ferahlık ve özgürlük hissi veren aydınlık mekanlar üzerine yoğunlaştığı görülmüştür (Çomak, 2020).



Şekil 3. Örnek iç mekan görselleri (Url-3-8)

Günümüzde salgın ile birlikte malzeme seçimi için malzemenin hijyenik ve sağlıklı olması da önemli bir kriter olmaktadır. Salgından korunmak için alınması gereken tedbirler sık sık ellerin yıkanması, yüzeylere minimum temas edilmesi gibi maddeleri içermektedir. Bu kapsamda konutlar toplu kullanım alanlarına oranla daha hijyenik olmasına rağmen, dışarıdan geldiğinde yüzeylere temas edilmesi veya hasta bir kişinin evde bulunması halinde kullanılan ortak alanlarda yüzeye yapışan virüs ile hastalık bulaşma riski bulunmaktadır (Url-1). Günümüzde gelişen teknoloji ile iç mekanda kullanılan malzemelere antibakteriyel ve antiviral özellik kazandırılabilir (Yüksel, 2022; Yu vd., 2020).

4.Yöntem

Araştırma yöntemi literatür taraması ve Dünya Sağlık Örgütü'nün sağlıklı konutlar için vermiş olduğu tavsiyeler ile Google Anket üzerinden 162 katılımcı ile yürütülen alan çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Yöntem literatür taraması, anket planlaması, anketin uygulanması, verilerin toplanması ve değerlendirilmesi, sonuç ve öneriler olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmada izlenen aşamalar Şekil 4 ' te gösterilmektedir.



Şekil 4. Yöntem

4.1 Anket planlaması

Konu ile ilgili yapılan literatür taraması ve görüşmelerden sonra belirlenen anket formuyla katılımcıların profilleri, mevcut yaşam koşulları, pandemi ile birlikte konut ile ilgili talepleri, konut-malzeme ilişkisine yaklaşımları ve malzeme seçim kriterleri ile ilgili değerlendirmeler yaparak artan konut kullanımının tercihler üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik sorular yöneltilmiştir.

Anket çoktan seçmeli, açık uçlu ve değerlendirme ölçeği türlerinde 5’i demografik verilere ait olmak üzere toplamda 21 sorudan oluşmaktadır.

4.2. Anketin uygulanması

Anket formu Google Anket üzerinden hazırlanmış ve katılımcılara bağlantı adresi ile yöneltilmiştir. Bağlantı adresi öncelikli olarak mimarlık kökenli ve mimarlık eğitimi almakta olan bireylere, sonrasında tüm toplumun etkilendiği salgın dönemi uygulamalarının etkisine ait sonuçların bütünü temsil edebilmesi adına diğer meslek gruplarına mensup bireylere iletilmiştir. Anket uygulaması 2021 yılında, farklı eğitim durumu ve farklı meslek gruplarına mensup 162 katılımcının katılımıyla sonuçlanmıştır.

4.3 Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi

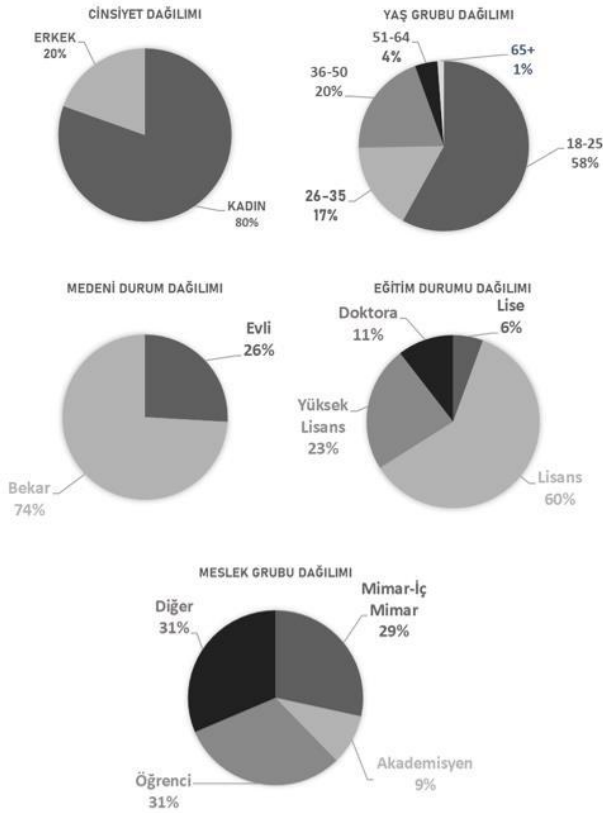
Anket sonuçlarına ilişkin tablo ve grafikler Excel ve Word programları kullanılarak oluşturulmuştur. Verilerin değerlendirilmesi soru sıralamasına göre yapılmıştır. Tüm sonuçlar grafiklere dönüştürüldükten sonra yine Excel ve Word yardımıyla katılımcıların cinsiyet ve meslek gruplarına göre malzeme seçimi ve malzeme seçim kriterlerini önceliklendirme tercihleri kıyaslanmıştır.

5.Bulgular

5.1 Anket sonuçlarına ait bulgular

5.1.1 Demografik verilere ait bulgular

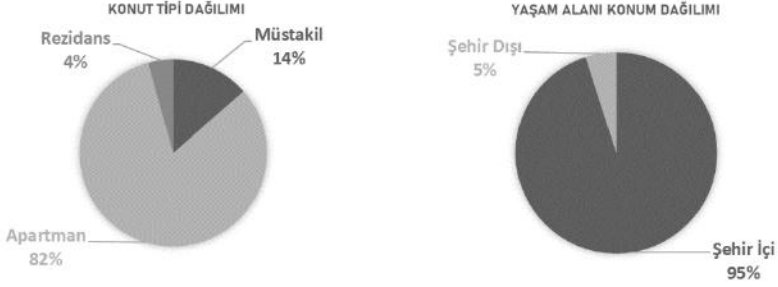
Araştırma kapsamında Google Anket üzerinden düzenlenen anket çalışmasına %80'i kadın %20'si erkek olmak üzere toplan 162 kişi katılım sağlamıştır. Katılımcıların %74' ü bekar, %58'i 18-25 yaş aralığındadır. Katılımcıların meslek gruplarına dağılımı ise %31 öğrenci, %29 mimar-iç mimar, %9 akademisyen, %31 diğerleri şeklindedir. Ek olarak öğrenci olan katılımcılar mimarlık veya iç mimarlık eğitimi almakta olan, akademisyen grup ise mimarlık kökenli katılımcılardan oluşmaktadır(Şekil 5).



Şekil 5. Katılımcıların cinsiyet, yaş ,medeni durum, eğitim durumu ve meslek grubu dağılımları

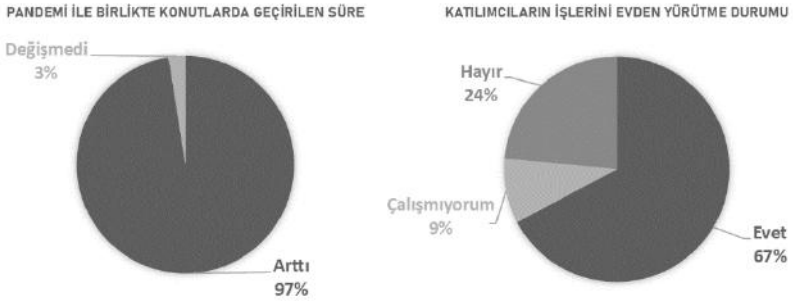
5.1.2 Pandemiyle oluşan taleplere yönelik bulgular

Katılımcıların mevcut yaşam koşullarına dair bilgi toplamak için yöneltilen sorular sonucunda %82'sinin apartman dairesinde ve %95'inin şehrin içinde yaşamakta olduğu görülmektedir (Şekil 6).



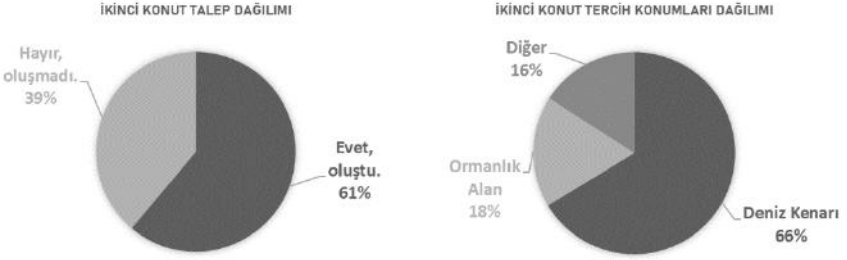
Şekil 6. Katılımcıların konut tipi ve konumu

Aynı zamanda Covid-19 salgını ile birlikte katılımcıların %97'sinin konutlarında geçirdiği sürenin arttığı ve %67'sinin iş veya eğitimlerini konutlarından yürüttüğü %9'unun ise çalışmadığı veya okumadığı görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Katılımcıların salgın konut kullanım süreleri

Covid-19 salgın süreciyle birlikte katılımcılarda ikinci konut talebine yönelik yöneltilen sorular neticesinde %61 oranında katılımcıda ikinci konut talebi oluştuğu ve ikinci konut talebi oluşan katılımcıların %66 oranında deniz kenarında bulunan bir konutu tercih ettikleri görülmüştür (Şekil 8).



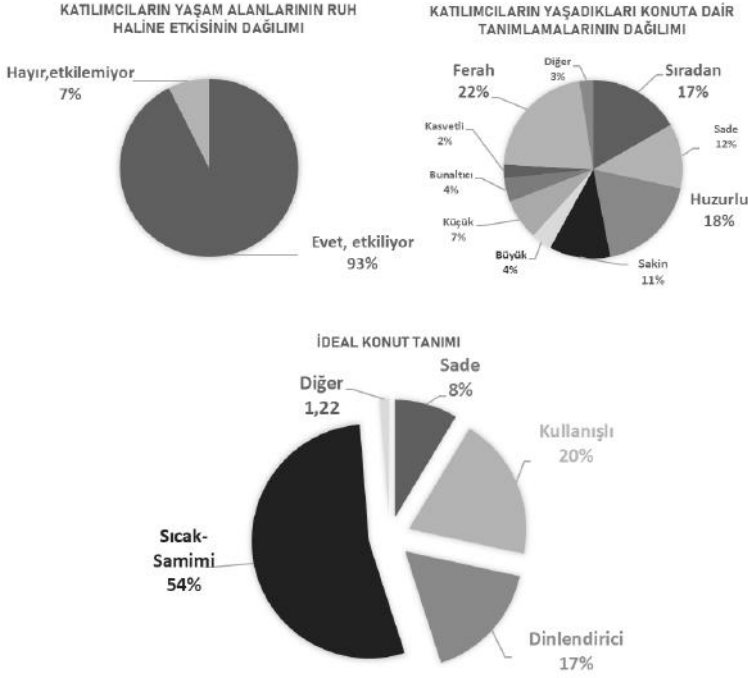
Şekil 8. Katılımcıların ikinci konut taleplerine dair veriler

Konutlarda geçirilen sürenin artması ile birlikte katılımcıların konutlarına eklenen konut dışı fonksiyonların değerlendirilmesi sonucunda %42' lik kesimin evlerine eklenen fonksiyonların olduğu %33 lük çoğunlukla bu fonksiyonun çalışma alanı kullanımı olduğu görülmüştür (Şekil 9).



Şekil 9. Katılımcıların konut kullanımına eklenen işlevlere ait veriler

Katılımcıların konutlarıyla ilgili soyut düşüncelerini anlamaya yönelik sorular neticesinde %93 oranında katılımcının yaşam alanlarının ruh sağlıklarını etkilediğini düşündüğü görülmüş ve mevcut konutlarını bir kelime ile tanımlamaları istendiğinde katılımcıların %22'si konutunu 'Ferah' olarak nitelendirirken, %18 ile 'Huzurlu' ve %17 ile 'Sıradan' tanımlamalarının çoğunlukta olduğu görülmüştür. Ek olarak katılımcılar düşündükleri ideal konutların %54' lük oran ile 'Sıcak-Samimi' olarak tanımlanması gerektiğini düşünmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Katılımcıların konut ile ilgili nitel değerlendirmeleri

5.1.3 Malzeme seçimi ve seçim kriterlerine ait bulgular

Katılımcıların konutlarında kullandıkları ve tasarımcı kimliği olan katılımcıların tasarımlarında kullandıkları malzeme türlerine yönelik sorulara verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların %59'u konutlarında ahşapı, tasarımcıların ise %41'inin tasarımlarında ahşap malzemeleri tercih ettiği görülmektedir. Her iki soruya verilen cevaplarda ahşap malzemeyi sırasıyla doğal taş ve seramik takip etmektedir (Şekil 11).



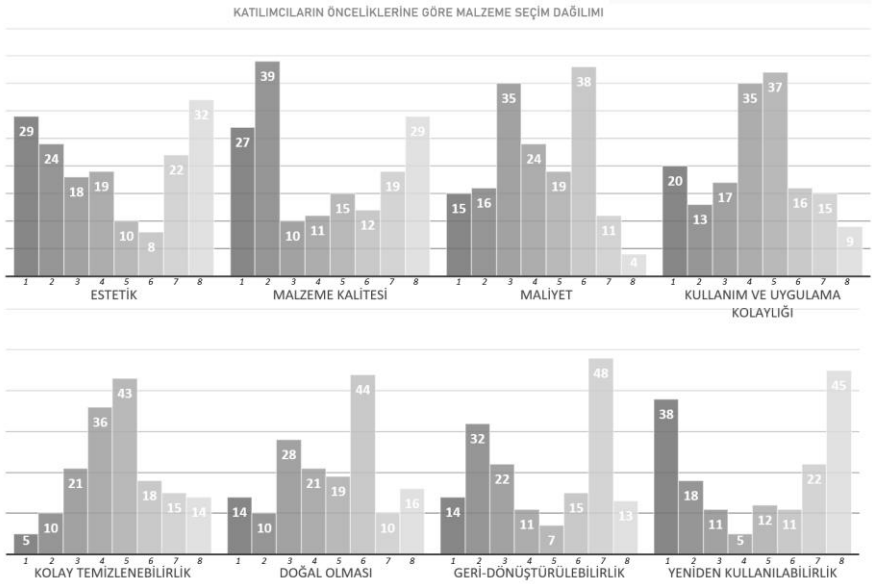
Şekil 11. Katılımcıların evlerinde ve tasarımlarındaki malzeme seçimleri

Ek olarak tasarımcıların %93' ünün malzeme seçimini tasarım aşamasında yaptığı görülmüştür(Şekil 12).



Şekil 12. Malzeme seçim evresi

Malzeme seçiminde öncelikli kriterleri belirlemek amacıyla katılımcılardan yöneltilen seçim kriterlerini öncelik sırasına göre 1 ile 8 arasında sıralamaları istenmiştir (Şekil 13).



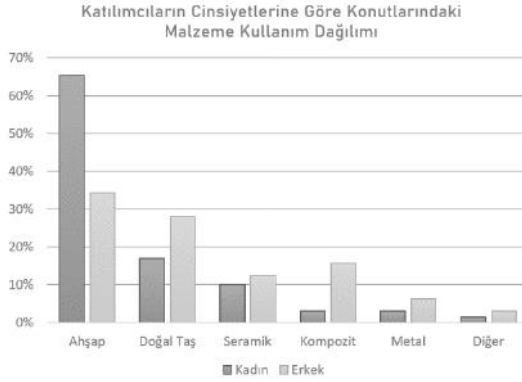
Şekil 13. Malzeme seçim kriterlerinin önceliklendirilmesi

İlk üç önceliklendirme basamağı değerlendirildiğinde sırasıyla 38 kişi ile Yeniden Kullanılabilirlik, 29 kişi ile Estetik ve 27 kişi ile Malzeme Kalitesi' ne önem verilmiştir.

5.1.4. Ankete dair parametrelerin kıyaslanması

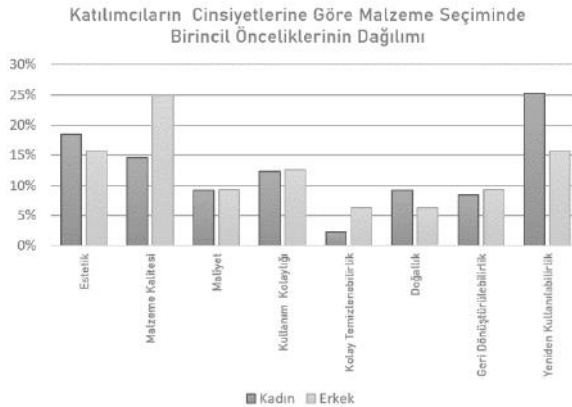
Bu bölümde bulguları değerlendirebilmek amacıyla demografik verilerden cinsiyet ve meslek dağılımlarına göre malzeme türü seçimi ve malzeme seçim kriterleri dağılımı karşılaştırılmıştır.

Yapılan kıyaslama sonucunda kadın ve erkek katılımcıların çoğunluğunun konutlarında yoğunlukla ahşap malzemeyi tercih ettiği görülmüştür(Şekil 14).



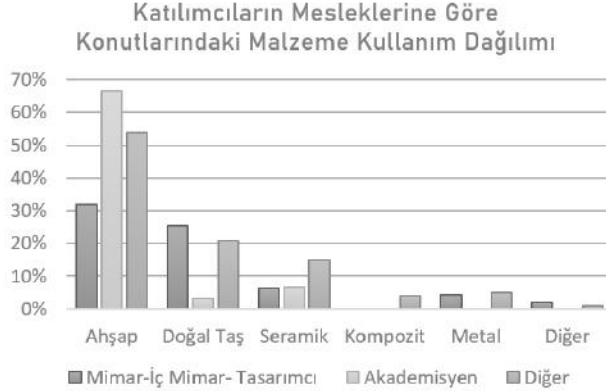
Şekil 14. Cinsiyet- konut malzeme kullanımı grafiği

Cinsiyete göre malzeme seçiminde birincil öncelik dağılımına bakıldığında malzeme seçerken kadınlar estetik, doğallık ve yeniden kullanılabilirliğe erkekler oranla daha çok önem verirken, erkeklerin çoğunluğunun birincil önceliğinin malzeme kalitesi olduğu ve geri dönüştürülebilirlik ile kolay temizlenebilirliğe verdikleri önemin kadınlara oranla daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 15) .



Şekil 15. Cinsiyet- malzeme seçim kriterleri grafiği

Meslek gruplarına göre malzeme tercihi dağılımına bakıldığında tüm gruplar yoğunluklu olarak ahşap malzemeleri tercih etmektedir. Akademisyen grubun diğer gruplara oranla doğal taş malzemeleri tercih etme oranının düşük olduğu görülmüştür (Şekil 16).



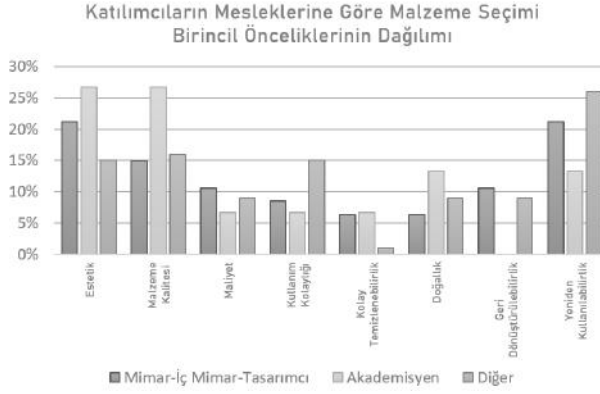
Şekil 16. Meslek grubu- konut malzeme kullanımı grafiği

Katılımcılarımızdan tasarımcı kimliği olanların en çok tercih ettiği malzemeyi belirlemek için yönelttiğimiz soruya gelen cevaplarda da ahşap malzemenin en çok tercih edilen malzeme olduğu görülmüştür(Şekil 17).



Şekil 17. Meslek grubu- tasarımda malzeme seçimi

Meslek gruplarına göre katılımcıların birincil malzeme seçim kriteri değerlendirildiğinde akademik grubun malzeme kalitesine verdiği önem oranının daha fazla olduğu, mimar- iç mimar ve diğer grupların yeniden kullanılabilirliğe verdiği önem oranının fazla olduğu görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Meslek grubu- malzeme seçim kriterleri önceliklendirme grafiği

5.Sonuç ve öneriler

Covid-19 salgını insan hayatını birçok alanda etkilemiş ve etkilemeye de devam edecektir. Süre gelen yaşayış biçimlerimizin, alışkanlıklarımızın, tercihlerimizin salgın sona erse dahi değişime uğrayacağı görülmektedir. Bu kapsamda konutlarımız ele alındığında sağlıklı iç mekan tasarımlarının öneminin arttığı söylenebilir. Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiyeleri ve literatür taramasından elde edilen bilgiler doğrultusunda kullanıcılar açısından ruhsal ve fiziksel sağlık şartlarını sağlamak için konut tasarımlarında;

- Fonksiyon kurgusunun eve girişte dezenfekte olma göz önüne alınarak ıslak hacimlerin (duş alma birimi dahil) kapıya en yakın şekilde konumlanması.
- Kullanıcıların ruh sağlığı için iç mekanın ferahlatıcı ve huzur verici olması
- Evi paylaşan tüm kullanıcılar için özel alanlar iş ve hobilerini gerçekleştirebilecekleri alanlar tanımlanması
- Özellikle karantina dönemleri için dış dünya ile temas alanlarının oluşturulması
- Sağlık ve hastalıktan korunmak amacıyla yüzeylerde temizlenebilir ve sağlıklı malzemelerin tercih edilmesi
- İç mekanda kullanılan malzemelerin fiziksel ve zihinsel sağlık esas alınarak seçilmesi
- Geri dönüştürülebilir ve ekonomik malzemelerin seçimi
- Mekan içi doğru aydınlatma, yeterli gün ışığı sağlanması
- Mekan içi bitki kullanımının

önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anket sonuçlarına bakıldığında;

- Malzeme seçim kriterlerinin önceliklere göre belirlenmesi sonucu kadınların estetiğe ve yeniden kullanılabilirliğe verdiği önemin erkeklerden daha fazla olduğu görülürken, erkeklerin çoğunluğunun malzeme kalitesini birinci öncelik olarak işaretlediği görülmüştür.
- ‘Ahşap’ tüm grup katılımcılarının en çok tercih ettiği malzeme olurken, doğal taş malzeme ikinci sırada ahşabı takip etmektedir.
- ‘Doğal Taş’ kullanımı ve seçiminde ‘Akademisyen Grup’ diğer gruplara göre farklılık göstermektedir.
- Malzeme seçimi kriterlerinde Akademisyenlerin çoğunluğunun birinci önceliğinin ‘Malzeme Kalitesi’ olduğu görülürken, ‘Geri Dönüştürülebilirlik’ Akademisyenler için birincil öncelik olmamıştır.
- ‘Akademisyen Grup’ un ‘Doğal Malzeme’ kullanımına mimar, iç mimar ve diğer grup katılımcılara oranla daha fazla önem verdiği görülmektedir.

Katılımcıların bilinçli oluşu genel olarak öngörülen sonuçlar ortaya çıkarsa da öngörülenden farklı olarak;

- Yeniden Kullanılabilirlik en fazla sayıda katılımcının malzeme seçiminde birinci sırada önem verdiği kriter olmuştur ve yeniden kullanılabilirliği sırasıyla estetik ile malzeme kalitesi takip etmektedir.
- Erkeklerin malzeme seçiminde malzemelerin kolay temizlenebilir olmasına kadınlardan daha çok önem verdiği görülmektedir.

Özetle yapılan araştırma ve anket çalışmasına dayanarak artan konut kullanımının kullanıcıların konuttan beklentilerini değiştirdiği söylenebilir. Konut kullanımına eklenen yeni işlevler için uygun alan olmaması, sağlıklı kalmak, hastalıktan korunmak ve hastaları izole etmek için konut planlarında açık planlar yerine, esnek uyarlanabilir planlara ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca salgın sonrası konutların kullanıcılar için fiziksel ve ruhsal sağlık koşullarını sağlayabilmesi adına

- Konut planlarında mekanların sağlık koşulları gözetilerek kurgulanması
- Kullanıcıların ruh sağlığı için iç mekanların ferahlatıcı, huzur verici ve samimi olması
- Evi paylaşan tüm kullanıcılar için özel kullanım alanlarının oluşturulması
- Konut kullanımına eklenen işlevler için bir alan ayrılması, özellikle evden çalışma alanı oluşturulması

- Karantina dönemleri için dış dünya ile temas alanlarının oluşturulmasının öneminin ortaya çıkmasıyla konutlarda en azından balkon veya teras bulunması
- İç mekanda kullanılan malzemelerin fiziksel ve zihinsel sağlık esas alınarak seçilmesi
- Mekan içi bitki kullanımı doğru aydınlatma tercihi, yeterli gün ışığı alınması gibi detaylara dikkat edilerek ruh sağlığının desteklenmesi
- Covid-19 ‘ un bize gösterdiği gibi artan konut kullanımı artan tüketimi de beraberinde getirdiği için çevre dostu malzemelerin kullanımının tercih edilmesi
- Yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin yaygınlaşması
- Sağlık ve hastalıktan korunma; yüzeylerin temizlenebilir ve sağlıklı olması, yüzeylerin virüs tutuculuk oranlarını önemli hale getirdiği için, antiviral özellikli bitirme kaplamalarının kullanılması

gerektiği söylenebilir.

Kaynaklar

- Akbari, P., Yazdanfar, S. A., Hosseini, S. B., & Norouziyan-Maleki, S. (2021). Housing and Mental Health during Outbreak of COVID-19. Erişim adresi: <https://assets.researchsquare.com/files/rs-234878/v1/ebc7ef0e-d76b-4ebe-9d61-3ae3de48f6e0.pdf?c=1615290257>.
- Alga, Rabia. (2005). Yaşam döngüsüne bağlı olarak konut tasarımını etkileyen faktörler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul 2005.
- Çomak, Selver Damla (2020). İç mekân tasarımında bitirme öğelerinin insan psikolojisine ve mekân algısına etkisi, Işık Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2020, 95-109.
- D'Alessandro Daniela, Gola, Marco, Letizia, Appolloni, Marco, Dettori, Fara, Gaetano Maria, Rebecchi, Andrea, Settimo, Gaetano & Capolongo, Stefano. ‘COVID-19 and Living Spaces challenge. Well-being and public health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing.’ Acta Bio Medica: Atenei Parmensis 91(9-S) 62-72.
- Eltarabily, S., & Elghezanwy, D. (2020). Post-pandemic cities-the impact of COVID-19 on cities and urban design. Architecture Research, 10(3), 75-84.

- Kaur, Harmanjot, Garg, Shashwat, Joshi, Himanshu, Ayaz, Sumbul, Sharma, Surabhi, & Bhandari, Maulshree. (2020) 'A review: Epidemics and pandemics in human history.' *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*, 3139-3142.
- Klemo, J. (2020). 'The impact of pandemic in domestic design, an assessment of open and close plan apartment typology in Albania.' *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 229-235.
- Lu, H., Stratton, C. W., & Tang, Y. W. (2020). Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle. *Journal of medical virology*, 92(4), 401.
- Megahed, Naglaa A. & Ghoneim, Ehab M. (2020). 'Antivirus-built environment: lessons learned from Covid-19 pandemic.' *Sustainable Cities and Society*, 61, 102350.
- Pemmada, R., Zhu, X., Dash, M., Zhou, Y., Ramakrishna, S., Peng, X., ... & Nanda, H. S. (2020). Science-based strategies of antiviral coatings with viricidal properties for the COVID-19 like pandemics. *Materials*, 13(18), 4041.
- Sharifi, A., & Khavarian-Garmsir, A. R. (2020). The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. *Science of The Total Environment*, 142391.
- Sönmez, Elif. İç mekan tasarım modelinde malzemenin yeri ve seçim kriterleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Trabzon, 2016.
- Spennemann, D. H. (2021). Residential architecture in a post-pandemic world: implications of COVID-19 for new construction and for adapting heritage buildings. *Journal of Green Building*, 16(1), 199-215.
- Tleuken, A., Tokazhanov, G., Guney, M., Turkyilmaz, A., & Karaca, F. (2021). Readiness assessment of green building certification systems for residential buildings during pandemics. *Sustainability*, 13(2), 460.
- Tokazhanov, G., Tleuken, A., Guney, M., Turkyilmaz, A., & Karaca, F. (2020). How is COVID-19 experience transforming sustainability requirements of residential buildings? A review. *Sustainability*, 12(20), 8732.
- Yılmazsoy, B. K., & Aydemir, K. KP & Akdemir, Ç.(2021). Tarihi süreçte salgın hastalıklar ve değişim: Covid-19 sonrası mimari ve kent. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 8, 66.
- Yu, Y., Bu, F., Zhou, H., Wang, Y., Cui, J., Wang, X., ... & Xiao, H. (2020). Biosafety materials: an emerging new research direction of

materials science from the COVID-19 outbreak. *Materials Chemistry Frontiers*, 4(7), 1930-1953.

Yüksel, F. C. G. (2022). Pandemi ile Değişen Konut İç Mekanını Yeniden Düşünmek. *Online Journal of Art and Design*, 10(2).

Zarrabi, M., Yazdanfar, S. A., & Hosseini, S. B. (2021). COVID-19 and healthy home preferences: The case of apartment residents in Tehran. *Journal of Building Engineering*, 35, 102021.

Url-1 World Health Organization [WHO]. Erişim adresi: <https://www.who.int/> (E.T. 06.07.2021).

Url-2 Editorler, H.c. *Pandemics That Changed History*, Erişim Adresi: <https://www.history.com/topics/middle-ages/pandemics-timeline> (E.T. 06.07.2021).

Url-3 <https://simoda.fi/2019/01/21/lempipaikkani-uudessa-talossa/> (E.T. 06.07.2021).

Url-4 <https://www.whitemad.pl/43-metrowe-mieszkanie-w-poznaniu/amp/> (E.T. 06.07.2021).

Url-5 <https://www.sitchu.com.au/australia/home-design/home-tour-kyal-and-kara> (E.T. 06.07.2021).

Url-6 <https://tr.pinterest.com/pin/542050505159429585/> (E.T. 06.07.2021).

Url-7 <https://bosc-architectes.com/blog/realisations/magnifique-mas-neuf-dans-les-alpilles-pour-une-jeune-famille/> (E.T. 06.07.2021).

Url-8 <https://tr.pinterest.com/pin/837247386979342778/> (E.T. 06.07.2021).

BÖLÜM VIII

OTOMASYONDA PROGRAMLANABİLİR LOJİK DENETLEYİCİLER KULLANIMI VE PROGRAMLANMASI

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Adak

Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye,

e- mail:suleymanadak@yahoo.com Orcid No: 0000-0003-1436-2830

1. Giriş

Endüstriyel otomasyonda programlanabilir lojik kontrolörün (PLC) yaygın olarak kullanılmalarının nedenleri arasında; giriş-çıkış sayılarının fazlalığı, kolay bir şekilde programlana bilirlikleri ve modüler bir yapıya sahip olmaları gösterilebilir. PLC, kullanıcı tarafından yazılan hafızasındaki programın akışı içinde, kontrol edilen sistemden gelen sinyaller veya geri besleme işaretleri okuyup, programda istenilen kontrol işaretlerini çıkışa aktaran bir mikrobilgisayardır. PLC'ler endüstriyel bir ortamda görev yapmak üzere tasarlanmış dijital prensiplere göre çalışan elektronik bir cihazdır. Şekil1'de PLC' ye ait perspektif resim verilmiştir.



Şekil1. Programlanabilir lojik kontrolör cihazı

Endüstriyel otomasyonun gelişmesinde PLC'lerin kullanımı kaçınılmazdır. PLC'ler günümüzde küçülüp yetenekleri ise aynı oranda artmıştır. Endüstride, bir ürünün imal edilmesi için birçok karmaşık işlem yapılmaktadır. Başarıya ulaşmak için, işlemlerin belirli bir sıraya göre, uygun zamanda yapılması sağlanmalıdır. Bu proses süreci yazılım programı ile gerçekleştirilir.

PLC uygulamaları iki sınıfta toplanabilir: Genel ve Endüstriyel uygulamalar hem ayrı hem de süreç gerektiren sanayilerinde mevcuttur. PLC'lerin doğduğu sanayi olan otomotiv, en büyük uygulama alanı olmayı sürdürmektedir. Yiyecek işleme ve hizmetleri gibi sanayilerde şu

an dünyada gelişen alanlar arasında PLC'lerin kullanıldığı 5 genel uygulama alanı vardır. Tipik bir kurulum, kontrol sistemi sorununa çözümü, bunların bir ya da daha çoğunu içererek bulunur. Bu 5 alan şunlardır:

a) Sıra (Sequence) Kontrol

PLC'lerin en büyük ve en çok kullanılan ve "sıralı çalışma" özelliğiyle röleli sistemlere en yakın olan uygulamasıdır. Uygulama açısından, bağımsız makinalarda ya da makine hatlarında, konveyör ve paketleme makinalarında ve hatta modern asansör denetim sistemlerinde bile kullanılmaktadır.

b) Hareket kontrolü

Bu doğrusal ve dön hareket denetim sistemlerinin PLC' de türleştirilmesidir. Servo adım ve hidrolik sürücülerde kullanılabilen tek yada çok eksenli bir sistem denetimi olabilir. PLC hareket denetimi uygulamaları, sonsuz bir makine çeşitliliği içerir. (örneğin. metal kesme, metal şekillendirme, montaj makinaları) ve şoklu hareket eksenleri ayrık parça ve süreç sanayi uygulamalarında koordine edebilirler. Bunlara örnek olarak; kartezyen robotlar, film, kauçuk ve dokunmamış kumaş tekstil sistemleri gibi, ağla ilgili süreçler verilebilir.

c) Süreç Denetimi

Bu uygulama PLC'nin birkaç fiziksel parametreyi (sıcaklık, basınç, debi, hız, ağırlık vb.) denetleme yeteneğiyle ilgilidir. Bu da bir kapalı çevrim denetim sistemi oluşturmak için, analog I/O gerektirir. PID yazılımının kullanımıyla PLC, tek başına çalışan çevrim denetleyicilerinin (single loop controllers) işlevini üstlenmiştir. Diğer bir seçenek de her ikisinin en iyi özelliklerini kullanarak PLC ile kontrolörlerin türleştirilmesidir. Buna tipik örnekler de plastik enjeksiyon makinaları, yeniden ısıtma fırınları ve bir çok diğer yığın denetimi (batch-control) uygulamasıdır.

d) Veri Yönetimi

PLC'si ile veri toplama, inceleme ve işleme son yıllarda gelişmiştir. İleri eğitim setleri ve yeni PLC'lerin genişletilmiş bellek kapasiteleriyle sistem, artık denetlediği makine veya süreç hakkında veri yoğunlaştırıcı olarak kullanılabilir. Sonra bu veri, denetleyicinin belleğindeki referans veri ile karşılaştırılır ya da inceleme ve rapor alımı için başka bir aygıtta aktarılabilir. Bu uygulamada büyük malzeme işleme sistemlerinde ve kağıt, birincil metaller ve yiyecek işleme gibi bir çok proses sanayinde sıkça kullanılır.

Sağlayacak komutların depolandığı programlanabilir bir hafızası olan sayısal elektronik araçlardır. El ile bir insan tarafından kontrol edilen

sistemlerin insansız olarak veya en az insan gereksinimiyle kontrol edilmesini sağlar. PLC, kullanıcı tarafından yazılan hafızasındaki programın akışı içinde, kontrol edilen sistemden gelen sinyaller veya geri besleme işaretleri okuyup, programda istenilen kontrol işaretlerini çıkışa aktaran bir mikrobilgisayardır. PLC' ler endüstriyel bir ortamda görev yapmak üzere tasarlanmış dijital prensiplere göre çalışan elektronik bir cihazdır.

Otomatik kontrol sistemlerinde, orta ve ağır sanayide, ısı kontrol sistemlerinde, tıp alanında, hız, güvenlik gibi alanlarda kullanılır. Ayrıca ürün kalitesinin yanı sıra yeni bir ürün imali için kumanda devrelerinin yeniden oluşturulması, montajı ve bağlantıları yerine sadece PLC programlama ile giderilmesi gibi sebeplerden dolayı bu sistemi önemli kılmaktadır. Son yıllarda endüstride PLC kullanımına olan talebin hızla artmasının nedenleri; PLC'nin özellikle fabrikalarda otomasyon, asansör tesisatları, otomatik paketleme, enerji dağıtım sistemlerinde, taşıma bandı sistemlerinde ve daha birçok alanda üretimi destekleyen ve verim artışının yanı sıra ürün maliyetinin minimuma çekilmesidir. PLC'ler klasik röleli sistemlerin yerini almaya başlamıştır.

2. PLC'lerin yapısı

PLC'ler otomatik kontrol düzenlerinde kullanılan mikroişlemci tabanlı endüstriyel otomasyon cihazlarıdır. PLC ikili giriş sinyallerini işleyerek, teknik işlemleri çalışma sürecini doğrudan etkileyecek çıkış işaretlerini üretir. Programlanabilir Lojik Kontrolörler otomasyon devrelerinde yardımcı röleler, zaman röleleri, sayıcılar gibi kumanda elemanlarının yerine kullanılan Mikroişlemci temelli cihazlardır. Bu cihazlarda zamanlama, sayma, sıralama ve her türlü kombinasyonel ve ardışık lojik işlemler yazılımlar gerçekleştirilir.

Bir PLC (Programmable Logic Controller – Programlanabilir Kontrol Cihazı) endüstriyel bir ortamda görev yapmak üzere tasarlanmış dijital prensiplere göre çalışan elektronik bir sistemdir. Sistem bir makineyi veya bir oluşumu kendi analog ve/veya dijital giriş/çıkış modülleriyle, mantıksal kontrol, zamanlama, sayma gibi fonksiyonlarla kontrol etmek amacına yöneliktir. Ayrıca PLC'ler üretim ile ilgili çeşitli süreçlere ilişkin verilerin toplanmasında da kullanılabilir. Bu veriler üretilen ürün sayısı, ürün sıcaklığı, basıncı, ortam ısısı, nem oranı gibi ölçülebilir özellikteki veriler olabilmektedir.

Röleli sistemlerde sistem değişikliği yapmak zordur. PLC de ise sistem üzerindeki değişiklikler kolayca yapılabilir. PLC'lerde röleler göre çok sayıda kontakta sahiptirler. Rölelerde kontak sayısı sınırlıdır. PLC'lerde bulunana rölelerde kontak sayısı 100 kadar çıkabilir. Şekil 2'de PLC cihazının giriş çıkış ve programlama konsolun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. PLC'nin çalışmasına ait prensip şeması

Merkezi işlem birimleri PLC sisteminin beyni olarak düşünülebilir. Bu birimler kumanda edilen sisteme ait yazılımın (sadece mantık yazılımının) saklandığı ve bu yazılımın işlendiği kartlardır. Merkezi işlemci haricinde program hafızası ve programlama cihazı bağlantısı için bir interface içerir. Ayrıca bazı modellerde başka PLC gurupları ile beraber çalışabilmeleri için özel interface'lerde bulunur.

2.1 Merkezi işlem birim-Central Processing Unit (CPU)

CPU'lar çoklu işlemci sistemi ile dizayn edilmiştir. Bir standart mikroişlemcinin yanı sıra CPU tipi ile bağlantılı olarak bir yada daha fazla Gate-Array Tekniği ile özel olarak geliştirilmiş dil işlemcisi bulunur. Bu dil işlemcileri tanımlanmış olan kumanda komutlarını çok kısa sürede işlerler. Dil işlemcilerinin işleyemediği komutları da standart mikro işlemci yorumlar. Standart mikro işlemci ile dil işlemcisinin ya da işlemcilerinin Co-Processing diye adlandırılan bu çalışma tarzı ile çalışmaları, PLC kumanda programının çok kısa zaman aralıklarında işlenmesini sağlar.

2.2 PLC'lerde kullanılan bellekler

Programlanabilir Denetleyicilerin beyni olan CPU ailesinin büyük bölümünü işlemci bellek (Processor Memory) birimi teşkil etmektedir. Bu modül; mikro işlemci, bellek çipleri, programlama cihazları ile işlemci arabirimi için gerekli iletişim devrelerini, kapsamaktadır. Daha küçük

sistemlerde mikroişlemci bellek ve iletişim bir bütün olarak tek bir modül içerisinde bulunabilir. Son dönemdeki PLC'ler temel lojik işlemleri çok hızlı yerine getirecek karar verme kapasitesine sahiptir. Ayrıca işlemci diğer fonksiyonları da yerine getirir. Örneğin zamanlama, kıyaslama, tutma ve dört temel matematik fonksiyon olan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme fonksiyonlarını yerine getirir.

Bu ilave işlemci fonksiyonları daha büyük PLC sistemlerinde kurulmuştur. MByte ve GByte düzeyinde hafıza gereksinimi olan uygulamalarda PLC'ler genelde yardımcı işlemci (coprocessor) desteğine ihtiyaç duyulmaktadır PC tabanlı sistemlerin, sabit disklerinin GByte düzeyine erişmesi, yüksek hafıza gereksinimi olan uygulamalarda avantaj sağlamaktadır.

Memory, denetleyicideki kontrol plan veya programını saklamak için kullanılır. Memoryde saklanan bilgi, hangi girişe göre hangi çıkış işaretinin saklanacağı ile ilgilidir ve gerekli hafıza miktarını programın yapısı belirler. Memory bit olarak isimlendirilen özel bilgi parçacıklarını depolar. 1 Byte=8 bit ve 1024 Byte =1 Kbyte olup memory kapasitesinin miktarı bu birimlerde ifade edilir.

2.2.1 PROM (Programmable Read-Only Memory) bellek:

Programlanabilir salt okunur bellek (PROM); ROM (Read Only Memory) salt okunur belleğin özel bir tipidir. PROM bellek başlangıçta bulunan ve/veya ilave edilen bilgilerin chip içine yazılmasına müsaade eder. PROM içine yalnız bir defa bilgi yazılabilir.

PROM un ana dezavantajı silinebilir ve programlanabilir olmamasıdır. PROM'da programlama, "eritme" veya "koparma" mantığına göre yapıldığından, eriyebilir bağlantıların eritilmesi geri dönüşü olmayan (bir defaya mahsus) bir işlemdir. Bu sebeple PROM'a bir program kodu yazılmadan önce tüm hata kontrol işlemlerinin bitirilmiş olması gerekmektedir.

2.2.2 EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) bellek:

EPROM olarak isimlendirilen, "silinebilir, programlanabilir salt okunur bellek", PLC cihazlarında sıkça kullanılan bellek tipidir. Yazılmış olan programlar (gerek deyim ve gerekse Ladder diyagramlar) önce EPROM belleğinde saklanır ve buradan (CPU) merkezi işlem birimine gönderilir.

2.2.3 EAROM (Electrically Alterable Read-Only Memory) bellek:

Elektrikle değişebilir Salt okunur Bellekler Eprom belleğe benzer fakat silmek için bir ultraviyole ışık kaynağı gerekmez. EAROM chip'i

silerek temizlemek için bir silici voltaj uygun pin'e tatbik edilir. Bir defa silindikten sonra chip tekrar programlanabilir.

2.2. 4 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) bellek:

EEPROM hafıza tipi ise Eprom hafızada olduğu gibi enerjinin kesilmesi durumunda bile eldeki bilgiler kaybolmaz. Yazma ve silme işlemlerinde özel araçlar gerekmez. PLC'ye monte edilen EEPROM veya EPROM hafızalar kaset içinde depolanmış bulunan programa göre çalışacaktır. Buna göre ROM kaset değiştirilerek istenilen program çalıştırılabilir.

Veri Tablosu; giriş ve çıkış durumları, zamanlayıcı ve sayıcı değerleri ve veri depoları gibi bilgileri içeren, programı dışa taşımak için gerekli bilgileri depolar. Tablonun içeriği durum verisi ve sayılar (ya da kodlar) olmak üzere 2 gruba ayrılır. 0 ve 1 durumları bit yerlerine kaydedilen bilginin ON/OFF durumudur. Veri Tablosu 3 bölüme ayrılır. Giriş Görüntü Tablosu ; Bu birim giriş arabirim devrelerine irtibatlanan dijital girişlerin durumunu saklar. Girişin ON/OFF durumuna göre girişin bu birimdeki değeri 0 veya 1 olarak saklanır. Şekil 3'te EEPROM hafızanın perspektif şekli verilmiştir.



Şekil 3. EEPROM hafıza

Programlanabilir lojik kontrolörler otomasyon devrelerinde yardımcı röleler, zaman röleleri, sayıcılar gibi kumanda elemanlarının yerine kullanılan Mikroişlemci temelli cihazlardır. Bu cihazlarda zamanlama, sayma, sıralama ve her türlü kombinasyonel ve ardışık lojik işlemler yazılımlar gerçekleştirilir. Bu nedenle karmaşık otomasyon problemlerini hızlı ve güvenli bir şekilde çözmek mümkündür.

2.3 Zamanlayıcılar

PLC bünyesinde bulunan zamanlayıcılar klasik kumanda devrelerinde kullanılan zaman röleleri gibi görev yaparlar. Klasik zaman rölelerinin çalışma biçiminde farklı olarak PLC bünyesinde bir de toplamalı tip zamanlayıcı bulunur. Bir zamanlayıcı adresine erişmek için hafıza alanı belirteci olan T (Timer) harfinden sorma zamanlayıcı numarası yazılır. Yazılacak zamanlayıcı numarası kullanılacak PLC'nin tipine göre değişir. Yazılabilecek maksimum zamanlayıcı numarası kullanılan PLC de bulunan zaman rölesi sayısıdır. Bir zamanlayıcı numarası aynı program içinde birden fazla zamanlayıcı için kullanılmamalıdır. Üç tip zamanlayıcı bulunmaktadır.

- TON: Çekmede gecikmeli (düz)zamanlayıcı
- TOF: Düşmede gecikmeli (ters) zamanlayıcı
- TONR: Çekmede gecikmeli kalıcı tip (toplamalı tip) zamanlayıcı
- PLC'lerde bulunan zamanlayıcılar belirli bir zaman aralıklarını sayarlar.

Sayılan zaman aralığının değerine zaman tabanı denir. Zamanlayıcılarda sayılan zaman tabanı bakımından bir gruplama daha yapılır. S7 – 200 PLC'lerde 1ms, 10ms ve 100 ms zaman tabanlı üç tip zamanlayıcı bulunmaktadır.

2.3.1 TON tipi zamanlayıcıda; · IN: Zamanlayıcı girişidir. IN girişine gelen sinyal 1 olduğunda zamanlayıcı zamanı saymaya başlar. Bu giriş doğrudan enerji hattına bağlanamaz. Zamanlayıcıyı başlatmak için mutlaka bir kontak kullanılmalıdır. ·

PT (Preset Time): Zamanlayıcı ayar değeridir ve kullanıcı tarafından belirlenir. PT değeri desimal olarak 0...32767 aralığında herhangi bir değer olabilir. PT değerini belirlemek için bir hafıza alan adresi kullanılabilir.

TX: Zamanlayıcı adresini belirtir. Zamanlayıcı tarafından sayılan süre anlık olarak bu adrese yazılır. Aynı adresi kullanan bir de zamanlayıcı biti bulunmaktadır. IN girişinin enerjilenmesi ile birlikte zamanlayıcı zaman sayma işlemini başlatır. TX adresine kaydedilen zamanlayıcı anlık değeri ile PT ayar değeri birbirine eşit olduğu anda zamanlayıcı biti (TX) ile adreslenen kontaklar konum değiştirir. Zaman sayma işlemi 32767'ye kadar devam eder. Eğer zamanlayıcının IN girişine gelen sinyal 0 olursa sayma değeri sıfırlanır.

2.3.2 Çekmede Gecikmeli Kalıcı Tip (toplamalı tip) Zamanlayıcı (TONR) TONR tipi zamanlayıcı TON tipi zamanlayıcıdan farklı olarak enerjili kaldığı sürelerin toplamını sayar. Zamanlayıcıda IN girişi enerjilendiğinde zaman sayma işlemi başlar. Eğer PT değerine ulaşılmadan IN girişine gelen enerji kesilirse zaman rölesi anlık değeri

zaman rölesi adresinde saklanır. Böylece enerji tekrar uygulandığında zamanlayıcı sayma işlemine kaldığı yerden devam eder. Herhangi bir anda TX adresindeki zamanlayıcı anlık değeri ile PT değeri eşit olduğunda zamanlayıcı biti ile adreslenen kontaklar konum değiştirir. TONR tipi zamanlayıcının değerini sıfırlamak için zamanlayıcı bitinin RESET komutuyla sıfırlanması gerekir.

2.3.3 Bırakmada Gecikmeli Zamanlayıcı (TOF) TOF tipi zamanlayıcı

IN girişi enerjilendiğinde zamanlayıcı biti ile adreslenen kontakları hemen konum değiştirir. IN girişine uygulanan sinyal kesildiği anda zamanlayıcı sayma işlemi başlatır. TX adresine yazılan zamanlayıcı anlık değeri ile PT ayar değeri birbirine eşit olduğunda kontaklar normal konumlarına dönerler. Klasik kumanda devrelerinde kullanılan ters zaman rölesi gibi çalışır. TOF tipi bırakmada gecikmeli zamanlayıcı her marka ve model PLC’de bulunmayabilir. TOF tipi zamanlayıcı komutu bulunmayan bir PLC’de program hazırlarken ihtiyaç duyulması halinde problem TON tipi zamanlayıcılarla çözümler.

2.4 Sayıcılar

Endüstride, üretilen ürün sayılarının belirlenmesi ya da bir işlemin tekrar sayısının tespitinde sayıcılar kullanılır. Sayıcılar sayma girişlerine gelen sinyalin yükselen kenarlarını sayarlar.

S7-200 PLC’lerde çalışma şekli bakımından üç tip sayıcı bulunmaktadır.

2.4.1. CTU: Yukarı (Up) sayıcı

CTU sayıcıda CU sayma girişine uygulanan sinyalin her yükselen kenarlarında sayıcı anlık değeri 0 dan itibaren bir artar. Sayıcı anlık değeri CX ile belirtilen sayıcı adresinde saklanır. Herhangi bir anda sayıcı anlık değeri, PV sayma değerine eşit ya da büyük olduğunda sayıcı biti (CX) ile adreslenen kontaklar konum değiştirir.

Şekilde görülen CTU tipi sayıcıda;

- CU (Count UP): Yukarı sayma girişidir. CU girişine uygulanan bir yükselen kenar sinyali sayıcı anlık değerini bir arttırır. Bu giriş doğrudan enerji hattına bağlanamaz. Sayma sinyallerini üreten bir kontak ile kullanılır.
- R (Reset): Sayıcı resetleme (sıfırlama) girişidir. R girişine 1 uygulandığında CX adresinde bulunan sayıcı anlık değeri ve sayıcı biti sıfırlanır. Konum değiştirmiş olan sayıcı kontakları normal konumlarına döner. CU girişine sinyal uygulanmaya devam ediliyorsa sayıcı sıfırdan itibaren tekrar saymaya başlar.

- PV (Preset Value): Sayıcı ayar değeridir ve kullanıcı tarafından belirlenir. PV değeri desimal olarak 0....32767 aralığında herhangi bir değer olabilir. PV değerini belirlemek için bir hafıza alan adresi kullanılabilir.

2.4.2. CTD: Aşağı (Down) sayıcı

CTD sayıcıda CD sayma girişine uygulanan sinyalin her yükselen kenarlarında sayıcı anlık değeri LD girişi ile yüklenen sayma değerinden itibaren bir azalır. Sayıcı anlık değeri CX ile belirtilen sayıcı adresinde saklanır. Herhangi bir anda sayıcı anlık değeri 0 olduğunda sayıcı biti (CX) ile adreslenen kontaklar konum değiştirir.

- CTD (Count DOWN): Aşağı sayma girişidir. CD girişine uygulanan bir yükselen kenar sinyali sayıcı anlık değerini bir azaltır. Bu giriş doğrudan enerji hattına bağlanamaz. Sayma sinyallerini üreten bir kontak ile kullanılır.
- LD (Reset): Yükleme girişidir. Bu girişe uygulanacak bir yükselen kenar sinyali, PV ile belirtilen sayıcı ayar değerini CX ile belirtilen sayıcı adresine yükler.
- PV (Preset Value): Sayıcı ayar değeridir ve kullanıcı tarafından belirlenir. PV değeri desimal olarak 0....32767 aralığında herhangi bir değer olabilir. PV değerini belirlemek için bir hafıza alan adresi kullanılabilir.

2.4.3. Aşağı yukarı Sayıcı (CTUD) CTUD

Bu sayıcıda CU (yukarı sayma) girişine uygulanan sinyalin her yükselen kenarında sayıcı anlık değeri bir artarken, CD (aşağı sayma) girişine uygulanan sinyalin her yükselen kenarında sayıcı anlık değeri bir azalır. Sayıcı anlık değeri CX ile belirtilen sayıcı adresinde saklanır. Herhangi bir anda sayıcı anlık değeri, PV sayma değerine eşit ya da büyük olduğunda sayıcı biti (CX) ile adreslenen kontaklar konum değiştirir. R girişi sayıcı resetleme (sıfırlama) girişidir. R girişine lojik 1 uygulandığında CX adresinde bulunan sayıcı anlık değeri ve sayıcı biti sıfırlanır. Konum değiştirmiş olan sayıcı kontakları normal konumlarına döner.

3. PLC'LERİN PROGRAMLANMASI

Bilgisayar programları yaptıkları işleri, sırasıyla ve birbiri ardınca test edebilen belli mantık işlemlerine göre yerine getirirler. Fakat PLC 'ler için durum biraz daha farklıdır. PLC programı devamlı bir çevrim halindedir. Bütün komutlar sırasıyla işletilir ve yine başa dönlür. PLC programının tamamı bilgisayar dillerinde döngü adı verilen kısımlar

gibidir. PLC programı yüksek seviyeli programlama dillerinde While/Wend komutları arasında yazılmış program parçalarına benzer şekilde çalıştırılır.

Fakat PLC programının işlem tarzı itibariyle, biraz farkı vardır. PLC 'de program aynı anda birkaç olayı gerçekleştirir. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olayların ve dolayısıyla komutların aynı anda işletilmesi, yani bir olay bitmeden diğerine başlanması gerekir. PLC mantıksal ve aritmetik işlemlerden oluşan bir programı oldukça hızlı bir şekilde işletebilmektedir. PLC' li sistemlerde program büroda veya laboratuvar da yapılabilir. Önceden çalışıp çalışmadığı eksikleri analiz edilebilir.

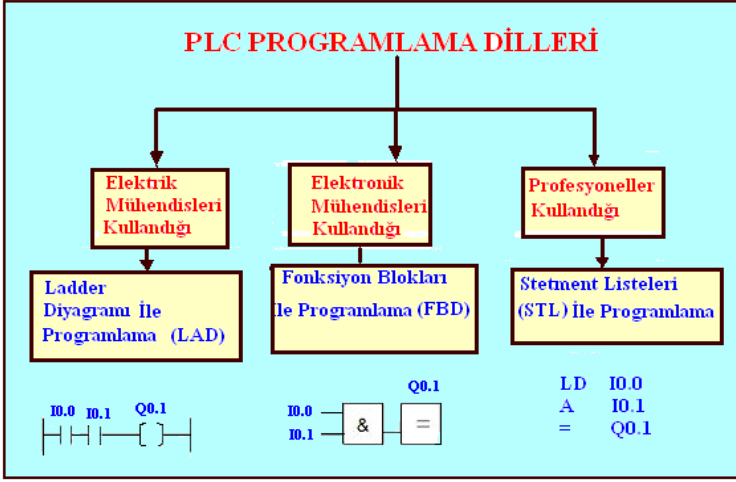


Şekil 4. El tipi programlayıcı ile PLC'nin programlanması (Mitsubishi)

Programlanabilir cihazlarda önemli bir yer tutar. PLC'lerde yazılım, makine veya bir sistemdeki elemanların nasıl harekete geçirilmesini belirleyen programlardır. Yazılımlar, donanımda bulunan hafızalar içerisinde saklanırlar ve istenildiğinde bu programa erişim sağlanır ve aynı zamanda eklemelerde bulunulabilir. Kontrol akışındaki değişim durumlarında, donanımda herhangi bir değişik yapılmadan yazılan bir program ile değişim sağlanır. PLC'lerin programlanmasında kullanılan programlama dilleri;

- Ladder (Merdiven) diyagramı ile programlama,
- Fonksiyonel blok diyagramları ile programlama (FNB),
- Stetment list (kodlarla) programlama kullanılır.

Ladder programlama her türlü PLC'lerde sorunsuzca uygulanabilir. Kontaklı kumandaya benzediğinden öğrenilip uygulanması oldukça kolaydır. PLC belleğine aktarılmasında kullanılır. Birçok uygulamada da yazılımın, algılayıcıların ve iş elemanların test edilmesinde kullanılır. PLC'lerde bilgisayar ortamında Ladder diyagramının çizilmesi programlama için yeterlidir. Ayrıca; PLC'nin yazılım kısmında PLC dilinde programlamanın bilinmesi gerekir.



Şekil 5. PLC'lerin programlanmasında kullanılan programlama dilleri

PLC programlama dili klasik kumanda devrelerine uygunluk sağlayacak şekildedir. Bütün PLC'lerde hemen hemen aynı olan AND, OR, NOT (VE, VEYA, DEĞİL) gibi Boolean ifadeleri kullanılır. Programlarda klasik kumanda sistemini bilen birisi tarafından kolayca yapılabilir. Endüstriyel otomasyon devrelerinde programlanabilir kontrolörlerin kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

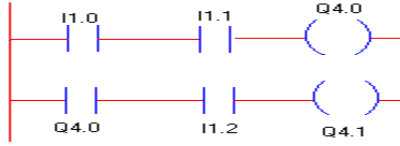
- Demir çelik tesisleri, çimento fabrikalarının kontrolü,
- Fırınlara kontrolü,
- Enerji dağıtım şebekelerinin kontrolü,
- Otomotiv sektöründe,
- Üretim tesislerinin otomasyonu (gıda sanayi, kimya sanayi, gibi),
- Yük asansörlerinin kontrolü,
- Paketleme yapılan tesislerde,
- Motor ve vanaların açık / kapalı konumları ile arıza takibi,
- Arızalanan bir kesici yerine baypas kesicinin devreye alınması veya arızalı pompanın yerine yedek olan pompanın otomatik olarak devreye girmesi,
- Tesislerde çalışan motorların PLC'ler sayesinde belirli zaman aralıklarında yedekleri ile değiştirilerek dinlendirilmesi.

Otomasyonda PLC'ler sıra, hareket, zaman denetimi yapabilmekte ve çok çeşitli verilerin toplanmasında kullanılmaktadırlar. PLC programlarında değişiklik kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Ayrıca gerektiğinde PLC'lerin bellekleri artırılabilir.

3.1 Ladder Diyagramı ile PLC'nin Programlanması

Program LAD modunda yazılacak ya da izlenecek ise, binary kilitlemeler kontak sembollerinin ard arda yada alt alta sıralanması şeklinde yapılır. Operasyona tabi tutulacak sinyaller köşeli parantezler olarak resmedilirler. Sinyal lojik 1 seviyesine göre sorulacak ise köşeli parantez içerisi boş halde, lojik 0 seviyesine göre sorulacak ise köşeli parantez içerisine “/” şekli ile gösterilir. Sorgulama sonucu, bir akım yolu hattı gibi resmedilen lojik kitlemenin sağ tarafına eklenen parantez ile gösterilen bobindir. Kilitlenme şartları sağlandığında bu bobinin enerjilendiği düşünülebilir. Kontaklar normalde açık ve normalde kapalı kontak olarak kitleme şartları meydana getirilebilir.

Anlaşılır ve takibinin kolay olması bakımından Ladder programı PLC'ler en çok uygulanır. İkili kitlemeler kontak sembollerinin arda, arda yada alt alta sıralanması şeklinde yapılır. Operasyona tabi tutulacak sinyaller köşeli parantezler olarak şekillendirilir. Kitleme şartları sağlandığında bobinler enerjilenir. Kontaklar normalde açık veya kapalı olarak kitleme şartları meydana getirilebilir. Grafik olarak gösterilmeyen komutlar otomatik olarak STL'ye geçilerek akına getirilir.

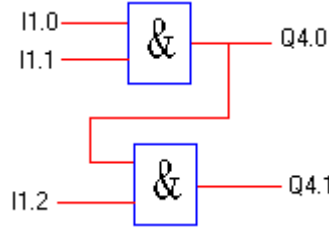


Şekil 6. Kontaklı kumanda devresi ile ladder eşdeğeri

3.2 Fonksiyon Blok Diyagramı ile PLC'nin Programlanması

Lojik ifadeler kutucuklarla gösterilir. Kutucuğun sağ tarafında yapılan mantıksal işlemin sonucu yer alır. Bu fonksiyonların gösterilebilmesi için STL maduna geçilmesi gerekir. Eğer program grafik olarak gösterilmeyecek komutlar içeriyorsa, ekrana getirilmesinde ilgili segment otomatik olarak STL madunda gösterilir.

FBD (lojik kapılar) yöntemi, lojik kapıların kullanımına dayanan ve şematik bir gösterim şekli sunan programlama şeklidir. Burada kullanılan lojik semboller kutular şeklinde gösterilir. Sembollerin sol tarafında giriş sinyalleri, sağ tarafında ise çıkış sinyalleri bulunur. Bu yöntem dijital elektronik eğitimi almış kişilerce daha rahat kullanılabilir. Şekil 7'de FBD yöntemiyle yazılmış program örneği görülmektedir.



Şekil 7. Kumanda devresinin blok diyagramı ile gösterimi

3.3 Deyim listesi (STL) İle PLC 'nin Programlanması

Bir diğer programlama cinsi olan STL modunda, yerine getirilmesi istenen lojik fonksiyonun şartları ve sonuçları ve komut listesi (mnemonic) olarak hazırlanmaktadır. Mnemonic komutlar iki kısımdan oluşur. Birinci kısım operasyon kısmıdır ve prosesörün bu komutla ne yapması gerektiğini belirler. İkinci kısım ise operand kısmıdır. Bu kısımda da operasyon kısmında ki işlemin hangi sinyale uygulanacağı belirlenir. Mnemonic komutlar prosesör tarafından ekranda görüldüğü haliyle yukarıdan aşağıya doğru ilerlemekte ve her lojik şart sırası geldiğinde sorgulanmaktadır.

Bu programlama izleme modunda meydana getirilen her sonucun tek tek segmentlere yerleştirilmesine gerek yoktur. Bir segment içinde birden fazla lojik işlem gerçekleştirilebilir. Bu moda lojik 0 sorgulaması yapılacaksa komutun arkasına "N" not harfi eklenir. PLC programlama dili klasik kumanda devrelerine uygunluk sağlayacak şekildedir. Bütün PLC'lerde hemen, hemen aynı olan AND, OR, NOT (VE, VEYA, DEĞİL) gibi Boolean ifadeleri kullanılır. Programlama klasik kumanda sistemini bilen birisi tarafından kolayca yapılabilir. Aşağıda örnekte NOT kontağının kullanım şekli ve STL dilindeki kullanımı görülmektedir.

Sekil 4.2 Ait Komut Listesi:

NETWORK-I-

```

LD %I0.1
A %I1.1
= %Q4.0
  
```

NETWORK-II-

```

LD %Q4.0
A %I1.2
= %Q4.1
  
```

NETWORK-III-

MEND

Şeklinde yazılır. LD Komutu: Normalde açık bir kontak ile hat (komut bloğu) başlatılmasını sağlar. Kontakın üst kısmına operant yazılır. Operant herhangi bir hafıza alan biti olabilir. Yükleme komutu ile başlayıp bir sonraki yükleme komutuna kadar olan kesim, mantıksal olarak birbirine bağlı komut bloğudur. NOT (N) komutu ladder diyagramlarında NOT kontağı ile gösterilir. NOT kontağı enerji akışını tersine çevirir. Girişinde enerji varsa çıkışında enerji olmaz, eğer girişinde enerji yoksa çıkışına enerji sağlar. Yapılan işlem lojik değil işlemidir.

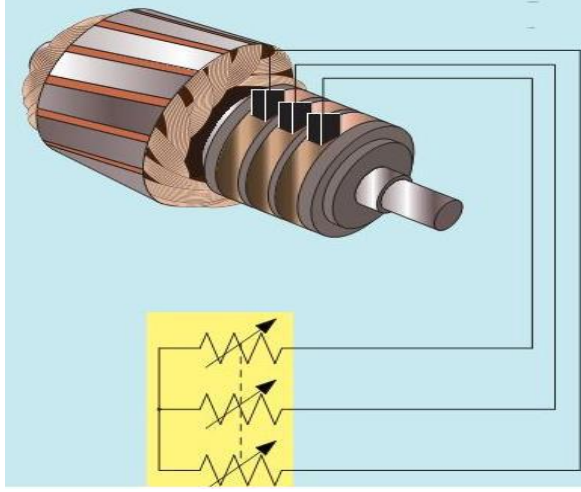
O Komutu ladder mantığına göre kendisinden önce gelen devre kesimine normalde açık bir kontağı paralel bağlar. ON Komutu ladder mantığına göre kendisinden önce gelen devre kesimine normalde kapalı bir kontağı paralel bağlar.

4. ÖRNEK UYGULAMA

Bilezikli Asenkron Motorların Rotor Devrelerine Direnç Bağlayarak Yol Verme

PLC'lerde çıkışı doğru gerilim şeklindedir. Bu gerilim değeri bir rölenin kontağına bağlanarak röle üzerinden kontaköre 220V alternatif gerilim iletilebilir. Bu bağlamda güç elektroniği elemanlarından tiryak ve benzeri elemanlardan faydalanarak asenkron motorlara kumanda edilebilir. Asenkron makineler şebekeye bağlandıklarında yol alma süreleri içinde nominal akımlarının 3 ile 6 katı kadar bir akım çekerler. Bu akım değeri elektrik şebekelerinde istenmeyen olayların oluşmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı 5 HP' den büyük motorlara direk yol verilmesi yönetmenliklerce yasaklanmıştır.

Bu motorlara yol vermede rotor devrelerine direnç bağlanarak yol verilir. Rotor devresine bağlanan direncin kademe sayısı ne kadar fazla olursa, motora o oranda yumuşak yol verilir. Rotora bağlanan bu direnç, kalkınma momenti ile devir sayısını etkiler.

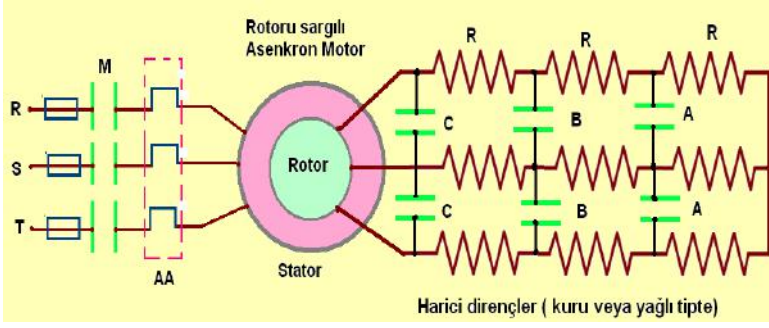


Şekil 8. Bilezikli asenkron motorların rotor devrelerine direnç bağlayarak yol verme

Bu motorlar genellikle endüstride ağır işlerde kullanılırlar. Bu motorlara yol vermede rotor devrelerine direnç bağlanarak yol verilir. Rotor devresine bağlanan direncin kademe sayısı ne kadar fazla olursa, motora o oranda yumuşak yol verilir. Rotora bağlanan bu direnç, kalkınma momenti ile devir sayısını etkiler. Rotor devresine dirençler bağlı durumda asenkron makineye yol verilir. Yol alma süresi sonunda dirençler kısa devre edilerek devreden çıkarılır. Rotor devresine bağlanacak dirençlerin değeri,

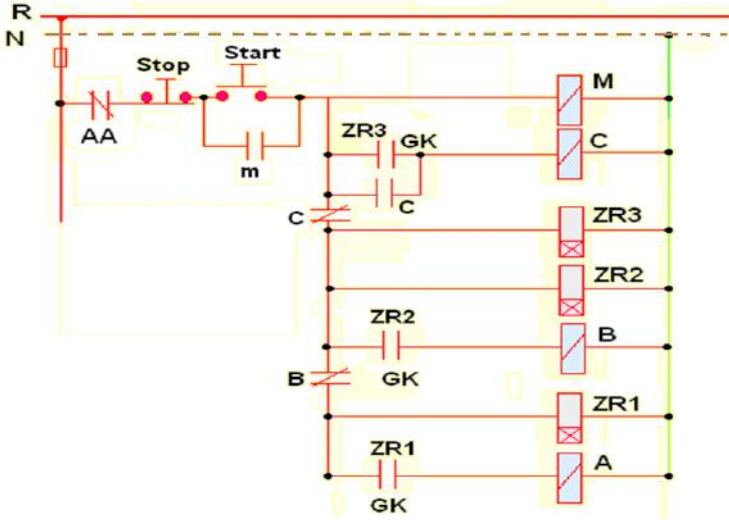
$$R = \frac{736 * P(HP)}{3 * (1 - s) * I_r^2} - R_r \quad (1)$$

Formülü ile bulunur. Burada, R_r , Rotor sargısına ilişkin etkin direnç, s , tam yük altındaki kaymayı, P , motor etiketinde yazılı aktif gücü, I_r , tam yük altında rotor sargılarından akan akımı, R , rotor sargılarına ilave edilecek direnci göstermektedir.



Şekil 9. Bilezikli asenkron motorun rotoruna direnç bağlayarak üç kademeli yol verme

Endüstride en çok kullanılan motor tipi asenkron motorlardır. Alternatif akım ile çalışmaları basit yapıda olmaları ve az bakıma gerek göstermeleri diğer motor türlerine göre daha yaygın kullanılmalarına neden olmuştur. Bilezikli asenkron motora rotor devresine direnç bağlanarak yol vermeye ait kontaktörlü kumanda devresi Şekil 10'da verilmiştir.

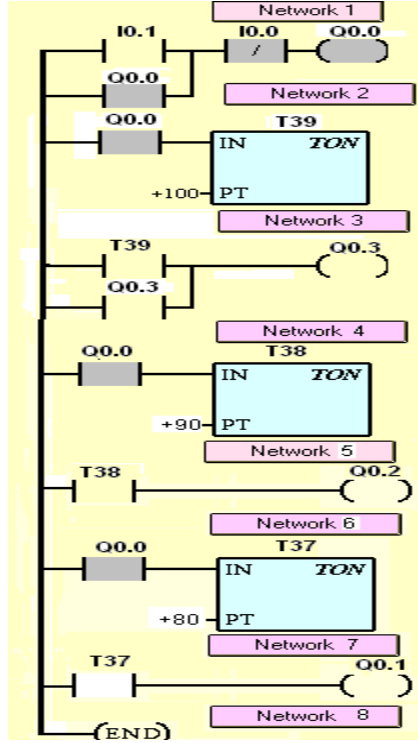


Şekil 10. Bilezikli asenkron motorun rotoruna direnç bağlayarak üç kademeli yol vermeye ait kontaktörlü kumanda devresi

Çalışma Prensipleri: Star butonuna basıldığında M kontaktörü, zaman rölesi (ZR3), zaman rölesi (ZR2) ve zaman rölesi (ZR1) enerjilenir. Motor yol verme dirençleri rotor devresine bağlı durumda yol alır. Motorun yol alma süresi sonunda, Zaman rölesi (ZR1) A kontaktörünü,

zaman rölesi (ZR2) B kontaktörünü ve zaman rölesi (ZR3) C kontaktörünü enerjilendirerek yol verme dirençlerini devre dışı bırakırlar.

PLC ile yapılan otomasyon işlemlerinde ağırlıklı olarak ladder kumanda kullanılır. Bu kumanda mantığının her PLC'ye uygulanması basitliği diğer kumanda derelerine göre bir adım ileriye çıkmasına neden olmuştur. Bu programda diyagramı çizmek programlama için yeterlidir. Şekil 11'da ladder programı ile gerçekleştirilen kumanda devresinin prensip şeması verilmiştir.



Şekil 11. Bilezikli asenkron motorun rotor devresine direnç bağlayarak yol vermeye ait Ladder diyagramı

Çalışma Prensihi: I0.1 kontağı aktif olduğunda, Q0.1, T39, T38 ve T39 zamanlayıcısı enerjilenir. Motor rotor devresine bağlı dirençlerle beraber yol alır. Motorun yol alması sonunda sırasıyla T37 zamanlayıcısı Q0.1 çıkışını, T38 zamanlayıcısı Q0.2 çıkışını ve T39 zamanlayıcısı Q0.3 çıkışlarını enerjilendirir. Bunun sonunda rotor devresine bağlı dirençler kısa devre edilir. Motor sürekli çalışma modunda çalışır. PLC' ye ait Ladder diyagramında kullanılan komutların karşılığı,

I0.1 START

I0.0 STOP

Q0.0 M kontaktörü

Q0.1 A kontaktörü

Q0.2 B kontaktörü

Q0.3 C kontaktörü

T37 TIMER (Zaman rölesine karşılık)

T38 TIMER (Zaman rölesine karşılık)

T39 TIMER (Zaman rölesine karşılık) gelmektedir.

Ladder diyagramına ait yazılım programı (STL kodları),

NETWORK-I-

LD I0.1

O Q0.0

AN I0.0

= Q0.0

NETWORK-II-

LD Q0.0

TON T37,+100

NETWORK-III-

LD T39

O Q0.3

= Q0.3

NETWORK-IV-

LD Q0.0

TON T38,+90

NETWORK-V-

LD T38

= Q0.2

NETWORK-VI-

LD Q0.0

TON T37,+80

NETWORK-VII-

LD T37

= Q0.1

NETWORK-VIII-

MEND

olarak yazılır. STL (code) yönteminde PLC'nin türüne ve markasına göre aynı işlevi gören fakat yazılım şeklinde küçük farklılıklar olan komutlar kullanılır. Bir komut yapılan işlemi belirten Mnemonic ve üzerinde işlem yapılan hafıza alanlarını gösteren operantlardan oluşur.

Bu yöntem cihazın, makina koduna en yakın gösterim şekli olduğundan çok geniş programlama imkanları sunar. STL yöntemi bilgisayar teknolojisine yatkın kişilere hitap eder. STL, FBD ve LADDER yöntemiyle yazılan programlar hatasız yazılmış ve derlenmiş olmak şartıyla birbirinin stillerine dönüştürülebilir. Sistemde yer alan istemci bilgisayarlar verileri sorgulamak veya izlemek istediklerinde öncelikle Internet üzerinden sunucuya ulaşarak kullanıcı isteklerini iletmektedirler. Sunucu ise bu isteklere uygun olan modülleri çalıştırmakta ve sonucu istemci bilgisayarına geri döndürmektedir.

5. Sonuç ve öneriler

PLC' ler özellikle endüstriyel ortamlar için tasarlandıklarından bu tip ortamlarda rahatlıkla çalıştırılabilirler. Otomasyon işlemlerinde PLC kullanımını çokça tercih edilir. Kumanda fonksiyonları yazılım ile gerçekleştirildiğinden farklı uygulamalarda adaptasyon kolay olmaktadır. PLC, birimler arasında bilginin güvenilir ve hızlı akışını denetler, programın çalışması monitörden izlenip, arızalara erişimi kolaydır. Bilezikli asenkron motorun rotor devresine direnç bağlanarak yol vermenin incelendiği bu çalışmanın genel sonucu olarak, şunlar söylenebilir.

- PLC' ler uzun ömürlü ve güvenilirlerdir. Tozlu, kirli, nemli, elektriksel parazitli ortamlarda güvenle çalışabilirler. 0 - 60 derece sıcaklık değeri ile % (0 – 95) nemli ortamlarda çalışırlar. PLC' ler yeteneklerine göre çok küçük ve az yer kaplayan cihazlardır. Bu da her ortamda sorunsuzca intibaklarını sağlar.
- Endüstride PLC' ler kullanılarak, imalatta proses süreci azaltılabilir. Üretim sürecinin yönetimini, izlenmesini, sorgulanmasını ve kontrolü yazılım programı ile gerçekleştirilir. Programın çalışması monitörden izlenip arızalara kolayca müdahale edilebilir.
- Bir PLC programı ve ilgili devrenin çalışması direk olarak monitörden izlenebilmektedir. Ayrıca arıza tarama yapılabilen ve geçmiş çalışma durumları sonradan izlenebilmektedir. PLC sistemlerinde donanımın yanında yönetimi, kontrolü, ve verilerin depolanmasını bir yazılım programı ile gerçekleştirilir.

Kaynaklar

- Georges, B., Aubin, J. (2001). Application of PLC for on-line monitoring of power transformers, in Proceedings of IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Columbus, OH, Jan.-Feb. , pp. 483-486.
- Özerdem, Ö. C. (2001). Endüstriyel Üretimde Programlanabilir Lojik Kontrollörlerin (PLC) Diğer Kontrol Sistemleriyle Karşılaştırması ve KKTC de PLClerin Eğitim ve Üretim Açısından Yeri, NEU-CEE2001, Lefkoşe, 23-25 Mayıs 2001.
- Akmansayar, B., Kurtulan, S., Ors, S.B. (2015). Design of core blocks and implementation on a programmable logic controller for a train signalization system, 2015 23th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Bektaş, A.Ü, Bayındır, R., Çolak, İ.(2007). Protection of Induction Motor Using PLC, Gazi University, Technical Education Faculty, Journal of Politeknik, Vol:10, No:2, pp. 117-121.
- Ovatman, T., Aral, A., Polat, D., Ünver, A.O. (2015). An overview of model checking practices on verification of PLC software,” *Softw. Syst. Model.*, vol. 15, no. 4, pp. 937–960.
- Rosch, S., Vogel, B.H. (2017). A Light-Weight Fault Injection Approach to Test Automated Production System PLC Software in Industrial Practice,” *Control Eng. Pract.*, vol. 58, no. September 2016, pp. 12–23.
- Zoubek, R.K. (2003). Towards automatic verification of ladder logic programs, IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications (CESA).
- Ioannides, M.G.(2004). Design and implementation of PLC-based monitoring control system fo induction motor,” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 19, no. 3, pp. 469–476.
- Lee, C.C. (1990). Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller, Parts 1 and 11,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 20, No. 2, pp. 404-435.
- J-L Chirn and D.C. McFarlane, *Petri Nets Based Design of Ladder Logic Diagrams*, Control 2000, Cambridge, U.K. 2000