

Citation: Kırmızı, M. & Altan, M. F. (2019), İklim Değişikliğinin İnşaat Ekonomisine Etkileri; Terramesh Duvar Örneği, BMIJ, (2019), 7(5): 2447-2463 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i5.1275>

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN İNŞAAT EKONOMİSİNE ETKİLERİ; TERRAMESH DUVAR ÖRNEĞİ

Mustafa KIRMIZI¹

Mehmet Fatih ALTAN²

Received Date (Başvuru Tarihi): 18/09/2019

Accepted Date (Kabul Tarihi): 18/10/2019

Published Date (Yayın Tarihi): 25/12/2019

ÖZ

İklim değişikliği, inşaat alanında olumsuz etkiler yaratmaktadır. İklimsel koşullar, iş yönetimini zorlaştırmakta, işin öngörülen zaman ve maliyetle bitirilmesinde sorunlara yol açmaktadır. Özellikle kar, yağmur gibi yağışlarda görülen değişikliklerin inşaat sektöründe olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada, İstanbul ilinde yapılmış olan bir inşaatta yapım öncesi planlanan zaman ve maliyet ile uygulama sonrası gerçekleşen süre ve maliyet kıyaslanmaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğinin inşaat maliyetine etkisini gösteren bir formül ortaya koymuştur. Bu formül sayesinde; iklim değişikliği maliyet hesaplarına bir katsayı olarak eklenebilecek, iklim değişikliğinin projeye hangi oranda zarar vereceği hesaplanabilecektir. Formül sadece Türkiye’de değil, uluslararası kullanılabilir niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği ve Ekonomi, İş Yönetimi, İnşaat Sektörü

Jel Kodları: A12, L74, Q54

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE CONSTRUCTION ECONOMY; TERRAMESH WALL EXAMPLE

ABSTRACT

Climate change has negative impacts on construction. Climatic conditions complicate job management and cause problems in the completion of the work with the foreseen time and cost. Especially the changes seen in rainfall such as snow and rain have negative effects on the construction sector. In this context, in this study, the time and cost planned before construction and the time and cost realized after the application in a construction in Istanbul are compared. This study put forward a formula that shows the impact of climate change on construction costs. Thanks to this formula; will be added as a coefficient to the cost of climate change, and the extent to which climate change will harm the project will be calculated. Formula not only in Turkey, the international usable.

Keywords: Climate Change and Economy, Business Management, Construction Sector

Jel Codes: A12, L74, Q54

¹ Doktora Öğrencisi, İstanbul Aydın Üniversitesi, mustafakirmizi@stu.aydin.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Aydın Üniversitesi, mehmetaltan@aydin.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-1195-9335>

<https://orcid.org/0000-0003-0961-0115>

1. GİRİŞ

Birinci Dünya İklim Değişikliği Konferansı 1979 yılında Cenevre'de gerçekleştirildi (Koo, 2001). İklim değişikliği konusu, konferansa katılan bilim insanları tarafından mercek altına alındı. Ülke temsilcileri ve bilim insanları, iklim değişiminin gerçekliğini kabul ederek, alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar yaptılar. Bu çalışmalarda iklim değişikliğinin sağlık, biyolojik ve ekolojik etkileri üzerinde durulmuş fakat ekonomiye etkisi üzerinde durulmamıştır. İklim değişikliği, her alanda etkisini daha fazla hissettirmektedir. Küresel ısınma ile kutuplardaki kütleli buz erimeleri hızlanır. Buz erimeleri ise küresel ısınmayı hızlandırır. Bu olay, küresel ısınmanın sonsuz bir döngü haline geldiğini göstermektedir. Severinghaus (1998) çalışmasında, Grönland buzullarının eridiğini belirterek, küresel ısınmanın önemini vurgulamıştır. Son 10 yılda buzulların %2,7 azaldığı tespit edilmiştir (Parkinson ve diğerleri, 2000). Her ne kadar iklim değişikliği eğilimlerini tespit etmek için erken olsa da son iklim değişikliğinde büyük tepkiler olduğu açıkça görülmektedir (Walther ve diğerleri, 2002). Günümüzde küresel ısınmanın fiziki olarak hissedilebilir düzeye gelmesiyle, birçok alanda aksaklıklar oluşmaya başlamıştır. Atmosferdeki karbondioksiti (CO₂) geri çekmenin bir yolu bulunmadıkça, iklim değişikliği ile yaşamın öğrenilmesi gerekmektedir.

Motorlu araçlardan atmosfere sera gazı salınımını önlemek için tedbirlerin alınmasıyla otomotiv ekonomisi olumsuz yönde etkilenmektedir. Atmosferde bulunan element dengelerinin bozulmasıyla etkilenen sağlık sektöründe, önlemler alınmaya başlanmış ve sağlık sektörü ekonomisi önemli ölçüde etkilenmiştir. Elektromanyetik fotonlar yayan aydınlatma cihazları, elektronik cihazların tümü, geniş bir sektör yelpazesine sahip radyo manyetik cihazlar, inşaat malzemeleri üreten fabrikalar ve hayatın her noktasında kullanılan enerji kaynakları aslında iklim değişikliği ile ekonomi arasındaki bağlantının somut bir ispatıdır. İklim değişikliği ile ekonomiyi ilişkilendiren çok az sayıda araştırma vardır (Mendelsohn ve diğerleri, 2004). Küresel ısınma ile ekonomi arasındaki bağlantı çok az sayıda çalışmaya konu olsa da bundan sonra yapılacak olan araştırmalar sektörlere indirgenmelidir. Çünkü; ortalama hava sıcaklık değerinin 1 °C artması veya ortalama yağış miktarının 1 kg/m² değişmesi, tüm sektörler için aynı etkiyi yapmayacaktır. İklim değişikliğinin tarım sektöründeki sosyo-ekonomik etkilerinin belirlenmesi (Akalın, 2014) çalışmasında benzer konu vurgulanmıştır.

Değişen meteorolojik şartlar ile inşaat sektöründeki iş yönetimi de zorlaşmıştır. Yağış miktarlarındaki artışlar, çalışılması gereken gün sayısını etkilemekte ve dolayısıyla iş

programlarını aksatmaktadır. İş programlarının aksaması ise projenin maliyetine doğrudan olumsuz etki yapmaktadır. İş kolları detayına indiğimizde, yağış miktarlarındaki artışlar inşaat yapılarındaki drenaj sistemlerini etkilemektedir. İnşaat sektöründe projeler ve planlamalar, normal iklim koşullarına göre oluşturulmaktadır. İnşaat yapısını etkileyecek yağış miktarları, yıl içerisinde normal iklim koşullarında en çok yağış alan mevsimlere göre planlanmaktadır. Planlamalar yapılırken normal iklim koşullarına göre hareket edildiği için iklim değişikliği konusu dikkate alınmamaktadır. Bunun en somut örneklerini İstanbul ilinde görmek mümkündür. İstanbul'da 2019 yılının ilk yarısında 24 bina, şiddetli yağış sonrası toprak kaymaları sonucunda çökmüş veya tahliye edilerek yıkılmıştır. Altyapılar yağış miktarlarını taşıyamadığı için can ve mal kayıpları yaşanmış, otoyollarda çökmeler meydana gelmiştir. Bu çalışmaya konu olan ve 2019 yılında inşaatı tamamlanan İstanbul'daki bir projede, iklim değişikliğinden etkilenecek dolgu alanlarında çökmeler meydana gelmiştir. Su taşkınları ve inşaat yapılarının göçmesi sadece İstanbul'da değil, iklim değişikliği sebebiyle tüm dünya üzerinde artmaya başlamıştır.

İklim değişikliği, ekonomisini de etkilediğinden inşaat sektörü üzerinde belirgin rol oynamaya başlamıştır. Dolaylı olarak sanayi, otomotiv ve istihdamı ile bağlantılı olduğundan projelendirme aşamasında dikkate alınmalıdır. Meteorolojik değişimlerin dikkate alınmadığı projelerde, sonradan oluşan sorunların (çökme, kayma, çatlama vb.) çözümü için ciddi faturalar oluşabilmektedir. Oluşacak bu faturalar, inşaat maliyetini doğrudan etkileyecektir.

Bu çalışmanın amacı; iklim değişikliğinin inşaat sektörünü hangi düzeyde etkilediğinin belirlenmesidir. Bu amaçla birinci bölümde konunun öneminden bahsedilmiş, ikinci bölümde iklim değişikliğinin göstergesi olan veriler açıklanmış ve üçüncü bölümde terramesh duvar sistemi ile ekonomi bağlantısı incelenmiştir. Çalışma, sonuç ve tartışma bölümü ile sonlanmıştır. Bu çalışmada, iklim değişikliğinden dolayı terramesh duvar sisteminin nasıl etkilendiği ve oluşacak sorunlar için nasıl bir çözüm üretileceği incelenmiştir. Projenin teknik açıdan kusursuz şekilde hazırlandığı düşünülse de; sonradan doğal afet olarak değerlendirilebilecek yağışlar neticesinde maliyet analizlerinin nasıl etkilendiğini gösteren 8 aylık bir araştırmanın sonucu gösterilmektedir. Maliyet analizlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı iş kalemi fiyatları kullanılmıştır. Yine bu çalışma, iklim değişikliğinin inşaat maliyetlerini doğrudan etkilediğini ispatlayarak etki seviyesini belirlemek için geliştirilmeye açık bir formül üretmiştir.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN İSTANBUL ÖLÇEĞİNDEKİ ETKİSİ

İklim değışikliği, Klimatoloji dalında incelenen atmosferik veya astronomik değışimlerdir. Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değışiklikler olarak da tanımlanabilir (Türkeş, 1997). İçine 1,3 milyon adet Dünya'nın sığabileceği güneş, aynı zamanda Dünya'nın iklimini de kontrol altında tutmaktadır. Güneş ışınlarının yaklaşık %50'si yeryüzüne çarparak yansır. Atmosferde bulunan karbondioksit, azot oksit, buhar, metan gibi gazların etkisiyle yansıyan ışınlar tekrar yeryüzüne gönderilir. Bunlara sera gazları denir. Bilimsel çalışmalar, sera gazlarının bulunmadığı bir dünyada hava sıcaklığının ortalama -18 °C olacağını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla güneş ve sera gazı etkisi iklimleri kontrol eder. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPPC), gelecekte yaşanacak iklim değışikliği boyutunu ortaya koymuştur. Küresel hava sıcaklığı değerlerinde 2100 yılına kadar 1-3,5 °C artış olacağı beklenmektedir (IPPC, 2001). Küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılın başından günümüze değin yaklaşık olarak 0.8 C° arttı (Türkeş, 2006). 2030 yılına kadar küresel ısı 2-5 °C arasında artacaktır (McEldowney, 1996). Yaşanacak bu hava sıcaklık değışimleri ve sera gazı etkileri birleşerek, iklim değışikliğini daha çok hızlandıracağı açıktır.

(Nordhaus, 2007) çalışmasında; iklim değışikliği ile ekonomi arasında belirsiz bir bağlantının varlığına değinmiştir. Ülkemizde iklim değışikliği ile ekonomi arasında bir bağlantının kurulması için öncelikle meteorolojik veriler incelenmelidir. İnceleme sonucunda iklim değışikliğinin hangi boyutlara ulaştığı, bundan sonraki zamanlar için hangi boyutlara ulaşacağı ve olası etkenler dikkate alınarak formüllerle düşünceler desteklenmelidir. Bu araştırma makalesine konu olan projenin yeri incelendiğinde; projeye en yakın meteoroloji istasyonu 17062 numaralı İstanbul Kadıköy Rihtım İstasyonudur. Bu istasyonda 1935 yılından bugüne kadar hava sıcaklık değerleri, toplam yağış miktarları ve yağışlı gün sayıları kayıt altına alınarak Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'deki bilgiler; bu bilimsel araştırma makalesinde kullanılmak üzere resmi yollarla alınmış ve kaynak gösterilerek kullanılması için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden gerekli izinler alınmıştır. İstanbul'da iklim değışikliğinin varlığını ispatlayabilmek için, geçmiş yıllara ait meteorolojik veriler mutlaka incelenmelidir. İklim değışikliğinin ekonomik etkilerini inceleyenler için güven oranının %95 olduğu belirlenmiştir (Tol, 2018). Bu yüksek güven oranının nedeni ise çalışmaların gerçek verilere dayanmasıdır.

Tablo 1. Kadıköy Rıhtım Meteoroloji İstasyon Verileri

Yıl	Ort. Min. Sıcaklık °C	Ort Max. Sıcaklık °C	Yağış (kg/m ²)	Yağışlı Gün S.	Yıl	Ortalama Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Max. Sıcaklık °C	Yağış (kg/m ²)	Yağışlı Gün S.
1935	10,0	18,6	56,97	10,25	1977	10,5	18,8	49,67	10,42
1936	10,7	18,9	59,96	10,08	1978	10,4	18,5	66,94	11,75
1937	10,9	19,2	61,37	10,33	1979	11,1	19,1	62,64	11,75
1938	10,2	18,3	56,64	8,92	1980	10,3	18,1	72,40	12,08
1939	10,5	18,8	68,67	9,58	1981	10,6	18,6	87,23	12,50
1940	9,6	17,5	72,57	11,00	1982	10,2	18,3	49,16	10,83
1941	9,4	17,9	56,78	10,92	1983	10,5	18,3	54,71	12,17
1942	8,9	17,2	53,82	10,42	1984	10,6	18,7	48,38	11,92
1943	9,4	17,6	69,72	9,17	1985	9,6	18,2	65,13	11,08
1944	10,2	18,4	57,07	11,50	1986	10,9	18,3	47,92	9,50
1945	9,5	18,5	47,84	9,58	1987	10,2	17,7	67,38	10,58
1946	10,5	19,3	42,07	9,33	1988	10,6	18,2	60,03	10,92
1947	10,2	18,9	49,03	10,17	1989	11,0	18,4	37,98	9,00
1948	9,5	17,5	52,44	10,25	1990	11,1	18,7	45,20	10,00
1949	9,4	17,1	62,17	10,75	1991	10,8	17,1	73,14	11,08
1950	10,1	18,7	53,71	9,67	1992	10,4	17,6	55,90	8,92
1951	10,6	18,8	63,58	11,08	1993	10,3	17,9	46,04	9,08
1952	10,6	19,2	55,87	9,50	1994	12,0	19,4	52,85	8,75
1953	9,4	17,6	68,72	10,75	1995	11,3	18,6	58,28	10,83
1954	9,9	18,5	44,81	11,08	1996	10,9	17,9	57,19	11,83
1955	10,8	19,0	68,84	10,17	1997	10,4	17,3	75,88	12,25
1956	9,2	17,9	46,46	10,33	1998	11,7	18,6	64,51	10,83
1957	10,4	18,5	46,72	8,92	1999	12,2	19,3	52,37	9,67
1958	10,5	18,8	56,38	9,33	2000	11,4	18,9	56,29	9,42
1959	9,0	17,6	69,21	10,33	2001	12,1	19,6	61,34	9,42
1960	10,3	19,0	44,90	10,25	2002	11,7	19,1	50,14	9,67
1961	9,9	18,8	52,03	8,67	2003	10,6	18,6	52,58	10,50
1962	10,4	19,5	78,75	10,75	2004	11,0	18,7	55,48	9,33
1963	10,6	18,5	67,17	11,75	2005	11,1	18,4	69,69	13,17
1964	9,5	17,8	54,66	9,42	2006	11,3	18,8	49,80	7,83
1965	9,9	18,0	65,09	10,33	2007	12,3	20,5	32,78	7,92
1966	11,6	19,8	51,85	9,83	2008	12,7	20,7	54,90	12,25
1967	10,0	18,5	45,83	10,17	2009	12,6	20,5	55,17	11,42
1968	10,2	18,6	68,43	10,42	2010	13,3	20,7	51,43	8,25
1969	10,3	18,5	54,21	9,83	2011	11,7	18,5	19,93	7,92
1970	10,7	19,2	63,02	10,00	2012	12,6	20,4	43,88	8,08
1971	10,4	18,6	55,24	9,75	2013	13,0	19,9	26,51	7,33
1972	10,2	18,4	52,65	9,25	2014	13,4	20,9	55,71	11,67
1973	10,0	18,3	53,36	9,83	2015	13,0	20,7	71,73	10,17
1974	10,1	18,4	53,91	9,33	2016	13,1	21,0	55,26	11,42
1975	10,7	18,7	65,81	10,92	2017	12,4	20,6	60,35	10,08
1976	9,7	17,7	46,08	11,58	2018	13,7	20,1	63,07	13,50

Tablo 1’de 1935 yılından 2018 yılına kadar aylık ortalama minimum ve maksimum sıcaklık değerleri, aylık ortalama yağış miktarları ve aylık ortalama yağışlı gün sayıları verilmiştir. Yağışlı gün sayısının küsuratlı olmasının sebebi; aylık yağışlı gün sayılarının değişken olmasıdır. Örneğin 2018 yılında İstanbul’da 162 gün yağış olmuştur. 1 yılda 12 ay bulunduğundan, aylık ortalama 13,5 gün yağışlı gün olarak hesaplanmaktadır. 1935 yılından 2018 yılına kadar aylık ortalama minimum sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama yağış miktarı değerlerinde artışların olduğu görülmektedir.

3. TERRAMESH DUVAR SİSTEMİ VE İNŞAAT EKONOMİSİ

Terramesh duvar sistemi, toprak ve geosentetik donatıların birlikte çalıştığı toprakarme yapı olarak nitelendirilebilir. Belirli yükseklikte, belirli şev açılarıyla zemin katmanlarının üst üste binmesiyle meydana gelmektedir. Zemin katmanları arasında ihtiyaca göre geosentetik donatılar kullanılabilir. Sistemin daha net anlaşılabilmesi için Şekil 1’de proje görünümü sunulmuştur.

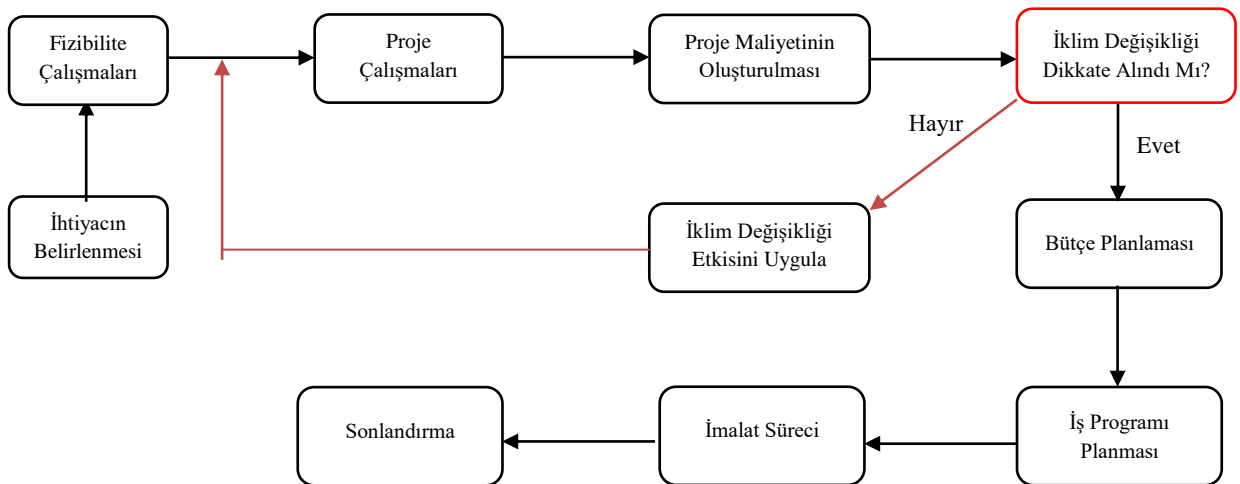


Şekil 1. Projenin Genel Görünümü: (a) Projeye Başlamadan Önceki Görünüm, (b) Proje Bittikten Sonra Hedeflenen Görünüm, (c) İklim Değişikliği Hasarı, (d) Yağmur Oluğu Çözümü

Şekil 1 (a)'da proje başlamadan çekilen bir resim verilmiştir. Projenin amacı Şekil 1 (b) görünümünü kazandırmaktır. İmalat aşamasında iklim değişikliğinin etkileri ile Şekil 1 (c)'deki hasarlar oluşmuştur. Oluşan hasarı karşılamak ve aynı sebepten dolayı hasarın oluşmasını engellemek için yağmur oluğu Şekil 1 (d)'de görüldüğü gibi ekstra imalat olarak gerçekleştirilmiştir. Projede 10 katman, 26 metre yükseklikte bir duvar ihtiyacı oluşmuş ve bu yüksekliğe sahip betonarme perde ekonomik olmayacağından dolayı terramesh sistemi seçilmiştir. Projede geosentetik donatı kullanılmadığı varsayılarak maliyet analizi yapılmıştır.

3.1. İnşaat Ekonomisinin İş Kırılım Yapısı

İnşaat ekonomisinin iş kırılım yapısı, projenin tamamlanabilmesi için işi parçalara bölerek yönetmek anlamına gelmektedir. İnşaat sektöründe proje çalışmaları için öncelikle ihtiyacın ne olduğu belirlenmektedir. İhtiyacı karşılayabilecek projelerin oluşturulabilmesi için fizibilite çalışması yapılmaktadır. Fizibilite çalışması esnasında oluşabilecek sorunlar ele alınmakta ve bu sorunların çözümü adına araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma, inşaat ekonomisi iş kırılım yapısında değişikliğin gerektiğini ortaya koymaktadır (Şekil 2). Çünkü; mevcut durumda iklim değişikliği dikkate alınmamaktadır. İklim değişikliğinin inşaat ekonomisi üzerindeki yeri Şekil 2'deki gibi olmalıdır. Proje maliyetinin oluşturulmasından sonra iklim değişikliği dikkate alınır, proje yaklaşık maliyetine ekstra bir yük getirmeyecektir. Böylelikle yaklaşık maliyet hesabı, projenin tamamlanabilmesi için yeterli olacaktır. Aksi durumda küresel ısınma ve yağış değişikliklerinin, inşaat ekonomisine etkisinin önüne geçilemeyecektir.



Şekil 2. İnşaat Ekonomisi İş Kırılım Yapısı

3.2. Terramesh Duvar Sisteminin Maliyet Analizi

Yapı ekonomisi açısından en kritik maliyet tahmininin ön karar (ön tasarım) evresinde ortaya çıktığı kabul edilmektedir (Göktürk, 2007). Ön tasarım aşamasında ise her iş kalemi için ayrı ayrı hesap yapılması gerekmektedir. Terramesh duvar sistemi maliyet analizinde her iş kalemi için ayrı bir poz numarası oluşturulmuştur. İş kalem isimlerinin tekraren yazılmaması için poz numaralarının kullanılması oldukça faydalıdır. Kullanılan poz numaraları ve birim fiyatları, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından resmi olarak yayınlamaktadır (CSB 2019). Duvar sistemi analizinde kullanılan iş kalemlerinin fiyatları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Maliyet Analizinde Kullanılan İş Kalemleri

<u>Sıra No</u>	<u>Poz No</u>	<u>Poz Adı</u>	<u>Birimi</u>	<u>Birim Fiyatı(₺)</u>
1	01.010	Yalıtımcı Ustası	saat	15,70
2	01.210	Yalıtımcı Usta Yardımcısı	saat	11,70
3	01.501	Düz İnşaat İşçisi	saat	11,50
4	01.502	Erbab İşçi	saat	12,25
5	01.507	Birinci Sınıf Usta	saat	15,70
6	04.112	Elektrik Enerjisi	kwh	0,57
7	04.278/3G	Muhtelif Tel	kg	5,20
8	04.278/3F	Galvanizli Tel	kg	4,30
9	04.601/2D	Geotekstil Keçe Bedeli	m ²	1,40
10	04.632/01C	Jeomembran Bedeli	m ²	18,45
11	08.002/1KA	Makine ile Bağlayıcı Madde	m ³	0,83
12	10.130.1008	Kırmataş Temini	m ³	36,00
13	10.450.2812	Ø200 Drenaj Boru Bedeli	mt	30,00
14	KGM/15.140	Stabilize Serimi Makine Bedeli	m ³	1,59
15	SNBF.14	Kırmataş Nakliyesi	m ³	50,85

Terramesh duvar imalatlarının bir kısmı Tablo 2’de verilen iş kalemleri ile oluşturulabilir. Duvar sistemi oluşturulurken her katmanın ayrı ayrı maliyeti hesaplanır. 1 m³ stabilize dolgu için hangi miktarda kırmataş gerektiği, hangi miktarda bağlayıcı madde gerektiği ve makine ile serimi sırasında makine bedelleri, gerçekleştirilen analizler sonucunda

belirlenmiştir. Örneğin 1 m³ stabilizenin serilebilmesi için 10.130.1008 poz numaralı kırmataş temini, 08.002/1KA poz numaralı makine ile bağlayıcı madde temini ve 15.140 poz numaralı makine ile stabilizenin serim bedeli gerekmektedir. İş kalemlerinin analizleri Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca onaylanmıştır. Hangi imalat için hangi iş kalemlerine ihtiyaç duyulduğu, iş kalemlerinin birimi, gerekli miktarı, birim fiyatı, analiz sonuçları ve bağlantıları Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. İş Kalemleri Birim Fiyatları

İmalat Adı	Gerekli İş Kalemi	Birimi	Gerekli Miktar	Birim Fiyatı(₺)	Toplam Maliyet
1 m ³ Stabilize	10.130.1008	m ³	0,7	36,00	27,04
	08.002/1KA	m ³	0,3	0,83	
	KGM/15.140	m ³	1	1,59	
1 m ² Çit Yapımı	04.278/3G	kg	2,15	5,20	15,42
	04.278/3F	kg	0,335	4,30	
	01.507	sa	0,1	15,70	
	01.502	sa	0,1	12,25	
1 m ² Keçe Serimi	04.601/2D	m ²	1,1	1,40	13,39
	01.210	sa	0,15	11,70	
1 m ² Jeomembran Yalıtım Yapımı	01.010	sa	0,4	15,70	28,07
	01.501	sa	0,2	11,50	
	04.632/01C	m ²	1,05	18,45	
	04.112	kwh	0,2	0,57	
1 mt Drenaj Yapılması	10.450.2812	mt	1	30,00	31,73
	01.501	sa	0,15	11,50	

Tablo 2’de belirlenmiş olan iş kalemlerinin birim fiyatları ile Tablo 3’de belirlenmiş olan imalat için gerekli iş kalemleri analizleri birleştirilebilir. Birleştirme sonucunda her imalat için birim fiyat bulunabilir. Her imalat için birim fiyatların bulunması inşaat maliyetinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Ashworth (1998)'e göre yaklaşık maliyetin bilinmesi, dengeli harcama planını ortaya koymaktadır. İmalat birim fiyatlarını belirledikten sonra proje yaklaşık maliyetini bulabilmek için, imalat metrajlarının (miktarlarının) bilinmesi gerekmektedir. Her imalatta toplam maliyetin bulunması, metraj ve birim fiyat değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir. Her imalat fiyatlarının toplanması, projelerin yaklaşık maliyet değerini verecektir. Bu araştırma makalesine konu olan proje üzerinden hesaplamalar yapılarak, Tablo 4’de metraj değerleri verilmiştir. İmalat birim fiyatları Tablo 3’den alınmıştır.

Tablo 4. Yaklaşık Maliyet Hesabı

İmalat Adı	Birim Fiyatı(a)	Birimi	Metraj(b)	Maliyet(a*b)
Stabilize Serimi	27,04 ₺	m ³	64393,13	1.741.190,24 ₺
Çit Yapımı	15,42 ₺	m ²	5012,89	77.298,76 ₺
Keçe Serimi	13,39 ₺	m ²	7640,35	102.304,29 ₺
Yalıtım Yapımı	28,07 ₺	m ²	6359,99	178.524,92 ₺
Drenaj Yapımı(ø200)	31,73 ₺	mt	12159,98	385.836,17 ₺
Kırmataş Nakliyesi	50,85 ₺	m ³	64393,13	3.274.390,66 ₺
			Maliyet	5.759.545,04 ₺

Tablo 4’de proje yaklaşık maliyetinin nasıl hesaplandığı ve toplam maliyet miktarı gösterilmiştir. Normal şartlar altında projenin tamamlanabilmesi için 5.759.545,04 ₺ yatırım gerekmektedir. Teknik detaylara ve gerilme büyüklüğüne göre bu rakam daha yüksek çıkabilmektedir. Dikkat edilirse yaklaşık maliyet oluşturulurken hava sıcaklığından, yağış miktarlarından bahsedilmemiştir. Bu değerler proje oluşturma aşamalarında dikkate alınmasına rağmen, normal iklim koşullarının geçerli olduğu kabul edilir. İkinci bölümde İstanbul ilinde iklim değişikliği yaşandığı meteorolojik verilerle ispatlanmıştır. Proje aşamasında iklim değişikliği dikkate alınmadığından, yağışlar için oluşturulan drenaj sistemleri yetersiz kalmıştır. Yağış miktarındaki artış, stabilize üzerinde lokal çökmelerin yaşanmasına sebep olmuş ve bu çökmeler onarıma alınmıştır. Oluşan çukurlar dolgu malzemeleri ile doldurulmuş ve olayın tekrar yaşanmaması için önlemler alınmıştır. Alınan önlemlerde, yağış miktarındaki artışı rögarlara taşıyabilmek ve çökmeleri engellemek için 1.383 metretül yağmur oluğu imalatı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. Ekstra Maliyet Analizi

Poz No	İmalat Adı	Birimi	Birim Fiyatı (₺)	Metraj	Maliyet (₺)
14.012/2	El ile Kazı	m ³	59,31	345,75	20.506,43
SNBF.27-Y	Moloz Nakliyesi	ton	27,44	3831,60	105.139,11
24.064	Yağmur Oluğu	mt	35,88	1383,00	49.622,04
03.671(Y)	Vinç Ücreti	sa	101,35	174,00	17.634,90
37.092/3	Bitkisel Toprak	m ³	45,94	1363,20	62.625,41
Y.15.001/1A	Makine ile Kazı	m ³	4,01	2049,00	8.216,49
12.218223	300mm B.Boru	mt	683,00	64,61	44.128,63
12.2190/1	Taban Elemanı	ad	17	278,87	4.740,79
12.2192/1	Konik Elemanı	ad	17	212,45	3.611,65
12.2196/2	Gövde Bileziği	ad	68	193,95	13.188,60
23.255/İB-7	Izgara Kapak	kg	2040	6,99	14.259,60
				Maliyet	343.673,65

Yağmur oluğu imalatı gerçekleştirmek projeye ekstra maliyetin yansımaya neden olmuştur. Öngörülemeyen bu maliyet iklim değişikliği sonucu meydana gelmiştir. Oluşan ekstra maliyetin hesap analizi Tablo 5’de sunulmuştur. Ekstra maliyet analizinde, oluşan çukurların kapatılması için 6.816 m² alana 20 cm kalınlığında toplam 1.363,20 m³ bitkisel toprak temin edilmiştir. İklim değişikliğinden dolayı oluşan fazla yağışların tahliyesi için 683 metretül ø300 çapında yağmursuyu tahliye hattı döşenmiş ve Tablo 5’e yansıtılmıştır. Yağmursuyu hattının tamamlanabilmesi için 17 adet taban ve konik elemanı ile birlikte 68 adet gövde bileziği kullanılmıştır. Tablo 5’de kullanılan birim fiyatları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Kitabından yararlanılmıştır. Toplam maliyeti Tablo 4’de belirtilen projede, iklim değişikliği nedeni ile 343.673,65 ₺ ekstra maliyete ihtiyaç duyulmuştur. Yaklaşık %6 oranında maliyet artışı gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu maliyet artışının, birim metrekare ve çeşitli parametrelere bağlı olduğu tahmin edilmiştir. Duvar imalatında, her kademenin alan miktarları ve oluşan ekstra maliyetleri yerinde incelenerek hesaplanmıştır (Şekil 3). Yağmursuyu hattı için oluşan ekstra maliyetler ise tüm kademelere eşit oranda dağıtılmıştır. Her kademede oluşan hasarların düzeltilmesi için oluşan maliyetler Şekil 3’de belirtilmiştir. Kademe kademe hesaplanan bu maliyetler, sadece iklim değişikliği sebebiyle oluşan aksaklıkların giderilmesi için kullanılmıştır. Her kademe eşit olarak 2,6m yüksekliğine sahip olup, yağışa maruz kalan alan miktarları yerinde ölçülerek Şekil 3’de sunulmuştur. İklim değişikliği hasarlarının önüne geçmek için, her kademeye toplam kaç metre uzunluğunda yağmur oluğu yapıldığı bilgisi de eklenmiştir.

10. Kademe	52 m oluk	690 m ² alan	58.800 ₺	2,6m
9. Kademe	59 m oluk	1538 m ² alan	109.452 ₺	2,6m
8. Kademe	108 m oluk	861 m ² alan	38.322 ₺	2,6m
7. Kademe	124 m oluk	820 m ² alan	33.935 ₺	2,6m
6. Kademe	148 m oluk	715 m ² alan	27.288 ₺	2,6m
5. Kademe	164 m oluk	647 m ² alan	23.120 ₺	2,6m
4. Kademe	173 m oluk	456 m ² alan	17.850 ₺	2,6m
3. Kademe	176 m oluk	302 m ² alan	14.516,65 ₺	2,6m
2. Kademe	217 m oluk	129 m ² alan	9.810 ₺	2,6m
1. Kademe	162 m oluk	121 m ² alan	10.580 ₺	2,6m

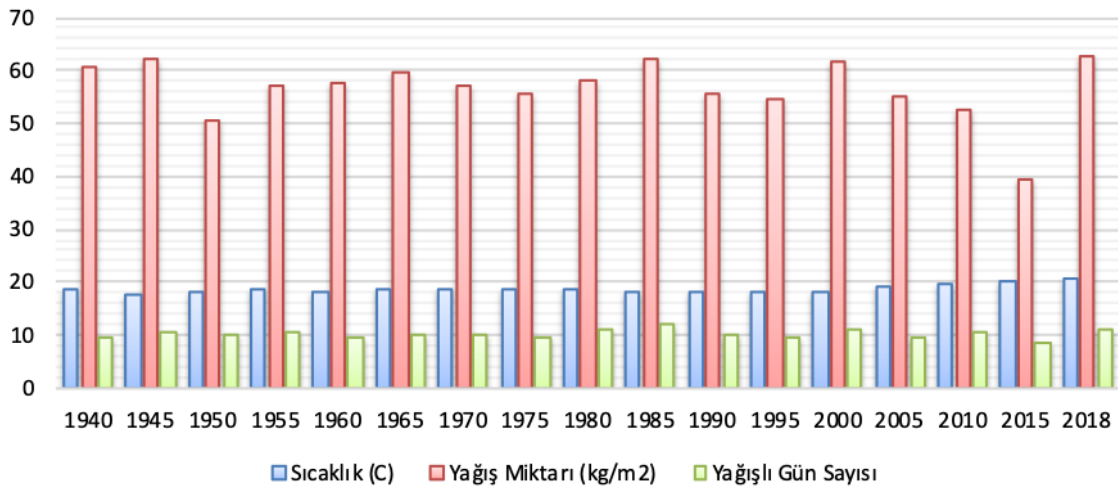
Zemin

Şekil 3. Duvar Detayları ve İklim Değişikliği Maliyetleri

Her kademenin metrekare cinsinden alanı Şekil 3’de gösterilmiştir. Toplam 6.279 m²’lik alan, direkt olarak yağışla temas halindedir. Yüzey alanı ile maliyetin doğru orantılı olması, üretilecek formül için temel noktası olacaktır.

3.3. İklim Değişikliğinin Etkisi

Normal şartlar altında sorunsuz olarak bitirilmesi beklenen proje, iklim değişikliğinden kaynaklanan sebeplerden dolayı hem zamanında bitirilememiş hem de daha yüksek maliyet oluşturmuştur. İklim değişikliği sadece hava sıcaklıklarının artması değildir. İklim değişikliği; yazların daha sıcak kışların daha soğuk ve yağışların düzensizliğine doğru evrilmektedir. Şekil 4'te belirtilen değerler 5 yıllık ortalama sıcaklık, yağış miktarı ve yağışlı gün sayısıdır. Örneğin 1940 yılı için belirtilen Şekil 4'teki yağış miktarı değeri; Tablo 1'de verilen 1935, 1936, 1937, 1939 yıllarına ait aylık yağış miktarı değerlerinin ortalamasıdır. Her 5 yıl periyodunda ortalama değerler alınmıştır.



Şekil 4. Son 83 Yılın Meteorolojik Verileri

Şekil 4'ten anlaşılacağı üzere 1935 yılından bugüne kadar İstanbul ilimizde hava sıcaklığı yaklaşık 2 °C artma eğilimi göstermiştir. Sıcaklık faktörü dolgu alanlarındaki nem oranını azaltacağından, maliyet analizi ile sıcaklığın ters orantılı olduğu bulunabilir. Tahmin edildiği üzere formül üretilirken en kritik bilgi, yağış miktarı ve yağışlı gün sayısıdır. Yağış miktarı ile maliyet doğru orantılıdır. Yağış miktarı arttıkça, ekstra maliyetler artacaktır fakat yağışlı gün sayısı da etkileyici faktörlerden biridir. Yani, yağışlı gün sayısının artması ve yağış miktarının değişmemesi durumunda; maliyeti etkileyici unsur meydana gelmeyecektir. En tehlikeli senaryo, yağışlı gün sayısının azalması ve yağış miktarının artmasıdır. Çünkü, yağışlı gün sayısının azalması durumunda; yağış miktarının artması normalin üzerinde yağış olduğunu göstermektedir. Örneğin 1 ayda 10 yağışlı gün olduğunu ve ortalama 20 kg/m² yağış miktarı olduğunu düşünelim. Günde ortalama 2 kg/m² yağış düştüğü anlamına gelir. Başka bir durumda 1 ayda 5 yağışlı gün olduğunu ve ortalama 22 kg/m² yağış miktarı olduğunu düşünelim. Günde ortalama 4,4 kg/m² yağış düştüğü anlamına gelir ve bir önceki

duruma göre yağış miktarı yaklaşık 2 kat artmış olacaktır. Bu konuda önemli olan anlık yağışlardır. Verilen örnekten anlaşılacağı üzere; iklim değişikliği maliyeti ile yağış miktarı doğru orantılıdır. Sıcaklık, yağışlı gün sayısı, yağış miktarı, yüzey alanı gibi etkenlerin doğru veya ters orantılı olduğunu saptamak; formül üretilirken iterasyonlarda büyük kolaylık sağlayacaktır. 8 ay boyunca kayıt altında tutulan maliyetler, incelenen son 83 yıllık meteorolojik verileri ile bilgisayar destekli programlarda binlerce iterasyon yapılarak eşleşme sağlanmaya çalışılmıştır.

Tablo 1 incelendiğinde, yağış miktarındaki artışa nazaran, yağışlı gün sayısında artış görünmemektedir. Bölgenin daha fazla yağış alması ve yağışlı gün sayısındaki stabil durum; anlık şiddetli yağışların yaşandığı anlamına gelmektedir. Son 83 yılda maksimum hava sıcaklığının 2 °C artması, minimum hava sıcaklığının giderek düşmesi ve yağış miktarının artması; iklim değişikliğinin ispatı niteliğindedir. Yağmursuyu tahliyesinin düşünülmüş olmasına rağmen Şekil 1 (c) 'de görüldüğü gibi yağışlar, dolgu alanlarında su toplanmalarına neden olmuştur. Mevcut tahliye kanalları, yağış miktarındaki ciddi artışlardan dolayı suları tahliye edememiştir. Toplanan sular dolgu alanına zarar vererek, öngörülemeyen ekstra maliyetler doğurmuştur. Bu çalışma, ürettiği yeni bir formül ile ekstra maliyetlerin gelişigüzel gerçekleşmediğini ispatlamıştır. Formül oluşturulurken Makro programı kullanılmış ve binlerce iterasyon gerçekleştirilmiştir.

$$k = \begin{cases} 1.46, & h < 3 \\ 1.63, & 3 < h < 15 \\ 1.94, & 15 < h < 30 \\ 2.52, & h > 15 \end{cases} \dots\dots\dots(1.1)$$

$$Em = \frac{M}{100} * \left[\frac{A}{u*k} + \frac{h}{10} + \left\{ \frac{1}{\lambda} * \left(\frac{C_{max}}{C_{min}} - 1 \right) \right\} + \frac{Y_m}{Y_g*10} \right] \dots\dots\dots(1.2)$$

Denklemden kullanılan Em iklim değişikliğinin projede oluşturacağı ekstra maliyeti, M yaklaşık maliyeti, A yağışla temas eden yüzey alanının m² cinsinden değeri, u uzun kenarın metre cinsinden değeri, k bu araştırma makalesinde üretilen denge katsayısı, h dolgu alanı yüksekliğinin metre cinsinden değeri, λ sıkışma oranının % cinsinden değeri, C_{max} ortalama maksimum hava sıcaklık değeri, C_{min} ortalama minimum hava sıcaklık değeri, Y_m yağış miktarının kg/m² cinsinden değeri, Y_g yağışlı gün sayısını belirtmektedir. Denge katsayısı k değeri (1.1) denkleminde bulunmaktadır. Örneğin 2 metre yüksekliğe sahip dolgu alanı için 1.46 değeri, 26 metre yüksekliğe sahip dolgu alanı için 1.94 değeri alınmalıdır. λ sıkışma oranı uluslararası ASTM D1557 standardından alınır. Bu çalışmada λ değeri 0.95 (%95 sıkıştırma) olarak tespit edilmiştir. Oluşturulan formülün ispatını yapmak için Şekil 3'ten

gerçek maliyet değerlerinin alınıp, (1.2) formülünden elde edilecek sonuçlarla karşılaştırılması gerekmektedir. Toplam 10 kademedan oluşan uygulama projesinde, her kademenin metrekare cinsinden alan miktarı ve iklim değişikliğinden dolayı oluşan hasarların tamiri için harcanan bedellerin Türk Lirası cinsinden değeri Şekil 3’de verilmişti. Oluşturulan formül ile her kademe için hesap yapıldıktan sonra, gerçek maliyet değerine bölünmelidir. Bölme işlemi sonucunda karşımıza çıkan değer doğruluk oranını verecektir. Toplam alan için formül hesabından oluşacak sonucunun, toplam gerçek maliyete bölünmesi ise formülün toplam doğruluk oranını verecektir.

Tablo 6. Üretilen Formülün Doğruluk Oranları

Kademe No	Gerçek Maliyet (₺)	Formül Hesabı (₺)	Doğruluk Oranı
1	10.580	9.955,86	%94,10
2	9.810	9.354,49	%95,36
3	14.516,65	13.778,45	%94,91
4	17.850	17.407,47	%97,52
5	23.120	22.572,45	%97,63
6	27.288	26.067,47	%95,53
7	33.935	33.096,57	%97,53
8	38.322	38.458,94	%99,64
9	109.452	109.844,06	%99,64
10	58.800	59.355,07	%99,06
Toplam	343.673,65	339.890,83	%98,90

Her kademede yüksek doğruluk oranı sağlanmıştır. Formül, toplam maliyette ise %98,90 gibi yüksek doğruluk oranı ortaya koymuştur. Çalışma sonunda şu sonuçlar elde edilmiştir;

1. Üretilen (1.2) formülü, %98,90 gibi yüksek bir oranda doğru sonuç vermektedir.
2. Hava sıcaklığının düşmesi inşaat maliyetini artırır.
3. Yağış miktarı artarsa veya yağışlı gün sayısında azalma olursa (birim yağış miktarında artış olursa) inşaat maliyeti artar.
4. İklim değişikliği, iş yönetimini etkileyerek iş programlarını aksatmakta ve yaklaşık maliyetin %6’sı kadar ekstra maliyet oluşturmaktadır.
5. İklim değişikliği etkisi arttıkça, inşaat ekonomisi de olumsuz yönde etkilenmeye devam edecektir.

Bugünkü şartlarda yaklaşık %6 ekstra maliyet ile sorunlar çözülebilmektedir. (1.2) formülü ile geleceği tahmin etmeye çalışalım. 2050 yılında maksimum hava sıcaklığının 2018 verilerine göre 2 °C daha yüksek, minimum hava sıcaklığının 1,5 °C daha düşük, yağış miktarının 3 kg/m² daha yüksek, yağışlı gün sayısının 2 gün daha az olduğunu varsayalım.

$$Em = \frac{5.759.545,04}{100} * \left[\frac{6279}{1383*1,63} + \frac{26}{10} + \left\{ \frac{1}{0,95} * \left(\frac{(20,1+2)}{(13,7-1,5)} - 1 \right) \right\} + \frac{(63,07+3)}{(13,5-2)*10} \right] = 391.957,54$$

(1.2) denkleminde faydalanarak 2050 yılında iklim değerleri belirtildiği şekilde gerçekleşirse 343.673,65 ₺ olan öngörülemez maliyet, 391.957,54 ₺ olarak gerçekleşecektir. Yaklaşık olarak %7 öngörülemez maliyet artışı olacaktır. Birçok alanda öngörülemez maliyet artışları yaşanmaktadır. İklim değişikliği dolayısı ile 3,3 milyon dolar ilave harcama yapıldı (Bosello ve diğerleri, 2006). Dünyanın farklı bölgelerindeki iklim değişikliğini analiz etmek için ortak bir ekonomik model kullanılmalıdır (Oliver ve diğerleri, 2001). Bu çalışma, ortak bir ekonomik model ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

İklim değişikliğinin ekonomi üzerindeki etkisi her geçen gün artmaktadır. İnşaat ekonomisi planlanırken, iklim değişikliği etkilerinin de göz önünde bulundurulması zorunlu hale gelmiştir. Projeyi oluşturma aşamasında iklim değişikliği göz önüne alınırsa, ilerleyen zamanlarda öngörülemez maliyetler meydana gelmeyecektir. İklim değişikliğinin inşaat maliyetine etkisini tespit eden (1.2) formülü, gelecekteki inşaat ekonomisi planlamalarında maliyetin daha öngörülebilir olmasını sağlayacaktır. İklim değişikliğinin sigorta, ulaştırma, enerji sektörleri üzerindeki etkilerinin araştırılması bundan sonraki çalışmaların konusunu oluşturabilir. İklim değişikliği, sadece bir ülkenin veya kişinin mücadele edebileceği bir konu değildir. Uluslararası bir fikir birliği sağlanmalı ve ortak bir çözüm yolu aranmalıdır. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisinin önlenmesi ve belli bir düzeyde durdurulması için uluslararası iş birliğine gidilmesi amaçlanmıştır (Dağdemir, 2005). Küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle küresel bir mücadele ön şarttır (Köse, 2018). İklim değişikliğinin müzakere edilmesi ile gelişim ekonomisi belirlenmelidir (Tanner ve Allouche, 2011). Aksi takdirde inşaat ekonomisinde dengeler bozulacak, can ve mal kayıplarının önüne geçilemeyecektir.

KAYNAKÇA

- Akalın, M. (2014). "İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri", Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, pp. 351-377
- Ashworth, A. (1998), "Cost Studies of Buildings", Pearson/Prentice Hall
- Bosello, F., Roson, R. ve Tol, R. S. J. (2006), "Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health", Vol 58, pp.579-591, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.07.032
- CSB (2019), "2019 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları", Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Dağdemir, Ö. (2005), "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Ekonomik Büyüme: İklim Değişikliği Politikasının Türkiye İmalat Sanayii Üzerindeki Olası Etkileri", Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, Cilt 60, Sayı 2, 49-70
- Göktürk, İ. (2007), "İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme", İstanbul Teknik Üniversitesi
- IPCC (2001), "Climate Change 2001: The Scientific Basic Contribution of Working Group I to The Third Assesment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)", Cambridge University Press, Cambridge, 2001 a
- Koo, B.B. (2011), "Successful Models of Non-Governmental Organizations in Consultative Status: Best Practices on Climate Change"
- Köse, İ. (2018), "İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci", Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, pp.55-81, DOI: 10.18354/esam.329348
- McEldowney, J. F. (1996), "Environment and Law: An Introduction for Environmental Scientists and Lawyers", Prentice Hall, London
- Mendelsohn, R., Smith, J. B. ve Numann, J. E. (2004), "The Impact of Climate Change on the United States Economy", Cambridge University Press
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2019), Kadıköy Rıhtım İstasyonu Verileri, 1935-2018
- Nordhaus, W. D. (2007), "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", Journal of Economic Literature, pp.686-702
- Oliver, D., Georg, K., Christiane, K., Gernot, K. ve Katrin, S. (2001), "Economic impact of climate change: simulations with a regionalized climate-economy model", Kiel Working Paper, Germany
- Parkinson, C. L., Rothrock, D. A. ve Scambos, T. (2000), "Climate Change in the Arctic and Antarctic: The Latest Observational Evidence on Changes in Sea Ice and Ice Shelves", US Global Change Research Program Seminar Series, Washington DC

- Severinghaus, J. P., Sowers, T., Brook, E. J., Alley, R. B. ve Bender, M. L. (1998), "Timing of abrupt climate change at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice", 391, 141-146
- Tanner, T. ve Aloouche, J. (2011), "Towards a New Political Economy of Climate Change and Development", Special Issue: Political Economy of Climate Change, Volume 42, pp.1-14, DOI: 10.1111/j.1759-5436.2011.00217.x
- Tol, R. S. (2018), "The Economic Impacts of Climate Change", Review of Environmental Economics and Policy, Volume 12, DOI: 10.1093/reep/rex027
- Türkeş, M. (1997), "Hava ve iklim kavramları üzerine", TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355, pp.36-37, Ankara
- Türkeş, M. (1997), "Küresel İklimin Geleceği ve Kyoto Protokolü", Jeopolitik 29, 355, pp.99-107
- Walther, G., Post, R., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., Fromentin, J., Hoegh, O. ve Bairlein, F. (200), "Ecological responses to recent climate change", 416, 389-395