



Add document sensitivity status here (if required)

METGÜN&EZE&ATİS ADİ ORTAKLIĞI **Kocaeli Kuzey Hafif Raylı Sistem**

(Körfezray Metrosu) Projesi

Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirme Raporu

İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi Eki

2026-05-08

25753037_Nihai_Rev00

Döküman Dağıtımı

Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**Adi Ortaklığı**

Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.

İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi Eki

Nihai Rapor

2026-05-08

25753037_Nihai_Rev00

İçin hazırlanan

Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.

Huzur Mahallesi, Maslak Ayazağa Caddesi, Metgün Binası No: 2, Sarıyer / İstanbul / Türkiye

Sunulan kurumlar

Metgün-Eze-Atis Adi Ortaklığı

Kredi Veren Kuruluşlar

Hazırlayan

WSP Danışmanlık ve Mühendislik Ltd.Şti
Sukarno Cad. 691. Sok. Vadi Sitesi No:4, Yıldız 06550 Ankara, Türkiye T: +90312 4410031

Revizyonlar

Rev	Tarih	Detaylar
Taslak_Rev00	2026-04-02	Taslak raporun ilk sunumu
Taslak_Rev01	2026-04-06	Müşterinin yorumlarına göre revize edilen sürüm
Nihai_Rev00	2026-05-08	Nihai Revizyon

İçindekiler

Kısaltmalar

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

1. GİRİŞ

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

2. PROJE GEÇMİŞİ VE ARKAPLANI

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

- 2.1 Ulusal İklim Taahhütleri / Ulusal Katkı Beyanları Ön Uyumluluk Gözden Geçirmes 7
- 2.2 Hesaplanmış Sera Gazı Emisyonları Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

3. RİSK DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FİZİKSEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

- 4.1 Tehlikelerin Değerlendirilmesi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.1.1 İklim Genel Görünümü – Ülke Düzeyi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.1.2 İklim Genel Görünümü – Yerel Düzey Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.1.3 İklimle ilişkili ilgili Tehlikelerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.2 Hassasiyet, Uyum Kapasitesi ve Kırılganlık Değerlendirmesi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.2.1 Hassasiyet Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.2.2 Uyum Kapasitesi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.2.3 Kırılganlık Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.3 Risk Değerlendirmesi Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
- 4.4 Risk Azaltma Eylemleri ve Sonuçlar Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Tablo 2.1	Projenin Sera Gazı Emisyon Kaynakları	8
Tablo 3.1	Derecelendirme Kriterleri	10
Tablo 3.2	Tehlike Sınıfı Kriterleri	10
Tablo 4.1	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (1929 - 2024)	12
Tablo 4.2	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)	14
Tablo 4.3	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (1929 - 2024)	15
Tablo 4.4	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (1929 - 2024)	16
Tablo 4.5	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Buharlaştırma Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)	17
Tablo 4.6	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Yönü Ölçümleri (1929 - 2024) (esme yönü)	18
Tablo 4.7	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı Ölçümleri (m/sec) (1929 - 2024) (esme yönü)	19
Tablo 4.8	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (2002 - 2024)	21
Tablo 4.9	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (2002 - 2024)	22
Tablo 4.10	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (2002 - 2024)	23
Tablo 4.11	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (2002 - 2024)	25
Tablo 4.12	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Yönü Ölçümleri (2002 - 2024) (esme yönü)	27
Tablo 4.13	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı Ölçümleri (m/sec) (2002 - 2024) (esme yönü)	27
Tablo 4.14	CMIP6 Kapsamında Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığı (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	30
Tablo 4.15	MIP6 Kapsamında Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	31
Tablo 4.16	CMIP6 Kapsamında Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	32
Tablo 4.17	CMIP6 Kapsamında Günlük Maksimum Sıcaklığın Maksimumu (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	33
Tablo 4.18	CMIP6 Kapsamında Günlük Minimum Sıcaklığın Minimumu (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	35
Tablo 4.19	CMIP6 Kapsamında Donlu Gün Sayısı (Tmin<0°C) (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	36
Tablo 4.20	CMIP6 Kapsamında Sıcak Gün Sayısı (Tmax>30°C) (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	37
Tablo 4.21	CMIP6 Kapsamında Yağış (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)	38
Tablo 3.1	Maruz Kalma Değerlendirmesi	41
Tablo 4.23	Kırılganlık Değerlendirmesi	50
Tablo 4.24	Risk Değerlendirmesi	51

Şekil 3.1	Projenin Maruz Kaldığı Belirli Bir "h" Tehlikesine Yönelik Risk Değerlendirmesi İş Akışı ve Farklı Risk Faktörlerinin Analiz Boyunca Nasıl Birleştirildiğinin Gösterimi	10
Şekil 3.2	Risk Matrisi	10

Şekil 4.1	Proje Konumu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.2	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (1929 - 2024)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.3	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)	14
Şekil 4.4	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (1929 - 2024)	15
Şekil 4.5	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (1929 - 2024)	16
Şekil 4.6	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Buharlaştırma Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)	18
Şekil 4.7	Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı (m/sn) (Esme Yönü)	20
Şekil 4.8	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (2002 - 2024)	22
Şekil 4.9	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (2002 - 2024)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.10	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Basınç Ölçümleri (2002 - 2024)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.11	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (2002 - 2024)	25
Şekil 4.12	Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı (m/sn) (Esme Yönü))	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.13	Kocaeli İlinin Öngörülen Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	30
Şekil 4.14	Kocaeli İlinin Öngörülen Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	31
Şekil 4.15	Kocaeli İlinin Öngörülen Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.16	Kocaeli İlinin Öngörülen Günlük Maksimum Sıcaklığın Maksimumu (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.17	Kocaeli İlinin Öngörülen Günlük Minimum Sıcaklığın Minimumu (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.18	Kocaeli İlinin Öngörülen Donlu Gün Sayısı (Tmin<0°C) (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.19	Kocaeli İlinin Öngörülen Sıcak Gün Sayısı (Tmax>30°C) (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4.20	Kocaeli İlinin Öngörülen Yağış Miktarı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu	37
Şekil 4.21	Kırılganlık Matrisi	49
Şekil 4.22	Risk Matrisi	50

Kısaltmalar

Kısaltmalar ve Açıklamalar

Kısaltma	Açıklama
The Proje	Kocaeli Kuzey Hafif Raylı Sistem (Körfezray Metrosu) Projesi
“Metgün-Eze-Atis JV” or “Client”	Metgün-Eze-Atis Adi Ortaklığı veya "Müşteri"
Metgün	Metgün İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.
Eze	Eze İnşaat A.Ş.
Atis	Atis Asfalt Taahhüt İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.
WSP	WSP Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. Şti.
AYGM	Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
CCRA	İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi
CMIPs	Kuple Model Karşılaştırma Projeleri
EPC-F	Mühendislik, Tedarik, İnşaat ve Finansman
EPFIs	Ekvator Prensiplerini Kabul Eden Finansal Kuruluşlar
EPs	Ekvator Prensipleri
ESIA	Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi
GFDRR	Afet Azaltma ve Kurtarma Küresel Fonu
GHG	Sera Gazı
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
LTS	Uzun Vadeli Stratejiler
MoTI	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
NCCs	Ulusal İklim Taahhütleri
NDCs	Ulusal Katkı Beyanları
SCADA	Merkezi Denetleme ve Veri Toplama Sistemi
TCFD	İklimle İlişkili Finansal Beyanlar Görev Gücü

1. GİRİŞ

Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı (“Metgün-Eze-Atis JV” veya “Müşteri”), ulusal ve uluslararası gerekliliklerle uyumlu biçimde Kocaeli Kuzey Hafif Raylı Sistem (Körfezray Metrosu) Projesi (“Proje”) için Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi (“ESIA”) çalışmasını hazırlamak üzere WSP Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. Şti.’yi (bundan sonra “WSP” olarak anılacaktır) görevlendirmiştir.

İklim değişikliği; ciddi çevresel ve sosyoekonomik sonuçlara yol açabilen, hatta ülkelerin güvenliğini tehdit edebilen çok boyutlu ve karmaşık bir sorundur. İklim değişikliğinin etkileri, gelecek nesillerin yaşamı için en önemli zorluklardan biri haline gelmiştir.

Bu rapor, Proje'yi günümüzde ve gelecekte etkileyebilecek ve iklim değişikliğinin bir sonucu olarak şiddetlenebilecek potansiyel iklimle ilişkili olayların değerlendirilmesi amacıyla bir İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi (“CCRA”) sunmaktadır.

Bu çerçevede, finansal kuruluşlar tarafından projelerdeki çevresel ve sosyal risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetilmesi amacıyla kabul edilen ve temel olarak sorumlu risk kararlarının alınmasını desteklemek üzere durum tespiti ve izleme için asgari ortak bir standart sağlamayı amaçlayan bir risk yönetim çerçevesi olan Ekvator Prensipleri'nin (EPs, versiyon IV) revizyonu ve yayımlanması yer almaktadır. Günümüzde 110'dan fazla Ekvator Prensipleri Finansal Kuruluşu (“EPFI”) EPs’i resmi olarak benimsemiş olup, gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalardaki uluslararası proje finansmanı borçlarının büyük bir kısmını kapsamaktadır. EPs, EPFI'ler tarafından finanse edilen projeleri, ürettikleri çevresel ve sosyal etkilere ve finansman açısından oluşturabilecekleri risklere göre kategorize etmektedir. Kategori A projeler en yüksek risklere sahipken, Kategori C düşük riskli projeler için kullanılmaktadır.

EPs IV uyarınca, aşağıdaki durumlar için bir CCRA yapılması zorunludur:

- Kategori A ve uygun olduğu ölçüde Kategori B projeleri için. Bu projeler için CCRA, İklimle İlişkili Finansal Beyanlar Görev Gücü (“TCFD”) tarafından tanımlanan ilgili iklim bağlantılı 'Fiziksel Risklerin' dikkate alınmasını içermelidir.
- Kombine Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarının yıllık bazda 100.000 ton CO2 eşdeğerinden fazla olması beklenen tüm lokasyonlardaki tüm projeler için. Bu projeler için CCRA, iklimle ilişkili 'Geçiş Risklerinin' (TCFD tarafından tanımlandığı şekilde) dikkate alınmasını içermelidir. CCRA ayrıca daha düşük sera gazı (“SG”) yoğunluğuna sahip alternatifleri değerlendiren tamamlanmış bir alternatifler analizini de içermelidir.

Geçerli standartların çevresel ve sosyal kategorizasyon kriterleri uyarınca ve mevcut verilere, Proje tarafından sunulan çevresel ve sosyal etkilerin ve risklerin potansiyel ölçeğine, karmaşıklığına ve türüne bağlı olarak Proje "Kategori A" olarak kategorize edilmiştir. Ancak Projenin kombine emisyonları yıllık 100.000 ton CO2 eşdeğerinin altında olduğundan (Lütfen Bölüm 2.2'ye bakınız), bu CCRA Raporuna yalnızca Fiziksel Riskler dahil edilmiştir.

TCFD İklimle İlişkili Finansal Beyanlara Yönelik Tavsiyeler belgesinde, "İklim değişikliğinden kaynaklanan fiziksel riskler olay odaklı (akut) veya iklim kalıplarında uzun vadeli kaymalar (kronik) şeklinde olabilir" ifadesi yer almaktadır.

Akut fiziksel iklim riskleri; kuraklıkların, fırtınaların, sellerin, sıcak dalgalarının ve orman yangınlarının şiddetinin ve sıklığının artmasını içerebilir. Kronik fiziksel iklim riskleri ise deniz seviyesinin yükselmesini ve uzun vadeli sıcaklık artışı içerebilir. İklimle ilişkili Fiziksel Riskler çeşitli etkileri barındırabilir:

- Aşırı hava olayları (yani kuraklık, fırtınalar) veya yükselen deniz seviyeleri sonucunda varlıklarda meydana gelen doğrudan hasarlar.
- Genellikle dolaylı sosyal etkilere yol açan su mevcudiyeti, tedariki ve kalitesindeki değişiklikler.
- Operasyonların, mal ve malzeme taşıma kabiliyetinin kesintiye uğraması ile çalışan/toplum güvenliği üzerindeki etkiler ve daha fazlası.

Bu değerlendirme, EPs IV hükümleri çerçevesinde Çevresel ve Sosyal Değerlendirme sürecini desteklemeyi amaçlayan tarama düzeyinde bir CCRA olarak değerlendirilmelidir. Bu CCRA, doğası gereği yüksek düzeyde belirsizlik içeren gelecekteki iklim koşullarının modellenmesi sonuçlarının yorumlanmasına ve yapılabilirlik (fizibilite) düzeyindeki tanımlamalara dayanan Proje kırılganlığının belirlenmesine dayanmaktadır. Varılması öngörülen sonuçlar ve tavsiyeler, Müşteri'ye uygun bir Risk Yönetimi çerçevesi tanımlamada rehberlik etmeyi amaçlamakta olup, spesifik altyapıların tasarımında ve boyutlandırılmasında ya da iklim değişikliğine bağlı gelecekteki hasar veya kayıpların fizibilitesi veya maruz kalma düzeyine ilişkin finansal kararların alınmasında temel alınmamalıdır.

2. PROJE ARKA PLANI

Proje; Kocaeli İlinin Körfez, Derince, İzmit, Başiskele ve Kartepe İlçelerini kapsayan 19 istasyon ile trenler için bir depolama ve park alanı dahil olmak üzere toplam 58 km hat kurulumuna (çift hat) sahip yaklaşık 29 km metro güzergahının yapımını içermektedir. Körfez İlçesinde yer alan Tüpraş Petkim'den (Refineri Tesisi) başlayan Proje Güzergahı, Derince İlçesinden geçerek şehir merkezine ulaşmadan önce Derince İlçesindeki Millet Bahçesi ve İzmit İlçesindeki Seka Park'a doğru devam etmektedir. Şehir merkezinden geçtikten sonra güzergah Kocaeli Şehirlerarası Otobüs Terminali'ne uzanmakta ve nihayetinde Kartepe İlçesindeki Özdilek İstasyonu'nda son bulmaktadır. Özdilek İstasyonu'nun ardından, Projenin bir parçası olarak bir tren depolama ve park alanı ile yaklaşık 2.7 km uzunluğunda bir tren depolama ve park alanı bağlantı hattı da inşa edilecektir.

İnşaat yüklenicisi Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı olan Proje, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ("MoTI"), Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü ("AYGM") tarafından planlanmıştır. Buna göre, Projeye ilişkin Mühendislik, Tedarik, İnşaat ve Finansman ("EPC-F") Sözleşmesi, AYGM ile Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı arasında 27 Haziran 2024 tarihinde imzalanmıştır. Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı; Metgün İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. ("Metgün"), Eze İnşaat A.Ş. ("Eze") ve Atis Asfalt Taahhüt İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. ("Atis") tarafından oluşturulmuştur.

İnşaat işlerinin Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı tarafından tamamlanmasının ardından Proje, EPC-F Sözleşmesinde yer alan tüm yapılar ve diğer unsurlarla (yani istasyonlar, trenler için depolama park alanı vb.) birlikte AYGM'den Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne devredilerek işletmeye alınacaktır. Proje, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilecektir. Metgün-Eze-Atış Adi Ortaklığı Projenin işletme aşamasında yer almayacaktır.

Bu bağlamda, Projenin inşaat aşamasının 2029 yılının başına kadar tamamlanması planlanmakta ve yaklaşık 55 ay sürmesi öngörülmekte olup, Projenin işletme aşaması ise 30 yıl olarak planlanmaktadır.

Bunun dışında, bugüne kadar Projenin beklenen ömrüne ilişkin mevcut bir bilgi bulunmamaktadır ve tahmini bir sürede işletmeden çıkarma garanti edilmemiştir. Metro hattının öngörülebilir gelecekte işletmeden çıkarılması beklenmemektedir.

2.1 Ulusal İklim Taahhütleri /

Ulusal Katkı Beyanları Ön Uyumluluk Gözden Geçirmesi

Paris Anlaşması'na taraf olan ülkeler, 2015 yılından bu yana Ulusal Katkı Beyanları ("NDCs") veya ulusal iklim eylem planları sunmakla yükümlüdürler. Zorunlu olmamakla birlikte, ülkelerin düşük karbonlu bir ekonomi için Uzun Vadeli Stratejiler ("LTS") sunmaları da teşvik edilmektedir.

Ülkelerin, küresel sıcaklık artışını 1.5 santigrat derecenin altında tutmak amacıyla uzun vadeli karbonsuzlaşma hedefleri belirlemeye ve iklim direncini artırmaya yönelik kendi tanımladıkları niyetlerini kamuoyuna ilan ettikleri birincil araç, Paris Anlaşması kapsamında sunulan Ulusal Katkı Beyanları'dır (NDCs).

İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesine ilişkin EPs IV Uygulama Esasları Notunda belirtildiği üzere, bir projenin fiziksel risklerine yönelik ön Ulusal İklim Taahhütleri ("NCCs") uyumluluk gözden geçirmesinin amacı, projenin ev sahibi ülkenin NCC'leri ve Paris Anlaşması kapsamındaki ilgili küresel uyum hedefleriyle uyumunu değerlendirmektir. Bu durum, sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak amacıyla uyum kapasitesinin artırılması, direncin güçlendirilmesi ve iklim değişikliğine karşı kırılganlığın azaltılması Buna göre, Türkiye'nin 10 Kasım 2025 tarihli İkinci Ulusal Katkı Beyanı (UKB 3.0) Raporu, uzun vadeli net sıfır vizyonu doğrultusunda sera gazı (SG) emisyonlarının büyümesini yavaşlatmayı ve ardından tersine çevirmeyi amaçlayan ekonomi genelinde kapsamlı bir plan sunmakta; yerel reformları, tam dönüşümü sağlamak için uluslararası finansman, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme önemli olacağına dair net bir mesajla birleştirmektedir.. Tek bir politika aracına güvenmek yerine UKB; yenilenebilir enerjinin artırılması, energy verimliliğinin iyileştirilmesi, sektörler genelinde elektrifikasyonun hızlandırılması, döngüsel ekonomi ve atık politikalarının güçlendirilmesi ile daha güçlü yönetim, izleme ve uyum sistemlerinin kurulmasını içeren daha geniş bir eylem paketiyle azaltımı ilişkilendirmektedir. Buna dayanarak, hareketlilik kalıplarının değişmesinin yakıt bağımlılığını azaltmak gibi gözle görülür, günlük faydalar sağlamanın yanı sıra hava emisyonlarını da azaltabileceği göz önüne alındığında ulaştırma kilit yönlerden biridir ve Türkiye'nin politika yönelimi, insanları ve malları karayolu bağımlılığından uzaklaştırarak daha temiz modlara yönlendirmeyi vurgulamaktadır. Ulaşımında raylı sistemler, metro ve diğer kentsel raylı sistemler özellikle önemli hale gelmektedir; çünkü demiryollarının genişletilmesi ve modernize edilmesi şehirlerarası seyahat ve yük taşımacılığı için bir modsal kaymayı desteklerken, metrolar ve tramvaylar ise elektrifikasyona son derece uygun, hızlı ve güvenilir alternatifler sunarak şehirlerin özel araç kullanımını azaltmasına yardımcı olmaktadır.

Diğer taraftan, 2024-2028 dönemi için hazırlanan Türkiye'nin 12. Kalkınma Planı ve 2053'e yönelik uzun vadeli stratejisi, ulaştırma sektörü de dahil olmak üzere tüm sektörlerde sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarını öncelikle verimliliğe dayandırarak düzene sokup, iklim hedefleri ile ekonomik büyümeyi uyumlu hale getirerek artan iklim hedefini karşılamaktadır.

Bu bağlamda, Projenin kısa vadede özellikle şehir merkezindeki trafik sıkışıklığını azaltması, yoğun trafik bölgelerindeki baskıyı hafifletmesi, düşük karbonlu ulaşım seçeneklerini teşvik etmesi ve fosil yakıt bazı araçlara olan bağımlılığı azaltması beklenmektedir.

Uzun vadede Proje, kentsel planlamayla uyumlu ve Kocaeli'nin gelecekteki büyümesine ve mekansal genişlemesine yanıt veren sürdürülebilir bir ulaşım altyapısının geliştirilmesini desteklemeyi amaçlamaktadır. Genişletilmiş bir ulaşım ağı aracılığıyla şehir içi ve şehirlerarası bağlantısallığı güçlendirmeyi, farklı ulaşım modları arasında entegrasyonu sağlamayı, şehrin çeşitli bölgelerine adil ve kapsayıcı erişimi teşvik etmeyi ve uzun vadeli planlama çerçevelerinde çevresel sürdürülebilirliği pekiştirmeyi hedeflemektedir.

Genel olarak, Projenin hedefleri ve beklenen sonuçları, Türkiye'nin UKB 3.0 öncelikleriyle, özellikle de demiryolu ve kentsel toplu taşıma yoluyla daha temiz hareketliliğe geçiş hedefiyle uyumludur. Projenin, karayolu trafiğine ve fosil yakıtlı araçlara olan bağımlılığı azaltarak ve ulaşım modları arasındaki entegrasyonu geliştirerek, daha verimli, kapsayıcı ve dirençli bir kentsel gelişimi desteklerken ulaştırma kaynaklı SG emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunması beklenmektedir.

2.2 Hesaplanmış Sera Gazı Emisyonları

Projenin sera gazı (SG) envanteri, proje faaliyetleri sonucunda salınacak Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonları dikkate alınarak hem inşaat hem de işletme aşamaları için değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, aşağıda verilen faaliyetler için SG emisyonları hesaplanmıştır.

Tablo 2.1 Projenin Sera Gazı Emisyon Kaynakları

Aşama	Kaynak	Sera Gazı Emisyonları
İnşaat	Segment Tesisi – Doğal Gaz Yanması	Segment Tesisinden Kaynaklanan Emisyonlar
	Jeneratörler - Dizel Yakıt Yanması	Jeneratörden Kaynaklanan Emisyonlar
	Araçlar - Dizel Yakıt Yanması	Dizel yanmasından kaynaklanan saha içi araç emisyonları
	Elektrik Tüketimi	Kullanılan elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar
	Karbon Yutağı Kaybı	Vejetasyon kaybı nedeniyle karbon yutağındaki azalma
İşletme	Elektrik Tüketimi	Kullanılan elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar

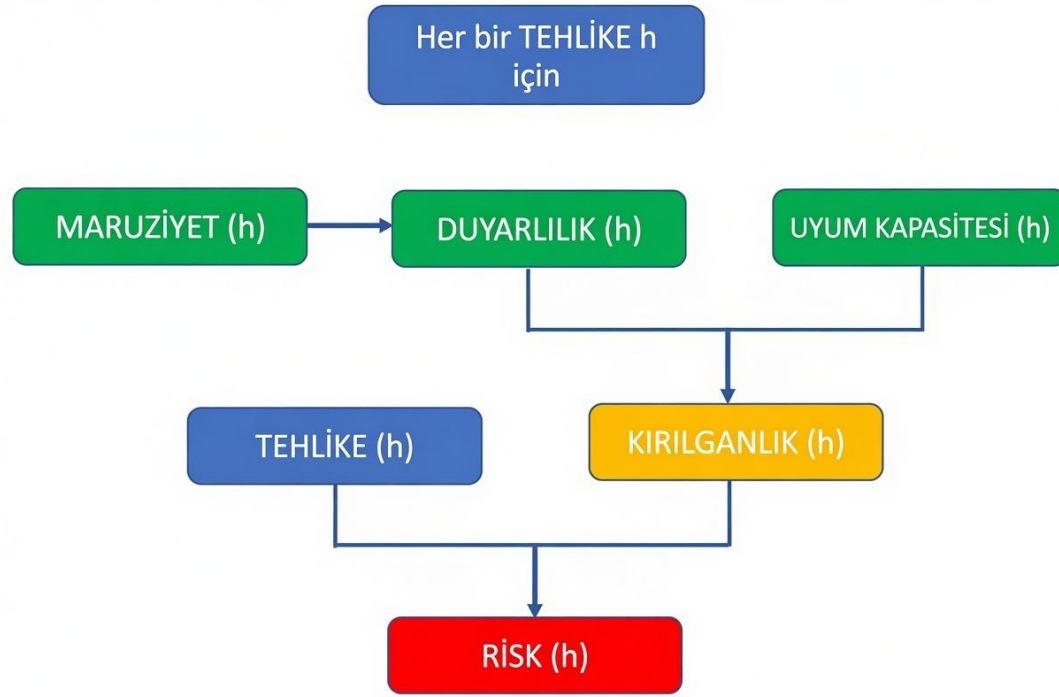
Buna göre, Projenin inşaat ve işletme aşamaları için yıllık SG emisyonları, ÇSED Raporunun Bölüm 7.1.7'si kapsamında sırasıyla 14.894,2 t CO₂e/yıl ve 54.944,5 CO₂e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu analizin sonuçlarına göre, bu risk değerlendirmesine bir geçiş riskleri analizi dahil edilmemiştir.

- Farkındalık yaratılması: Risk değerlendirmeleri, iklim değişikliğinin sonuçlarına ilişkin farkındalığın artırılmasına yardımcı olur.
- Risklerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi: Bir sistemin hassasiyetine, maruz kalma durumuna ve uyum kapasitesine birçok faktör katkıda bulunur. İklim değişikliği risk değerlendirmeleri bu faktörlere ilişkin içgörü sağlar ve bu da Müşterinin ele alınacak riskleri önceliklendirmesine yardımcı olur..
- İklim değişikliğine uyum müdahalesi için giriş noktalarının belirlenmesi: Risk değerlendirmesinin nihai sonuçları ve süreci, olası uyum yanıtlarının belirlenmesine yardımcı olabilir. Risk değerlendirmeleri nerede erken eyleme geçilmesi gerektiğini gösterebilir..
- Riskteki değişikliklerin izlenmesi ve uyumun izlenmesi ile değerlendirilmesi: Risk değerlendirmelerinin tekrarlanması, zaman içindeki değişikliklerin izlenmesine ve uyumun etkinliğine ilişkin bilgi üretilmesine yardımcı olabilir.

WSP, uyum stratejilerinin bir parçası olarak iklim değişikliği risklerinin ve kırılganlığın değerlendirilmesine yönelik mevcut metodolojilere dayalı bir Risk Değerlendirme Metodolojisi geliştirmiştir. Riskin belirlenmesine katkıda bulunan faktörlerin tanımlanmasında ISO 14091'in yanı sıra Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Dünya Bankası Grubu'nun kılavuz ilkeleri ve metodolojileri rehber olarak kullanılmıştır. Bu metodolojiler, tanımları aşağıda verilen çeşitli risk bileşenlerini dikkate almaktadır:

- İklimle İlişkili Tehlike: Proje Sahasında meydana gelebilecek sel, orman yangını, aşırı sıcaklık gibi doğal veya insan kaynaklı iklimle ilişkili tehlikelerdir. Tehlikeyle ilişkili olayların yoğunluğundaki ve olasılıklarındaki zaman içindeki değişiklikler iklim değişikliğinden etkilenir.
- Maruz Kalma: Belirli Proje hizmetlerinin, kaynaklarının, altyapılarının, insanların ve etkilenmeye eğilimli diğer Proje içi asli unsurların varlığı nedeniyle, belirli bir sahadaki Projenin belirli bir tehlikeden olumsuz etkilenme olasılığıdır. Bir Proje, kendi asli doğasına ve özelliklerine bağlı olarak, Proje Sahasında meydana gelen belirli bir tehlikeye maruz kalabilir veya kalmayabilir. Dolayısıyla maruz kalma, Projenin belirli bir tehlikeden "etkilenip etkilenemeyeceğinin" bir göstergesidir.
- Hassasiyet: Proje unsurlarının belirli bir tehlikeden etkilenme eğilimi veya yatkınlığıdır. Hassasiyet, belirli bir tehlikeye maruz kalan bir Projenin "ne kadar" etkilenebileceğinin bir ölçüsüdür.
- Uyum Kapasitesi: Projenin iklim tehlikesiyle ilişkili olaylara uyum sağlama, potansiyel hasarları azaltma, fırsatlardan yararlanma veya sonuçlara yanıt verme yeteneğidir.
- Kırılganlık: İklim tehlikesiyle ilişkili olayların Proje unsurları üzerindeki potansiyel etkilerinin ve sonuçlarının büyüklüğünü ifade eder. Kırılganlık, Hassasiyet ve Uyum Kapasitesinin birleşiminden kaynaklanır.
- Risk: Belirli bir zamandaki Tehlike olasılığının veya yoğunluğunun ve Kırılganlığın birleşiminin sonucudur.

Bu metodoloji, iklimle ilişkili tüm farklı tehlikeleri, değerlendirmenin zamansal kapsamıyla uyumlu bir süre boyunca, günümüzde ve gelecekte, geleceğe yönelik çoklu karbon emisyon senaryolarına göre bağımsız olarak değerlendirmektedir. Belirli bir "h" tehlikesine yönelik risk değerlendirmesinin iş akışı Şekil 3.1'de (Şekil 3.1) açıklanmaktadır. Her bir spesifik tehlike için risk bileşenlerine nitel bir sınıf (yani "yüksek", "orta", "düşük") atanır ve ardından Şekil 3.2'de (Şekil 3.2) açıklandığı gibi nitel matrisler kullanılarak birleştirilir. Sonuç, analizde dikkate alınan her bir iklimle ilişkili tehlike için bir Risk sınıfıdır ("düşük", "orta", "yüksek" veya "aşırı"). Derecelendirme kriterlerinin ve önem derecesinin belirlenmesine ilişkin açıklamalar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Projenin maruz kaldığı belirli bir "h" tehlikesine yönelik risk değerlendirmesinin iş akışı ve analiz boyunca farklı risk faktörlerinin nasıl birleştirildiğinin gösterimi

Tablo 2.2 Derecelendirme Kriterleri

Derecelendirme	Hassasiyet Değeri	Uyum kapasitesi kriterleri (yanıt verme yeteneği)
En yüksek	Son derece kırılğan; ciddi operasyonel, finansal veya çevresel sonuçlar.	Yürürlükte olan kapsamlı uyum stratejileri ile tamamen dirençli.
Yüksek	Yüksek hassasiyet; önemli performans, güvenlik veya ekonomik etkiler.	İyi uyum kapasitesi; yürürlükte olan proaktif stratejiler, ancak bazı riskler kalmaya devam etmektedir.
Orta	Orta düzeyde hassasiyet; bazı aksamalar veya maliyetler beklenmektedir ancak yönetilebilir durumdadır.	Orta düzeyde uyum kapasitesi; yürürlükte olan bazı önlemler, ancak iyileştirme gerektirmektedir.
Düşük	Düşük hassasiyet; operasyon ve performans üzerinde küçük veya göz ardı edilebilir etkiler.	Sınırlı uyum kapasitesi; önlemler mevcuttur ancak yetersizdir veya kötü uygulanmıştır.
En düşük	Dirençli; iklim tehlikelerinden önemli ölçüde etkilenmez.	Uyum önlemi yok; yanıt vermek için finansal, teknolojik veya kurumsal kapasite eksikliği

Tablo 2.3 Tehlike Sınıfı Kriterleri

Derecelendirme	Tehlike sınıfı Kriterleri
Yüksek	İklimle ilişkili tehlikenin meydana gelme olasılığı oldukça yüksektir ve/veya operasyonlarda, altyapıda veya çevre topluluklarda önemli aksamalara neden olma potansiyeline sahiptir.
Orta	Tehlike, orta düzeyde bir olasılığa ve/veya etkiye sahiptir. Bazı aksamalar meydana gelebilir, ancak mevcut azaltım önlemleri riski kısmen ele alabilir.
Düşük	Tehlikenin olasılığı düşük ve potansiyel etkisi minimum düzeydedir. Aksamalar, eğer varsa, göz ardı edilebilir düzeyde olması ve mevcut sistemler ile altyapıyla kolayca yönetilmesi beklenmektedir.

RİSK					
	KIRILGANLIK / ZARAR GÖREBİLİRLİK				
TEHLİKELER	En Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	En Yüksek
En Düşük	En Düşük	En Düşük	Düşük	Düşük	Orta
Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Orta
Orta	Düşük	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek	En Yüksek
En Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	En Yüksek	En Yüksek

Şekil 2.2 Risk Matrisi

CCRA; özellikle tüneller, istasyonlar, tren depolama ve park alanı ile elektromekanik sistemler dahil olmak üzere metro hattının kendisiyle ilişkili olan ve iklimle ilişkili tehlikelerden potansiyel olarak etkilenebilecek Proje bileşenlerine odaklanmaktadır.



4.1 Tehlikelerin Değerlendirilmesi

4.1.1 İklim Genel Görünümü – Ülke Düzeyi

Türkiye, subtropikal ve ılıman kuşaklar arasında yer almaktadır. Sıcak ve kurak yazlar, ılık ve yağışlı kışlar, sıcak ve karlı kıyı kışlarına sahip serin yazlar, mevsimler ve günler arasında büyük sıcaklık farkları ve bunlar arasında bir geçiş iklimi ile Akdeniz, Karadeniz, Karasal ve Marmara iklimlerini yaşamaktadır. Türkiye kış ve bahar aylarında daha fazla yağış alırken, yazın daha az yağış, daha yüksek sıcaklık ve buharlaşma yaşamaktadır.

Kocaeli İli, serin, yağışlı kışlar ve sıcak, nemli yazlar ile ılıman, nemli bir iklime sahiptir. Kış döneminde sıcaklıklar genellikle donma noktasının birkaç derece üzerindeyken, yazlar sıcaktır. Yağış yıl boyunca meydana gelir ve geç sonbahar ile kış aylarında yaz ortasına göre daha yüksektir; Aralık en yağışlı aylar arasında, Ağustos ise en kurak aylar arasındadır. Kışın kar yağışı görülebilir, ancak düşük rakımlarda genellikle seyrektir ve genellikle kısa ömürlüdür.

4.1.2 İklim Genel Görünümü – Yerel Düzey

4.1.2.1 Tarihsel veriler

Bu analizde kullanılan meteorolojik veriler, Proje Alanı çevresinde bulunan Meteoroloji İstasyonlarından sağlanmıştır. Spesifik olarak veriler, meteoroloji ve klimatoloji için temel koşulları oluşturmak amacıyla Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu ve Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonunda kaydedilmiş ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

4.1.2.1.1 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu

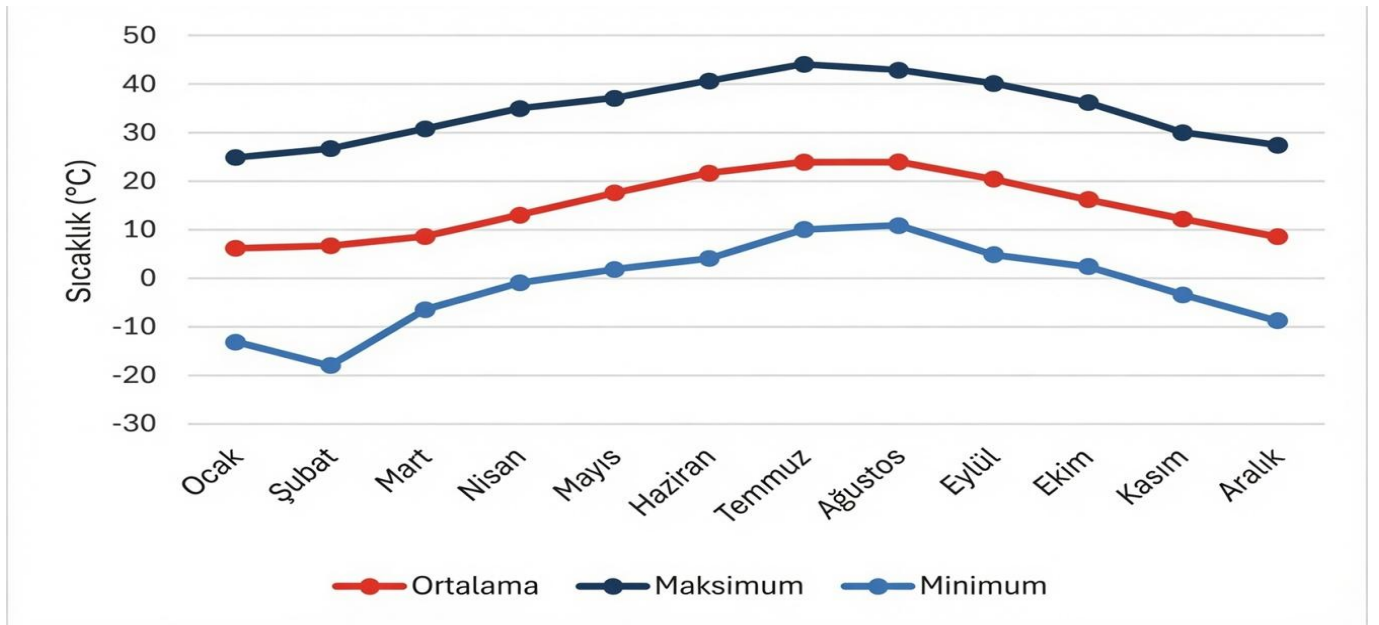
4.1.2.1.1.1 Hava Sıcaklığı

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1929 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, en yüksek hava sıcaklığı Temmuz ayında 44.1°C olarak kaydedilmiş, en düşük hava sıcaklığı ise Şubat ayında -18.0°C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 14.9°C'dir (bkz. Tablo 4.1 ve Şekil 4.2).

Tablo 2.4 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (1929 - 2024)

Aylar	Ortalama Hava Sıcaklığı	Maksimum Hava Sıcaklığı	Minimum Hava Sıcaklığı
OCAK	6.2	24.9	-13.1
ŞUBAT	6.7	26.7	-18.0
MART	8.6	30.8	-6.5
NİSAN	13.0	35.0	-1.0

Aylar	Ortalama Hava Sıcaklığı	Maksimum Hava Sıcaklığı	Minimum Hava Sıcaklığı
MAYIS	17.6	37.2	1.8
HAZİRAN	21.7	40.7	4.0
TEMMUZ	23.9	44.1	10.1
AĞUSTOS	24.0	42.9	10.9
EYLÜL	20.5	40.2	4.9
EKİM	16.2	36.2	2.4
KASIM	12.2	30.0	-3.4
ARALIK	8.5	27.4	-8.8
Yıllık	14.9	34.7	-1.4



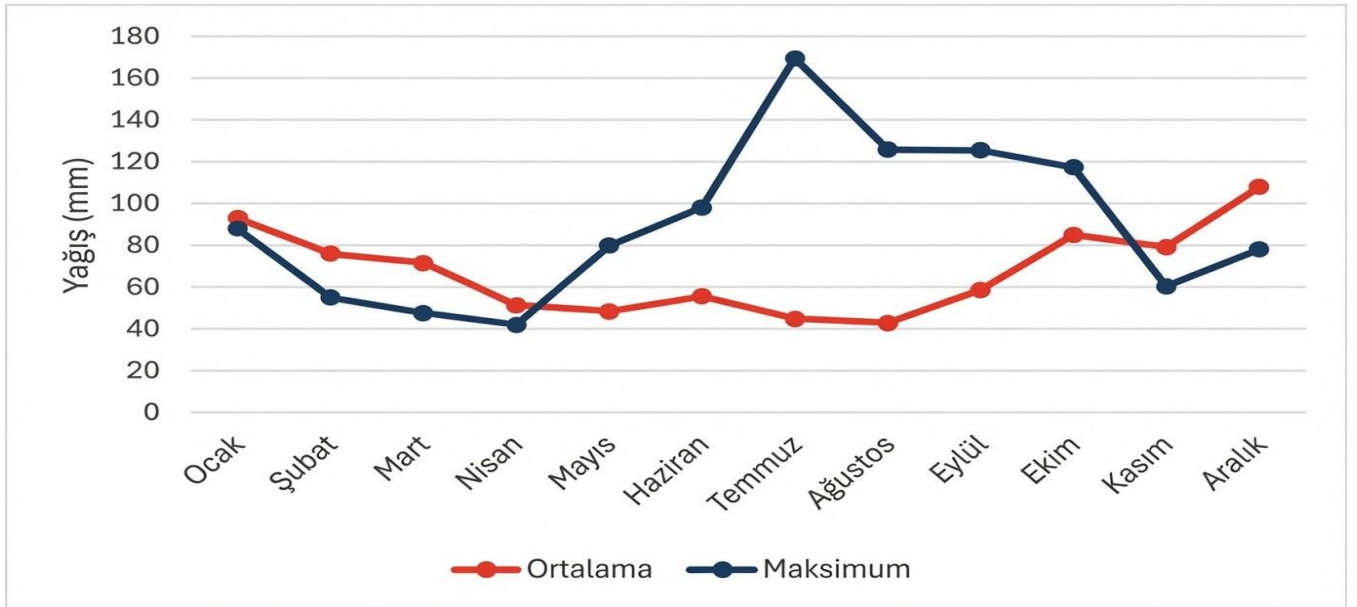
Şekil 4.2 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (1929 - 2024)

4.1.2.1.1.2 Yağış

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1929 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, aylık maksimum yağış miktarı Temmuz ayında 169,4 mm olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 814 mm'dir (bkz. Tablo 4.2 ve Şekil 4.3).

Tablo 2.5 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)

Aylar	Ortalama toplam yağış	Aylık maksimum yağış
Ocak	93.0	88.0
Şubat	76.0	55.0
Mart	71.5	47.5
Nisan	51.3	42.0
Mayıs	48.4	79.8
Haziran	55.5	98.1
Temmuz	44.9	169.4
Ağustos	42.8	125.8
Eylül	58.6	125.5
Ekim	85.0	117.3
Kasım	79.1	60.4
Aralık	107.9	78.0
Yıllık	814.0	169.4

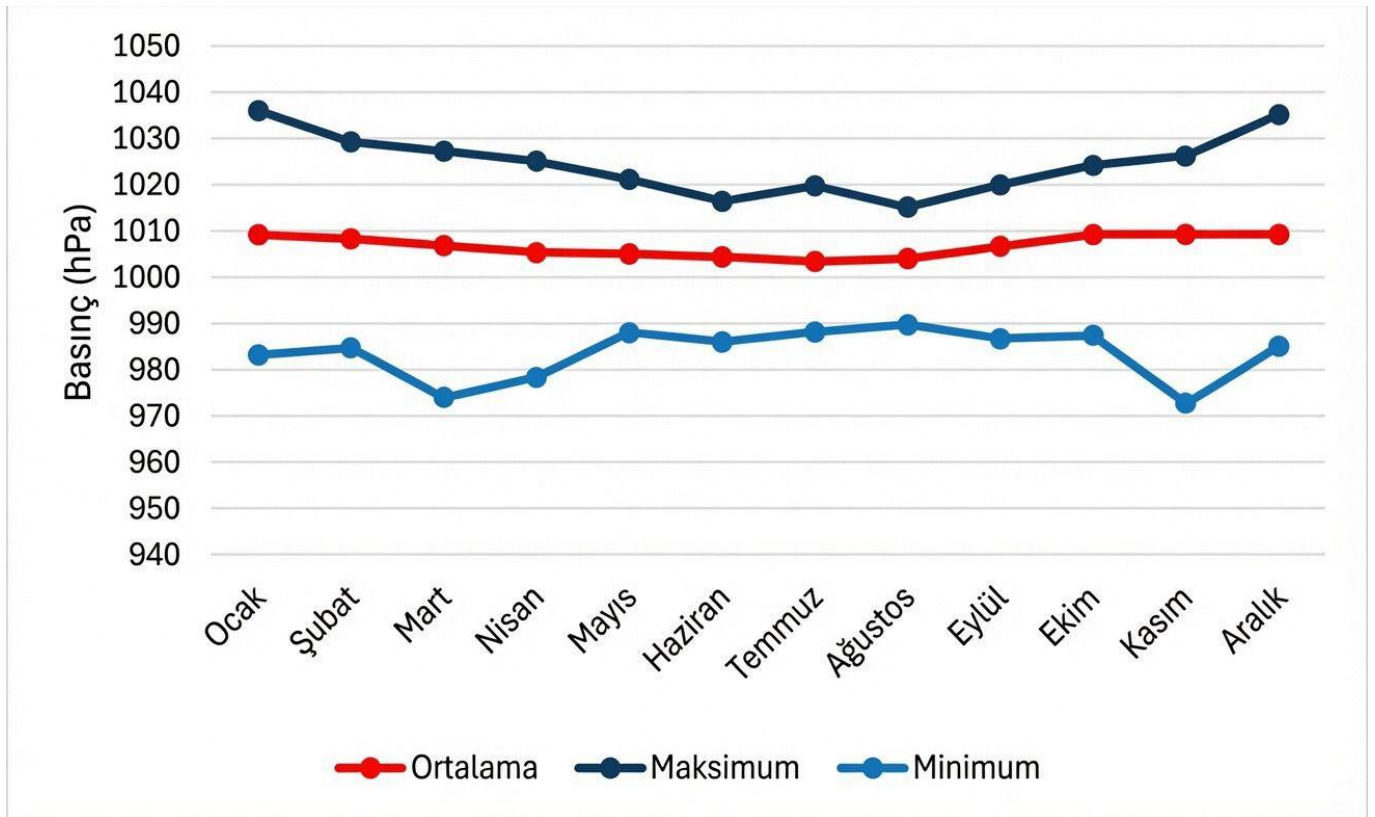
**Şekil 2.3 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)**

4.1.2.1.1.3 Atmosfer Basıncı

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun uzun vadeli (1929-2024) gözlem kayıtlarına göre, maksimum atmosfer basıncı 1036 hPa, minimum atmosfer basıncı ise 972,7 hPa olarak gözlenmiştir. Yıllık ortalama atmosfer basıncı 1006,7 hPa'dır (bkz. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4).

Tablo 2.6 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (1929 - 2024)

Aylar	Ortalama atmosfer basıncı	Maksimum atmosfer basıncı	Minimum atmosfer basıncı
Ocak	1009.2	1036.0	983.2
Şubat	1008.2	1029.2	984.7
Mart	1006.9	1027.2	974.0
Nisan	1005.3	1025.1	978.4
Mayıs	1005.1	1021.2	988.0
Haziran	1004.4	1016.4	986.0
Temmuz	1003.4	1019.7	988.2
Ağustos	1004.0	1015.1	989.6
Eylül	1006.7	1020.0	986.8
Ekim	1009.2	1024.1	987.4
Kasım	1009.2	1026.3	972.7
Aralık	1009.2	1035.1	985.1
Yıllık	1006.7	1036.0	972.7



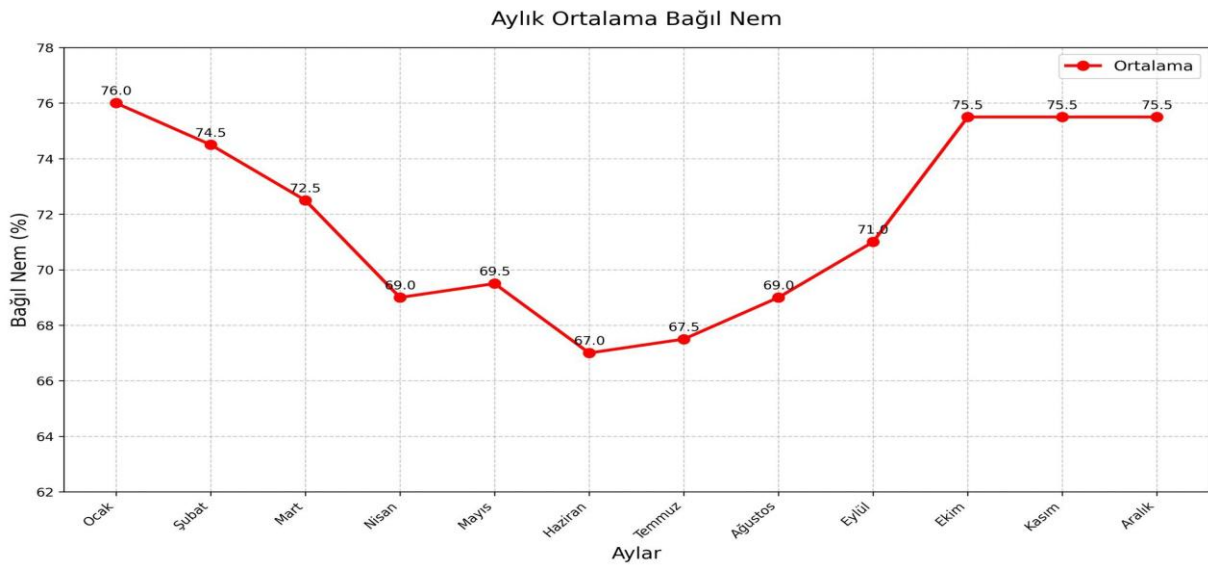
Şekil 2.4 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (1929 - 2024)

4.1.2.1.1.4 Nispi Nem

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun uzun vadeli (1929–2024) gözlem kayıtlarına göre, yıllık ortalama nispi nem %71,9'dur. Aylık ortalama nispi nem değerleri yıl boyunca %67,1 ile %75,9 arasında değişmektedir (bkz. Tablo 4.4 ve Şekil 4.4)

Tablo 2.7 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (1929 - 2024)

Aylar	Ortalama Nispi Nem (%)
Ocak	75.9
Şubat	74.5
Mart	72.7
Nisan	69.1
Mayıs	69.5
Haziran	67.1
Temmuz	67.5
Ağustos	68.9
Eylül	71.0
Ekim	75.3
Kasım	75.5
Aralık	75.5
Yıllık	71.9



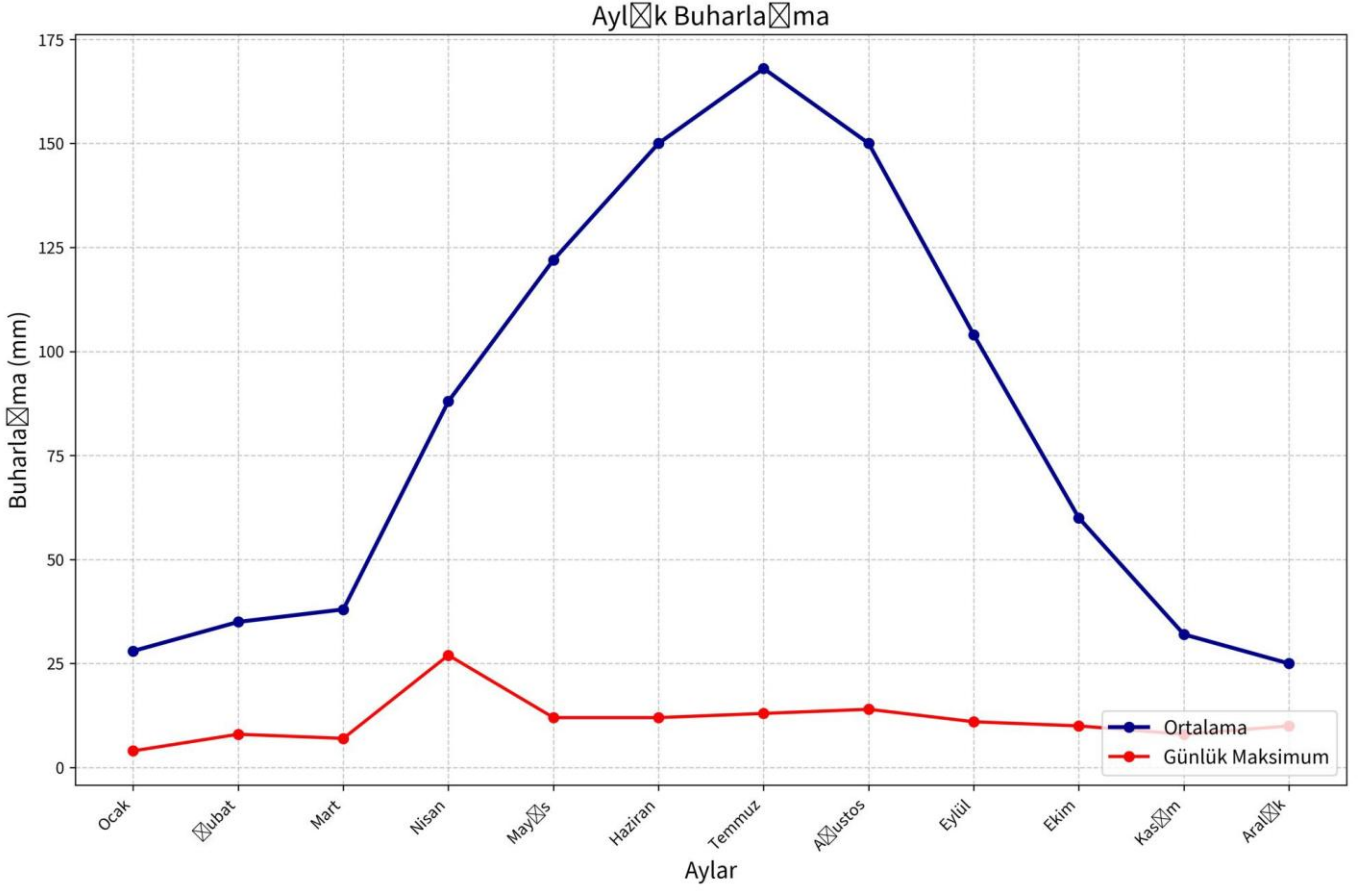
Şekil 2.5 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (1929 - 2024)

4.1.2.1.1.5 Buharlaşma

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1929 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, ortalama toplam buharlaşma 1003,4 mm, günlük maksimum buharlaşma ise Nisan ayında 27 mm olarak ölçülmüştür. 1929 ve 2024 yıllarına ait Buharlaşma Değerleri Tablo 4.5 ve Şekil 4.6'da sunulmaktadır.

Tablo 2.8 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Buharlaşma Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)

Aylar	Ortalama Buharlaşma (mm)	Günlük Maksimum Buharlaşma(mm)
Ocak	29.6	4.6
Şubat	35.7	7.9
Mart	38.2	7.3
Nisan	87.9	27.0
Mayıs	121.6	13.0
Haziran	150.6	12.0
Temmuz	167.9	14.0
Ağustos	150.6	12.0
Eylül	104.4	11.0
Ekim	59.5	7.0
Kasım	31.6	8.5
Aralık	25.8	10.6
Yıllık	1003.4	27.0



Şekil 2.6 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Buharlaşma Ölçümleri (mm) (1929 - 2024)

4.1.2.1.1.6 Rüzgar Dağılımı

Rüzgar Esme Sayıları

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nda 1929 ile 2024 yılları arasında ölçülen toplam rüzgar esme sayıları Tablo 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.6 ve Şekil 4.7'den de görülebileceği üzere, hakim rüzgar yönü güneydoğu (GD) iken, ikinci derece hakim rüzgar yönü doğudur (D)

Tablo 2.9 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Yönü Ölçümleri (1929 - 2024) (esme yönü)

Yön	Yıllık Toplam Rüzgar
K	55867
KKD	36414
KD	47188
DKD	38936
D	64906
DGD	53384
GD	83822

Yön	Yıllık Toplam Rüzgar
GGD	41124
D	18804
GGB	11348
GB	14555
BGB	12577
B	43155
BKB	47795
KB	54689
KKB	31102

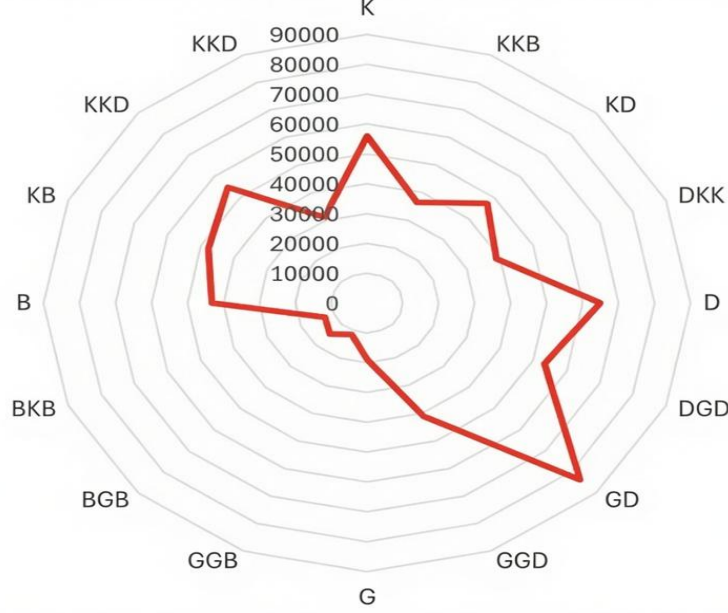
Rüzgar Hızı

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1929 ile 2024 yılları arasındaki verilerine göre, yıllık ortalama rüzgar hızı 1,6 m/s'dir. Maksimum aylık rüzgar hızı Mart ayında 35,0 m/s olarak, esme yönü batı-kuzeybatı (BKB) yönü olacak şekilde kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.7))

Tablo 2.10 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı Ölçümleri (m/sec) (1929 - 2024)
(esme yönü)

Aylar	Aylık ortalama rüzgar (m/sec)	Maksimum aylık rüzgar
Ocak	1.6	KB 29.9
Şubat	1.7	B 31.3
Mart	1.8	BKB 35.0
Nisan	1.8	BKB 28.7
Mayıs	1.7	B 32.6
Haziran	1.6	BKB 26.1
Temmuz	1.6	KKB 29.4
Ağustos	1.5	KKB 26.2
Eylül	1.4	KKB 27.7
Ekim	1.3	B 26.1
Kasım	1.4	BKB 31.1
Aralık	1.5	GB 28.5
Yıllık	1.6	BKB 35.0

Yıllık Rüzgar Gülü Diyagramı - Rüzgar Sayısı (Esme Yönü)



Şekil 4.7 Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu - Wind Speed (m/sec) (esme yönü)

4.1.2.1.1.7 Diğer Parametreler

Kocaeli-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1929 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre

- Maksimum kar kalınlığı 90 cm olarak ölçülmüştür,
- Yıllık ortalama karlı gün sayısı 11.67'dir,
- Karla kaplı gün sayısı 8.77'dir,
- Sisli gün sayısı 8.22'dir,
- Dolulu gün sayısı 1,22'dir,
- Donlu gün sayısı 5,65'tir,
- Gök gürültülü ve fırtınalı (orajlı) gün sayısı 4,47'dir,
- Kuvvetli rüzgarlı gün sayısı yılda 44,02 gündür ve
- Fırtınalı gün sayısı yılda 7,46 gündür.

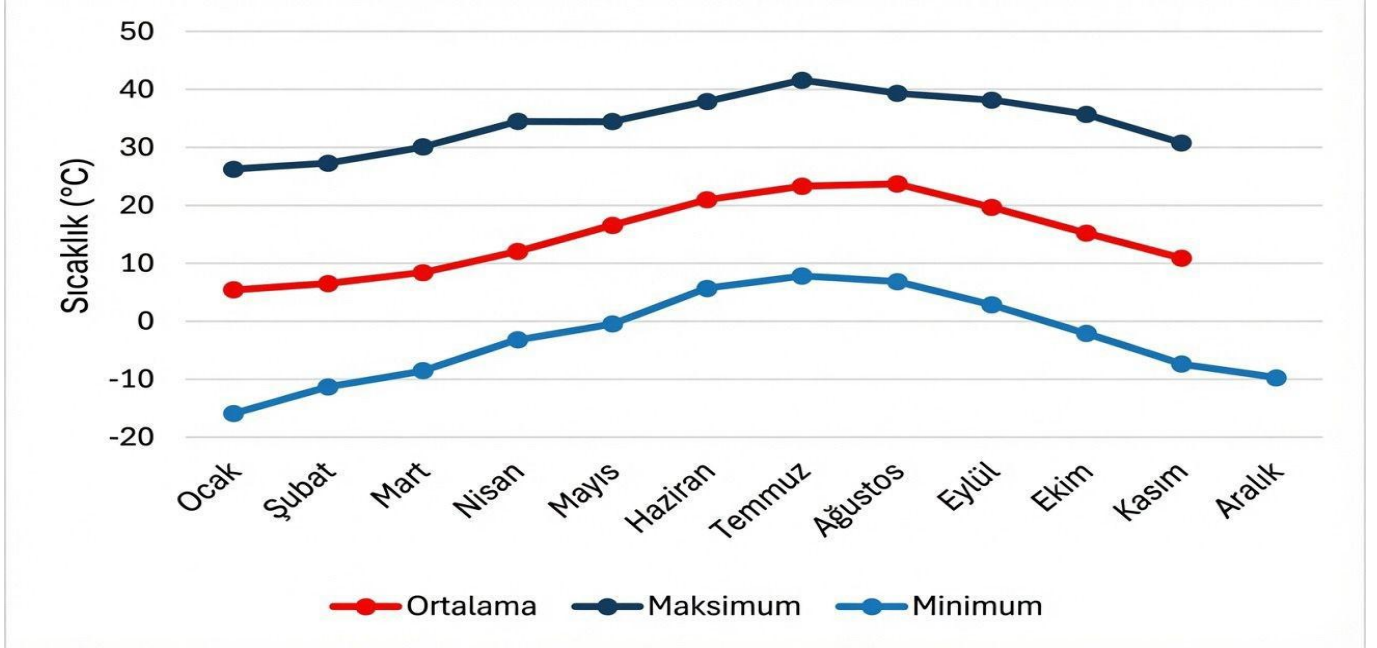
4.1.2.1.2 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu

4.1.2.1.2.1 Hava Sıcaklığı

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun 2002 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, en yüksek hava sıcaklığı Temmuz ayında 41,6°C olarak kaydedilmiş, en düşük hava sıcaklığı ise Ocak ayında -16°C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 14,2°C'dir (bkz. Tablo 4.8 ve Şekil 4.8).

Tablo 2.11 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (2002 - 2024)

Aylar	Ortalama Hava Sıcaklığı	Maksimum Hava Sıcaklığı	Minimum Hava Sıcaklığı
Ocak	5.4	26.3	-16.0
Şubat	6.5	27.3	-11.4
Mart	8.4	30.1	-8.6
Nisan	12.0	34.5	-3.2
Mayıs	16.6	34.5	-0.5
Haziran	21.0	38.0	5.7
Temmuz	23.3	41.6	7.8
Ağustos	23.7	39.4	6.8
Eylül	19.7	38.2	2.8
Ekim	15.2	35.7	-2.1
Kasım	10.9	30.8	-7.4
Aralık	7.2	28.2	-9.8
Yıllık	14.2	41.6	-16.0



Şekil 2.7 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Hava Sıcaklığı Ölçümleri (°C) (2002 – 2024)

4.1.2.1.2.2 Yağış

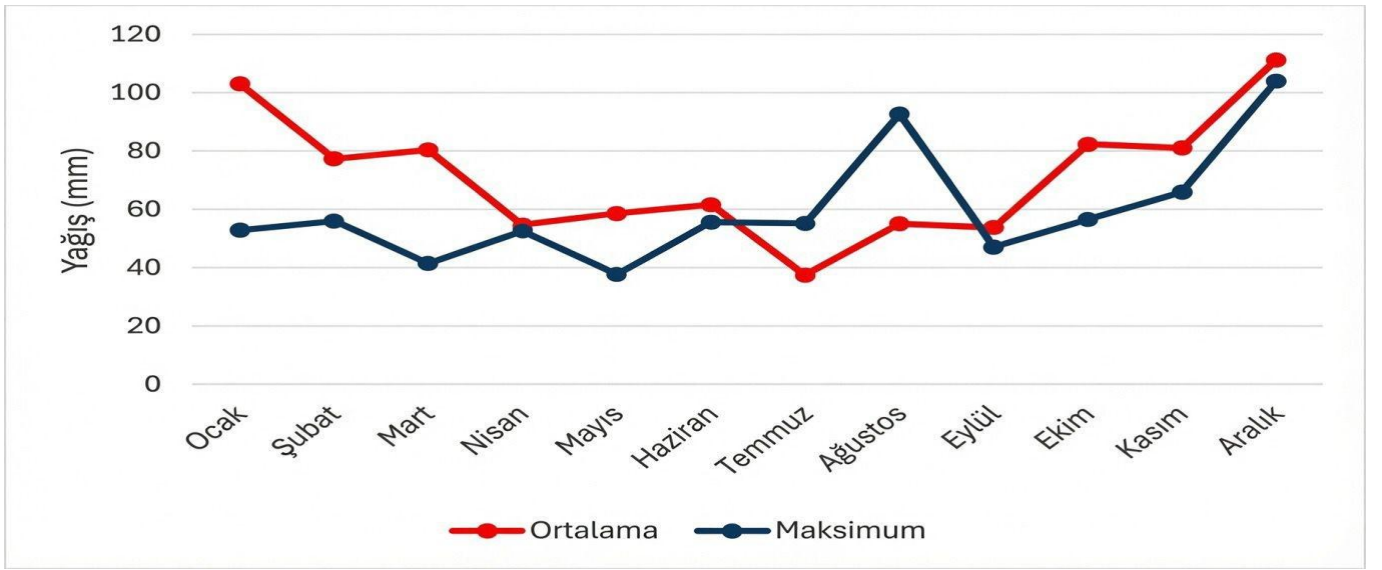
Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun 2002 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, aylık maksimum yağış 104 mm ile Aralık ayında kaydedilmiştir. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 856 mm'dir (bkz. Tablo 4.9 ve Şekil 4.9).

Tablo 2.12 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (2002 - 2024)

Aylar	Ortalama Toplam Yağış	Aylık Maksimum Yağış
Ocak	102.9	52.8
Şubat	77.3	56.0
Mart	80.3	41.5
Nisan	54.7	52.6
Mayıs	58.6	37.8
Haziran	61.5	55.6
Temmuz	37.5	55.2
Ağustos	55.1	92.7
Eylül	53.8	47.1
Ekim	82.2	56.6

Aylar	Ortalama Toplam Yağış	Aylık Maksimum Yağış
Kasım	81.0	65.9
Aralık	111.1	104.0
Yıllık	856.0	104.0

Şekil 4.9 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Yağış Ölçümleri (mm) (2002 - 2024)



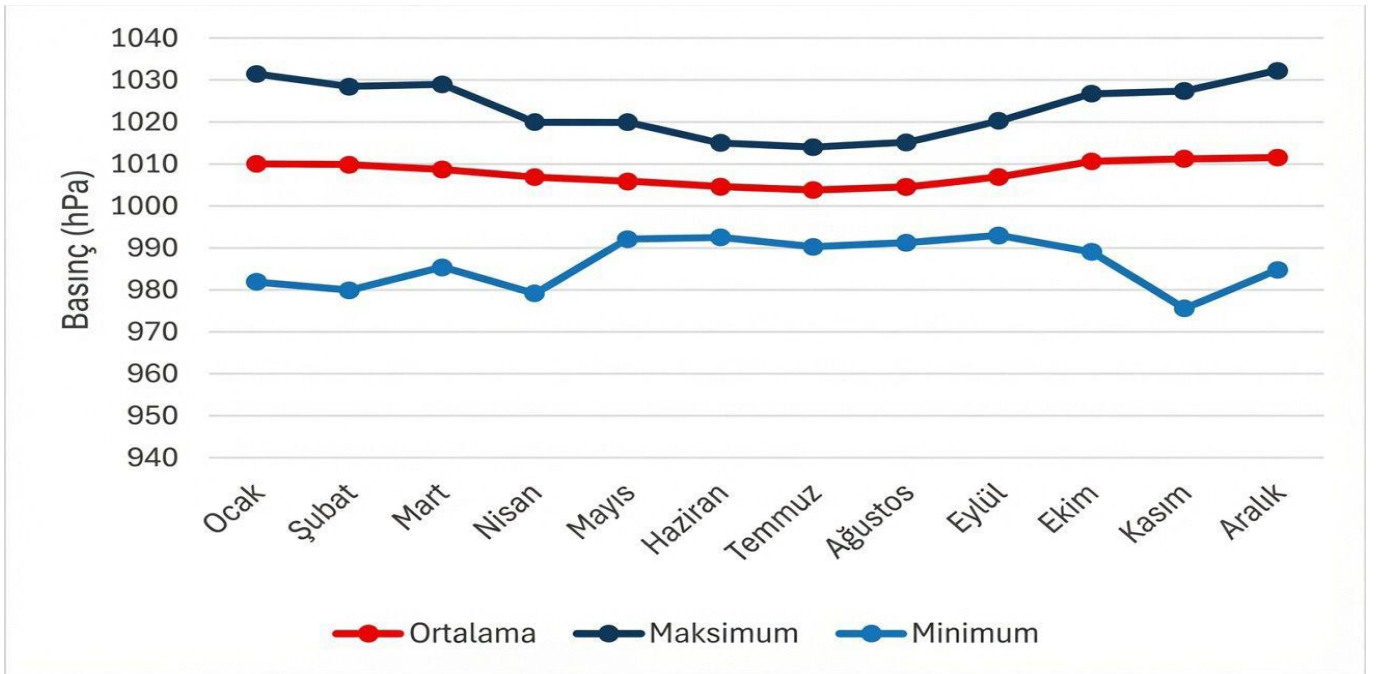
4.1.2.1.2.3 Atmosfer Basıncı

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun uzun vadeli (2002 - 2024) gözlem kayıtlarına göre, maksimum atmosfer basıncı 1032,2 hPa olarak kaydedilirken, minimum atmosfer basıncı 975,6 hPa olarak gözlenmiştir. Yıllık ortalama atmosfer basıncı 1007,9 hPa'dır (bkz. Tablo 4.10 ve Şekil 4.10).

Tablo 2.13 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Atmosfer Basıncı Ölçümleri (hPa) (2002 - 2024)

Aylar	Ortalama Atmosfer Basıncı	Maksimum Atmosfer Basıncı	Minimum Atmosfer Basıncı
Ocak	1010.1	1031.5	981.9
Şubat	1009.8	1028.5	979.9
Mart	1008.7	1029.0	985.4
Nisan	1007.0	1020.0	979.2

Aylar	Ortalama Atmosfer Basıncı	Maksimum Atmosfer Basıncı	Minimum Atmosfer Basıncı
Mayıs	1005.9	1020.0	992.1
Haziran	1004.6	1015.1	992.5
Temmuz	1003.8	1014.0	990.3
Ağustos	1004.5	1015.2	991.3
Eylül	1007.0	1020.3	992.9
Ekim	1010.6	1026.8	989.1
Kasım	1011.2	1027.4	975.6
Aralık	1011.4	1032.2	984.8
Yıllık	1007.9	1032.2	975.6



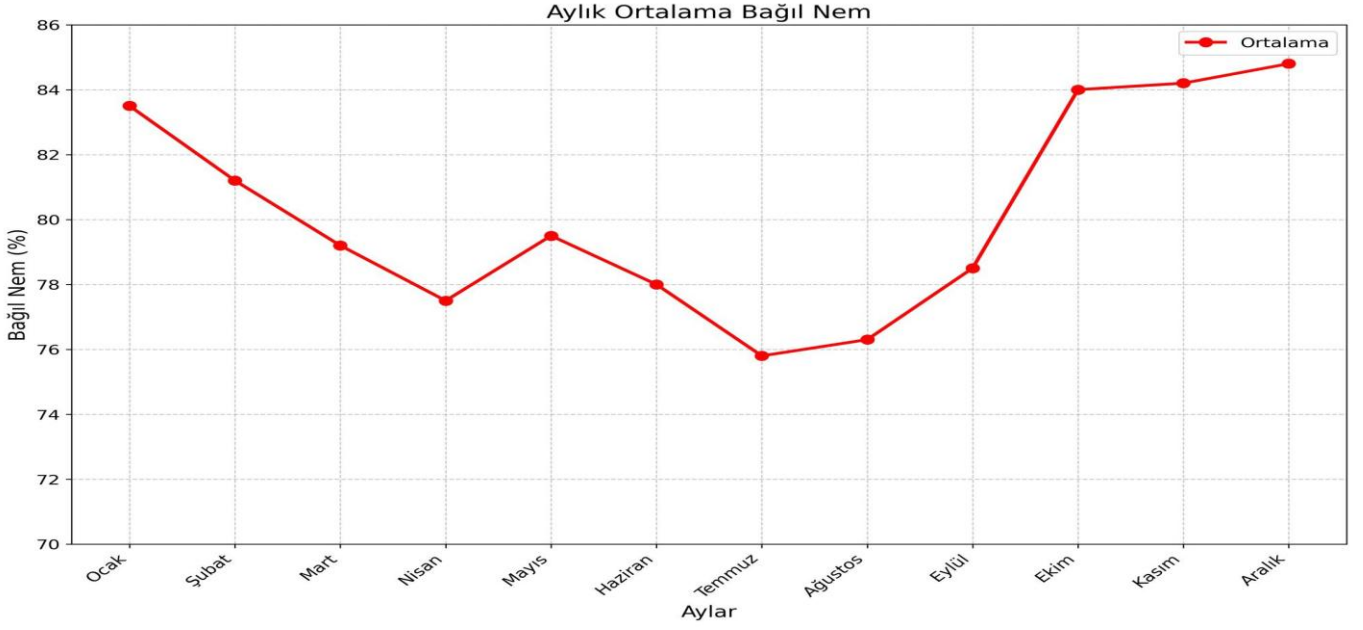
Şekil 4.10Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Basıncı Ölçümleri (2002 - 2024)

4.1.2.1.2.4 Nispi Nem

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun uzun vadeli (2002 - 2024) gözlem kayıtlarına göre, yıllık ortalama nispi nem %80,2'dir ve aylık ortalama nispi nem değerleri yıl boyunca %75,8 ile %84,8 arasında değişmektedir (bkz. Tablo 4.11 ve Şekil 4.11).

Tablo 2.14 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (2002 - 2024)

Aylar	Ortalama Nispi Nem (%)
Ocak	83.4
Şubat	81.1
Mart	79.1
Nisan	77.6
Mayıs	79.4
Haziran	78.0
Temmuz	75.8
Ağustos	76.3
Eylül	78.6
Ekim	83.9
Kasım	84.1
Aralık	84.8
Yıllık	80.2



Şekil 2.8 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Nispi Nem Ölçümleri (%) (2002 - 2024)

4.1.2.1.2.5 Buharlaştırma

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun 2002 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre, yıllık toplam buharlaştırma ve günlük maksimum buharlaştırma gibi buharlaştırma parametreleri bu istasyonda ölçülmemektedir.

4.1.2.1.2.6 Rüzgar Dağılımı

Rüzgar Esme Sayıları

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nda 2002 ile 2024 yılları arasında ölçülen toplam rüzgar esme sayıları Tablo 4.12 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Tablo 4.12 ve Şekil 4.12'den de görülebileceği üzere, hakim rüzgar yönü doğu (D) iken, ikinci derece hakim rüzgar yönü batıdır (B).

Tablo 2.15 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Yönü Ölçümleri (2002 - 2024) (esme yönü)

Yıllık	Yıllık Toplam Rüzgar
K	8315
KKD	12314
KD	15600
DKD	11611
D	23605
DGD	6341
GD	3634
GGD	2486
G	4459
GGB	3018
GB	3675
BGB	7759
B	14800
BKB	5599
KB	4459
KKB	4607

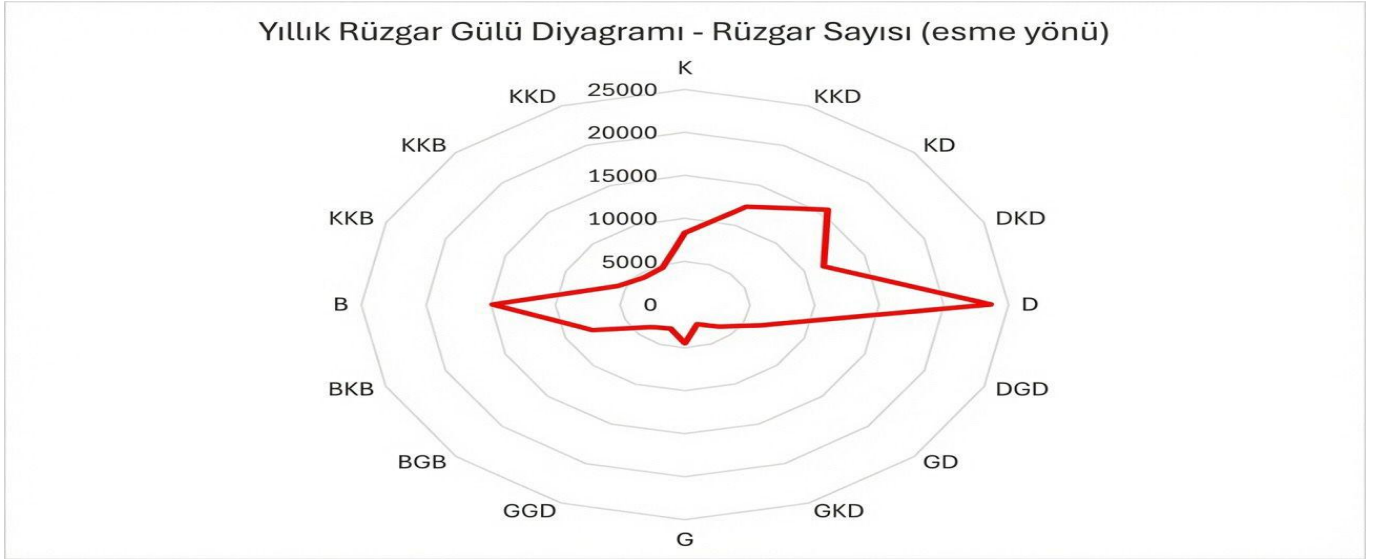
Rüzgar Hızı

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun 2002 ile 2024 yılları arasındaki verilerine göre, yıllık ortalama rüzgar hızı 1,8 m/s'dir. Maksimum aylık rüzgar hızı Temmuz ayında 29,8 m/s olarak, esme yönü batı (B) yönü olacak şekilde kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.13))

Tablo 2.16 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu - Rüzgar Hızı Ölçümleri (m/sec) (2002 - 2024) (esme yönü)

Aylar	Aylık Ortalama Rüzgar Hızı(m/saniye)	Aylık Maksimum Rüzgar
Ocak	1.7	G 24.7
Şubat	1.8	G 28.8
Mart	2	B 23.7
Nisan	1.9	B 23.1
Mayıs	1.8	B 22.1

Aylar	Aylık Ortalama Rüzgar Hızı(m/saniye)	Aylık Maksimum Rüzgar
Haziran	1.9	B 22.1
Temmuz	2	B 29.8
Ağustos	2	GGB 23.1
Eylül	1.7	B 19.5
Ekim	1.4	GGB 24.2
Kasım	1.4	G 29.3
Aralık	1.5	BGB 22.6
Yıllık	1.8	B 29.8



Şekil 4.12 Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu – Rüzgar Hızı (m/sec) (esme yönü)

4.1.2.1.2.7 Diğer Parametreler

Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nun 2002 ile 2024 yılları arasındaki gözlem kayıtlarına göre:

- Kaydedilen maksimum kar kalınlığı 41 cm'dir.
- Yıllık ortalama karla kaplı gün sayısı 7,13 gündür.
- Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 8,16 gündür.
- Yıllık ortalama sisli gün sayısı 44,81 gündür.
- Yıllık ortalama dolulu gün sayısı 2,11 gündür.
- Yıllık ortalama gök gürültülü ve fırtınalı (orajlı) gün sayısı 35,71 gündür.

- Yıllık ortalama kuvvetli rüzgarlı gün sayısı 63,84 gündür..
- Yıllık ortalama fırtınalı gün sayısı 8,06 gündür.

4.1.2.2 Gelecek Projeksiyonu

İklim projeksiyonları için, Dünya İklim Araştırma Programı'nın Evreşmeli Model Karşılaştırma Projeleri ("CMIP'ler") tarafından üretilen modellenmiş verilere atıfta bulunan iklim projeksiyon verilerini kullanan Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı [1] kullanılmıştır. Burada sunulan spesifik veriler, CMIP'lerin altıncı aşaması olan CMIP6'dan alınmıştır. Bu CMIP'ler, IPCC Değerlendirme Raporları için temel veri kaynağı olarak hizmet etmektedir. Özellikle CMIP6, IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'nu desteklemektedir.

Çoklu model topluluklarından gelen iklim değişikliği projeksiyonları analiz edilirken ve yorumlanırken, çıktılar model yayılımını temsil eden bir aralık olarak sunulur. İklim Değişikliği Bilgi Portalı, medyanın (veya 50. yüzdelerik dilimin) yanı sıra 10. ve 90. yüzdelerik dilimlerin aralığını tanımlar. 10. yüzdelerik dilim, simülasyon çıktılarının sadece %10'unun bu sonucun altında kaldığını gösterir. 90. yüzdelerik dilim ise tüm simülasyon çıktılarının %90'ının bu sonucun altında kaldığı anlamına gelir.

Projeksiyon verileri, iklim bilgilerinin mekansal bir temsilini sunacak şekilde 1,0° x 1,0° (100 km x 100 km) çözünürlükte sağlanmaktadır. Kullanılan veriler, aşağıdaki senaryolar için çoklu model topluluğuna atıfta bulunan verilerdir:

- SSP1 – 2.6: Toplumların çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğe doğru evrilmesi nedeniyle küresel CO2 emisyonlarının büyük ölçüde azaltılarak 2050'den sonra net sıfıra ulaştığı ve yüzyılın sonuna kadar sıcaklıkların yaklaşık 1,8°C daha artarak dengelendiği iyimser senaryo;
- SSP2 – 4.5: CO2 emisyonlarının yüzyılın ortalarında düşmeye başlamadan önce mevcut seviyeler civarında seyrettiği ancak 2100 yılına kadar net sıfıra ulaşamadığı ara senaryo. Sosyo-ekonomik faktörler önemli bir değişiklik olmaksızın tarihsel eğilimlerini takip eder. Gelişme ve gelir dengesiz büyüyerek sürdürülebilirliğe doğru ilerleme yavaştır. Bu senaryoda sıcaklıklar yüzyılın sonuna kadar 2,7°C artar;
- SSP5 – 8.5: Mevcut CO2 emisyon seviyelerinin 2050 yılına kadar yaklaşık iki katına çıktığı senaryo. Küresel ekonomi hızla büyümektedir ancak bu büyüme fosil yakıt kullanımı ve yüksek enerji yoğunluklu yaşam tarzları tarafından körüklenmektedir. 2100 yılına gelindiğinde, küresel ortalama sıcaklık 4,4°C kadar daha yüksek olacaktır.

Projenin inşaat aşamasının 2029 yılının başına kadar tamamlanmasının planlandığı ve yaklaşık 55 ay süreceği, işletme aşamasının ise 30 yıl olarak planlandığı göz önüne alındığında, her bir projeksiyona ilişkin yorumlar, Proje ömrünü kapsayacak şekilde yakın gelecek (2040), orta gelecek (2050) ve uzak gelecek (2060) olmak üzere üç zaman dönemine odaklanmaktadır.

4.1.2.2.1 Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığı

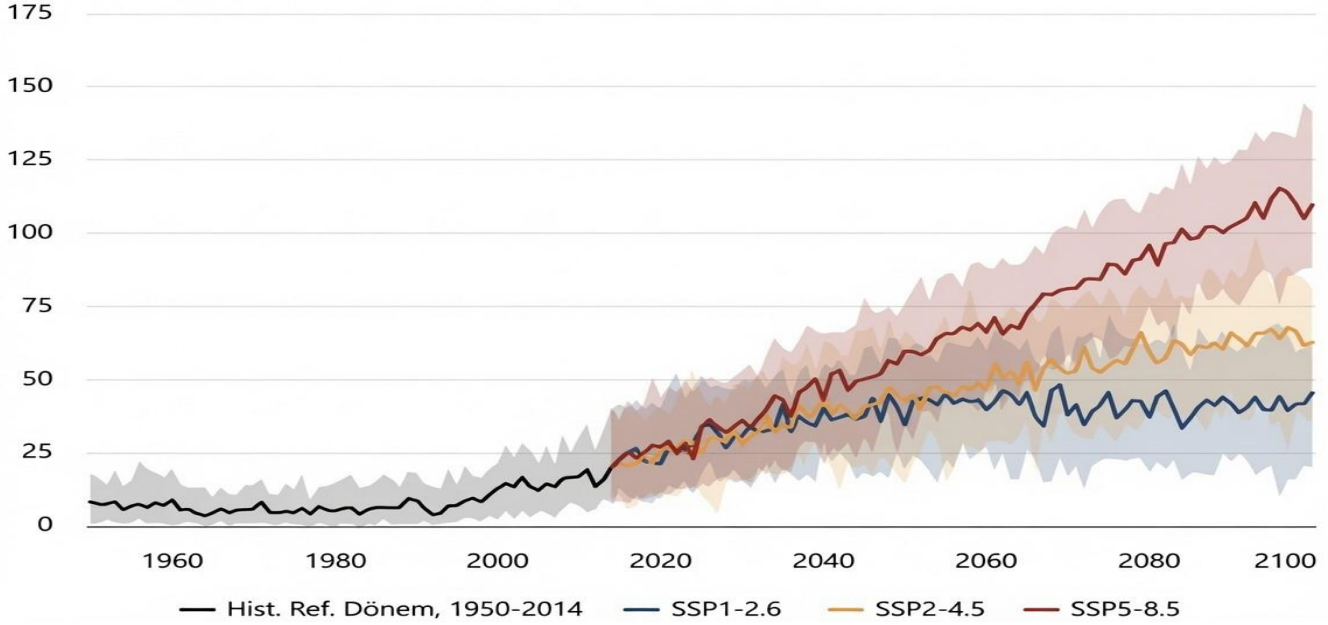
Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığının, Şekil 4.13 ve Tablo 4.14'ten de görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir.

SSP1-2.6 senaryosunda, sıcaklığın 2060 yılına kadar 15,6°C civarına ulaşması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık %1 artması öngörülmektedir.

SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 16,0°C'ye yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %5'lik bir artışa tekabül etmektedir.

SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 16,6°C'ye ulaşması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %9'luk bir artışı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye İçin Sıcak Gün Sayısı (T-max > 30°C) Zaman Serisi Anomalisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ensemble Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 2.9 Öngörülen Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığı Kocaeli İlinin (Ref. Period: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

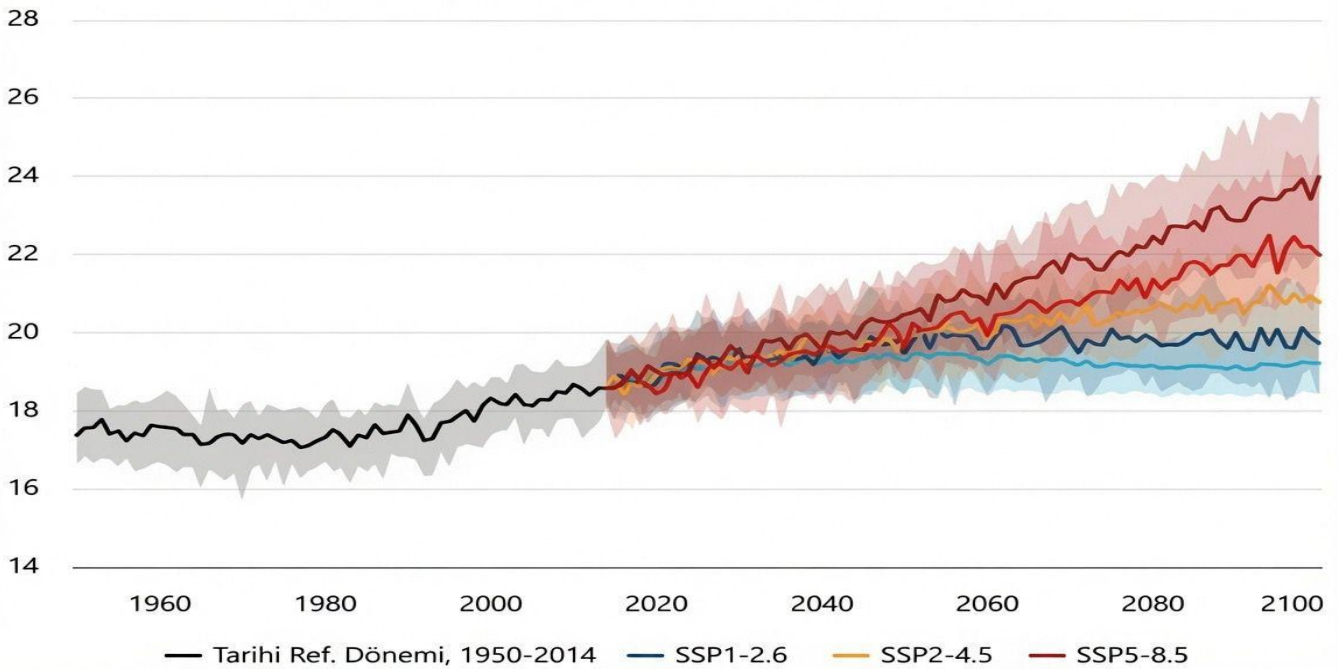
Tablo 2.17 Ortalama Yüzey Hava Sıcaklığı in CMIP6 (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2026	15.35	15.20	15.28
2030	15.43	15.25	15.52
2040	15.52	15.51	15.52
2050	15.51	15.85	16.45
2060	15.56	15.95	16.60

4.1.2.2.2 Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı

Ortalama maksimum yüzey hava sıcaklığının, Şekil 4.14 ve Tablo 4.15'ten de görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, sıcaklığın 2060 yılına kadar 19,6°C civarına ulaşması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık %2 artması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 19,9°C'ye yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %3'lük bir artışa tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 20,7°C'ye ulaşması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %8'lik bir artışı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı Anomali Zaman Serisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ortaklaşa Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 2.10 Öngörülen Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı Kocaeli İlının (Ref. Period: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

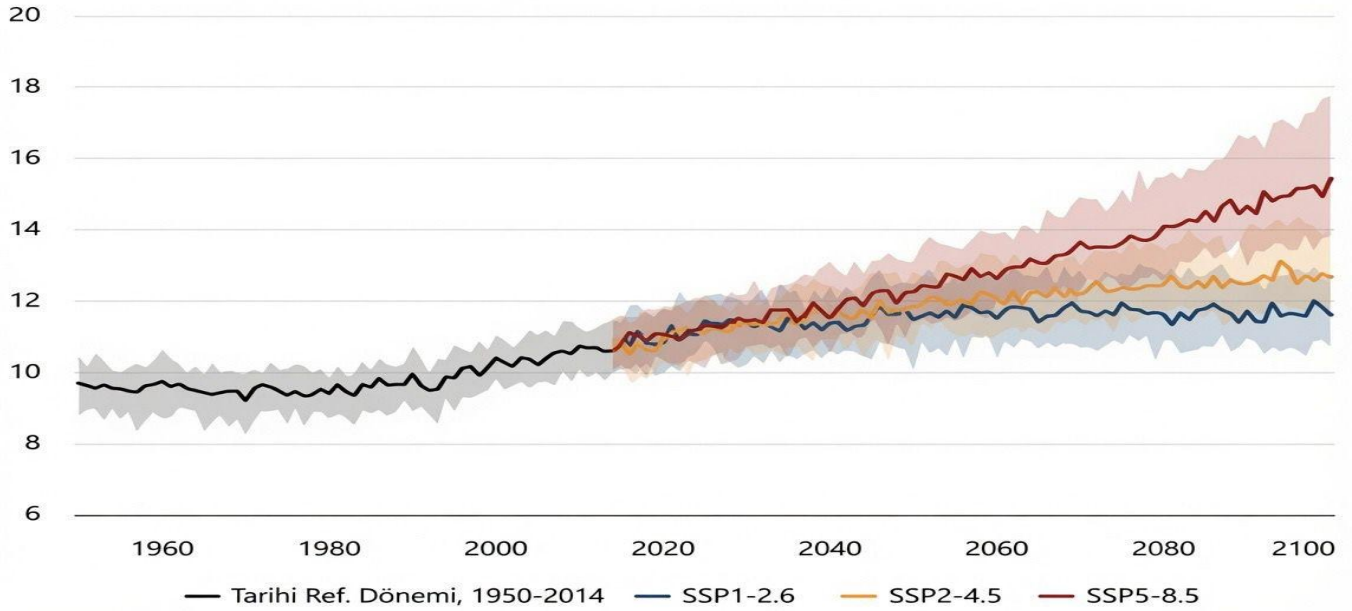
Tablo 2.18 Ortalama Maksimum Yüzey Hava Sıcaklığı CMIP6'daki (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı,2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2026	19.31	19.29	19.29
2030	19.58	19.07	19.47
2040	19.53	19.55	19.55
2050	19.46	19.90	20.46
2060	19.60	19.86	20.74

4.1.2.2.3 Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı

Ortalama minimum yüzey hava sıcaklığının, Şekil 4.15 ve Tablo 4.16'dan da görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, sıcaklığın 2060 yılına kadar 11,5°C civarına ulaşması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık %1 artması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 12,0°C'ye yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %6'lık bir artışa tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 12,7°C'ye ulaşması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %12'lik bir artışı temsil etmektedir

Kocaeli, Türkiye Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı Anomali Zaman Serisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ortaklaşa Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 4.15 Kocaeli İlinin Öngörülen Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

Tablo 2.19 CMIP6'da Ortalama Minimum Yüzey Hava Sıcaklığı (2026-2060)

(Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

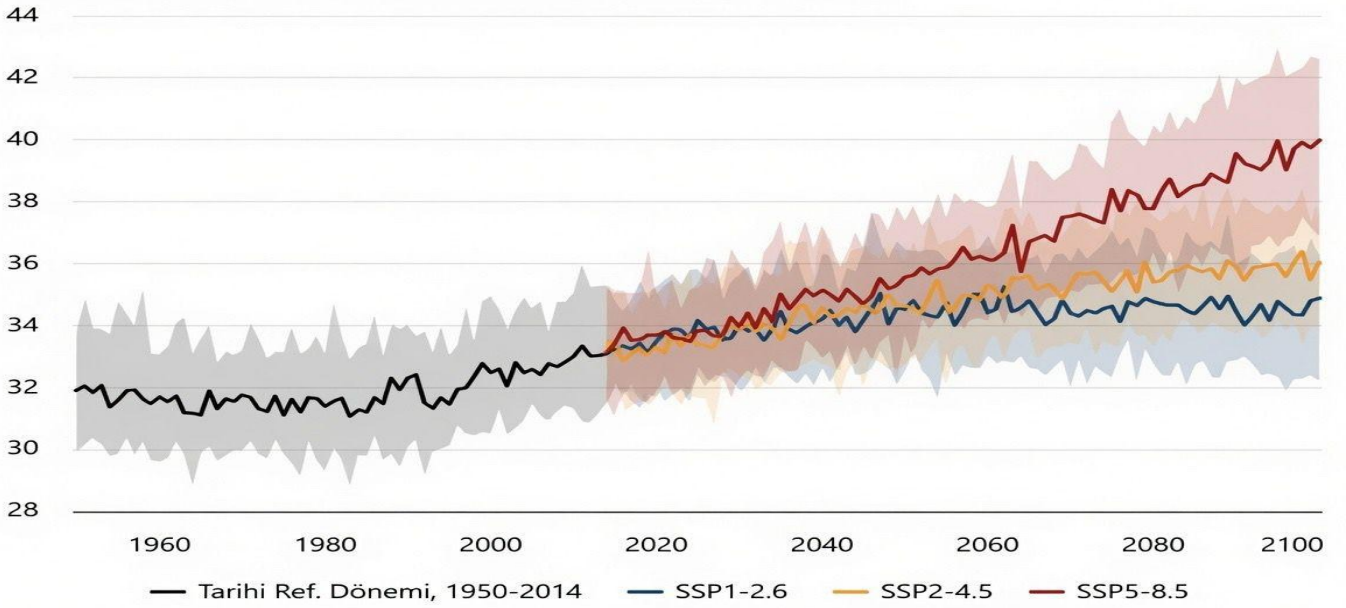
Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2026	11.38	11.32	11.29
2030	11.41	11.39	11.45

Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2040	11.39	11.60	11.52
2050	11.48	11.84	12.27
2060	11.52	12.04	12.64

4.1.2.2.4 Günlük Maksimum Sıcaklığın Maksimumu

Günlük maksimum sıcaklığın maksimumunun, Şekil 4.16 ve Tablo 4.17'den de görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, sıcaklığın 2060 yılına kadar 34,4°C civarına ulaşması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık %2 artması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 35,3°C'ye yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %6'lık bir artışa tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık 36,1°C'ye ulaşması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %7'lik bir artışı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye Günlük Maksimum Sıcaklık Maksimumu Anomali Zaman Serisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ortaklaşa Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 2.16 Kocaeli İlinin Öngörülen Günlük Maksimum Sıcaklığın Maksimumu (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

Tablo 2.20 CMIP6'da Günlük Maksimum Sıcaklığın Maksimumu (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

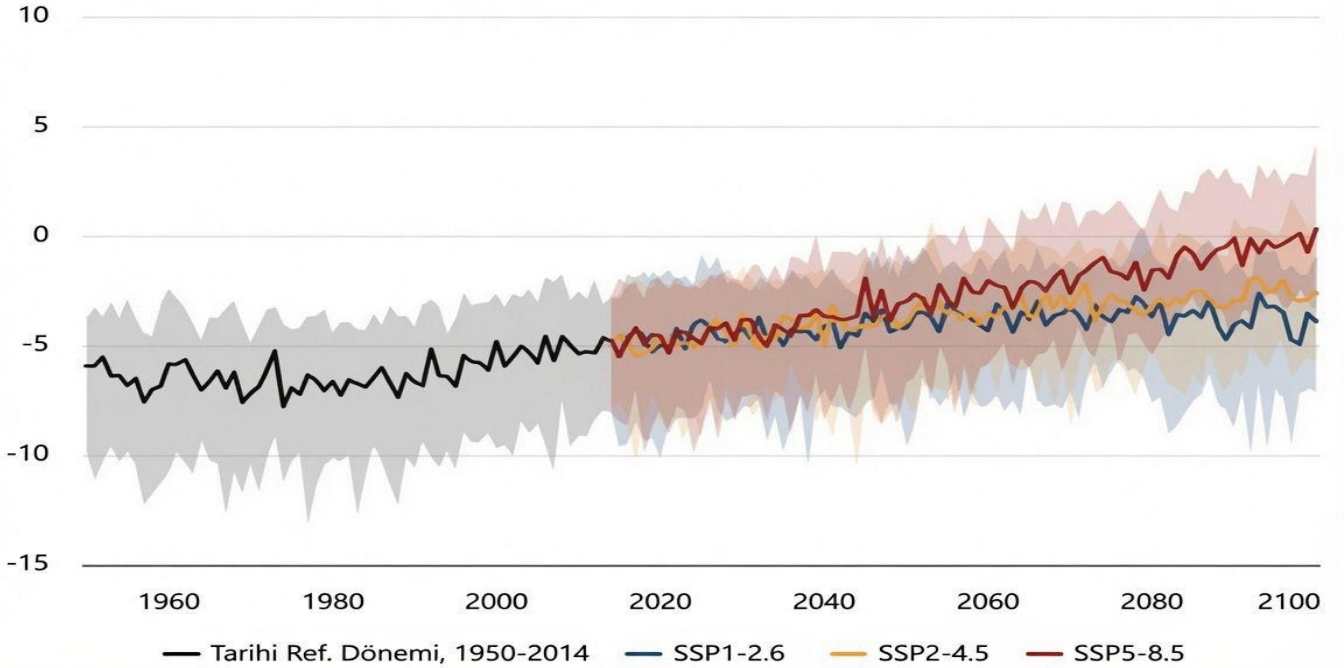
Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2026	33.88	33.36	33.83
2030	34.01	33.87	33.96

Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2040	34.20	34.54	35.15
2050	34.52	34.66	35.57
2060	34.42	35.28	36.13

4.1.2.2.5 Günlük Minimum Sıcaklığın Minimumu

Günlük minimum sıcaklığın minimumunun, Şekil 4.17 ve Tablo 4.18'den de görülebileceği üzere, SSP1-2.6 senaryosu hariç ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, sıcaklığın 2060 yılına kadar -4,3°C civarına düşmesi beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık %4 azalması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık -3,6°C'ye yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %14'lük bir artışa tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcaklığın 2060 yılına kadar yaklaşık -2,0°C'ye ulaşması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %105'lik bir artışı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye Günlük Minimum Sıcaklık Minimumu Anomali Zaman Serisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ortaklaşa Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 4.17 Kocaeli İlinin Öngörülen Günlük Minimum Sıcaklığın Minimumu(Ref.Dönemi: 1995-2014), ÇokluModel Topluluğu

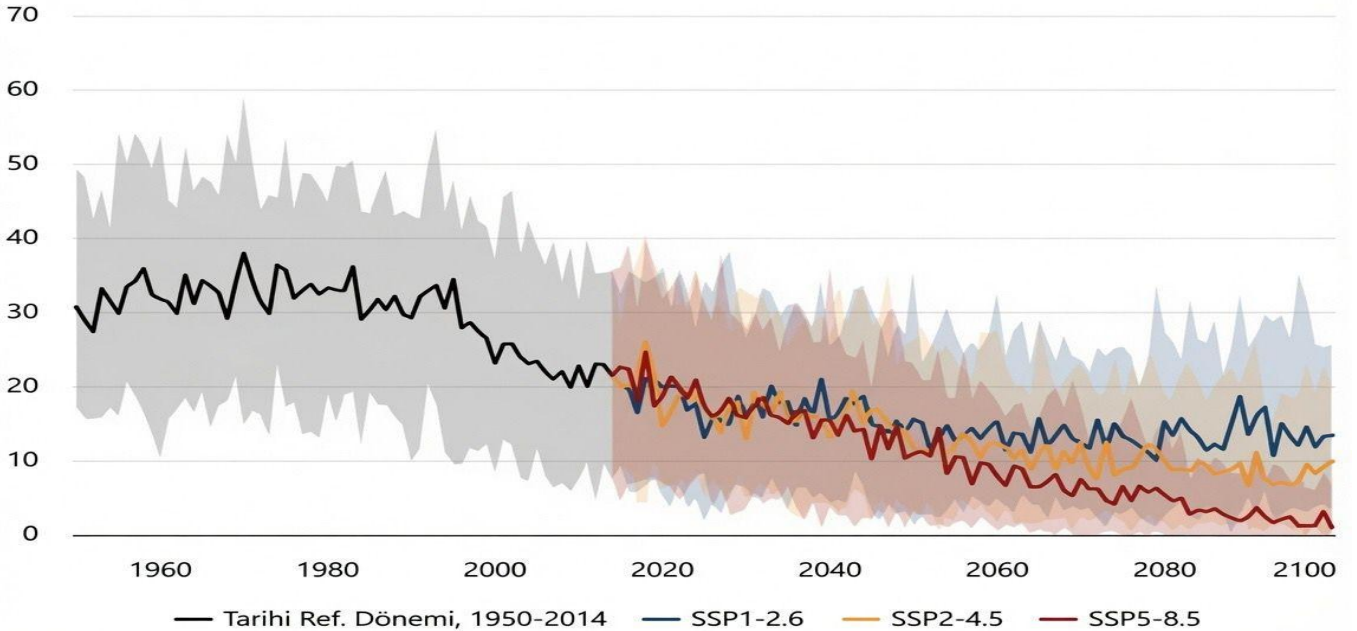
Tablo 2.21 CMIP6'da Günlük Minimum Sıcaklığın Minimumu (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [°C]	SSP 2-4.5 [°C]	SSP 5-8.5 [°C]
2026	-4.13	-4.04	-4.16
2030	-4.24	-3.62	-3.84
2040	-4.11	-5.01	-3.68
2050	-4.20	-3.94	-3.00
2060	-4.31	-3.55	-2.03

4.1.2.2.6 Donlu Gün Sayısı ($T_{min} < 0^{\circ}C$)

Donlu gün sayısının ($T_{min} < 0^{\circ}C$), Şekil 4.18 ve Tablo 4.19'dan da görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda azalması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, donlu gün sayısının 2060 yılına kadar 15 gün civarına düşmesi beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla donlu gün sayısının 2060 yılına kadar yaklaşık %2 azalması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, donlu gün sayısının 2060 yılına kadar yaklaşık 12 güne düşeceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %31'lik bir azalmaya tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, donlu gün sayısının 2060 yılına kadar 8 güne düşmesi öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %101'lik bir azalmayı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye Don Günleri Sayısı ($T_{min} < 0^{\circ}C$) Anomali Zaman Serisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ortaklaşa Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 2.18 Kocaeli İlının Öngörülen Donlu Gün Sayısı ($T_{min} < 0^{\circ}C$) (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

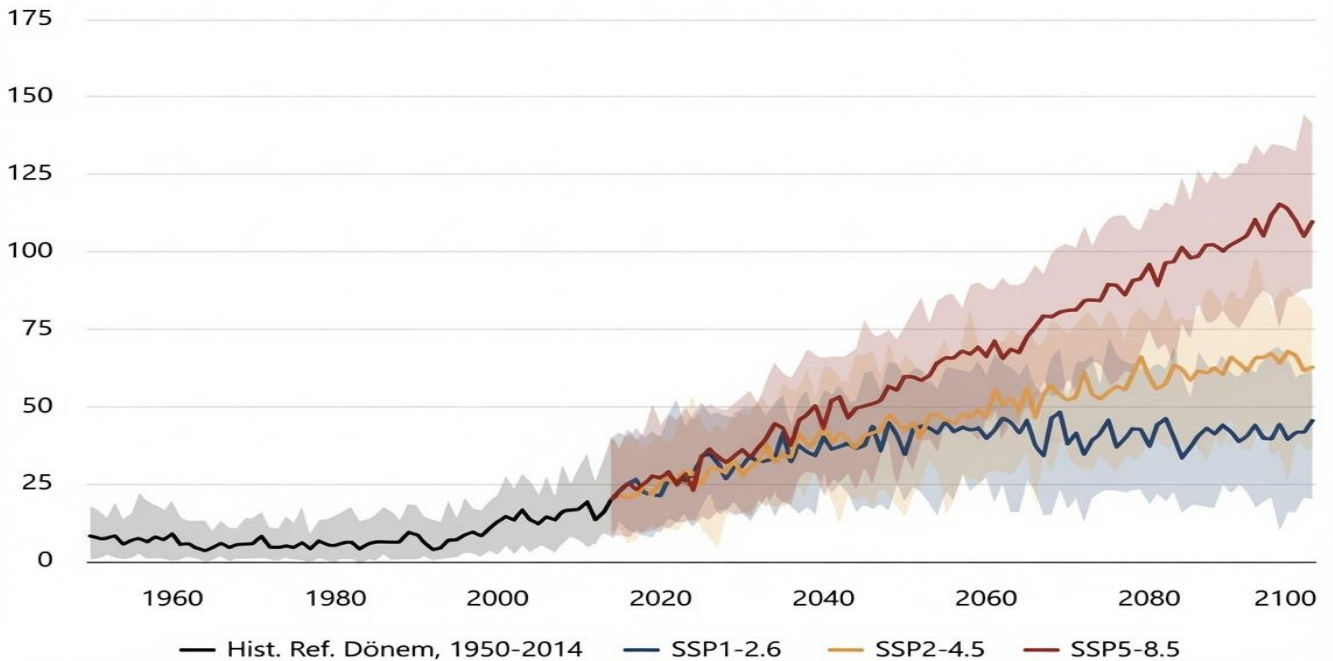
Tablo 2.22 CMIP6'da Donlu Gün Sayısı ($T_{min}<0^{\circ}C$) (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [day]	SSP 2-4.5 [day]	SSP 5-8.5 [day]
2026	15.70	16.21	15.98
2030	15.75	12.85	15.98
2040	15.41	13.11	15.59
2050	15.61	11.71	11.03
2060	15.33	12.42	7.96

4.1.2.2.7 Sıcak Gün Sayısı ($T_{max}>30^{\circ}C$)

Sıcak gün sayısının ($T_{max}>30^{\circ}C$), Şekil 4.19 ve Tablo 4.20'den da görülebileceği üzere, ele alınan tüm senaryolarda artması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, sıcak gün sayısının 2060 yılına kadar 40 gün civarına çıkması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla sıcak gün sayısının 2060 yılına kadar yaklaşık %15 artması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, sıcak gün sayısının 2060 yılına kadar yaklaşık 46 güne yükseleceğini göstermekte olup, bu durum 2026 yılına göre tahmini %53'lük bir artışa tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, sıcak gün sayısının 2060 yılına kadar 66 güne çıkması öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %82'lik bir artışı temsil etmektedir.

Kocaeli, Türkiye İçin Sıcak Gün Sayısı ($T_{max} > 30^{\circ}C$) Zaman Serisi Anomalisi Projeksiyonu 1950-2100 Çoklu Model Ensemble Referans Dönemi: 1995-2014



Şekil 2.19 Kocaeli İlinin Öngörülen Sıcak Gün Sayısı ($T_{max}>30^{\circ}C$) (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

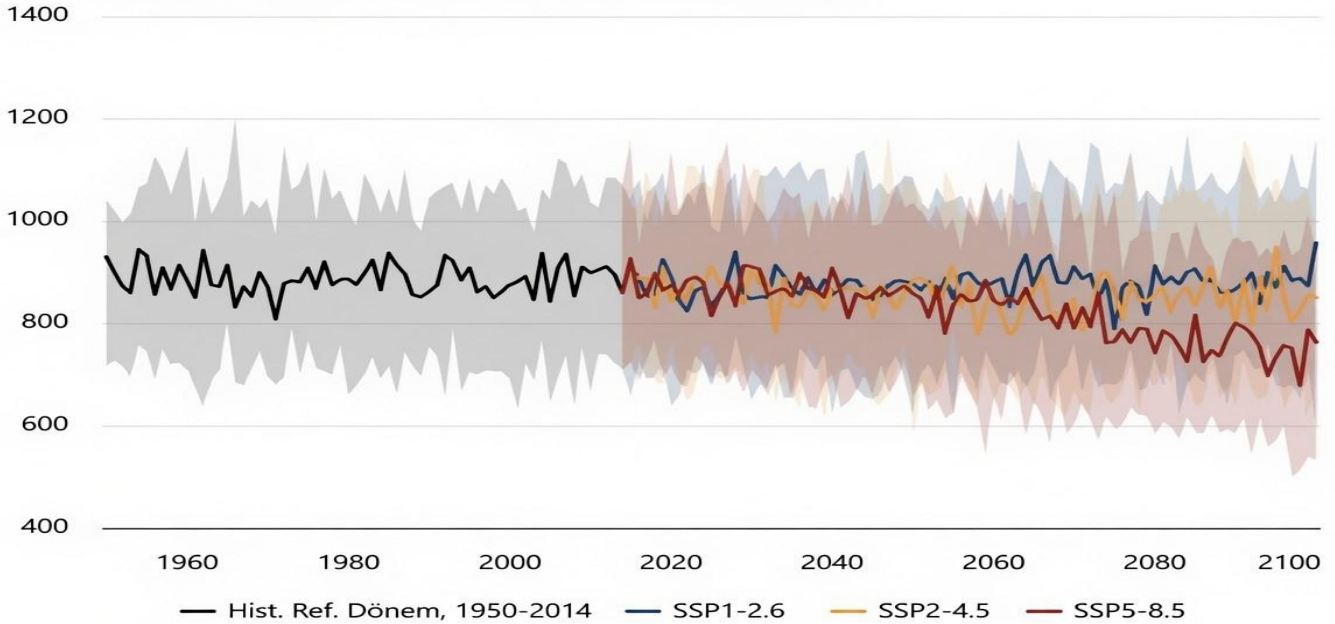
Tablo 2.23 CMIP6'da Sıcak Gün Sayısı ($T_{max}>30^{\circ}\text{C}$) (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [day]	SSP 2-4.5 [day]	SSP 5-8.5 [day]
2026	34.68	30.21	36.33
2030	30.81	27.39	36.13
2040	40.20	43.72	42.97
2050	34.66	42.85	59.72
2060	39.82	46.35	66.25

4.1.2.2.8 Yağış

Yağış miktarının, Şekil 4.20 ve Tablo 4.21'den de görülebileceği üzere, SSP1-2.6 senaryosu hariç ele alınan tüm senaryolarda azalması beklenmektedir. SSP1-2.6 senaryosunda, yağışın 2060 yılına kadar 880 mm civarına ulaşması beklenmektedir. Buna dayanarak, 2026 yılına kıyasla yağışın 2060 yılına kadar yaklaşık %3 artması öngörülmektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında projeksiyonlar, yağışın 2060 yılına kadar yaklaşık 858,75 mm'ye düşeceğini göstermekte olup (metinde yuvarlanarak yaklaşık 859,0 mm olarak belirtilmiştir), bu durum 2026 yılına göre tahmini %2'lik bir azalmaya tekabül etmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre, yağışın 2060 yılına kadar 844,46 mm'ye (metinde yuvarlanarak yaklaşık 845 mm olarak belirtilmiştir) düşmesi öngörülmekte ve bu da 2026 seviyesine kıyasla yaklaşık %1'lik bir azalmayı temsil etmektedir.

**Kocaeli, Türkiye İçin Yağış Zaman Serisi Anomalisi Projeksiyonu
1950-2100 Çoklu Model Ensemble Referans Dönemi: 1995-2014**



Şekil 2.20 Kocaeli İlinin Öngörülen Yağış Miktarı (Ref. Dönemi: 1995-2014), Çoklu Model Topluluğu

Tablo 2.24 CMIP6'da Yağış (2026-2060) (Dünya Bankası İklim Değişikliği Bilgi Portalı, 2026)

Yıl	SSP 1-2.6 [mm]	SSP 2-4.5 [mm]	SSP 5-8.5 [mm]
2026	855.46	879.55	850.65
2030	847.79	912.17	910.06
2040	855.77	868.30	907.65
2050	876.57	886.09	857.78
2060	880.39	858.75	844.46

4.1.3 İklimle İlişkili Tehlikelerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

ISO 14091'e göre, İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi'nin (İDRD) ilk adımı, Proje Alanını etkileyebilecek iklimle ilişkili tehlikelerin ve bunlar arasında Projenin maruz kalabileceği unsurların belirlenmesini gerektirmektedir. Tehlike belirleme sürecine bir çerçeve çizmek ve rehberlik etmek amacıyla ek literatür kaynakları (örneğin, IPCC Etkiler, Uyum ve Kırılabilirlik Raporu [1], UNEP Finans Girişimi [2], Dünya Bankası Ulusal ve Politika İklim ve Afet Riski Tarama Araçları [3]) dikkate alınmıştır.

Tehlike belirleme sürecinde dikkate alınması gereken temel sorular şunlardır:

- Sahayı etkileyen ve iklim değişikliğiyle ilişkili olabilecek geçmiş olaylar ve temel sorunlar nelerdir?
- Gelecekte geçerli hale gelebilecek iklimle ilişkili tehlikeler nelerdir?

Ülke düzeyindeki en ilgili tehlikeleri belirlemek için Dünya Bankası Grubu – İklim Değişikliği Bilgi Portalı'ndan [4] yararlanılmıştır. Buna ek olarak, Kocaeli İli düzeyindeki incelemeyi detaylandırmak amacıyla, Küresel Afet Azaltma ve Toparlanma Fonu (GFDRR) tarafından Dünya Bankası iş birliğiyle yürütülen ve dünya genelinde üst düzey tehlike değerlendirmesi sağlayan THINK HAZARD portalı [5] kullanılmıştır.

Bu süreçlerin çıktıları, aşağıda seçilen tehlikelerin listesini oluşturmuştur. Bu tehlikeler, risk değerlendirmesine dahil edilmelerinin temel gerekçeleriyle birlikte listelenmiştir.

Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi Tehlikesi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, ortalama maksimum sıcaklıklar Ağustos ayında 29,9°C'ye ulaşırken, en yüksek sıcaklık ise Temmuz ayında 44,1°C olarak kaydedilmiştir.

Bununla birlikte, THINK HAZARD portalına göre, Kocaeli ilinin merkez ve Körfez ilçelerindeki aşırı sıcaklık tehlikesi sırasıyla orta ve düşük olarak sınıflandırılmaktadır. Merkez ilçeler için bu durum, önümüzdeki beş yıl içinde ısı stresiyle sonuçlanacak en az bir uzun süreli aşırı sıcaklığa maruz kalma döneminin meydana gelme olasılığının %25'ten fazla olduğu anlamına gelir. Körfez ilçesi için ise, önümüzdeki beş yıl içinde ısı stresiyle sonuçlanacak en az bir uzun süreli aşırı sıcaklığa maruz kalma döneminin meydana gelme olasılığının %5 ile %25 arasında olduğu anlamına gelmektedir.

Gelecekte yüksek sıcaklıkların daha sık ve yoğun bir şekilde artmasının beklenmesi göz önüne alınarak, Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Orta** olarak belirlenmiştir.

Aşırı Soğuk Tehlikesi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, ortalama minimum sıcaklıklar Ocak ayında 3,3°C'ye kadar düşmekte, en düşük sıcaklık ise Şubat ayında -18,0°C olarak kaydedilmektedir. İldeki sıcaklık artışıyla birlikte gelecekte aşırı soğuk günlerin sıklığı azalacak olsa da, aşırı soğuk tehlikesinin Proje bölgesinde potansiyel bir tehlike oluşturmaya devam edeceği varsayılabilir. Bu nedenle aşırı soğuklar iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Düşük** olarak belirlenmiştir.

Orman Yangınları Tehlikesi

Proje güzergahının, bitki örtüsünün büyük ölçüde belirlenmiş rekreasyon alanlarıyla sınırlı olduğu kentsel bir alandan geçtiği göz önüne alındığında, orman yangınlarına karşı hassasiyet düşük olabilir. Öte yandan, THINK HAZARD portalına göre, Kocaeli ilinin merkez ve Körfez ilçelerindeki orman yangını tehlikesi her iki ilçe için de yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum, herhangi bir yılda hem can hem de mal kaybına yol açabilecek önemli bir orman yangınına destekleyebilecek hava koşullarıyla karşılaşma olasılığının %50'den fazla olduğu anlamına gelir. Buna dayanarak, orman yangınları tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Yüksek** olarak belirlenmiştir.

Şiddetli Rüzgar Tehlikesi

Kocaeli İlinde öngörülen sıcaklık değişimlerinin rüzgar modellerinde değişikliğe yol açması nedeniyle kuvvetli rüzgarlar daha sık veya yoğun hale gelebilir ve bu durum kuvvetli rüzgar olaylarının sıklığını ve şiddetini potansiyel olarak artırabilir.

Marmara Bölgesi için yapılan fırtına klimatolojisi çalışmaları, 2000–2010 yılları arasında 17 istasyonda kaydedilen 279 kuvvetli rüzgarlı gün ve kuzeyli akışla ilişkili kuvvetli rüzgar saatlerinin %77,77'si ile sık fırtına koşulları tespit etmiştir. Ayrıca, bölgesel bir afet envanteri 1975 ve 2020 yılları arasında Kocaeli'de 100 fırtına olayı kaydetmiştir [6][7].

Yakın bir olay olarak, Kocaeli İli 2026 yılının Ocak ayının başlarında şiddetli rüzgar koşullarına maruz kalmış, tahminler bölge genelinde 50–75 km/sa hıza ulaşan sürekli rüzgarlar ve 80–90 km/sa hıza ulaşan yerel fırtına uyarılarında bulunmuştur. Bu uyarılardan kısa bir süre sonra, kuvvetli bir rüzgar fırtınası birkaç ilçeyi etkilemiş; çatı uçmaları dahil genel yapısal hasarlara, ulaşım aksamlarına ve yer yer altyapı kesintilerine neden olmuştur. Bu olay aynı zamanda enkaz kaynaklı tehlikelere ve yerel altyapı hasarlarına yol açmıştır [8][9]. Bu nedenle, kuvvetli rüzgar tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Orta** olarak belirlenmiştir.

Şiddetli Fırtınalar Tehlikesi

Sıcaklıklardaki artış atmosferik nemi artırabilir ve hava modellerini bozarak daha aşırı ve sık fırtına olaylarına yol açabilir.

Kocaeli afet envanteri, 1975 ile 2020 yılları arasında 100 fırtına ve 16 hortum olayı kaydederek il genelinde şiddetli konvektif ve rüzgâr kaynaklı olaylara sürekli maruz kaldığını göstermektedir. Marmara genelindeki fırtına analizleri de bölgedeki şiddetli fırtına sistemlerinin çatı uçmalarına, ulaşım aksamlarına, ani sellere ve diğer önemli etkilere neden olabileceğini vurgulamaktadır [10][11].

Yakın bir olay olarak, Kocaeli İli 2026 yılının Ocak ayında şiddetli bir fırtına olayı yaşamış, güçlü bir rüzgar fırtınası özellikle Körfez ilçesinde büyük hasara yol açmış; burada 186 çatının uçmasına, elektrik hatlarının kopmasına ve kopan kabloların tetiklediği yangın nedeniyle bir konutun tamamen küle dönmesine neden olmuştur. Fırtına günlük hayatı felç etmiş, okulların tatil edilmesine yol açmış ve birçok mahallede önemli altyapı etkilerine neden olmuştur [12]. Bu nedenle, Şiddetli Fırtınalar tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Yüksek** olarak belirlenmiştir

Aşırı Yağışlar Tehlikesi

Sıcaklıklardaki artışın, aşırı yağışlar da dahil olmak üzere ekstrem hava olaylarının olasılığını artırması beklenmektedir.

Marmara Bölgesi'ne yönelik çalışmalar, birçok istasyonda yıllık yağışların ve şiddetli yağış olaylarının arttığını, yağışların daha kısa süreli ve daha yoğun hale gelmesinin beklendiğini bildirmektedir. Ayrıca, Marmara Bölgesi için yapılan bir yağış çalışması, Kocaeli istasyonunun küresel sıcaklıkla pozitif bir korelasyon gösterdiğini ve yakın vadede yukarı yönlü bir yağış eğilimi öngördüğünü ortaya koymuştur [13][14].

Yakın bir olay olarak, 2026 yılının Ocak ayının başlarında Kocaeli, yoğun yağış ve kuvvetli rüzgarı birleştiren şiddetli bir hava sisteminin etkisi altında kalmış ve bu durum birden fazla ilçede yaygın etkilere yol açmıştır. Şiddetli sağanak yağışlar çok sayıda evde su baskınlarına neden olurken, birleşik fırtına koşulları çatı çökmeleri ve su sızması dahil olmak üzere önemli yapısal hasarlara yol açarak birçok konutu geçici olarak yaşanamaz hale getirmiştir [15]. Bu nedenle, Aşırı Yağışlar tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Orta** olarak belirlenmiştir

Sel Tehlikesi

THINK HAZARD portalına göre, Kocaeli ilinin merkez ve Körfez ilçelerindeki sel tehlikesi sırasıyla orta ve düşük olarak sınıflandırılmaktadır. Merkez ilçeler için bu durum, önümüzdeki 10 yıl içinde potansiyel olarak zarar verici ve hayati tehlike arz eden kentsel sellerin meydana gelme olasılığının %20'den fazla olduğu anlamına gelir. Körfez ilçesi için ise, önümüzdeki 10 yıl içinde potansiyel olarak zarar verici ve hayati tehlike arz eden nehir taşkınlarının meydana gelme olasılığının %1'den fazla olduğu anlamına gelmektedir.

Kocaeli afet envanteri, 1975 ile 2020 yılları arasında 71 sel olayı ve 26 su baskını olayı belgelemiştir. Daha geniş Marmara ölçeğinde, son çalışmalar da yoğun ve düzensiz yağış modellerinin dere yataklarında sellere neden olduğunu ve Marmara Denizi çevresindeki karasal yağış uç değerlerinin zamanla arttığını göstermektedir [16][17][18].

Diğer taraftan, yakın bir olay olarak 2025 yılının Ekim ayında, Kocaeli İli genelinde şiddetli yağışların ani sel, su baskını ve ulaşım aksamalarına yönelik resmi uyarıları tetiklemesiyle önemli bir sel riskiyle karşı karşıya kalınmıştır. Yetkililer, ani yüzey selleri, yağmur suyu birikmesi ve tehlikeli koşullar potansiyeline karşı vatandaşları uyararak, alçak alanlardan kaçınmaları ve ani su seviyesi yükselmelerine karşı koruyucu önlemler almaları konusunda çağrıda bulunmuştur [19]. Bu nedenle, sel tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Orta** olarak belirlenmiştir.

Dolu Tehlikesi

Sıcaklık artışı ve dolu oluşumu olasılığını artıran şiddetli fırtınalar nedeniyle dolu olayları daha sık ve yoğun hale

gelebilir.

Bölgesel afet envanteri, 1975 ile 2020 yılları arasında Kocaeli'de 21 dolu olayı kaydederek dolunun il genelinde gözlenen bir hidrometeorolojik tehlike olduğunu doğrulamıştır [20].

Yakın bir olay olarak, 2025 yılının Nisan ayında Kocaeli İli, kısa süreli ancak dikkat çekici aksamalara neden olan beklenmedik bir dolu olayı yaşamıştır. Hava durumundaki ani değişiklik yoğun dolu yağışına yol açarak görüş mesafesini azaltmış ve bölgedeki hızlı, kısa süreli dolu fırtınalarıyla ilişkili yerel trafik güvenliği riskleri oluşturmuştur [21]. Bu nedenle, dolu tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Düşük** olarak belirlenmiştir.

Kuraklık ve Su Stresi Tehlikesi

Yüksek sıcaklıkların daha fazla buharlaşma oranlarına yol açarak toprak nemini ve su mevcudiyetini azaltması nedeniyle kuraklık ve su stresi olayları daha sık ve yoğun hale gelebilir. Ayrıca, değişen yağış modelleri daha az güvenilir yağışlara neden olarak kurak dönemleri daha sık ve şiddetli hale getirebilir.

THINK HAZARD portalına göre, Kocaeli ilinin merkez ve Körfez ilçelerindeki su kıtlığı tehlikesi yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum, kuraklıkların ortalama her 5 yılda bir meydana gelmesinin beklendiği anlamına gelir. Bu nedenle, Kuraklık ve Su Stresi tehlikesi iklim değişikliği risk değerlendirmesine dahil edilmiştir. Buna göre tehlike sınıfı **Yüksek** olarak belirlenmiştir.

Su Seviyesi Yükselmesi Tehlikesi

Climate Central'a [22] göre, IPCC 2021 projeksiyonlarına dayanarak, Proje ömrü boyunca Kocaeli İli için herhangi bir deniz seviyesi yükselmesi öngörülmemektedir. Projeksiyonlar, küresel deniz seviyelerinin yükselmesi beklenirken, Kocaeli İli kıyı bölgesinin Projenin altyapısını veya operasyonlarını etkileyebilecek herhangi bir değişiklik yaşamayacağını göstermektedir. Sonuç olarak, deniz seviyesi yükselmesi iklim değişikliği risk değerlendirmesinden hariç tutulmuştur.

4.1.3.1 Maruz Kalma Değerlendirmesi

Proje Alanını potansiyel olarak etkileyebilecek tehlikeler belirlendikten sonra, Projenin her bir tehlikeye karşı maruz kalma durumu ele alınmıştır. Maruz Kalma Değerlendirmesindeki temel soru şudur:

- Seçilen iklimle ilişkili tehlikelerden herhangi birinin Proje Alanını vurması durumunda Proje bundan etkilenir mi?

Değerlendirmede Projenin kendine özgü nitelikleri ve özellikleri dikkate alınmıştır.

Tablo 2.25 Maruz Kalma Değerlendirmesi

Tehlike	Tehlike Türü	Maruziyet	Gerekçe
Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi	Akut & Kronik	Evet	Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi, özellikle istasyonların yer üstü bölümlerinde, tren

Tehlike	Tehlike Türü	Maruziyet	Gereke
			depolama ve park alanında ve elektromekanik sistemlerde hizmet güvenilirliğini ve varlık performansını etkileyebilir.
Aşırı Soğuk	Akut	Evet	Aşırı soğuk, özellikle istasyonların yer üstü bölümlerinde, tren depolama ve park alanında ve elektromekanik sistemlerde operasyonları kesintiye uğratabilir ve performansı düşürebilir; bu durum arızaları potansiyel olarak artırabilir ve geçici hizmet etkilerine neden olabilir.
Orman Yangınları	Akut	Evet	Proje güzergahı, bitki örtüsünün büyük ölçüde belirlenmiş rekreasyon alanlarıyla sınırlı olduğu kentsel bir alandan geçmesine rağmen, orman yangınları temel olarak istasyonlar, tren depolama ve park alanı, elektromekanik sistemler ve hava/havalandırma girişleri üzerindeki etkileri nedeniyle operasyonları kesintiye uğratabilir
Güçlü Rüzgar	Akut	Evet	Kuvvetli rüzgarlar, özellikle istasyonların yer üstü bölümlerinde ve tren depolama ve park alanında operasyonları kesintiye uğratabilecek güvenlik tehlikeleri yaratabilir ve yerel hasarlara neden olabilir
Şiddetli Fırtınalar	Akut	Evet	Şiddetli Fırtınalar, yer altı sistemiyle olan arayüzlerde olası su girişleri ve potansiyel elektrik kesintileri ile birlikte özellikle istasyonlarda, tren depolama ve park alanında ve elektromekanik sistemlerde operasyonel aksamalara ve potansiyel hasara neden olabilir.
Aşırı Yağışlar	Akut	Evet	Aşırı Yağışlar, drenaj sistemini yetersiz bırakarak ve su girişi/göllenme riskleri yaratarak istasyonları, tren depolama ve park alanını ve elektromekanik sistemleri etkileyebilir; operasyonel aksamalara ve yerel hasarlara neden olabilir
Sel	Akut	Evet	Sel/Su Baskını; istasyon erişimlerini, tren depolama ve park alanını, elektromekanik sistemleri etkileyerek operasyonları önemli ölçüde kesintiye uğratabilir ve bazı durumlarda açık açıklıklardan yer altı sistemine sirayet edebilir.

Tehlike	Tehlike Türü	Maruziyet	Gerekçe
Hail	Akut	Evet	Dolu, temel olarak istasyonların açıkta kalan yer üstü bölümlerine ve tren depolama ve park alanına zarar vererek operasyonları kesintiye uğratabilir.
Kuraklık ve Su Stresi	Akut, Kronik	Evet	Kuraklık ve Su Stresi, su kıtlığı nedeniyle suya bağımlı istasyon operasyonlarını kısıtlayabilir.

Proje, Proje Alanını potansiyel olarak etkileyen iklimle ilişkili tüm ilgili tehlikelere maruz kalıyor olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, daha ileri düzeyde değerlendirilmek üzere hepsi kapsama dahil edilmiştir.

4.2 Hassasiyet, Uyum Kapasitesi ve Kırılganlık Değerlendirmesi

4.2.1 Hassasiyet

Her bir tehlike için Hassasiyet, söz konusu tehlikeye maruz kalma potansiyeli olan Proje özelliklerine göre seçilen bir dizi göstergeye dayanarak niteliksel olarak karakterize edilmiştir.

Son adım, değerlendirme süreci boyunca toplanan tüm bilgileri (bunların göreceli önemini, güvenilirliğini ve eksiksizliğini de göz önünde bulundurarak) bir araya getirerek bir Hassasiyet sınıfı (“Yüksek”, “Orta” veya “Düşük”) atamak olmuştur. Göstergelerin tutarsız olması nedeniyle değerlendirmenin belirsiz olduğu durumlarda, daha yüksek bir Hassasiyet sınıfı atanarak muhafazakar (temkinli) bir yaklaşım benimsenmiştir.

Projenin her bir tehlikeye karşı Hassasiyeti, değerlendirmeyi gerekçelendiren temel hususlarla birlikte aşağıda sunulmaktadır.

Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunması sebebiyle, yüksek ortam sıcaklıklarına doğrudan maruz kalma sınırlıdır. Ancak Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi, aşırı ısınmaya karşı hassas olan elektromekanik sistemler ve tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir kısmı için hala önemli riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Orta** olarak belirlenmiştir:

- Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi, özellikle tren depolama ve park alanında ray hatlarının genleşmesine ve potansiyel olarak deforme olmasına veya bükülmesine yol açarak hat hizasının bozulmasına ve raydan çıkma riskinin artmasına neden olabilir. Bu durum tren gecikmelerine, hizmet kesintilerine yol açabilir ve yolcuların güvenliğini tehlikeye atabilir.
- Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi, elektromekanik sistemlerde elektriksel arızalara veya aksamalara neden olabilir. Bu durum elektrik kesintileriyle sonuçlanabilir, metro operasyonlarını etkileyebilir ve çalışanlar ile yolcular için güvenlik tehlikeleri oluşturabilir.

Aşırı Soğuk

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında yer alması nedeniyle, şiddetli soğuktan doğal olarak yalıtılması beklenmektedir. Bununla birlikte, tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir

kısmı donma koşullarına maruz kalabilir. Açıkta kalan yerlerdeki elektromekanik sistemlerin verimliliğinde de düşüş yaşanabilir. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet Düşük olarak belirlenmiştir:

- Soğuk sıcaklıklar, özellikle tren depolama ve park alanında ray hatlarının büzülmesine neden olabilir; bu durum boşluklar yaratarak hızasızlıklara veya kırılmalara yol açabilir. Bu büzülme, hattın düzgünlüğünü bozabilir ve raydan çıkma riskinin artmasına neden olabilir. Bu da tren gecikmelerine, bakım maliyetlerinin artmasına ve yolcular için güvenlik risklerine yol açabilir.
- Aşırı soğuk, belirli bileşenlerdeki elektriksel direnci artırarak ve açıkta kalan alanların yakınında veya içinde bulunan sensörlerin tepki sürelerini yavaşlatarak elektromekanik sistemlerin performansını bozabilir. Bu tür bir performans düşüşü; sinyalizasyon gecikmelerine, hatalı sensör ölçümlerine ve makas cihazlarının arızalanmasına yol açarak sistem güvenilirliğini azaltabilir..

Orman Yangınları

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunması ve Proje güzergahının, bitki örtüsünün büyük ölçüde belirlenmiş rekreasyon alanlarıyla sınırlı olduğu kentsel bir alandan geçmesi nedeniyle, orman yangını tehlikelerine doğrudan maruz kalmanın minimum düzeyde olması beklenmektedir. Sadece istasyon giriş yapıları ile tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir kısmı dumandan veya radyant ısıdan etkilenebilir. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet Düşük olarak belirlenmiştir:

- Orman yangınları, yer üstü metro hattına ve tren depolama ve park alanına önemli zararlar verebilir. Bu zarar, uzun süreli onarımlara, hizmet kesintilerine ve operasyonel maliyetlerin artmasına neden olarak yolcu taşımacılığını olumsuz etkileyebilir.
- Orman yangınları, yolcuları tehlikeli dumana ve yoğun ısıya maruz bırakarak onlar için doğrudan risk oluşturur. Bu durum, yolcularda sağlık sorunlarına, olası tahliyelere ve acil durumlarda yasal yükümlülüklerin artmasına yol açabilir.

Kuvvetli Rüzgar

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunması sebebiyle, kuvvetli rüzgarlardan doğal olarak yalıtılması beklenmektedir. Ancak istasyon giriş yapıları ve tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir kısmı, rüzgar basıncına ve uçuşan enkaza karşı hassasiyetini korumaktadır. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet Düşük olarak belirlenmiştir:

- Rüzgarın sürüklediği enkaz ray hatlarını tıkararak tren depolama ve park alanındaki metro operasyonları için potansiyel tehlikeler yaratabilir. Sürekli esen kuvvetli rüzgarlar, hat yatağının yeterince emniyete alınmaması durumunda hat hızasının bozulmasına yol açarak potansiyel olarak raydan çıkmalara neden olabilir. Bu durum ciddi kazalara, yolcuların yaralanmasına ve metro hizmetlerinde önemli gecikmelere yol açabilir.
- Kuvvetli rüzgarlar giriş kanopilerinin, cephe panellerinin ve cam sistemlerinin yerinden çıkmasına neden olabilir. Bu tür yerinden çıkmalar; şiddetli rüzgar olayları sırasında kısmi giriş arızalarına, hizmet kısıtlamalarına ve hızlandırılmış bakım gereksinimlerine yol açabilir.

Şiddetli Fırtınalar

Şiddetli Fırtınalar; rüzgar, yoğun yağış ve ani çevresel değişimler yoluyla istasyon giriş yapıları ile tren depolama ve park alanı gibi yer üstü tesislerini etkileyebilir. Tüneller ve istasyonlar gibi yer altı yapıları rüzgara karşı korunaklı

olsa da, fırtına olayları sırasında dolaylı olarak su sızıntısı veya drenaj aşırı yüklenmesi yaşayabilirler. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Orta** olarak belirlenmiştir:

- Şiddetli Fırtınalar; sel, enkaz veya kuvvetli rüzgarlar nedeniyle tren depolama ve park alanında hat hasarına yol açabilir. Şiddetli yağmur hat yatağını aşındırarak hizasızlığa veya dayanıksızlığa neden olabilir. Kuvvetli rüzgarlar rayların üzerine enkaz üfleyerek metro operasyonları için tehlike oluşturabilir. Bu durum hizmet aksamalarına, bakım maliyetlerinin artmasına ve yolcu güvenliğini tehlikeye atacak şekilde raydan çıkma riskinin yükselmesine neden olabilir.
- Fırtınalar; yoğun yağış, sel ve kuvvetli rüzgarlar nedeniyle istasyon giriş yapılarına, havalandırma şaftlarına ve tünel portallarına önemli zararlar verebilir. Sel suları erişim noktalarına sızabilir ve sığ temelleri veya merdiven boşluğu döşemelerini aşındırabilir; rüzgar yükleri ve enkaz ise kanopileri, camları ve cephe bağlantılarını zorlayabilir. Tünel portallarında yoğun yağış ve rüzgarın taşıdığı enkaz portal drenajını yetersiz bırakabilir ve balast/altyapı aşınmasına (washout) neden olabilir. Bu yapılara zarar gelmesi acil onarımlar gerektirebilir, bu da uzun süreli hizmet kesintilerine ve operasyonel giderlerin artmasına neden olur.
- Tren depolama ve park alanındaki elektromekanik sistemler, fırtına kaynaklı yüzeysel akışa ve enkaza özellikle maruz kalmaktadır; bu durum makas arızası ve açık hava elektrik panolarının hasar görme riskini artırır. Sonuç olarak ortaya çıkan arızalar acil müdahaleler gerektirebilir, bu da uzun süreli hizmet kısıtlamalarına, yüksek bakım ve operasyonel maliyetlere yol açar.

Aşırı Yağışlar

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunmasına rağmen, aşırı yağışlar drenajın aşırı yüklenmesi ve istasyon giriş yapıları ile şaftlar vasıtasıyla sızma (infiltrasyon) risklerini artırmaktadır. Diğer taraftan, yüksek geçirimsiz yüzeye ve kısıtlı drenaja sahip yoğun bir kentsel ortamda, sağanak yağış akışı alçak seviyedeki istasyon giriş yapılarına ve portal girişlerine doğru hızla yönelebilir. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Yüksek** olarak belirlenmiştir:

- Şiddetli yağış, tren depolama ve park alanında ray hat yatağının aşınmasına yol açarak kararsızlığa ve hizasızlığa neden olabilir. Sel baskınları hat temelini altüst ederek güvenlik tehlikeleri ve operasyonel aksamalar yaratabilir. Aşırı su birikmesi de hat deformasyonuna veya kararsızlığına katkıda bulunabilir. Bu durum metro işletiminde gecikmelere, bakım maliyetlerinin artmasına ve yolcu güvenliğini tehlikeye atacak şekilde raydan çıkma riskinin yükselmesine neden olabilir.
- Aşırı yağışlar kentsel drenajı ve birleşik kanalizasyon sistemlerini aşırı yükleyebilir; istasyon giriş yapıları, havalandırma şaftları ve portal drenajları üzerinden geri tepmeye (backflow) neden olabilir. Buna bağlı olarak, hızlı sağanak akışı alçak konumdaki girişlerde ve tünel portallarında drenajları yetersiz bırakabilir, siltasyona ve yerel oyulmaya yol açan göllenme ile su girişlerine neden olabilir. Bu durum operasyonel gecikmelere ve artan bakım maliyetlerine yol açabilir.
- Aşırı yağışlar tren depolama ve park alanında su birikmesine neden olarak; makas motorları, sinyalizasyon sistemleri ve güç dağıtım üniteleri gibi elektromekanik ekipmanlara su girmesine yol açabilir. Bu durum kısa devrelere, korozyona ve ekipman arızalarına neden olarak bakım gereksinimlerini artırabilir ve operasyonel aksamalara yol açabilir.

Sel

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında yer almasına rağmen, suun istasyon giriş yapıları, havalandırma şaftları veya tünel portallarından hızla içeri girebilmesi nedeniyle sel önemli bir risk oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak sel; hizmet kesintisine, yapısal hasara ve güvenlik risklerine neden olabilir. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Yüksek** olarak belirlenmiştir:

- Sel, hat yatağını ve destekleyici altyapıyı aşındırarak tren depolama ve park alanındaki ray hatlarının stabilitesini bozabilir. Suyla dolmuş hat yatakları hizasızlığa, bükülmeye ve hatta raydan çıkmalara yol açabilir. Sürekli sel baskınları demiryolu hatlarında uzun vadeli hasara neden olabilir. Bu durum ciddi kazalara, artan bakım maliyetlerine ve metro hizmetlerinde yolcu güvenliğini tehlikeye atan önemli gecikmelere yol açabilir.
- Kentsel alanlardaki seller drenaj sistemlerini yetersiz bırakabilir, istasyon girişleri ile tren depolama ve park alanı gibi yer üstü bölümlerinin çevresinde su birikmesine yol açabilir. Bu durum elektrik odalarına ve elektromekanik sistemlere (örneğin sinyalizasyon, güç kaynağı ve makas ekipmanları) su girmesine neden olarak arızalara yol açabilir ve bakım ihtiyaçlarını artırabilir.
- Yüzeysel akış, girişler ve havalandırma şaftları yoluyla tünel portallarına ve istasyonlara sızabilir; bu da operasyonları potansiyel olarak aksatabilir ve geçici hizmet kesintileri gerektirebilir.
- Sel kaynaklı ekipman arızaları veya erişim kısıtlamaları tren hareketlerini ve bakım faaliyetlerini geciktirebilir, operasyonel güvenilirliği ve potansiyel olarak yolcu güvenliğini etkileyebilir.

Dolu

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunması nedeniyle, bu bileşenler için doğrudan dolu maruziyeti beklenmemektedir. Sadece istasyon giriş yapıları ile tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir kısmı cam hasarı, ezilme veya ekipman darbeleri riski altındadır. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Düşük** olarak belirlenmiştir:

- Dolu; istasyon giriş yapılarına, tren depolama ve park alanına ve açık havadaki elektromekanik ekipmanlara fiziksel zarar verebilir. Büyük dolu taneleri kanopilere, camlara ve cephe bağlantılarına zarar vererek operasyonel aksamalara ve ek bakım gereksinimlerine yol açabilir.
- Koruyucu kapakların ve teknik muhafazaların zarar görmesi veya enkazla dolması, yer üstündeki elektromekanik sistemlerin işlevselliğini geçici olarak etkileyebilir ve ek bakım gereksinimlerine yol açabilir.

Kuraklık ve Su Stresi

Altyapının çoğunun (yani metro hattı, tüneller, istasyonlar) yer altında bulunması ve Proje güzergahının büyük ölçüde asfaltlanmış/betonlanmış kentsel alanlardan geçmesi nedeniyle, Kuraklık ve Su Stresi ile ilgili tehlikelere doğrudan maruz kalmanın minimum düzeyde olması beklenmektedir. Sadece tren depolama ve park alanı gibi yer üstü varlıklarının küçük bir kısmı toprak büzülmesinden ve zemin oturmasından etkilenebilir. Bu nedenle, aşağıdaki nedenlerden ötürü genel hassasiyet **Düşük** olarak belirlenmiştir:

- Kentsel alanlarda uzun süreli Kuraklık ve Su Stresi, toprak büzülmesine ve küçük zemin hareketlerine yol açabilir; bu durum tren depolama ve park alanındaki yer üstü hat kesimlerini etkileyerek denetim ve bakım gereksinimlerini potansiyel olarak artırabilir.

4.2.2 Uyum Kapasitesi

Hassasiyet gibi, Uyum Kapasitesi de iklimle ilişkili tehlikelerin neden olabileceği potansiyel etkilerden kaçınmak, bunları önlemek veya azaltmak amacıyla bu İDRD'ye dahil edilen tüm farklı Proje bileşenlerinin tasarımında dikkate alınmış olan en ilgili uyum kapasitesi önlemlerinin belirlenmesine dayanarak niteliksel olarak değerlendirilmiştir.

Son adım, değerlendirme süreci boyunca toplanan tüm bilgileri (bunların göreceli önemini, güvenilirliğini ve eksiksizliğini de göz önünde bulundurarak) genel Proje için bir Uyum Kapasitesi sınıfı (“Yüksek”, “Orta” veya “Düşük”) atamak olmuştur. Değerlendirmenin tutarsız bilgilere dayanması nedeniyle belirsiz olduğu durumlarda, daha düşük bir Uyum Kapasitesi sınıfı atanarak muhafazakar bir yaklaşım benimsenmiştir.

Projenin her bir tehlikeye karşı Uyum Kapasitesi, değerlendirmeyi gerekçelendiren temel hususlarla birlikte aşağıda sunulmaktadır.

Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi

Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresine karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Orta** olarak değerlendirilmiştir:

- Ağırlıklı olarak yer altından geçen güzergah (20-35 m derinlikteki çift tüplü tüneller) doğal bir termal tamponlama sağlayacak ve ray hatları ile peronlar üzerindeki ısı yüklerini azaltacaktır.
- Yüksek kapasiteli havalandırma şaftları ve acil durum fanları aktif ısı tahliyesini mümkün kılabilir ve operatörler Merkezi Denetleme ve Veri Toplama (“SCADA”) otomasyon sistemi aracılığıyla hava akışını gerçek zamanlı olarak optimize edebilir.
- İklimlendirilmiş elektromekanik odalar ve SCADA tabanlı sıcaklık alarmları, aşırı ısınmanın erken tespitine ve gerektiğinde kontrollü ekipman kapatmalarına olanak tanıyacaktır.

Aşırı Soğuk

Aşırı Soğuğa karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Orta** olarak değerlendirilmiştir:

- Yer altı derinliği, çekirdek varlıkları dondurucu sıcaklıklardan yalıtacak ve tüneller ile yolcu alanlarında buz oluşumunu sınırlayacaktır.
- SCADA denetimli güç ve elektromekanik sistemler, açıkta kalan bileşenler için ısı izleme (heat-tracing) ve mahal ısıtma stratejilerini destekleyebilir, sistem ise hızlı müdahale için anomalileri işaretleyebilir.
- Kapalı istasyon binaları ve dikey taşıma sistemleri (asansörler/yürüyen merdivenler), soğuk dalgaları sırasında güvenli sirkülasyonu sağlamak için kontrollü iç mekan koşullarını koruyabilir.

Orman Yangınları

Orman Yangınlarına karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Orta** olarak değerlendirilmiştir:

- Ağırlıklı olarak yer altından geçen güzergah (20-35 m derinlikteki çift tüplü tüneller), orman yangınlarına karşı doğal bir termal tamponlama sağlayacak ve ray hatları ile peronlar üzerindeki ısı yüklerini azaltacaktır.
- Havalandırma sistemi, tünellere ve peronlara duman girişini sınırlamak için duman tahliyesini ve basınç yönetimini destekleyebilir.
- SCADA, fanların uzaktan çalıştırılmasını sağlayabilir, böylece operatörler duman kontrol modlarını derhal devreye sokabilir.

Kuvvetli Rüzgar

Kuvvetli Rüzgara karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** [HG1] [SK2] olarak değerlendirilmiştir:

- Tüneller ve istasyonlar da dahil olmak üzere ağırlıklı olarak yer altından geçen güzergah, rüzgar yüklerine karşı doğası gereği korunacaktır.

Siddetli Fırtınalar

Şiddetli Fırtınalara karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** [HG3] [SK4] olarak değerlendirilmiştir:

- Tüneller ve istasyonlar da dahil olmak üzere ağırlıklı olarak yer altından geçen güzergah, rüzgarla taşınan enkazın temel demiryolu operasyonları üzerindeki etkilerini azaltacaktır.
- Drenaj şebekesi ve pompa istasyonları fırtınalar sırasında aktif su tahliyesi sağlayabilir, SCADA ise gerçek zamanlı seviye izleme, otomatik pompa başlatma ve arıza bildirimi sağlayabilir.

Aşırı Yağışlar

Aşırı Yağışlara karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** olarak değerlendirilmiştir:

- Tünel drenaj düzeni ve stratejik olarak konumlandırılmış pompa istasyonları sızan ve yağan suları uzaklaştırabilir, SCADA ise gerçek zamanlı seviye izleme, otomatik pompa başlatma ve arıza bildirimi sağlayabilir.

Sel

Sel/Su Baskınına karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** olarak değerlendirilmiştir:

- Tünel drenaj düzeni ve stratejik olarak konumlandırılmış pompa istasyonları, tünellerden ve istasyonlardan suyun bölgesel olarak hapsedilmesini ve kontrollü bir şekilde tahliye edilmesini

sağlayabilir, SCADA ise gerçek zamanlı seviye izleme, otomatik pompa başlatma ve arıza bildirimi sağlayabilir.

Dolu

Doluya karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** [SK5] olarak değerlendirilmiştir:

- Tüneller ve istasyonlar da dahil olmak üzere ağırlıklı olarak yer altından geçen güzergah, dolu etkilerine karşı doğası gereği korunacaktır.

Kuraklık ve Su Stresi

Kuraklık ve Su Stresine karşı genel Uyum Kapasitesi, aşağıdaki uyum önlemleri göz önünde bulundurularak **Düşük** [SK6] olarak değerlendirilmiştir:

- Havalandırma, güç kaynağı ve SCADA gibi temel sistemler proses suyu yerine elektriğe dayanacaktır; bu durum kısıtlı su kaynaklarına olan operasyonel bağımlılığı azaltacaktır.

4.2.3 Kırılgenlik

Her bir tehlike için potansiyel etkilerin ve sonuçların büyüklüğü, Hassasiyet ve Uyum Kapasitesi birleştirilerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.21'de gösterilen matris uygulanarak niteliksel bir yaklaşım kullanılmıştır.

KIRILGANLIK				
		DUYARLILIK		
ADAPTİF KAPASİTE		Düşük	Orta	Yüksek
	Yüksek	En Düşük	Düşük	Orta
	Orta	Düşük	Orta	Yüksek
	Düşük	Düşük	Yüksek	En Yüksek

Şekil 2.20 Kırılgenlik Matrisi

Buna göre, Tablo 4.23 uyarınca Proje, "En Yüksek" olarak değerlendirilen Aşırı Yağışlar ve Sel/Su Baskınına karşı en kırılgen durumda çıkarken, Şiddetli Fırtınaların kırılgenliği da "Yüksek" olarak sonuçlanmıştır. Diğer taraftan Proje, Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresine karşı "Orta" kırılgenliğe; Aşırı Soğuk, Orman Yangınları, Kuvvetli Rüzgar, Dolu ve Kuraklık ve Su Stresine karşı ise "Düşük" kırılgenliğe sahip çıkmıştır.

Tablo 2.26 Kırılabilirlik Değerlendirmesi

Tehlike	Hassasiyet	Uyum Kapasitesi	Kırılabilirlik
Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi	Orta	Orta	Orta
Aşırı Soğuk	Düşük	Orta	Düşük
Orman Yangınları	Düşük	Orta	Düşük
Kuvvetli Rüzgar	Düşük	Düşük	Düşük
Şiddetli Fırtınalar	Orta	Düşük	Yüksek
Aşırı Yağışlar	Yüksek	Düşük	En Yüksek
Sel	Yüksek	Düşük	En Yüksek
Dolu	Düşük	Düşük	Düşük
Kuraklık ve Su Stresi	Düşük	Düşük	Düşük

4.3 Risk Değerlendirmesi

İklim Değişikliği Riski, Şekil 4.22'de verilen matrisi temel alan niteliksel mülahazalara göre, Kırılabilirlik ve Tehlike seviyeleri birleştirilerek değerlendirilmiştir.

RİSK					
	KIRILGANLIK / ZARAR GÖREBİLİRLİK				
TEHLİKELER	En Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	En Yüksek
En Düşük	En Düşük	En Düşük	Düşük	Düşük	Orta
Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Orta
Orta	Düşük	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek	En Yüksek
En Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	En Yüksek	En Yüksek

Şekil 2.21 Risk Matrisi

Sonuçların bir özeti Tablo 4.24'te sunulmaktadır.

Tablo 2.27 Risk Değerlendirmesi

Tehlike	Kırılganlık	Tehlike Sınıfı	Risk
Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi	Orta	Orta	Orta
Aşırı Soğuk	Düşük	Düşük	Düşük
Orman Yangınları	Düşük	Yüksek	Orta
Kuvvetli Rüzgar	Düşük	Orta	Orta
Şiddetli Fırtınalar	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Aşırı Yağışlar	En Yüksek	Orta	Yüksek
Sel	En Yüksek	Orta	Yüksek
Dolu	Düşük	Düşük	Düşük
Kuraklık ve Su Stresi	Düşük	Yüksek	Orta

4.4 Risk Azaltıcı Eylemler ve Sonuçları

İDRD (İklim Değişikliği Risk Değerlendirmesi), iklim değişikliğinin bir sonucu olarak farklı emisyon senaryolarına göre ve Proje ömrü boyunca şu andaki veya gelecekteki iklimle ilişkili en kritik risklerin belirlenmesine yardımcı olmuştur.

Değerlendirme; Şiddetli Fırtınalar, Aşırı Yağışlar ve Sel/Su Baskını "Yüksek" risk seviyeleri ile iklimle ilişkili en kritik riskler olarak belirlemiştir. Diğer taraftan; Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi, Orman Yangınları, Kuvvetli Rüzgar ve Kuraklık ve Su Stresi "Orta" seviyeli risk olarak sınıflandırılırken, Aşırı Soğuk ve Dolu "Düşük" seviyeli risk olarak tanımlanmıştır.

Bu sonuçlara dayanarak, iklim risklerini azaltmak için bir dizi risk azaltıcı önlem belirlenmiştir. Bu liste kapsamlı veya bağlayıcı olmamakla birlikte, gelecekteki uyum planlaması için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Eylemler, risk seviyelerine ve etkinlikleri için beklenen zaman dilimine göre önceliklendirilmelidir.

Bu bölüm, genel olarak Proje için faydalı olabilecek ve genel anlamda iklim değişikliği kaynaklı risklere karşı direnç seviyesinin artırılmasına yardımcı olacak önlemlerin bir listesi ile başlamaktadır. Ardından, İDRD sonuçlarına göre en kritik risklerden en az kritik risklere doğru önceliklendirilmiş, riske özel önlemlerin bir listesi gelmektedir.

Tüm Riskler

- Herhangi bir potansiyel sorunun erken tespiti, zamanında bakım ve müdahalelerin yapılabilmesi için metro hattı ve yapıları düzenli olarak izlenmelidir.
- İşletme güvenliğini sağlamak ve aksamaları en aza indirmek amacıyla, iklim kaynaklı hasarları tespit etmek ve gidermek için aşırı iklim olaylarından sonra metro hattı ve yapıları izlenmelidir.

- Personeli, altyapıyı ve hizmetleri korumak amacıyla hızlı ve koordineli eylemler gerçekleştirebilmek ve iklim risklerini ele almak için Acil Duruma Hazırlık ve Müdahale Planı uygulanmalı ve düzenli olarak güncellenmelidir.
- İklimle ilişkili arızalar durumunda hizmetin kesintisiz devam etmesini sağlamak amacıyla güvenlik ve operasyonel sistemler için yedek ve acil durum kapasitesi güvence altına alınmalıdır.
- Bu ekstrem koşullar sırasında müdahale stratejilerini uygulamak amacıyla, ekstrem hava koşullarına (aşırı yağış, aşırı sıcaklık vb.) yönelik hava tahminleri yakından takip edilmelidir.
- İklim değişikliği riskleri ve uyum stratejileri konusunda daha derin bir anlayış geliştirmek amacıyla, tüm çalışanlar genelinde bilgi ve farkındalık artırma faaliyetlerine öncelik verilmelidir.
- Projenin iklim zorluklarına uyum sağlama yeteneğini artırmak amacıyla paydaşlar arasında iş birliğini içeren, iklim direncine yönelik ortaklık yaklaşımı benimsenmelidir.

Siddetli Fırtınalar

- Enkazın raylardan derhal temizlenmesini sağlamak amacıyla tren depolama ve park alanında düzenli denetimler yapılmalıdır.
- Erozyonu ve hat yatağı kararsızlığını önlemek için fırtınalardan önce drenaj girişleri temizlenmelidir.
- Yoğun yağış tahmin edildiğinde kullanılmak üzere istasyon giriş yapıları, tünel portalları ve tren depolama ve park alanında kurulmaya hazır (taşınabilir) sel bariyerleri önceden konumlandırılmalıdır.
- Fırtına kaynaklı yüzeysel akış ve enkaz etkilerini azaltmak amacıyla, tren depolama ve park alanındaki açık hava elektromekanik panoları/muhafazaları kontrol edilmeli ve geçici olarak kapatılmalıdır.
- Tünel portallarında ve tren depolama ve park alanında balast/altyapı aşınması (washout); istasyon giriş yapılarında ise kanopi/cam hasarı olup olmadığını belirlemek için fırtına sonrası denetimler yapılmalıdır.
- Denetimler stabiliteyi onaylayana kadar tren depolama ve park alanından geçişlerde geçici hız ve güzergah kontrolleri uygulanmalıdır.

Aşırı Yağışlar

- Erozyonu ve hat yatağı kararsızlığını önlemek için şiddetli yağışlardan önce drenaj girişleri temizlenmelidir.
- Yoğun yağış tahmin edildiğinde kullanılmak üzere istasyon giriş yapıları, tünel portalları ve tren depolama ve park alanında kurulmaya hazır sel bariyerleri önceden konumlandırılmalıdır.
- Kısa devre ve korozyonu önlemek amacıyla, tren depolama ve park alanındaki açık hava elektromekanik ekipmanları yükseltilmeli ve damlalıklı kenarlarla (drip-edges) donatılmalıdır.
- Sel olayları sırasında hızlı hareket edilmesini kolaylaştırmak amacıyla acil durum tahliye yolları ve prosedürleri oluşturulmalıdır.

- Tünel portallarında ve tren depolama ve park alanında balast/altyapı aşınması (washout) olup olmadığını belirlemek için fırtına sonrası denetimler yapılmalıdır.
- Denetimler stabiliteyi onaylayana kadar tren depolama ve park alanından geçişlerde geçici hız ve güzergah kontrolleri uygulanmalıdır..

Sel

- Proje için Sel Riski Değerlendirmesi gerçekleştirilmelidir.
- Enkazın raylardan derhal temizlenmesini sağlamak amacıyla tren depolama ve park alanında düzenli denetimler yapılmalıdır.
- Erozyonu ve hat yatağı kararsızlığını önlemek için sel olaylarından önce drenaj girişleri temizlenmelidir.
- Sel olayı tahmin edildiğinde kullanılmak üzere istasyon giriş yapıları, tünel portalları ve tren depolama ve park alanında kurulmaya hazır sel bariyerleri önceden konumlandırılmalıdır.
- Fırtına kaynaklı yüzeysel akış ve enkaz etkilerini azaltmak amacıyla, tren depolama ve park alanındaki açık hava elektromekanik panoları/muhafazaları kontrol edilmeli ve geçici olarak kapatılmalıdır.
- Sel olayları sırasında hızlı hareket edilmesini kolaylaştırmak amacıyla acil durum tahliye yolları ve prosedürleri oluşturulmalıdır.
- Tünel portallarında ve tren depolama ve park alanında balast/altyapı aşınması (washout) olup olmadığını belirlemek için sel sonrası denetimler yapılmalıdır.
- Denetimler stabiliteyi onaylayana kadar tren depolama ve park alanından geçişlerde geçici hız ve güzergah kontrolleri uygulanmalıdır.

Aşırı Sıcaklık ve Isı Stresi

- Hizasızlık, ray stresi ve makas kusurlarını tespit etmek amacıyla tren depolama ve park alanında sıcak hava ray ve makas denetimleri yapılmalıdır.
- Hat geometrisinin sınır değerlerde olduğu yerlerde riski azaltmak amacıyla, sıcaklığın zirve yaptığı saatlerde tren depolama ve park alanından geçişlerde hız ve güzergah ayarlamaları uygulanmalıdır.
- Aşırı ısınmayı sınırlamak amacıyla açık havadaki elektromekanik kabinler için güneş gölgelendirmesi ve doğal havalandırma sağlanmalıdır.
- Elektronik aksamı güvenli sıcaklık sınırları içinde tutmak amacıyla, sıcak hava dalgaları öncesinde elektromekanik kabinlerdeki Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme ("HVAC") performansı doğrulanmalıdır.

Orman Yangınları

- Güvenli bir savunma alanı oluşturmak amacıyla tren depolama ve park alanı, istasyon giriş yapıları ve havalandırma girişlerinin etrafındaki bitki örtüsü ve yanıcı atıklar temizlenmelidir.

- Duman bulutlarının yaklaştığı durumlar için istasyon giriş yapılarında duman kontrol prosedürleri hazırlanmalıdır.
- Hava kalitesini yeniden sağlamak amacıyla, duman olaylarından sonra istasyonlardaki hava emiş filtreleri denetlenmeli ve değiştirilmelidir..
- Duman girişini ve kalıntı birikmesini sınırlamak amacıyla, tren depolama ve park alanındaki açık hava elektromekanik kabinleri korunmalıdır.

Kuvvetli Rüzgar

- Rüzgarlı dönemler öncesinde istasyon giriş yapılarındaki giriş kanopileri, cephe panelleri ve cam sabitleme elemanları denetlenmeli ve emniyete alınmalı; gevşek parçalar onarılmalı veya kaldırılmalıdır.
- Enkazın rayları veya makasları tıkaşmasını önlemek amacıyla, malzemeleri kaldırmak veya sabitlemek için fırtına öncesi saha yürüyüşleri (kontrolleri) yapılmalıdır.
- Rüzgarın sürüklediği yağmur veya toz girişi gözlemlenirse, açık hava elektromekanik kabinleri kontrol edilmeli ve yeniden sızdırmaz hale getirilmelidir..
- Yolcuların güvenliğini sağlamak ve yapılara daha fazla zarar gelmesini önlemek amacıyla, rüzgar hamlelerinin (gusts) zirve yaptığı anlarda geçici giriş kapatmaları uygulanmalıdır.

Kuraklık ve Su Stresi

- Toprak büzülmesine bağlı hareketleri tespit etmek ve buna göre hızlı aksiyon almak amacıyla tren depolama ve park alanı genelinde rutin geometri ve oturma kontrolleri yapılmalıdır.
- Uzun süreli kurak dönemlerde, kozmetik temizlik yerine güvenlik açısından kritik yıkamalara öncelik verilmesi gibi su tasarruflu temizlik programları benimsenmelidir.

Aşırı Soğuk

- Büzülmeye bağlı boşlukları, kırılmaları veya hizasızlıkları bulmak amacıyla tren depolama ve park alanında soğuk hava ray ve bağlantı elemanı kontrolleri yapılmalıdır.
- Makasların duyarlı kalmasını sağlamak ve raydan çıkma riskini önlemek amacıyla, özellikle tren depolama ve park alanında buz çözme ve kar/buz temizleme planları uygulanmalıdır.
- Güvenilirliği korumak amacıyla açıkta kalan elektromekanik ekipmanlar için koruyucu önlemler uygulanmalıdır.

Dolu

- İstasyon giriş yapılarındaki giriş kanopileri, cephe panelleri ve cam sabitleme elemanları denetlenmeli, kritik bağlantı elemanları sıkılmalı veya değiştirilmelidir.
- Tren depolama ve park alanındaki açık hava elektromekanik kabinleri için darbeye dayanıklı kapaklar takılmalı ve hızlı değişimler için yedek parçalar stoklanmalıdır.
- Dolu uyarıları yapıldığında hassas varlıklar veya aletler kapalı alanlar altında korumaya alınmalıdır.

wsp

