



**HAVA KİRLİLİĞİNİN CEPHE KONFIGÜRASYONLARINA GÖRE
BAKIM-ONARIM VE TEMİZLİK MALİYETİNE ETKİSİ; ŞEHİR
HASTANELERİ**

Ceren OKTAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ceren OKTAR

02/07/2021

HAVA KİRLİLİĞİNİN CEPHE KONFIGÜRASYONLARINA GÖRE BAKIM-ONARIM VE TEMİZLİK MALİYETİNE ETKİSİ; ŞEHİR HASTANELERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ceren OKTAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

ÖZET

21. yüzyılın en büyük çevre sorunlarından olan hava kirliliği insan sağlığını olumsuz yönden etkilediği gibi yapılı çevreye de zarar vermektedir. Bu noktada da zararların gözlemlendiği ilk yapı bölümü atmosfer ile direk temas halinde olan cephelerdir. Cephe tasarımlarında doğru malzeme seçimi ve rasyonel cephe konfigürasyonu yapıda hem optimum ilk yatırım maliyetinin elde edilmesinde hem de kullanım süresi boyunca oluşacak maliyetlerin en aza indirilmesinde önem teşkil etmektedir. Tez çalışmasında cephe kararları etkisinde yapı kullanım ile mutlak ihtiyaç duyulacak bakımı, onarımı ve temizlik için gündeme gelen maliyet giderleri araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda iki aşamalı bir alan çalışması yapılmıştır. İlk aşamada İç Anadolu karasal ikliminde bulunan farklı cephe konfigürasyonlarına sahip Ankara, Eskişehir, Isparta ve Konya şehir hastaneleri örneklem grubu olarak seçilmiştir. Öncelikle mevcut şehir hastanelerinin cephe analizleri yapılmış; kullanılan malzemeler, oranları, maliyetleri ve bulundukları illerdeki hava kirliliği sonucu oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyeti Matlab programı ile hesaplanmıştır. Birim alana düşen bakım-onarım ve temizlik maliyeti en çok %100 cam tasarımına sahip olan Konya ilinde görülmüştür. Ayrıca cephe tasarımında saydamlık oranının artmasının bina maliyetini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Alan çalışmasında ikinci aşama olarak örnek bir poliklinik cephesi referans alınarak, mevcut çalışmalardan elde edilen veriler ile farklı opaklık-şeffaflık oranlarının hava kirliliği ile ilişkisi incelenmiştir. Her ilde minimum bakım onarım temizlik maliyetinin %25 cam-%75 seramik cephe oranında çıktığı, %100 cam'da ise maksimum temizlik maliyetine ulaşıldığı görülmüştür. Sonuç olarak hava kirliliği yüksek olan illerde tasarımcının cephede kullanacağı opak malzeme oranının temizlik bakım onarım giderleri göz önüne alındığında camdan daha fazla olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada sağlık politikasında önemli bir prestij elemanı olarak görünen şehir hastanelerinde sadece estetik ve strüktürel kaygılarla değil aynı zamanda en önemli maliyet kalemlerinden biri olan bakım-onarım temizlik maliyetinin göz önüne alınması gerektiğini ortaya konmuştur.

Bilim Kodu : 80116
Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği, Opaklık ve Saydamlık, Cephe Konfigürasyonu, Bakım-Onarım, Cephe Maliyeti
Sayfa Adedi : 124
Danışman : Doç. Dr. Asena SOYLUK
2. Danışman : Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

THE EFFECT OF AIR POLLUTION ON THE COST OF MAINTENANCE-REPAIR
AND CLEANING OF FACADE MATERIALS; CITY HOSPITALS

(M. Sc. Thesis)

Ceren OKTAR

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2021

ABSTRACT

Air pollution, which is one of the biggest environmental problems of the 21st century, not only affects human health negatively but also damages the built environment. At this point, the first building sections where damages are observed are the facades that are in direct contact with the atmosphere. Correct material selection and rational facade configuration in facade designs are important both in obtaining the optimum initial investment cost and in minimizing the costs that will occur during the usage period. In the thesis study, the effects of the facade desing to the cost expenditures related to maintenance, repair and cleaning during the usage period of the buildings are discussed as a research subject. In this context, a two-stage field study was carried out. In the first stage, Ankara, Eskişehir, Isparta and Konya city hospitals with different facade configurations located in the continental climate of Central Anatolia were selected as the sample group. First of all, facade analyzes of existing city hospitals were made; The materials used, their proportions, costs and the maintenance-repair and cleaning costs resulting from the air pollution in the provinces where they are located were calculated with the Matlab program. The maintenance-repair and cleaning costs per unit area were mostly seen in Konya, which has 100% glass design. In addition, it has been concluded that the increase in the transparency ratio in the facade design increases the cost of the building. As a second step in the field study, an exemplary polyclinic front was taken as a reference, and the relationship of different opacity-transparency ratios with air pollution was examined with the data obtained from existing studies. It has been observed that the minimum maintenance and repair cleaning cost in each province is 25% glass-75% ceramic facade, and the maximum cleaning cost is reached in 100% glass. As a result, it has been concluded that the proportion of opaque material that the designer will use on the facade in cities with high air pollution should be higher than glass, considering the cleaning and maintenance costs. In the study, it has been revealed that in city hospitals, which appear as an important prestige element in health policy, not only aesthetic and structural concerns, but also the maintenance-repair cleaning cost which is one of the most important cost items, should be taken into consideration.

Science Code : 80116

Key Words : Air Pollution, Opacity and Transparency, Facade Configuration,
Maintenance-Repair, Facade Cost

Page Number : 124

Supervisor : Assoc. Prof. Asena SOYLUK

Co Supervisor : Assoc. Prof. Zeynep Yeşim İLERİSOY

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında benden değerli bilgi ve birikimlerini esirgemeyen, her konuda yapıcı eleştirileriyle tezime katkıda bulunan değerli danışmanlarım Sn. Doç. Dr. Asena SOYLUK’a ve Sn. Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez süreci boyunca bana destek veren arkadaşlarıma; bu süreçte sevgisini, emeğini ve tavsiyelerini her zaman hissettiğim sevgili hayat arkadaşım Onur OKTAR’a teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen; biricik annem Yurdagül ŞİMŞEK’e, canım babam Kemal ŞİMŞEK’e, canım kardeşim Serdar ŞİMŞEK’e ve anneannem Zekiye YERLİKAYA’ya sonsuz teşekkür ediyorum.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. Atmosferde Bulunan Gazların Hava Kirliliğine Etkisi	7
2.2. Ankara, Eskişehir, Konya, Isparta İllerinde İklim ve Hava Şartlarının İncelenmesi	17
2.2.1. Ankara’da iklim şartları ve hava kirliliği	19
2.2.2. Eskişehir’de iklim şartları ve hava kirliliği	24
2.2.3. Konya’da iklim şartları ve hava kirliliği	29
2.2.4. Isparta’da iklim şartları ve hava kirliliği	33
2.3. Kaynak Araştırması.....	35
3. HAVA KİRLİLİĞİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	39
4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	43
5. ALAN ÇALIŞMASI.....	49
5.1. Alan Çalışması Kapsamında Şehir Hastanelerinin İncelenmesi ve Hava Kirliliğinin Cephe Maliyetine Etkisi	50
5.1.1. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi	51
5.1.2. Eskişehir Şehir Hastanesi	54

	Sayfa
5.1.3. Konya Karatay Şehir Hastanesi.....	57
5.1.4. Isparta Şehir Hastanesi	60
5.1.5. İncelenen hastane cephelerinin bakım-onarım ve temizlik açısından karşılaştırmalı analizi	63
5.2. Alan Çalışması 2: Hava Kirliliği ve Şeffaflık İlişkisinin Bakım-Onarım ve Temizlik Maliyeti Üzerine Etkisi	66
5.2.1. Cephenin %100 cam olma durumu	67
5.2.2. Cephenin %75 cam- %25 seramik olma durumu	72
5.2.3. Cephenin %50 cam %50 seramik olma durumu	77
5.2.4. Cephenin %25 cam %75 seramik olma durumu	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	95
EK 1. Ankara Şehir Hastanesi hava kirliliği Matlab kodu.....	96
EK 2. Eskişehir Şehir Hastanesi Matlab kodu	98
EK 3. Konya Şehir Hastanesi Matlab kodu	99
EK 4. Isparta Şehir Hastanesi Matlab kodu	101
EK 5. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Ankara	102
EK 6. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Isparta	103
EK 7. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Eskişehir	104
EK 8. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Konya	105
EK 9. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara	106
EK 10. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta	107
EK 11. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir	108
EK 12. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya	109
EK 13. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara	110
EK 14. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta	112

Sayfa

EK 15. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir	113
EK 16. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya	114
EK 17. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara	116
EK 18. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta	118
EK 19. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir	120
EK 20. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya	122
ÖZGEÇMİŞ	124



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ozon için uzun vadeli hedefler, hedef değerler, bilgilendirme ve uyarı	9
Çizelge 2.2. PM10 için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri	11
Çizelge 2.3. Kurşun için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri	12
Çizelge 2.4. Karbon monoksit (CO) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri	13
Çizelge 2.5. Kükürt dioksit (SO ₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri.	14
Çizelge 2.6. Nitrojen dioksit (NO ₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri	16
Çizelge 2.7. 2019 aralık ayı Ankara ilindeki NO ₂ , SO ₂ , PM10 değerleri	24
Çizelge 2.8. 2019 aralık ayı Eskişehir ilindeki NO ₂ , SO ₂ , PM10 değerleri	28
Çizelge 2.9. 2019 aralık ayı konya ilindeki NO ₂ , SO ₂ , PM10 değerleri	32
Çizelge 2.10. 2019 Aralık ayı Isparta ilindeki NO ₂ , SO ₂ , PM10 değerleri	34
Çizelge 5.1. Bilkent Şehir Hastanesi çocuk bloğu, poliklinik kısmı cephe metrajı.....	53
Çizelge 5.2. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı	56
Çizelge 5.3. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı.....	59
Çizelge 5.4. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı	62
Çizelge 5.5. İncelenen hastanelerin malzeme, şeffaflık oranı, cephe alanı	64
Çizelge 5.6. Poliklinik bloğunda cephe malzemesi oranları ve şeffaflık-opaklık oranı yüzdelik değerleri.....	64
Çizelge 5.7. Poliklinik bloğu cephe ve yıllık bakım-onarım maliyeti	65
Çizelge 6.1. %25 cam-%75 seramik baz alınarak yapılan yüzde değişimi	87
Çizelge 6.2. Ankara İli %25 cam-%75 seramik maliyeti baz alınarak yapılan yüzde değişimi	88
Çizelge 6.3. Ankara ili baz alınarak yıllık temizlik, bakım-onarım periyodu/yüzde değişimi	89

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Bina maliyetinin bileşenleri	1
Şekil 2.1. Ankara ilinde yer alan 9 adet hava online izlenebilir kalitesi ölçüm istasyonunun bulunduğu ilçelerin temsili yerleri.	21
Şekil 2.2. Ankara ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22
Şekil 2.3. Yakıt türlerine göre kirletici miktarları(yıl/ton).	22
Şekil 2.4. Ankara ili trafik kaynaklı emisyon miktarları($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23
Şekil 2.5. Ankara ili 2019 yılı aylık PM10, SO2 ve NO2 miktarları($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24
Şekil 2.6. Eskişehir ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26
Şekil 2.7. Eskişehir ili evsel ısınma kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	27
Şekil 2.8. Eskişehir ili trafik kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	27
Şekil 2.9. Eskişehir ili 2019 yılı aylık PM10, SO2 ve NO2 miktarları.....	28
Şekil 2.10. Konya ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	30
Şekil 2.11. Konya ili evsel ısınma kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	31
Şekil 2.12. Konya ili trafik kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	31
Şekil 2.13. Konya ili 2019 yılı aylık PM10, SO2 ve NO2 miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32
Şekil 2.14. Isparta ili 2019 yılı aylık PM10, SO2 ve NO2 miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34
Şekil 4.1. SO2 konsantrasyonuna göre bakım onarım gerekecek yıl süresi	46
Şekil 5.1. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi	52
Şekil 5.2. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı	52
Şekil 5.3. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%44 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği	54
Resim 5.3. Eskişehir Şehir Hastanesi	55
Şekil 5.4. Eskişehir Şehir Hastanesi	55
Şekil 5.5. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı	55
Şekil 5.6. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%76 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği.....	57

Şekil	Sayfa
Şekil 5.7. Konya Karatay Şehir Hastanesi	58
Şekil 5.8. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı	58
Şekil 5.9. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%100 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği	60
Şekil 5.10. Isparta Şehir Hastanesi	61
Şekil 5.11. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı	61
Şekil 5.12. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%63 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği.....	63
Şekil 5.13. İl bazında cephe maliyetinin temizlik maliyetine denk gelme süresi	66
Şekil 5.14. Model hastane cephesi ve planı	67
Şekil 5.15. Model cephenin %100 alüminyum giydirme cephe ile kaplanması	68
Şekil 5.16. Ankara pus oranı-zaman grafiği	68
Şekil 5.17. Isparta pus oranı-zaman grafiği	69
Şekil 5.18. Konya pus oranı-zaman grafiği	70
Şekil 5.19. Konya pus oranı-zaman grafiği	71
Şekil 5.20. %100 cam olma durumunda il bazında maliyet	71
Şekil 5.21. Model cephenin %75 cam, %25 seramik cephe kaplaması ile kaplanması..	72
Şekil 5.22. Yıl bazında Ankara ili SO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³)	73
Şekil 5.23. Yıl bazında Isparta ili SO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³)	74
Şekil 5.24. Yıl bazında Konya ili SO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³)	75
Şekil 5.25. Yıl bazında Eskişehir ili SO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³)	76
Şekil 5.26. %75 cam, %25 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet	76
Şekil 5.27. Model cephenin %50 cam, %50 seramik cephe kaplaması ile kaplanması..	77
Şekil 5.28. %50 cam, %50 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet	79
Şekil 5.29. Model cephenin %25 cam, %75 seramik cephe kaplaması ile kaplanması..	79
Şekil 5.30. %25 cam, %75 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet	81
Şekil 6.1. Şehir hastanelerindeki cephe maliyetinin ve yıllık bakım-onarım-temizlik maliyetinin kıyaslanması	84

Şekil	Sayfa
Şekil 6.2. Birim alan cephe maliyeti, bakım-onarım ve temizlik maliyeti (denk düşme yılı).....	85
Şekil 6.3. İl bazında havaya yayılan SO ₂ , NO ₂ ve PM ₁₀ miktarları	86
Şekil 6.4. Seramik ve cam oranlarına göre il bazında maliyetler	86



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Soldan sağa sırasıyla; Mersin, Kayseri, Yozgat, Konya, Etlik, Manisa Şehir Hastanesi.....	49
Resim 5.2. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi	52
Resim 5.3. Eskişehir Şehir Hastanesi	55
Resim 5.4. Konya Karatay Şehir Hastanesi	58
Resim 5.5. Isparta Şehir Hastanesi	61



SİMGELER VE KISALTMALAR

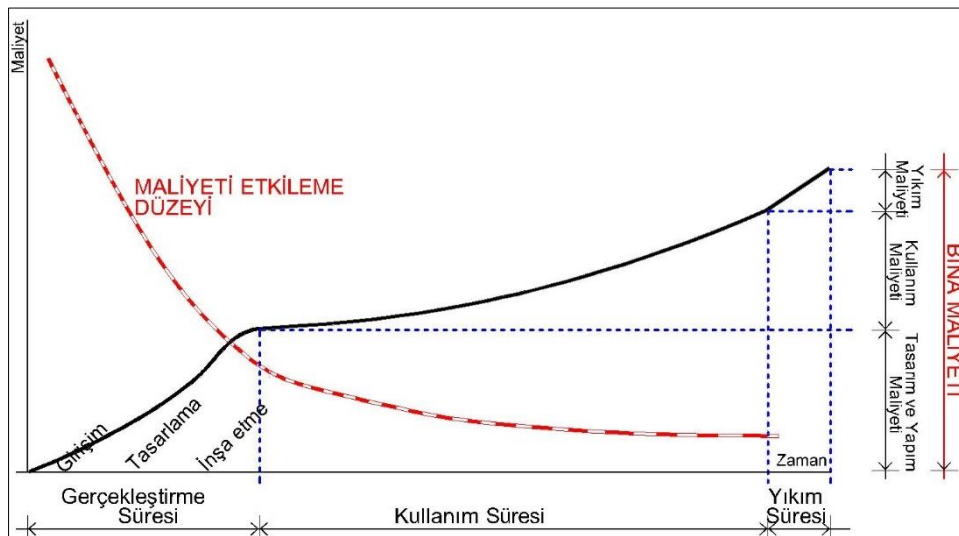
Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
°C	Derece santigrat
µg	Mikrogram
µg/m ³	Metreküp başına düşen mikrogram
CO	Karbon monoksit
m ²	Bir metrekairelik alan
mm	Milimetre
NO ₂	Nitrojen dioksit
O ₃	Ozon
PM ₁₀	10 mikrogramın altındaki partikül maddeler
PM _{2,5}	2,5 mikrogramdan küçük partikül maddeler
R ²	Determinasyon katsayısı
SO ₂	Kükürt dioksit
t	Zaman
Kısaltmalar	Açıklamalar
AQG	Hava Kalitesi Yönergesi
CCAC	İklim ve Temiz Hava Koalisyonu
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
NAAQS	ABD Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartları
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Mimarlıkta cephe, bir yapının dışa bakan yüzünü ifade etmektedir. Ön maliyet tahmini ve ilk yatırım maliyeti açısından önem teşkil eden cephe tasarımlarında, maliyete etki eden pek çok unsur vardır. Bunlar ilk bakışta cephe boyutları, cephe konfigürasyonu, kullanılan malzeme çeşidi, bulunduğu iklim bölgesi doğrultusunda yalıtım katmanları vb. olarak sıralanabilir. Ancak bu noktada cephe kararlarının yapı ömrü sürecindeki kullanımı ile mutlak ihtiyaç duyulacak bakım, onarımı ve temizlik için gündeme gelecek maliyet giderleri göz önünde tutulmamaktadır. Bu çıkarım konu kapsamındaki yerli ve yabancı, güncel ve kapsamlı bir literatür araştırması sonucunda elde edilmiştir. Halbuki yapının kullanım ömrü boyunca sık sık yaşayacağı bakım-onarım ve temizlik maliyeti, özellikle mimari tasarım evresinde önemli bir yönlendirici karar olarak ele alınmalıdır.

Tasarım evresinde alınan kararlar; günün ekonomik koşulları düşünülerek, doğru bilgilere dayandırılarak ve doğru yöntemler kullanılarak alınırsa tasarım başarısı artacak ve bina maliyetlerinin azaltılması söz konusu olabilecektir. Zaten literatürde bina maliyetinin etkileme şansının en yüksek olduğu evre, tasarım evresi olarak görülmekte ve gerek projelendirme gerekse yapım evresinin gelişiminde bu şansın giderek azaldığı vurgulanmaktadır [1]. Bina maliyetinin bileşenleri ve maliyetin etkilenme düzeyi Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Bina maliyetinin bileşenleri

Bu bağlamda tez çalışmasında yapılı çevrenin en önemli bileşenlerinden olan binaların cepheler kapsamındaki bakım-onarım ve temizlik maliyetinin etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Cephe malzemelerini seçerken; uzun ömürlü olması, güneş ışınlarına ve iklim şartlarına dayanıklı olması, ekonomik olması, kolay uygulanabilir olması, toz tutmaması ve hijyenik olması, yangına karşı dayanımı, binaya kattığı yük miktarı ve uygulama süresi önemlidir. Yaşanan iklim değişikliği doğrultusunda ise iklim şartları ve güneş ışınlarının malzeme seçiminde etkisi son yıllarda daha da önemli hale gelmiştir. Değişen iklime ek olarak artan hava kirliliğinin uzun vadede cephe malzemelerine verdiği zararlar da son yıllarda göz ardı edilemeyecek boyuta gelmiştir. Bu yönde en önemli çalışmalardan biri ise Ağustos 2019'da Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve İklim ve Temiz Hava Koalisyonu (CCAC)'nın kamuoyuyla paylaştığı *Temiz Hava Girişimi Raporu*'dur. Bu girişim iklim değişikliği ile hava kirliliği konularının birlikte ele alınması gerektiğini, 21. yüzyılın en büyük çevre sorunları olduğunu vurgulamaktadır. Ek olarak da ulusal ve yerel yönetimlere 2030 yılına kadar bu iki ana soruna yönelik politikalarını uyumlaştırmaları gerektirdikleri yolunda çağrıda bulunmaktadır. Bu noktada tez çalışması kapsamında hava kirliliğinin cephe malzemelerine verdiği zarar incelenmek istenmiştir. Cephe malzemeleri hava kirliliği sonucunda atmosfere yayılan gazlar sebebiyle farklı şekillerde zararlar görürler ve değişen malzeme özelliklerine göre en temelde bakım-onarım ve/veya temizliğe ihtiyaç duyarlar. Hava kirliliğine sebep olan zararlı gazlar ise her bölgede, o bölgenin sanayisine, iklim özelliklerine, trafiğine göre değişmektedir. Bu gazların değişen oranları ise cephe tasarımları ve kullanılan malzeme özellikleri sonucu farklı periyotlarda bakım-onarım ve/veya temizlik ihtiyacı doğurmakta ve bu yöndeki gider maliyetini etkilemektedir.

Her ilde o ilin iklim ve çevre koşullarına göre değişen hava kirliliği miktarında ise evsel ısınma, atmosferik olaylar gibi pek çok kirlilik faktörü vardır. Karasal iklim bölgelerinde bu faktörlerin hava kirliliğine daha çok neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle karasal iklim bölgelerinde tasarlanan yapılarda kirliliğin cephe malzemesine verdiği zarar daha fazla olmaktadır. Bu zarar saydam yüzeylerde temizlik maliyeti arttırırken, opak yüzeylerde de bakım-onarım maliyetini yükseltmektedir. Saydam ve opak yüzeylerin oranı ise tasarımcının verdiği tasarım kararları doğrultusunda şekillenir. Bu bağlamda hava kirliliğinin cephelerde oluşturduğu etkinin, bakım-onarım ve temizlik maliyeti ile ilişkisini hesaplamak tezin asıl konusunu oluşturmaktadır.

Tez çalışmasının amacı ve kapsamı

Mimarlık disiplini, bireylerin içinde bulundukları mekanları işlevsellik, estetik, sağlamlık, maliyet gibi faktörler doğrultusunda tasarlama sanatıdır. Bu yapılarda tasarım sırasında belirlenen; kat adedi, yapı malzemesi, yapı formu, yapı boyutları, taşıyıcı sistem kararları gibi pek çok faktör yapının maliyetini büyük ölçüde etkilemektedir. Ön tasarım evresinde verilen bu kararlar doğrultusunda bina maliyeti büyük ölçüde belirlenmekte, ancak mimarın üstlendiği tasarım sorumluluğu sadece ön maliyet evresi ile bitmemektedir. Mimar, yapı kullanım süresi boyunca kullanıcıya en az düzeyde maliyet çıkaran bir tasarım yapmaya da özen göstermelidir.

Bir yapının üretim süreci tasarım, ihale, uygulama gibi farklı bölümlerden oluşmaktadır ve bu bölümlerde yaklaşık maliyet tahmini her alanda yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında inşaat aşaması biten ve karasal iklim bölgelerinde bulunan şehir hastanelerini ele alınacaktır. Her malzemenin iklim şartları karşısında sergilediği davranış farklı olduğu için en temel başlıkta opaklık ve şeffaflık kavramları ile bir değerlendirme yapılmıştır. Örneklemedeki hastanelerin mevcut çizimleri ve fotoğrafları üzerinden cephelerdeki opaklık ve saydamlık oranları, kullanılan malzemeler ve cephe konfigürasyonların belirlenmesi bu kapsamdadır.

Havada oluşan atmosferik olayların sonucunda yıpranma ve darbe gibi etmenler yapıda en çok cephelere zarar vermektedir. Oluşan bu zarar cephenin kötü görünmesine neden olduğu gibi aynı zamanda iç mekan kullanıcıları tarafından konforsuz ve sağlıksız ortamların oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle tasarım evresinde malzeme seçimi önem kazanırken, kullanım sırasında oluşan deformasyonlar için de bakım, onarım ve temizlik önemli olmaktadır. Tasarım kararı verirken ideal malzemenin seçilmesi uzun süreli konforu sağlar ve bakım, onarım ve temizlik için yapı kullanımı sırasında ek maliyetin çıkmasının önüne geçer. Bu noktada yapının inşa maliyeti içerisinde önemli bir yeri olan cephe kaplama malzemelerinin maliyete etkisi çalışmanın sorunlarından biri kabul edilmektedir.

Günümüzde artan hava kirliliği cephelerde yıpranmaya, bunun sonucunda ise bakım-onarım ve temizlik maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde, kirliliği oluşturan gaz ve partiküllerin cephe malzemelerinde bıraktığı etki daha fazla olmaktadır. Türkiye’de karasal iklim bölgelerinde elde edilen kirlilik verilerine göre kış aylarında ısınma kaynaklı farklı yakıt türlerinin yakılması hava kirliliğinin en çok

bu iklimi yaşıyan yerlerde ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla yoğun hava kirliliği yaşanan yerlerde seçilen malzemelerin daha fazla yıpranacağı düşünüldüğü için, hava kirliliğinin karasal iklim bölgesinde etkisi önemlidir. Mimar cephe tasarımı yaparken hava kirliliğini bir tasarım kriteri olarak almalıdır.

Cephe tasarımları ve hava kirliliği merkezli tez çalışmasında örneklem grubunda ise Sağlık Bakanlığı'na bağlı şehir ele alınmıştır. Her sağlık hizmetinin bir yapı topluluğu içinde karşılandığı şehir hastaneleri ülkemizde yeni bir yaklaşım olmuştur. Kent içinde yoğun kullanımlı kompleksler oluşturan şehir hastaneleri, yüksek inşaat alanlarıyla sirkülasyon yoğunluğu yüksek yapılardır. Bu büyük ölçekli yapılar tasarlanırken yap-işlet-devret modeli ile yapıldığı için uygun maliyet ile uygulanması ve işletilmesi en önemli etmenlerden biridir. Bu sebeple örneklem grubu olması uygun görülmüştür. Ayrıca ülkemizde özelde ve kamuda yapılan sağlık yapıları Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği yönetmelik ve standartlar doğrultusunda denetlenmektedir. Yönetmelikler, genelgeler ve yayınlanan kılavuzlar incelendiğinde iç mekandaki asgari standartların ve mekan çözümlerinin ele alınmaktadır. Bu incelemeler sonunda tasarlanan hastanenin cephe ve kütle tasarımı ile ilgili kriterlere rastlanılmamış, cephe tasarımı kararının tasarımcıya bırakıldığı görülmüştür. Bu çıkarım sonrasında ise tezin araştırma konusuna kapsamında tasarımcılar hem yapım aşamasında bina maliyetini hem de hava kirliliği sonucu uzun vadede cephede oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyetini dikkate alacak kararların ortaya konması gerekliliğinin önemi anlaşılmıştır. Bunun için de sağlık yapılarının tasarımında yer seçimi, o yerin iklimi ve hava kirliliği durumu göz önüne alınmalıdır.

Bu bağlamda şehir hastaneleri özelinde yoğun hava kirliliği yaşanan karasal iklim bölgelerinde, hava kirliliğinin cephede oluşturduğu bakım-onarım ve temizlik maliyetini hesaplamak cephe tasarım kararları ile maliyet ilişkisini incelemek çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Ayrıca ileride karasal iklim bölgelerinde tasarlanacak yapılarda tasarımcılara yol göstermekte çalışmanın amaçlarından biri olmuştur.

Tez çalışmasının yöntemi

Çalışmanın girişinde; kavramlar teorik olarak ele alınmıştır. Hava kirliliğini etkileyen faktörler incelenmiş, alan çalışması yapılan illerde iklim ve hava kirliliği araştırılmıştır. Araştırma sonrasında amaç, hava kirliliğinin karasal iklim bölgelerinde cephe malzemesine

etkisini bakım-onarım ve temizlik yıllık maliyeti yönünden incelemek olarak belirlenmiş ve alan çalışması iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada; karasal iklim bölgelerinde bulunan, farklı opaklık-saydamlık oranlarına sahip ve inşaat aşaması biten şehir hastaneleri incelenmiştir. Bu noktada iç Anadolu sınırlarındaki Ankara, Isparta, Eskişehir ve Konya Şehir Hastanelerine ait poliklinik giriş cepheleri elde edilen veriler ve fotoğraflar ile hem Autocad programında çizilmiş hem de malzemeleri belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda alan çalışmasının birinci kısmına geçilmiştir. Çizilen bu cephelerde öncelikle 2019 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat verileri alınarak cephe maliyetleri çıkarılmıştır. Bakanlıktan ulaşılamayan (alüminyum giydirme cephe, seramik cephe kaplaması, doğal taş kaplaması, paslanmaz tamperli cam korkuluk) pozlarda ise firmalardan üç farklı fiyat teklifi alınmış ve bunun ortalaması birim fiyat kabul edilmiştir. Daha sonra ise 2019 Aralık ayı hava kirlilik verileri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı veri indirme sitesi) esas alınarak belirlenen formüller üzerinden bu hastanelerin yıllık kirlenme oranları Matlab programı yardımıyla bulunmuştur. Böylece cephe inşaat maliyetinin, kullanım sonrası oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyetini kaç yıl sonra denk geleceği bulunmuştur.

Alan çalışmasının ikinci kısmında ise hesaplanan opaklık-saydamlık oranlarının değişiminin örnek bir poliklinik cephe tasarımı üzerinden okuması yapılmıştır. Poliklinik cephenin seçilmesinin nedeni hem kullanıcı tarafından hastanede ilk algıyı oluşturan yer olması hem de polikliniğin sirkülasyon yoğunluğunun fazla olmasıdır. Oluşturulan bu cephe alternatifleri, alan çalışmasındaki illerde hava kirliliğinin temizlik bakım-onarım gider maliyetleri üzerinden etkisi incelenmiştir. Ankara, Konya, Eskişehir ve Isparta'da, tasarlanan cephe üzerindeki %25, %50, %75 ve %100 opaklık-saydamlık oranları ile hava kirliliği sonucu oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyetinin etkisi Matlab R2014a programı yardımı ile hesaplanmıştır. Böylece farklı tip karasal iklim (İç Anadolu tipi, Doğu Anadolu tipi, Güney Doğu Anadolu tipi, Trakya tipi) yaşayan illerde hangi oranda, hangi malzeme kullanımının uzun vadede en düşük gider maliyeti getireceğini bularak, tasarımcıya bir analiz yöntemi sunmak ve karar vermesini sağlayıcı bir kılavuz oluşturmak amaçlanmıştır.



2. HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünya da artan nüfus ile çevre kirliliği sorunları başlamış ve bu sorunlar günümüze ciddi bir boyuta ulaşmıştır. Çevre kirliliği canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilerken ayrıca cansız nesneler üzerinde de olumsuz etkisini göstermektedir. Çevre kirliliğinin yarattığı en önemli sorunlarından biri olan hava kirliliği son zamanlarda giderek artmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirliliği insan sağlığına olumsuz yönde etki ettiği gibi bitkiler, hayvanlar ve doğal ve yapay mekanlarda da olumsuz etkisini göstermektedir. Bu kirliliği oluşturan pek çok etmen vardır. Hava kirliliği; çöl tozu ve yanardağ patlamaları gibi doğal kaynaklardan ortaya çıkabileceği gibi, insan faaliyetlerinden de kaynaklanmaktadır. Nüfus artışı sonucunda ortaya çıkan ihtiyaçlar sanayi, inşaat, trafik, elektrik tüketimi gibi pek çok faaliyetin artmasına neden olmuştur. Bu faaliyetler sonucunda ise hava kirliliği günden güne etkisini daha fazla hissettirmektedir. Ancak son zamanlarda hava kirliliğini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır ve bu çalışmalar doğrultusunda önlemler alınmaya çalışılmaktadır. İnsan kaynaklı oluşan başlıca hava kirliliği kaynakları şunlardır;

- Sanayi ve santrallerde enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtlar,
- Ulaşım için kullanılan fosil yakıtlar,
- Madencilik tesisleri ve endüstriyel tesisler,
- Evlerde ısınma amaçlı kömür ve odun yakılması,
- İnşaat faaliyetleri ve yollardan kaynaklanan tozlar,
- Atıkların ve tarımda anızın yakılması,
- Bazı endüstriyel tarım faaliyetleridir [2].

2.1. Atmosferde Bulunan Gazların Hava Kirliliğine Etkisi

Hava kirliliği kaynaklarının insan sağlığına olumsuz yönde pek çok etkisi vardır (Bu kaynaklar farklı gazlar yani kirleticiler yayarak havanın kalitesini bozarlar). Kaynaklardan çıkan bu farklı kirleticileri ABD Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartları (NAAQS) altı başlık altında toplamıştır. Bunlar;

- Ozon (O₃)
- Atmosferik Partikül Madde
- Kurşun
- Karbon Monoksit (CO)
- Kükürt Dioksitler (SO₂)
- Nitrojen Oksitler (NO_x) şeklinde belirtilmiştir [3].

Bu bileşenler endüstriyel işlemler, trafik, maden, tarım gibi pek çok faktörden yayılmaktadır ve ekosisteme verdiği zararlar giderek artmaktadır.

Ozon (O₃)

Ozon üç oksijen atomunun birleşiminden oluşmaktadır. Atmosferde troposfer ve stratosfer tabakalarında bulunmaktadır. Bunlardan stratosferde bulunan ozon atmosfer için yararlıdır ve canlıları güneş ışığının zararlarından korumaktadır. Troposferde bulunan ozon ise yerden yaklaşık 10-15 metre yükseklikte bulunur ve insan sağlığı için zararlıdır [4].

Yer seviyesinde bulunan ozon kimyasal tepkimeler sonucu oluşan reaksiyonlar ile atmosfere yayılır. Endüstriyel fabrikalar, petrol tesisleri, araçlar, enerji santralleri ozon yayan örnekler olarak verilebilir. Ozon fazlalığı belirli bir alanda etkili olabileceği gibi rüzgar hızı, yer şekilleri gibi etmenler ile farklı yerlere de gidebilir.

Troposferde bulunan ozon, burun ve boğaza zarar veren ve solunum sistemini etkileyen bir gazdır. Solunum sırasında suda çözünmediği için direk akciğerlere gider. Alveollere kadar ulaşan ozon, güçlü bir gaz olması nedeniyle genellikle solunum sistemine zarar vermektedir. Bu zararların başında; öksürük, faranjit, laranjit, akciğer fonksiyonlarında değişiklik, burun ve boğazda tahriş gelmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda vücutta ozon emiliminin artması sonucunda zararların daha çok arttığını göstermektedir [5].

Son 20-30 yılda O₃ miktarında gözlemlenen artışın nedeni ozon üreten kaynakların sayısının ve üretiminin artmış olmasıdır. Artan bu gaz miktarına karşı gerekli önlem alınmazsa süreç sonucu oluşan kirlilik dünya için çok daha fazla zararlı olacaktır. WHO (Dünya Sağlık

Örgütü) Hava Kalitesi Yönergesi (AQG)’den alınan verilere göre ozon için 8 saatlik ortalama $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur [6].

Türkiye’de 06.06.2008 tarihinde yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yöntemi Yönetmeliği’nde Ek-1/D maddesinde ‘ozon için uzun vadeli hedefler, hedef değerler, bilgilendirme ve uyarı eşikleri’ verilmiştir [7]. Ek-1/D tablosu Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Ozon için uzun vadeli hedefler, hedef değerler, bilgilendirme ve uyarı

Hedef	Ortalama Süre	2022 için Hedef Değer (a)	Uzun Vadeli Hedef
İnsan sağlığının korunması	Bir yılda maksimum günlük 8 saatlik ortalama	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri üç yıllık ortalama alındığında bir yılda 25 günden daha fazla süre boyunca aşılmayacaktır (b)	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Vejetasyonun korunması	Mayıs ayından temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak AOT40	Beş yıllık ortalaması $18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{saat}$ (b)	$6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{saat}$

Çizelge 2.1’e göre insan sağlığının korunması için 2022 hedef değeri $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’ tür ve 25 günden fazla bu sürenin aşılmaması gerekmektedir. Yetiştirme ortamı aynı olan bitkilerin bir araya gelerek oluşturdukları topluluklar vejetasyon olarak adlandırılırken bu değer ise 2022 için hedef değeri 18000’dir. Bu değer beş yıllık ortalamayı ifade etmektedir. Ayrıca tabloda 2022 için oluşturulan hedef değerlerin baz alınacağı saat aralığı (ortalama süre) ve uzun vadeli hedefler de verilmiştir.

Atmosferik partikül madde

Partikül madde havada asılı kalan ve mikroskopla görülebilen taneciklere verilen isimdir. Bu partikül maddeler insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerin başında gelmektedir. Farklı aerodinamik çaplara sahiplerdir. Aerodinamik çapı $10 \mu\text{m}$ olan partikül maddeler PM₁₀ ile ifade edilirken, aerodinamik çapı $2,5 \mu\text{m}$ olan partikül maddeler PM_{2,5} olarak ifade edilir. Havadaki parçacıkların kimyasal birleşiminin zamansal ve uzamsal modellerini ölçerek ve bu bilgiyi meteoroloji ile birleştirerek, parçacık kütlesi çeşitli kaynaklara paylaştırılabilir. Spesifik kaynak etkileri bölgeler arası farklılık gösterse de genel olarak analizler sonucu belirli bilgiler elde edilmiştir. Buna göre gelişmiş ülkelerde PM kütlesinin

üçte ikisi antropojenik kaynaklarda görülmüştür. Ana kaynak kategorisini fosil kaynakların yakılması, biyokütlelerin yakılması (odun, orman yangınları) ve tarımsal emisyonlardan kaynaklanan amonyak emisyonları oluşturur. Ayrıca yüksek sıcaklıkta yanma işlemlerinde; buharlaşan metaller veya organik bileşiklerin yoğunlaşması gibi atmosferik reaksiyonlar sonucu da havada partikül madde oluşabilmektedir. Kükürt dioksit, nitrojen oksitler, amonyak ve uçucu bileşiklerin atmosferik konsantrasyonlarındaki değişiklikler ortamda bulunan PM konsantrasyonunu etkileyebilir. Ayrıca sosyal ve ekonomik politikalardaki büyük ölçekli değişikliklerde belirgin olarak havadaki partiküle etki eder. Örneğin Almanya'nın birleşmesinden sonra havadaki partikül boyutunda değişimler meydana gelmiştir [8].

Partikül madde insan sağlığına pek çok olumsuz etki yapmaktadır. Partikül maddenin çapı ne kadar küçükse madde o kadar derine nüfus etmektedir. Çapı 10 μm 'den büyük olan partiküller mukus ve kirpikler etkin bir filtre görevi görmektedir. Bu partikülleri soluduğumuzda burnumuz ve boğazımızda toplanır. Sonra vücut bu partikülleri yok etmek için hapsirme ve öksürme ile tepki verir. Bu nedenle bugüne kadar insan sağlığına en fazla etkiye sahip parçacıklar çapı 10 μm 'den küçük olanlar kabul edilmiştir. Bu partiküller solunum yoluna girip akciğere karışarak kan dolaşımına kadar ilerleyebilir. Partikül maddeler genel olarak; prematüre doğum, astım atakları, kronik bronşit, kanser, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar meydana getirmektedir [9].

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) Hava Kalitesi Yönergesi (AQG)'DEN alınan verilere göre PM10 için yıllık ortalama 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik ortalama ise 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. PM 2,5 için ise yıllık ortalama 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik ortalama ise 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilmiştir [6].

Türkiye'de 06.06.2008 tarihinde yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yöntemi Yönetmeliği'nin Ek-1/B maddesinde PM10 için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri verilmiştir (Çizelge 2.2). Ancak PM 2,5 için bir limit değer, değerlendirme ve uyarı eşiği mevcut değildir [7].

Çizelge 2.2. PM10 için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih
PM10	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% 100) Ve 1.1.2019-tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1.2014 tarihinde 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% 50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Ocak 2019

Çizelge 2.2'ye göre PM10 için günlük ve yıllık, insan sağlığının korunması amacı ile limit değer, tolerans payı, üst-alt değerlendirme eşiği verilmiştir. Yönetmelikte limit değere ulaşılacak tarih için 2019 verilmiştir. 24 saat içinde üst değerlendirme eşiği 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alt değerlendirme eşiği ise 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu değerlerin bir yılda maksimum 35 ölçüme kadar sınırı vardır. Yıllık değerde ise alt değerlendirme eşiği 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, üst değerlendirme eşiği 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

Kurşun

Kullanılmakta olan en eski metallerden biri olan kurşun, mavi-gümüş renge sahip ve havaya en zarar veren ağır metallerden biridir. Atmosferdeki kurşunun %98'i insan kaynaklıdır. Uçucu olan kurşun atomları eğer çapları 2,5 mm'nin altında ise 7 ile 30 gün arasında atmosferde kalabilmekte ve hafif olmaları nedeniyle yayıldığı kaynaktan çok uzun mesafelere gidebilmektedir. Kurşun konsantrasyonları petrol istasyonları, tamir atölyeleri, araçların yoğun olarak bulunduğu otoparklar, gişe ve geçitler, cadde ve sokaklarda fazladır [10]. Özellikle benzin ve boya dolayısıyla da kurşun zehirlenmesi çok fazladır.

Kurşun hem yutularak hem de solunarak vücuda girer. Yüksek seviyelerde kurşun yaşamı tehdit eder, bilinç kaybına ve ölüme neden olur. Çocuklarda kurşunun vücuda alınması nörolojik rahatsızlıklara neden olmaktadır. Ayrıca kadınların aldığı kurşun anne karnındaki cenine geçebilir ve anne sütünden de bebeğe geçebilmektedir. Kurşun vücutta bulunan enzimlerin çalışmasını bozduğu gibi, kemiklerde onlarca yıl saklanabilir [11].

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yöntemi Yönetmeliği'nin Ek-1/B maddesinde kurşun için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri verilmiştir (Çizelge 2.3) [7].

Çizelge 2.3. Kurşun için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih
Kurşun	yıllık -insan sağlığının korunması için-	0,5µg/m ³ Sanayi faaliyetlerden uzun yıllar boyunca kontamine olmuş sanayi kaynaklarının yakınlarında 1 µg/m ³ (bakınız madde 12 (4))	1.1.2014 tarihinde 0.5 µg/m ³ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "alt bölge"ler ve "bölge"lerde 1 Ocak 2019 + 5 yıla kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (0,35 µg/m ³)	limit değerinin %50'si (0,25 µg/m ³)	1 Ocak 2019 veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "bölge"ve "alt bölge"lerde 1 Ocak 2019 +5 yıl. Böyle durumlarda limit değer 1 Ocak 2019 dan itibaren 1,0 µg/m ³ olur.

Çizelge 2.3'e göre kurşun için üst değerlendirme eşiği için belirtilen yönetmeliğin madde 12'si üzerinden %70, alt değerlendirme eşiği ise %50'sidir. Alt ve üst değerlendirme eşiğinde süre yıllık insan sağlığının korunması içindir.

Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit atmosferde bulunan bir gazdır. Küresel ısınmayı tetiklemez ancak atmosferin yapısını bozar. Her yıl karbon monoksit atmosfere diğer gazlardan daha çok salınır (CO₂ hariç). Bu salınım insan kaynaklı olarak; sigara içimi, metanın oksidasyonu, CO kaynaklı çöp yakımı, biyokütlelerin yanması, patlayıcıların kullanımı ve trafik sonucu ortaya

çıkar. Ancak genel olarak fosil yakıtların yakılması Kuzey Yarım Küre’de, biyokütle yakılması ise Güney Yarım Küre’de başlıca CO kaynağı olmuştur.

Bazı araştırmacılara göre fosil yakıtların yakılması atmosferdeki başlıca CO kaynağıdır. Artan kentleşme ve sanayileşme motorlu taşıtların büyümesini hızlandırmıştır. Sanayileşmiş ülkelerdeki ulaştırma faaliyetleri insanlar tarafından kullanılan enerjinin %30’unu ve üretilen brüt enerjinin %20’sini oluşturmaktadır. Ayrıca gelişmemiş ülkelerdeki kömür yakma oranı da atmosferdeki CO miktarını arttırmaktadır [12].

CO normal oda sıcaklığında bir gazdır ve akciğerlerden kan dolaşımında solunur. CO genellikle zehirlenme vakalarına neden olur. CO kaynaklı başlıca zehirlenme vakaları; ev yangınları, yakıtların eksik yanması, endüstriyel kazalar, içten yanmalı motorlarda kullanılan egzoz gazlarıdır. Dizel motorlardan çıkan egzoz yaklaşık %0,01-0,06 CO içerir ve solunması ölümcül CO zehirlenmesine neden olmaz. Benzinli motordan çıkan egzozdaki CO konsantrasyonları da son yıllarda üç yollu katalitik konvertörlerin devreye girmesiyle azalmıştır. CO, sigaradan gelen ana dumanda bulunur (%3-4) ve aşırı sigara içenlerde kan karboksihemoglobin (CO-Hb) saturasyonu yaklaşık %10-15 artar [13].

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yöntemi Yönetmeliği’nin Ek-1/B maddesinde karbon monoksit için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri verilmiştir (Çizelge 2.4.) [7].

Çizelge 2.4. Karbon monoksit (CO) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih
Karbon Monoksit	maksimum günlük 8 saatlik ortalama -insan sağlığının korunması için-	10 mg/m ³	1.1.2014 tarihinde 6 mg/m ³ (% 60) ve 1.1.2017 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70’i (7 mg/m ³)	limit değerinin %50’si (5 mg/m ³)	1 Ocak 2017

Karbon monoksit için günlük 8 saatlik ortalama için limit değer 10 µg/m³’tür. Üst değerlendirme eşiği 7 µg/m³, alt değerlendirme eşiği ise 5 µg/m³’tür.

Kükürt dioksit (SO₂)

Renkli, kötü kokulu, zehirli bir gaz olan SO₂, kükürt oksitler grubunun bir parçasıdır. Bu gazlar, özellikle SO₂, fosil yakıtların (kömür, petrol ve dizel) veya kükürt içeren diğer malzemelerin yakılmasıyla yayılır. Kaynaklar arasında enerji santralleri, metal işleme ve eritme tesisleri ve araçlar bulunur. Dizel araçlar ve ekipmanlar uzun zamandır önemli bir sülfür dioksit kaynağı olmuştur, ancak dizel yakıtların sülfür içeriğini azaltmaya yönelik son düzenlemeler, bu sektörden kaynaklanan emisyonlarda önemli bir gelişme sağlamıştır. Sülfür dioksit ayrıca volkanik aktivitenin doğal bir yan ürünüdür. Nitrojen dioksit gibi, sülfür dioksit de havaya salındığında ikincil kirleticiler oluşturabilir. Sülfür dioksit ile oluşan ikincil kirleticiler arasında sülfat aerosoller, partikül madde ve asit yağmuru bulunur.

SO₂ genel olarak atmosferin alt tabakasında bulunur. Bu tabakada bulunması yere ulaşmasını ve toprakta birikmesini kolaylaştırır. SO₂ gazının yüksek miktarlarda bulunduğu yerlerde yaşayan insanlarda akciğer iltahapları, alerjik rinit, akciğer kanseri gibi pek çok sağlık sorunu görülmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar pek çok solunum ve kardiyovasküler hastalıkla SO₂ ile kirlenmiş havaya uzun süre maruz kalma arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur [14].

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yöntemi Yönetmeliği'nin Ek-1/B maddesinde kükürt dioksit için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri verilmiştir (Çizelge 2.5.) [7].

Çizelge 2.5. Kükürt dioksit (SO₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih	Uyarı Eşiği
SO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	350 µg/m ³ (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 150 µg/m ³ (limit değerinin %43' ü) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.			1.Ocak 2019	500 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölgede" veya en azından 100 km ² 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)

Çizelge 2.5. (devam) Kükürt dioksit (SO₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih	Uyarı Eşiği
SO ₂	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	125 µg/m ³ (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 125 µg/m ³ (%100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	24-saatlik limit değerinin %60'ı (75 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	24-saatlik limit değerinin %40'ı (50 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2019	
	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart'a kadar) - ekosistemin korunması	20 µg/m ³		Kış dönemi limit değerinin %60'ı (12 µg/m ³)	Kış dönemi limit değerinin %40'ı (8 µg/m ³)	1.Ocak 2014	

Çizelge 2.5'e göre kükürt için saatlik, günlük ve yıllık ortalama süreler verilmiştir. Saatlik sürede alt ve üst değerlendirme eşiği belirtilmemişken, limit değer 350 µg/m³'tür ve bir yılda 24 defadan fazla aşılmamalıdır. Günlük olarak; üst değerlendirme eşiği 75 µg/m³, alt değerlendirme eşiği ise 50 µg/m³'tür. Limit değer ise 125 µg/m³'tür ve yılda 3 seferden fazla aşılmaması gerekmektedir. Yıllık ve kış döneminde ise üst limit değer 12 µg/m³, alt limit değer 8 µg/m³'tür.

Nitrojen dioksit (NO₂)

Hava kirletici bir gaz olan NO₂'in birden fazla rolü vardır ve bunların birbirinden ayrılması genellikle zordur. Deneysel çalışmalar NO₂'in (200 µg / m³'ü aşan kısa vadeli konsantrasyonlarda) önemli sağlık etkilerine sahip toksik bir gaz olduğunu göstermektedir. Hayvan toksikoloji çalışmaları aynı zamanda mevcut ortam konsantrasyonlarının üzerindeki konsantrasyonlarda NO₂'e uzun süreli maruz kalmanın olumsuz etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Çok sayıda epidemiyolojik çalışma NO₂'i, özellikle karayolu trafiği veya iç mekan yanma kaynaklarından yayılan kirletici olarak kullanmıştır. Çoğu atmosferik NO₂, ozon tarafından hızla NO₂'e oksitlenen NO olarak yayılır.

NO₂ içeren hava kirliliği karışımlarıyla ilişkili sağlık etkileri konusundaki endişeleri artıran kanıtlar ortaya çıkmıştır. Örneğin, epidemiyolojik çalışmalar, astımlı çocukların bronşitik semptomlarının yıllık NO₂ konsantrasyonu ile bağlantılı olarak arttığını ve çocuklarda akciğer fonksiyonu büyümesinin, halihazırda Kuzey Amerika ve Avrupa kentsel ortam hava seviyelerinde bulunan topluluklarda yüksek NO₂ konsantrasyonlarıyla bağlantılı olduğunu göstermiştir. Yakın zamanda yayınlanan bir dizi çalışma, NO₂'in trafikle ilişkili hava kirleticilerinden olabileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar aynı zamanda şehir genelinde genel NO₂ seviyesinin oldukça düşük olduğu durumlarda bile daha yüksek NO₂ seviyeleri ile karakterize edilen metropol bölgelerde yaşayan çocukların sağlığı üzerinde olumsuz etkiler bulmuştur. Son zamanlarda yapılan iç mekan çalışmaları, bebeklerde NO₂ konsantrasyonlarının 40 µg / m³'ün altındaki solunum semptomları üzerindeki etkilerine dair kanıtlar sağlamıştır.

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) 'dan alınan verilere göre NO₂ için yıllık ortalama 40 µg / m³, 1 saatlik ortalama ise 200 µg / m³ olmuştur [6]. Ayrıca 'Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nin limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri de Çizelge 2.6.'da belirtilmiştir [7].

Çizelge 2.6. Nitrojen dioksit (NO₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih	Uyarı Eşiği
NO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	200 µg/m ³ (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 100 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (140 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	limit değerinin %50'si (100 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2024	400 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km ² de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)

Çizelge 2.6. (devam) Nitrojen dioksit (NO₂) için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değerlere Ulaşılabilecek Tarih	Uyarı Eşiği
NO ₂	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %80'i (32 µg/m ³)	limit değerinin %65'i (26 µg/m ³)	1.Ocak 2024	

Çizelge 2.6'ya göre nitrojen dioksitin yıllık ve saatlik olarak ortalama süresi alınmıştır. Saatlik ortalama süresinde limit değer 200 µg/m³'tür ve bir yılda 18'de fazla aşılmaması gerekir. Alt limit değer 100 µg/m³, üst limit değer 140 µg/m³'tür. Yıllık ortalama sürede ise limit değer 40 µg/m³'tür. Alt limit değer ise 26 µg/m³, üst limit değer ise 32 µg/m³'tür.

Bu kaynakların dışında iç mekanlarda oluşan hava kirleticilerde bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre yaklaşık üç milyar insan açık ateş, gazyağı ve odun-kömür kullandıkları sobalarda yemek pişirmektedir. Genel olarak, iç mekan dumanındaki küçük partikül maddeler ve diğer kirleticiler hava yollarını ve akciğerleri alevlendirerek bağışıklık tepkisini bozar ve kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Her yıl yaklaşık 3,8 milyon insan bu iç mekan hava kirliliğine bağlı olarak yaşamını yitirmektedir [15].

2.2. Ankara, Eskişehir, Konya, Isparta İllerinde İklim ve Hava Şartlarının İncelenmesi

İklim belirli bir bölgede uzun yıllar süresince değişmeyen hava koşullarıdır. O bölgenin iklimini denize olan uzaklığı, deniz seviyesinden yüksekliği, enlemi, etrafındaki yeryüzü şekilleri belirler. İklimin tanımları ise gözlemler sonucu elde edilir. Yağış, rüzgar, basınç, sıcaklık gibi iklimi oluşturan etmenlerin o bölgede incelenmesi sonucunda alınan ortalama değerler ile o bölgenin iklimi tanımlanmış olur.

Ülkemiz iklim açısından subtropik kuşak ile ılıman kuşak arasında kalmaktadır. Ülkemizin üç tarafının denizle çevrili olması, farklı yeryüzü şekillerinin bulunması farklı iklim türlerinin oluşmasına neden olmuştur. Üç tarafının denizle çevrili olması çoğu yerde ılıman iklimin görülmesine neden olurken, yükselen dağlar ılıman iklimin iç kesimlere sokulmasını engellemiştir. Böylece iç kesimlerde deniz etkisinin azalması, yüksekliğin artması sonucunda karasal iklim görülmüştür. Dünyada belirlenen iklim tipleri esas alınarak bu doğrultuda ülkemizde görülen iklim tipleri şunlardır;

- Karasal İklim
- Karadeniz İklimi
- Akdeniz İklimi
- Marmara (Geçiş) İklimi

Bu iklimler arasında Türkiye’de en çok bölgede etkili olan tip karasal iklimdir. Karasal iklimde, yazların sıcak ve kurak, kışların soğuk geçer ve sıcaklık farklarının fazla olduğu bir iklim tipidir. Bu iklim tipi ülkemizde Trakya’nın iç kesimleri, Doğu ve İç Anadolu ile Güneydoğu Anadolu bölgesinde görülmektedir. Bu iklim tipi, bulunduğu yerlere göre sıcaklık, basınç gibi iklim faktörlerinin farklılıklarından dolayı çeşitlere ayrılır. Bunlar;

İç anadolu karasal iklimi: Bitki örtüsü olarak kuraklık neticesinde bozkırın hakim olduğu bu karasal iklim çeşidi özellikle Orta Anadolu’da daha şiddetli bir şekilde görünmektedir. Bu iklimde kışlar soğuk yazlar ise biraz sıcaktır. Ocak ayı $-0,7^{\circ}\text{C}$ ortalama sıcaklığa sahipken, 22°C ise temmuz ayı ortalama sıcaklığı olmuştur. Yıllık ortalama sıcaklık ise $10,8^{\circ}\text{C}$ ’dir. İlkbahar ve kış mevsiminde yoğun yağış alan iklim tipinde yıllık 143.8 mm toplam yağış miktarını oluşturur. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %14,7’dir. Yıllık ortalama nispi nem %63,7’dir [16]. İç Anadolu illeri ve Doğu Anadolu’nun bir bölümünde bulunur. Tuz gölü, Elazığ, Konya, Ankara, Iğdır, Malatya bu illerden bazılarıdır.

Doğu anadolu karasal iklimi: Kışların çok soğuk olduğu bu iklim türünde yazlar yükseltinin fazla olması nedeniyle serin geçer. Fakat yükseltinin düşük olduğu bölgelerde yaz sıcaklıkları fazla olmaktadır. Şiddetli geçen kış mevsimi ise don olayının sık sık görülmesine neden olur. Yükseltinin fazla olduğu yerlerde çayırılar bitki örtüsü iken, yükseltinin az olduğu yerlerde ise bozkır ve kuru ormanlar görülür. Ocak ayında ortalama sıcaklık $-4,2^{\circ}\text{C}$,

temmuz ayında ise 24,2°C'dir. İlkbahar ve kış mevsiminde en çok yağışın görüldüğü iklimde yıllık toplam yağış 579,4 mm'dir. Toplam yağışın %9,5'i yaz mevsiminde görülmektedir [16]. Erzurum, Kars gibi kar yağışının yoğun olarak görüldüğü illerde görülmektedir.

Güneydoğu anadolu karasal iklimi: Yazları kuraklığın yoğun ve uzun süreli yaşandığı bu türde yazlar çok sıcak, kışlar ise ılık geçer. Ocak ayında ortalama sıcaklığı 3,7°C, temmuz ayında ortalama sıcaklığı 29,8°C, yıllık ortalama sıcaklık 16,4°C'dir. Doğal bitki örtüsü, düşük rakımlı düzlüklerde cılız bozkırlar ve kuraklığa dayanıklı çalılardan oluşur. Çoğu yağışın ilkbahar ve kışın düştüğü görülür. Yıllık toplam ortalama yağış 565,7 mm'dir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %2,6'dır [16]. Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır gibi illerde görülür.

Trakya karasal iklimi: Kuru ormanların hakim olduğu bu iklim türünde kışlar soğuk, yazlar sıcak geçer. 2,8°C ocak ayının ortalama sıcaklığı iken, temmuz ayında ortalama sıcaklık 23,9°C'dir. İlkbahar, kış ve sonbahar mevsiminde yoğun yapış alan bu iklim türünde %17,6 ile yıllık yaz yağışı görülmektedir. Ortalama yıllık toplam yağış ise 559,7 mm'dir [16]. Edirne ve Kırklareli'nde bu iklim tipi görülmektedir.

2.2.1. Ankara'da iklim şartları ve hava kirliliği

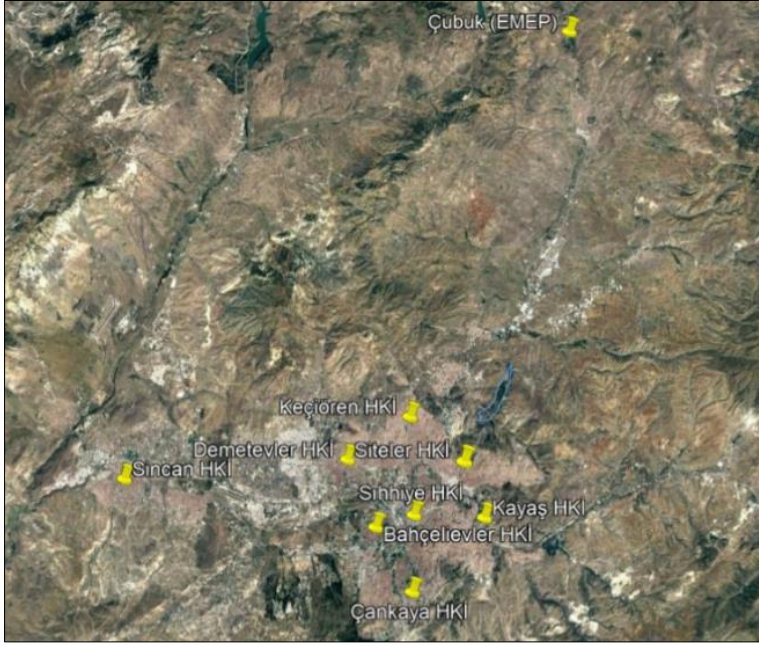
Ankara İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Türkiye'nin 2. en kalabalık ilidir. İlin geniş olması nedeniyle farklı yerlerinde farklı iklim türleri görünmektedir. Kuzeyde Karadeniz iklimi ve bu iklimin sonucunda yağış ve ılıman hava görülür. Güney kesimlerde ise step iklimi görülmektedir. Ancak genel olarak yazlar sıcak, kışlar ise soğuk geçmektedir. Ocak ayı bu iklimin en soğuk ayı iken temmuz ve ağustos ayları en sıcak aylardır. İlde en yüksek sıcaklık 40,8°C, en düşük sıcaklık -24,9 °C olarak görülmüştür. Kış mevsiminde sıcaklığın yoğun olarak düşmesi nedeniyle don olayı da görülmektedir. İlde don görülen gün sayısı 60 ila 117 gün arası iken karlı gün sayısı ise yılda 30,5 tir. Ayrıca kış mevsiminde görülen sis yaşam koşullarını da etkilemektedir. İlde ortalama yağış miktarı 389,1 mm iken, 11,7°C ortalama sıcaklıktır. İlde yer şekillerinin arazi yapısına göre değişmesi dolayısıyla hakim rüzgar yönü bölgesel olarak farklılaşmaktadır. Buna göre hâkim rüzgâr Ankara (merkez), Esenboğa, Çubuk, Ayaş ve Yenimahalle ilçelerinde kuzeydoğu; Haymana (İkizce), Sincan, Nallıhan ilçelerinde ve Dikmen semtinde batı; Polatlı ve Şereflikoçhisar ilçelerinde kuzey, Etimesgut ve Elmadağ ilçelerinde güneybatı, Kızılcahamam ilçesinde güneydoğu ve Beypazarı

ilçesinde kuzeydoğu yönünde eser. Rüzgarlar özellikle nisan ve mart aylarında görülmektedir ve şu zamana kadar tespit edilen en yüksek rüzgar 29,2 m/sn hızındadır. Ülkemizde etkili olan farklı hava kütleleri neticesinde basınç değerlerinde farklılıklar görülebilir. Uzun yıllar boyunca ölçülen değerlere göre Ankara'nın ortalama basınç değeri 913,1 mb, tespit edilen en yüksek basınç değeri 935,0 mb ve en düşük basınç değeri 891,0 mb'dır [17]. Ankara bulunduğu coğrafi konum nedeniyle İç Anadolu tipi karasal iklime girmektedir.

Hava kirliliği Türkiye'de her ilde etkili olduğu gibi Ankara'da da etkisini göstermektedir. Başkent olması ekonomik etkinliklerin artmasını sağlamış bu da nüfusun kalabalıklaşmasına neden olmuştur. Artan nüfus; hava kirliliğinin artmasına neden olmuştur.

Ankara'da özellikle kış aylarında hem doğal hava şartları hem de insan kaynaklı kullanımlar nedeniyle hava kirliliği görülmektedir. Kentin başkent olması ile hızlı nüfus artışı yaşanmış bununla birlikte kentte hava kirliliği artmaya başlamıştır. Özellikle yakılan yakıt miktarının artması ve katı yakıt kullanılması, yakma işlemlerinin yanlış olması, artan nüfus sonucu motorlu taşıtların artması sonucu havaya yayılan egzoz gazı hava kirliliğinin oluşmasının başlıca nedenleridir. Ayrıca kentin coğrafi biçimlenme sonucu çanak şeklinde olması ve rüzgar hızının yavaş olması ile kirli hava kentten uzaklaşamamaktadır. Ayrıca kentin kuzey ve kuzeydoğusuna yapılan yüksek yapılar kente gelen hakim rüzgarları engellemektedir.

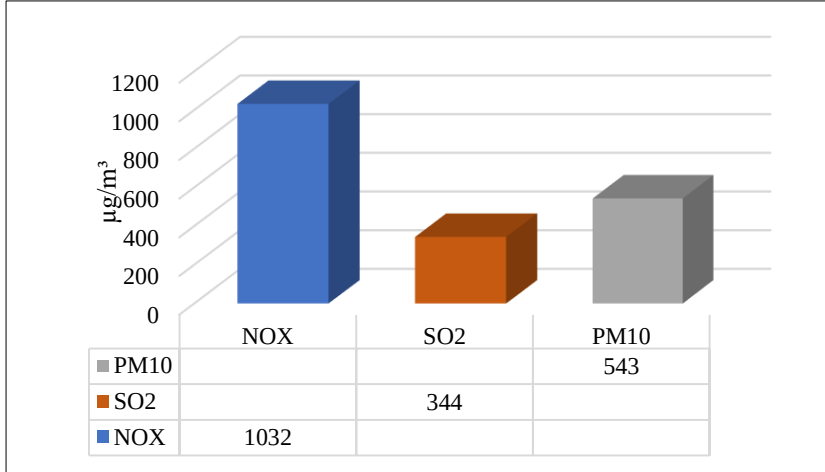
Ankara'da hava kalitesi ölçüm istasyonları ile her ilçede belirli gazların ölçümü yapılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ankara İli Temiz Eylem Planı raporunda hava online izlenebilir kalitesi ölçüm istasyonunun bulunduğu ilçelerin temsili yerleri belirtilmiştir (Şekil 2.1) [18].



Şekil 2.1. Ankara ilinde yer alan 9 adet hava online izlenebilir kalitesi ölçüm istasyonunun bulunduğu ilçelerin temsili yerleri.

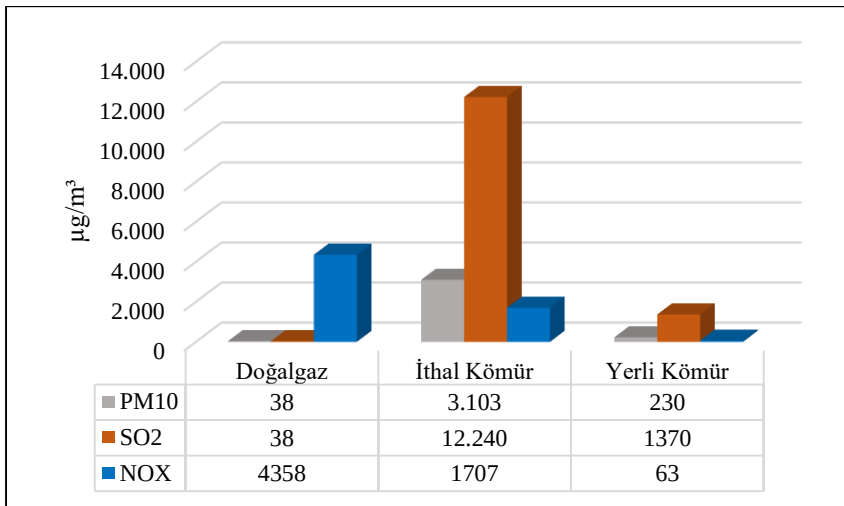
Ankara’da çevre kirleticili kaynakları sanayi, trafik ve evsel ısınma olarak üç ana başlıkta toplayabiliriz.

Ankara’da sanayi kirliliğinin başlıca nedenlerine; hava kirliliğine yönelik tedbirlerin alınmaması, yanlış yer seçimi, kötü yakıt kullanılması ve uygun teknolojinin kullanılmaması örnek verilebilir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Temiz Hava Eylem Planı kapsamında emisyon etkisi olabilecek yaklaşık 200 adet firmaya form yollanmış ve bu form sonucunda sanayi kaynaklı emisyon miktarları ölçülmüştür (Şekil 2.2.) [18]. NO_x miktarı 1032 µg/m³, PM₁₀ 543 µg/m³ ve SO₂ miktarı ise 344 µg/m³’tür. Ankara’da sanayi kaynaklı kuruluşlarda doğalgaz kullanımının artması PM₁₀ ve SO₂ miktarının azalmasına neden olmuştur. NO_x kullanımının artması da doğalgaz kaynaklı olmuştur.



Şekil 2.2. Ankara ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

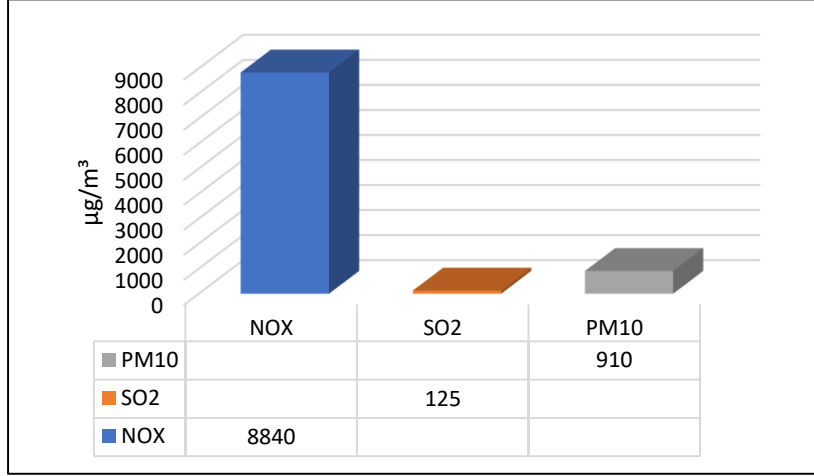
Ankara’da sert karasal iklimin olması çok yakıt tüketilmesine neden olmuştur. Ankara’da evsel ısınma konusunda konutların %75’inin doğalgaz, %23’ünün ithal kömür ve %2’sinin yerli kömür kullandığı verisine ulaşılmıştır. Elde edilen bu veriler üzerinde yakıt türüne göre kirletici miktarlarına bakıldığında, kömür tüketimi ile SO_2 salınımının bağlantılı olduğu görülmüştür. Ayrıca NO_x ile ise doğalgaz miktarının ilişkili olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Şekil 2.3) [18].



Şekil 2.3. Yakıt türlerine göre kirletici miktarları(yıl/ton).

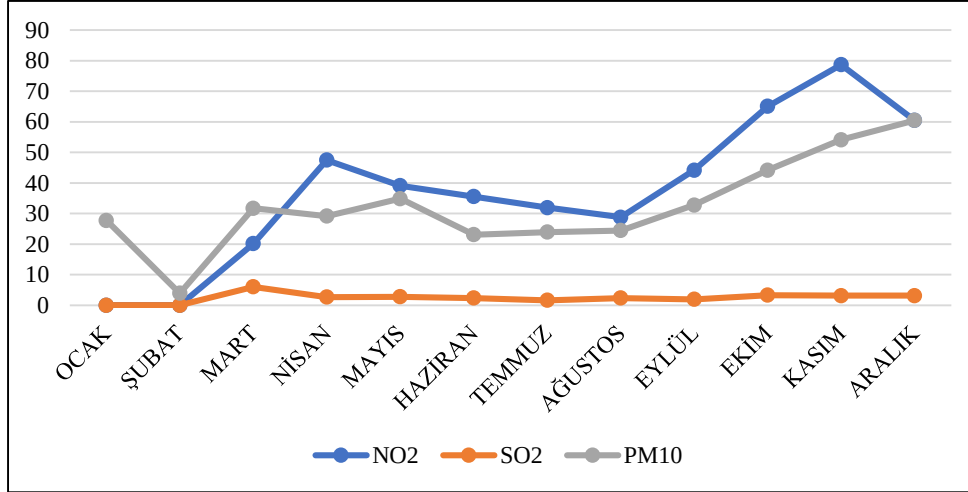
Ankara’da bulunan yoğun nüfus nedeniyle araç sayısı oldukça fazladır. TÜİK verilerine göre 2019 yılında Ankara’da bulunan araç sayısı 2033,935’tir. Bu konuda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı çalışmaları esas alınmıştır. Bu çalışmada trafikten kaynaklı emisyon ölçümü alan çalışması olarak yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre belirlenen proje alanı üzerinde %83 dizel, %15 benzinli, %2 LPG tüketilen yakıt miktarı olmuştur. Bu veriler neticesinde trafik

kaynaklı oluşan gazlardan en çok açığa çıkan NO_x olmuştur. Bunu PM_{10} ve SO_2 takip etmiştir (Şekil 2.4.) [18].



Şekil 2.4. Ankara ili trafik kaynaklı emisyon miktarları($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

İncelenen bu veriler ışığında Ankara ilinde alan çalışması kapsamında Çankaya ilçesinin 2019 yılı SO_2 , NO_2 ve PM_{10} değerleri ele alınmıştır. Çankaya ilçesinin seçilme nedeni alan çalışmasında incelenen Bilkent Şehir Hastanesi'nin bu ilçede olmasıdır. Elde edilen veriler sonucu Şekil 2.5.'teki tablo oluşturulmuştur. Bu tabloya göre NO_2 ve PM_{10} miktarının kış aylarında arttığı gözlemlenmiştir. SO_2 miktarının çok az olması ilçede kömür tüketiminin, sanayi kuruluşlarının ve zararlı gaz oluşturan araçların sayısının az olduğunu göstermiştir [19]. NO_2 için en yüksek değer kasım ayında görülen $78,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en düşük değer ölçüme başlanan aydan sonra gelen mart ayıdır ve martta değer $20,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. SO_2 için ise en yüksek değer mart ayında $6,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en düşük değer temmuz ayında $1,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. PM_{10} 'da en yüksek değer $60,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile aralık ayı, en düşük değer şubat ayı $3,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.



Şekil 2.5. Ankara ili 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları(µg/m³)

Alan çalışması kapsamında ele alınacak 2019 Aralık ayı verileri Çizelge 2.7’de belirtilmiştir [19].

Çizelge 2.7. 2019 aralık ayı Ankara ilindeki NO₂, SO₂, PM10 değerleri

İstasyon	Parametre	Birim	Min. Değer	Min. Tarih	Max. Değer	Max. Tarih	Ort. Değer	Veri Adeti
Ankara-Çankaya	NO ₂	µg/m ³	10,55	23.12.2019 07:00	250,29	19.12.2019 17:00	60,45	672
Ankara-Çankaya	SO ₂	µg/m ³	0,63	10.12.2019 19:00	23,02	09.12.2019 06:00	3,23	719
Ankara-Çankaya	PM10	µg/m ³	5,90	02.12.2019 12:00	233,01	19.12.2019 19:00	44,66	721

Çizelge 2.7’ye göre NO₂ için aralık ayında minimum değer 10,55 µg/m³, maksimum değer 250,29 µg/m³’tür. SO₂ için minimum değer 0,63 µg/m³, maksimum değer 23,02 µg/m³’tür. PM10’da ise minimum değer 5,90 µg/m³, maksimum değer 233,01 µg/m³ olmuştur.

2.2.2. Eskişehir’de iklim şartları ve hava kirliliği

Eskişehir ili, matematik konumu, denizden olan yüksekliği, denize olan uzaklığı, yeryüzü şekilleri gibi pek çok farklı nedenden dolayı karasal iklimin hakim olduğu bir yerdir. Ege bölgesine ve Marmara bölgesine yakınlığı dolayısıyla ise bu bölgelerde bulunan iklim etkilerini de taşımaktadır.

Eskişehir’de yazlar açık ve az bulutlu, kışlar kar yağışlı geçer. İlkbahar ve sonbaharda ise orta derecede yağış görülmektedir. En soğuk ay -2°C ile ocak ayıdır. Kış aylarında don olayları ve aşırı soğuklar görülür. Don olayları aralık ayı ile mart ayı arasında görülebilmektedir. Ancak ocak ayında 10°C ile 15°C ’lık ılık günler de geçirilmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması $10,9^{\circ}\text{C}$ ’dır. Bahar aylarına doğru sıcaklık artarken en sıcak aylar haziran, temmuz ve ağustos aylarıdır. Bu aylarda en düşük sıcaklık 10°C - 15°C iken, en yüksek sıcaklık 30°C - 40°C arasındadır.

Karasal iklimin en belirgin özelliklerinden biri olan gece ve gündüz arasındaki büyük sıcaklık farkı yaklaşık 12°C ile 29°C arasındadır. Sonbahar mevsimi, sıcaklığın 20°C ’nin altına düşmesiyle, ağustos ayının ikinci yarısından itibaren kendini belli eder. Eylül ayının sonunda sıcaklık, 0°C ’ye kadar inebilir. En yüksek sıcaklık ise, yine eylül ayı içinde, yazın devamı olarak 20°C ile 30°C arasında oynayabilir. Ekim ayında ortalama sıcaklık, 10°C civarında seyreder.

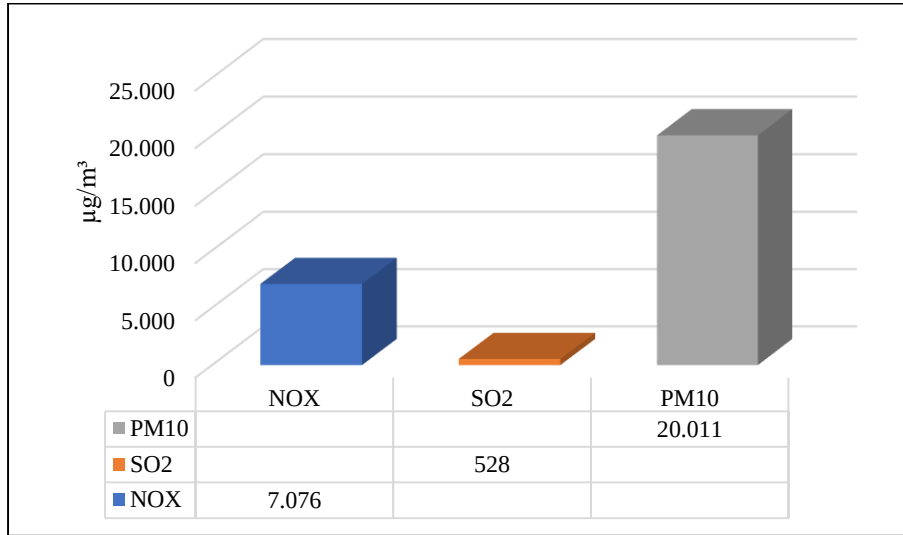
İlde yağışlar kar yağışı ve yağmur halinde görülür. Aralık ayı itibariyle havaların aşırı soğuması sonucunda kar yağışları ilde hakim olur. Nisan ayında ise havaların ısınması ile yağmurlar bölgede etkili olur. Özellikle bölgede etkili olan bahar yağmurları batı ve güneybatıdan gelmektedir. Yıllık ortalama yağış ise $378,9\text{ kg/m}^3$ ’tür.

Ekim ayında başlayan yağmurlar kasım ayında sulu kara dönüşür ve bu kış mevsiminin başladığının göstergesi kabul edilir. Temmuz ve ağustos aylarında ise kuraklık ilde etkili olurken bazen Karadeniz bölgesinden gelen yağışlar bu aylarda etkili olur.

Eskişehir’de rüzgarlar, kışın doğudan batıya eser. Baharın ilk aylarında kuzeybatı rüzgarları hakimdir. Baharın sonunda güneybatı, batı ve kuzeybatıdan gelen rüzgarlar görülür. Yaz mevsiminde bazen geçici olarak günlük şiddetli doğu rüzgarları da görülebilir. Sonbaharda ise, Eylül sonundan itibaren doğu, kuzeydoğu ve güneydoğu rüzgarları ortaya çıkar [20]. Coğrafi konumu gereği Eskişehir’de İç Anadolu tipi karasal iklim görülmektedir.

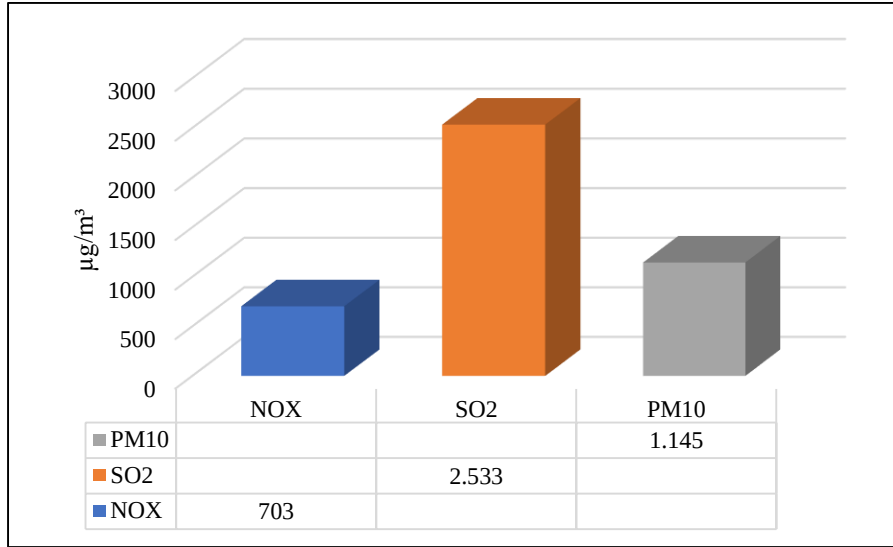
Eskişehir ili İç Anadolu Bölgesi sınırları içinde olan ve nüfus sıralamasında Türkiye’nin en kalabalık 25. ilidir. Genellikle sade yer şekillerine sahip il sekiz adet veri istasyonuna sahiptir. Bu istasyonlar; Eskişehir, Cumhuriyet Bulvarı, Metin Sönmez, Odunpazarı, Atatürk Lisesi, Vişnepark Yaygınlaştırma ve Station 310 istasyonlarıdır.

Eskişehir sanayi kaynaklı illerin başında gelmektedir. İlde sanayi işletmeleri belirli sektörlerde görülmektedir. Öne çıkan belli işletmeler; gıda, makine-metal, madencilik ve taş ocakçılığı sektörüdür. Metal, gıda, mineral ürünler, elektrikli teçhizat ve giyim ise en fazla istihdam sağlayan sektörlerdir. Ayrıca, Eskişehir’de dayanıklı tüketim malları, savunma sanayi ve gıda sektörlerine yönelik 4 adet araştırma ve geliştirme merkezi bulunmaktadır. Eskişehir ilinde sanayi kaynaklı yıllık yanma ve proses emisyon toplamı sonucu elde edilen grafik Şekil 2.6.’da verilmiştir [21]. Bu grafiğe göre sanayi kaynaklı ortaya çıkan gaz miktarı en çok 20,011 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile PM10 olmuştur. Bunu 7,076 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile NO_x ve 528 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile SO₂ takip etmektedir. Ayrıca grafiğe göre PM10 miktarının bu kadar yüksek çıkmasının en önemli nedeninin şehirde bulunan hafriyat ve madencilik sektöründen kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.



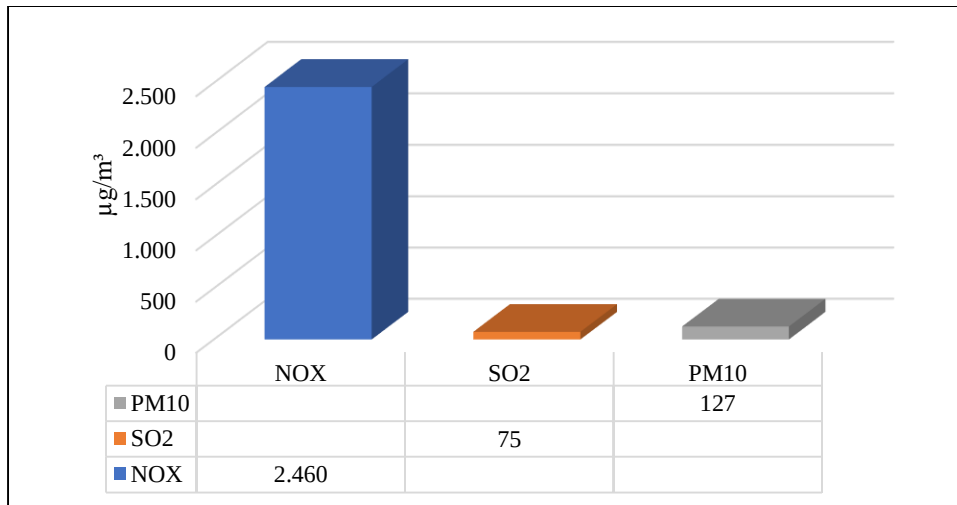
Şekil 2.6. Eskişehir ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Evsel ısınma konusunda Eskişehir’de 1997’den bu yana hem doğalgaz hem de kömür kullanılmaktadır. Konutlarda kömür, odun, fueloil vb. yakıtların kullanımı oldukça azdır ve gelişen şehirleşme stratejisinde doğalgaz kullanan konutlar artış göstermektedir. Eskişehir’de konutların %60’ı doğalgaz, %40’ı kömür kullanmaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda kömür kullanımı sonucu SO₂ miktarının 2533 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en fazla olduğu görülmüştür. Bunu 1145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile PM10, 703 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile NO_x takip etmiştir. Doğalgaz miktarı ile bağlantılı olan NO_x gazlarının doğalgaz kullanan konut sayısının artışı ile artacağı düşünülmektedir (Şekil 2.7) [21].



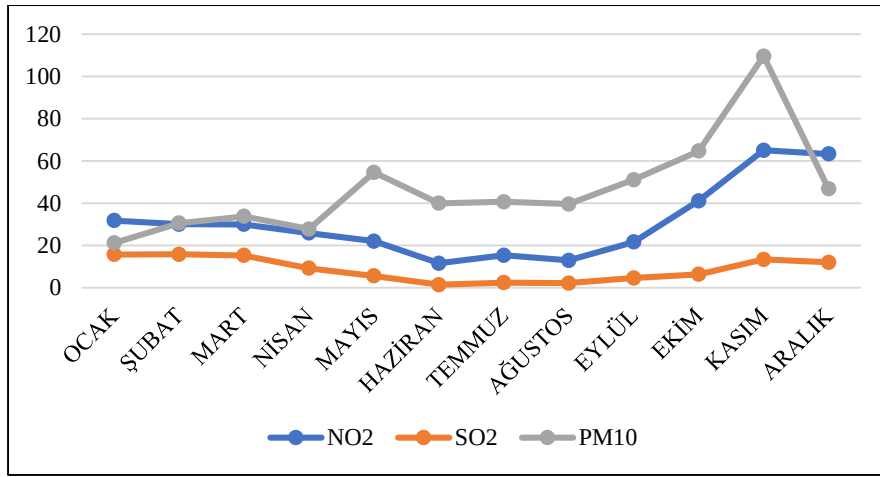
Şekil 2.7. Eskişehir ili evsel ısınma kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Eskişehir, sanayi dolayısıyla iş imkânının fazla olması, bulunduğu arazideki engebe oranının çok düşük olması, etrafında bulunan gelişmiş iller gibi nedenlerden dolayı nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bir ildir. Tük'ten alınan verilere göre 2019'da 287,142'i araç şehirde bulunmuştur. Bu araç sayısı ildeki hava kalitesini doğrudan etkilemektedir. Genel olarak, resmi kayıtlara göre Eskişehir ilindeki araçların yaklaşık %92'si merkez ilçede bulunmaktadır. Otomobillerden sonra en yaygın kullanılan araçlar, motosikletler ve kamyonetlerdir [21]. Bu bağlamda ulaşılan veriler ile Şekil 2.8 oluşturulmuştur. Trafik kaynaklı NO_x gaz miktarı $2460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en yüksek çıkmış, bunu $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 ve $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 takip etmiştir.



Şekil 2.8. Eskişehir ili trafik kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Eskişehir ilinde alan çalışması kapsamında çalışılan Eskişehir Şehir Hastanesi Odunpazarı ilçesindedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın veri indirme istasyonundan 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları alınmış ve Şekil 2.9'da bulunan grafik oluşturulmuştur [19]. Grafiğe göre genel anlamda kış aylarında gaz miktarlarının arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra PM10 miktarının NO₂ ve SO₂'den ocak ve aralık ayı hariç yüksek olduğu verisine de ulaşılmıştır. En yüksek PM10 miktarı 110 µg/m³ ile kasım ayında, en düşük ise 21,2 µg/m³ ile ocak ayında görülmüştür. SO₂ ise en yüksek kasım ayında 13,4 µg/m³, en düşük 2,42 µg/m³ ile temmuzda ölçülmüştür. NO₂ 'de ise en yüksek 65,1 µg/m³ ile kasımda, en düşük 11,6 µg/m³ ile haziranda görülmüştür.



Şekil 2.9. Eskişehir ili 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları

Alan çalışmasında ele alınacak verilere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın sitesinden ulaşılmış ve Çizelge 2.8 oluşturulmuştur [19].

Çizelge 2.8. 2019 aralık ayı Eskişehir ilindeki NO₂, SO₂, PM10 değerleri

İstasyon	Parametre	Birim	Min. Değer	Min. Tarih	Max. Değer	Max. Tarih	Ort. Değer	Veri Adeti
Eskişehir-Odunpazarı	NO ₂	µg/m ³	5,48	23.12.2019 04:00	160,84	05.12.2019 20:00	63,60	590
Eskişehir-Odunpazarı	SO ₂	µg/m ³	2,34	17.12.2019 06:00	70,41	03.12.2019 20:00	12,25	720
Eskişehir-Odunpazarı	PM10	µg/m ³	7,13	10.12.2019 14:00	313,08	03.12.2019 21:00	46,97	721

2019 Aralık ayı verilerine göre NO₂ en yüksek 160,84 µg/m³, en düşük 5,48 µg/m³ ölçülmüştür. SO₂ de maksimum değer 70,41 µg/m³, minimum değer ise 2,34 µg/m³'tür.

PM10'da ise en yüksek değer 2019 Aralık ayı içinde 313,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en düşük 7,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur.

2.2.3. Konya'da iklim şartları ve hava kirliliği

Konya Türkiye'nin en kalabalık 7. ilidir. Yüzölçümü bakımından ise en büyük ilimizdir. İlde kışların kar yağışlı ve soğuk olduğu, yazların ise kurak ve çok sıcak geçtiği karasal iklim koşulları görölr. İl İç Anadolu bölgesinde konum olarak Akdeniz Bölgesine en yakın olan yerdedir. Ancak Akdeniz bölgesi ile arasında bulunan Toroslar ile sıcak hava gelmesini engeller. Diğer İç Anadolu illerinden daha soğuktur. Karın yerde kalma süresi ortalama üç aydır. Gece ile gündüz arası sıcaklık farkı yazın 16-22°C arasındadır. Baharları ve kışları nemden dolayı bu fark 9-12 °C'ye kadar düşer. Bulunduğu coğrafik konum nedeniyle Konya İç Anadolu tipi karasal iklimin göröldüğü bir bölge olmuştur.

Konya, 1. jeolojik zamanda Anadolu'daki Tetis denizinin yükselerek yok olması nedeniyle tam bir deniz tabanı ovasına dönüşmüştür. Düzlüęün asıl nedeni budur.

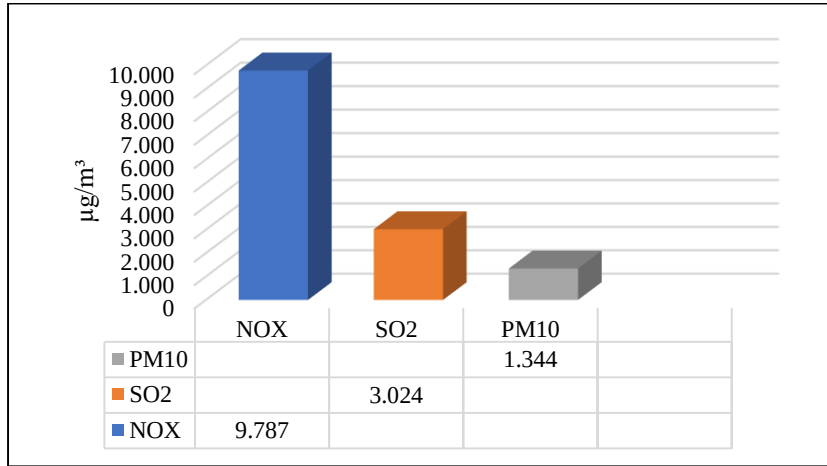
Konya ilinde ilkbaharda yağmur sıklıkla görölr. Bu yağışlara yükselim (konveksiyonel) yağışlar denilmektedir ve nisan mayıs aylarında yağış miktarı en fazladır. Baharda görölen bu yağmurlar yazın iklim özelliği dolayısıyla görölmez ve yazın ilde kuralık görölr. İldeki step ikliminden dolayı yaşıanan yaz kuraklığı buğday kalitesinin çok iyi olmasına neden olmuştur. Konya ovası arazi özellikleri nedeniyle bir çanak şeklindedir. Bu yüzden Türkiye'de sisli gün sayısı ve sis miktarı en fazla olan il Konya'dır. Konya ikliminin diğer bir özelliği ise yazların çok geç başlaması, kışların da çok geç bitmesidir.

Uzun zamanlarda ölçölen en düşük sıcaklık -29 °C, en yüksek sıcaklık ise 41 °C'dir. En çok kar yağan ay şubat, en soğuk ay ocaktır. En sıcak aylar temmuz ve ağustostur. Diğer bir özellik ise yaz akşamları çevresinde bulunan dağlardaki yüksek basınç alanlarından, ovada bulunan alçak basın alanlarına esen rüzgardır. Günlük sıcaklık farkının en belirgin özelliği de budur. Ocak ayı sıcaklık ortalaması -0,5 °C, temmuz ayı sıcaklık ortalaması ise 23 °C'dir. Türkiye'nin en az yağış alan ili Konya'dır [22].

Türkiye'nin tahıl ambarı olarak adlandırılan Konya'da aynı zamanda sanayi konusunda da gelişmiştir. İlde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın veri indirme istasyonundan alınan veriye

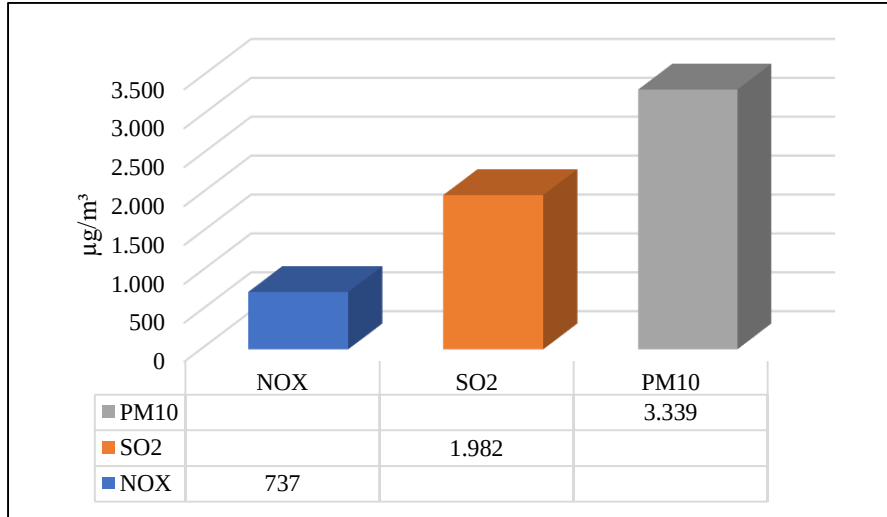
göre yedi adet hava kalitesi ölçme istasyonu mevcuttur. Bunlar Karkent, Meram, Ereğli yaygınlaştırma, Laboratuvar yaygınlaştırma, Erenköy Belediye, Karatay ve Selçuklu Belediyedir.

Konya’da 3 farklı organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bu sanayi bölgelerinde; çimento, şeker, tekstil, ambalaj, kağıt, makine kimya, otomotiv yedek parça gibi çok farklı ve geniş üretim alanına sahip ürünler üretilmektedir. Kentte 705 adet emisyon izni almış sanayi kuruluşu vardır. Konya Temiz Hava Eylem Planı’nda yapılan çalışma sonucu alınan sanayi kaynaklı emisyon miktarları Şekil 2.10.’da belirtilmiştir [23]. Bu grafiğe göre sanayinin çevre kirliliğine en çok yaydığı gaz 9787 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile NO_x olmuş, bunu 3024 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile SO_2 ve 1344 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile PM10 takip etmiştir.



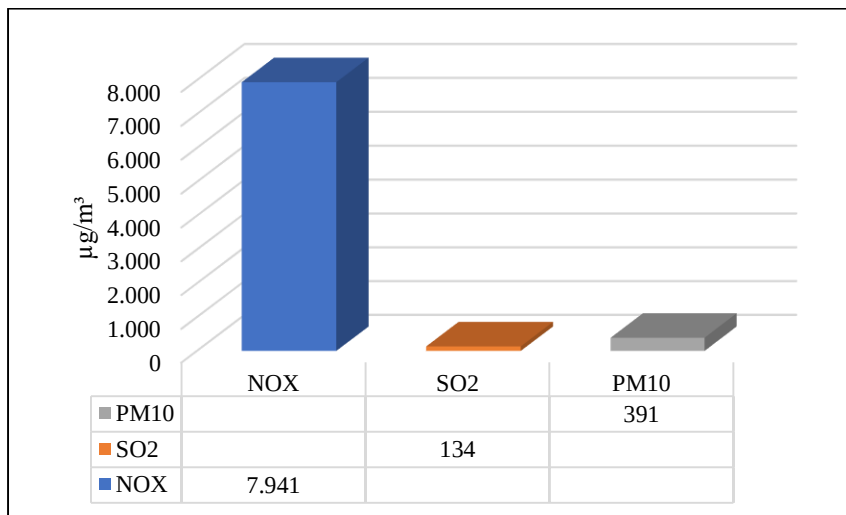
Şekil 2.10. Konya ili sanayi kaynaklı emisyon miktarları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Konya ili evsel ısınma konusunda karasal bölge etkilerinin görüldüğü bir ildir. İlde soğuk geçen kış ikliminin etkisi olarak hem doğalgaz hem de kömür kullanılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Temiz Hava Eylem Planı’ndan alınan verilere göre ilde kullanılan doğalgaz miktarı kömür miktarından fazladır. Ancak kömür kullanan konut sayısı, doğalgaz kullanan konut sayısından fazladır. Bunda kentin ekonomik durumu ve teknik altyapısının etkisi vardır. Elde edilen veriler ışığında Şekil 2.11 oluşturulmuştur. Bu grafiğe göre kömür kullanan konut sayısının fazla olmasının sonucu SO_2 (1982 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve PM10 (3339 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) miktarı fazla çıkmıştır. NO_x miktarının daha az çıkmasının nedeni kentte doğalgaz kullanan konut sayısının daha az olması nedeni ile olduğu düşünülmektedir [23].



Şekil 2.11. Konya ili evsel ısınma kaynaklı emisyon miktarları (µg/m³)

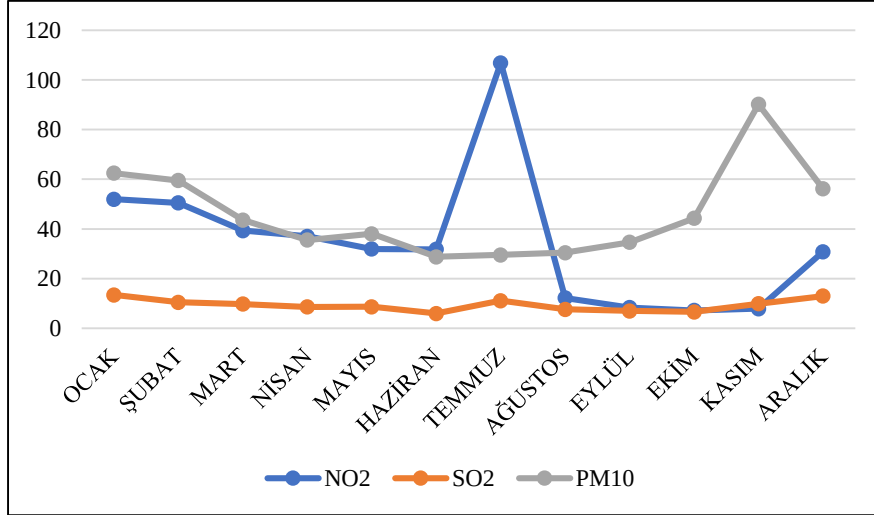
Trafik konusunda yapılan incelemede Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK)'den alınan verilere göre 2019 yılında Konya'da 724,397 motorlu kara taşıtı bulunmuştur. Bunların büyük çoğunluğu otomobil iken, kentte yapılan yoğun tarım faaliyetleri sonucunda diğer şehirlerden farklı olarak traktör sayısı da yadsınamayacak kadar fazladır. Trafik kaynaklı emisyon miktarları ile Şekil 2.12'deki grafik elde edilmiştir. Buna göre trafik kaynaklı oluşan en fazla gaz 7941 µg/m³ ile NO_x olmuştur. Bunu 391 µg/m³ ile PM10 ve 134 µg/m³ ile SO₂ takip etmiştir.



Şekil 2.12. Konya ili trafik kaynaklı emisyon miktarları (µg/m³)

Konya'da alan çalışması kapsamında çalışılan Konya Şehir Hastanesi Karatay ilçesindedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın veri indirme istasyonundan 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları alınmış ve Şekil 2.13'te bulunan grafik oluşturulmuştur. Grafiğe göre kış

aylarında gaz miktarlarının arttığı görülmüştür. NO₂ için en yüksek ölçüm 107 µg/m³ ile temmuz ayında görülmüştür. SO₂ için ise değerler yıl boyunca birbirine çok yakın gitmiş ancak en yüksek değerin ocak ayında 13,5 µg/m³ olduğu bilgisine ulaşılmıştır. PM10 için ise en yüksek değer kasım ayında 90,2 µg/m³ olmuştur [19].



Şekil 2.13. Konya ili 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları (µg/m³)

Bu bağlamda alan çalışması için 2019 Aralık ayı PM10, SO₂ ve NO₂ verilerine ulaşılmış ve Çizelge 2.9 oluşturulmuştur [19].

Çizelge 2.9. 2019 aralık ayı konya ilindeki NO₂, SO₂, PM10 değerleri

İstasyon	Parametre	Birim	Min. Değer	Min. Tarih	Max. Değer	Max. Tarih	Ort. Değer	Veri Adeti
Konya-Karatay	NO ₂	µg/m ³	7,79	27.12.2019 05:00	75,23	19.12.2019 16:00	30,85	720
Konya-Karatay	SO ₂	µg/m ³	1,83	13.12.2019 14:00	34,52	21.12.2019 22:00	12,96	717
Konya-Karatay	PM10	µg/m ³	0,00	27.12.2019 09:00	458,31	21.12.2019 01:00	56,16	708

Bu çizelgeye göre alan çalışması kapsamında incelenen hastanenin bulunduğu Karatay ilçesinde 2019 Aralık ayında NO₂'de en yüksek değer 75,23 µg/m³ iken, en düşük değer 7,79 µg/m³ çıkmıştır. SO₂ en yüksek 34,52 µg/m³, en düşük 1,83 µg/m³ ve PM10 ise en yüksek 458,31 µg/m³, en düşük 0,00 µg/m³ olarak ölçülmüştür.

2.2.4. Isparta’da iklim şartları ve hava kirliliği

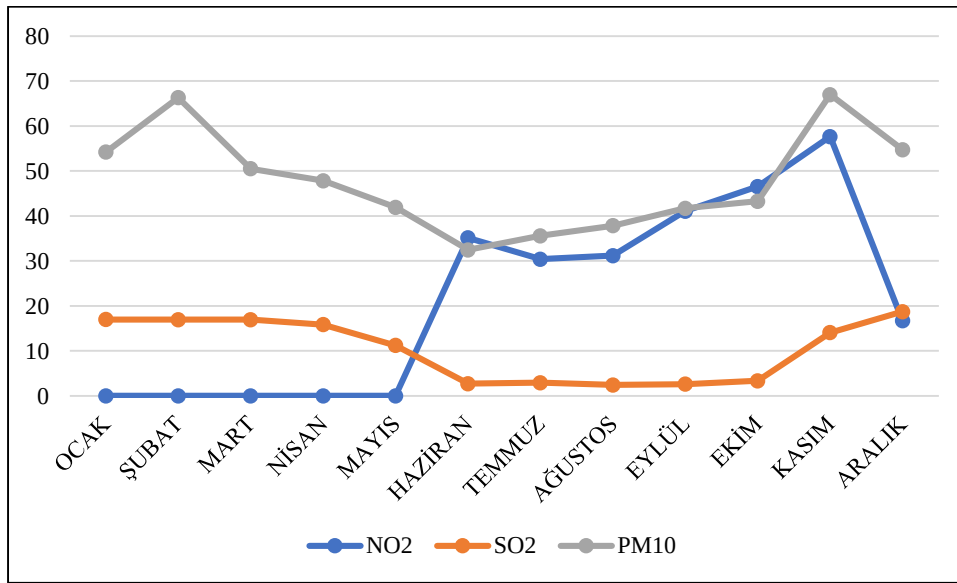
Isparta ili, karasal iklim görülen İç Anadolu Bölgesi ile Akdeniz ikliminin görüldüğü Akdeniz Bölgesi’nin arasında bir geçiş bölgesindedir. Bu yüzden ilde iki iklimin özelliklerini görmek mümkündür. Isparta ikliminde yarı kurak yazlar ve soğuk bir kış iklimi görülür. Özellikle İç Anadolu’ya yakın olan yerlerde karasal iklim özellikler görülürken, güney bölümünde kışları daha ılık, yazlar daha sıcak geçer. Şehir hastanesinin bulunduğu bölüm ise şehirde kuzeydoğuya düşüp, karasal iklimin hakim olduğu yere denk gelmektedir.

Isparta’da 12,0 °C ortalama sıcaklık görülmektedir. 38,7 °C ilde görülen en yüksek sıcaklık iken, -21,0°C ise en düşük sıcaklık olmuştur. En soğuk aylar ocak ve şubat, en sıcak aylar temmuz ve ağustostur. İlde, sıcaklıklara bağlı olarak genelde kasım ayında sonbaharın ilk donları görülmeye başlar, donlu günler bazı yıllar nisan ayının sonlarına kadar sürmektedir. Isparta’da yıllık ortalama donlu günlerin sayısı 84,3 gündür [24]. İlin bulunduğu konum nedeniyle ilde İç Anadolu tipi karasal iklim de ilin belirli bölgelerinde görülmüştür.

Isparta nüfus sıralaması bakımından 45. ildir. Nüfusun yaklaşık olarak %70’i şehir merkezinde yaşamaktadır. Ekonomisi büyük ölçüde tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Buna rağmen ilde yaşanan hava kirliliği sebebiyle Isparta 1. derece kirli iller arasında yer almaktadır. Veri indirme istasyonundan alınan bilgiye göre ilde bir adet istasyon bulunmaktadır. Alan çalışması kapsamında incelenen diğer illerden farklı olarak Isparta Temiz Hava Eylem Planında yeterli veri olmaması nedeniyle sanayi, trafik ve evsel ısınma emisyon miktarları bulunamamıştır. Ancak 2019 Isparta İli Çevre Durum Raporu’na göre bazı verilere ulaşılmıştır.

Cumhuriyetin ilk yıllarında ülke şartlarından dolayı şarap, tuz, renk ve koku veren bitkiler gibi küçük çaplı tarım ve işçilik kolları ile uğraşırken ülke ekonomisinin gelişmesi neticesinde Isparta ilinde de sanayi, tarım gibi kollar gelişmiştir. İlde eskiden gelen halıcılık, dericilik, kereste, gül ve gül ürünleri üretimi gibi alanlar da gelişmiş, bunlara çimento, yonga levha, mermer gibi alanlarda ilave olmuştur. 2019 yılında ilde; 383,474 ton katı yakıt(kömür-odun), 8050,000 sm³ doğalgaz, 450025,000 kg fueloil kullanılmıştır. 2019 yılında konutlarda kullanılan evsel ısıtmada ise katı yakıt miktarı 13,793 ton, doğalgaz 129056,000 sm³ olmuştur. Trafik konusunda ise bir veriye ulaşamamıştır [25].

2019 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sitesi veri indirme istasyonundan her ay SO₂, NO₂ ve PM10 miktarlarına ulaşılmış ve bunun sonucunda Şekil 2.14'teki grafik elde edilmiştir [19]. Bu grafiğe göre ocak ve mayıs ayları arası NO₂ miktarı ile ilgili bir veri bulunamamıştır. SO₂ miktarının ise incelenen diğer illerden fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bunda özellikle kışın kullanılan yakıt türü etkili olabilir. SO₂ miktarı en yüksek aralık ayında 18,73 µg/m³, NO₂ miktarı ise en yüksek kasım ayında 57,65 µg/m³ olarak görülmüştür. PM10'un değerleri grafikte en yüksek noktalarda olmuş ve en yüksek değeri de 66,98 µg/m³ ile kasım ayında olmuştur.



Şekil 2.14. Isparta ili 2019 yılı aylık PM10, SO₂ ve NO₂ miktarları (µg/m³)

Tez çalışmasında kullanılacak olan veriler aralık ayı verileridir. Bunun nedeni aralık ayının en kirli ay olmasıdır. Bu bağlamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın sitesinden aralık ayı PM10, SO₂ ve NO₂ verilerine ulaşılmış ve Çizelge 2.10 elde edilmiştir [19].

Çizelge 2.10. 2019 Aralık ayı Isparta ilindeki NO₂, SO₂, PM10 değerleri

İstasyon	Parametre	Birim	Min. Değer	Min. Tarih	Max. Değer	Max. Tarih	Ort. Değer	Veri Adeti
Isparta	NO ₂	µg/m ³	16,70	13.12.2019 23:00	16,70	13.12.2019 23:00	16,70	1
Isparta	SO ₂	µg/m ³	0,00	23.12.2019 16:00	118,25	19.12.2019 23:00	18,60	632
Isparta	PM10	µg/m ³	3,95	02.12.2019 08:00	340,03	21.12.2019 11:00	54,72	721

Çizelge 2.10'a göre şehir hastanesinin bulunduğu ilçede ölçüm yapılmadığı için Isparta ili için değerler esas alınmıştır. NO₂'de aralık ayında bir ölçüm yapıldığı için bu değer 16,70 µg/m³ olarak alınmıştır. SO₂ gazında 118,25 µg/m³ maksimum değer olmuş, 0,00 ise minimum değer olmuştur. PM10'da ise 340,03 µg/m³ maksimum değer, 3,95 µg/m³ minimum değer olarak görülmüştür.

2.3. Kaynak Araştırması

Bu çalışmanın ana konusu hava kirliliğinin cephelere etkisidir. Bu noktada yapılan araştırmalar sonrasında örneklem olan şehir hastaneleri projelerine yönelik olarak maliyet ve hava kirliliği ilişkisini yansıtan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan araştırmada maliyet hesabı, hava kirliliği ve cephe malzemeleri konusuna açıklık getirecek farklı çalışmalar incelenmiştir. Yapılan literatür araştırmasına ait sonuçlar verilmiştir.

Demirarslan (2008), çalışmasında öncelikle hava kirliliği kavramı ve hava kirliliğinin fiziksel ve mimari açıdan binalar üzerindeki etkilerini incelenmiş olup; Kocaeli'nde bulunan 20 yıl üzeri ve tarihi yapılar çalışma için seçilmiştir. Bunun için hava kirliliğinin fazla görüldüğü D-100 karayolunun çevresinde bulunan binalar gözlemlenmiştir. Bu binalarda bulunan cephe malzemelerinin hava kirliliğine karşı duyarlılığı incelenmiştir. Sonuç olarak betonarme iskelet ve tünel kalıp sistemin çelikten daha avantajlı olduğu; plastik esaslı, boyalı, doğal taşlı ve cam mozaiklerden oluşan cephe malzemeleri deformasyona uğradığı için Kocaeli'nde tercih edilmemesi çıkarımına ulaşılmıştır. Uygun olan cephe malzemelerinin cam, kompozit, paslanmaz çelik gibi malzemeler olması öngörülmüştür [26].

Girgin ve Es (2017), cephe malzemesi olarak çelikler ve dayanıklılığa etki eden faktörleri araştırmışlardır. Çalışma kapsamında, yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çeliklerin dayanıklılığına etki eden kimyasal bileşenler, çevre koşulları ve bunların karşılıklı etkileşimlerine yer verilmiştir. Alaşım elementlerinin, zaman içerisinde yüzeyde kontrollü pas-patina tabakası oluşum mekanizması ve sürecine etkisinin yanı sıra, atmosferik koşullar ile ilişkisi ele alınmıştır. Bu kapsamda Piri Reis Üniversitesi'nin cephe kaplamasına yapılan uygulama incelenmiştir. Sonuçlar, çeliğin korozyon dayanımı ve dayanıklılığının oldukça iyi olduğunu göstermiştir. Ancak malzeme dayanıklılığını arttırmak için, çevresel etkenler

tasarıma doğru şekilde aktarılmalı ve bunun üzerinden önlemler alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [27].

Grøntoft (2020), çalışmasında Norveç Oslo'da hava kirliliğine maruz kalması sonucu cephelerde oluşan hasar maliyetleri belirlenmiştir. Çalışmanın amacı hava kirliliği sonucu oluşan hasar maliyetlerini tahmin ederek bunları maliyet-fayda analizinde kullanmaktır. Bunun için Norveç ve Oslo'da 17. ve 18. yy'dan kalma yapılarıdaki malzemeler belirlenmiş ve bu malzemelerin PM10, SO₂ ve NO₂ sonucu yüzeylerinde oluşan hasar maliyetleri hesaplanmıştır. Son on yılda hava kirliliğine bağlı maliyetin azaldığı görülmüş, ancak hava kirliliğinin olabildiğince azaltılması gerektiği ileri sürülmüştür. CO₂ sera gazı emisyonlarının azaltılması ve bununla birlikte PM10 ve NO_x gaz emisyonlarının azaltılması gerektiği görülmüştür [28].

Grøntoft (2018), 1980'den itibaren hava kirliliği nedeniyle Avrupa'da çinko ve kireçtaşı yüzeyleri için bakım maliyetlerini araştırmıştır. Araştırmanın amacı, Avrupa'da dış mekanlarda kullanılan malzemelerin yüzeyleri için hava kirliliğini azaltarak elde edilebilen bakım maliyetlerini, maliyet tasarruflarını ve kullanım ömrü artışlarını tahmin etmektir. Çalışmada 'ICP materials' projesinden elde edilen veriler ve metodoloji kullanılmıştır. Sonuçlar, Avrupa'da cephe malzemelerinin yüzeyleri için, hava kirliliğindeki seviyelere göre varsayımsal azalmanın, atmosferik kimyasal aşınmaya bağlı bakımlar arasındaki yakın gelecekteki ömürlerde yaklaşık ne kadar artacağını bulunmasını sağlamıştır. Sonuç olarak hava kirliliğinin azalmasına bağlı olarak çinko ve kireçtaşı yüzeylerde farklı oranlarda ömür artışı görülmüş, bu da maliyet tasarrufu sağlamıştır [29].

Grøntoft, Verney-Carron, Tidblad (2019), çalışmalarında hava kirliliği nedeniyle cam ve çelik yüzeylerde temizlik maliyetini hesaplamayı amaçlamıştır. Makalede Avrupa'daki yapıların yüzeyleri ve pencereler için hava kirliliğini azaltarak elde edilebilen tahmini bakım-temizleme maliyetlerini, maliyet tasarruflarını ve temizleme aralığı artışlarını bildirmektedir. Çalışmada ICP (tarihi ve kültürel anıtlar) materyalleri projesinden elde edilen metodoloji ve veriler kullanılmıştır. Hava kirliliğindeki %50 azalmanın, temizlik maliyetlerinde tasarruf sağladığı bulunmuştur [30].

Lombardo, Ionescu, Chabas, Lefèvre, Ausset, Candau (2010), çalışmasında kirlenme olgusunu anlamak, ölçmek ve modellemek için 30 Avrupa şehri ve Kanada'da silika-soda-

kireç içeren pencere camına ilişkin çeşitli belirlemeler yapılmıştır. Bu amaçla yağmurdan korunaklı numuneler alınmıştır. Çeşitli ortamlarda (endüstriyel, kentsel ve kırsal alanlar) 1 ay ile yaklaşık 4 yıl arasında değişen süreye sahip çeşitli verilerden cam malzemelerin kirlenmesi için bir etki-tepki fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu sonuca ulaşmak için 2 aşamalı bir prosedür kullanılmıştır: ilk olarak zamansal eğilim Hill denklemi ile ifade edilmiştir, ikinci olarak kirlilik ölçümlerinin genliği (pus olarak ifade edilir) her bir bölgeyi karakterize eden çevresel parametreler aracılığıyla açıklanmıştır. Elde edilen fonksiyon, kirlilik değişikliklerini tahmin etmek için partikül (PM10 cinsinden ifade edilir), NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarının hesaba katılması gerektiğini göstermiştir [31].

Norvaišienė, Miniutaitė, Stankevičius, (2003), bina cephelerinde iklim ve hava kirliliğinin etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Makale, yapı malzemelerinin dayanıklılığını etkileyen temel faktörlerin bozulma mekanizmalarını açıklamaktadır. Bozulma; malzemelerin doğalarına (mekanik, elektromanyetik, termal, kimyasal ve biyolojik ajanlar) ve kökenlerine (atmosfer, zemin vb.) göre sınıflandırılır. Bu çalışma yüzeylerinde boya olan cephelerde, boyanın hava koşullarına karşı bozulma ve dayanımını değerlendirmektir. Ayrıca, bina cephelerinin dayanıklılığının daha güvenilir bir şekilde ölçülmesine izin verecek yeni bir test yöntemi sunmaktadır [32].

Ozga, Bonazza, Bernardi, Tittarelli, Favoni, Ghedini, Morselli, Sabbioni (2011), 20.yy. beton binalarında hava kirliliğinin neden olduğu yüzey hasarının teşhisini bulmak amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışma hava kirleticilerin, Avrupa'daki iki farklı kentsel alandaki modern beton binalarda etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Bu yüzden Polonya'daki en sanayileşmiş ve kirli bölgelerden birinde bulunan Centennial Hall ve Floransa'nın trafik kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı yerlerden biri olan Casa Galleria Vichi binası seçilmiştir. Bu binalardan alınan numuneler ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel sonuçlar yüzey bozulmasında neden olan hava kirletici gazların tanımlanmasına neden olmuştur. Kömür kullanımının bina yüzeylerini kararttığı, atmosferde bulunan karbonun bina yüzeylerinde bulunan hasar tabakasının başlıca nedeni olduğu bulunmuştur [33].

Yapılan araştırmalar sonucunda; tez kapsamında şehir hastanelerinde cephe malzemelerinin hava kirliliği sonucu bakım-onarım ve temizlik maliyetine ait çalışmalara araştırmalar sonucunda ulaşılmamıştır. Bu nedenle tez çalışmasının önemli olduğu düşünülmektedir.



3. HAVA KİRLİLİĞİNİN YAPILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bir yapının en önemli öğelerinden biri cephesidir. Cephe hem o yapıya karşı ilk algımızı oluşturur hem de yapıyı dış etmenlerden korur. Cephe, yapının ömrü boyunca atmosfer ile direk temas halindedir. Bu da cephe malzemelerinin öneminin daha çok ortaya çıkarmaktadır. Tasarımcı cephe malzemesi seçerken pek çok farklı kritere bakar. Çünkü cephe malzemelerinde atmosfer kaynaklı oluşan kirliliğe hem bakım onarım hem de temizlik maliyeti etki etmektedir. Bunun sonucunda ise uzun vadede kullanıcı için bir maliyet oluşmaktadır.

Bina yüzeyinde kullanılan malzemelerde malzemenin uzun vadeli olması tasarımcı için bir seçim kriteridir. Hava kirliliğinin ise nesnelere uzun vadede zarar verdiği düşünülmektedir. Ancak binalarda kullanılan cephe kaplamaları çok uzun yıllar kullanıldığı için tasarımcılar tarafından hava kirliliği faktörünün göz ardı edilerek malzeme seçimi yapıldığı düşünülmektedir. Hava kirliliği insan kaynaklı ve doğal kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal kaynaklı kirlilik; yağmur, güneş, donma-çözülme gibi faktörlerden meydana gelir. İnsan kaynaklı kirlilik ise başlıca trafik, sanayi, evsel ısınma kaynaklı nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Her faktörün payını ayırt etmek genellikle zordur. Bununla birlikte, insan kaynaklı kirleticilerin hava kirliliğine yaptığı etki çok fazla olup, binaların bozulma oranını büyük ölçüde artırdığına dair genel bir fikir birliği var.

Hava kirliliğinin yapılar üzerinde oluşturduğu kirliliğe; yapının çevresinde bulunan trafik miktarı, çatı şekli, bina yüksekliği, bina geometrisi, sokak genişliği gibi parametrelerde etki etmektedir. Özellikle yapının içinde bulunduğu sokak geometrisi ve mimari formu hava sirkülasyonunun dağılımında en önemli parametrelerdir. Tasarımcı hava akışının fazla olacağı mimari formlar seçmesi halinde bina yüzeyinin daha çok kirlenmesine neden olmaktadır. Örneğin tasarımcı tarafından belirlenen çatı formunda düz çatıda kirletici konsantrasyonu artarken, eğimli ve yamuk çatılarda azalır. Yani çatı yüksekliği arttıkça kirletici konsantrasyonu azalır [34].

Cephe malzemelerinde iklimsel ve atmosferik olaylardan kaynaklı deformasyonlar meydana gelmektedir. Bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak üçe ayrılır.

Fiziksel bozulmalarda su bozulmayı gerçekleştiren esas malzeme olarak bilinir. Su bina kaplama malzemesinin kırılması ve aşınmasına neden olur. Su gözeneklere ve çatlaklara nüfus eder ve burada hem donma hem de hidrasyon yoluyla mekanik gerilmeler yaratır. Ayrıca suyun içinde tuzların da kristalizasyonu meydana gelir. Cam yüzeylerde ise su pus oluşumuna neden olarak fiziksel bozulma gerçekleştirir.

Kimyasal bozulmalarda ise cephe malzemelerinde biriken bazı kimyasal maddeler yüzeylerle reaksiyona girer. Sülfür bileşikleri bu bağlamda en kritik bileşenlerdir çünkü bu bileşenler genellikle asidiktir ve şehir merkezlerinde yüksek konsantrasyona neden olabilir. Bunun dışında nitrojen bileşikleri de cephe kaplamaları için tehlikelidir. Bu bileşikler cephe malzemelerinde aşındırma yapar. Seramik, doğal taş gibi yüzeylerde bu aşınma türü görülmektedir.

Biyolojik bozulmalarda ise pek çok biyolojik faktör rol oynar. Likenler, yosunlar, algler, küfler, mantarlar ve bakterilerin malzeme içinde ve yüzeyinde büyümesi yüzey bozulmasını teşvik edebilir. Bazı bakteriler havadaki sülfür dioksitten veya nitrojen oksitlerden sülfürik asit sentezleyebilir.

Hava kirliliğindeki nesnelerde özellikle kimyasal bozulmada gerçekleşmektedir. Metaller ve bazı taşlar gibi tek tip cephe malzemeleri, cephede eşit derecede incelme yaşanması ile bozulabilir. Hava kirliliği nedeniyle metal yüzeylerde korozyon sonucu oksit karbonat katmanı(patina) oluşur. Zamanla yüzeyle oluşan bu patina tabakasının oluşma hızı yavaşlar. Düzgün bir taşın incelmesi ise, yüzey özelliklerinde çok fazla değişiklik olmaksızın yüzeyde aşınma ve erozyonla gerçekleşebilir, ancak taşlarda da patinalar oluşumu gözlenmektedir. Patinalar cephe malzemeleri için bir koruma da olabilir veya cephedeki bozunma mekanizmasını da değiştirebilirler [35].

Son yıllarda sülfür ve nitrat oksitlerin neden olduğu asit yağmurları en önemli ekolojik sorunlardan biri haline gelmiştir. Asit yağmurları özellikle yapılarda metal strüktüre zarar vermektedir. Metal strüktürde oluşturduğu korozyon, taşıyıcı sistemin etkisini olumsuz yönde etkilemektedir. Asit yağmurlarından atmosfere salınan kükürt ve nitrat oksit; beton, kireçtaşı, tuğla, mermer gibi cephe malzemelerine zarar verir ve onların dağılmasını sağlar. Ancak doğal malzemelere (mermer, granit vb.) daha az zarar vermektedir. Asit yağmurlarından salınan kükürt ve nitrat oksitler, ana kaynaktan kilometrelerce uzağa göç

eder. Güneşten gelen radyasyon, havadaki diğer kimyasallardan ve nemden etkilenecek sülfürik ve nitrik asite dönüşüp cephe malzemelerine zarar verirler [32].

Hava kirliliğinin cephe malzemelerine uyguladığı deformasyonun dışında bir de cam yüzeylerde oluşturduğu yüzey kirliliği vardır. Cam yüzeyler cephe malzemesi olarak gün geçtikçe daha çok tercih edilmektedir. Bu yüzeylerde hava kirliliği sonucu pus oluşmaktadır. Oluşan bu pus iç mekanlarda kullanıcılar tarafından konfor düzeyinin azalmasına neden olur. Bu yüzden cam yüzeyler seramik, beton gibi yüzeylere göre daha sık temizlenmelidir.

Son zamanlarda teknoloji ile gelişen yapım teknolojileri farklı cephe malzemelerinin uygulanmasına neden olmaktadır. Bu malzemelerden son zamanlarda en çok kullanılan giydirme cam cephelerdir. Giydirme cam cephelerin yapılarda kullanılması ile temizlik faktörü ortaya çıkmıştır. Çok katlı yapılarda temizlik pek çok farklı yöntemle yapılmaktadır. Kullanılan yöntem farklılığı ise dış yüzey farklılıklarından meydana gelmektedir. Vinç ile temizleme, teleskop yardımı ile temizleme ve dağcı teknikler ile temizleme (asma iskelet ya da sepet sistem) belirli cam yüzey temizleme yöntemlerinin başında gelmektedir.

Cephe yüzeyindeki malzemenin kimyasal, fiziksel ve biyolojik açıdan bozulması dışında hava kirliliği ekonomik olarak da binaya zarar vermektedir. Binaya verilen bu zarar üç madde halinde ayırt edilebilir. Bunlar;

- Hasarlı nesnenin orijinal durumunu eski haline getirmek için yapılan harcamalar (örneğin temizlik yoluyla),
- Önleyici tedbirler (örneğin kirliliğe karşı geliştirilmiş dirençli boya maliyeti),
- Rahatlık kaybı-konfor (fiziksel kayıp) [36].

Bunlardan ilki en basit olanıdır. Çünkü binaların temizlenmesi ve onarımı yıllık olarak yapılması gereken bir rutindir. Ancak önleyici tedbirlerin maliyetini belirlemek çok zordur. Malzemelerin, teknolojilerin ve temizleme yöntemlerinin çok farklı maliyetleri vardır. Bu teknolojiler sürekli değişim ve gelişim göstermektedir. Bu yüzden bunların hesabını yapmak daha zor olmaktadır. Son olarak bina kirliliğinde bir konfor kaybı da vardır. Bu maliyet kategorisinde öznel algıyı içerir ve bu nedenle koşullu değerlendirmeyi gerektiriyor gibi görülebilir [36].



4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Hava kirliliğini oluşturan farklı gazlar olduğu gibi, bu gazlarında cephelere uyguladığı zarar yüzey özelliği değiştikçe değişmektedir. Bu bilgi ışığında alan çalışması iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında mevcut durum analiz edilerek cephe ön maliyetleri, cephelerde kullanılan malzeme türleri ve cephelerdeki opaklık-saydamlık oranları elde edilecektir. İkinci aşamada ise farklı karasal iklimlerden yola çıkılarak, hava kirliliğinde malzeme seçiminin ve oranının bir cephede nasıl uygun olduğu hesaplanacaktır. Kullanılan hesaplama yöntemi literatür araştırması sonucu ulaşılan makalelerden elde edilmiştir.

Alan çalışması yapılırken öncelikli olarak seçilen şehir hastanelerinin cephelerinde yaklaşık maliyeti çıkarılmıştır. Yaklaşık maliyet bir yapının inşaat edilmeden önceki ilk yatırım maliyeti kalemlerinden biridir. Yapı yapılmadan önce yatırımcı; arsa maliyeti, proje giderleri ve inşaat maliyetlerini hesaplayarak yatırımını yapar. Bu evrede tasarımcıya düşen görevlerden biri de yatırımcının belirlediği bütçe doğrultusunda ekonomik bir yapı inşa etmektir. Yaklaşık maliyet tahmininin yapılması projenin uygulanması kadar önemli bir adımdır.

Yapının kullanım süresi boyunca ise kullanıcılar tarafından bir gider kalemi olarak görülen kullanım maliyeti çıkar. Bu kullanım maliyetlerinden biri de yapının kullanım sonrası zarar gören yerlerinde oluşan maliyetlerdir. Cepheler dış yüzeyde atmosfer olaylarına yoğun olarak maruz kaldığı için bir eskime, bozulma ve yıpranma yaşamaktadır. Bu durumda kullanıcıların yapıda konforlu bir şekilde yaşayabilmesi için belirli bir gider kalemi oluşmaktadır. Yıpranma, aşınma, temizlik gibi şeyler sonucu oluşan gider kalemi yıpranma payı olarak ifade edilmektedir. Çalışmada da mevcut şehir hastanelerinin cephe özelinde ilk yatırım maliyeti hesaplanmış, hava kirliliği sonucu oluşan gider kalemleri hesaplanmış ve ilk yatırım maliyetinin kaç yıl sonra temizlik ve bakım-onarım maliyetini karşılayacağı bulunmuştur.

Alan çalışmasının ikinci kısmında kullanılan Matlab programı; verileri analiz eden, algoritmalar oluşturan, modeller geliştiren bir sayısal hesaplama programıdır. Aynı zamanda 2D ve 3D çizim için de kullanılmaktadır. Program içinde matematiksel hesaplamaları

yapabilecek bir fonksiyon kütüphanesi bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar ile istenilen formüller kod olarak oluşturulabilir; formül üzerine girdilerin girilmesi sonucu program otomatik hesaplamayı yapıp sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Hava kirliliğini oluşturan farklı gazlar olduğu gibi, bu gazlarında yüzeylere uyguladığı zarar yüzey özelliği değiştikçe değişmektedir. Alan çalışması kapsamında incelenen şehir hastanelerinde; seramik, cam ve dış cephe boyalı yüzey bulunmaktadır. Çalışma kapsamında seramik ve cam yüzey esas alınmış ve bunların bakım-onarım ve temizlik formülleri Matlab programı yardımı ile oluşturulmuştur.

Cam yüzeylerde

Hava kirliliği sonucu oluşan SO₂ (kükürt dioksit), NO₂ (nitrojen dioksit) ve PM₁₀ (partikül madde) gazları cam yüzeylerde kimyasal deformasyonlar değil gerçekleştirmez. Bu yüzden bu yüzeylerde bakım-onarım yapılmaz. Cam yüzeylerde bu gazlardan kaynaklı olarak fiziksel bir bozulma olan pus meydana gelmektedir. Bu pus ise temizlenme gerektirmektedir. Silika-soda-kireç camının kirlenmesi ile ilgili oluşturulan etki-tepki fonksiyonları adlı makalede (endüstriyel, kentsel ve kırsal alanlar) 1 ay ile yaklaşık 4 yıl arasında değişen süreye sahip çeşitli alanlardan yayınlanan verilerden cam malzemelerin kirlenmesinde bir fonksiyon oluşturulmuştur [31]. Oluşan pus miktarı(H);

$$H = (0,2529[SO_2] + 0,108[NO_2] + 0,1473[PM_{10}]) \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{382}{t} \right)^{1,86}} \right), R^2=0,69, \quad (4.1)$$

formülü ile ifade edilmektedir. Burada t gün cinsinden zamanı ifade ederken, PM₁₀, SO₂ ve NO₂ ise havada o zamanda bulunan µg/m³ cinsinden ortalama gaz oranlarını ifade etmektedir. Denklemdaki sayısal veriler ise 16 ülkede 30 noktada yapılan çalışmalar sonucu bulunmuştur [31]. Burada R² ile ifade edilen determinasyon katsayısı, bir modelin deneysel verileri ne kadar iyi açıkladığını (modelin ne kadar doğru olduğunu) belirten istatistiksel analizde kullanılan bir ölçüttür. R² değerinin 1'e yaklaşması, modelin deneysel verilere mükemmel bir şekilde uyduğu anlamına gelir. Grøntoft'un yaptığı çalışmada bu katsayı 0,69 olarak bulunmuştur [28]. Katsayı 0,50'den büyük olduğu için model ile gözlemlenen veriler arasında güçlü bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Temizlik eşiğine karşılık gelen pus miktarına ve havadaki kirlilik miktarına göre gereken yıllık temizlik sayısını hesaplayan formül aşağıda türetilmiştir. Avrupa'daki ülkelerde cam yüzeylerde puslanma oranının %3 olması durumundan dolayı cam yüzeyler için %3 pus oranı esas alınacaktır. Bu bağlamda *formülde* ' $H_{Temizlik}$ ' ile belirtilen ibareye '3' olarak belirtilmiştir.

$$Yıllık Temizlik Sayısı = \frac{1}{t} = \frac{(0,2529[SO_2]+0,108[NO_2]+0,1473[PM_{10}]-H_{Temizlik})}{\frac{382}{365}H_{Temizlik}^{\frac{1}{1.86}}}, \quad (4.2)$$

Yıllık temizlik sayısı hesaplandıktan sonra bu sayı cephe alanı ve birim alan temizleme maliyeti ile çarpılarak tasarlanan cephe yüzeyinin yıllık temizleme maliyeti bulunmaktadır. Temizlik firmaları ile görüşüldükten sonra birim alan temizleme maliyeti cam yüzeyler için 2,6 euro/m² alındığından dolayı bu çalışmada da 2,6 euro/m² alınmıştır [28]. Buna göre aşağıdaki formül türetilmiştir.

$$Yıllık Maliyet = Yıllık Temizlik Sayısı \times Cephe Alanı \times Birim Alan Temizleme Maliyeti, \quad (4.3)$$

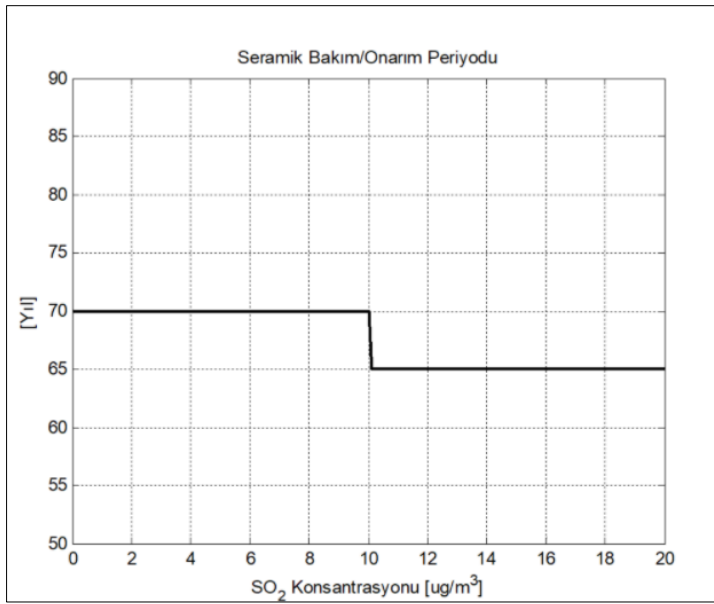
Bu formüle göre yıllık cam temizlik maliyeti, o cephenin yılda kaç kere temizlediği, birim alan temizleme maliyeti ve cephe alanının çarpılması sonucu bulunacaktır.

Seramik yüzeyler

Şehir hastanesi cephe çalışmasında incelenen çoğu hastane binasında seramik cephe kaplaması tercih edilmiştir. Diğer malzemelere göre az bakım onarım gerektirmesi seramiğin tercih edilme nedenlerinden biri olmuştur. Seramik yüzeyler, cam yüzeylere nazaran temizlik gerektirmez ancak bakım-onarım gerektirir. Grøntoft'un yaptığı 'Norveç'te hava kirliliğinin bina cephelerine hasar maliyeti' çalışmasına göre, seramik yüzeylerin bakım ve onarımı için gereken süre (kimyasal bozulma sonrası yapılacak tamir süresi) aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$t = \begin{cases} 70 \pm 30 & (SO_2 \leq 10 \frac{\mu g}{m^3}) \\ 65 \pm 30 & (SO_2 > 10 \frac{\mu g}{m^3}) \end{cases}, \quad (4.4)$$

Seramik yenileme süresi olarak ifade edilen bu formül deneyler sonucu elde edilmiştir. Bu formülde (t: yıl cinsinden zaman) seramiğe deformasyon sağlayan tek gazın SO₂ olduğu görülmüştür. SO₂'in 10 $\mu g/m^3$ den küçük ya da eşit olma durumunda yenilenme süresi 70 yıl, 10 $\mu g/m^3$ den büyük olması durumunda ise aşınma daha çok olacağı için 65 yıl olarak alınmıştır [28]. Matlab R2014a programında formülle ilgili grafik oluşturulmuş seramik bakım/onarım periyodunun SO₂ oranına göre değişimi ve Şekil 4.1 elde edilmiştir.



Şekil 4.1. SO₂ konsantrasyonuna göre bakım onarım gereken yıl süresi

Bu doğrultuda seramik yüzeylerde havadaki SO₂ miktarına göre gereken yıllık bakım onarım sayısını hesaplayan formül oluşturulmuştur.

$$Yıllık Bakım - Onarım Sayısı = \frac{1}{t} = \begin{cases} 0,0143 & (SO_2 \leq 10 \frac{\mu g}{m^3}) \\ 0,0154 & (SO_2 > 10 \frac{\mu g}{m^3}) \end{cases} \quad (4.5)$$

Yıllık temizlik sayısı hesaplandıktan sonra, bu sayı cephe alanı ve birim alan temizleme maliyeti ile çarpılarak tasarlanan cephe yüzeyinin yıllık temizleme maliyeti bulunmaktadır. Birim alan temizleme maliyeti seramik yüzeyler için 140 Euro/m² alınmıştır [28].

$$Yıllık Maliyet = Yıllık Temizlik Sayısı \times Cephe Alanı \times Birim Alan Temizleme Maliyeti, \quad (4.6)$$

Cam yüzeylerde oluşturulan formülün aynısı olan yıllık maliyet formülü, seramik yüzeyler için de kullanılmaktadır. Bu formüle göre yıllık cam temizlik maliyeti, o cephenin yılda kaç kere temizlendiği, birim alan temizleme maliyeti ve cephe alanının çarpılması sonucu bulunacaktır.

Alan çalışmasının ilk kısmında ise mevcut hastane cephelerinin ön maliyeti çıkarılmış ve hava kirliliği sonucu oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyeti bulunmuştur. Bunun üzerine;

$$\text{Bakım Onarımın İnşaat Maliyetine Denk Olma Sayısı} = \frac{\text{Cephe Maliyeti}}{\text{Yıllık Bakım} - \text{Onarım Maliyeti}}, \quad (4.7)$$

formülü ile bakım onarımın inşaat maliyetine denk olma sayısı bulunmuştur. Böylece kaç yıl sonra iki maliyetin birbirini karşılayacağı bulunarak mevcut durum üzerinden bir yorumlama yapılmıştır.

Birden fazla tipte cephe kaplaması içeren binalarda toplam yıllık maliyet aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Toplam Yıllık Maliyet} = \sum_k N_k A_k M_k, \quad (4.8)$$

k . tipteki cephenin yıllık temizlik sayısı N_k , cephe alanı A_k , birim alanı temizleme maliyeti ise M_k ile ifade edilmektedir.

Çalışmada formüllerdeki maliyetler Euro cinsinden hesaplanış ancak cephe maliyetlerinin TL cinsinden bulunmasından dolayı 2019 yılı Euro ortalaması 6,35 TL alınarak tüm maliyetler TL ye çevrilmiştir.



5. ALAN ÇALIŞMASI

Uzun süreli konfor sağlanması için yapı tasarımından, binanın inşa ve bakım onarım işlerine kadar tüm aşamalarda çevresel koşullara bağlı olarak en uygun tasarım kararlarının verilmesi önemli bir konudur. Bir yapı tasarımında pek çok farklı tasarım unsuru bulunsa da yapıyı kullanıcılara ilk olarak algılatan ve yapıyı çevre içerisindeki niteliğini belirleyen yapı cepheleridir. Uygun cephe tasarımları ise yapıda uzun süreli kullanıcı konforu sağlamakla birlikte ekonomik olarak da tasarruf yapılmasını sağlayacaktır.

Alan çalışması kapsamında amaç karasal iklim bölgelerinde hava kirliliğinin cepheye bakım-onarım maliyetinin araştırılması olduğu için de iki aşamalı bir araştırma yürütülmüştür. Karasal iklim, yaz ve kış mevsiminde hava koşullarının ağır geçtiği bir iklim türü olup, yoğun yakıt tüketimi vb. sebepleri doğrultusunda hava kirliliğinin en çok yaşandığı iklimdir. Bu etkilerin araştırılmasında ise örneklem olarak her şehir için simgesel olan şehir hastaneleri seçilmiştir. Çünkü bu hastanelerde bulunan kamu özel ortaklığı sonucu oluşan yap-işlet-devret modeli bulunmaktadır. Bu işletme politikası doğrultusunda kullanım kaynaklı oluşacak en uygun maliyet ile maksimum kar sağlanması büyük önem taşımaktadır.



Resim 5.1. Soldan sağa sırasıyla; Mersin, Kayseri, Yozgat, Konya, Etlik, Manisa Şehir Hastanesi

İlk aşamada mevcut durum analizi yapılarak örnek bina verileri üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Öncelikli olarak bu aşamada amaç mevcut şehir hastanelerinde cephe

tasarımlarının analiz edilmesidir. Mevcut yapı stoğundaki şehir hastanelerinde cephe tasarımlarının ve kullanılan malzemelerin farklı nitelikte olduğu görülmüştür (Resim 5.1). Sağlık Bakanlığı'nın bu hastanelerin cephe tasarımıyla ilgili yönlendirici bir tasarım kriteri, rehberi olmaması cephe tasarımını tasarımcı inisiyatifine bırakmaktadır. Tam bu noktada ilk aşamadaki durum analizi için önem teşkil etmiştir. Çalışmada sınırlandırma olarak karasal iklim koşullarındaki yapılarda hava kirliliğinin etkisinin incelenmesi hedeflendiğinden dolayı Türkiye'de karasal iklim etkisindeki iller (Ankara, Eskişehir, Isparta ve Konya) ve bu illerdeki tamamlanan şehir hastaneleri detaylı olarak ele alınmıştır.

İkinci aşamada; şehir hastanelerinin cephelerindeki ve mevcut durumda elde edilen malzeme kararları kendi içinde değerlendirilmiştir. Tasarım oranlarına bağlı olarak cephedeki opak/şeffaf ilişkisinin farklı karasal iklim koşullarındaki etkileri bağlamında karşılaştırmalı bir analizi yapılmıştır. Hem bulunduğu iller hem de cephedeki opak/şeffaf oranı değiştirilerek toplamda 16 tane kabul (Ankara %25 cam, %50 cam, %75 cam, %100 cam; Eskişehir %25 cam, %50 cam, %75 cam, %100; Konya %25 cam, %50 cam, %75 cam, %100 cam; Isparta %25 cam, %50 cam, %75 cam, %100 cam) üzerinden çıkarımlarda bulunmayı hedefleyen bu aşamada hem cephe maliyetlerinde bulunduğu iklimi ve illerdeki hava koşullarının etkisi gözlemlenmiş hem de cephede alınan tasarım kararları ile bakım-onarım ve temizlik maliyetlerinin hava kirliliğinden ne kadar etkilendiği ortaya konmuştur. Ayrıca yapı tasarımında hava kirliliğinin cephe malzemeleri seçiminde etkisi ve opaklık-saydamlık oranlarında önemi de vurgulanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmanın sonraki araştırmalar için ışık tutacağı düşünülmektedir.

5.1. Alan Çalışması Kapsamında Şehir Hastanelerinin İncelenmesi ve Hava Kirliliğinin Cephe Maliyetine Etkisi

Karasal iklim; kış aylarında yaşanan düşük sıcaklıklar nedeniyle yoğun yakıt tüketiminin olmasına neden olmaktadır. Bu tüketim şehrin gelişmişlik derecesine göre farklı yakıt türlerinin tüketilmesine neden olmaktadır. Örneğin; Ankara'da ısınmada konutların %75'inin doğalgaz, %23'ünün ithal kömür ve %2'sinin yerli kömür kullandığı verisine ulaşılmıştır [18]. Yakıt türündeki bu farklılıklar havaya salınan gaz türünü ve miktarını etkilemekte böylece oluşan hava kirliliği cepheyi etkilemektedir. Bu doğrultuda Türkiye'de Ankara, Eskişehir, Isparta ve Konya hem birbirine komşu iller olması hem İç Anadolu tipi

karasal iklim kuşağında bulunması doğrultusunda alan çalışması için seçilmiştir. İllerin hava kirliliğine yönelik bilgiler bölüm 2.2’de detaylı olarak verilmiş olup alan çalışmasındaki bu illerdeki şehir hastanelerinin değerlendirmesi yapılmıştır.

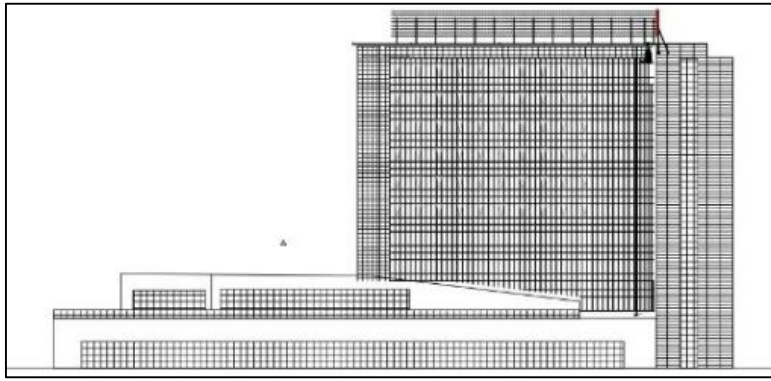
Aynı iklim bölgelerindeki şehir hastaneleri tekil hastane binalarından farklılaşarak, birbirinden ayrı işlevdeki binaların bir arada organize edildiği bir kampüs içerisinde olmaları nedeniyle analiz sırasında ele alınmıştır. Çalışma kapsamında hastane maliyetinin ve cephe oranlarının çıkarılması için cephe çalışması yapılmıştır. Gerek fotoğraflar gerek yerinde incelemeler gerek teknik incelemeler sonucu poliklinik cepheleri elde edilmiş, bundan sonra yapılacak çalışmalar için bu çizim esas alınmıştır. Daha sonraki bu cephe tasarımlarının bulundukları illerdeki 2019 Aralık ayı hava kirliliği verileri alınarak cepheye yapılan zarar sonucu yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyetleri hesaplanmıştır. Böylece o cephedeki inşaat maliyetinin, bina kullanımı sonucunda oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyetine kaç yıl sonra denk geleceği bulunmuştur.

5.1.1. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi

Şubat 2019’da hasta kabulüne başlayan Bilkent Şehir Hastanesi 1312,358 m² kapalı alana sahiptir. Hastanede 904 poliklinik, 3704 yatak kapasitesi, 131 ameliyathane ve 696 adet yoğun bakım ünitesi bulunmaktadır [37]. Hastane diğer incelenen şehir hastanelerinden farklı olarak ana hastane kütesine ilave edilmiş hastane birimlerinden oluşmaktadır. Bunlar; kalp ve damar hastanesi, çocuk hastanesi, onkoloji hastanesi, kadın doğum hastanesi, nörolojik bilimler ve ortopedi hastanesi ve genel hastane bloğundan oluşmaktadır. Bu hastaneler kendi içlerinde bir akış sağlasa da gerekli yerlerde ana hastane kütesi ile bağlantılar kurulmuştur (Resim 5.2). Bu farklı kütlelerden ise çocuk hastanesi bloğu ele alınmış ve cephe çizimi yapılmıştır (Şekil 5.1).

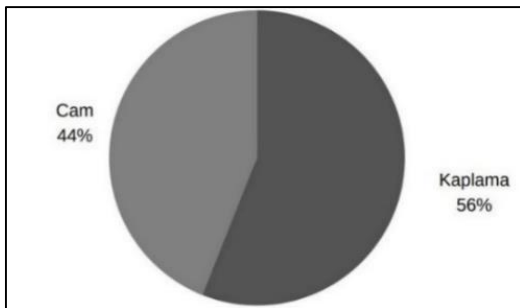


Resim 5.2. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi



Şekil 5.1. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi (yazar tarafından çizilmiştir)

Hastane yapısının kompleks olması ve pek çok farklı ana girişin bulunması nedeniyle hastane alan çalışmasında ana hastane kütlesi yerine poliklinik bloklarının incelenebileceği özelleşmiş bir hastane bölümü olan çocuk bloğu incelenmiştir. İncelenen bloğun poliklinik kısmına bakıldığı zaman giydirme cephenin ve seramik cephe kaplamasının cepheye hakim olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı

Poliklinik cephe alanı hesaplandıktan sonra saydam ve opak yüzey malzemelerin alanları bulunmuş ve şekil 5.2 elde edilmiştir. Hastanede %44 saydam, %56 ise opak malzeme

olduğu görülmüştür. Bu oranlardan yola çıkarak kullanılan malzemelerin, dolu-boş oranlarının bina maliyetine etkisinin nasıl olduğunu görmek amacıyla her malzemenin cephe yüzeyindeki alanı belirlenmiş ve bu alanlar 2019 fiyatları ile çarpılarak binanın yaklaşık maliyet bulunmuştur. Cephede kullanılan çoğu malzemenin bakanlıkta poz numarasının bulunmaması sebebiyle bu malzemelerin üç farklı firmadan fiyatı alınmış ve ortalama fiyat maliyete dahil edilmiştir.

Çizelge 5.1. Bilkent Şehir Hastanesi çocuk bloğu, poliklinik kısmı cephe metrajı

Poliklinik Bloğu						
No	Poz No	Tanım	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	Özel-1	Alüminyum Giydirme Cephe Yapılması	m ²	315,64	562,50	177 547,50
2	Özel-4	Paslanmaz Tamperli Cam Korkuluk	m ²	30,92	280,00	8 657,60
3	15.230.1004	15 cm kalınlığındaki taşıyıcı olmayan bimsbeton duvar blokları ile duvar yapılması (bimsbeton tutkalı ile) (min. 1,50 n/mm ² ve 600-900 kg/m ³ , 900 kg/m ³ hariç)	m ²	30,07	38,34	1 152,88
4	15.530.1115	Yangına dayanıklı alçı duvar levhaları ile metal iskeletli giydirme duvar yapılması (duvar profilleri ile) (12.50 mm çift kat alçı duvar levhası ile)	m ²	170,98	70,70	12 088,29
5	Özel-2	Seramik Cephe Kaplaması	m ²	359,41	358,16	128 726,28
Toplam:						328 172,55
						Birim m ² Fiyatı: 464,73

Poliklinik cephesindeki cephe malzemelerinde;

%44 oranında alüminyum giydirme cephe,

%51 oranında seramik cephe kaplaması,

%5 oranında cam korkuluk,

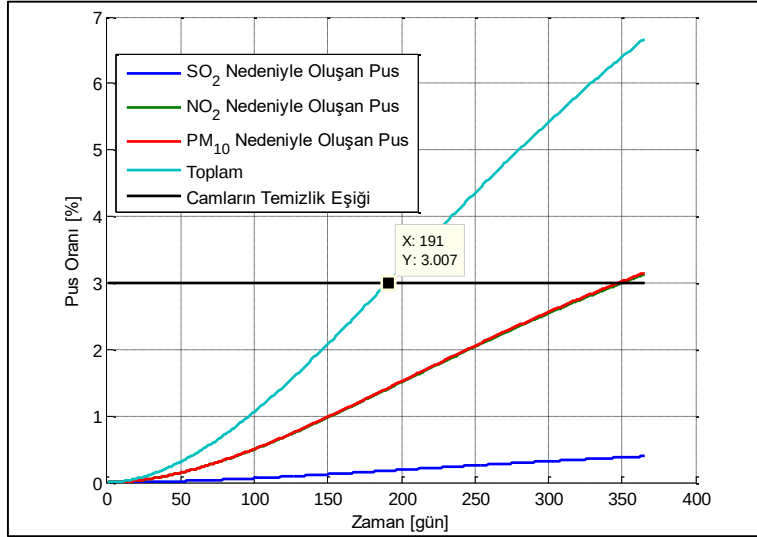
Poliklinik cephe alanının ise %5'inde duvar ve %24'inde alçı duvar levhası bulunmaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde %44 cam alanına sahip poliklinik bloğu 328 172,55 TL maliyete sahipken, birim m² fiyatı 464,73 TL olmuştur (Çizelge 5.1).

Bu veriler ışığında Bilkent Şehir Hastanesi'nin bulunduğu Çankaya ilçesinin 2019 yılı aralık ayı NO₂, SO₂ ve PM₁₀ değerleri ve cephe alanları Matlab programında oluşturulan hesaplamalara girilmiş ve şeffaf-opak yüzeyler için bakım onarım maliyetleri hesaplanmıştır.

Cam yüzeylerde pus oluşumuna neden olan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ gazları 191 günde bir (%3 pus eşiğini aşarak) temizlenmeyi gerektirir. Matlab programından elde edilen pus

oranı/zaman grafiği Şekil 5.3'te ifade edilmiştir. Bu bağlamda; yıllık ortalama temizlik sayısı 1,9142'dir. Yıllık ortalama maliyet ise 1 724,77 Euro'dur. Böylece yıllık ortalama cam temizlik maliyeti 10 952,30 TL bulunmuştur.



Şekil 5.3. Ankara (Bilkent) Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%44 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği

Seramik yüzeylerde ise; yıllık ortalama bakım-onarım süresi 0,014286'dır. Yıllık ortalama bakım-onarım maliyet ise 718,82 euro yani 4 564,50 TL'dir.

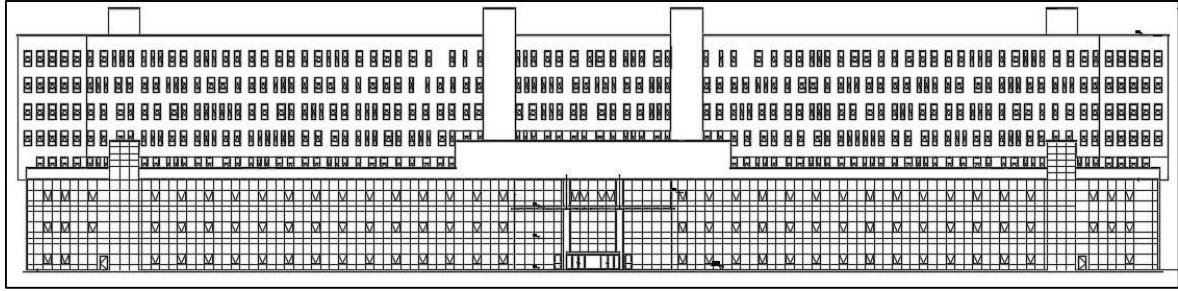
Bu veriler ışığında seramik ve cam yüzeylerde toplam bakım-onarım ve temizlik maliyeti 15 516,81 TL bulunmuştur. Bundan hareketle cephenin yapım maliyeti, yaklaşık 22 yıl sonra bakım-onarım ve temizlik sonucu harcanan maliyeti karşılayacaktır.

5.1.2. Eskişehir Şehir Hastanesi

2018 yılında açılışı yapılan 333,000 m² kapalı inşaat alanına sahip, 1081 yataklı Eskişehir Şehir Hastanesi 254 poliklinik, 35 ameliyathane ve 131 yoğun bakım ünitesinden oluşmaktadır. Ana poliklinik girişi, kemoterapi girişi, mutfak girişi, acil girişi gibi pek çok farklı alandan yapıya ulaşım mümkündür. Bu çalışma kapsamında hastanenin ana poliklinik girişi ele alınmıştır (Resim 5.3) [38].

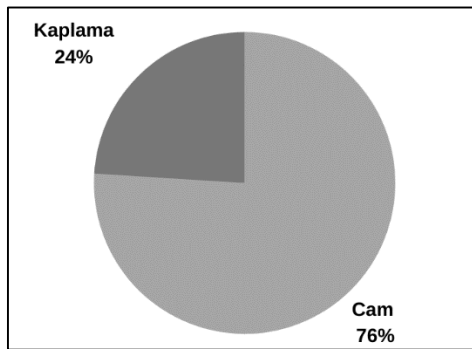


Resim 5.3. Eskişehir Şehir Hastanesi



Şekil 5.4. Eskişehir Şehir Hastanesi (yazar tarafından çizilmiştir)

Cephe malzemeleri incelendiği zaman; ana giriş cephesinin doğal taş kaplama, seramik kaplama, giydirme cephe ve alüminyum pencerelerden oluştuğu görülmektedir. Poliklinik kısmında girişi vurgulamak amacıyla saçak yapılmış ve kolonlar dışarıda bırakılmıştır. Büyük bir alana giydirme cephe uygulanmış, merdivenler hem kütle formu hem de malzeme olarak farklılaştırılmıştır. Merdivenlerde doğal taş kaplama uygulanmıştır. Poliklinik katlarının cephede kapladığı toplam alan 3 083,93 m²'dir. Giydirme cephe alanı 2 345,64 m²'yi kaplamaktadır. Cephede saydam ve opak alan oranlandığında %76 saydam, %24 opak yüzey olduğu görülmüştür (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı

Bu oranlardan yola çıkarak kullanılan malzemelerin, opak-saydam oranlarının bina maliyetine etkisinin nasıl olduğunu görmek amacıyla her malzemenin cephe yüzeyindeki alanı belirlenmiş ve bu alanlar 2019 fiyatları ile çarpılarak binanın yaklaşık maliyet bulunmuştur. Cephede kullanılan çoğu malzemenin poz numarasının bulunmaması sebebiyle bu malzemelerin ortalama fiyatları alınmıştır. Özel pozlara işçilik dahil edilmiştir. Duvar malzemesi olarak ise bims hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı

Poliklinik Bloğu						
	Poz No	Tanım		Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	Özel-1	Alüminyum Giydirmce Cephe Yapılması	m ²	2345,64	562,50	1 319 422,50
2	Özel-2	Seramik Cephe Kaplama Yapılması	m ²	556,41	358,16	119 283,81
3	Özel-3	Doğal Taş Kaplama Yapılması	m ²	181,88	427,58	77 768,25
4	15.230.1006	19 cm kalınlığındaki taşıyıcı olmayan bimsbeton duvar blokları ile duvar yapılması (bimsbeton tutkalı ile) (min. 1,50 n/mm ² ve 600-900 kg/m ³ , 900 kg/m ³ hariç)	m ²	1424,05	44,00	62 658,20
						Toplam:1 579 132,76
						Birim m ² Fiyatı: 512,21

Poliklinik cephesindeki cephe malzemelerinde;

%76 oranında alüminyum giydirmce cephe,

%18 oranında seramik cephe kaplaması,

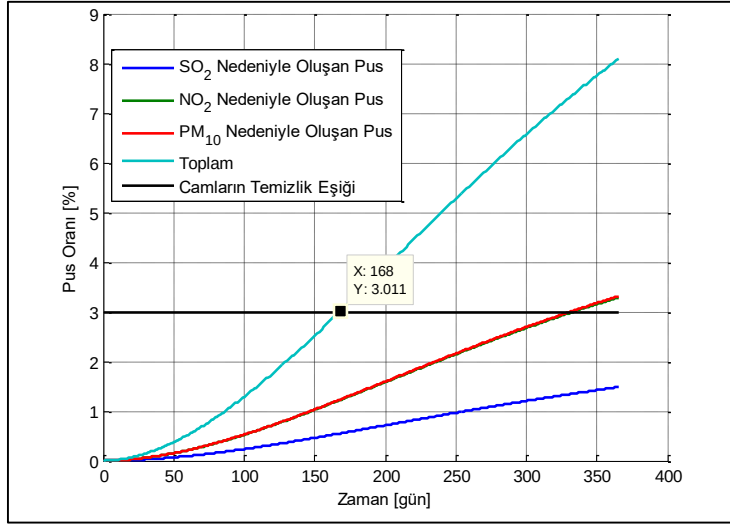
%6 oranında doğal taş kaplama,

%46 oranında ise duvar bulunmaktadır (Giydirmce cephe arkası ve kaplama arkasında).

Sonuçlar incelendiğinde %76 cam alanına sahip poliklinik bloğu 1 579 132,76 TL maliyete sahipken, birim m² fiyatı 512,21 TL olarak belirtilmiştir.

Bu veriler ışığında Eskişehir Şehir Hastanesi'nin bulunduğu Odunpazarı ilçesinin 2019 yılı aralık ayı NO₂, SO₂ ve PM₁₀ değerlerine Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sitesi üzerinden ulaşılmıştır. Ulaşılan bu değerler ve cephe alanları Matlab programına girilmiştir. Sonuç olarak;

Cam yüzeylerde; pus oluşumuna neden olan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ gazları 168 günde bir (%3 pus eşiğini aşarak) temizlenmeyi gerektirir. Oluşan pus oranı-zaman grafiği Şekil 5.6'da ifade edilmiştir.



Şekil 5.6. Eskişehir Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%76 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği

Bu bağlamda; yıllık ortalama temizlik sayısı 2,1777'dir. Yıllık ortalama maliyet ise 13 280,91 Euro'dur. Böylece yıllık ortalama cam temizlik maliyeti 84 333,79 TL bulunmuştur. Seramik yüzeylerde ise; yıllık ortalama bakım-onarım süresi 0,015385 'tir. Yıllık ortalama maliyet ise 1 590,16 Euro yani 10 097,53 TL'dir.

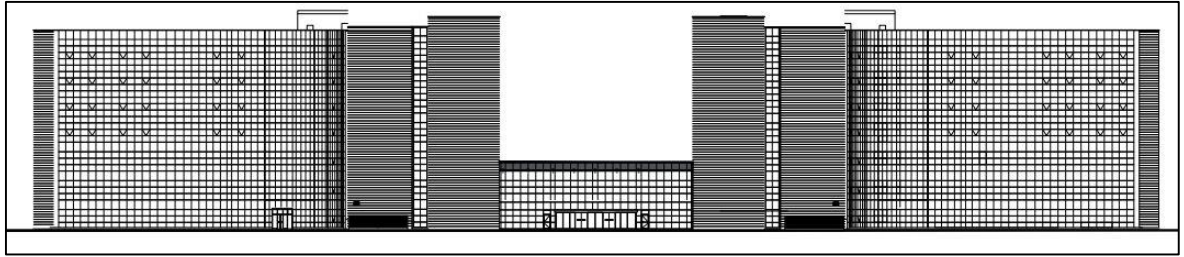
Sonuç olarak toplam cephe bakım-onarım ve temizlik maliyeti 94 431,32 TL olup bunun sonucunda cephenin yapım maliyeti, yaklaşık 17 yıl sonra bakım-onarım ve temizlik sonucu harcanan maliyeti karşılayacaktır.

5.1.3. Konya Karatay Şehir Hastanesi

Sağlık Bakanlığı'nın internet sitesinden alınan verilere göre Konya Şehir Hastanesi 413,718 m² kapalı alana sahip ve 1250 yataklıdır. Hastanede 330 poliklinik, 48 ameliyathane ve 240 yoğun bakım birimine sahiptir (Resim 5.4). Hastaneye pek çok farklı girişten ulaşmak mümkün olsa da hem yatak katı bloğu hem de hastanenin ana giriş bölümüne ulaşıldığı için kuzey cephesi baz alınmıştır (Şekil 5.7) [39].

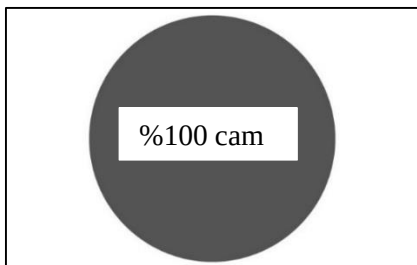


Resim 5.4. Konya Karatay Şehir Hastanesi



Şekil 5.7. Konya Karatay Şehir Hastanesi (yazar tarafından çizilmiştir)

Cephe malzemeleri incelendiğinde cepheye fibercement cephe kaplaması, alüminyum giydirme cephe malzemesinin hakim olduğu görülmektedir. Ancak özelleşmiş halde incelenen poliklinik girişinde görünüşe bakıldığında giydirme cepheden başka bir malzeme görülmemiştir. Araştırma kapsamında ele alınan hastane görünüşünde ise poliklinik görünüşü 311,34 m² alanı kapsarken, şeffaf yüzey oranı %100 dür (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı

Bu oranlardan yola çıkarak kullanılan malzemelerin, dolu-boş oranlarının bina maliyetine etkisinin nasıl olduğunu görmek amacıyla her malzemenin cephe yüzeyindeki alanı belirlenmiş ve bu alanlar 2019 fiyatları ile çarpılarak binanın yaklaşık maliyet bulunmuştur.

Cephede kullanılan çoğu malzemenin poz numarasının bulunmaması sebebiyle bu malzemelerin ortalama fiyatları alınmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı

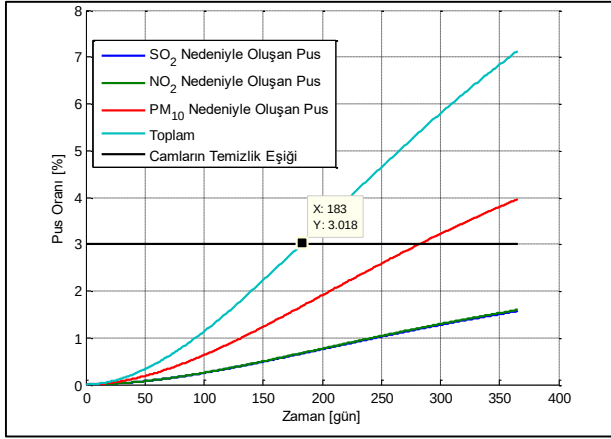
Poliklinik Bloğu						
	Poz No	Tanım		Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	Özel-1	Alüminyum Giydirme Cephe Yapılması	m ²	311,34	562,50	175 128,75
						Toplam: 175 128,75
						Birim m ² Fiyatı: 562,50

Poliklinik cephesindeki cephe malzemelerinde;
 %100 oranında alüminyum giydirme cephe,
 Poliklinik cephe alanının ise duvar bulunmamaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde %100 cam alanına sahip poliklinik bloğu 175 128,75 TL maliyete sahipken birim m² fiyatının 562,50 TL olduğu görülmüştür.

Bu veriler ışığında Konya Şehir Hastanesi'nin bulunduğu Karatay ilçesinin 2019 yılı Aralık ayı NO₂, SO₂ ve PM₁₀ değerleri bulunmuştur. Bulunan bu değerler ve cephe alanları Matlab programına girilmiştir. Sonuç olarak;

Cam yüzeylerde; pus oluşumuna neden olan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ gazları 183 günde bir (%3 pus eşiğini aşarak) temizlenmeyi gerektirir. Elde edilen pus oranı/zaman grafiği Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Konya Karatay Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%100 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği

Sadece cam yüzeyin bulunduğu hastanede yıllık ortalama temizlik sayısı 2,0027'dir. Yıllık ortalama maliyet ise 1 621,11 Euro'dur. Bina cephe maliyeti TL cinsinden bulunduğu için 2019 yılı Euro ortalaması 6,35 TL alınmıştır. Böylece yıllık ortalama cam temizlik maliyeti 10 294,07 TL bulunmuştur.

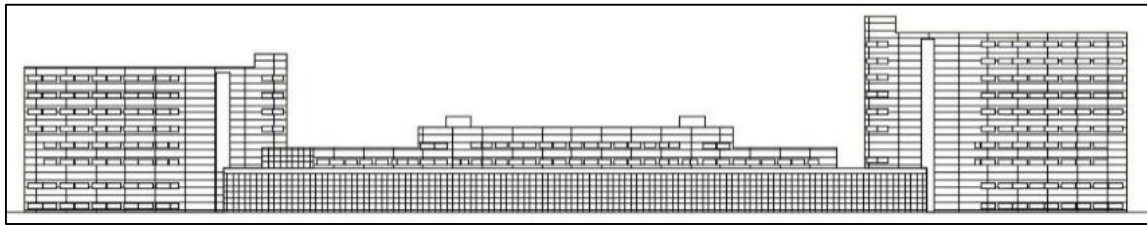
Sonuç olarak cephenin yapım maliyeti, 17 yıl sonra bakım-onarım ve temizlik sonucu harcanan maliyeti karşılayacaktır.

5.1.4. Isparta Şehir Hastanesi

2017 yılında hizmete açılan Isparta Şehir Hastanesi 222,571 m² kapalı alana sahip ve 755 yatak kapasitesini bulunmaktadır. Hastanede 131 yoğun bakım ünitesi, 167 poliklinik, 20 ameliyathane, 19 hemodiyaliz ünitesi, 35 ftr ünitesi, 13 doğum odası bulunmaktadır (Resim 5.5). Çalışmada cephenin ana giriş cephesi seçilmiştir. Böylece hem yatak katları hem de poliklinik cephesi görülmektedir (Şekil 5.10) [40].

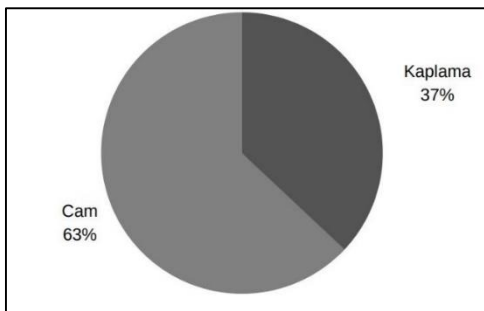


Resim 5.5. Isparta Şehir Hastanesi



Şekil 5.10. Isparta Şehir Hastanesi (yazar tarafından çizilmiştir)

Cephe malzemeleri incelendiği zaman çalışılan cephe üzerinde; poliklinik cephesinin seramik cephe kaplaması ve alüminyum giydirme cepheden oluştuğu görülmektedir. Giriş cephesinin tasarımında kolonlar dışarıda bırakılmış ve yay şeklinde bir form oluşturulmuştur. Dışarıda bırakılan kolonlar tasarıma etki etse de statik maliyetinde maliyete dahil edileceğinden hesaplama dışında bırakılmıştır. İnceleme ve hesaplamalardan hareketle poliklinik bloğunda %63 saydam, %37 opak yüzey olduğu görülmüştür (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik opak-saydam oranı

Bu oranlardan yola çıkarak kullanılan malzemelerin, opak ve saydam oranlarının bina maliyetine etkisinin nasıl olduğunu görmek amacıyla dış cephe metrajı çıkartılmış, 2019 birim fiyatları ile çarpılarak cephenin yaklaşık maliyeti bulunmuştur. Cephede kullanılan çoğu malzemenin poz numarasının bulunmaması sebebiyle bu malzemelerin ortalama

fiyatları alınmıştır. Özel pozlara işçilik dahil edilmiştir. Duvar malzemesi olarak ise bims hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik kısmı cephe metrajı

Poliklinik Bloğu						
	Poz No	Tanım		Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	Özel-1	Alüminyum Giydirme Cephe Yapılması	m ²	2005,62	562,50	1128161,25
2	15.550.1001	Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması ve yerine konulması	Kg	1858,33	12,78	23 749,46
3	15.470.1416	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 6+4 mm kalınlıkta 12 mm ara boşluklu ilk camı güneş ve ısı kontrol kaplamalı çift camlı pencere ünitesinin takılması	m ²	245,73	157,64	38 736,88
4	15.540.1102	Demir yüzeylere iki kat antipas, iki kat sentetik boya yapılması	m ²	385,48	27,88	10 747,18
5	15.230.1006	19 cm kalınlığındaki taşıyıcı olmayan bimsbeton duvar blokları ile duvar yapılması (bimsbeton tutkalı ile) (min. 1,50 n/mm ² ve 600-900 kg/m ³ , 900 kg/m ³ hariç)	m ²	1136,17	44,00	49 991,48
6	Özel-2	Seramik Cephe Kaplama Yapılması	m ²	1284,52	358,16	460 063,68
Toplam:						1 711 449,93
						Birim m ² Fiyatı: 484,02

Poliklinik cephesindeki cephe malzemelerinde;

%56 oranında alüminyum giydirme cephe,

%7 oranında alüminyum doğrama,

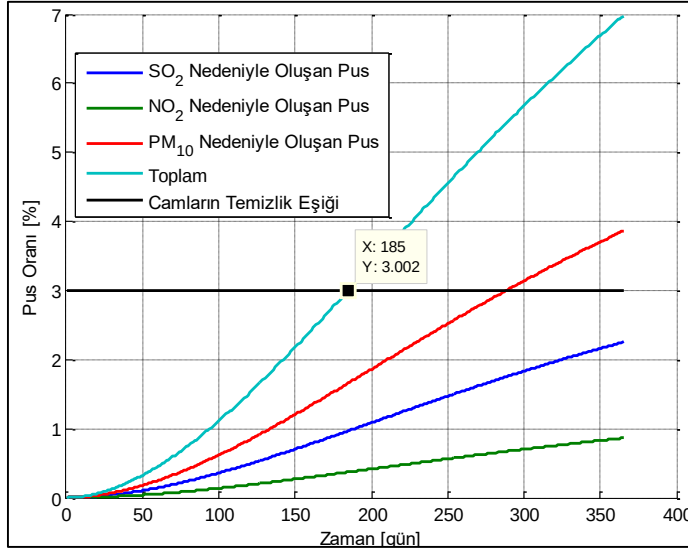
%37 seramik cephe kaplaması,

Poliklinik cephe alanının ise %32 sinde duvar bulunmaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde %63 cam alanına sahip poliklinik bloğu 1 711 449,93 TL maliyete sahipken, birim alan maliyeti 484,02 TL olarak hesaplanmıştır.

Bu veriler ışığında Isparta Şehir Hastanesi'nin bulunduğu ilçenin 2019 yılı aralık ayı NO₂, SO₂ ve PM10 değerlerine ulaşılammış bu yüzden Isparta ilinin gaz değerleri bulunmuştur. Bulunan bu değerler ve cephe alanları Matlab programına girilmiştir. Sonuç olarak;

Cam yüzeylerde; pus oluşumuna neden olan NO₂, SO₂ ve PM10 gazları %3 pus eşiğini 185 günde aşarak dış cephenin temizlenmesini gerektirir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Isparta Şehir Hastanesi poliklinik bloğu (%63 şeffaf) pus oranı-zaman grafiği

Bu bağlamda; yıllık ortalama temizlik sayısı 1,974 tür. Yıllık ortalama maliyet ise 10 293,7784 Euro'dur. Bina cephe maliyeti TL cinsinden bulunduğu için 2019 yılı Euro ortalaması 6,35 TL alınmıştır. Böylece yıllık ortalama cam temizlik maliyeti 65 365,49 TL bulunmuştur.

Seramik yüzeylerde ise; yıllık ortalama bakım-onarım süresi 0,015385'tir. Yıllık ortalama maliyet ise 2 766,65 Euro yani 17 568,28 TL'dir.

Hesaplamalar sonucunda cephenin toplam bakım-onarım ve temizlik maliyeti 82 933,77 TL olup, 21 yıl sonra cephe için harcanan maliyetin bakım-onarım ve temizlik maliyetini karşılayacağı bulunmuştur.

5.1.5. İncelenen hastane cephelerinin bakım-onarım ve temizlik açısından karşılaştırmalı analizi

Çalışmada seçilen hastanelerde şeffaflık-opaklık oranlarının her bir hastane yapısında farklı olmasına özen gösterilmiştir. Bir diğer önemli seçim kriteri ise bu hastanelerin karasal iklim bölgelerinde olmasıdır. İncelenen hastanelerdeki cephe tasarımlarında gerek malzeme seçiminde gerekse tasarlanan cephe düzeninde bir standart olmadığı bilgisine ulaşılmıştır (Çizelge 5.5). Ancak bir genelleme yapılacak olursa seçilen hastane yapılarında çoğunlukla seramik cephe kaplaması ve alüminyum giydirme cephe yapıldığı görülmüştür.

Çizelge 5.5. İncelenen hastanelerin malzeme, şeffaflık oranı, cephe alanı

		Eskişehir Şehir Hastanesi 	Isparta Şehir Hastanesi 	Bilkent Şehir Hastanesi 	Konya Şehir Hastanesi 
Opak yüzey malzemesi	Seramik Cephe Kaplaması	✓	✓	✓	
	Doğal Taş Kaplama	✓			
	Dış Cephe Boyası	✓			
Şeffaf yüzey malzemesi	Alüminyum Cam Doğrama	✓	✓	✓	
	Cam Korkuluk			✓	
	Alüminyum Giydirme Cephe	✓	✓	✓	✓
Poliklinik Bloğu Saydımlık Oranı		%76	%63	%44	%100
Poliklinik Bloğu Cephe Alanı		3083,93 m2	3535,87 m2	705,97 m2	311,34 m2

Hastanelerde incelenen poliklinik bloklarındaki cephe malzemelerinin opaklık-şeffaflık oranı Çizelge 5.6'da, poliklinik bloğuna düşen yıllık bakım-onarım maliyeti ise Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.6. Poliklinik bloğunda cephe malzemesi oranları ve şeffaflık-opaklık oranı yüzdelik değerleri

	ESKİŞEHİR ŞEHİR HASTANESİ	ISPARTA ŞEHİR HASTANESİ	ANKARA ŞEHİR HASTANESİ	KONYA KARATAY ŞEHİR HASTANESİ
TOPLAM ŞEFFAF ALAN ORANI	%76	%63	%44	%100
Şeffaf Alanda Alüminyum Giydirme Oranı	%76	%56	%44	%100
Şeffaf Alanda Alüminyum Cam Doğrama Oranı	----	%7	----	----
TOPLAM OPAK ALAN ORANI	%24	%37	%56	%0
Opak Alanda Seramik Cephe Kaplaması Oranı	%18	%37	%51	----
Opak Alanda Doğal Taş Kaplama Oranı	%6	---	---	---
Opak Alanda Cam Korkuluk Oranı	----	----	%5	----

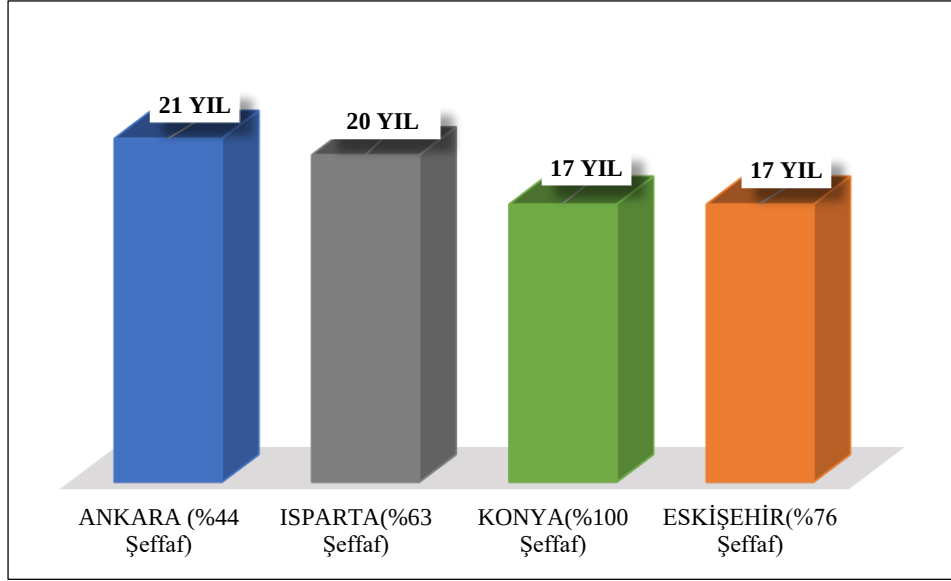
Çizelge 5.7. Poliklinik bloğu cephe ve yıllık bakım-onarım maliyeti

	ESKİŞEHİR ŞEHİR HASTANESİ	ISPARTA ŞEHİR HASTANESİ	KONYA KARATAY ŞEHİR HASTANESİ	ANKARA ŞEHİR HASTANESİ
CEPHE BİRİM MALİYETİ(TL)	512,21	484,02	562,50	464,73
CEPHE İLK YATIRIM MALİYETİ(TL)	1 579 132,76	1 711 449,93	175 128,75	328 172,55
CEPHE YILLIK BAKIM- ONARIM/TEMİZLİK MALİYETİ(TL)	94 431,32	82 933,77	10 294,07	15 516,81

Şehir hastanelerinde seçilen malzemeler doğrultusunda cephedeki birim metrekare fiyatı en yüksek olan hastane Konya Karatay Şehir Hastanesi olmuştur. Bunda cephede bulunan şeffaflık oranının fazla olması etkili olmuştur. Birim metrekare maliyeti en az çıkan hastane ise Bilkent Şehir Hastanesi olmuştur. Birim metrekare maliyet fiyatının az çıkmasına saydam alan oranının az, opak alan oranının daha fazla olması neden olmuştur. Araştırma sonucunda cam yüzey miktarının artması sonucunda cephe maliyetinin arttığı görülmüş ve aralarında doğrusal bir orantı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Cephe maliyetinin yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyetine bölünmesi sonucunda ise o cephenin bakım-onarım maliyetini kaç sene sonra ilk yatırım maliyetine denk geleceği bulunmuştur (Şekil 5.13). Cephelerde yıllık bakım onarım ve temizlik maliyetine bakıldığı zaman en düşük maliyet gerektiren cephe tasarımına sahip hastanenin Bilkent Şehir Hastanesi olduğu görülmüştür. Bu hastanede ilk yatırım maliyeti bakım-onarım ve temizlik maliyetini 22 yıl sonra karşılayacaktır. Bu hastaneyi 21 yıl ile Isparta Şehir Hastanesi takip etmiştir. Eskişehir ve Konya illerinde ise bu süre yaklaşık 17 yılda ilk maliyete denk gelecektir.

Bina maliyetlerinin cephe temizlik maliyetini karşılama süreleri aynı olan Eskişehir ve Konya illeri kıyaslandığı zaman bakım-onarım ve temizlik maliyetinin en fazla olduğu hastane Eskişehir Şehir Hastanesi olmuştur (Çizelge 5.7). Maliyetin bu hastanede yüksek çıkma sebeplerinin; cephe alanının fazla olması (Çizelge 5.5) ve kentte kirlilik yaratan gazların etkisi (Şekil 5.33) olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.13. İl bazında cephe maliyetinin temizlik maliyetine denk gelme süresi

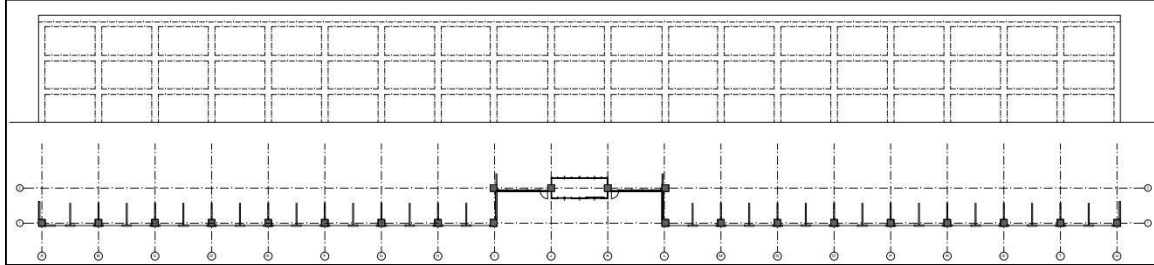
Seçilen hastaneler içerisinde yıllık bakım onarım maliyetinin şeffaflık oranına bağlı olarak fazla çıkması beklense de örneklemdaki cephe alanlarının farklılığı ve kentteki kirlilik oranlarının değişmesi sıralamayı değiştirmiştir. Bu noktada cephe alanlarının farklılığını göz önüne almadan ve kentte kirlilik oranının şeffaflık ile ilişkisini bakım-onarım ve temizlik maliyeti üzerindeki etkisini görebilmek için analizler bir üst adıma taşınmıştır.

5.2. Alan Çalışması 2: Hava Kirliliği ve Şeffaflık İlişkisinin Bakım-Onarım ve Temizlik Maliyeti Üzerine Etkisi

Bu bölümde mevcut durum araştırmasından elde edilen veriler doğrultusunda değişkenleri kısıtlayarak ortaya konan tasarımlarda, kirlilik oranları ve cephelerdeki şeffaflık oranlarının bakım-onarım ve temizlik maliyetine etkisini sayısal olarak elde edebilmek ve bu noktada da tasarımcıya yol göstermek amaçlanmıştır.

Bunun için alan çalışması sonucu incelenen hastaneler üzerinden örnek bir cephe modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu cephe bir poliklinik cephesidir. 8 metre 50 cm'lik akslardan oluşan bu blok 3 katlıdır. Duvar metrajının da projeye dahil edilmesi açısından kolon ve giriş yerleri ve yükseklikleri de ortalama değerler esas alınarak belirlenmiştir (Şekil 5.14). Bina 16 metre yüksekliğinde, 162,5 metre genişliğindedir. Zemin+ iki kat şeklinde oluşturulmuştur. Kat yüksekliği her katta sabit olup 5 metredir. Çatıya yapılan parapet ise bir metre olup betonarme olarak düşünülmüştür. Oluşturulan cephe alanı ise 2601,38 m² olarak hesaplanmıştır. Ayrıca çalışma belirli sınırlar içinde yapılmıştır. Bunlardan ilki poliklinik cephesinin seçilmesidir çünkü poliklinik cephesinin kullanıcılar tarafından ilk

algıyı oluşturmaları ve sirkülasyonun yoğun olduğu cepheler olmasıdır. Oluşturulan bu model cephe üzerinde diğer sınırlılıklar yükseklik ve yapı formu olmuştur. Yapı formu ve yükseklik binaya etki eden hava miktarını arttırdığı için çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.



Şekil 5.14. Model hastane cephesi ve planı

Oluşturulan bu cephe alan çalışması kapsamında incelenen şehir hastaneleri oranları baz alınarak dört farklı oranda oluşturulacaktır. Bunlar;

%100 Giydirme (Cam) Cephe

%75 Giydirme-%25 Seramik Cephe Kaplaması

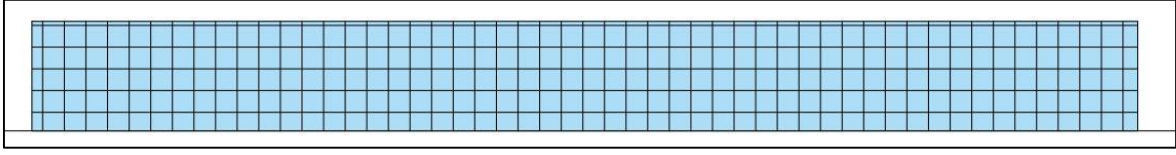
%50 Giydirme Cephe- %50 Seramik Cephe Kaplaması

%25 Giydirme-%75 Seramik Cephe Kaplaması şeklinde oluşturulacaktır.

Oluşturulan bu cepheler Ankara, Isparta, Eskişehir ve Konya'daki hava koşulları incelenecektir. Her il için 2019 Aralık ayı hava verileri alınarak SO₂, NO₂ ve PM₁₀ gazlarının bu cepheye yıl boyunca maruz bırakıldığı varsayılacaktır. Böylece cephenin kaç yılda bir bakım-onarım ve temizlik gerektirdiği ve bunların maliyetinin ne olduğu görülecektir.

5.2.1. Cephenin %100 cam olma durumu

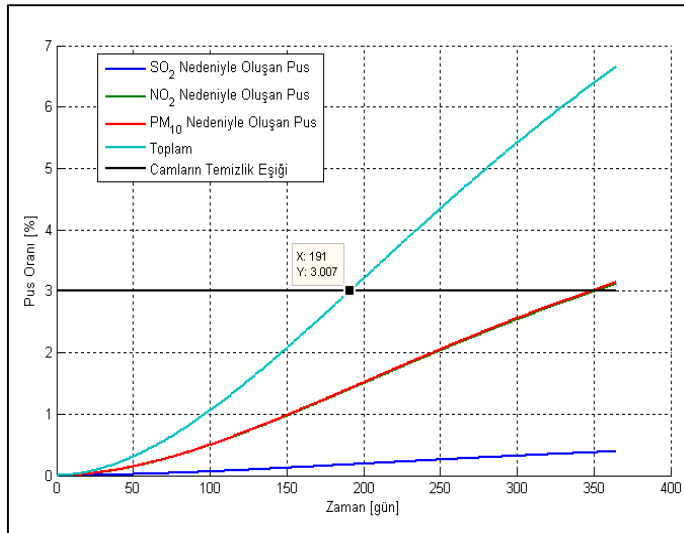
Bu kısımda cephe, belirlenen model üzerinden alüminyum giydirme cephe ile kaplanmıştır (Şekil 5.15). %100 cam olan bu cephede pus oranı ve temizlik maliyeti; Ankara, Isparta, Konya ve Eskişehir ili için aralık ayı verileri üzerinden Matlab programında bulunmuştur.



Şekil 5.15. Model cephenin %100 alüminyum giydirme cephe ile kaplanması

Ankara için;

Aralık ayı PM_{10} , SO_2 ve NO_2 miktarlarına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sitesinden ulaşılmıştır (Çizelge 2.7). Ulaşılan bu veriler üzerinden cam yüzeyler için belirtilen formüller Matlab programına girilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığı zaman ise NO_2 ve PM_{10} sonucu oluşan pus miktarının birbirine çok yakın olduğu ve SO_2 sonucunda oluşan pus miktarının daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Havanın bir yıl içinde 2019 Aralık ayı verileri gibi olması durumunda %3 alınan camların temizlik eşiği ile 191 günde bir camların temizlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.16). 191 gün baz alınarak yıllık temizlik sayısı $365/191=1,91$ adet olarak hesaplanmıştır. Formüle veriler girildiği zaman yıllık maliyet 12 946,18 Euro yani 82 208,25 TL olarak bulunmuştur.

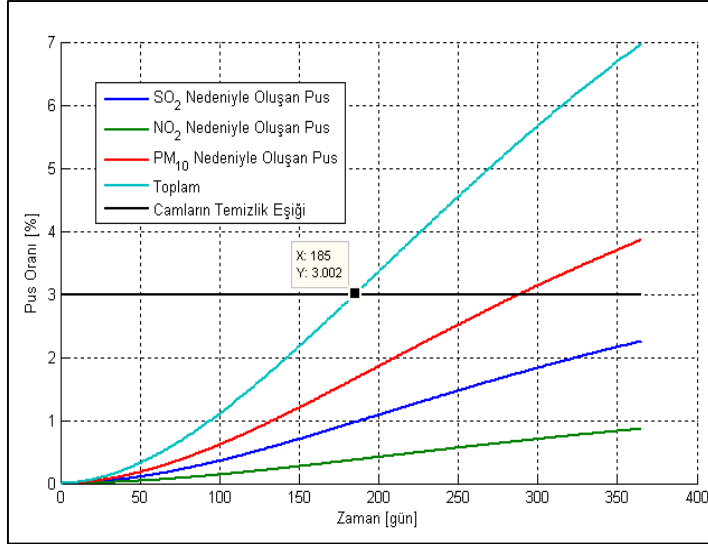


Şekil 5.16. Ankara pus oranı-zaman grafiği

Isparta için;

2019 Aralık ayı verileri Matlab programına girilmiş ve elde edilen sonuçlara bakıldığı zaman PM_{10} sonucu oluşan pus miktarının en fazla olduğu, daha sonra SO_2 ve NO_2 'nin bunu takip ettiği görülmüştür. Havanın bir yıl içinde aralık ayı verileri gibi olması durumunda %3 alınan

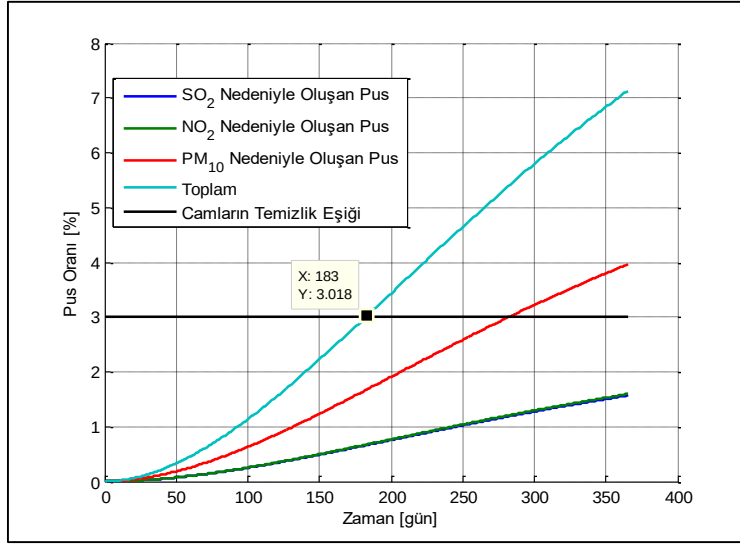
camların temizlik eşiği ile 185 günde bir camların temizlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.17). 185 gün baz alınarak yıllık temizlik sayısı $365/185=1,97$ adet olarak hesaplanmıştır. Cephe alanı $2\,601,38\text{ m}^2$ ve birim alan maliyeti 2,6 Euro alınmıştır. Formül üzerinden girdiler girildiği zaman yıllık maliyet 13 344,35 Euro yani 84 736,66 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 5.17. Isparta pus oranı-zaman grafiği

Konya için;

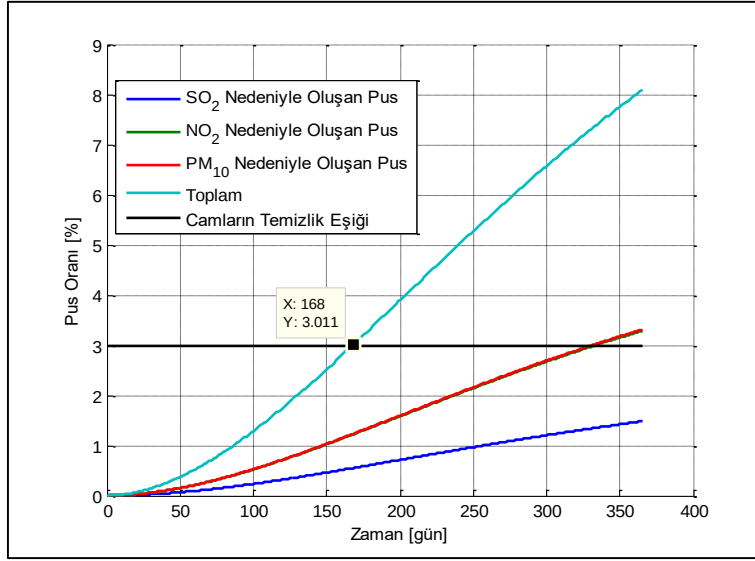
Aralık ayı PM₁₀, SO₂ ve NO₂ miktarlarına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sitesinden ulaşılmıştır. Ulaşılan bu veriler üzerinden cam yüzeyler için belirtilen formüller Matlab programına girilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman havanın bir yıl içinde Aralık ayı verileri gibi olması durumunda %3 alınan camların temizlik eşiği ile 183 günde bir camların temizlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.18). 183 gün baz alınarak yıllık temizlik sayısı $365/183=1,99$ adet olarak hesaplanmıştır. Cephe alanı $2\,601,38\text{ m}^2$ ve birim alan maliyeti 2,6 Euro alınmıştır. Formül üzerinden girdiler girildiği zaman yıllık maliyet 13 545,11 Euro yani 86 011,45 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 5.18. Konya pus oranı-zaman grafiği

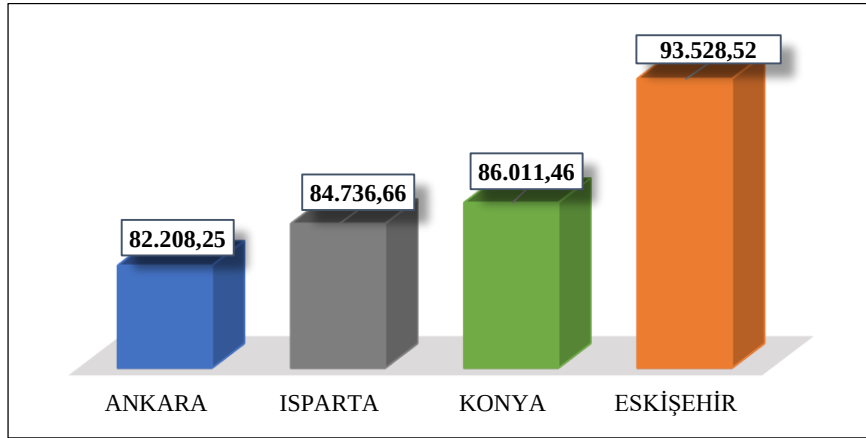
Eskişehir için;

Aralık ayı PM₁₀, SO₂ ve NO₂ miktarlarına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sitesinden ulaşılmıştır. Ulaşılan bu veriler üzerinden cam yüzeyler için belirtilen formüller Matlab programına girilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman havanın bir yıl içinde aralık ayı verileri gibi olması durumunda %3 alınan camların temizlik eşiği ile 168 günde bir camların temizlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.19). 168 gün baz alınarak yıllık temizlik sayısı $365/168=2,17$ adet olarak hesaplanmıştır. Cephe alanı 2 601,38 m² ve birim alan maliyeti 2,6 Euro alınmıştır. Formül üzerinden girdiler girildiği zaman yıllık maliyet 14 728,90 Euro yani 93 528,51 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 5.19. Konya pus oranı-zaman grafiği

Cephenin %100 cam olma durumu alan çalışması kapsamındaki illerde teker teker incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre Şekil 5.20 oluşturulmuştur.



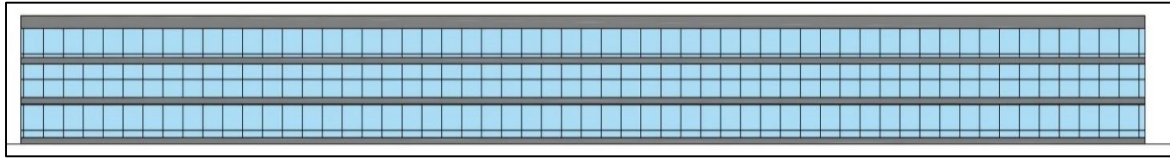
Şekil 5.20. %100 cam olma durumunda il bazında maliyet

%100 cam cephelerde yüzey bakım onarım gerektirmez ancak temizlik gerektirir. Bu yüzeylerde havada bulunan SO₂, PM10 ve NO₂ ile pus oluşumu gözlenir. Cephe alanının ve malzemelerin her ilde aynı olması, bu illerdeki hava kirliliğinin ana değişken olmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda %100 cam olan bir cephede en çok pus oluşumu Eskişehir ilinde görülmüştür. Bunu Konya, Isparta ve Ankara takip etmiştir. Sonuç olarak Eskişehir’de maliyetin en yüksek çıkması bu ilde hava kirliliği ile bakım-onarım maliyetin doğru orantılı olarak ilişkili olduğunu göstermektedir. Eskişehir’deki kirliliğin; trafik kaynaklı ortaya çıkan NO_x, ısınma kaynaklı oluşan SO₂ ve sanayi kaynaklı oluşan PM10 miktarının diğer

gazlardan fazla olmasına bağlanabilir. Ankara ise %100 cam tasarlanan bir yapı için diğer üç ile kıyasla en avantajlı şehir olmuştur. Cam yüzeylerde temizlik gerektiren pus; SO_2 , NO_2 ve PM_{10} sonucu oluşmaktadır. Bu üç gaz miktarı sonucu Şekil 5.20'deki sonuçlar elde edilmiştir.

5.2.2. Cephenin %75 cam- %25 seramik olma durumu

Çalışmanın bu bölümünde belirlenen model cephe üzerine, %25'i seramik cephe kaplaması ve %75 alüminyum cam giydirme cephe yapılmıştır (Şekil 5.21). Bu oranlar ile alan çalışması yapılan iller olan Ankara, Eskişehir, Konya ve Isparta'da seramik yüzeyler için bakım-onarım maliyeti, cam yüzeyler için ise temizlik maliyeti bulunmuştur. 2019 Aralık ayı verileri Matlab programında oluşturulan formüller üzerinden hesaplanmıştır.



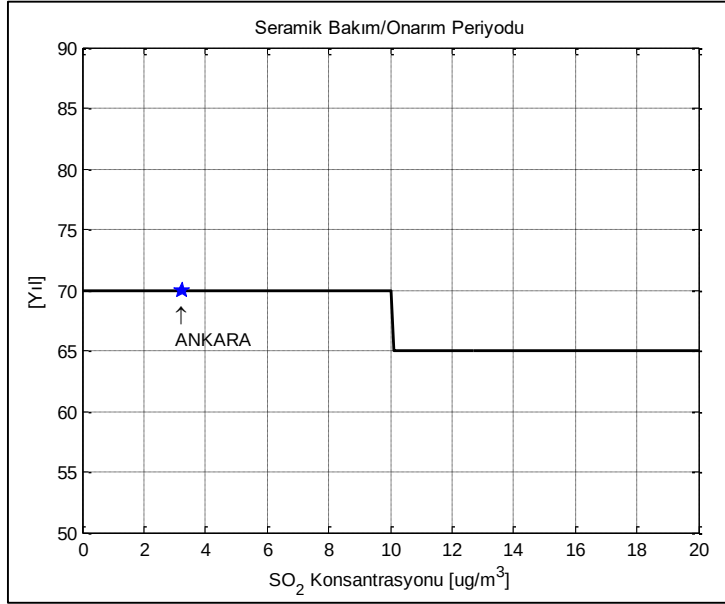
Şekil 5.21. Model cephenin %75 cam, %25 seramik cephe kaplaması ile kaplanması

Model cephe yüzeyinde uygulanan alüminyum giydirme cephe alanı değişmiş ancak birim alan maliyeti ve birim alanda oluşan pus oranı değişmemiştir. Bu yüzden her ilde %100 alüminyum giydirme cephe (Pus Oranı/Zaman Grafiği) aynı kalmıştır. Cephe yüzeyinde oluşan m^2 değişimi sadece toplam cephe yüzeyinde oluşacak maliyeti değiştirmiştir.

Ankara için;

Ankara'daki hava kirliliğine yönelik gaz dağılımı sonucunda cam yüzeylere yönelik yıllık temizlik periyodu 1,91'dir. Bu veriler ışığında %75 cam yüzeylerde yıllık ortalama temizlik maliyeti 9 709,98 Euro, 2019 yılı Euro ortalaması 6,35 TL alındığında ise 61 658,37 TL bulunmuştur. Seramik yüzeylerde sadece SO_2 konsantrasyonu etkili olmaktadır ve 2019 Aralık ayı verileri ile Şekil 5.22 SO_2 konsantrasyonu elde edilmiştir. Buna göre SO_2 miktarı $10 \mu g/m^3$ küçük olduğu için seramiğin kullanım ömrü 70 yıl alınmıştır.

Verilerin girilmesi sonucu programda hesaplanan yıllık ortalama temizlik sayısı: 0,014286 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %25 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 1 300,69 Euro yani 8 259,38 TL bulunmuştur.



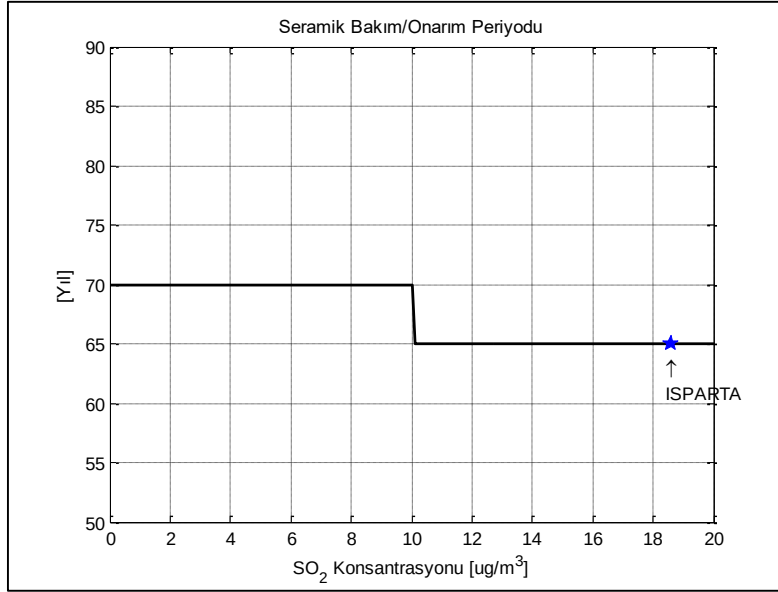
Şekil 5.22. Yıl bazında Ankara ili SO₂ konsantrasyonu (µg/m³)

Bunun sonucunda Ankara'da aralık ayında %75 alüminyum giydirme cephe, %25 seramik cephe kaplaması olan bir binada yıllık toplam bakım-onarım maliyeti 69 917,76 TL olarak hesaplanmıştır.

Isparta için;

%100 alüminyum giydirme cephelerde yıllık temizlik sayısı 1,97 adet olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %75 cam yüzeylerde yıllık ortalama maliyeti 10 013,62 Euro yani 63 586,50 TL olarak hesaplanmıştır. Seramik cephelerde 2019 Aralık için SO₂ konsantrasyonu Matlab programına girilmiş ve Şekil 5.23 elde edilmiştir. SO₂ konsantrasyonunun 10 µg/m³'dan fazla olması onun kullanım ömrünün 65 yıla düşmesini sağlamıştır.

Elde edilen veriler sonucu yıllık ortalama temizlik sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %25 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 1 400,74 Euro yani 8 894,71 TL bulunmuştur.



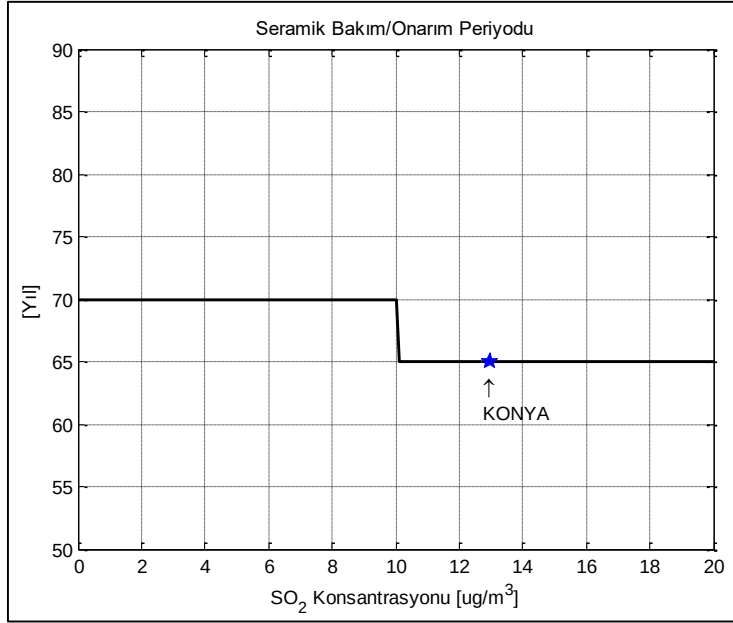
Şekil 5.23. Yıl bazında Isparta ili SO₂ konsantrasyonu (µg/m³)

Bunun sonucunda Isparta'da aralık ayında %75 alüminyum giydirme cephe, %25 seramik cephe kaplaması olan bir binada yıllık toplam bakım-onarım maliyeti 72 481,22 TL olarak hesaplanmıştır.

Konya için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 1,99 adet olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %75 cam yüzeylerde yıllık ortalama maliyeti 10 158,83 Euro yani 64 508,59 TL olarak hesaplanmıştır. Seramik cephelerde ise Matlab programı üzerinden veriler girilmiş Şekil 5.24 oluşmuştur. SO₂ konsantrasyon miktarının 10 µg/m³'dan fazla olması sonucu seramik kullanım süresi 65 yıl alınmıştır.

Bu bağlamda yıllık ortalama bakım-onarım sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %25 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 1 400,74 Euro yani 8 894,73 TL olarak bulunmuştur.



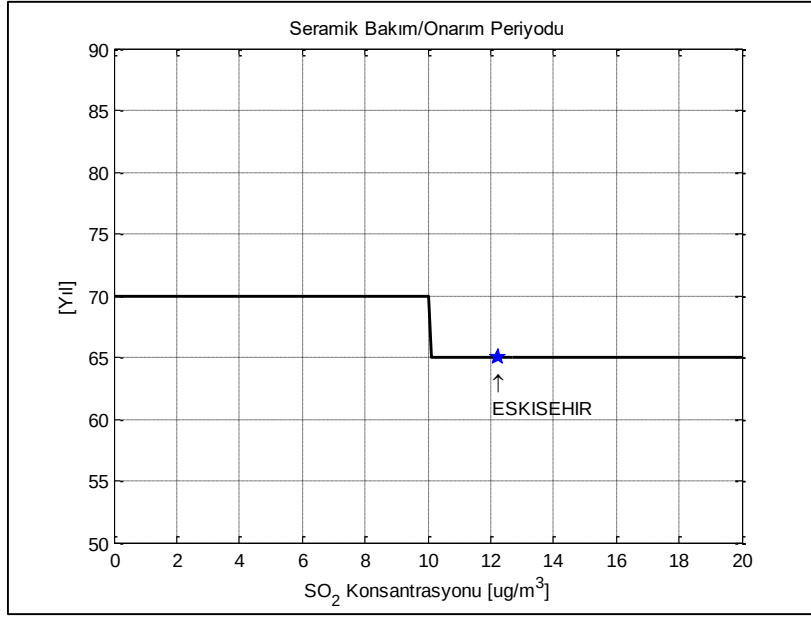
Şekil 5.24. Yıl bazında Konya ili SO₂ konsantrasyonu (µg/m³)

Sonuç olarak cephede toplam bakım-onarım ve temizlik maliyeti 73 403,32 TL olarak bulunmuştur.

Eskişehir için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 2,17 olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %75 cam yüzeylerde yıllık ortalama maliyeti 11046,67 Euro yani 70 146,38 TL olmuştur. Seramik cephelerde ise Eskişehir için SO₂ konsantrasyonu Matlab programında şekil 5.25'in oluşmasına neden olmuştur. Konsantrasyon miktarının 10 µg/m³'dan fazla olması seramiğin ömrünün 65 yıl alınmasına neden olmuştur.

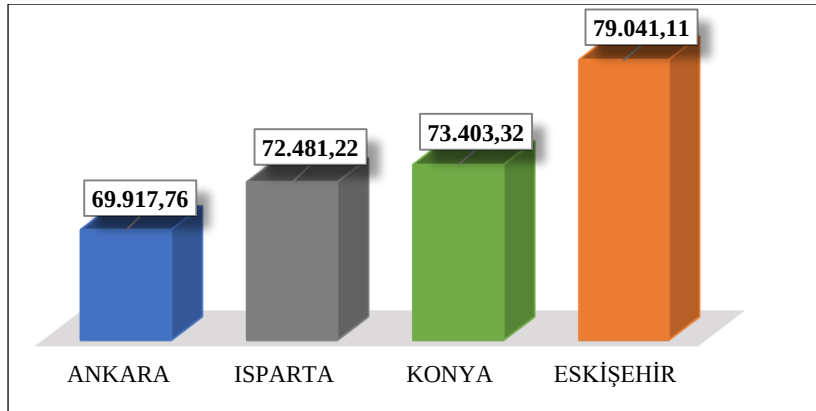
Sonuç olarak yıllık ortalama temizlik sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %25 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 1 400,74 Euro yani 8 894,71 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 5.25. Yıl bazında Eskişehir ili SO₂ konsantrasyonu (µg/m³)

Bunun sonucunda Eskişehir’de aralık ayında %75 alüminyum giydirmeye cephe, %25 seramik cephe kaplaması olan bir binada yıllık toplam bakım-onarım maliyeti 79 041,10 TL olarak hesaplanmıştır.

Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu alan çalışması kapsamındaki illerde teker teker incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre Şekil 5.26 oluşturulmuştur.



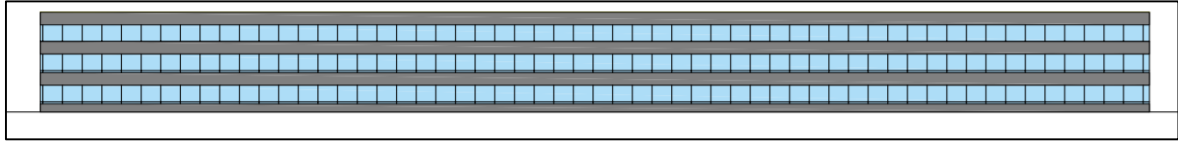
Şekil 5.26. %75 cam, %25 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet

%75 cam, %25 seramik cephe kaplaması yapılan model cephede cam yüzeylerde pus, seramik yüzeylerde ise kirlilik oluşmuştur. Seramik yüzeylerde bakım onarıma neden olan gaz SO₂ iken, cam yüzeylerde pus SO₂, NO₂ ve PM10 sonucu oluşmaktadır. Cephelerdeki toplam bakım-onarım ve temizlik maliyetine bakıldığında zaman en fazla maliyet Eskişehir’de çıkmıştır. Bu durumda maliyeti fazla çıkan Eskişehir’de gazların cepheye uyguladığı zararın

en fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen illerden en az maliyete sahip olan Ankara'da ise gaz salınımının en düşük olduğu, bunun sonucunda ise bakım-onarım ve temizlik maliyetinin en az çıktığı söylenebilir.

5.2.3. Cephenin %50 cam %50 seramik olma durumu

Çalışmanın bu bölümünde belirlenen model cephe üzerine, %50 seramik cephe kaplaması ve %50 alüminyum cam giydirme cephe yapılmıştır (Şekil 5.27). Bu oranlar ile alan çalışması yapılan iller olan Ankara, Eskişehir, Konya ve Isparta'da seramik yüzeyler için bakım-onarım maliyeti, cam yüzeyler için ise temizlik maliyeti bulunmuştur. 2019 Aralık ayı verileri Matlab programında oluşturulan formüller üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 5.27. Model cephenin %50 cam, %50 seramik cephe kaplaması ile kaplanması

Tüm illerde 2019 Aralık ayı gaz konsantrasyonlarının sabit alınması cam yüzeyler için pus sonucu oluşan temizlik sayısının ve seramik yüzeyler için bakım-onarım sayısının sabit olduğunu gösterir. Sadece cephede değişen cam ve seramik yüzey miktarları sonucu bakım-onarım ve temizlik maliyetleri değişecektir.

Ankara için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 1,91 adet olarak alınmıştır. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %50 cam yüzeyde yıllık ortalama maliyeti 6 473,022 Euro yani 41 103,68 TL olmuştur. Seramik cephelerde ise yıllık ortalama bakım-onarım sayısı önceki oran çalışmalarıyla aynı alınmıştır. Bunun üzerinden %50 seramik kaplama cephede yıllık bakım-onarım maliyeti 2 601,38 Euro yani 16 518,78 TL olarak bulunmuştur.

%50 cam-%50 seramik tasarlanan bir cephede bakım-onarım ve temizlik maliyeti 57 622,46 TL olarak bulunmuştur.

Isparta için;

%100 alüminyum giydirmeye cephelerde yıllık temizlik sayısı 1,97 adet olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %50 cam yüzeylerde yıllık ortalama maliyeti 6 675,44 Euro yani 42 389,04 TL olarak hesaplanmıştır. Seramik cephelerde elde edilen veriler sonucu yıllık ortalama bakım-onarım sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %50 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 2 801,48 Euro yani 17 789,43 TL bulunmuştur.

%50 cam %50 seramik olan bir cephede bakım-onarım ve temizlik maliyeti 60 178,47 TL olarak bulunmuştur.

Konya için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 1,99 adet olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında program sonucu olarak %50 cam yüzeylerde yıllık ortalama maliyeti 6772,24 Euro yani 43 003,74 TL olarak hesaplanmıştır. Seramik cephelerde yıllık ortalama bakım-onarım sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %50 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 2 801,48 Euro yani 17 789,43 TL olarak bulunmuştur.

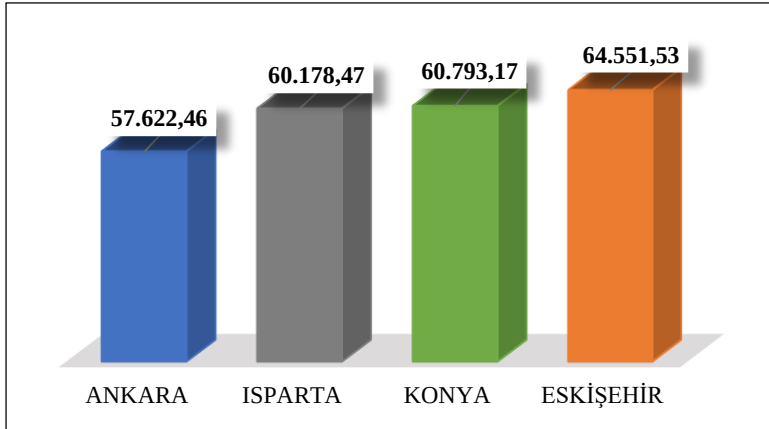
Bu bağlamda cephede toplam bakım-onarım, temizlik maliyeti 60 793,17 TL'dir.

Eskişehir için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 2,17 olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında %50 cam yüzeyde yıllık ortalama maliyeti 7364,11 Euro yani 46 762,10 TL olmuştur. Seramik cephelerde ise yıllık ortalama temizlik sayısı: 0,015385 olarak bulunmuştur. Bunun üzerinden %25 seramik kaplama cephede yıllık ortalama maliyet 2801,48 Euro yani 17 789,43 TL olarak bulunmuştur.

Tasarlanan cephede cam ve seramik yüzeylerin eşit olması durumunda Eskişehir için toplam bakım-onarım, temizlik maliyeti 64 551,53 TL olmuştur.

Cephenin %50 cam-%50 seramik olma durumu alan çalışması kapsamındaki illerde teker teker incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre Şekil 5.28 oluşturulmuştur.

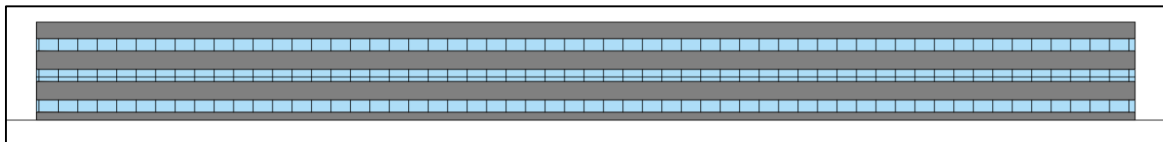


Şekil 5.28. %50 cam, %50 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet

%50 seramik kaplama, %50 cam olarak tasarlanan cephede en yüksek maliyet Eskişehir'e ait olmuştur. Eskişehir'i takip eden Konya ve Isparta'da maliyetler birbirine çok yakındır. En az bakım-onarım ve temizlik maliyeti gerektiren il ise Ankara olmuştur. Hatta maliyet farklarına bakıldığında zaman en çok Ankara ili ile diğer iller arası fark olduğu görülmüştür. Bu da %50 cam ve %50 seramik kaplama olan bir cephede en iyi maliyetin Ankara'da olduğunu göstermektedir. Cam yüzeylerdeki temizlik maliyetinde SO₂, PM10 ve NO₂ gazları etkili olurken; seramik yüzeylerde sadece SO₂ gazı etkili olmuştur.

5.2.4. Cephenin %25 cam %75 seramik olma durumu

Model cephe üzerinde son çalışma oranı %25 cam-%75 seramik kaplama olmuştur (Şekil 5.29). Model cephenin 650,345 m²'sini cam yüzey, 1951,035 m²'sini seramik kaplama yüzey oluşturmuştur. Belirlenen bu metrekareler ile Ankara, Eskişehir, Isparta ve Konya'da 2019 Aralık ayı verileri, Matlab programı üzerinde oluşturulan formüllere girilmiş ve sonuçlar alınmıştır.



Şekil 5.29. Model cephenin %25 cam, %75 seramik cephe kaplaması ile kaplanması

İllerde gaz miktarlarının sabit olması, seramik ve cam yüzeylerde yıllık pus ve kirlilik sayılarının sabit kalmasına neden olmuştur. Ancak cephede cam ve seramik alanların

metrekarelerinin farklı olması iller için bakım-onarım ve temizlik maliyetlerinin farklı çıkmasına neden olacaktır.

Ankara için;

Cam yüzeylerde daha önce de hesaplanan yıllık ortalama temizlik sayısı 1,91 adet alınmıştır. Cam yüzeylerin alanı %25 üzerinden Matlab 'da hesaplanmış ve %25 cam cephede Ankara için yıllık temizlik maliyeti 3236,66 Euro yani 20 552,791 TL olmuştur. Seramik yüzeylerde ise daha önce Ankara için hesaplanan yıllık temizlik sayısı 0,014 alınmıştır. Bunun üzerinden %75 seramik giydirme cephede yıllık bakım-onarım maliyeti 3902,07 Euro yani 24 778,14 TL olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak %25 cam, %75 seramik kaplama olan bir cephede yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyeti 45 330,93 TL olmuştur.

Isparta için;

Cam yüzeylerde yıllık temizlik sayısı 1,97 alınmıştır. Bunun üzerinden %25 cam olarak tasarlanan bir cephede yıllık temizlik maliyeti 3337,87 Euro yani 21 195,47 TL olmuştur. Seramik yüzeylerde ise yıllık temizlik sayısı 0,015'tir. Bunun üzerinden yıllık ortalama bakım-onarım maliyeti 4202,22 Euro yani 26 684,09 TL olmuştur.

Isparta'da %25 cam, %75 seramik kaplama olan bir cephede yıllık toplam bakım-onarım ve temizlik maliyeti 47 879,56 TL olmuştur.

Konya için;

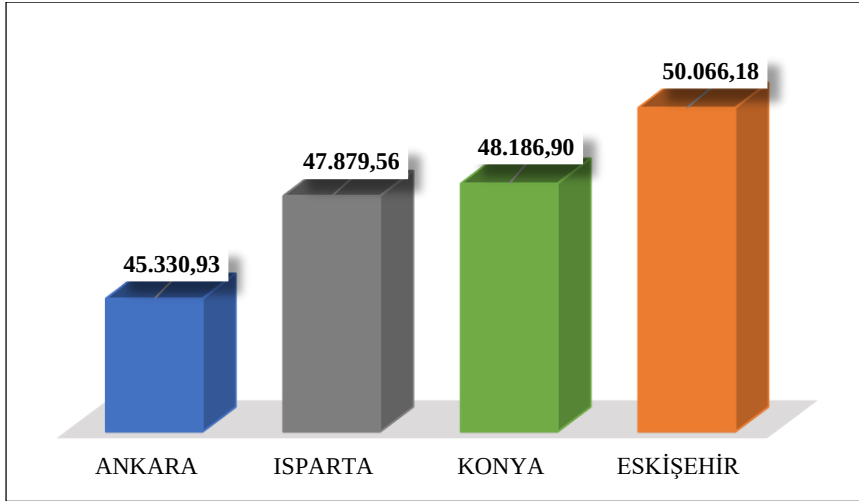
Cam yüzeylerde daha önce de hesaplanan yıllık ortalama sayısı 1,99 adet alınmıştır. Cam yüzeylerin alanı %25 üzerinden Matlab'da hesaplanmış yıllık temizlik maliyeti 3386,27 Euro yani 21 502,81 TL olmuştur. Seramik yüzeylerde ise yıllık temizlik sayısı 0,015'tir. Bunun üzerinden yıllık ortalama bakım-onarım maliyeti 4202,22 Euro yani 26 684,09 TL olmuştur.

%25 cam, %75 seramik kaplama tasarlanan bir cephe Konya ilinde bulunursa yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyeti toplam 48 186,90 TL olacaktır.

Eskişehir için;

Cam yüzeylerde; yıllık temizlik sayısı 2,17 olarak bulunmuştur. Bu veriler ışığında yıllık ortalama temizlik maliyeti 3682,22 Euro yani 23 382,09 TL olmuştur. Seramik cephelerde konsantrasyon miktarının 10'dan fazla olması seramiğin ömrünün 65 yıl alınmasına neden olmuştur. Sonuç olarak yıllık ortalama temizlik sayısı: 0,015385 olarak alınmış ve yıllık ortalama bakım-onarım maliyeti 4202,22 Euro yani 26 684,09 TL olmuştur.

Sonuç olarak Eskişehir'de %25 cam, %75 seramik bir cephede yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyeti 50 066,18 TL bulunmuştur.



Şekil 5.30. %25 cam, %75 seramik kaplama olma durumunda il bazında maliyet

Sonuçlar incelendiğinde %25 cam, %75 seramik kaplama yapılan cephelerde en yüksek bakım-onarım ve temizlik maliyeti çıkan il Eskişehir olmuştur. Konya ve Isparta'nın maliyetleri birbirine çok yakındır. Ankara ise incelenen iller arasında bakım-onarım ve temizlik maliyeti en uygun çıkan il olmuştur (Şekil 5.30).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

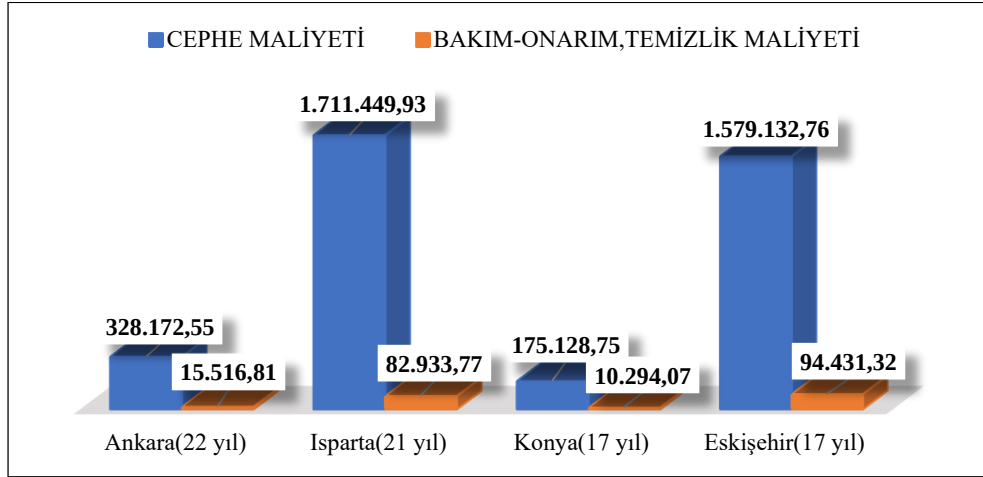
21. yüzyılın en büyük çevre sorunlarından olan hava kirliliği insan sağlığını olumsuz yönden etkilediği gibi yapılı çevreye de zarar vermektedir. Bu noktada da zararların gözlemlendiği ilk yapı bölümü atmosfer ile direk temas halinde olan cephelerdir. Hava kirliliği kullanım süresi boyunca kullanıcıya bakım-onarım ve temizlik maliyeti oluşturduğu için göz önüne alınması gereken konudur. Tasarımcı cephe tasarımlarında gerek cephe konfigürasyonu kararlarında gerek de malzeme seçimlerinde ilk yatırım maliyetinin düşük olmasının yanı sıra uzun vadede bakım-onarım ve temizlik maliyetini minimum düzeyde oluşturacak nitelikte tasarımı hedeflemelidir. Bu noktada tez çalışmasında hava kirliliğinin cephe tasarımları değişkeni ile bakım-onarım ve temizlik maliyetine etkisi araştırılmıştır.

Alan çalışmasında ilk olarak İç Anadolu karasal iklimde bulunan şehir hastaneleri örneklem olarak incelenmiştir. Karasal iklimdeki hastanelerin seçilmesinin nedeni ülkemizde en zor iklim koşullarının karasal iklimde görülmesidir. Bu iklim tipinde ısınma sorunundan kaynaklı özellikle kış aylarında hava kirliliğinin arttığı düşünülmektedir. Bu bağlamda ilk olarak mevcut hastanelerin poliklinik bloğu giriş cephesi seçilmiş ve cephe analizleri yapılmıştır.

İncelemeler sonrası elde edilen sonuçlara göre; şehir hastanelerinde alüminyum giydirme ve seramik yüzeylerin tasarımcılar tarafından daha çok tercih edildiği görülmüştür. Ancak incelenen hastanelerdeki genel cephe malzemelerine bakıldığında zaman farklı malzemelerin ve farklı opaklık saydamlık oranlarının kullanıldığı görülmüş; hastane tasarımlarında cephe açısından bir tasarım kriteri olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca cephe malzemelerinin farklı olması da malzeme seçiminde de bir standart olmadığını göstermiştir. Malzeme seçimi ve cephe tasarımında bir standart olmaması tasarımcının tasarım sırasında daha özenli ve doğru kararlar vermesini gerektirmektedir. Tasarımcı hem ön maliyette hem de kullanım sonrası hava kirliliği kaynaklı oluşacak deformasyonlarda maliyeti düşünerek tasarım yapmalıdır.

Ankara, Eskişehir, Isparta, Konya hastaneleri özelinde maliyet araştırmasında ise; bu hastanelerdeki cephe malzemelerinin hava kirliliğine karşı bakım-onarım ve temizlik

maliyetini bulmak için 2019 Aralık ayı hava kirliliği verileri Matlab R2014a programına girilmiş ve yıllık bakım-onarım ve temizlik maliyeti bulunmuştur (Şekil 5.31).

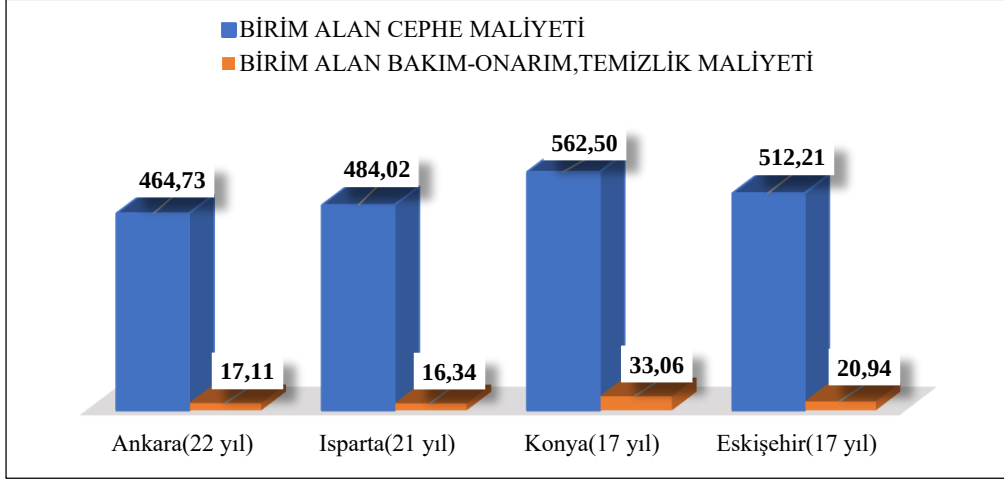


Şekil 6.1. Şehir hastanelerindeki cephe maliyetinin ve yıllık bakım-onarım-temizlik maliyetinin kıyaslanması

Sonuçlara bakıldığında zaman en yüksek cephe maliyetinin Isparta'da, sonra Eskişehir'de olduğu görülmüştür. Bunun nedeni bu iki şehir hastanesinin ana giriş cephesinin Ankara ve Konya Şehir Hastanesine göre daha büyük olması, seçilen cephelerdeki malzemeler ve opaklık-saydamlık oranlarından kaynaklanmaktadır. Ancak, bakım-onarım ve temizlik maliyetine bakıldığında ise toplam cephe yüzeyinde hava kirliliği sonucu oluşan bakım-onarım ve temizlik maliyeti en çok Eskişehir ilinde çıkmış, bunu Isparta, Ankara ve Konya takip etmiştir. Ancak bu sıralamada da cephe alanının etkili olduğu görülmüştür. Çünkü Eskişehir ve Isparta'da bulunan hastane cepheleri diğer hastanelere göre fazla cephe alanlarına sahiptir.

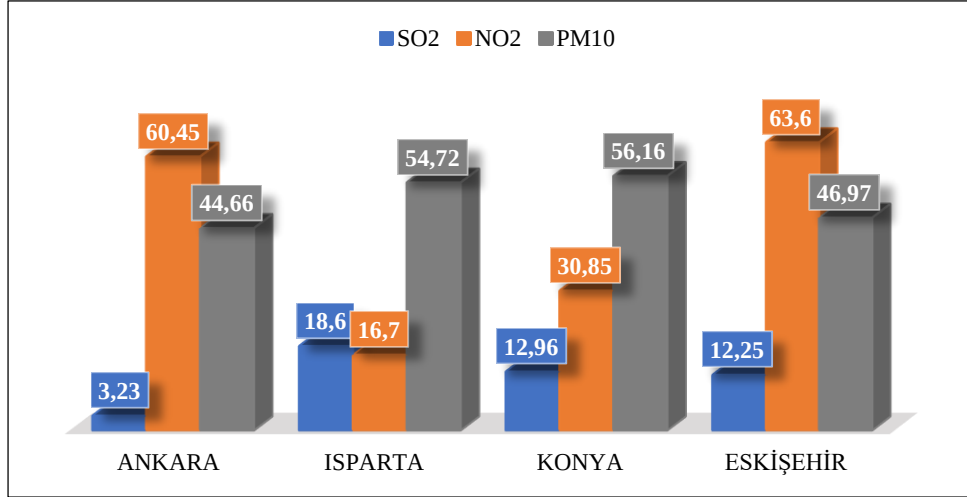
Bu noktada değişken olan cephe alanları sonucunda kesin sonuçlara varılamadığı için birim maliyet hesabı yapılarak tek bilinmeyenli yorumlamaya gidilmiştir. Birim alan m^2 'leri baz alınarak oluşturulan grafiğe göre ise cephe alanı değerlendirme dışı bırakılmıştır. Toplam cephe maliyeti ve bakım-onarım, temizlik maliyeti cephe alanına bölünerek elde edilen birim alan (m^2) maliyeti Şekil 5.32'de verilmektedir. Birim alana düşen temizlik maliyeti en çok Konya ilinde görülmüş, bunu Eskişehir, Isparta ve Ankara takip etmiştir. Bina cephelerinde cam yüzeylerin temizlik süresinin kısa olması ve Konya ilinde cam yüzeyinin %100 olması birim alan temizlik maliyetinin fazla çıkmasına sebep olmuştur. Aynı şekilde cam yüzey oranı azaldıkça birim alan bakım-onarım ve temizlik maliyeti azalmıştır. Yani opak

yüzeylerde kullanılan malzemeler cam yüzeylere nazaran daha az bakım-onarım gerektirmektedir.



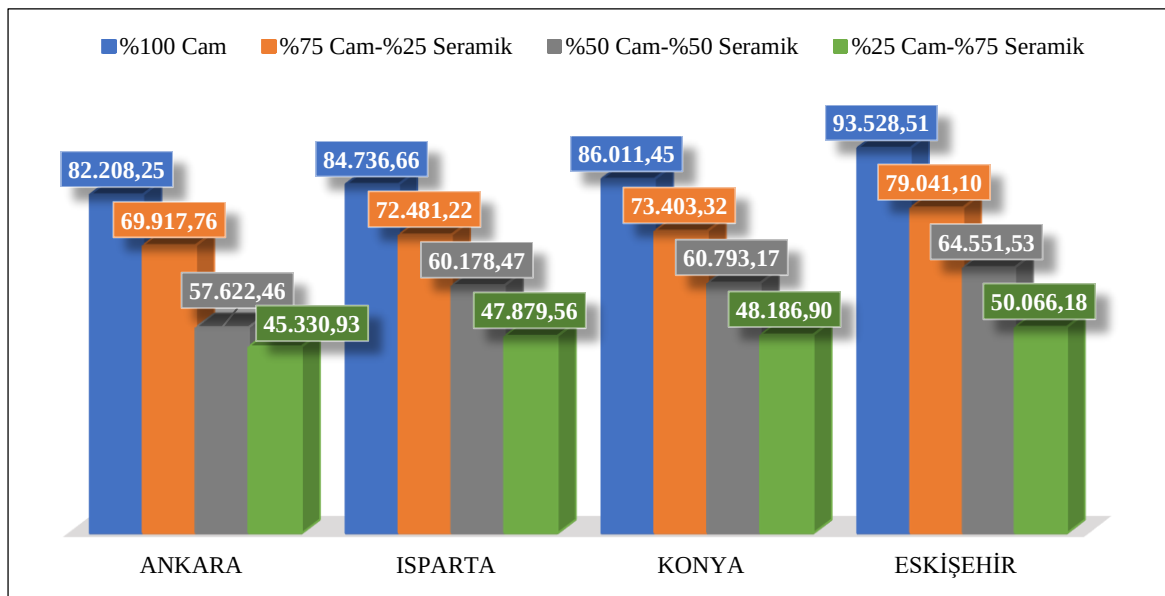
Şekil 6.2. Birim alan cephe maliyeti, bakım-onarım ve temizlik maliyeti (denk düşme yılı)

Çalışmanın ikinci kısmına geçildiğinde; alan çalışmasının birinci bölümü yani mevcut hastanelerin incelenmesi üzerinden ilerlemiş ve tasarımcıya İç Anadolu tipi karasal iklim bölgelerinde cephe tasarımında opaklık-şeffaflık oranlarının hava kirliliği ile ilişkisini göstermek amaçlanmıştır. Bu bağlamda incelemesi yapılan şehir hastanelerinde en çok kullanılan malzemeler olan seramik ve cam ele alınmış ve bu malzemelerle elde edilen opaklık saydamlık oranı değişken olarak belirlenmiştir. Bu malzemeler ve oranlar ile, incelenen dört ilde aynı tasarlanan yapının cephesi üzerinden çalışılmıştır. Cam ve seramik oranları değiştirilerek her ilde, o ile ait sabit hava kirliliği oranlarına maruz bırakılmış, böylece cephelerdeki bakım-onarım ve temizlik maliyetleri bulunmuştur. Burada cephe alanı ve cephedeki malzeme miktarlarının aynı olması, havadaki gaz miktarının maliyete etkisinin daha fazla vurgulanmasına imkân vermiştir. Her iki alan çalışmasında il bazında ele alınan SO_2 , NO_2 ve PM_{10} miktarları Şekil 5.33'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. İl bazında havaya yayılan SO₂, NO₂ ve PM₁₀ miktarları

Yapılan analizler sonucu dört ilde; %25, %50, %75 ve %100 saydamlık oranları ile elde edilen bakım-onarım ve temizlik maliyetleri Şekil 5.34'teki gibi belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tüm illerde saydam yüzeylerin artması sonucu kullanım süresi boyunca harcanan bakım-onarım ve temizlik maliyetinin arttığı görülmüştür. İncelenen dört ilde dört farklı oranda da maliyet açısından en yüksek çıkan ilin Eskişehir olduğu görülmüştür. Cephe yüzeyinin sabit alınmasının hava kirliliği ve malzeme vurgusunun oluşmasını sağladığından en kirli ilin Eskişehir olduğu söylenebilir. Eskişehir'i sırasıyla Konya, Isparta ve Ankara takip etmiştir. Bu bağlamda Ankara için ise incelenen diğer illere göre hava kalitesinin daha iyi olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 6.4. Seramik ve cam oranlarına göre il bazında maliyetler

Sabit tutulan cephe alanı üzerinde opaklık-şeffaflık oranlarının ve illerin değişken olarak tutulduğu maliyet değerlerinin anlamlı karşılaştırması amacıyla oranlama yapılarak çıkarımlarda bulunulmuştur. Öncelikle Çizelge 5.8’de ise her ilde en düşük maliyeti oluşturan %25 cam-%75 oranına sahip cephe maliyeti esas alınarak her bir özelindeki yüzdelik değişim tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloya göre cam alanının %100 olduğu durumda %76,97 ile en az artış Isparta’da; %86,80 ile en çok artış Eskişehir’de olmuştur. Eskişehir’i diğer illerden daha düşük maliyete sahip olan fakat kendi içinde yüzde değişimi fazla olan Ankara %81,35 ile takip etmiş, Ankara’yı ise %78,49 ile Konya takip etmektedir. Ancak bu tabloda da cam yüzeyinin artmasının maliyeti arttırdığı görülmüştür. Tasarım anlamında il özelinde cam yüzdesinin artması bir yıl içinde çok ciddi bir maliyet gerektirmektedir. Tasarımcının bu artışın farkına vararak saydam opak kararı vermesi gerekmektedir.

Çizelge 6.1. %25 cam-%75 seramik baz alınarak yapılan yüzde değişimi

	%25 Cam-%75 Seramik	%50 Cam-%50 Seramik	%75 Cam-%25 Seramik	%100 Cam
ANKARA	100%	127,11%	154,24%	181,35%
ISPARTA	100%	125,68%	151,38%	176,97%
KONYA	100%	126,16%	152,33%	178,49%
ESKİŞEHİR	100%	128,93	157,87%	186,80%

Ardından hem malzeme oranlarının değişimi hem de illere göre farklılaşan kirlilik oranlarında yönelik bütüncül bir değerlendirme yapılması için en düşük maliyet veren, Ankara verilerine göre yüzde %25 cam %75 seramik oranı referans alınarak yüzdelik değişimler elde edilmiştir (Çizelge 5.9.). Buna bağlı olarak referans oranımıza göre Ankara ilinde cam oranı arttıkça temizlik maliyeti oranının arttığı görülmektedir. %100 cam da Ankara ilinde %81,35’lik artış bulunmaktadır. %25 cam-%75 seramik Ankara ili baz alındığında diğer illerde kıyaslandığında kirlilik oranı arttıkça maliyet artmaktadır. Hava kirliliği en yüksek olan Eskişehir, %10,45 fark ile en yüksek temizlik maliyetine sahip olan il olmuştur. Minimum temizlik cephe maliyetine sahip Ankara ili %25 cam %75 seramik referans alınarak, %50 cam-%50 seramik, %75 cam %25 seramik ve %100 cam oranlarına bakıldığında hava kirliliğinin en yüksek il olduğu Eskişehir de sırasıyla %42,40, %74,36, %106,32 temizlik-bakım-onarım maliyeti artmıştır.

Çizelge 6.2. Ankara İli %25 cam-%75 seramik maliyeti baz alınarak yapılan yüzde değişimi

	%25 Cam-%75 Seramik	%50 Cam-%50 Seramik	%75 Cam-%25 Seramik	%100 Cam
ANKARA	100,00%	127,11%	154,24%	181,35%
ISPARTA	105,62%	132,75%	159,89%	186,93%
KONYA	106,30%	134,11%	161,93%	189,74%
ESKİŞEHİR	110,45%	142,40%	174,36%	206,32%

Bu veriler hava kirliliğini oluşturan PM10, SO₂ ve NO₂ gazlarının temizlik ve bakım-onarım maliyetine etkisi net olarak görülebilmektedir. Kirlilik oranı en fazla çıkan Eskişehir’de trafik kaynaklı emisyon miktarlarına bakıldığı zaman NO_x gazının PM10 ve SO₂’e göre daha fazla olduğu görülmüştür. Evsel ısınma sonucu oluşan gaz miktarlarında ise çevreye yayılan SO₂ gazının diğer gazlara (NO_x, PM10) oranla en fazla olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Sanayi kolunda ise PM10 miktarının NO_x ve SO₂’e göre çok fazla olduğu görülmüştür. İlde hava kirliliği düzeyinin azalması için farklı kollarda yayılan farklı gaz miktarlarının azaltılması gerekmektedir.

Bakım-onarım maliyetini etkileyen en önemli gaz olan SO₂ sadece seramiğin bakım ve onarımını etkilemiş diğer gazlar camın temizlik maliyeti ile doğrudan ilişkilendirilmiştir. Bu açıdan yapılan tezde mevcut durum analizlerinde hava kirliliğinin mimari seçim kararlarını hiçbir yönden etkilemediği görülmektedir oysaki bir yapının ilk maliyetinin yanında uzun vadede işletme giderlerinin de yapının kullanıcılarına sağlayacağı avantajlar bulunmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında yapılan örnek bir poliklinik Cephesinin seçimi ile cam seramik oranlarının değişiminin hava kirliliğinin değişimine etkisini görmek yapının işletme maliyetine etkisini anlamak açısından önemli olmaktadır. Çizelge 5.9 bu açıdan net farklılıkları görüp ileride yapılacak sırf hastane değil farklı fonksiyonlardaki yapı cepheleri için de bir öngörü sağlayacaktır.

Çalışmada cam yüzeyler için temizlik periyodu, seramik yüzeyler için ise bakım-onarım periyodu üzerinden hesaplama yapılmıştır. Atmosferde bulunan SO₂, NO₂ ve PM10 miktarlarına göre belirlenen temizlik ve bakım-onarım periyotları sonucu Çizelge 5.10 oluşmuştur. Bu tabloya göre seramik yüzeylerin hava kirliliğine bağlı olarak çok fazla değişmediği, cam yüzeylerin temizliğinin ise hava kirliliğinden daha fazla etkilendiği görülmüştür. Ankara ili en düşük temizlik ve bakım onarım periyoduna sahip olduğu için bir

yüzde oluşturulmuştur. Bu tabloya göre cam yüzeylerde temizlik maliyeti en düşük olan Ankara ili ile en yüksek olan Eskişehir arasında %13,61 bir artış görülmüştür. Ayrıca Ankara'yı %3,14 ile Isparta, %4,18 ile Konya takip etmiştir. Seramikte ise atmosferde bulunan SO₂ miktarının Ankara'da 10 ug/m³ den az olması, ilde bakım-onarım periyodunun daha düşük olmasını sağlamıştır. Isparta, Konya ve Eskişehir'de ise SO₂'nin 10 ug/m³ den fazla olması bakım-onarım periyodunun aynı çıkmasına neden olmuştur. Cam yüzeylerin temizlik periyodunun seramik yüzeylerden daha fazla olması sonucunda cam yüzeylerin fazla kullanılması hem ilk yatırım maliyeti hem de temizlik maliyeti açısından olumsuz sonuç doğurmaktadır. Ayrıca seramik yüzeylerdeki bakım-onarım periyodunun hava kirliliğine daha az bağlı olması mimara tasarım serbestliği sağlamak açısından önemlidir. Yani tasarımcı hem ilk yatırım maliyeti hem de kullanım sonrası oluşan maliyetini düşünerek bir tasarım yaparsa tasarımında saydam yüzeyleri azaltıp, opak yüzeyleri arttırması gerekmektedir.

Çizelge 6.3. Ankara ili baz alınarak yıllık temizlik, bakım-onarım periyodu/yüzde değişimi

	Cam Temizlik Periyodu	Seramik Bakım-Onarım Periyodu
ANKARA	1,91(100,00%)	0,014(100,00%)
ISPARTA	1,97(103,14%)	0,015(107,14%)
KONYA	1,99(104,18%)	0,015(107,14%)
ESKİŞEHİR	2,17(113,61%)	0,015(107,14%)

İleride yapılacak çalışmalar açısından bu tez kapsamında ele alınan seramik ve cam günümüzde kullanılan farklı malzemeler ile değiştirilebilir. Ancak çalışmaya en önemli katkıyı veren Matlab programında hazırlanmış formüllerde kullanılan katsayılarla değişime gidilmesi gerekecektir. Özellikle şehir hastaneleri özelinde yapılmış bu çalışmanın cephelerinin kullanımı sayesinde Türkiye'nin sağlık politikasında önemli bir prestij elemanı olarak gözüken ve pandemi dönemi ile değeri anlaşılmış bu yapıların sadece estetik veya strüktürel olarak değil en önemli maliyet kalemlerinden biri olan bakım-onarım temizlik maliyetinin göz önüne alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca gelişen malzeme teknolojileri sonrasında temizlik gerektirmeyen malzemelerin ortaya çıkması hava kirliliğinin cephe yüzeylerinin azalmasına neden olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Harmankaya Z.Y. (2010). *Türkiye’de uygulanan çok katlı yapı üretiminde kat adedi ve beton sınıfının kaba inşaat maliyetine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 128.
2. Karababa, O., Atlı, B., Çağlayan, Ç., Varol, G., Ersoy, G., Gacal. F., Etiler, N., Özfirat, P., ve Ayta, S. (2020). Kara rapor 2020 hava kirliliği ve sağlık etkileri. *Temiz Hava Platformu*, Ankara, 108.
3. Internet: EPA, OAR, (2021). *Criteria air pollution*. ABD. URL: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>, Son Erişim Tarihi: 9 Ocak 2021.
4. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2014). *Yer Seviyesi Ozon Bilgi Notu*.
5. Internet: Özler, S. (2021). *İyi ozon kötü ozon*. Tübitak. URL: <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=44&sayi=747&sayfa=74&yaziid=32239>, Son Erişim Tarihi: 10 Ocak 2021.
6. Word Health Organization Europe, (2005). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*, 72.
7. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete. 06.06.2008, 26898.
8. Word Health Organization Europe, (2005), Air Quailty Guidelines, *WHO Regional Publications*, 91, 242-243.
9. Kim, K., Kabir, E., Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143.
10. Seven, T., Can, B., Darende, B., ve Ocak, S. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 91-103.
11. Tiwari, S., Tripahti, P., Tiwari, L. (2013). Effects of lead on environment. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 2, 6.
12. Badr, O., Probert, S.D., (1994). Sources of atmospheric carbon monoxide. *Applied Energy*, 49, 145-195.
13. Kinoshita, H., Türkan, H., Vucunic, S., Naqvi, S., Bedair, R., Rezaee, R., and Tsatsakis, T. (2020). Carbon monoxide poisoning. *Toxicology Reports*, 7, 169-173.
14. Al-Jahdali, M.O., Bin Bisher, S. (2008). Sulfur dioxide (SO₂) accumulation in soil and plant's leaves around an oil refinery: a case study from Saudi Arabia. *American Journal of Environmental Sciences*, 1, 88-84.
15. Internet: World Health Organization. (2017). *Household air pollutionand health* . ABD. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>, Son Erişim Tarihi: 9 Ocak 2021.

16. Eken, M., Ceylan, A., Taştekin, T., Şahin, H., ve Şensoy, S. (2002). *Klimatoloji-II*, Ankara, DİM Yayınları, Ankara, 78-79.
17. Internet: Genel İklim Durumu. *T.C. Ankara Valiliği*. Web: <http://ankara.gov.tr/iklimi> adresinden 21 Nisan 2021’de alınmıştır.
18. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). Ankara İli Temiz Hava Eylem Planı 2020-2024, Ankara.
19. Internet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi Veri İstasyonu. URL: https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew, Son Erişim Tarihi: 6 Şubat 2021.
20. Internet: Eskişehir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü İklim ve Bitki Örtüsü. URL: <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-111593/iklim-ve-bitki-ortusu.html#:~:text=Eski%C5%9Fehir%20%C4%B0linde%20sert%20bir%20karasal,g%C3%BCnd%C3%BCz%20aras%C4%B1ndaki%20%C4%B1s%C4%B1%20fark%C4%B1%20fazlad%C4%B1r>, Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2021.
21. Eskişehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2014). Eskişehir İli Temiz Hava Eylem Planı 2014-2019, Eskişehir.
22. Internet: Konya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü İklim. URL: https://www.konyakultur.gov.tr/index.php?route=pages/pages&page_id=3#:~:text=Ko nya'da%20karasal%20iklim%20h%C3%BCK%C3%BCm,k%C4%B1%C5%9Flar%C4%B1%20so%C4%9Fuk%20ve%20kar%20ya%C4%9F%C4%B1%C5%9Fı%C4%B1d%C4%B1r, Son Erişim Tarihi: 28 Mart 2021.
23. Konya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2014). Konya İli Temiz Hava Eylem Planı 2014-2019, Konya.
24. Internet: Isparta İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü İklim. URL: <https://isparta.ktb.gov.tr/TR-71025/iklim.html#:~:text=Isparta%20ili%2C%20Akdeniz%20iklimi%20ile,yazlar%C4%B1%20s%C4%B1cak%20bir%20iklim%20ya%C5%9Fan%C4%B1r>, Son Erişim Tarihi: 28 Mart 2021.
25. Isparta Valiliği, (2020). Isparta İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Isparta.
26. Demiraslan, O., Demiraslan, D. (2008). *Hava kirliliğinin mimari yapılar üzerinde etkisinin irdelenmesi*. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumunda sunuldu, Hatay.
27. Es, C., Girgin, C. (2017). Cephe malzemesi olarak atmosferik korozyona dayanıklı çelikler ve dayanıklılığa etki eden faktörler, *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 2, 109-120.
28. Grøntoft, T. (2020). Estimation of damage cost to building façades per kilo emission of air pollution in Norway, *Atmosphere*, 11(7), 686.

29. Grøntoft, T. (2018). Maintenance costs for European zinc and portland limestone surfaces due to air pollution since the 1980s. *Sustainable Cities and Society*, 39, 1-15.
30. Grøntoft, T., Verney-Carron, A., Tidblad, J. (2019). Cleaning costs for european sheltered white painted steel and modern glass surfaces due to air pollution since the year 2000. *Atmosphere*, 10, 167.
31. Lombardo, T., Ionescu, A., Chabas, A., Lefèvre, R., Ausset, P., and Candau, Y. (2010). Dose–response function for the soiling of silica–soda–lime glass due to dry deposition, *Science of the Total Environment*. 408, 976-984.
32. Norvaišienė, R., Miniotaitė, R., Stankevičius, V. (2003). Climatic and air pollution effects on building facades. *Materials Science*, 9, 1.
33. Ozga, I., Bonazza, A., Bernardi, E., Tittarelli, F., Favoni, O., Ghedini, N., Morselli, and L., Sabbioni, C. (2011). Diagnosis of surface damage induced by air pollution on 20th-century concrete buildings. *Atmospheric Environment*, 45, 4986-4995.
34. Yassin, M. F. (2011). Impact of height and shape of building roof on air quality in urban street canyon. *Atmospheric Environment*, 45, 5220-5229.
35. Eski 34 Grøntof, T. (2019). Recent trends in maintenance costs for façades due to air pollution in the Oslo quadrature Norway. *Atmosphere*, 10, 529.
36. Ralb, A., (1999). Air pollution and buildings: An estimation of damage costs in france. *Environmental Impact Assessment Review*, 19, 361-385.
37. Internet: T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü. Ankara. URL: <https://sygm.saglik.gov.tr/TR-33983/ankara-sehir-hastanesi.html>, Son Erişim Tarihi: 24 Nisan 2021.
38. Internet: T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü. Ankara. URL: <https://sygm.saglik.gov.tr/TR-33984/eskisehir-sehir-hastanesi.html>, Son Erişim Tarihi: 25 Nisan 2021.
39. Internet: T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü. Ankara. URL: <https://sygm.saglik.gov.tr/TR-33988/konya-karatay-sehir-hastanesi.html>, Son Erişim Tarihi: 25 Nisan 2021.
40. Internet: T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü. Ankara. URL: <https://sygm.saglik.gov.tr/TR-33978/ispirta-sehir-hastanesi.html>, Son Erişim Tarihi: 01 Mayıs 2021.





EKLER

EK 1. Ankara Şehir Hastanesi hava kirliliği Matlab kodu

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ANKARA';
konsantrasyon_SO2 = 3.23; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 60.45; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 44.66; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 346.56; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 359.41; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'), ylabel(['Yıl'])
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')

```

EK 1. (devam) Ankara Şehir Hastanesi hava kirliliği Matlab kodu

```
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 2. Eskişehir Şehir Hastanesi Matlab kodu

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ESKİSEHİR';
konsantrasyon_SO2 = 12.25; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 63.60; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 46.97; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 2345.64; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 738.29; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 -
H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 3. Konya Şehir Hastanesi Matlab kodu

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'KONYA';
konsantrasyon_SO2 = 12.96; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 30.85; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 56.16; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 311.34; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 0; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel(['Yıl'])
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

```

EK 3. (devam) Konya Şehir Hastanesi Matlab kodu

```
%% Toplam  
disp(il)  
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])  
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])  
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 4. Isparta Şehir Hastanesi Matlab kodu

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ISPARTA';
konsantrasyon_SO2 = 18.60; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 16.70; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 54.72; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 2005.62; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1284.52; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 -
H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 5. Cephnenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Ankara

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ANKARA';
konsantrasyon_SO2 = 3.23; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 60.45; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 44.66; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 100;
seramik_yuzdesi = 0;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2
if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end
yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel('[Yıl]')
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])
%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2)

```

EK 6. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Isparta

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ISPARTA';
konsantrasyon_SO2 = 18.60; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 16.70; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 54.72; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 100;
seramik_yuzdesi = 0;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0.365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth', 2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 7. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Eskişehir

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ESKİSEHIR';
konsantrasyon_SO2 = 12.25; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 63.60; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 46.97; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 100;
seramik_yuzdesi = 0;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 8. Cephenin %100 cam olma durumu Matlab kodu, Konya

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'KONYA';
konsantrasyon_SO2 = 12.96; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 30.85; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 56.16; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 100;
seramik_yuzdesi = 0;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]', ylabel('Pus Oranı [%]'))
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro
disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2
if konsantrasyon_SO2<=10
    bakım_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakım_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro
disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakım_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakım_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]',ylabel('[Yıl]'))
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: % ' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: % ' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 9. Cephnenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ANKARA';
konsantrasyon_SO2 = 3.23; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 60.45; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 44.66; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 75;
seramik_yuzdesi = 25;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0.365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro
disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end
yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro
disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')
SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel('[Yıl]')
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 10. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ISPARTA';
konsantrasyon_SO2 = 18.60; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 16.70; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 54.72; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 75;
seramik_yuzdesi = 25;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 11. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ESKİSEHIR';
konsantrasyon_SO2 = 12.25; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 63.60; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 46.97; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 75;
seramik_yuzdesi = 25;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 12. Cephenin %75 cam, %25 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'KONYA';
konsantrasyon_SO2 = 12.96; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 30.85; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 56.16; % ug/m^3

cephe_alani = 2601.38; % m^2
cam_yuzdesi = 75;
seramik_yuzdesi = 25;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth', 2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro
disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2
if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end
yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro
disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel('[Yıl]')
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 13. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ANKARA';
konsantrasyon_SO2 = 3.23; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 60.45; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 44.66; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 1300.63; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1300.69; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'), ylabel(['Yıl'])
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')

```

EK 13. (devam) Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara

```
ylim([50 90])  
  
%% Toplam  
disp(il)  
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])  
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])  
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 14. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ISPARTA';
konsantrasyon_SO2 = 18.60; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 16.70; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 54.72; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 1300.63; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1300.69; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3], 'k', 'linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 15. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ESKİSEHIR';
konsantrasyon_SO2 = 12.25; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 63.60; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 46.97; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 1300.63; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1300.69; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m^2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])

```

EK 16. Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'KONYA';
konsantrasyon_SO2 = 12.96; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 30.85; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 56.16; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 1300.63; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1300.69; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel(['Yıl'])
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')

```

EK 16. (devam) Cephenin %50 cam, %50 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya

```
ylim([50 90])  
  
%% Toplam  
disp(il)  
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])  
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])  
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 17. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ANKARA';
konsantrasyon_SO2 = 3.23; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 60.45; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 44.66; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 650.345; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1951.035; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end

figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on, hold all
plot(konsantrasyon_SO2,bakim_onarim_periyodu,'pb','markersize',10,'markerfacecolor','b')
text(konsantrasyon_SO2-0.2,bakim_onarim_periyodu-3,{'\uparrow',il})

```

EK 17. (devam) Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Ankara

```
xlabel('SO2 Konsantrasyonu [ug/m3]'),ylabel('[Yıl]')
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 18. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ISPARTA';
konsantrasyon_SO2 = 18.60; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 16.70; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 54.72; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 650.345; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1951.035; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on, hold all
plot(konsantrasyon_SO2,bakim_onarim_periyodu,'pb','markersize',10,'markerfacecolor','b')
text(konsantrasyon_SO2-0.2,bakim_onarim_periyodu-3,{'\uparrow',il})

```

EK 18. (devam) Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Isparta

```
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel(['Yıl'])  
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')  
ylim([50 90])  
  
%% Toplam  
disp(il)  
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])  
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])  
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 19. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'ESKİSEHIR';
konsantrasyon_SO2 = 12.25; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 63.60; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 46.97; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 650.345; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1951.035; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)/(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end
figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on, hold all
plot(konsantrasyon_SO2,bakim_onarim_periyodu,'pb','markersize',10,'markerfacecolor','b')
text(konsantrasyon_SO2-0.2,bakim_onarim_periyodu-3,{'\uparrow',il})

```

EK 19. (devam) Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Eskişehir

```
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel('[Yıl]')
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```

EK 20. Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya

```

clc; close all; clear all; fclose all;
%% Girdiler
il = 'KONYA';
konsantrasyon_SO2 = 12.96; % ug/m^3
konsantrasyon_NO2 = 30.85; % ug/m^3
konsantrasyon_PM10 = 56.16; % ug/m^3

cam_yuzey_alani = 650.345; % m^2;
seramik_yuzey_alani = 1951.035; % m^2;

cephe_alani = cam_yuzey_alani+seramik_yuzey_alani; % m^2
cam_yuzdesi = cam_yuzey_alani/cephe_alani*100;
seramik_yuzdesi = seramik_yuzey_alani/cephe_alani*100;

%% Cam
temizleme_maliyeti = 2.6; % Euro/m^2

t = 0:365; % gün
H_SO2 = 0.2529*konsantrasyon_SO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_NO2 = 0.108*konsantrasyon_NO2*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );
H_PM10 = 0.1473*konsantrasyon_PM10*( 1 ./ ( 1 + (382./t).^1.86 ) );

figure, grid on, hold all
plot(t,H_SO2,'linewidth',2)
plot(t,H_NO2,'linewidth',2)
plot(t,H_PM10,'linewidth',2)
plot(t,H_SO2+H_NO2+H_PM10,'linewidth',2)
plot([t(1) t(end)],[3 3],'k','linewidth',2)
xlabel('Zaman [gün]'), ylabel('Pus Oranı [%]')
legend('SO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','NO_2 Nedeniyle Oluşan Pus','PM_1_0 Nedeniyle Oluşan Pus','Toplam','Camların Temizlik Eşiği','location','best')

H = 3;
yildaki_temizlik_sayisi = (0.2529*konsantrasyon_SO2 + 0.108*konsantrasyon_NO2 + 0.1473*konsantrasyon_PM10 - H)^(1/1.86)/(H^(1/1.86)*382/365);
yillik_maliyet_1 = yildaki_temizlik_sayisi*temizleme_maliyeti*cephe_alani*cam_yuzdesi/100; % Euro

disp('Cam Temizleme Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1) ' Euro'])
disp(' ')

%% Seramik
bakim_onarim_maliyeti = 140; % Euro/m^2

if konsantrasyon_SO2<=10
    bakim_onarim_periyodu = 70;%yıl
else
    bakim_onarim_periyodu = 65;%yıl
end

yildaki_temizlik_sayisi = 1/bakim_onarim_periyodu;
yillik_maliyet_2 = yildaki_temizlik_sayisi*bakim_onarim_maliyeti*cephe_alani*seramik_yuzdesi/100; % Euro

disp('Seramik Bakım/Onarım Maliyeti:')
disp(['Yıllık Ortalama Temizlik Sayısı: ' num2str(yildaki_temizlik_sayisi)])
disp(['Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_2) ' Euro'])
disp(' ')

SO2_Seri = 0:0.1:20;
bakim_onarim_periyodu_seri = zeros(1,length(SO2_Seri));
for m=1:length(SO2_Seri)
    if SO2_Seri(m)<=10
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 70;%yıl
    else
        bakim_onarim_periyodu_seri(m) = 65;%yıl
    end
end

figure, plot(SO2_Seri,bakim_onarim_periyodu_seri,'k','linewidth',2), grid on, hold all
plot(konsantrasyon_SO2,bakim_onarim_periyodu,'pb','markersize',10,'markerfacecolor','b')
text(konsantrasyon_SO2-0.2,bakim_onarim_periyodu-3,{'\uparrow',il})
xlabel('SO_2 Konsantrasyonu [ug/m^3]'),ylabel(['Yıl'])

```

EK 20. (devam) Cephenin %25 cam, %75 seramik olma durumu Matlab kodu, Konya

```
title('Seramik Bakım/Onarım Periyodu')
ylim([50 90])

%% Toplam
disp(il)
disp(['Toplam Cephe Alanı: ' num2str(cephe_alani) ' m2'])
disp(['Cam: %' num2str(cam_yuzdesi) ' Seramik: %' num2str(seramik_yuzdesi)])
disp(['Toplam Yıllık Ortalama Maliyet: ' num2str(yillik_maliyet_1+yillik_maliyet_2) ' Euro'])
```



GAZİ GELECEKTİR..