

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**İNEGÖL OVASI'NDA KENTSEL YAYILMANIN ARAZİ
KULLANIMI VE ÇEVRE KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Serpil MENTEŞE

Balıkesir, 2015

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**İNEGÖL OVASI'NDA KENTSEL YAYILMANIN ARAZİ
KULLANIMI VE ÇEVRE KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Serpil MENTEŞE

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Şermin TAĞIL**

Balıkesir, 2015

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Coğrafya Anabilim Dalı'nda 201112516002 numaralı Serpil Menteşe'nin hazırladığı "**İnegöl Ovası'nda Kentsel Yayılmanın Arazi Kullanımı Ve Çevre Kaynakları Üzerine Etkisi**" konulu doktora tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 29/09/2015 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile karar verilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Abdullah KÖSE

İmza:

Üye: Prof. Dr. Abdullah SOYKAN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Şermin TAĞIL (Danışman)

İmza:

Üye: Doç. Dr. Nurfeddin KAHRAMAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Levent UNCU

İmza:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

İbrahim Şahin
26.10.2015

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN

ÖNSÖZ

Kentlerdeki nüfusun gün geçtikçe artması ve kentlerin alan ihtiyacının her geçen gün daha da büyümesi, kentlerin lehine arazi kullanım paterni yapısında değişimlere neden olmaktadır. Bu durum ise kentler ve çevresinde yer alan doğal kaynakların (hava, su, toprak) sürdürülemez kullanımı ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın çevre sorunları (kentsel kaynaklı hava, su ve toprak kirliliği) ve arazi kullanımı üzerine olan etkisini belirlemektir. İnegöl ovası, şehirleşmenin, şehirsiz büyümenin dinamik olduğu ve şehirleşmenin çevreye etkisinin devam ettiği bir yerleşme alanı olduğu için araştırma sahası olarak seçilmiştir. Çalışmada İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın neden olduğu arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi, hava, su ve toprak kirliliği irdelenmeye çalışılmıştır.

Yüksek lisans aşamasından doktora aşamasına kadar her zaman yanımda olan, bilgi ve önerileri ile beni çalışmaya sevk eden ve doktora çalışmasının da her aşamasında desteğini gördüğüm, bana ailem kadar yakın olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Şermin TAĞIL'a içtenlikle teşekkür ederim.

Doktora tez izleme jüri üyeliğini kabul ederek bu teze yaptıkları değerli eleştirileri ve önerileri ile destek olan Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Abdullah KÖSE ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nden Sayın Doç. Dr. Nurfeddin KAHRAMAN'a; toprak ve su örneklerinin alınması, malzemeleri, laboratuvar ortamında nasıl hazırlanması gerektiği konusunda kimya laboratuvarının kapılarını bize sonuna kadar açan Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü'nden Prof. Dr. Derya KARA FISHER'a; toprak örneklerinin elek analizi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü'nden Sayın Doç. Dr. Yasemin TURHAN'a; toprak ve su örneklerinin

alınması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Balıkesir Üniversitesinde yüksek lisans öğrencisi olan Kemal ERSAYIN'a; hava kirliliği verilerinin alınması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü ve İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğüne; doktora tez savunma sınavında değerli görüş ve bilgilerini sunan Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Abdullah SOYKAN, Sayın Prof. Dr. Alparslan ALIĞAOĞLU ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nden Sayın Yrd. Doç. Dr. Levent UNCU'ya teşekkür ederim. Ayrıca deneyim ve bilgileriyle bana destek olan çalışma arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Alper UZUN, Araş. Gör. Şevki DANACIOĞLU, Araş. Gör. Güldane MİRİOĞLU, Araş. Gör. Çağan ALEVKAYALI'ya şükranlarımı sunarım. Yine eğitim yaşamıma katkıları bulunan Balıkesir Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresi boyunca göstermiş olduğu sonsuz sabır, destek için sevgili eşim Nail MENTEŞE'ye, özellikle de doktora çalışmalarım boyunca annesiz kalan sevgili oğlum Yaşar Efe Menteşe'ye ve beni her konuda destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serpil MENTEŞE

ÖZET

İNEGÖL OVASI'NDA KENTSEL YAYILMANIN ARAZİ KULLANIMI VE ÇEVRE KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ

MENTEŞE, Serpil
Doktora, Coğrafya Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şermin TAĞIL
2015, 300 Sayfa

Kentsel alanların daha fazla imkanı içinde barındırması nedeni ile çekiciliği ve gelişmiş sanayisi, kentlerin nüfusunun hızla artmasına neden olmaktadır. Bu durum ise kentsel alan açığını ortaya çıkarmakta ve ortaya çıkan büyüme süreciyle birlikte kentler çevresine doğru hızla yayılmaktadır. Kentlerin çevresine doğru yayılması ise toprak, su, hava kirliliği ve arazi kullanımı-arazi örtüsü değişimi gibi bir dizi problemi de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmanın amacı İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın çevre kaynakları (hava, su ve toprak) ve arazi kullanımı üzerine olan etkisini belirlemektir. Şehirleşmenin, şehirselleşmenin dinamik olduğu ve şehirleşmenin çevreye etkisinin devam ettiği bir yerleşme alanı olduğu için çalışma alanı olarak İnegöl Ovası seçilmiştir. Hava kirliliğini belirlemek için, İnegöl Ovası'nın günlük hava kirliliği verileri kullanılmıştır. Bu veriler korelasyon ve regresyon yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, PM₁₀ (2012-2013) NO, NO₂ ve CO'nun (Ekim 2011-Ekim 2013) azaldığı, SO₂ 'nin (2012-2013) ise arttığı tespit edilmiştir. PM₁₀ ve SO₂ için sınır değerlerin üzerinde; NO, NO₂ ve CO ise sınır değerlerin altında seviyeler saptanmıştır. Toprak ve su kirliliği için, çalışma alanından, 2014 yılının yaz ve kış ayında sistematik rastgele karelej yöntemi ile 17 adet toprak ve su örneği alınmıştır. Çalışılan metallerin mekansal değişimi, haritalanması ve risk değerlendirmesinde Ordinary ve Indicator Kriging yöntemi; metallerin kaynaklarının belirlenmesinde Faktör Analizi, Korelasyon ve T Testi; en kirli alanının belirlenmesinde ise "Fuzzy" Yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanı toprakları genelinde ağır

metal konsantrasyonlarının çok yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Ekolojik risk aralığı olarak ise çalışma alanı “Orta-Yüksek Riskli”dir. Yüzeysel sularda ise Cr, Pb, Zn-1, Cd ve Fe metallerinin konsantrasyonlarının düşük düzeylerde olduğu; Cu, Ni, Mn-1’in ise daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. Hem topraklar hem de yüzeysel sular açısından en yüksek konsantrasyonlar genel olarak çalışma alanının batısında saptanmıştır. Topraklarda ve yüzeysel sularda belirlenen ağır metal kirliliğinin kaynağı sanayi kuruluşları, Organize Sanayi Bölgesi ve yerleşmeler ile yakından ilişkilidir. Arazi kullanımı/arazi örtüsü (AKAÖ) değişimin ortaya konması amacı ile 1987 ve 2010 tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Denetlenmemiş sınıflandırmaya göre sonuçta 6 sınıf oluşturulmuştur: Su yüzeyleri, ekili-dikili alanlar, mera ve otlaklar, çıplak toprak-taş yüzeyleri, yerleşme alanları ve sanayi alanları. Yapılan analizler sonucunda İnegöl Ovası’nda ekili-dikili alanların oranında önemli bir azalış, yerleşme ve sanayi alanlarının oranında önemli oranda artış, çıplak toprak ve taş yüzeyleri ile su yüzeylerinde artış, mera ve otlakların alanlarında ise azalış belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Yayılma, Toprak Kirliliği, Su Kirliliği, Hava Kirliliği, AKAÖ Değişimi, İnegöl Ovası.

ABSTRACT

THE IMPACT ON LAND USE AND ENVIRONMENTAL RESOURCES OF URBAN SPRAWL IN İNEGÖL PLAIN

MENTEŞE, Serpil
Phd Thesis, Department of Geography,
Adviser: Doç. Dr. Serpil MENTEŞE
2015, 300 pages

Urban areas has attractiveness due to the inclusion of more opportunities and developed industry, it leads to a rapid increase in the population of the city. In this case, reveal the open urban space and cities are spreading rapidly around the right with resulting the growth process. It raises a number of problems such as soil, water, air pollution and land use-land cover change the spread towards around the city. The purpose of this study, determine the effect on environmental problems (urban-based air, water and soil pollution) and land use of urban sprawl. İnegöl plain was selected as the study area, for the dynamics of urban growth, continued environmental impact and urbanization. Inegol plain daily air pollution data were used to determine the air pollution. These data was analyzed using regression and correlation methods. As a result, were determined PM₁₀ (2012-2013), NO, NO₂ and CO (October 2011- October 2013) decreased; SO₂ (2012-2013) to be rising between the years studied. Also, PM₁₀ and SO₂ concentration levels were determined exceeds the limit value; NO, NO₂ and CO levells below the limits value. Soil and water samples were collected in the study area in the summer and winter months of 2014. As determined by systematic random grid sampling method, 17 census points were distributed according to distribution of contamination sources using a grid laying method. The determining the spatial variation of heavy metals, in the mapping and risk assessment are used ordinary and indicator kriking. The determination of heavy metals resources have been applied factor analysis, correlation and t-test methods.

In addition, the determination of the most polluted area in terms of all pollutants is preferred Fuzzy approach. Result show that heavy metals concentrations showed the highest contaminant level in the study area. The overall ecological risk level range from moderate to high in the area. Surface waters of study area was determined low levels for heavy metals of Cr, Pb, Zn-1, Cd and Fe. In contrast, higher values are observed for Cu, Ni, Mn-1. These metals levels were identified above limit values for I. quality water. Overall, higher concentrations of heavy metals were found in the west sides for surface waters and soils. Source of high heavy metal contamination were closely related to industrial and Organized Industrial Zone and also settlements. To demonstrate land use/land cover change were used 1987 and 2010 landsat satellite images. 6 class were created by unsupervised classification: water surfaces, cultivated planted areas, rangeland and pastures, bare soil and stone surfaces, settlement areas and industrial areas. As a results, have been identified considerably decrease of the cultivated planted areas, greatly increased by the settlement and industry areas, increase in water surface with bare soil and stone surfaces, decrease in rangeland and pastures areas.

Key Words: Urban Sprawl, Soil Pollution, Water Pollution, Air Pollution, Land Use-Land Cover Change, İnegöl Plain.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Konu.....	1
1.2. Amaç.....	9
1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler.....	10
1.4. Bilimsel Katkı.....	11
2. İLGİLİ ALANYAZIN	14
2.1. Kavramsal Çerçeve	14
2.1.1. Kentsel Yayılmanın Tanımı.....	14
2.1.2. Kentsel Yayılmanın Etkileri.....	18
2.1.3. Kentsel Kaynaklı Çevre Sorunları.....	20
2.1.4. Kentsel Yayılmanın Belirlenmesinde CBS ve UA.....	23
2.2. Literatür Özeti.....	24
2.2.1. Kentsel Yayılma.....	24
2.2.2. Su Kirliliği.....	29
2.2.3. Toprak Kirliliği.....	34
2.2.4. Hava Kirliliği.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM	42
3.1. Malzeme (Veri).....	42
3.1.1. Farklı Kurum ve Kuruluşlardan Temin Edilen Veriler.....	42
3.1.1.1. Topografya Haritaları ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM).....	42
3.1.1.2. Diğer Sayısal Haritalar.....	43
3.1.1.3. İklim Verileri.....	43
3.1.1.4. Hava Kirliliği Verileri.....	44
3.1.1.5. Uydu görüntüleri.....	44
3.1.1.6. Nüfus Verileri.....	45
3.1.2. Arazi Çalışmalarından Elde Edilen Veriler.....	46
3.1.2.1. Su Kirliliği Verileri.....	46
3.1.2.2. Toprak Kirliliği Verileri.....	49
3.2. Yöntem.....	53
3.2.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi.....	53
3.2.2. Toprak Kirliliği.....	54
3.2.3. Su Kirliliği.....	67
3.2.4. Hava Kirliliği.....	68
3.2.5. Arazi Kullanımı.....	69
4. İNEGÖL OVASI'NIN GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ.....	72
4.1. İnegöl Ovası'nın Fiziki Coğrafya Özellikleri.....	72
4.1.1. İnegöl Ovası'nın Morfojenetik Özellikleri.....	72
4.1.2. İklim.....	75
4.1.2.1. İnegöl Ovası'nı Etkileyen Hava Kütleleri ile Cephe Sistemleri ve Fiziki Coğrafya Faktörleri.....	75
4.1.2.2. Basınç ve rüzgârlar.....	76
4.1.2.3. Sıcaklık.....	78
4.1.2.4. Nemlilik ve Yağış.....	80

4.1.2.5. İklim Tipi.....	81
4.2. Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Özellikleri	82
5. İNEGÖL OVASI'NDA ÇEVRE KAYNAKLARI VE ARAZİ KULLANIMI	89
5.1. Hava Kirliliği	89
5.1.1. PM'nin Zamansal Değişimi.....	91
5.1.2. SO ₂ 'in Zamansal Değişimi.....	99
5.1.3. NO ve NO ₂ 'in Zamansal Değişimi.....	105
5.1.4. CO' in Zamansal Değişimi.....	112
5.2. Toprak Kirliliği.....	117
5.2.1. İnegöl Ovası Topraklarında Krom (Cr) ve Mekânsal Değişimi.....	120
5.2.2. İnegöl Ovası Topraklarında Kurşun (Pb) ve Mekânsal Değişimi.....	133
5.2.3. İnegöl Ovası Topraklarında Bakır (Cu) ve Mekânsal Değişimi.....	139
5.2.4. İnegöl Ovası Topraklarında Çinko (Zn-1) ve Mekânsal Değişimi.....	144
5.2.5. İnegöl Ovası Topraklarında Nikel (Ni) ve Mekânsal Dağılışı.....	149
5.2.6. İnegöl Ovası Topraklarında Kadmiyum (Cd) ve Mekânsal Değişimi...	155
5.2.7. İnegöl Ovası Topraklarında Demir (Fe) ve Mekânsal Değişimi.....	161
5.2.8. İnegöl Ovası Topraklarında Mangan (Mn-1) ve Mekânsal Değişimi...	166
5.2.9. İnegöl Ovası Topraklarında Arsenik (As) ve Mekânsal Değişimi.....	171
5.2.10. İnegöl Ovası'nda Toprak Kirliliği Riski.....	175
5.3. Su Kirliliği	177
5.3.1. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Krom (Cr) ve Mekânsal Değişimi....	180
5.3.2. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kurşun (Pb) ve Mekânsal Değişimi.	191
5.3.3. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Bakır (Cu) ve Mekânsal Değişimi...	195
5.3.4. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Çinko (Zn-1) ve Mekânsal Değişimi	201
5.3.5. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Nikel (Ni) ve Mekânsal Değişimi.....	205
5.3.6. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kadmiyum (Cd) ve Mekânsal Değişimi.....	210
5.3.7. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Demir (Fe) ve Mekânsal Değişimi...	213
5.3.8. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Mangan (Mn-1) ve Mekânsal Değişimi.....	217
5.3.9. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Arsenik (As) ve Mekânsal Değişimi.	222
5.3.10. İnegöl Ovası'nda Su Kirliliği Riski.....	225
5.3. Arazi Kullanımı /Arazi Örtüsü (AKAÖ) Değişimi (1987-2010).....	227
5.4.1. İnegöl Ovası'nda Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi.....	229
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	241
6.1. Sonuçlar.....	241
6.2. Öneriler	256
KAYNAKÇA.....	260

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. Türkiye TKKY'ne Göre Ağır Metallerin Topraktaki Sınır Değerleri (TKKY, 2005)	54
Çizelge 2. Kaiser-Meyer-Olkin Değerleri İçin Bir Sınıflama	64
Çizelge 3. Faktör analizi özet tablosu	65
Çizelge 4. Cronbach's Alpha Değerleri İçin Bir Sınıflama (Kaynak: Kalaycı, 2006).....	66
Çizelge 5. Faktörlerin Tanımlayıcı İstatistikleri Ve Güvenilirlik Katsayıları (Kaynak: Kalaycı, 2006).....	66
Çizelge 6. Sulardaki Ağır Metal Miktarlarına Göre Su Kalite Sınıfları (Güler, 1997).....	67
Çizelge 7. Arazi Örtüsü Sınıfları ve Özellikleri	70
Çizelge 8. İnegöl Ovası'nın Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Esme Frekansları (m/sn, 2007-2013).....	76
Çizelge 9. İnegöl Ovası'nın (2007-2013) Aylık Ortalama Sıcaklık, Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık ve Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C)	78
Çizelge 10. İnegöl Ovası'nın (2007-2013) Aylık Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm), Aylık Ortalama Nisbi Nem Miktarı (%) ve Ortalama Basınç (mb) Değerleri	81
Çizelge 11. Hazırlanan Bilançodan Çıkarılan Harfler ve Karşılıkları	81
Çizelge 12. İnegöl Ovası'nın Thornthwaite Göre Su Bilançosu Tablosu	82
Çizelge 13. İnegöl'de PM ₁₀ 'nin Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu.....	93
Çizelge 14. İnegöl'de SO ₂ 'in Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu.....	102
Çizelge 15. İnegöl'de NO ve NO ₂ 'nin Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu	109
Çizelge 16. İnegöl'de CO'in Yıllık, Aylık, Günlük Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu.....	115
Çizelge 17. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Krom Değerlerini Etkileyen Faktörler	124
Çizelge 18. İnegöl Ovası Topraklarında Ağır Metal Konsantrasyon Düzeylerinin Yaz ve Kış Ayları İtibarı ile Karşılaştırılması	125
Çizelge 19. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Krom Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	132
Çizelge 20. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Kurşun Değerlerini Etkileyen Faktörler	135
Çizelge 21. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Kurşun Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler	138
Çizelge 22. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Bakır Değerlerini Etkileyen Faktörler	141

Çizelge 23. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Bakır Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	143
Çizelge 24. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Çinko Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	146
Çizelge 25. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Çinko Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	149
Çizelge 26. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Nikel Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	152
Çizelge 27. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Nikel Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	154
Çizelge 28. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Kadmiyum Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	158
Çizelge 29. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Kadmiyum Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	160
Çizelge 30. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Demir Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	163
Çizelge 31. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Demir Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	166
Çizelge 32. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Mangan Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	168
Çizelge 33. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Mangan Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	170
Çizelge 34. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Arsenik Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	173
Çizelge 35. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Arsenik Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	175
Çizelge 36. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Krom Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	182
Çizelge 37. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Ağır metal Konsantrasyon Düzeylerinin Yaz ve Kış Ayı İtibari ile Karşılaştırılması.....	185
Çizelge 38. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Krom Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	189
Çizelge 39. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Kurşun Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	192
Çizelge 40. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Kurşun Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	194
Çizelge 41. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Bakır Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	197
Çizelge 42. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Bakır Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	200
Çizelge 43. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Çinko Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	203
Çizelge 44. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Çinko Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	205
Çizelge 45. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Nikel Değerlerini Etkileyen Faktörler.....	207
Çizelge 46. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Nikel Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler.....	209

Çizelge 47. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Kadmiyum Değerlerini Etkileyen Faktörler	211
Çizelge 48. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Kadmiyum Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler	213
Çizelge 49. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Demir Değerlerini Etkileyen Faktörler	215
Çizelge 50. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Demir Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler	217
Çizelge 51. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Mangan Değerlerini Etkileyen Faktörler	219
Çizelge 52. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Mangan Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler	221
Çizelge 53. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Arsenik Değerlerini Etkileyen Faktörler	223
Çizelge 54. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Arsenik Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler	225
Çizelge 55. İnegöl Ovası'nın 1987 ve 2010 yıllarında arazi kullanımı ve arazi örtüsü oranları	230
Çizelge 56. İnegöl Ovası'nda Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişimi (1987-2010)	240

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularından Su Numunesi Alınma İşlemine Ait Görüntüler.....	46
Şekil 2. Polietilen Kapların Saf Su İle Yıkanması ve Kapların Arazideki Su Numuneleri İle Çalkalanmasına Ait Görüntüler	47
Şekil 3. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularından Alınan Su Numunelerinin Filter Kağıdı Yardımıyla Süzülmesi İşlemine Ait Görüntüler.....	47
Şekil 4. İnegöl Ovası'ndan Alınan Su Numunelerinin Laboratuvar Ortamında Vakumlu Süzme Sistemi ve 0,45 mm Kalınlığındaki Filter Kağıdı Yardımıyla Süzülme İşlemine Ait Görüntüler.....	48
Şekil 5. Su Örneklem Noktalarının GPS İle İşlenmesine Ait Görüntü	49
Şekil 6. Çalışma Alanının Karelaj Yöntemi İle Karelere Bölünüşü	50
Şekil 7. İnegöl Ovası'nda Toprak Numunelerinin Alınması İşlemine Ait Görüntü.....	50
Şekil 8. Plastik Kaşık Yardımı ile Alınan Toprak Numunelerinin Poşetlenip Koordinat Değerlerinin Yazılması İşlemine Ait Görüntü	51
Şekil 9. Toprak Numunelerinin Geniş Süzgeç Kağıtları İçinde ve Üzeri Aynı Kağıtlarla Kapatılarak Kurutulması İşlemine Ait Görüntü	52
Şekil 10. Toprak Numunelerinin Plastik Bir Kaşık Yardımı ile Hergün Karıştırılarak Kurutulması İşlemi	53
Şekil 11. İnegöl Ovasında Yer Alan Sanayi Tiplerine Göre Mesafe Modelleri	62
Şekil 12. İnegöl Ovası'ndaki Yollara, Kentsel Yerleşmeye (İnegöl), Tüm Yerleşmelere ve OSB'ye Olan Mesafe Modelleri	63
Şekil 13. Değişim Analizini Gösteren Akış Şeması.....	71
Şekil 14. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası.....	73
Şekil 15. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası	74
Şekil 16. İnegöl Ovası'nın Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim Ayları ile Yıllık Rüzgâr Gülleri (%)	77
Şekil 17. İnegöl (2007-2013) Ovası'nın Aylık Ortalama Sıcaklık, Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C)	79
Şekil 18. İnegöl (2007-2013) Ovası'nın Aylık Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm), Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri (mb).....	80
Şekil 19. Çalışma Alanının Kuzey Kesimlerine (Alanyurt) Doğru Yerleşmelerin Yayılmasına Bir Örnek	83
Şekil 20. İnegöl İlçesi'nin 1965-2012 Yılları Arasındaki Nüfus Grafiği	84
Şekil 21. Yeniceköy, Kurşunlu ve Cerrah Yerleşmelerinin 1965-2014 Yılları Arasındaki Nüfus Grafiği	85
Şekil 22. Çalışma Alanında Tarım Alanları ile Sanayi Kuruluşlarının İç İçe Yer Almasına Bir Örnek	85
Şekil 23. Araştırma Alanının Kuzeyinde Çelik İşlemi Yapan İşçilere Ait Görüntü.....	86

Şekil 24. İnegöl İlçesi'ndeki Ekonomik Faaliyetlerin Sektörlere Göre Dağılımı (İTSO, 2012).....	86
Şekil 25. İnegöl Ovası'nın Kuzey Kesimlerinde Tarımsal Faaliyetlerde Çalışan İşçiye Ait Görüntü	87
Şekil 26. İnegöl'de PM ₁₀ Konsantrasyonunun Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY, EPA, AB ve WHO Sınır Değerleriyle Karşılaştırılması (2012- 2013)	92
Şekil 27. İnegöl'de PM ₁₀ Konsantrasyonunun Aylık Değişimi (2012-2013)	94
Şekil 28. İnegöl Ovası'nda Sanayi Kuruluşları İle Yerleşmelerden Havaya Karışan Gazlar	95
Şekil 29. Çalışma Alanındaki OSB'ndeki Kuruluşlarından Havaya Karışan Kirleticiler	96
Şekil 30. İnegöl'de SO ₂ 'in Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY, WHO, EPA ve AB Sınır Değerler İle Karşılaştırılması (2012- 2013).....	100
Şekil 31. İnegöl'de Sanayi Kuruluşlarından Kaynaklanan Kirliliğe Ait Görüntü	101
Şekil 32. İnegöl'de SO ₂ 'in Aylık Değişimi (2012- 2013)	103
Şekil 33. İnegöl'de NO'nun Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması (Ekim 2011-Ekim 2013)	107
Şekil 34. İnegöl'de NO ₂ 'nin Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması (Ekim 2011-Ekim 2013)	108
Şekil 35. İnegöl'de NO'in Aylık Değişimi (Ekim 2011-Ekim 2013)	109
Şekil 36. İnegöl'de NO ₂ 'in Aylık Değişimi (Ekim 2011-Ekim 2013)	110
Şekil 37. İnegöl'de CO'in Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerler İle Karşılaştırılması (Ekim 2011- Ekim 2013).....	114
Şekil 38. İnegöl'de CO'in Aylık Değişimi (Ekim 2011- Ekim 2013)	116
Şekil 39. Krom (Cr)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 100 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Olasılık Haritaları	122
Şekil 40. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Kış Ayında TKKY'nce Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri	129
Şekil 41. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Yaz Ayında TKKY'nce Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri.....	130
Şekil 42. Kurşun (Pb)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 50 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları.....	134
Şekil 43. Bakır (Cu)'ın Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 50 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları.....	140
Şekil 44. Çinko (Zn-1)'nun Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 150 pmm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları.....	145
Şekil 45. Nikel (Ni)'in Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 30 pmm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	151
Şekil 46. Kadmiyum (Cd)'un Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 1 pmm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları.....	157
Şekil 47. Demir (Fe)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 38.000 pmm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	162
Şekil 48. Mangan (Mn-1)'in Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 600 pmm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	167
Şekil 49. Arsenik (As)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 20 pmm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları.....	172

Şekil 50. İnegöl Ovası'nda Toprak Kirliliği (Cr-Pb-Cu-Zn-Ni-Cd-Fe-Mn-As) Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Risk Haritaları	176
Şekil 51. Krom (Cr)'un İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları	181
Şekil 52. Akhisar Mahallesi'nden Geçen Kara Dere'nin Boya Fabrikasının Atıkları İle Kirlenmesine Ait Görüntüler (2014-Şubat)	181
Şekil 53. 2014 yılının Şubat ayında (a) Çitli'den geçen akarsudan görüntü (b) Çitli'nin doğusunda çimento fabrikasının yanında akan akarsudan görüntü (c) ve (d) Yenicemüslüm'den geçen akarsudan görüntü	184
Şekil 54. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Kış ayında SKKY'nce I. Kalite Sular için Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri	187
Şekil 55. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Yaz ayında Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nce I. Kalite Sular için Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri	188
Şekil 56. Kurşun (Pb)'un İnegöl Ovası Akarsu ve Derelerinde Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları	191
Şekil 57. Bakır (Cu)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b) ile 20 ppb'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	196
Şekil 58. Çinko (Zn-1)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları	202
Şekil 59. Nikel (Ni)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b) ile 20 ppb'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	206
Şekil 60. Kadmiyum (Cd)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ..	210
Şekil 61. Demir (Fe)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları	214
Şekil 62. Mangan (Mn-1)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b) ile 100 ppb'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları	218
Şekil 63. Arsenik (As)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b)	222
Şekil 64. İnegöl Ovası'nda Su Kirliliği (Cr-Pb-Cu-Zn-Ni-Cd-Fe-Mn-As) Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Risk Haritaları	226
Şekil 65. İnegöl Ovası'nda 1987-2010 Yıllarındaki Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü ile Arazi Örtüsü Değişimi	231
Şekil 66. Çalışma Alanı Kuzeyindeki Tarım Arazileri Üzerine İnşa Edilen Yapılardan Görünüm	232
Şekil 67. Çalışma Alanının Kuzeybatısındaki Tarım Arazileri Üzerine Kurulmuş Olan Sanayi Tesislerinden Bir Görünüm	232
Şekil 68. İnegöl Ovası'nda Yerleşmelerin Tarım Alanları Aleyhine İlerlemesine Bir Örnek	233
Şekil 69. İnegöl Ovası'nın Kuzeybatısında Sanayi Alanlarının Tarım Alanları Aleyhine Büyümesine Bir Örnek	234
Şekil 70. Çalışma Alanının Doğusunda Yer Alan Su Yüzeyinden Bir Görünüm	236
Şekil 71. Kurşunlu'nun Kuzeyinde Yer Alan Çıplak Toprak ve Taş Yüzeylerinden Bir Görünüm	239
Şekil 72. Kulaca'nın Güneyinde Yer Alan Mera ve Otlak Alanlardan Bir Görünüm	239

KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogram metre küp
AB	Avrupa Birliği
AKAÖ	Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü
B	Batı
BGB	Batı Güneybatı
BKB	Batı Kuzeybatı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cd	Kadmiyum
Cm	Santi metre
Co	Karbon Monoksit
CO₃2	Karbonat
Cr	Krom
Cu	Bakır
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DKD	Doğu Kuzeydoğu
D	Doğu
DGD	Doğu Güneydoğu
EPA	Çevre Koruma Ajansı
ETM+	Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus
Fe	Demir
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GGB	Güney Güneybatı
GGD	Güney Güneydoğu
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
HCO₃	Bikarbonat
HKKY	Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği
HNO₃	Nitrik Asit

ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KKB	Kuzey Kuzeybatı
KKD	Kuzey Kuzeydoğu
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer
Lt	Litre
M	Metre
Mb	Milibar
Mm	Milimetre
Mn-1	Mangan
Ni	Nikel
NO	Azot Monoksit
NO₂	Azot Dioksit
O₂	Oksijen
O₃	Ozon
°C	Santigrat Derece
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
Pb	Kurşun
PM₁₀	Partiküler Madde
Ppb	Milyarda bir (nano)
Ppm	Milyonda bir (mikro)
R	Korelasyon Katsayısı
R²	Belirtme Katsayısı
SKKY	Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği
SO₂	Kükürt Dioksit
SPSS	Spatial Package for Social Sciences
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TKKY	Toprak Kalitesi Kontrol Yönetmeliği

TM	Landsat Thematic Mapper
UA	Uzaktan Algılama
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değer
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn-1	Çinko

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GİRİŞ

1.1. Konu

Kentsel alanlar, doğal ve kültürel birçok unsurun birlikte bulunduğu ve karşılıklı etkileşim içinde olduğu insan ekosistemleridir (Karadağ, 2009). Doğal ve kültürel unsurların bir arada olduğu kentler ekonomik, sosyal, kültürel, fiziksel ve politik nedenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu doğal sistemin problemsiz olarak işleyişi, sistemin elemanları olan doğal ve kültürel unsurların birbirleri arasındaki dengeye bağlıdır. Denge bozulduğunda ya da çevre ve kaynakları sürekli olarak onun aleyhine kullanıldığında ekosistemin doğal işleyişi bozulmaktadır. Özellikle, kentsel alanlarda yer alan doğal kaynaklar çok daha hızlı bir şekilde tüketilmekte ve kirletilmektedir. Bu durum Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışına paralel olarak plansız ve denetimsiz büyüme ile kendini büsbütün göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, Türkiye’de gelişmekte olan ülkelere benzerdir ve son 30 yılda ani kentsel büyümeyle karşı karşıyadır (Oğuz ve Zengin, 2012).

Günümüzde, kentsel alanlardaki nüfusun hızla artması, kentsel alan açığını ortaya çıkarmakta ve kentler çevresine doğru yayılmaktadır (Karaca ve Turgay, 2012). Kentsel yayılmanın evrensel olarak kabul edilen bir tanımı bulunmamaktadır. Literatürde birbirine yakın olmakla birlikte kentsel yayılma ile ilgili pek çok tanım mevcuttur. Cheng (2003) kentsel yayılmayı, kent sınırlarının, kent merkezinden çevresine doğru yayılması sonucunda arazi kullanımı ve fonksiyonlarının birbiri içinde yer alması olarak adlandırmaktadır. Hasse ve Lathrop (2003) kentsel yayılmayı kentsel büyümenin verimsiz ve dağınık şekli olarak tanımlamaktadırlar. Benzer bir tanımda Sudhira ve diğ., (2004) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar kentsel yayılmanın kontrolsüz,

koordine olmayan ve plansız büyümeden kaynaklanan kentsel alanların akıbetini ifade ettiğini ileri sürmüşlerdir. Ayazlı'ya(2011) göre ise kentsel yayılma, kentin merkezinden çeperlerine doğru fiziksel olarak genişlemesidir. Bu terim içerisinde, çevresel ve sosyoekonomik değişim de girmektedir (Ayazlı ve diğ., 2010, 2011). Sim ve Mesev (2011) kentsel büyüme ya şehrin merkezi alanı çevresinde radyal (ışınsal) yönde ya da karayolları boyunca doğrusal yönde vuku bulan dağılmayı, yayılma olarak adlandırmaktadır. EEA (2006) kentsel yayılma terimi genellikle fiziksel olarak genişleyen kentsel alanları tanımlamak için kullanılmaktadır.

Dünyada otoyollar boyunca ve şehirlerin kenarlarında büyüyen yabancı otlara benzetilen kentsel yayılma, verimsiz toprak ve arazi kullanımı, trafik sıkışıklığı, çevresel bozulma, sosyal ayrımcılık ve izolasyon; hatta obezite gibi bir dizi çevresel-sosyal problemleri de beraberinde getirmektedir (Chang, 2006). Kentlerin çevresine doğru yayılması, doğal alanları ve tarım alanlarını kentsel alana dönüştürmekte, ormanların yok olmasına ve özellikle yenilenemeyen toprak, su ve hava gibi kaynakların kirlenmesine, çevre, gıda güvenliği, su kaynakları gibi konuları görmezden gelmektedir (Bektaş ve Göksel, 2005; EEA, 2006; Santana, 2007; Xu 2008; Soffianian ve diğ., 2010; Tanrıöver 2011; Bektaş ve Balçık 2013).

Dünya genelinde, doğal kaynakların korunmasına, çevresel etki ve değişimlerinin takibine yönelik artan bir talep ve duyarlılık söz konusudur (Mert ve diğ., 2004; Karakurt Tosun, 2013). Kentsel alanların ekonomik ve çevresel sistemler üzerindeki etkisi, mekan üzerindeki fiziksel yayılımı ile kıyaslandığında çok daha büyüktür (Clarke ve diğ., 1997). Kentleşme ve sanayileşme sonucunda ortaya çıkan çevre sorunlarında gözlenen ortak nokta, geçmişte doğal unsurların sınırsız olması düşüncesi sebebiyle kentlerin belirli bir büyüklüğe ulaşmalarından sonra ve çok kısa bir zaman süresi içerisinde ortaya çıkmalarıdır (Hacıoğlu Deniz, 2009).

Günümüz koşullarında hakim olan geleneksel yaklaşım, insan refahını ve estetik değerlerini ön planda, doğal ve ekolojik sistemi ise arka plana itmektedir (Hacıoğlu Deniz, 2009). Kentsel alanların çevresel sistemler

üzerindeki en önemli etkisi kentlerin sürdürülebilir kullanımı üzerinedir. Çünkü bir yaşam alanı olan kent ekosistemleri insanoğlu tarafından çok fazla tahribe uğramaktadır. Bu nedenle de kentsel alanlardaki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin gözlenmesine çok fazla dikkat çekilmektedir (Stow ve Chen 2002). Özellikle kent alanları, yerleşim, ticaret ve sanayi açısından baskıya maruz kalmakta ve kent ile yakın alanlarında büyük yığılmalar görülmektedir. Kontrolsüz yayılma sonucunda da kent alanlarındaki doğal kaynaklar hızla tahrip olmaktadır. Bu nedenle kentsel yayılım eğilimlerinin belirlenmesi, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde korunması ve planlı büyümenin sağlanması açısından önemlidir.

Sayılı ve Akman (1994) çevre kirliliğini düzensiz ve bilinçsiz kentleşme ile sanayileşme, bilinçsiz uygulamalar dolayısıyla insanlarla içinde yaşadığı doğal çevre arasındaki dengenin bozulması olarak tanımlamaktadır. Keleş (2006)'e göre çevresel sorunların baş göstermesi sonucunda ortaya çıkan *Çevre Yasası*, doğal çevrenin korunması aynı zamanda iyileştirilmesi, doğal kaynakların amacına uygun olarak kullanılması, ülkenin canlı (bitki, hayvan) varlığı ile doğal zenginliklerinin ve tarihsel eserlerinin korunması ve su, toprak ve hava kirlenmesinin önüne geçilmesi amacı ile çıkarılmıştır (Keleş 2006). Çevre kirliliğinin nedenleri; düzensiz ve hızlı sanayileşme ve kentleşme, çevreye bırakılan organik ya da inorganik atıklar, yanlış arazi kullanımı, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı ve bilinçsiz tarımsal uygulamalardır (Sayılı ve Akman, 1994). Çevre kirliliği doğal ekosistem (hava, su, toprak) üzerinde oluşmakta ve sonuçta insanın da içinde bulunduğu canlı ve cansız tüm ekosistemi etkilemektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Kentsel yayılmanın en önemli çevresel etkilerinden biri su kaynakları üzerine olan etkisidir. Nitekim çevre kirliliğinden en geniş alanlı etkilenen doğal sistem su kaynaklarıdır (Yılmaz ve Büyükyıldız, 2009). Yerleşim alanları, yeraltı sularının doğal döngüsünü bozmakta; bu da yer altı suyu seviye değişimlerine ve yeraltı sularının kullanılamayacak derecede kirlenmesine neden olmaktadır. Yerleşim merkezleri, endüstriyel ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanan atık suların akarsulara karışması sonucu, suların bu atık suları

özümleme kapasitesi aşılmakta ve kirlenme boyutu istenmeyen boyutlara ulaşmaktadır (Arslan, 2008). Genellikle yeraltı ve yerüstü sularında kirlilik yaratan, evsel atık depolama alanları ve fabrikalarla ilişkili kimyasal atıklar ya da antropojenik aktivitelerle ilişkili ağır metaller kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), krom (Cr), nikel (Ni), demir (Fe), civa (Hg) ve çinko (Zn) dur (Salem ve diğ., 2000; Jameel ve diğ., 2012; Jeng ve Wu, 2013). Birçok çalışmada kentsel kaynaklı su kirliliğine sebep olan ağır metal seviyeleri irdelenmiştir (Toroğlu ve diğ., 2006; Arslan, 2008; Katip ve Karaer, 2011; Ustun, 2011). Suların kalitesinin bozulmasında, kentsel gelişme etkilerinin göstergesi olan betonlaşmanın sonucu geçirimsiz yüzeylerin artması gösterilmektedir (Hassa ve Dornisch, 2009). Çünkü kentsel alanların düzensiz ve plansız bir şekilde gelişimi sonucunda doğal yaşam alanları yerini, asfalt ve beton yığınları gibi kentsel materyallere bırakmaktadır. Günümüzde su kalitesi ve kirliliği çalışmaları, su sağlığı üzerindeki tehditler nedeni ile daha da önem kazanmıştır.

Kentsel yayılma beraberinde toprağın özelliklerinin değişmesine ve toprağın işlevlerini yerine getirememesine de neden olmaktadır. Toprakta biriken kirleticilerin bitki bünyesine geçmesi toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisini oluşturmaktadır. Sonuç olarak da bu bitkileri doğrudan ya da bu bitkilerle beslenen hayvanların tüketilmesi sonucu bu kirleticiler insan bünyesine ulaşmaktadır. Toprak kirliliği aynı zamanda su ortamlarına da zarar verdiği için su kirliliği bakımından da önem teşkil etmektedir. Çünkü toprağa ulaşan kirleticiler, su ortamlarına taşınarak bu ekosistem üzerinde önemli sorunlara neden olmaktadır (Türkoğlu, 2006). Toprak kirliliğinin nedenleri; (i) Yerleşmeler ve endüstrilerden ortama deşarj edilen atıklar, taşıt egzozlarından kaynaklanan zararlı gazlar, tarım ilaçları ve kimyasal gübreler, (ii) çöplerin depolandığı mekanlar, kanalizasyon suları ile toplanan atık suların arıtma işlemine tabii tutulmadan toprağa deşarj edilmesi, (iii) atmosferdeki zehirli gazların ve maddelerin rüzgârlar aracılığı ile taşınarak yağışlarla yere ulaşip toprağa ve sulara karışmasıdır (Kurt, 2010).

Organik (pestisidler, hormonlar) ve inorganik (ağır metaller vb.) bileşikler genel olarak toprak kirliliğine neden olan kirleticilerdir. Toprakta kirlilik yaratan, evsel atık depolama alanları ve fabrikalarla ilişkili kimyasal atıklar, ya da antropojenik aktivitelerle ilişkili ağır metaller, demir (Fe), civa (Hg) kurşun (Pb), nikel (Ni), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu) ve çinko (Zn) dur (Yong ve Mulligan, 2004). Birçok çalışmada antropojenik kaynaklı toprak kirliliğine sebep olan ağır metal seviyeleri irdelenmiştir (Apaydın, 2005; Köleli ve Halisdemir, 2005; Lee ve diğ., 2005). Kentsel yayılma ile toprağın özelliği ve işlevi önemli ölçüde degradasyona uğramaktadır. Bu duruma arazinin amacı dışında kullanımı, inşaat faaliyetleri, kanalizasyon şebekelerinin ve atık suların toprağa ulaşması, çöplerin biriktilmesi neden olmaktadır. Aynı zamanda kentlerde yoğun olarak yaşanan hava kirliliği de toprak kirliliğine neden olmaktadır. Kentsel alanlarda toprak kirliliğine sebep olan diğer faktör ise yerleşmelerden çıkan atıkların depolanmasıdır. Bütün bu faktörlerin etkisi ile oluşan kirlilik, topraktan sızarak su ortamlarını da kirletmektedir (Karaca ve Turgay, 2012). Türkiye topraklarına kirlilik açısından bakıldığında; 1970'li yılların başından bu yana sanayileşme ile sanayileşmeye koşut olarak hızla artan nüfus ve kentleşme tarım arazilerinin amacı dışında kullanılmasına neden olmuş, son 25 yılda binlerce hektar tarım toprağı kaybedilmiş ve kullanım biçimi değişmiştir (Karaca ve Turgay, 2012).

Kentsel yayılmanın yol açtığı bir diğer problem ise hava kirliliğidir. Plansız şehirleşme ve bilinçsiz sanayileşme, artan nüfus hareketinin getirdiği ısınma ile yoğun trafik, sanayi tesislerinin çokluğu, üretim çeşitleri ve yanlış kuruluş yeri seçimi ve arazinin amaçları dışında kullanımı gibi etkenler hava kirliliğine neden olmaktadır (İbret ve Aydınöz, 2009). Dolayısı ile sürekli olarak gelişen kentlerde, özellikle sanayinin etkisiyle hava kirliliği yoğun olarak yaşanmaktadır (Mikaeili ve Memlük, 2013). Kentlerdeki hava kirliliğinin diğer sebebi de büyük ölçüde ısınma ürünlerinden kaynaklanmaktadır. Kömür ve petrolün yanması sonucunda doğal ortama karışan zehirli gazlardan birisi kükürtdioksit (SO₂); ekolojik ortamın en çok maruz kaldığı kirletici ise partikül maddeler (PM) dir (Mert ve diğ., 2004). Kentsel yayılmaya bağlı olarak yoğunlaşan trafikten kaynaklanan egzoz gazları ise hava kirliliğinin diğer bir

bölümünü oluşturmaktadır (Mayer, 1999; Sert, 2006). Karbonmonoksit (CO), partiküler madde (PM) ve azot oksitler (NO_x) trağın neden olduğu temel kirleticilerdendir (Koca ve Elbir, 2013). Motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazları, trafiğın yoğunlaştığı kent merkezlerindeki karbon monoksit emisyonlarının %43,9'undan, azot oksit emisyonlarının %41,0'inden, partikül madde emisyonlarının %16,4'ünden sorumludur (EEA, 2007).

Şehirlerde havanın kalitesini etkileyen etkenler arasında topografya ve iklim şartları da bulunmaktadır (Garipağaoğlu, 2003). Literatürdeki çalışmalarda Türkiye'nin bazı şehirlerinde, yerleşim alanlarının topografyası ve iklim şartlarının hava kirliliğini artırdığı belirlenmiştir (Keser, 2002; Çiçek ve diğ., 2004; Çukur ve diğ., 2006; Tağıl, 2007). Kalitesiz yakıt yakımı, düzensiz kentleşme, egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliği, canlıların sağlığını etkilemektedir (Ostro ve diğ., 1999; Fusco ve diğ., 2001; Elbir ve diğ., 2010; Tecer, 2007; Tağıl ve Menteşe; 2012; Lee ve Oh, 2012; Mikaeili ve Memlük, 2013).

Coğrafyacılar 1950'lerde sayısal devrim ile birlikte çok değışkenli istatistiksel yöntemleri kullanarak kentsel verileri analiz etmişlerdir. Günümüzde ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama'dan (UA) yararlanarak dinamik olarak kentsel büyüme ele alınmaktadır (Weng 2002; Fan ve diğ.,2007; Makhamreha ve Almanasyeha 2011;Rimal 2011). CBS teknolojisi ile kentsel alanlara ait veriler mekânsal olarak belirlenir, depolanır ve analiz edilir. Aynı zamanda bu verilerden yola çıkılarak yeni veriler türetilmektedir. Bu veriler ışığında görsel ve istatistiksel sonuçlar ortaya konulmaktadır. Nitekim CBS'nin sahip olduğu bu özellikler, dinamik değışim süreçleri sergileyen kentsel alanlarda, değışimin görsel olarak ortaya konmasını kolaylaştırmaktadır.

UA ve peyzaj ölçümleri de kentsel yayılmanın mekânsal desenini belirlemede etkili olmaktadır (Feng ve Li 2012). UA bir model ve süreç olarak kentsel peyzajın zaman içinde nasıl değıştiğini anlamakta yardımcı olmaktadır. Son yıllarda UA verileri ve CBS teknolojisi yayılmanın haritalanmasında (kentsel paterni anlama), izlenmesinde (kentsel süreçleri anlama), ölçülmesinde

(analiz etmek için) ve model (tahmin) arazi kullanımı ve değişimini ortaya koymada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. UA ve CBS birlikte kullanıldığında nispeten daha büyük mekansal ölçekteki kentsel alanı modelleme ve ölçme olanağı sağlamaktadır (Yeh ve Li, 1997; Weng, 2001; Tang ve diğ., 2007). Aynı zamanda CBS ve UA uygulamaları kentsel büyümenin çevre kaynakları üzerindeki etkilerini göstermede de önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kentleşme ve çevre kaynakları arasındaki ilişkinin gösteriminde CBS ve uzaktan algılamadan yararlanıldığı görülmektedir (Al Rawashdeh ve Saleh, 2006; Paudel, 2008; Rimal, 2011; Harika ve diğ., 2012).

Kentlerdeki nüfusun gün geçtikçe artması, kentlerin alan ihtiyacının her geçen gün daha da büyümesi kentlerin lehine arazi kullanım yapısında değişimlere neden olmaktadır. Bu durum ise kentler ve çevresinde yer alan doğal kaynakların sürdürülemez kullanımı ile sonuçlanmaktadır. 1960'lı yıllar sonrasında kentsel yayılma, dünyanın ve ülkemizin pek çok kentinin önemli bir sorunsal alanını oluşturmaktadır. Sanayileşme sürecine geç katılan pek çok gelişmekte olan ülkede olduğu gibi kentleşme Türkiye'de de XX. yüzyılın ortalarında ivme kazanmıştır (Yüceşahin, Bayar ve Özgür, 2004). Kentleşme olgusu sanayileşmiş ülkelerdeki işleyişini gelişmekte olan ülkelerde sergilememiş, endüstriyel gelişmeye dayanmayan, hızlı ve plansız bir kentleşme ile karşı karşıya kalınmıştır (Emiroğlu,1981). Bu nedenle kentleşme, kentsel büyüme, kentsel yayılma gibi olgular, dünyada ve ülkemizde birçok açıdan analize tabii tutulmaktadır. Kentlerin diğer arazi kullanımı/arazi örtüsü tipleri ile etkileşiminin ele alındığı örnek çalışmalarda tarım alanları (Weng, 2002; Kuşat Gürün ve Doygun, 2006; Ayazlı ve diğ., 2010; Makhamreha ve Almanasyeha, 2011); orman alanları (Ayazlı ve diğ., 2010; Sönmez, 2012; Öztürk, 2013; Tang ve diğ., 2007), sulak alanlar (Tang ve diğ., 2007) yeşil alanlar (Doygun, 2007) ve çıplak alanlar, maki ve otsu bitkilerin (Doygun ve Erdem, 2013) kentsel yayılmaya bağlı olarak niceliklerinde kayıplar ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Bazı çalışmalarda ise yayılma kavramını desteklemek için yayılma endeksleri gibi ölçülebilir göstergeler kullanılmıştır. Örneğin Taubenböck ve diğ., (2009) kentlerin fiziksel görünümünü analiz etmek için peyzaj metriklerinden; Feng ve Li (2012) Jiangning'de yayılmanın mekansal kalıplarını tanımak için şekil indeksi, fraktal boyut indeksi ve yayılma indeksi gibi peyzaj metriklerinden yararlanmışlardır. Dahası, bazı çalışmalarda ise bir model kullanılarak gelecek için kentsel yayılma deseni tahmin edilmiştir. Ayazlı ve diğ., (2010) çalışmalarında SLUETH simulasyon modeli aracı ile 2030 yılı İstanbul kentsel yayılmasını, Oğuz (2004) SLEUTH modeli ile Amerika'nın Houston metropolündeki gelecek kentsel gelişimi; Şevik (2006) SLEUTH modeli kullanarak Antalya'daki kentsel gelişimi; Rimal (2011) Markov zinciri kullanılarak Pokhara sub-metropolitan alanın 2021 yılı arazi kullanımı modelini; Harika ve diğ., (2012) Markov zinciri analizi ile Vijayawada, Haydarabad ve Visakhapatnam şehirlerinin gelecekteki değişim oranını; Öztürk (2013) çalışmasında Hücresel Otomat-Markov Zinciri yöntemi ile Samsun'un merkezindeki kıyı alanlarında 2034 yılı için kentsel yayılma simülasyonu; Huissi ve diğ.,(2012) hücresel otomata modeli ile Markov modeli birleştirerek Çin'in Hulun Buir Grassland'ında gelecek yıllardaki arazi örtüsü değişimi belirlemişlerdir.

Kentler aynı zamanda sahne oldukları baskıya bağlı olarak giderek artan hızla yapılaşma, su, hava ve toprak kirliliğine de maruz kalmaktadır. Abdul Jameel ve diğ., (2012) Karaikal (Hindistan) alanı sularındaki ağır metal kirliliğini, Okur ve diğ., (2002) Nilüfer Çayının kentsel ve sanayi kökenli ağır metal kirliliğini, Kurt (2010) Mersin ili doğusundaki tarımsal aktivitelerin, sanayi faaliyetlerinin ve yerleşim alanlarının birlikte yer aldığı alan olan Deliçay ile Tarsus Çayı arasında kalan bölgedeki tarım topraklarının ve yeraltı sularının ağır metal kirliliğini; Tuncay (1994) Şanlıurfa ve yöresindeki kuyu sularının nitrat ve nitrit düzeylerini; Üstün (2011), Nilüfer Çayı'nda 2002-2007 yılları arasında bakır, demir, çinko, mangenez, nikel, kurşun, krom gibi endüstrileşme, şehirleşme ve tarımsal aktiviteler sonucunda ortaya çıkan ağır metal kirliliğini; Toroğlu ve diğ., (2006) çalışmalarında Kahraman Maraş Şehri yakınlarındaki Aksu Çayı ve kollarındaki evsel ve endüstriyel kaynaklı

kirlenmeyi analiz etmişlerdir. Nadal (2005), Tarragona'da (Katalonya, İspanya) toprak ve bazı bitki türlerindeki kirleticilerin etkilerini araştırmıştır. Yapılan tüm kimyasal analizlerde kimya endüstrisinin ve şehirleşmenin yakınlarındaki bölgelerde ağır metallerin yüksek değerlerde olduğunu belirtmiştir. Lee ve diğ., (2005) Hong Kong'da kentsel, kırsal ve banliyö bölgelerinde topraktaki ağır metal kirliliği ortaya koymayı amaçlamışlardır ve kent alanlarında ve banliyölerdeki yüzey topraklarının Cu, Pb ve Zn metallerince zenginleştiğini ve özellikle kentsel alanlarda Pb metalinin değerinin sınır değerleri aştığını belirtmişlerdir. Sert (2006); Mayer (1999) şehirlerde motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğini araştırmışlardır.

Kısaca, son yıllarda şehirleşmiş alanlar bakımından hızlı ilerleme gösteren Türkiye'de, yanlış arazi kullanımı ve kentsel kaynaklı çevre kirliliği ile ilgili sorunlar kendini belirgin bir şekilde hissettirmeye başlamıştır. Her geçen gün daha fazla nüfusu içinde barındırmak zorunda kalan kentler büyük bir hızla çevresine doğru yayılmakta ve kentlerin lehine arazi kullanım paterni yapısında değişimler yaşanmaktadır. Bu durum ise kentler ve çevrelerinde yer alan doğal kaynakların ileri düzeyde tahribi ile sonuçlanmaktadır. Özellikle sanayinin büyük gelişmeler gösterdiği kentlerde bu sorunları bir arada görmek mümkündür. Bu sorunlar, yukarıda söz edildiği gibi farklı çevre sorunlarına, en önemlisi de yenilenemeyen hava, su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. İnegöl ovası, şehirleşmenin, şehirselleşmenin dinamik olduğu ve şehirleşmenin çevreye etkisinin devam ettiği bir yerleşme alanıdır. Bu nedenle araştırmada çalışma alanı olarak İnegöl Ovası seçilmiştir.

1.2. Amaç

Tezin amacı İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın çevre kaynakları (kentsel kaynaklı hava, su ve toprak kirliliği) ve arazi kullanımı üzerine olan etkisini belirlemektir. Bu bütünde, gelecekteki arazi kullanım planlaması ve kararlarının çevre kaynakları üzerine olan olumsuz etkilerini en aza indirecek arazi kullanım planlaması stratejileri önermektir. Nitekim kentsel yayılma,

öncelikle çevre kaynakları üzerinde bir baskı ile kendini göstermektedir. Bu baskı sonucunda ise çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kentsel yayılmanın baskı uyguladığı fiziki çevre unsurlarından hava, su ve toprak kirliliği üzerinde durulmaktadır.

1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler

Konu kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

- ✓ İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın zamansal ve mekânsal değişimi nasıldır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda arazi kullanımının zamansal ve mekânsal değişimi nasıldır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda kentsel kaynaklı toprak, su ve hava kirliliği var mıdır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda hava kirliliği mevcut ise zamansal değişimi nasıldır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda toprak ve su kirliliği var ise mekânsal değişimi nasıldır?
- ✓ Toprak ve su kirliliği açısından İnegöl Ovası toprakları ve yüzeysel suları risk altında mıdır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda toprak ve su kirliliğinin kaynakları nelerdir?
- ✓ İnegöl Ovası'nda toprak ve su kirliliğine neden olan faktörler endüstriyel ve kentsel kaynaklı mıdır?
- ✓ İnegöl Ovası'nda mevcut durum devam ederse gelecek yıllarda toprak ve su kirliliğindeki durum nasıl olabilir?

Çalışma kapsamında farklı araştırma teknik ve istatistikler ile hipotezler test edilmiş ve doğrulamaları yapılmıştır. Bu kapsamda tezin ana hipotezi, "İnegöl Ovası'nda kentsel yayılma, arazi kullanımı/ arazi örtüsü değişikliklerine ve çevre sorunlarına yol açmaktadır". Bu ana hipotez çerçevesinde test edilen diğer hipotezler:

- ✓ **H1:** İnegöl Ovası'nda hava; fosil yakıtların ve katı atıkların yakılması, bazı kimyasal tesisler, sanayi kuruluşları, madencilik faaliyetleri, inşaat

yapım aktiviteleri ve trafikten kaynaklanan gazların havaya karışması sonucu kirlenmektedir.

- ✓ **H2:** İnegöl Ovası'nda toprak kaynakları; evsel atıkların, organize sanayi bölgesindeki kuruluşların ve bazı sanayi tesislerinin atıklarının toprağa karışması sonucunda kirlenmektedir.
- ✓ **H3:** İnegöl Ovası topraklarında şehirlere yakın yerlerde kirleticilerin etkisi artmakta; şehirlerden uzaklaştıkça kirleticilerin etkisi azalmaktadır.
- ✓ **H4:** İnegöl Ovası'ndaki yüzeysel sular; evsel atıkların, organize sanayi bölgesindeki kuruluşların ve bazı sanayi tesislerinin atık sularının sulara karışması sonucunda kirlenmektedir.
- ✓ **H5:** İnegöl Ovası yüzeysel sularında şehirlere yakın yerlerde kirleticilerin etkisi artmakta; şehirlerden uzaklaştıkça kirleticilerin etkisi azalmaktadır.
- ✓ **H6:** İnegöl Ovası'nda kentsel yayılma ve sanayileşme, arazi kullanımında değişikliğe sebep olmaktadır.
- ✓ **H7:** İnegöl Ovası'nda yerleşmelerin kapladığı alanlar gün geçtikçe daha da artacaktır.

1.4. Bilimsel Katkı

Türkiye ve dünyadaki çalışmalar incelendiğinde kentsel yayılmanın arazi kullanımı değişimi ile hava, su ve toprak kirliliğine neden olduğu tespit edilmiştir (Apaydın, 2005; Köleli ve Halisdemir, 2005; Rawashdeh ve Saleh, 2006; Toroğlu ve diğ., 2006; Paudel, 2008; Arslan, 2008; Rimal, 2011; Katip ve Karaer, 2011; Harika ve diğ., 2012). Yüceşahin (2002), Yüceşahin, (2003) ile Aksoy ve Özsoy (2007) tarafından yapılan çalışmalarda, bu çalışmanın araştırma alanı olan İnegöl'ün hızlı şehirleşme ve sanayileşme sürecine girdiği vurgulanmıştır. Nitekim hızlı kentleşme eğilimi içinde olan İnegöl'de

kentsel alanların giderek artış gösterdiği, buna bağlı olarak da kentsel alanların diğer arazi örtüsü alanlarının aleyhine büyüdüğü belirtilmiştir. Yani çalışma alanı kentleşme olgusu altında hızla artan nüfusu ile merkezinden çeperlerine doğru büyümüş, kentsel yayılma olgusu eğilimi altına girmiştir. Çalışma alanında daha önce arazi kullanımı – arazi örtüsü değişimi ve değişim yönünün tespitine ilişkin bir çalışma yapılmamış olması çalışma açısından önem arz etmektedir.

Aynı zamanda İnegöl Ovası yüzeysel sularında ve topraklarında daha önce kentsel kaynaklı kirlenmenin tespiti ve giderilmesine yönelik detaylı bir incelemenin yapılmamış olması da çalışmanın önemini artırmaktadır. Kentleşme ve sanayileşme sürecini yaşayan İnegöl Ovası'nda kentsel kaynaklı çevre kirliliği konusu önem arz etmektedir. Çalışmada kentsel yayılmanın su, toprak ve hava kirliliğine olan etkisi incelenerek diğer çalışmalara katkıda bulunmak ve daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak hedeflenmiştir. Nitekim literatürde yapılan çalışmalarda su ortamları ve topraklarda bulunan ağır metallerin konsantrasyon düzeyleri ile orantılı olarak canlıların sağlığını etkilediği tespit edilmiştir (Şanlı ve diğ., 2005; Beyaztaş ve diğ., 2008; Kırıcı ve diğ., 2013). Bu nedenle su ortamları ve topraklarda ağır metal kirliliğinin çalışılması önem arz etmektedir ve güncel konular arasındadır. Benzer şekilde hava kirliliğinin de insan, hayvan ve bitkiler başta olmak üzere canlı ve cansız organizmalar üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu konunun çalışılması da önem ihtiva etmektedir ve güncel konulardandır. Ayrıca toprak ve sularda ağır metallerin mekansal değişiminden yola çıkılarak riskli alanlar belirlenir ve bu bilgiler ışığında da kirlilik kaynakları tespit edilir. Sonucundan da kirlilik kaynakları tamamen yok edilemezse bile azaltılabilir.

Literatürdeki su ve toprak kirliliği çalışmalarının bazıları analizlerini bu konu ile ilgili kuruluşlar tarafından yapılan ölçüm sonuçlarına göre incelemiştir (Şengörür ve İsa, 2001; Arslan, 2008). Bu çalışmada ise su ve toprak kirliliği numuneleri karelej yöntemi ile belli noktalardan araziye gidilerek alınmış, laboratuvarında analize tabii tutulmuş; toplanan yersel örneklerden bir veritabanı

oluşturularak su ve toprak kirliliğinin mekânsal değişimi, risk değerlendirilmesi ve kaynakları tespit edilmiştir. Dolayısı ile çalışmanın sonuçları, bu veriler işığında ortaya konulmuş ve sahanın su ve toprak kirliliği açısından mekansal değişimi, sınır değerler dikkate alınarak risk haritası ve kirlilik kaynakları çıkarılarak kirlenmenin giderilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışmada literatürdeki bu konudaki boşlukların doldurulması planlanmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. İLGİLİ ALANYAZIN

2.1. Kavramsal Çerçeve

İkinci bölümü oluşturan bu bölümde, bu çalışmaya taban oluşturan teorik çerçevenin tanımları açıklanmaktadır.

2.1.1. Kentsel Yayılmanın Tanımı

Yaşamın sürdürülebilmesi açısından insanların çok çeşitli ihtiyaçları vardır. Yemek yemek, içecek ve barınma ilk insan topluluklarının ihtiyaçlarından yalnızca bir kaçını oluşturmaktadır. Günümüzde ise bu ihtiyaçların yanına elektrik, doğalgaz, telefon, ulaşım ve sosyal aktiviteler de eklenmiştir. Bütün bu ihtiyaçların bir arada ve daha kolay ulaşılabilmesi amacı ile de kentler kurulmuştur. Yerleşme tarihinde ilk kent olarak bilinen Çatalhöyük'ten bugüne kadar kentler, kırsal alanlara nazaran yaşam koşulları açısından daha iyi şartları içinde barındıran, ticaretin ve altyapı olanaklarının daha iyi olduğu çekim merkezleridir (Yiğitbaşıoğlu, 1998).

Akseki (2011)'e göre kentlerin tarihsel gelişimi 4 aşamada incelenmiştir.

1. Endüstri öncesi kentler: Bu evredeki yerleşmeler küçük kasabalar ve köyler niteliğindeki kırsal yerleşmelerden oluşmaktadır. Kent adı verilebilecek yerleşmeler oldukça azdır. Kentleşme desenini tek ve baskın bir kent ile onun geniş hinterlandı ya da birbirine yakın kentler topluluğu oluşturmaktadır.

2. Endüstri kenti: İnsan topluluklarının kırlardan kentlere göç etmesine neden olan temel faktör sanayi devrimidir. Bu dönemde ulaşım henüz gelişmediği için fabrikalar, işyerleri ve yerleşim alanları iç içe konumlanmıştır.

Dolayısıyla da bu dönemde kentler yığılma biçiminde gelişme eğilimi göstermiştir.

3. Reform Dönemi: Sanayi devrimi ile birlikte doğal yaşam üzerinde insan faaliyetlerinin etkisi artmış ve çevre kirliliği gün yüzüne çıkmıştır. Çevre kirliliği, yaşam standardını düşürmüştü ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Dolayısıyla bu dönemde kent formunda iki farklı değişim yaşanmıştır. İlk olarak kent içinde reform yapılmaya başlanmıştır. Kent içindeki çevre kalitesi iyileştirilmeye çalışılmıştır. İkinci olarak ise şehrin kirliliğinden kaçan nüfus kentin dışında yerleşmeye başlamıştır ve böylece ilk modern banliyöler doğmuştur. Her iki faktörde kentsel yayılmayı başlatan güç olmuştur.

4. İlk modern banliyöler: Sanayileşmenin beraberinde getirdiği olumsuz şartlar banliyöleri oluşturan önemli etkenlerden biridir. Banliyöler tren yolu, tramvay, otomobil banliyöleri şeklinde ulaşımın gelişmesi ile değişim göstermiştir. Banliyölerde görülen değişim aynı şekilde kentsel yayılmada da gözlenmiştir. Çünkü ilk zamanlarda tren ve tramvay yollarına bağlı olarak gelişme gösteren kentsel yayılma, artan refah seviyesine bağlı olarak otomobil kullanımı ile bu sınırları aşmıştır (Akseki ve Meşhur, 2013).

Tarihsel olarak kentsel yayılma terimi incelendiğinde; 1956 yılında Amerika'da Ulaştırma Bakanlığı, bir arada bulunan fabrikaları, ticarethaneleri, dolayısıyla bireyleri mekansal olarak dağıtma/yayma yolunda karar almıştır. Yapılan bu değişikliğe duyduğu rahatsızlığı sosyolog ve yazar William H. Whyte dile getirmiş ve şehirlerin kırsal alanlara doğru ilerlediğini belirtmiştir. 1958 yılında Whyte "Kentsel Yayılma" adında bir çalışma yayınlamıştır. Bu çalışmada yapılan banliyölerin ne kent ne de kırsala benzemediği, giderek yeşil alanların yok olduğu ve yayılma sonrasında bazı kentlerin birleşebileceği uyarısında bulunmuştur. Bundan yaklaşık yarım asır sonra "yayılma" literatürde yer almaya başlamıştır (Akseki, 2011).

Daha gelişmiş ve birbirine küresel ve bölgesel olarak bağlı kentlerin doğuşu ise modern çağın ürünü olarak görülmektedir. Kentleşme hareketleri modern

sanayinin başlaması ile dünyada yoğunluk kazanmıştır. Bu evre 19. yüzyıldan başlayıp özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrası belli teknolojilere dayalı sanayinin yer seçimiyle kendini göstermiştir (Kaygalak ve Işık, 2007). Çünkü ikinci Dünya Savaşı'ndan sonraki dönem otomobilin icadı, kolay erişilebilirlik ve yerleşme biçimi açısından yeni bir çağın başlangıcına tekabül etmektedir (Antrop, 2004). Türkiye'de de kentleşme süreci İkinci Dünya Savaşı sonrasına denk gelmektedir. Nüfus artışı, tarımda makineleşme, kentlerin çekiciliği gibi faktörler kırsal alandan kentlere göçü artırmıştır. Bu durum ise Türkiye'de kentleşme olgusuna yeni bir boyut kazandırmıştır (Özel, 2005). Kentleşme olgusu sanayileşmiş ülkelerdeki işleyişini Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde sergileyememiştir (Emiroğlu, 1981). Gelişmekte olan ülkelerdeki bu farklılığın sebebi sanayileşmenin geç başlamasıdır (Ökmen ve Arslan, 2001). Sanayileşme sürecine er yada geç giren ülkelerde kentlerin oluşumunda ve yayılmasında etkili olan faktörlerde değişim göstermiştir. Bu farklılıklar kentlerdeki toplumsal ve ekonomik ilişkilerde de değişime neden olmuştur (Sezgin ve Varol, 2002; Tezer, 2013). Bunun sonucunda da çevresine doğru yayılan kentsel alanlar, çevre yerleşmelere doğru gelişimini sürdürmüştür. Dolayısıyla Türkiye'de yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren kentler büyümekte ve kentler çevresindeki yerleşmelere doğru yayılmaktadır.

“Kentleşme, sanayileşme ve sosyo-ekonomik refah düzeyine bağlı olarak kent sayısının artış göstermesi ve dolayısı ile kentlerin genişlemesi sonucunu doğuran, toplumsal yapıda, artan oranda örgütlenme, işbölümü ve uzmanlaşma yaratan, insan davranış ve ilişkilerinde kentlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikim sürecidir (Keleş, 1997)”. Keleş'in (1997) tanımından da anladığımız gibi nüfus artışı, kentlerin büyümesi ve yayılmasının ana etken olmuştur. Tarihsel süreçte, dünyada kentsel alanların nüfusu sürekli olarak artış göstermiştir. 1900'lü yıllarda dünya nüfusunun %9'u kentsel alanda yaşarken, bu oran 1980'de %40'a, 2000'de ise %50'ye çıkmıştır. Bu oranın 2025'de %66'ya çıkacağı öngörülmektedir (Akseki ve Meşhur, 2013). Ancak son yıllarda nüfus artışından bağımsız başka etmenlerde (yaşam standartlarının yükselmesi, sosyo-ekonomik refah düzeyi,

daha büyük yaşam alanına sahip olma isteği, ulaşım ve iletişim çeşitlerinin artması ve gelişmesi) kentlerin büyümesi ve yayılmasında etkili olmaktadır (Akseki ve Meşhur, 2013).

Kentsel yayılmanın evrensel olarak kabul edilen bir tanımı bulunmamaktadır. Literatürde birbirine yakın olmakla birlikte kentsel yayılma ile ilgili pek çok tanım mevcuttur. Cheng (2003) kentsel yayılmayı, kentin merkezinden çeperlere doğru yayılımı ile kentin sınırlarının genişlemesi sonucunda arazi kullanımı ve fonksiyonlarının iç içe girmesi olarak adlandırılmaktadır. Frumkin ve diğ., (2004) kentsel yayılmayı 'düzensiz olarak gelişmek ve yayılmak' anlamında kullanmışlardır. Hasse ve Lathrop (2003) kentsel yayılmayı kentsel büyümenin verimsiz ve dağınık şekli olarak tanımlamaktadırlar. Benzer bir tanımda Sudhira ve diğ., (2004) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar kentsel yayılmanın kontrolsüz, koordine olmayan ve plansız büyümeden kaynaklanan kentsel alanların akıbetini ifade ettiğini ileri sürmüşlerdir. Ayazlı ve diğ., (2011)'e göre ise kentsel yayılma, kentin merkezinden çeperlerine doğru fiziksel olarak genişlemesidir. Aynı zamanda kentsel yayılma terimi içerisinde çevresel ve sosyoekonomik faktörlerin değişimi de açıklanmaktadır (Ayazlı ve diğ., 2010, 2011). Sim ve Mesev (2011) kentsel büyüme ya şehrin merkezi alanı çevresinde radyal (ışınsal) yönde ya da karayolları boyunca doğrusal yönde vuku bulan dağılmayı, yayılma olarak adlandırmaktadır. Galster ve diğ., (2001) kentsel yayılmayı, hem kentsel arazi kullanımının bir kalıbı olarak (belirli bir zamanda bir metropolde mekânsal yapılandırma) hem de bir süreç olarak zaman içinde şehirlerin mekansal yapısındaki değişiklik olarak kabul etmektedir. Kentsel yayılma gelişmenin plansız ve düzensiz deseni ile verimsiz kaynak kullanımına yol açar ve doğal kaynaklar üzerinde tahriplere neden olur (Sudhira ve diğ., 2004; Bahatta, 2010). Kısaca kentsel yayılma terimi genellikle fiziksel olarak genişleyen kentsel alanları tanımlamak için kullanılmaktadır (EEA, 2006).

Sim ve Mesev (2011)'e göre yayılmanın düzgün bir tanımı olmamasına rağmen tanım sık sık 4 arazi kullanım karakterini yansıtmaktadır; 1. düşük

yoğunluklu, 2. dağılmış gelişme (yani merkezi olmayan model), 3. ticari bir şerit gelişimi, 4. leapfrog (sıçramalı) gelişme. Brody ve diğ., (2006)'e göre ise yayılmanın ortak özellikleri; 1. düşük yoğunluklu- müstakil konutlar, 2. kısa geziler için bile otomobil bağımlılığı, 3. kentsel merkezden dışarıya doğru sarmal büyüme, 4. gelişmenin sıçramalı modelleri, 5. arazi kullanımının birbirinden ayrılması, 6. şehir ve kırsal alanlar arasındaki sınırın belirsiz olmasıdır.

2.1.2. Kentsel Yayılmanın Etkileri

Tarih boyunca insan-çevre etkileşimi üzerine farklı yaklaşımlar ortaya çıkmış, benimsenmiş ve yok olmaya yüz tutmuştur. “Örneğin, 20. yüzyıldan önce, teknolojinin henüz gelişmediği, insanın çevre üzerinde değiştirici ve tahrip edici etkilerinin henüz görülmeye başlanmadığı dönemlerde insan-çevre etkileşimi, çevrenin hep insanı etkilediği yönündeydi (Arı, 2005)”. Fiziki çevrenin üstünlüğünü savunan bu görüş 1920’li yıllardan sonra çeşitli sebepler nedeniyle eleştirilmiş ve başka görüşler (1920’li yıllardan sonra bölgesel coğrafya; 1950’li yıllar sayısal devrim; 1970’li yıllar çevresel devrim) ortaya çıkmıştır. Bunlardan çevresel devrim görüşü özellikle sanayi devriminden sonra başlayan çevre tahribatının, yeryüzünün doğal dengesi üzerine baskı yaptığı (Arı, 2005) fikri üzerine kuruluydu. Çünkü sanayi devrimi ve gelişen teknoloji ile insanoğlu doğa üzerinde hâkimiyet kurmaya başlamış ve doğanın dengesinin bozulmasına neden olmuştur. Nitekim 200 yıl boyunca nüfusun artması ve teknolojik gelişmeler, insanın doğa üzerindeki baskısını ve çevresel sistemler üzerindeki müdahalesini daha da büyük boyutlara ulaştırmıştır (Akseki ve Meşhur, 2013). Sanayileşmenin bir sonucu olan kentleşme olgusu, nüfus yığılmalarına yol açmış, geniş bir fiziki alana yayılan endüstri toplumu kentleri ortaya çıkarmıştır. Düzensiz bir biçimde yayılan kentler, çevre kaygısı güdülmeden biçimlenmiştir (Keleş ve Hamamcı, 2005). Sürdürülebilirliğin ana koşullarından birincisi, insan ve doğanın birbirinin karşıtı değil, tamamlayıcısı olduğu fikri üzerine kuruludur.

Fakat giderek yayılan ve büyüyen kentlerin ihtiyaçlarını karşılamak için her geçen gün doğadan daha fazla yararlanma yoluna gidildiği ve sürdürülebilirliğin risk altında olduğu görülmektedir.

Kentlerin son yıllarda hızla büyümesi ve yayılmasının en önemli nedenlerinden biri yukarıda belirtildiği gibi sanayileşmedir. Çünkü kentleşme, sanayileşmenin altyapısını oluşturmaktadır (Özyurt, 2007). Sanayileşme, nüfusun belli yerlerde yoğunlaşmasına neden olurken aynı zamanda yeni yerleşim mekanlarına olan ihtiyacı daha da artırmaktadır. Bunun sonucunda da kentlerin etrafındaki verimli tarım arazileri büyük bir hızla yerini altyapısız ve yoğunluğu az yerleşim alanlarına bırakmaktadır. Kentlerin nüfusunun her geçen gün daha da artması önceden kurulan sanayi tesislerinin zamanla kentin sınırları içinde kalmasına da neden olmaktadır. Bu da önemli çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla sanayileşme her geçen gün biraz daha büyüyen çevre kirliliklerini beraberinde getirmektedir (Kelkit, 2002). Bir başka deyişle kentleşme, kentlerin mekân üzerinde gelişerek çevresine doğru yayılmasına neden olmaktadır. Kentsel mekanda yer alan doğal kaynaklar ise hızlı bir biçimde tüketilme süreci ile karşı karşıya kalmaktadır (Sezgin ve Varol, 2012). Tarım alanlarının amacı dışında kullanılarak zarar görmesi ve sonuçta da yok olması, doğal peyzajın zarar görmesi, plansız ve denetimsiz yerleşme desenlerinin ortaya çıkması, altyapı maliyetinin yüksek olması nedeni ile eksikliği, toplumsal ayırım ve arazi spekülasyonu kentsel yayılmanın/saçılmanın olumsuz sonuçlarını oluşturmaktadır (Karataş, 2007). Akseki ve Meşhur (2013)'a göre yayılmanın ortaya çıkardığı etkileri 1. Düşük yoğunluklu yerleşme deseniyle nüfusun mekan üzerinde dağılması, 2. Yerleşim, ticaret ve işyeri alanlarının birbirinden uzakta ve birbirinden keskin sınırlarla ayrılması, 3. Yol ağının büyük bloklarla ve zayıf erişilebilirlikle belirginleşmesi, 4. Güçlü bir kent merkezinin olmaması gibi 4 farklı boyutta ele almışlardır.

Kentsel yayılma, dünyanın ve Türkiye'nin pek çok kentinin önemli bir sorunsal alanını oluşturmaktadır. Yiğitbaşıoğlu (1998) da "21. yüzyılda karşılaşılabilecek en büyük çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlar kentlerde

yaşanacaktır” demiştir. Bu sorunsal alan içinde kentsel yayılmanın olumsuz etkileri üzerinde en çok tartışılacak konulardan birini, çevresel etkiler (hava, su, toprak kirliliği) oluşturmaktadır. Ayrıca yayılmanın direk etkisi bölgelerin arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimini göstermekte yayılma göstergesi olarak da meskun ve kapalı alan artışına sebep olmaktadır (Sudhira ve diğ., 2007).

2.1.3. Kentsel Kaynaklı Çevre Sorunları

Kentsel yayılma, çok çeşitli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Yaşamın her dönemi için gerekli ve gelecekteki yaşam için önemli olan su kalitesi her geçen gün daha da önem kazanmakta ve güncellenmektedir (Kaplan ve diğ., 1999). Bu nedenle kentsel yayılmanın en önemli çevresel etkilerinden biri su kaynakları üzerine olan etkisidir. Çünkü çevre kirliliğinden en geniş alanlı etkilenen su kaynaklarıdır (Yılmaz ve Büyükyıldız, 2009). Dolayısı ile su ve kaynakları, canlıların tüm formları için gerekli bileşim olması nedeniyle onun kirliliği diğer kirliliklerden önemlidir (Zamani ve diğ., 2012). Su kaynaklarının başlıca kirleticileri arasında ağır metaller yer alır (Avdullahi ve diğ., 2012; Zamani ve diğ., 2012). Genellikle yer altı ve yer üstü sularında kirlilik yaratan ağır metaller Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Fe ve Zn’ dur (Salem ve diğ., 2000; Jameel ve diğ., 2012; Jeng ve Wu, 2013). Bazı ağır metaller (Fe, Mn, Zn, Cu) yaşam için gerekli olduğu gibi aynı zamanda bu metaller için gerekli seviyeler aşıldığında canlıların hayatında toksit etkilere neden olmaktadır (Avdullahi ve diğ., 2012; Manoj ve diğ., 2012). Yerleşimlerden, endüstriyel ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanan atık suların su kaynaklarına karışması sonucu suyun doğal dengesi bozulmaktadır (Arslan, 2008). Bu durumun ilerlemesi de suyun kirlenme boyutunu istenmeyen boyutlara ulaştırmaktadır. Yapılan birçok çalışmada kentsel kaynaklı su kirliliğine sebep olan ağır metal seviyeleri irdelenmiştir (Toroğlu ve diğ., 2006; Arslan, 2008; Sekabira ve diğ., 2010; Manoj ve diğ., 2012; Al-Farraj ve diğ., 2013; Ravi Sankar ve Prasado Rao, 2014; Skordas ve diğ., 2015). Kentsel alanların artışına bağlı olarak doğal yüzeylerin yerini betonarme yüzeye bırakması su kalitesinin

bozulmasında etkili olmuştur (Hassa ve Dornisch, 2009). Çünkü kentsel alanların düzensiz ve plansız bir şekilde gelişimi sonucunda doğal yaşam alanları yerini, asfalt ve beton yığınları gibi geçirimsiz kentsel materyallere bırakmaktadır. Günümüzde su kalitesi ve onun kirliliği, su kirliliği üzerindeki endişeler nedeni ile daha da önem kazanmıştır.

Kentsel yayılma olgusu aynı zamanda toprağın doğal dengesini bozmakta ve toprağın işlevlerini yerine getirememesine de neden olmaktadır. Ağır metaller ile toprağın kirlenmesi sorunu dünyanın pek çok yerinde yaygın ciddi bir sorundur (Li ve diğ., 2004; Sofianska ve diğ., 2013). Toprakta kirlilik yaratan ağır metaller Cd, Cr, Cu, Ni, Fe, Pb, Mn ve Zn'dur (Yong ve Mulligan, 2004). Toprak kirliliğine sebep olan faktörler (i) yerleşmelerden kaynaklanan katı ve sıvı atıklar, trafikten kaynaklanan egzoz gazları, toprağa serpilen kimyasal gübre ve tarım ilaçları (ii) yerleşmelerden çıkan katı atıkların biriktirildiği alanlar, kanalizasyon suları ve atık suların arıtma işlemine tabii tutulmadan toprağa deşarj edilmesi (iii) atmosfere çeşitli yollarla karışan zehirli gazların (O_3 , CO, SO_2 , Pb ve Cd) yağışlarla yere düşerek toprağa sızmasıdır (Kurt, 2010). Toprak kirliliğinin insanoğlu üzerindeki en önemli etkisi hastalıklara sebep olmasıdır. Çünkü topraktaki kirleticilerin üzerinde yetişen bitkilerin bünyesine geçen kirleticiler, oradan da bu bitkilerle beslenen insanoğlunun bünyesine geçmektedir. Toprak kirliliği aynı zamanda su kirliliğine de neden olmaktadır. Çünkü topraktaki kirleticiler sızıntı ile yeraltı sularını, yüzey akışları ve erozyonla da yüzeysel sulara girerek önemli ve ciddi sorunlara neden olmaktadır (Türkoğlu, 2006). Kentsel alanlarda toprak kirliliğine neden olan diğer bir faktörü de hava kirliliği teşkil etmektedir. Isınma amacı ile kullanılan fosil yakıtlar ve taşıtlardan kaynaklanan gazlar toprağın bünyesine işlemektedir. Kentlerde toprak kirliliğine sebep olan diğer bir faktör ise yerleşmelerden çıkan atıkların depolandığı alanlarda toprağa karışarak kirlenmesidir. Bu kirlilik aynı zamanda topraktan da sızarak yeraltı sularını da kirlenmektedir (Karaca ve Turgay, 2012). Yapılan birçok çalışmada antropojenik kaynaklı toprak kirliliğine sebep olan ağır metal seviyeleri irdelenmiştir (Apaydın, 2005; Köleli ve Halisdemir, 2005; Lee ve diğ., 2005). Dolayısı ile kentsel yayılmanın etkili olduğu alanlarda toprağın dengesi de

hissedilir bir biçimde bozulmaktadır. Bu duruma, arazinin amacı dışında ve yanlış kullanılması, altyapı olanaklarının yetersiz olması nedeniyle atıkların toprağa girmesi, inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik ve çöplerin depolanması yol açmaktadır.

Kentsel yayılmanın yol açtığı bir diğer problem ise hava kirliliğidir. Çünkü hava kirliliği en kısa sürede etkisini görebileceğimiz kirlilik türüdür (Saral, 2011). Sanayileşme ve onun beraberinde getirdiği düzensiz kentleşme, nüfus artışı, ısınma ve trafik, yanlış arazi kullanımı gibi faktörler hava kirliliğine neden olmaktadır (İbret ve Aydınöz, 2009). Kentsel alanlarda, özellikle sanayi faktörünün etkisiyle hava kirliliği yoğun olarak yaşanmaktadır (Mikaeili ve Memlük, 2013). Kentlerdeki hava kirliliğinin diğer sebebi de büyük ölçüde ısınma ürünlerinden kaynaklanmaktadır. Kentsel yayılmaya bağlı olarak giderek yoğunlaşan trafikten kaynaklanan ve doğal ortama karışan zehirli egzoz gazları ise hava kirliliğinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır (Sert, 2006; Mayer, 1999). SO₂, CO, NO, NO₂ ve PM en yaygın hava kirleticilerdir. SO₂ kirliliği; kömür içeren fosil yakıtların yanması ile şehirsel ısınmada ve bazı endüstriyel süreçler sonucunda bacalardan atılan kirleticilerden (Amato ve diğ., 2010); PM kirleticisi ise büyük bölümü sanayi bölgelerinden, az bir bölümü ise kentsel ısınmada kullanılan fosil yakıtlardan oluşmaktadır (Bayram, 2005). CO kirliliği sigara dumanı ve egzoz gazından (Müezzinoğlu, 2000); NO emisyonları trafik başta olmak üzere endüstriyel aktivitelerden (Tünay ve Alp; 1996); NO₂ ise özellikle trafikten kaynaklan bir kirleticidir (Itano ve diğ., 2007; Amato ve diğ., 2010). Kentlerin sahip olduğu topografik ve iklimik özellikler de hava kalitesini etkiler (Garipağaoğlu, 2003). Yapılan araştırmalarda Türkiye'nin bazı şehirlerinde, kentlerin sahip olduğu bu özelliklerin hava kirliliği üzerinde belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir (Keser, 2002; Çiçek ve diğ., 2004; Çukur ve diğ., 2006; Tağıl, 2007). Hava kirliliği, kentsel alanlarda yaşayan insan topluluklarının sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir (Ostro ve diğ., 1999; Fusco ve diğ., 2001; Elbir ve diğ., 2010; Tecer, 2007; Tağıl ve Menteşe, 2012; Lee ve Oh, 2012; Mikaeili ve Memlük, 2013).

Kentsel yayılmanın yol açtığı problemlerden bir diğeri ise arazi kullanımı/örtüsü değişimidir. İnsanoğlu kentsel alanları çok farklı şekilde kullanmaktadır ve arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin gözlenmesine son yıllarda çok fazla dikkat çekilmektedir (Stow ve Chen, 2002). Kentlerdeki nüfusun hızla artması ve kentleşmeye bağlı olarak kentlerin alan ihtiyacı her geçen gün daha da büyümekte ve kentlerin lehine arazi kullanım paterni yapısında değişim yaşanmaktadır. Bu durum ise kentler ve çevresinde yer alan doğal kaynakların ileri düzeyde tahribi ile sonuçlanmaktadır. Kent merkezlerinden dışarıya doğru olan yayılma, genellikle açık alanları azaltmakta, doğal yaşam habitatlarını parçalamakta ve ekolojik sistemlerin bütünlüğünü ve fonksiyonlarını bozmaktadır. Kentlerin diğer arazi kullanımı/arazi örtüsü tipleri ile etkileşiminin ele alındığı örnek çalışmalarda tarım alanları (Weng, 2002; Kuşat Gürün ve Doygun, 2006; Ayazlı ve diğer., 2010; Makhamreha ve Almanasyeha, 2011); orman alanları (Ayazlı ve diğer., 2010; Sönmez, 2012; Öztürk, 2013; Tang ve diğer., 2007), sulak alanlar (Tang ve diğer., 2007) yeşil alanlar (Doygun, 2007) ve çıplak alanlar, maki ve otsu bitkilerin (Doygun ve Erdem, 2013) kentsel yayılmaya bağlı olarak niceliklerinde kayıplar ortaya çıktığı belirlenmiştir.

2.1.4. Kentsel Yayılmanın Belirlenmesinde CBS ve UA

Kentsel alanlara ait veriler 1950'li yıllardan önce tasviri şekilde, basit şekil ve grafiklerle anlatılmıştır. 1950'li yıllara gelindiğinde, ortaya çıkan sayısal devrim ile birlikte kentsel veriler istatistiki yöntemler ile analiz edilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise CBS ve UA araçlarından yararlanarak kentsel veriler daha açık ve anlaşılır bir şekilde analiz edilmektedir (Weng, 2002; Fan ve diğer., 2007; Makhamreha ve Almanasyeha, 2011; Rimal, 2011). CBS aracı, kentsel alanlara ait verilerin mekansal olarak gösterimine, analiz edilmesine, güncel verilerin oluşturulmasına, bu verilerden yola çıkarak başka veriler türetilmesine olanak sağlamaktadır. UA ise kentsel yayılmanın mekânsal desenini belirlemede etkili olmaktadır (Feng ve Li 2012). UA aracı ile belirli bir

zaman aralığı içinde kentsel görünümün değişimini göstermektedir. Son yıllarda neredeyse CBS ve UA kentsel yayılma çalışmalarının da vazgeçilmez bir aracı haline gelmiştir. Çünkü CBS ve UA birlikte kullanıldığında nispeten daha büyük mekansal ölçekteki kentsel alanı ölçme olanağı sağlamaktadır (Yeh ve Li, 1997; Weng, 2001; Tang ve diğ., 2007).

2.2. Literatür Özeti

2.2.1. Kentsel Yayılma

Kaya ve Musaoğlu (2002) 1992-2001 yılları arasında Landsat uydu görüntülerinden yararlanarak İstanbul Avrupa yakası arazi kullanımı ve değişimlerini belirlemişlerdir. 1992-2001 dönemleri arasındaki zamansal değişimin önemli oranda yerleşim ve taş ocağı-yol sınıflarında olduğu belirlenmiştir. Yerleşim ve taş ocaklarından olan gelişim daha çok tarım arazilerine ve boş alanlara doğru olduğundan yeşil alanların azaldığı tespit edilmiştir.

Weng (2002), arazi kullanımı ve arazi örtüsü dinamiklerini tespit edebilmek amacı ile CBS, UA ve stokastik modelleri kullanmıştır. Sonuç olarak da 1989 -1997 dönemleri arasında verimli tarım alanlarının azaldığı, plansız ve denetimsiz bir kentsel desenin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Arazi örtüsünde meydana gelen değişim süreçleri değerlendirildiğinde ise, bu eğilimin devam edeceğini göstermiştir. Ayrıca çalışmada birer araç olan CBS ve UA'nın birbiri ile entegre olarak çalıştırılmasının, değişimin miktarını ve yönünü ortaya koymada yararlı olduğu dile getirilmiştir.

Oğuz (2004), Amerika'nın Houston metropolinde 2030 yılındaki kentsel gelişimi tahmin etmek amacı ile SLEUTH modelini kullanmıştır. Model 1974-2002 dönemlerini kapsayan uzaktan algılanma verileri aracı ile elde edilmiştir. Veriler 1974, 1984, 1992, 2002 yıllarına ait kentsel yayılma görüntüsü, 1992, 2002 dönemlerine ait arazi kullanımı haritası, 1974, 1984,

1990, 2002, 2025 yıllarına ait ulaşım ağı, eğim katmanı, yamaç görüntüsü ve bir adet çıkarma katmanından oluşmaktadır. Model çalıştıktan sonra ise 2002 ve 2030 yılları için kentsel yayılım desenleri tahmin edilmiştir.

Kuşat Gürün ve Doygun (2006) çalışmalarında ise Kahramanmaraş'da 1985-2000 yıllarına ait kentsel büyümeden kaynaklanan verimli tarım alanı kayıplarını ortaya koymayı amaçlamışlardır.

Şevik (2006) çalışmasında kentsel büyüme desenini ortaya koyabilmek amacı ile SLUETH modelini kullanmıştır. Kentsel gelişimin tahmininde, Landsat görüntüleri (1987, 1996 ve 2002) ve hava fotoğraflarından (1992) yararlanılmıştır. Landsat uydu görüntüleri öncelikle sınıflandırılmış ve hava fotoğrafları görsel olarak değerlendirilmiştir. Modelin kalibrasyonunda beş büyüme parametresi (difüzyon, üreme ve yayılma, eğim ve yol katsayıları) için en uygun değerler tespit edilmiştir. İncelenen dönemler arasındaki değişimden yararlanarak 2025 yılı Antalya'daki kentsel büyüme eğilimi belirlenmiştir ve sonuçta kent alanlarında 9824 hektarlık bir artış tespit edilmiştir.

Fan ve diğ., (2007) Pearl River Delta'sındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimlerini ortaya koymak amacı ile CBS'ne dayalı yersel analizler yapmışlardır. Ayrıca model olarak da Markov Zinciri ve CA modellerini seçmişlerdir. Uydu görüntüleri aracı ile 1998–2003 yılları arasındaki zamansal ve yersel değişimler ortaya konmuştur. Markov Chain ve CA modellerinin geleceğe yönelik tahmininde doğruluk analizi sonuçlarına bakıldığında tahminlerin oldukça doğru olduğu gözlenmiştir.

Tang ve diğ., (2007) çalışmalarında Çin'in Daqing şehri'nde kentleşmenin doğal peyzaja olan etkisini birleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda 1979, 1990 ve 2000 yıllarına ait Landsat görüntüleri ile analizler yapılmıştır. Uydu görüntülerinin işlenmesiyle elde edilen arazi deseni haritaları ile mekansal analizler yapmışlardır. Sonuç olarak son 20 yıl boyunca kentsel alanların önemli ölçüde genişlediği, sulak ve ormanlık alanlarda küçülme olduğu tespit edilmiştir.

Paudel (2008) Pokhara Alt metropol bölgesindeki kentsel büyüme ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi CBS ve UA yöntemleri kullanarak kantitatif olarak değerlendirmiştir. Çalışmanın temel amacı Pokhara kentsel büyüme ve arazi kullanımı değişikliklerini izlemektir. Sonuç olarak şehrin kentsel gelişme trendi ile 1978 yılından 2000 yılına kadar arazi kullanım deseni üzerindeki değişiklikler ortaya konulmuştur.

Ayazlı ve diğ., (2010) çalışmalarında SLUETH simulasyon modeli aracı ile 2030 yılı için İstanbul'un kentsel yayılması tahmin etmeye çalışmışlardır. 1972, 1987, 2002 ile 2009 Landsat uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Tahmin haritasının sonuçlarına göre % 28.88 orman alanı ve % 71.43 tarım ve açık alanların kentsel alana dönüştüğü tespit edilmiştir.

Soffianian ve diğ., (2010) çalışmalarında uydu görüntülerinden yararlanarak 1956-2006 yılları boyunca İsfahan (İran) yerleşim alanında meydana gelen değişiklikleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri üzerinden görsel yorumlamayla çalışma alanı 3 kategoriye (yerleşim alanı, yerleşim alanı olmayan ve yeşil alanlar) bölünmüştür. Son olarak İsfahan yerleşim alanı 1956-2006 süreçteki değişimi ve onun nüfus artışı arasındaki ilişki bindirme (overlay) analizi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu zaman periyodunda yerleşim alanları yaklaşık 9 kat genişlemiş ve nüfus 6 kat artmış ve bazı tarım alanları ve bahçelerin yerleşim alanlarına dönüştüğü gözlenmiştir.

Ayazlı ve diğ., (2011) çalışmalarında ise kentsel yayılmayı modelleyebilmek için geliştirilen hücresel otomata tabanlı yazılımları incelemiştir.

Makhamreha ve Almanasyeha (2011), CBS ve uydu görüntüleri kullanarak 1972-2009 yılları arasında Amman (Ürdün) bölgesinde kentsel büyüme trendlerini izlemeyi, günümüzdeki arazi kullanım desenini ve kentsel hizmet desenini araştırmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak Amman'ın kentsel çekirdek merkezinin zamanla değiştiği ve nüfusun sürekli arttığı tespit edilmiştir. Çalışılan süre içerisinde toplam yerleşilmiş alanların tarımsal alanların aleyhine genişlediği gözlenmiştir.

Rimal (2011) çalışmada kentsel büyüme olgusu ve arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki ilişki uzaktan algılama görüntüleri ve CBS kullanarak analiz etmiştir. Çalışmada, geçmiş değişim oranı esas alınarak gelecekte oluşabilecek değişiklikler Markov zinciri modeli ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kentsel arazi kullanımı değişikliği dayalı bir Markov zinciri kullanılarak 2021 yılı arazi kullanımı modellenmiştir. Öngörülen arazi örtüsü değişiklikleri artan bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, geçiş olasılık matrisi kullanılmış ve 1999 ve 2010 kapak haritasından 2021 yılı arazi kullanımı türetilmiştir.

Feng ve Li (2012) çalışmalarında kentsel yayılmanın mekansal kalıplarını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak Jiangning (Çin) seçilmiş ve çalışmada dört farklı zamana ait (1979, 1988, 1997 ve 2003) Landsat MSS/TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bunlarla birlikte Jiangning'de yayılmanın mekansal kalıplarını tanımak için şekil indeksi, fraktal boyut indeksi ve yayılma indeksi gibi peyzaj metrikleri de kullanmışlardır. Sınıflandırılmış görüntülerden kentsel saçak alanına doğru düşük hızlı kentsel yayılmanın olduğu gözlenmiştir. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde yayılmanın daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir.

Harika ve diğ., (2012) çalışma alanı olarak Vijayawada, Haydarabad ve Visakhapatnam (Pakistan) şehirleri ele alınmıştır. Bu şehirlerdeki kentsel genişleme ve arazi örtüsü değişimi 1990 2009, 1989 2009 ve 1988 2009 yıllarına ait 19, 20 ve 21 yıllık bir zaman dilimi içindeki değişiklikler incelenmiştir. Uzaktan algılama yöntemi çalışma döneminde meydana gelen arazi kullanımı değişiklikleri incelemek için benimsenmiştir. Beş arazi kullanım sınıfları kent (inşaat), su kütlesi, tarımsal arazi, çorak arazi ve çalı olarak tespit edilmiştir. Sınıflandırma doğruluğu da alan çalışmalarından elde edilmiştir. Bir istatistiki ve olasılık yöntemi olan Markov zinciri analizi ile gelecekteki değişim oranı tespit edilmiştir.

Huissi ve diğ.,(2012) çalışmalarının amacı son 50 yılda Çin'in Hulun Buir Grassland'ında arazi örtüsü değişikliklerini saptamaktır. Çalışmada 1959, 2002, 2004, 2009 yıllarına ait uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Gelecek

yıllardaki arazi örtüsü değişimi hücresel otomata modeli ile Markov modeli birleştirilerek yapılmıştır. Sonuç olarak tüm arazi kullanım tiplerinin değiştiği tespit edilmiştir.

Küçükali ve Atabay (2012) çalışmalarında Bursa Nilüfer Çayı Başköy – Kestel Bölümü ve alt havzaları araştırma alanı olarak belirlenmiştir. Arazi kullanımına bakıldığında birinci sınıf tarım toprakları üzerinde ve jeolojik olarak yüksek geçirgenliğe sahip kayaların var olduğu alanlarda yerleşme ve sanayi alanlarının oluşturulduğu belirlenmiştir. Bu şekildeki plansız ve olumsuz kentleşmenin doğal kaynaklar üzerinde kirliliğe neden olduğu görülmüştür. Sonuç olarak da öncelikle doğal kaynakların mevcut durumunun saptanması, fiziksel – biyolojik ve ekolojik özelliklerinin olması gerektiği gibi irdelenerek arazi kullanımı kararlarına yansıtılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Öztürk (2013) çalışmasında Samsun-Merkez kıyı alanlarında Landsat TM ve ETM+ uydu görüntüleri ile arazi kullanımı/örtüsü değişimlerini belirlemeye çalışmıştır. Bu amaçla Hücresel Otomat-Markov Zinciri yöntemini kullanmıştır. Öncelikle 1987-2004 yıllarına ait görüntüleri sınıflandırmıştır. 2004 yılından yola çıkarak 2034 yılı için kentsel yayılma tahmininde bulunmuştur. Doğruluk analizini tespit edebilmek amacı ile 2009 yılı görüntüsü ile karşılaştırılmıştır ve sonuç olarak da kapa değeri 0.85 bulunmuştur. Sonuç olarak da CBS ve UA birlikte kullanıldığı Markov Zinciri yönteminin kentsel büyümenin ortaya konmasında etkili bir yaklaşım olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 2034 yılı için kentsel yayılma eğilimleri belirlenmiş ve değişim eğiliminin olduğu alanlarda tarıma elverişli alanların, mera ve orman alanlarının yok olma durumu sayısal olarak açıklanmıştır.

Doygun ve Erdem (2013) çalışmalarında İzmir'in Bornova ilçesindeki kentsel yayılım sürecini değerlendirmişlerdir. 1984-2009 yılları arasındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimlerini belirlemişlerdir. Ayrıca 2050 yılı için kentsel gelişim olasılıkları hesaplanarak tahminde bulunulmuştur.

2.2.2. Su Kirliliği

Tuncay (1994) alışmasını şanlıurfa ve yoresindeki kuyu sularındaki nitrat ve nitrit düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirmiştir. Araştırma alanının çeşitli yerlerinden alınan toplam 83 kuyu suyu veri olarak kullanılmıştır. Araştırma alanındaki kuyu suları nitrat ve nitrit miktarları açısından değerlendirildiğinde, kuyu sularının insan sağlığını olumsuz etkileyecek düzeyde nitrit ve nitrat bulundurmadığı ve “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe” uygun olduğu belirlenmiştir.

Günşen ve diğ., (1997) alışmalarında Uludağ’daki pınar kaynaklarının su kalitesini incelemeyi amaçlamışlardır. Numuneler, 28 adet pınar kaynağının çıkış noktasından ve her defasında 5’er adet olmak üzere, su debisinin yüksek olduğu Mayıs ayı ile debinin azaldığı Eylül ayında alınmıştır. Sonuç olarak Bursa Uludağ’daki kaynak sularının % 21,42’sinin kimyasal, % 7,69’unun mikrobiyolojik yönden Gıda Maddeleri Tüzüğüne uygun olmadığı ve dezenfeksiyon işlemi uygulanmaksızın halk sağlığı açısından sakıncalı olduğu kanısına varılmıştır.

Okur ve diğ., (2002) Bursa Ovası’ndaki Nilüfer ayı’nın kirliliğini araştırmışlardır. Son yıllarda Nilüfer ayı’nın sanayi ve yerleşimlerden kaynaklanan atıklarla önemli lde kirlendiği dile getirilmiştir. Ağır metaller tarafından ciddi boyutlarda kirlenen Nilüfer ayı’nın tarımsal sulamada kullanılması aynı zamanda tarımsal toprak ve bitkilerde de ağır metal kirliliği sorununun ortaya çıkmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Özellikle Bursa Ovasının bazı sahalarında da Cu ve Cd kirlenmesinin olduğu belirlenmiştir.

Baştürk (2006) alışmasında Sakarya nehrinin kirlilik yükünü araştırmıştır. Sonuç olarak Sakarya nehrindeki en önemli kirleticilerin tekstil ve otomotiv sektörlerinden kaynaklandığını tespit etmiştir.

Toroğlu ve diğ., (2006) alışmalarında Kahraman Maraş şehri yakınlarındaki Aksu ayı ve kollarındaki evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlenmenin boyutlarını araştırmışlardır. Aksu ayı ve kolları sularının evsel, endüstriyel

ve zirai atıklar nedeniyle kabul edilebilir sınırların üzerinde kirlendiğini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, insan kaynaklı bakteriyel kirliliğin ve ağır metallere de yüksek oranlarda kirlenmenin mevcut olduğunu göstermiştir.

Arslan (2008) çalışmasında Porsuk çayı üzerinden bulunan gözlem istasyonlarından elde edilen su kirliliği verileri ile oluşturulan su kalitesi veri tabanını CBS ortamında analiz etmiş, kalite değişiminde etkili olan değişkenleri belirlemeye çalışmıştır. Sonuç olarak havzada su kirlenmesi probleminin nüfus ve endüstrileşmeye paralel olarak hızlı bir şekilde arttığı, bazı kollarının önemli derecede kirlendiği tespit edilmiştir.

Kaya (2008) çalışmasında Elmalı Havzası, yüzey ve yer altı su kirliliğini tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışma alanının yüzey ve yeraltı su kalitesini belirlemek amacıyla havzayı temsil eden noktalardan alınan su örnekleri kimyasal analizler için Kanada acme analytical laboratories ltd.'e gönderilerek 72 elementin kimyasal analizi yaptırılmıştır. Alınan su numunelerinin major (klor, sülfat, bikarbonat) ve ağır metal içerikleri saptanmıştır. Tüm suların, Türkiye İçme Suyu Standartlarına bağlı olarak içilebilirlikleri; SKKY, DSÖ, EPA ve AB'ne göre suların kalitesi belirlenmiştir. Havzada yerleşim alanlarının sıvı ve katı atıkları önemli kirleticileri oluşturduğu dile getirilmiştir. İçme sularında NO₃ konsantrasyonunun 10 mg/l nin üzerinde olması suların dış kökenli kirleticilerden olumsuz etkilendiğini gösterir. Havzayı besleyen akarsu ve yeraltı sularının kirliliğinin, havzanın kuzey kesiminde Çavusbası beldesindeki yapılaşmadan ve aşırı nüfus artışından kaynaklı evsel kökenli kirleticilerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. İnceleme bölgesinden alınan su örneklerinin bir kısmında Cr, Hg, Cl, P, Ca, SO₄ ve Cu konsantrasyonlarının su kalite sınıfları SKKY'ne göre II. ve III. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir.

Var (2008) çalışmasında İstanbul ili Elmalı Havzasının güney kesiminde bulunan ve halen çok sınırlı kullanılan, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının araştırılması, kaynak koruma alanlarının belirlenmesi, su kirlilik oranlarının tespit edilmesi ve bunun sonucunda inceleme alanında kirliliğe neden olan etmenlerin araştırılmasını amaçlamışlardır. Yapılan jeolojik ve hidrojeolojik

çalışmalar sonucunda bölgede yeraltı ve yerüstü su noktaları belirlenmiştir. İnceleme alanının yüzey ve yeraltı suyu kalitesini belirlemek amacıyla havzayı temsil eden noktalardan alınan su örneklerine hidrojeokimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarında Ca-Na-HCO₃ ve SO₄ fasiyesinde, normal klorür ve nitratlı oldukları ayrıca Çinko (Zn), Mangan (Mn), Demir (Fe) ve Sülfür (S) konsantrasyonları açısından incelendiğinde içme suyu değerlerini aşan gözlem noktalarının varlığı tespit edilmiştir.

Papafilippaki ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada Yunanistan'ın en önemli nehirlerinden biri olan Keritis nehri yüzeysel sularında beş ağır metalin (Cu, Zn, Cd, Pb ve Cr) mevsimsel değişimleri araştırmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak ağır metal konsantrasyonları açısından sıcak dönem (Mayıs-Eylül) ile nemli dönemler (Ekim-Nisan) arasında önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Ağır metal konsantrasyonlarının sıcak dönemde, nemli döneme göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Katı ve Onaran (2010) çalışmalarında Milas (Muğla) da Ni, Cd, Cu, Pb, Fe ve Mn düzeylerini kuyu sularının sulama suyu kalitesi yönünden araştırmıştır. Mevsimsel olarak alınan su örneklerinde Ni, Cd, Cu, Pb, Fe ve Mn düzeylerinin bütün mevsimlerde de öndörülen maksimum sınır değerlerini geçmediği belirlenmiştir.

Kurt (2010) çalışmasında Mersin ili doğusunda yer alan Deliçay ile Tarsus Çayı arasında alandaki toprak ve yeraltı sularının kirlilik düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca toprak ve su kirliliğinin mekansal olarak dağılımı ile kaynakları CBS ile ortaya konmuştur. Deliçay ile Tarsus Çayı arasındaki alanın bazı yerlerinde yer altı sularının nitrat, nitrit, sülfat, klor, Pb, Se, Mn, Fe ve Cr konsantrasyon düzeylerinin sınır değerleri geçtiği belirlenmiştir. Ayrıca araştırma alanındaki yer altı sularının %40'ının nitrit miktarları açısından arıtma işlemi yapılmadan içilemeyecek kalitede olduğu gözlenmiştir. Bu durum ise çalışma alanının yeraltı sularında özellikle nitrit kirliliğinin önemli boyutlara ulaştığını göstermektedir. Kazanlı kasabası ve çevresinde çalışma alanının diğer alanlara göre daha yüksek konsantrasyon düzeylerine rastlanılmıştır. Kazanlı kasabası ve çevresinde tespit edilen

yüksek düzeyler, bu alanda faaliyet gösteren tarımsal aktivitelerden ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Katip ve Karaer (2011) çalışmalarında Uluabat Gölü su kirliliğini araştırmışlardır. Su kirliliğinin mevsimlere bağlı olarak değişimi gözlenmiş, su kalitesi ulusal ve uluslar arası eşik değerlere göre incelenmiştir. Mevsimsel olarak su kirliliğinin daha çok yaz aylarında artış gösterdiği belirlenmiştir. SKKY'ne göre göl suyu 4. Sınıf kalitede; As, Ni, Pb, Cd elementlerinin WHO içme suyu standart değerlerinden, Zn, Cr, Cu, Pb elementleri konsantrasyonları ise EPA su kalitesi kriterleri kronik etki seviyesinden, Zn'nin de akut etki seviyesinden yüksek konsantrasyon seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Su Ürünleri Yönetmeliğine göre, sınır değerlerin üstünde, İnsani Tüketim Amaçlı Sular kriterlerine göre ise içme ve kullanma suyu sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

Üstün (2011), çalışmasında Nilüfer Çayı'nda 2002-2007 yılları arasında bakır, demir, çinko, mangenez, nikel, kurşun, krom gibi endüstrileşme, şehirleşme ve tarımsal aktiviteler sonucunda ortaya çıkan ağır metal kirliliğini analiz etmiştir. Su kirliliği verileri ulusal ve uluslar arası su kalitesi standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Nilüfer Çayı'nın kalitesinin yıldan yıla düştüğü ve ulusal standartlar göre krom ve kurşun seviyeleri bakımından "yüksek kirli su" sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Uluslar arası standartlara göre ise bu seviyenin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Wogu ve Okaka (2011) Nijerya Delta State Warri nehirden alınan su örneklerinde Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn ve Zn ağır metallerinin konsantrasyonu analiz edilmiştir. En yüksek ortalama Fe için kaydedilirken en düşük ortalama Pb için kaydedilmiştir. Cd, Cr, Mn ve Ni açısından içme suyu kılavuz değerlerinden daha yüksek konsantrasyon değerlerine rastlanılmıştır.

Manoj ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmanın amacı ise altı ağır metal (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Mn) açısından Subarnarekha Nehri (Hindistan)'nin ağır metal kirliliği endeksini ortaya koymaktır. Sonuç olarak endüstriyel ve kentsel bölgelere yakın yerlerde Fe, Cu, Cd ve Pb konsantrasyonlarının Hint

standartları Bürosu (BIS) tarafından öngörülen maksimum değeri aştığı tespit edilmiştir. Hem doğal ve antropojenik kaynakların nehrin kirlilik yüküne katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

Al-Farrağ ve diğ., (2013) tarafından Suudi Arabistan'ın Riyad kenti sanayi alanındaki su örneklerinde ağır metal analizi yapılmıştır. Belirlenen çoğu parametre (Fe, Mn, Zn, Cd, Ni, Pb, Mo, ve B) için standartlar tarafından belirlenen kabul edilebilir sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Fe, Mn, Zn, Cd, Ni, Pb, Mo, ve B konsantrasyonlarının endüstriyel atık alanlarından uzaklaştıkça kirliliğinin kaynağının azaldığı belirlenmiştir.

Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) tarafından yapılan çalışmada Hindistan'ın River Cooum nehrinin su kalitesini araştırmayı amaçlamışlardır. Değerlendirmeye alınan 4 ağır metalin (Cr, Zn, Cu ve Fe) WHO tarafından belirlenen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

Li ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada Dongting Gölü'nde (Çin) ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Zn, Pb, Cd ve As özellikle madencilik atıksularından ve muhtemelen endüstriyel atık kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Cr ve Cu çoğunlukla doğal erozyondan ve yaygın tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca ağır metal kirliliğinin mekansal dağılışına bakıldığında ise şehirler, özellikle Yueyang şehrinden giriş nehirlerinde hakkında özelliklerine yakın bir ilişki içindedir.

Nitekim Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) tarafından yapılan çalışmada da ağır metallerin (Cd, Cr, Co Pb, Cu, Ni, Fe, Zn ve Mn) bazı örneklerde izin verilen sınırların üzerinde konsantrasyon değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Skordas ve diğ., (2015) tarafından Yunanistan'ın Karla Gölü'nde yapılan çalışmada göl ortamında Pb'nin yükselmesini evsel ve endüstriyel atıksulara bağlamışlar ve Pb'nin antropojenik kaynaklı olduğunu belirlenmiştir. Ni, Cr, Co, Cu ve Zn'nin ise jeolojik kökenli olabileceği gözlenmiştir. Aynı zamanda çalışmada ağır metal konsantrasyonlarının yaz aylarında daha yüksek olduğu

tespit edilmiştir. Aynı zamanda Andras ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada da yaz mevsiminde daha yüksek konsantrasyon değerleri belirlenmiştir.

2.2.3. Toprak Kirliliği

Sadıklar ve diğ., (1994) Akçaabat-Yomra (Trabzon) kıyı yöresi topraklarında Fe, Mn, Pb, Zn, Cu ve Co ağır metallerini araştırmışlardır. Bu ağır metaller açısından yüksek konsantrasyon değerleri gözlenmiştir. Fe, Mn, Pb, Zn, Cu ve Co konsantrasyon seviyelerinin yüksek çıkmasının nedeni analize tabii tutulan toprakların anakayalarının önemli derecede bazaltik ve andezitik kayalar müteşekkil olmasına bağlanmıştır.

Jaradat ve Momani (1998) tarafından yapılan çalışmada yol kenarı toprak ve bitkilerinde ağır metal içerikleri araştırılmıştır. Yol kenarında ve kentsel alanlarda anlamlı derecede yüksek ağır metal (Cu, Cd, Pb, and Zn) içerikleri gözlenmiştir.

Nadal (2005), Tarragona'da (Katalonya, İspanya) kimyasal/petrokimyasal endüstri bölgesinde çevresel kirleticilerin insan sağlığına etkisinin değerlendirilmesi konulu doktora tez çalışmasında toprak ve bazı bitki türlerindeki kirleticilerin etkilerini araştırmıştır. Yapılan tüm kimyasal analizlerde kimya endüstrisinin ve şehirleşmenin yakınlarındaki bölgelerde ağır metallerin yüksek değerlerde olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık petrokimya tesislerinin ve şehirleşmenin olmadığı bölgelerden alınan toprak örneklerinde ağır metallerin düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Şehirleşmenin olduğu bölgelerdeki yüksek Pb oranı özellikle buradaki araçlarda kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Tüm bunlara rağmen topraklardaki tüm kirletici seviyelerinin İspanya Hükümeti'nin kirlilik için belirlediği üst sınırların altında olduğunu belirtmiştir.

Apaydın (2005) çalışmasında Samsun-Tekkeköy bölgesinde, sanayiden kaynaklanan toprak kirliliğini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırma için seçilen bölgeden, karelej yöntemiyle , merkezde sanayi tesislerinin bulunduğu D-B yönünde yaklaşık 6 km'lik, K-G yönünde yaklaşık 4 km'lik bir alandan 0-20 cm derinlikten 24 toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin kimyasal analizleri için standart metotlar kullanılmıştır. As, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Eu, Fe, Ga, Hf, Hg, K, La, Lu, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, Yb ve Zn eser elementleri XRF metodu ile ölçülmüştür. Toprakların özellikle sanayi tesisleri yakınlarında asidik özellik gösterdiği, sanayi tesislerinden uzaklaştıkça Ph değerlerinin artarak alkali özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Makro element konsantrasyonları incelenerek, N ve SO₄-2 konsantrasyonlarının sanayi bölgesinde yüksek iken bölgeden uzaklaştıkça azaldığı, P ve K konsantrasyonlarının ise sanayi bölgesinde düşük iken bölgeden uzaklaştıkça arttığı tespit edilmiştir. Eser element analizi sonucunda bölgede As, Cr, Cu, Ni ve Zn konsantrasyonlarının kritik değerler üzerinde olduğu görülmüştür. Her bir element için zenginleşme faktörü (Zf) hesaplanmış, özellikle sanayi tesisleri yakınında Cu, Pb ve Zn'nin, bölge genelinde ise As, Sb ve Se'nin zenginleştiği görülmüştür. Kirleticilerin değişiminin kaynaklarını tespit etmek amacıyla faktör analizi uygulanmış ve 4 faktör elde edilmiştir. İlk faktör olan F1, temiz toprak özelliği gösteren faktördür. Diğer 3 faktör ise (F2, F3 ve F4) farklı kirlilik özellikleri gösteren ve sanayi tesislerinin etrafında yer almış olan kirlilik faktörleri olarak tespit edilmiştir.

Köleli ve Halisdemir (2005), Kazanlı (Mersin)'da tarım topraklarında krom (Cr), kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) dağılımlarını belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada; Kazanlı'da ki krom fabrikasının doğu, kuzeydoğu, kuzey, kuzeybatı ve batı doğrultularında fabrikadan uzaklaşacak şekilde toplam 30 toprak örneği alarak incelemişlerdir. Bu elementlerin topraktaki konsantrasyonları Türkiye maksimum alınabilirlik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Kromca kirletilmiş toprakların fabrikadan 500-2000 m uzaklıktaki alanda yer aldığını ve fabrikadan uzaklaştıkça kirlilik oranlarında bir azalmanın olduğunu ileri sürmüşlerdir. Krom ve nikel elementlerinin

fabrika çevresinde daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunu, buna karşılık kurşun elementinin ise karayolu civarında yüksek miktarlarda olduğunu ortaya koymuşlardır.

Grigalaviciene ve diğ., (2005) çalışmalarında ağır metal konsantrasyon düzeylerinin yola mesafe ile bağlantısını araştırmışlardır. En yüksek ağır metaller konsantrasyonları yoldan 5 metre mesafede bulundu. Karayoluna artan mesafe ile birlikte ağır metal içeriğinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Sonuçlar, karayolu yakınındaki topraklarda özellikle Pb bakımından önemli derecede zenginleşme olduğunu göstermiştir.

Lee ve diğ., (2005) Hong Kong'da kentsel, kırsal ve banliyö bölgelerinde yaptıkları CBS ve çok değişkenli istatistiği temel aldıkları topraktaki ağır metal kirliliği ortaya koymayı amaçladıkları çalışmalarında, kent alanlarında ve banliyölerdeki yüzey topraklarının (0-15 cm) Cu, Pb ve Zn metallerince zenginleştiğini ve özellikle kentsel alanlarda Pb metalinin değerinin sınır değerleri aştığını belirtmişlerdir. Çalışmada Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin kirlilik haritaları CBS ile oluşturulmuş ve bu haritalarda özellikle Hong Kong adasının kuzey ve batı bölgelerinde belirgin bir metal kirliliği olduğu vurgulanmıştır. Kirliliğe bu bölgedeki yoğun araç trafiğinin neden olduğu ileri sürülmüştür.

Mohd Tahir ve diğ., (2007) tarafından Malezya'da bulunan Terengganu'nun Dungun ilçesinin sahil kasabasında ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Sonuçlar genel olarak köy alanları nispeten düşük kontaminasyonu göstermesine rağmen, şehirdeki açık topraklar ve endüstriyel alanlarda ağır metallerde kayda değer yüksek seviyeler gözlenmiştir. Atmosferik depolanmaları ve ana yol kenarındaki topraklarda mesafenin Pb dağılımı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan sanayi alanları ve şehir alanları Cu, Mn, Fe, Pb ve Zn yüksek ortalama konsantrasyonu sergilediği belirlenmiştir.

Mashal ve diğ., (2009) çalışmalarında Al-Hashimeyeh (Ürdün) belediyenin kentsel topraklarında Zn ve Pb dağılımı incelemektedir. Analizler sonucunda

ağır metal kirleticilerinin bölgede, endüstriyel faaliyetler ve trafik emisyonlarından kaynaklandığını göstermektedir.

Atayese ve diğ., (2009) çalışmalarında Nijerya'nın iki önemli karayolunda Pb ve Cd ağır metallerinin yollara olan mesafe (5, 10, 15 ve 20 m) ile değişimi araştırılmıştır. Yollara olan mesafenin artışı ile ağır metal konsantrasyonunda azalmalar tespit edilmiştir.

Olatunji ve diğ., (2009) çalışmalarında Odogunyan da bir sanayi alanı içinde sanayi faaliyetlerinin toprak kalitesi üzerine etkisini incelenmiştir. Cd, Cu, Pb, Zn, Mn ve Mo ağır metallerinin düzeyleri sanayi faaliyetleri ile bağlantılı bulundu.

Akpoveta ve diğ., (2010) çalışmalarında Nijerya'nın Delta eyaletinde Abraka ve Agbor civarındaki metal hurda çöplükleri etrafındaki toprak örneklerinde ağır metal düzeyleri incelenmiştir. Her iki şehirdede, şehir merkezlerinden (mesafe) uzaklaştıkça ağır metallerin konsantrasyonunda azalmalar gözlenmiştir. Sadece Agbor toprak örneklerinde ağır metaller Abraka oranla biraz daha yüksektir. Kirlenme indeksi sonuçlarına göre topraklarda Pd, Cd, Co, Cu ve Zn daha yüksektir.

Kurt (2010) çalışmasında Mersin ili doğusundaki Deliçay ile Tarsus Çayı arasındaki alanda tarım topraklarının kirlilik düzeylerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Toprak kirliliğinin mekansal dağılımı ve kaynağı CBS aracı ile ortaya konmuştur. 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri 5 aşamalı sürdürme yöntemi ile çözeltiliye alınarak çözeltilerdeki Mn, Fe, Cr, Cd, As ve Pb gibi elementler ICP-MS aracı ile belirlenmiştir. Cr elementi özellikle sanayi tesislerinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği Kazanlı kasabasının batı kesimlerinde daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanının doğu ve batı kesimlerindeki topraklarda ise Ni elementi derişimi daha yüksek olarak bulunmuştur. Cu, Zn ve As metalleri tarım topraklarında, Pb metali ise trafiğin faaliyet gösterdiği yol kenarı topraklarında daha yüksek çıkmıştır. Toprak numunelerinin birkaçında TKKY ve AB için öngörülen sınır değerleri geçtiği belirlenmiştir.

Lin ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada Cr, Cu, Ni ve Zn ağır metallerinin kaynaklandığı kaynak sahalarını araştırmışlardır. Sonuçlara göre orada bu dört ağır metal için birden fazla sıcak nokta olduğu ve onların sanayi tesisleri ile sulama sistemlerinin yerleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Mmolawa ve diğ., (2011) tarafından Botswana'da ağır metal kirliliğinin kaynakları araştırılmıştır. Ağır metal kirlilik kaynaklarının insan faaliyetleri, araç emisyonları ve litojenik olaylar da dahil olmak üzere karışık kökenlerine işaret ettiği belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Al, Cu, Fe, Mn, Zn ve Co kirleticilerin karışık kökeni olduğunu gösterirken Fe ve Mn litojenik ağırlıklı ve Pb ve Ni ile araç emisyonları kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Odoi ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada sanayi bölgesine yakın topraklarda Cu, Mn, Cd, Pb ve Zn ağır metallerinin düzeylerini, kaynaklarını ve mekansal değişimini göstermek amaçlanmıştır. Endüstriyel atık deşarjının mekansal değişiklik üzerinde etkili olduğu belirlenmiş ve sanayi alanlarına yakın topraklarda ağır metaller anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.

Deka ve Serma (2012) çalışmalarında Doğu Guwahati Sanayi bölgesi (Hindistan) topraklarında Zn, Pb, Fe, Mn kirliliğini araştırmışlardır. Çalışma alanı topraklarının ağır metaller ile kirlenmiş olduğunu ortaya koydu.

Hu ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada ağır metallerin kaynakları araştırılmıştır. Cd, Cu ve Zn'nun antropojenik kaynaklı; Mn, Co, Fe, Hg'nin litojenik kaynaklı; Cr ve Ni'in ise hem doğal hem de insan kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Argyraki ve Kelepertzis (2014) tarafından Atina'da yapılan çalışmada mekansal olarak insan kaynaklı ağır metallerin şehrin merkezine ve Pire Limanına doğru arttığı tespit edilmiştir. Ni, Cr, ve As konsantrasyonları diğer ağır metallerle kıyasla dünyadaki şehirler etrafında nispeten daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Inobeme ve diğ., (2014) çalışmalarında Fe, Zn, Mn, Pb, Cr, Cu ve Cd gibi tüm metaller araştırıldı. Cd haricinde toprak numunelerinde tüm ağır metallerin mevcut olduğu bulunmuştur. Fe konsantrasyonunun diğer metallere göre birkaç kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerde ağır metal konsantrasyonunun endüstri sahalarından uzaklaştıkça azaldığı tespit edilmiştir.

Karima ve diğ., (2014) çalışmalarında, kentsel topraklarda Cu, Zn, Pb, Fe ve Cr ağır metal konsantrasyonlarının Pakistanın Karaçi mega kenti için değerlendirildi. Mekansal analizi için toprak örnekleri 30 farklı yerlerden toplanmış ve 6 ayrı arazi sınıfına aittir. Cu, Zn ve Pb metal konsantrasyonlarının mekansal değişiminin nedeni olarak araç emisyonları gösterilmiştir.

Olatunji ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada Güney Nijerya'nın Benin şehri topraklarında Pb, Cu, Zn, Cr, Cd ve Ni ağır metalleri araştırılmıştır. İnsan nüfusunun, trafiğin ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlarda bu ağır metallerin zenginleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma Benin şehri topraklarında ağır metal içeriklerinin insan faaliyetlerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.

Yusuf ve diğ., (2015) çalışmalarında Sokoto eyaleti (Nijerya) topraklarında Fe, Cr, Cd, Zn ve Pb ağır metallerinin konsantrasyonu araştırılmıştır. Fe'nin tüm diğer metaller daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum toprağın coğrafi kökenine beğlanmıştır. Elde edilen konsantrasyon düzeyleri Nijerya Federal Çevre Koruma Ajansı (FEPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen güvenli çevre için tolere edilebilir sınırdan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

2.2.4. Hava Kirliliği

Bouhamra ve Abdul-Wahab (1999) tarafından Mansouriya (Mısır) yerleşmesinde hava kalitesi araştırılmıştır. Kirleticilerden CO, NO, NO₂

seviyelerinin, EPA'nın yerleşim merkezleri açısından öngördüğü limit değerlerin altında seviyelerde olduğu vurgulanmıştır.

Payan ve Ertürk (2002) çalışmalarında Bursa'da Kasım 1995-Mart 1996 döneminde hava kalitesi incelenmiştir. SO₂ ve NO_x'lerin nüfusun ve trafiğin yoğun olduğu Heykel, Yıldırım ve Altıparmak semtlerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Endüstri, nüfus ve trafiğin yoğun olması Bursa atmosferinde kirlenme seviyelerinin de yüksek olmasına sebep olduğu belirtilmiştir.

Erbaşlar ve Taşdemir (2007) çalışmalarında Bursa'nın iki semtinde Aralık 2001-Kasım 2002 dönemleri arasında hava kirlenici parametrelerinden CO, NO_x, SO₂, ve PM seviyeleri ölçmüşlerdir. Genellikle yüksek konsantrasyon düzeyleri kış aylarında; buna karşılık düşük konsantrasyon düzeyleri ise sıcak aylarda meydana geldiği belirlenmiştir. Kirlenicilerin konsantrasyon düzeyleri arasında korelasyonlar uygulanmış ve aralarında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir.

Nazım ve diğ., (2008) çalışmalarında Erzurum ilinde 2003-2006 yılları arasında SO₂ ve PM düzeylerinin hem kış ayları için belirlenen sınır değerleri hem de kısa dönemli kritik değerleri aştığı tespit edilmiştir. PM seviyeleri açısından 2004 yılına kadar artış; 2004 yılından sonra ise azalış belirlenmiştir. SO₂ seviyeleri açısından ise incelenen yıllar arasında giderek azaldığı görülmüştür.

Kara ve diğ., (2010) Konya kentinde PM ve SO₂ konsantrasyonlarının 2000-2009 periyodu süresince yıllara göre değişimini araştırılmıştır. Kış döneminde PM ve SO₂ 'de yüksek konsantrasyon seviyeleri gözlenmiştir. Yıllık ortalama değerlerde limit değerlerin sağlandığı ama özellikle ısınma döneminde PM konsantrasyon seviyelerinin hedef sınır değerlerin üzerinde seyrettiği görülmüştür.

Kara ve diğ., (2010) Aliağa endüstri alanında partiküler madde ve tozların alansal ve mevsimlere bağlı olarak değişimi araştırılmıştır. PM₁₀ ve toz

konsantrasyonlarının en yüksek olduğu noktaların özellikle sanayi tesislerine yakın alanlarda olduğu tespit edilmiştir.

Ulu ve diğ., (2010) çalışmalarında Trabzonda hava kalitesini araştırılmıştır. PM konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir. Gerek PM gerekse de SO₂ ölçüm sonuçları açısından kış sezonu ortalama sınır değerlerinin aşılmadığı tespit edilmiştir.

Gallardo ve diğ., (2011). Bogota (Kolombiya), Buenos Aires (Arjantin), Santiago (Şili) ve Sao Paulo (Brezilya) şehirlerinde hava kalitesi incelenmiştir. Bütün şehirlerde, son 10-15 yıl üzerinde NO_x ve CO azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu kirleticiler büyük oranda trafikten kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu kirleticilerde tespit edilen makul düşüşün taşıtlardaki teknolojik değişimlerle ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Özcan (2012) çalışmasında İstanbul'da hava kirletici parametrelerinin (SO₂, CO, NO, NO₂, NO_x) in uzun vadeli değişimler incelenmiştir. SO₂ ve CO emisyonlarının son yıllarda önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. NO_x konsantrasyonlarında zamana bağlı olarak dalgalanmalar görülmüştür. SO₂ konsantrasyonu kış mevsimde daha yüksek düzeylerde belirlenmiştir. Bu durumun kışın ısınma nedeniyle fosil yakıtların yanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Malzeme (Veri)

Çalışma alanının fiziki ve beşeri unsurları ile ilgili veriler farklı kurum ve kuruluşlar ile arazi çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Bu veriler SPSS, ERDAS IMAGINE 8.4 Professional, ArcGIS 9.3 yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada UTM, WGS 1984, 35N koordinat sistemi kullanılmıştır.

3.1.1. Farklı Kurum ve Kuruluşlardan Temin Edilen Veriler

3.1.1.1. Topografya Haritaları ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

Sayısal yükseklik modeli (SYM) yüksekliklerin yatay ve düşey olarak eşit aralıklı matris noktaları şeklinde elde edildiği modeldir (Venkatachalam ve diğ. 2001). Yeryüzünün topoğrafik yüzeyinin göstermede SYM yapısı uygunluk göstermektedir. Aynı zamanda bu model, arazi analizleri ve diğer 3 boyutlu uygulamalar açısından genel bir veri kaynağını oluşturmaktadır (Bahadır ve Özdemir, 2011). Bir SYM oluşturulurken CBS ortamında eş yükselti eğrilerinin sayısallaştırılması ile raster model oluşturulması en yaygın kullanılanıdır. Kısaca, X, Y, Z değeri bilinen noktalara dayanılarak yapılan enterpolasyon işlemi ile tahminler yapılarak bir yüzey elde edilmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanını kapsayan 1/25000 topografik haritalar koordinatlandırılmış ve sayısallaştırılmıştır. Koordinatlı ve yükseklik değerleri girilmiş eşyükselti eğrileri kullanılarak ArcGIS programının Spatial Analyst modülü altındaki “topo to raster” kullanılarak süreklilik gösteren 20 m çözünürlükte bir raster model olan SYM oluşturulmuştur.

3.1.1.2. Diğer Sayısal Haritalar

Bir yerin mekana ait grafik bilgilerini, öznitelik bilgileri ile tanımlanmasını coğrafi bir veri sağlamaktadır. Coğrafi bir veri oluşturulurken öncelikle, hangi katmanların sistemde yer alacağı, bunların nokta, çizgi ve alan gibi hangi veri şeklinde tasarlanacağı ve katmanlara ait öznitelik bilgilerine karar verilmelidir (Çoban, 2006). Bu çalışmada kullanılan sayısal haritaların öznitelikleri çalışmanın amaçlarına uygun doğrultuda belirlenmiş ve ArcGIS 9.3 aracı kullanılarak oluşturulmuştur.

Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (Formasyon tipi, yaşı vb.) temin edilmiştir. Harita da kullanılan katmanlar poligon (alan) ve çizgi yapısındadır. Poligon yapısında formasyonlar; çizgi modelde ise, faylar ve kıvrım eksenleri depolanmıştır.

Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli toprak haritaları ise Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan alınmıştır. Çalışma alanına ait temel toprak haritası sayısallaştırılmış ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Toprak haritaları için oluşturulan veri tabanının öznitelik bilgilerinde ana toprak grupları, toprak özellikleri gibi bilgiler depolanmıştır.

3.1.1.3. İklim Verileri

Çalışma alanının iklim özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla İnegöl Meteoroloji İstasyonu'nun 2007-2013 dönemine ait sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr hızı ve yönü gibi rasatları kullanılmıştır. Veriler aylık olarak toplanmış ve sonuçlar çizelgeler ile grafikler halinde gösterilmiştir.

3.1.1.4. Hava Kirliliği Verileri

Havaya, kirli hava özelliği kazandıran kirleticilerinden yalnızca iki tanesi olan SO₂ ve PM₁₀ ölçülmesi, DSÖ tarafından kirlilik düzeyine karar verebilmede yeterli görülmüş ve her ülkede bu kirleticilerin ölçülmesi önerilmiştir. Diğer kirleticilerin düzeyi ise genellikle ülkeler genelinde bilinmemektedir. Ancak kentsel alanlarda hava kalitesinin giderek kötüleşmesi ve hava kirliliğinin sağlık üzerindeki potansiyel uzun vadeli etkilerini gösteren bulguların artış göstermesi “Temiz Hava Girişimlerinin” her geçen gün daha da önemini artırmıştır (Tecer, 2013). Bunun sonucunda da kentsel ve endüstriyel alanlarda hava kirliliği kontrolünde PM ve SO₂ gibi kirletici parametrelerinin yanında NO, NO₂ ve CO gibi kirleticiler de ölçülmeye başlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada da hava kirletici parametrelerinden SO₂, PM₁₀, NO, NO₂ VE CO düzeyleri incelenmiştir. İnegöl Ovası'nın Ekim 2011-Aralık 2013 dönemine ait hava kirliliği verileri (SO₂, PM₁₀ NO, NO₂ ve CO), İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Ayrıca ölçüm tarihi Mart 2013 de başlayan Mart 2013-Aralık 2013 dönemine ait hava kirliliği verileri (SO₂ ve PM₁₀), ise Marmara Bölge Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü alınmıştır. SO₂, PM₁₀, NO, NO₂ ve CO düzeyleri genel olarak irdelenmiş ve sonuçta hava kirliliği parametreleri ile zaman arasındaki ilişki tespit edilmiştir.

3.1.1.5. Uydu görüntüleri

Çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. 1972 yılından başlayarak günümüze kadar uzaya 7 adet Landsat uydusu gönderilmiştir. Görüntü aleti olarak dört farklı tip dönele ışınli vidikon kamera (RBV), çok bantlı tarayıcı (MSS), tematik görüntüleyici (TM) ve geliştirilmiş tematik (ETM+) görüntüleyici) Landsat uydularında kullanılmaktadır (Richards ve Jia, 1999). Landsat MSS tarayıcısında 4 adet TM tarayıcısında 7 adet spektral bant bulunurken, ETM+ tarayıcısında 8 bantlı multispektral tarayıcı bulunmaktadır. Jensen (2002)'e göre Landsat TM'den elde ettiği görüntüler MSS

algılayıcısının görüntüleme şekline oranla daha iyidir. Çünkü daha iyi konumsal, radyometrik, spektral ve zamansal çözünürlüğe sahiptir. Kılıç (2006)'a göre ise Landsat ETM+ görüntüsü, Landsat TM görüntülerinden daha iyi ve farklıdır. Farkı ise 15 metrelik pankromatik bantı, iki yeni görüntüleme aralığı, geliştirilmiş 60 metre çözünürlüklü termal bantı ve geliştirilmiş radyometrik kalibrasyon doğruluğunu sağlayan iki güneş kalibre edicisinin eklenmiş olmasıdır.

Çalışmada uydu görüntüleri seçilirken aynı mevsime ait görüntüler tercih edilmiştir. Nedeni ise zamansal farklılıktan kaynaklanacak güneş açısına ve bitki örtüsündeki farklılığına bağlı hataları ortadan kaldırmaktır. Bu kapsamda İnegöl Ovası yakın çevresini kapsayan Haziran 2010 tarihli Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ve Haziran 1987 tarihli Landsat Thematic Mapper (TM) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntülerin bulutsuz ve iyi kalitede olmasına dikkat edilmiştir. Bununla birlikte yapılan arazi kullanımı ve örtüsü sınıflarının değerlendirilmesi aşamasında sayısal yükseklik modeli ve 1:25000 ölçekli topografya haritaları kullanılmıştır. Verilerin doğrulaması için ayrıca arazi çalışmaları da yapılmıştır. GPS ile yersel veriler toplanmış ve değerlendirmeler sırasında dikkate alınmıştır.

3.1.1.6. Nüfus Verileri

İnegöl Ovası içerisinde kalan yerleşmelerin nüfusuna ait istatistikî bilgileri de Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınmıştır. Nüfus verisi genel olarak irdelenmiş, şekiller çizilerek gösterilmiş ve arazi kullanımındaki değişim nedenleri ile nüfus değişimi arasındaki ilişki araştırılmıştır.

3.1.2. Arazi Çalışmalarından Elde Edilen Veriler

3.1.2.1. Su Kirliliği Verileri

Çalışma alanında kentsel kaynaklı su kirliliğinin tespit edilmesi amacıyla İnegöl Ovası'nın çeşitli noktalarından (dere ve akarsu) direk yöntemle yaklaşık 25 cm derinlikten su örnekleri alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularından Su Numunesi Alınma İşlemine Ait Görüntüler

Yüzey sularını örnekleme için kemmerer şişe, bacon bomba örneği, dip örnekleme, direkt yöntem gibi çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Dere, nehir, göl ve diğer yüzey suları için genellikle direkt yöntem tercih edilmektedir. Bu yöntem numune şişesi içerisine doğrudan doğruya yüzeyden su örnekleri toplanması şeklindedir (EPA, 2013). Kimyasal

kirleticilerin seviyelerini ölçmek için kullanılan yöntem şişe (nokta) örneklemedir (Madrid ve Zayas, 2007). Örnekleme şişelerinden kaynaklanabilecek kirliliklerin önüne geçmek ve kirliliği en aza indirmek amacıyla örnek şişeleri saf su kullanılarak yıkanmış ve arazide her örnekleme noktasında alınacak olan su örneğiyle üç defa çalkalanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Polietilen Kapların Saf Su İle Yıkanması ve Kapların Arazideki Su Numuneleri İle Çalkalanmasına Ait Görüntüler

Her örnekleme noktasında, 100 ml polietilen kaplara su numuneleri alınmıştır ve alınan su numuneleri bulunulan ortamda 125 mm kalınlığındaki filtre kağıdı yardımı ile süzülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularından Alınan Su Numunelerinin Filtre Kağıdı Yardımıyla Süzülmesi İşlemine Ait Görüntüler

Su örneklerinin her biri arazide ve taşınırken, buharlaşma etkilerini azaltmak amacıyla ile taşınabilir buzlukta saklanmıştır. Balıkesir Üniversitesi Kimya

Bölümü Laboratuvarına getirilen tüm su örnekleri vakumlu süzme sistemi yardımı ile 0,45 mm kalınlığındaki cellulose filtreden geçirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. İnegöl Ovası'ndan Alınan Su Numunelerinin Laboratuvar Ortamında Vakumlu Süzme Sistemi ve 0,45 mm Kalınlığındaki Filter Kağıdı Yardımıyla Süzülme İşlemine Ait Görüntüler

Her bir numune şişesine katyonların absorbe olmasını veya çökmesini önlemek için 3 damla nitrik asit (HNO_3) ilave edilmiştir. Tüm su numuneleri Balıkesir Üniversitesi Kimya Bölümü Laboratuvar'ında analizler yapılincaya kadar soğutucuda saklanmıştır. Sulardaki element analizi Bülent Ecevit Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Su örneklem noktaları coğrafi referanslı küresel konumlama sistemi (GPS) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 5).

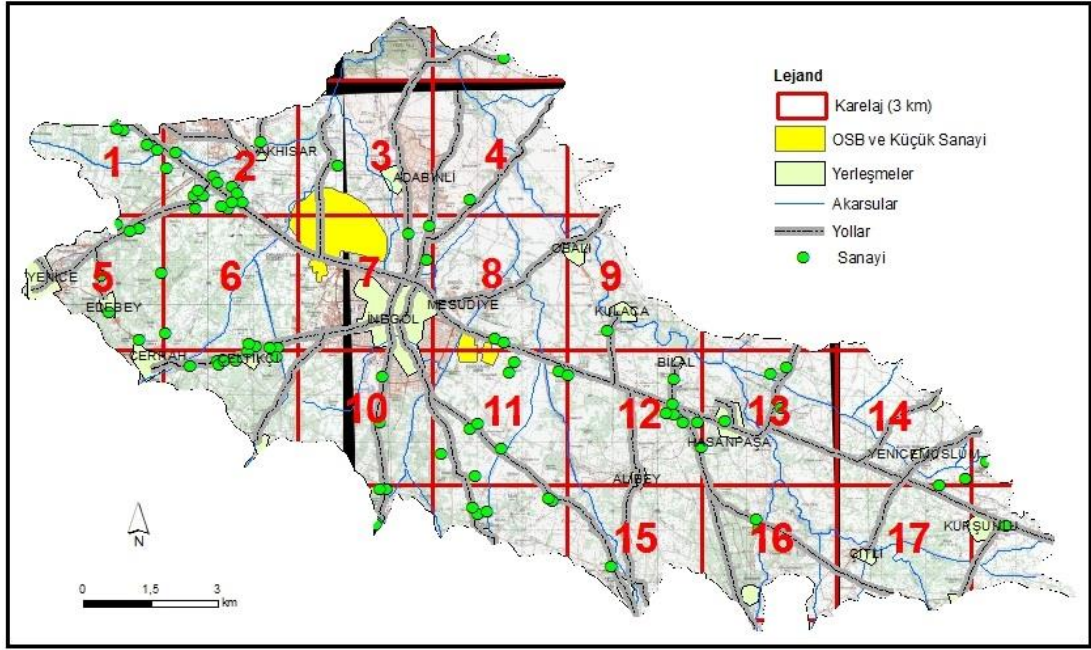


Şekil 5. Su Örneklem Noktalarının GPS İle İşlenmesine Ait Görüntü

Sonuçta, koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki analiz sonuçlarına ait bir veritabanı oluşturulmuştur. Laboratuarda analize tabii tutulan su örnekleri, İnegöl Ovası'nda kentsel kaynaklı su kirliliğinin mekânsal dağılımını, su kirliliği riskini modellenmek ve kaynaklarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2.2. Toprak Kirliliği Verileri

Rastgele, tabakalı rastgele, sistematik grid, sistematik rasgele ve transekt rasgele toprak numunelerinin alınmasında var olan yaklaşımları oluşturmaktadır (IAEA, 2004). Çok sayıda örnekleme tasarımları olmasına rağmen rastgele ve sistemik tasarımları toprak ve yer bilimleri için en yaygın olarak kullanılan türlerdir (IAEA, 2004). Bu nedenle bu çalışmada toprak örnekleri alınırken sistematik rasgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Şekil 6). Ortalama olarak kirletici konsantrasyonunu tahmin etmek için bu yöntem yararlıdır. Bu örnekleme alma yönteminde alan bir kareye bölünmekte; daha sonra, her bir hücre içerisinde örnekler rasgele seçim prosedürleri kullanılarak toplanmaktadır (IAEA, 2004).



Şekil 6. Çalışma Alanının Karelaj Yöntemi İle Karelere Bölünüşü

Çalışma alanı, kuzey güney ve doğu-batı doğrultularında 3 km büyüklüğündeki gridlere bölünmüş ve bu gridlerin içlerinden rastgele yöntemle (Şekil 6) 0-25 cm'lik (TKKY, 2005) derinlikten toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. İnegöl Ovası'nda Toprak Numunelerinin Alınması İşlemine Ait Görüntü

Kentsel alanlardaki toprak örnekleri genellikle 10 cm ya da 20 cm derinlikten toplanmaktadır (Wei ve Yang, 2010). Çünkü antropojenik kirleticiler toprağın üst tabakasında kontamine olmaktadır (Parth ve diğ., 2011). Alınan toprak örnekleri Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Laboratuvarında kurutulmuştur. Çalışma alanındaki grid hücreleri içinde zikzaklar çizilerek birkaç yerden plastik kaşık yardımı ile alınan toprak numuneleri 2 lt hacimli plastik poşetlere konulmuştur (Şekil 8). Plastik poşetler üzerine numunelerin koordinat değerleri yazılmıştır.



Şekil 8. Plastik Kaşık Yardımı ile Alınan Toprak Numunelerinin Poşetlenip Koordinat Değerlerinin Yazılması İşlemine Ait Görüntü

Alınan tüm toprak örnekleri, Kimya Bölümü'nün açık ve temiz laboratuvar ortamında 5-6 gün geniş süzgeç kağıtları içinde ve üstü aynı kağıtlarla kapatılarak kurutulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Toprak Numunelerinin Geniş Süzgeç Kağıtları İçinde ve Üzeri Aynı Kağıtlarla Kapatılarak Kurutulması İşlemine Ait Görüntü

Numuneler içindeki taşlar ve yabancı maddeler temizlenmiş ve her gün plastik bir kaşık yardımı ile karıştırılmıştır (Şekil 10). Kurutulan toprak numuneleri Balıkesir Üniversitesi laboratuvarında 2 mm elek yardımı ile elenmiştir.



Şekil 10. Toprak Numunelerinin Plastik Bir Kaşık Yardımı ile Hergün Karıştırılarak Kurutulması İşlemi

Topraklardaki element analizi Bülent Ecevit Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezindeki ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Çalışmada örnekleme noktaları coğrafi referanslı küresel konumlama sistemi (GPS) kullanılarak belirlenmiştir. Koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki kentsel kaynaklı kirleticilerin işlendiği veri tabanı oluşturulmuştur.

3.2. Yöntem

Bu çalışma büro, saha, laboratuvar ve değerlendirme araştırması niteliği taşımaktadır.

3.2.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Çalışma alanının sınırı, eğim kırıklığının geçtiği yerden ovayı ve yakın çevresini kapsayacak şekilde elde edilmiştir. Çalışma alanının sınırı

belirlenirken aynı zamanda jeolojik formasyondan ve toprak haritalarından da yararlanılmıştır.

3.2.2. Toprak Kirliliği

Rastgele örneklem yöntemi ile 0-25 cm derinlikten alınan toprak örnekleri kullanılarak koordinat çifti ve kirleticiler miktarlarından oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Bu örneklerle Çizelge 1’de verilmiş olan kentsel kaynaklı kirleticilerin topraktaki miktarları laboratuvar ortamında belirlenmiştir.

Öncelikle, veri setinde yer alan tüm toprak örneklerine tanımlayıcı istatistiksel analizler uygulanmıştır. Toprak kirliliği verileri istatistikî olarak da Spatial Package for Social Sciences (SPSS) programı ile analizlere tabi tutularak incelenmiştir. Her bir değişken için en düşük ve en yüksek değer, standart sapma, ortalama, çarpıklık, % varyasyon katsayısı ve basıklık değeri hesaplanmıştır. Toprak kirliliğinin toprak kalitesine etkisi değerlendirilmiş, toprak kirliliği verileri Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) standartlarıyla karşılaştırılarak irdelenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Türkiye TKKY’ye Göre Ağır Metallerin Topraktaki Sınır Değerleri (TKKY, 2005)

Ağır Metal (Toplam)	Mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak
	pH 5- 6	pH>6
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Arsenik	20 **	

* pH değeri 7’den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Toprak kirleticilerinin haritalanmasında jeostatistiksel teknikler dikkati çekmektedir (IAEA, 2004; Pennock ve diğ., 2006; Sağlam ve Dengiz, 2013).

Jeoistatistik yönteminde işlemler iki aşamalı olup ilk aşamada, incelemeye alınan toprağın ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyonun, yani doğal olarak bulunan yersel bağımlılığın derecesi belirlenmekte; ikinci aşamada ise ileri bir interpolasyon tekniği aracı ile incelenen özelliğin örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım deseni belirlenmeye çalışılmaktadır (Öztaş, 1995). Alınan toprak örneklerinin mekânsal dağılımı nispeten düzensiz olduğu için analiz değerlerinin alansal değişiminin klasik yüzey enterpolasyon teknikleri (doğrusal enterpolasyon gibi) ile haritalanması mümkün değildir. Böyle bir dağılımın haritalanmasında jeoistatistiksel enterpolasyon teknikleri kullanılmaktadır. Jeoistatistiksel enterpolasyon teknikleri arasında en yaygın olanı Kriging'dir (Ölgen ve diğ., 2009). Kriging yöntemlerinden Indicator Kriking, Simple Kriking, Ordinary Kriking ve Cokkriking yaygın olarak kullanılmaktadır (İnal ve Yiğit, 2003).

Bu çalışmada araziden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarının mekansal dağılımını belirlemek için ArcGIS Geostatistical Analyst modülünde yer alan araçlar kullanılarak tüm veri seti incelenmiş ve dağılım haritalarının oluşturulmasında Ordinary Kriging yöntemi tercih edilmiştir. Ordinary Kriging yönteminde bölgesel değişkenlerin durağan ve ortalamasının sabit olduğu varsayımına göre çözüme gidilmektedir. İnal ve Yiğit (2003)'e göre yöntemde ağırlıkların belirlenmesine ilişkin detaylı matematiksel ve istatistiksel yaklaşımlarla, kovaryans fonksiyonundan denklem çıkarımları aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

Variogram fonksiyonundan ağırlıkların belirlenmesin de aşağıdaki yol izlenmektedir:

Ağırlıklar,

$$Var[\hat{Z}_p - Z_p] = min$$

Olması koşuluna göre türetilen

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots W_n\gamma(h_{1n}) = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots W_n\gamma(h_{2n}) = \gamma(h_{2p})$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots W_n\gamma(h_{nn}) = \gamma(h_{np})$$

lineer denklem sistemine göre çözümlenir. Matris gösterimi ile

$$\gamma W = \gamma 0$$

yazılabilir. Burada;

γ dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm çiftlerin variogram değerlerine ilişkin n boyutlu kare matris

W n-boyutlu ağırlık bilinmeyenleri vektörü

γ_0 enterpole edilecek nokta ile dayanak noktaları arasındaki variogram değerleri vektörü (n-boyutlu)

Ayrıca enterpolasyonun yansız olması için;

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

şartı ileri sürülür ve bu durumda denklem sistemi aşağıdaki şekli alır.

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots + W_n\gamma(h_{1n}) = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots + W_n\gamma(h_{2n}) = \gamma(h_{2p})$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots + W_n\gamma(h_{nn}) = \gamma(h_{np})$$

$$W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$$

Aşağıdaki denklem sistemine bakıldığında n tane bilinmeyen ve (n+1) tane denklem vardır. Çözümün yansız olması için (λ) Lagrange çarpanı eklenmektedir. Lagrange çarpanı ile denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenir ve denklem sistemi;

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots + W_n\gamma(h_{1n}) + \gamma = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots + W_n\gamma(h_{2n}) + \gamma = \gamma(h_{2p})$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots + W_n\gamma(h_{nn}) + \gamma = \gamma(h_{np})$$

$$W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$$

olur. Matris gösterimi ile,

$$\gamma W = \gamma 0$$

yazılabilmektedir. Burada,

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \cdot & \cdot & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \cdot & \cdot & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ \cdot & & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot & \cdot \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & & & \gamma(h_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & \cdot & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ W_p \\ \gamma \end{bmatrix} \quad \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma(h_{np}) \\ 1 \end{bmatrix}$$

Olmak üzere W bilinmeyenler vektörü,

$$W = \gamma^{-1} \gamma_0$$

formülü ile hesaplanmakta ve enterpolasyon noktasının Kriging varyansı,

$$\sigma_{OK}^2 = W^T \gamma_0$$

denkleminde bulunmektedir.

Ağırlıklar belirlendikten sonra Kriging genel denkleminde çalışma bölgesindeki herhangi bir nokta için enterpolasyon değeri

$$Z_p = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

şeklinde dir. Burada,

Z_p noktasının aranan ondülasyon değeri

W_i ZP nin hesabında kullanılan her bir Z_i ye karşılık ağırlık değeri

Z_i Zp nin hesabında kullanılan noktaların ondülasyon değeri

n Zp nin hesabında kullanılan nokta sayısı

Bu formüllerde Z değeri konumları ile belli ondülasyon değerlerini göstermektedir.

Genellikle jeostatistikte ağırlıklar variogram parametrelerine yukarıdaki denklem sistemlerine göre bulunmaktadır (İnal ve Yiğit, 2003).

Bu çalışmada mekansal tahmin ve risk değerlendirilmesinde "Indicator Kriking" yöntemi kullanılmıştır (Tarboton ve diğ., 1995; Odeh ve Onus, 2008).

Indicator kriking analizi mekansal tahmin ve risk değerlendirilmesi

çalışmalarında olasılık analizi için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Tarboton ve diğ., 1995; Odeh ve Onus, 2008). Bu yaklaşımı birçok araştırmacı toprak, su ve hava kirliliği gibi çevre kirliliği araştırmalarında yaygın olarak kullanmıştır (Lin ve diğ., 2002; Zhang ve diğ., 2009; Piccini, 2012; Tecer ve Tağıl, 2013). Bu yöntemde Çizelge 1'deki toprak kalitesi sınır değerleri dikkate alınmış ve her bir ağır metale ilişkin olasılık haritaları "indicator kriking" yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Indicator kriking interpolasyon yöntemi, örneklenmemiş bir alanda bir koşullu kümülatif dağılım fonksiyonu ile olasılığı tahmin eder (Lin ve diğ., 2002; Marinoni 2003). Dolayısı ile bu yöntemin metodolojisi, mekânsal dağılım hakkında bilgi sağlamakta, belirli değerlerdeki sınıfların eşik değerleri aşması ile olasılığı tahmin etmektedir (Zhang ve Yao, 2008). Diğer bir deyişle, bu yöntemde belirli bir eşik değeri aşan olasılık tahmin edilmektedir (Lin ve diğ., 2002; Tecer ve Tağıl; 2013).

Indicator kriking belirli bir eşik değeri aşan olasılığı tahmin etmektedir, Z_k , belirli bir konuda verilen. Indicator Krikingde veri, $Z(x)$, aşağıdaki gibi bir indicator değişkene dönüştürülmektedir.

$$i(X, Z_k) = \begin{cases} 1, & \text{if } z(x) \leq Z_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Örneklenmemiş bir noktadaki, X_0 , olasılığı $Z(x) \leq Z_k$ komşu indicator değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonunu kullanarak tahmin edebilir. Bu sıradan indicator kriking tahmini,

$$\text{Olasılık } [Z X_0 \leq Z_k / (n)] * = \sum_{\alpha=1}^n \gamma_{\alpha} i(x_{\alpha}; z_k)$$

$i(x_{\alpha}; Z_k)$ gösterge değerlerini temsil etmektedir. $x_{\alpha}, \alpha = 1, \dots, n$, ve γ_{α} , aşağıdaki kriking sistemi çözümlenerek belirlenmektedir. $i(X_{\alpha} Z_k)$ tahmin için kullanılan kriking ağırlığıdır.

$\text{Olasılık}[z(X_0 \leq Z_k / (n))]$ Ordinary Indicator Kriking aşağıdaki formül kullanılarak çözülebilmektedir:

$$\sum_{\beta=1}^n \gamma_{\beta} \gamma_i (X_{\alpha} - X_{\beta}; Z_k) + \mu = \gamma_i (X_{\alpha} - X_0 Z_k) \text{ ve}$$

$$\sum_{\beta=1}^n \gamma_{\beta}=1$$

μ Lagrange çarpanıdır; $\gamma_i(x\alpha - x\beta; z_k)$, indiktor değişkenler arasındaki varyogram, α th ve β th örnek noktalar; $\gamma_i(x\alpha - x_0; z_k)$, x_0 , α th ve $x = 1, \dots, n$ örnek noktalarının indicator değişkenleri arasındaki varyogramdır.

Riskin modellesinde Çizelge 1'deki toprak kirliliği sınır değerleri kullanılarak risk olasılık haritaları indicator kriking tekniği ile oluşturulmuştur. Türkiye TKKY'nde Fe için belirlenen bir sınır değer bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, konsantrasyon olasılık haritasındaki Fe değerleri Lindsay (1979)'a göre topraktaki kritik bulunması gereken element değeri olan 38.000 ppm değeri ile karşılaştırılmıştır. Fe de olduğu gibi Türkiye TKKY'nde Mn-1 için de belirlenen bir sınır değer bulunmamaktadır. Bu nedenle Fe de olduğu gibi Mn-1 değerleri Lindsay (1979)'a göre topraktaki kritik bulunması gereken element değeri olan 600 ppm değeri ile karşılaştırılmıştır. İndicator kriking yöntemi ile üretilen kirlitici haritalarında mavi renkler düşük kirlitici konsantrasyon değerlerini, kırmızı renkler ise yüksek konsantrasyon değerlerini belirtirken, rengin şiddeti konsantrasyon değerleri ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Diğer bir deyişle kırmızı bölgeler sıcak bölgeler (Hot Point) olarak da tanımlanmıştır.

Daha sonra ise tüm kirlitici açısından en yoğun kirlilik alanını tespit etmek amaçlanmıştır. Bunun için farklı değer aralıklarına sahip olan 9 ağır metale ait olan raster haritalar ortak bir ölçeğe getirilmiştir. Yani her bir ağır metal için 0-1 arasında yeniden ölçeklendirme yapılmıştır. Standartlaştırma denilen bu işlemde aşağıdaki yol izlenmiştir.

$$(x - \min) * \frac{\max - \min}{\max - \min} + \min$$

$$\max: 1$$

$$\min: 0$$

min: minimum değeri

max: maksimum değeri

x : kirletici

Ortak bir ölçüğe dönüştürülen tüm ağır metallere ait haritaların birleştirilmesinde Fuzzy yaklaşımı kullanılmıştır. Fuzzy sınıflandırma mantığında gözlenen yani ölçülen değerler yerine tam olarak tanımlanmış (net) olan değerler atanır (Lourence ve diğ., 2010). Kısaca ölçülen değerlerin yerine 0-1 arasında değişen yumuşak fuzzy değerleri kullanılır. 0.0 mutlak yanlışlığı gösterirken 1.0 mutlak doğruluğu göstermektedir (Rather ve Andrabi, 2012). Fuzzy sınıflandırmasında veri setlerini birleştirmek için beş operatörün yararlı olduğu tespit edilmiştir; Fuzzy AND, Fuzzy OR, Fuzzy GAMMA, Fuzzy Algebraic (Cebirsel) Product, Fuzzy Algebraic SUM, (Rather ve Andrabi, 2012).

Fuzzy AND: operatörü ile çıktı hücresi, bütün girdi üyelerinin en küçük yani minimum değerini açıklamaktadır (McBratney ve Odeh, 1997; Shahabi ve diğ., 2012 ; Weerasiri ve diğ., 2014). Alta yer alan formül ile ifade edilir (Rather ve Andrabi, 2012).

$$\mu_{combination} = MIN(\mu A, \mu B \dots \dots \mu N)$$

Fuzzy OR: operatörü bütün girdi üyelerinin en büyük yani maksimum değerini açıklamaktadır (McBratney ve Odeh, 1997). Alta yer alan formül ile ifade edilmektedir (Rather ve Andrabi, 2012).

$$\mu_{combination} = MAX(\mu A, \mu B \dots \dots \mu N)$$

Fuzzy GAMMA: Fuzzy Gamma operatörü Fuzzy cebirsel Sum ve Fuzzy cebirsel Product cinsinden tanımlanmaktadır (Shahabi ve diğ., 2012). Gamma operatöründe gamma aralığı 0-1 aralığında seçilen bir parametredir. Gamma birleşimi 1 olduğunda Fuzzy Algebraic Sum ile aynıdır. 0 olduğunda ise Fuzzy Algebraic Product'a eşittir (Rather ve Andrabi, 2012). Bu nedenle Fuzzy cebirsel Sum ve Fuzzy cebirsel Product arasında esnek bir uzlaşma sağlamak için Gamma operatörü en uygun seçimdir (Shahabi ve diğ., 2012). Alta yer alan formül ile ifade edilmektedir (Rather ve Andrabi, 2012).

$$\mu_{combination} = (Fuzzy Algebraic SUM) * (Fuzzy Algebraic Product)$$

Fuzzy SUM: Çıkış değeri, Fuzzy-üye değerlerine en büyük katkıda bulunan değerlerden her zaman daha büyük yada eşittir (Shahabi ve diğ., 2012).

Çıkış değerinin maksimum limiti 1.0 dır. Altta yer alan formül ile ifade edilmektedir (Rather ve Andrabi, 2012).

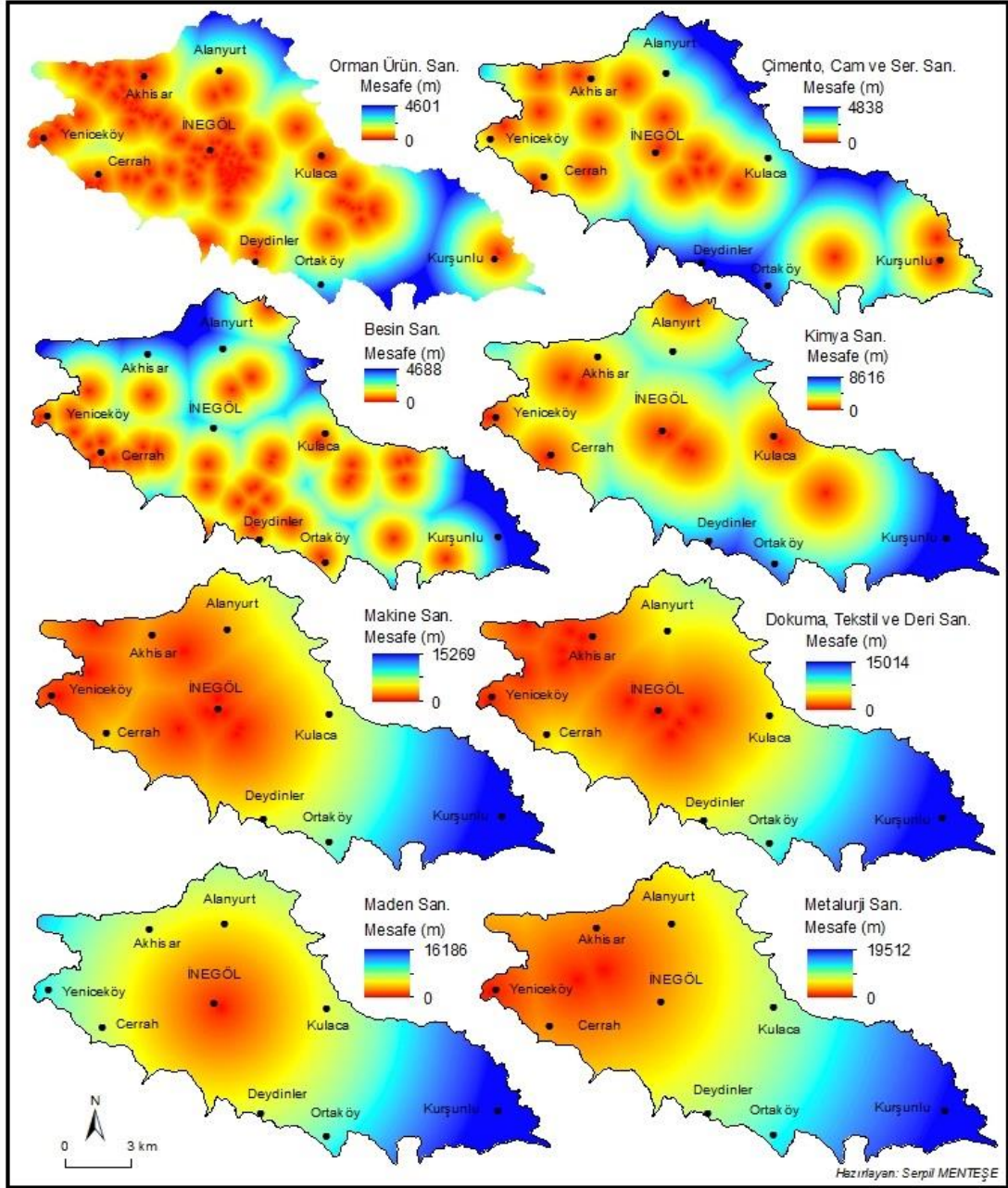
$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

Fuzzy Algebraic PRODUCT: Fuzzy algebraic Sum'ın tamamlayıcısıdır ve çıkış değeri Fuzzy-üye değerlerine en küçük katkıda bulunan değerlerden her zaman daha küçük yada değere eşittir (Shahabi ve diğ., 2012). Altta yer alan formül ile ifade edilmektedir (Rather ve Andrabi, 2012).

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i$$

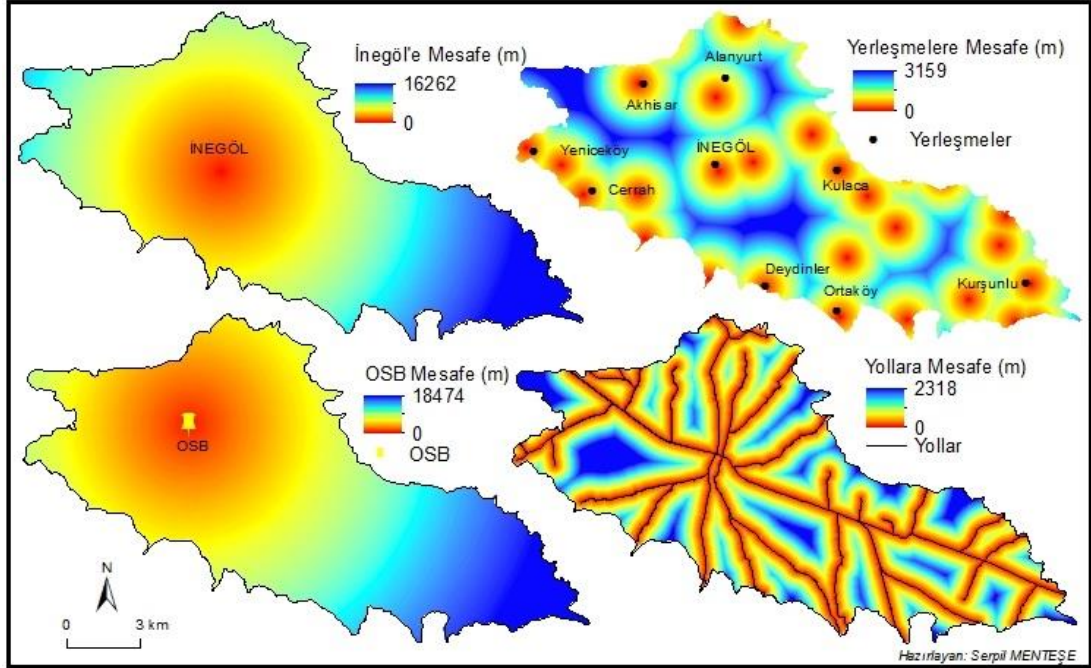
Semantic İmport Model (SI) modeline dayalı Fuzzy Sınıflandırması, toprak ve çevre çalışmalarında kullanılan ortak bir tekniktir (Lourence ve diğ., 2010). Toprak biliminde; toprak sınıflandırması, toprak jeostatistiği, arazi değerlendirmesi, toprak kalite endeksleri ve karar verme analizlerinde yaygın olarak kullanılır (McBratney ve Odeh, 1997; Keshavarzi ve diğ., 2012). Bu çalışmada 9 ağır metalin tümünün oluşturduğu en kirli alanların tespitinde Fuzzy yaklaşımlarından Fuzzy OR fonksiyonu kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda bütün kirleticilerin yüksek olduğu bölgeler toprak kirliliğinin en yüksek olduğu alanlar olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki her bir ağır metalin kirlilik kaynaklarını tespit etmek için ise mesafe analizi yapılmıştır. Öncelikle kirlilik haritaları üzerine rastgele 100 nokta atanmıştır ve kentleşmenin bir sonucu olan yol, yerleşme ve sanayi mesafe haritaları ile karşılaştırılmış ve her bir noktanın kirlilik değerleri ile yola, yerleşmeye ve sanayiye olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki tüm sanayi tiplerine (orman ürünleri sanayi, çimento, cam ve seramik sanayi, besin sanayi, kimya sanayi, makine sanayi, dokuma, tekstil ve deri sanayi, maden sanayi, metalurji sanayi) olan mesafe analizi Şekil 11 de gösterilmiştir.



Şekil 11. İnegöl Ovasında Yer Alan Sanayi Tiplerine Göre Mesafe Modelleri

Çalışma alanındaki sanayi tiplerine uygulanan model benzer şekilde yollara, kentsel (İnegöl) yerleşmeye, tüm yerleşmelere ve OSB'ye de uygulanmıştır (Şekil 12). Kentsel yerleşmelerden mesafe haritasında maksimum uzaklık 16262 m olarak bulunmuştur. Mesafe haritalarında maksimum uzaklık tüm yerleşmelerden 3158 m, yollardan 2318 m ve OSB'den 18474 m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 12. İnegöl Ovası'ndaki Yollara, Kentsel Yerleşmeye (İnegöl), Tüm Yerleşmelere ve OSB'ye Olan Mesafe Modelleri

Çalışmada kirlilik haritaları ile çakıştırılan mesafe modelleri SPSS for Windows 20.0 (IBM) programı aracı kullanılarak incelenmiştir. Kirlilik kaynaklarının tespitinde analiz yöntemleri olarak; korelasyon, regresyon, t-testi, tek yönlü varyans ve faktör analizi kullanılmıştır. Korelasyon analizi, iki farklı değişken arasındaki ilişkinin tespit edilmesinde ya da ilişkinin şiddetini ortaya çıkaran bir tekniktir (Kalaycı, 2006). -1 ile +1 değerleri arasında korelasyon katsayısı (r) değişmektedir. Korelasyon katsayısı +1 (pozitif-aynı yönde) ve -1 (negatif-ters yönde) değerler aldığı anda kuvvetleşir. İki değişken arasındaki ilişkinin zayıf olması katsayı sıfıra yakın olduğunu gösterir (Kalaycı, 2006). Regresyon analizi ise aralarında ilişki olan iki ya da daha fazla değişkenden birinin bağımlı değişken, diğerlerinin bağımsız değişkenler olarak ayrımı ile aralarındaki ilişkinin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması sürecini anlatır (Büyüköztürk, 2002). T-Testi (pairedsample t-test)'nin amacı farklı koşullarda tespit edilen sonuçların farklı olup olmadığını incelemektir. Faktör analizi ise birden çok değişkenle ilişkili bir değişkeni açıklamayı hedefler. Ayrıca bu değişkene katılar katan bağımsız değişkenlerin sayısını

ve bu bağımsız değişkenlerin faktör yüklerini belirler. Bütün değişkenler arasındaki bağımlılığın kökenini ortaya koymak bu yöntemin en önemli amacını oluşturmaktadır (Turgut ve Baykul, 1992). Faktör analizinin dört aşaması bulunmaktadır (Semerci, 2004). 1. İlk olarak Bartlett Testi (Bartlett Test of Sphericity) hesaplanarak belirlenir. Bartlett testi hipotez olarak “korelasyon matrisi birim matrise eşittir” hipotezini test eder. Değişkenler arasında bir ilişkinin olması hipotezin reddedilmesi anlamına gelir ve bu durumda faktör analizi, değişkenlere uygulanabilir. 2. İkinci olarak ise KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) değeri belirlenir. Çünkü bu değerler faktör analizinin iyi olup olmadığını ölçmektedir. İncelemeye alınan konuya faktör analizinin uygulanması anlamsız yani iyi bir fikir değilse küçük KMO değerlerine ulaşılır. Başka bir deyişle, iki değişken arasındaki ilişki diğer değişkenlerce açıklanamamaktadır. Bu durum için Çizelge 2’deki başka bir sınıflama ortaya atılmıştır.

Çizelge 2. Kaiser-Meyer-Olkin Değerleri İçin Bir Sınıflama

KMO Değeri	Yorumu
0,80 ve Üstü	Mükemmel
0,70-0,80	İyi
0,60-0,70	Orta
0,50-0,60	Kötü
0,50 den altı	Kabul Edilemez

3. Verilere uygulanabilir an uygun faktör sayısı, her faktör için açıklanan toplam varyans yüzdesi aracı ile hesaplanır. 4. Her bir faktörün yükünün hesaplanması bu analizin dördüncü aşamasını oluşturmaktadır. Faktör yükleri en az 30 değerini almalıdır. Ölçek geliştirirken ise faktör yükü en az 50 ve onun üzeri olmalıdır (Semerci, 2004). Çizelge 3 de bu çalışma için yapılan faktör analizi özet tablosu yer almaktadır. Çizelge 3 incelendiğinde 2 adet boyut ve onun alt etkenleri, faktör yükleri ve açıklayıcılık oranlarına ait değerler yer almaktadır. 12 maddeden oluşan ölçeğin faktör analizinde, maddelerin faktör analizine uygunluğunu ölçen KMO değeri (,801) ile “mükemmel uyum” düzeyindedir. Ayrıca faktör analizi yapılabilme şartı için gerekli olan bartlett’s testte ($p < 0,05$) olduğundan verilere faktör analizinin

uygulanabilirliğine karar verilmiştir. Faktör analizinde ortaya çıkan 2 boyutun ilki 9 adet sanayi kaleminin etkisi olarak belirlenmiştir. Bu faktöre “Endüstriyel Etki” adı verilmiştir. Endüstriyel etki alt boyutunun açıklayıcılık oranı % 58,12 olarak gerçekleşmiştir. Bu bağlamda topraktaki maddelerin açıklanmasında büyük ve asıl etki endüstriyel etkidir.

Çizelge 3. Faktör analizi özet tablosu

Boyutlar/Faktörler	Alt etken	Faktör yükü	Açıklayıcılık Oranı
Endüstriyel Etki	Maden Sanayi	,966	58,126%
	Makine Sanayi	,950	
	Dokuma Sanayi	,944	
	OSB	,932	
	Metalurji Sanayi	,889	
	Kimya Sanayi	,746	
	Besin Sanayi	,567	
	Çimento Sanayi	,885	
	Orman Ürünleri Sanayi	,575	
Beşeri Coğrafya Etkisi	Kentsel (İnegöl)	,968	11,531%
	Yollar	,819	
	Kırsal (Bütün yerleşmeler)	,772	
TOTAL			69,657%

*KMO değeri 0,801*Bartlett Testi için $p=0,00$

3 maddeden oluşan ve “Beşeri Coğrafya Etkisi” adını verdiğimiz diğer alt boyutun açıklayıcılık oranı ise % 11,53’tür. Toplam açıklayıcılık ise % 69,65 oranıyla son derece yüksek olarak kabul edilebilecek bir orandadır.

Bir çalışmada analiz edilen ölçeğin güvenilirliği ve geçerliliği araştırmanın sonuçları açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bir ölçek kullanmadan önce ölçeğin geçerliliğinin ve güvenilirliğinin sınanması gereklidir. Bir ölçeğin farklı zamanlarda aynı örnekleme uygulanması ve sonucunda da aynı sonuçlara ulaşma o ölçeğin güvenilirlik derecesini göstermektedir (Özdoğan ve Tüzün, 2007). Bu çalışmada, Cronbach's Alpha modeli güvenilirlik analizi yapılırken tercih edilmiştir. Bu modelin değeri faktör altındaki soruların toplamdaki güvenilirlik değerlerini belirtmektedir. Yöntemde değerin 0,70 ve yukarısında olduğu durumda ölçeğin güvenilir olduğu görülür. Fakat soru

sayısının sınırlı olduğu durumlarda bu değer 0,60 değeri ve yukarısı olarak kabul edilebilir (Kalaycı, 2006).

Çizelge 4. Cronbach's Alpha Değerleri İçin Bir Sınıflama (Kaynak: Kalaycı, 2006)

Cronbach's Alpha	Yorumu
0,80-1.00	Yüksek Güvenilirlik
0,60-0,80	Oldukça güvenilir
0,40-0,60	Güvenilirlik düşük
0,40 dan altı	Güvenilir değil

Ölçek geliştirilirken o ölçeğe ilişkin geçerlilik ise o ölçeğin ölçtüğü değişkeni hangi derece ölçtüğü ile ilişkilidir. Geçerlilik testinin de güvenilirlik testinin de belli bir katsayı dayanağı yoktur. Bu sebeple geçerlilik testi kuramsal analizlere bağlı olarak uygulanmaktadır.

Çizelge 5. Faktörlerin Tanımlayıcı İstatistikleri Ve Güvenilirlik Katsayıları (Kaynak: Kalaycı, 2006)

Ölçek	\bar{X}	Ss	Madde Sayısı	Cronbach's Alpha
Sanayi Etkisi	3852,68	2164,33	10	,909
Yol ve Yerleşme Etkisi	2551,10	1116,18	3	,603
Total			13	,927

\bar{X} : Aritmetik ortalama Ss: Standart sapma

Toplam 12 ölçütün kullanıldığı ölçeğin toplam güvenilirlik düzeyi (,927) derecesi ile “yüksek güvenilirlik” derecesindedir. Sanayi etkisi olarak adlandırılan 9 maddelik alt boyut (,909) güvenilirlik katsayısı ile toplam ölçek gibi “yüksek güvenilirlik” derecesindedir. 3 maddeden oluşan beşeri coğrafya etki alt boyutu (,603) cronbach'salpha katsayı değeri ile “oldukça güvenilir” güven düzeyine sahiptir.

3.2.3. Su Kirliliği

Su kirlilik verileri SPSS programı ile istatistikî analizlere tabii tutulmuş; her bir değişken için en yüksek ve en düşük değer, ortalama, % varyasyon katsayısı, çarpıklık, standart sapma ve basıklık değeri hesaplanmıştır. Analizlerde su kirliliğinin su kalitesine etkisi değerlendirilmiş, su kirliliği verileri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) standartlarıyla karşılaştırılarak irdelenmiştir (Çizelge 6).

Daha sonra, İnegöl Ovası'nın yüzeysel sularına ait su kalitesi parametrelerinden olan ağır metal parametrelerinin dağılımı, CBS teknikleri modellenmiştir. Su kirlleticilerinin mekânsal dağılışında da toprak kirleticilerinde olduğu gibi her bir kirleticici için Ordinary Kriking interpolasyon tekniği kullanılmıştır. Mekânsal modellemede Çizelge 6'daki su kirliliği sınır değerleri kullanılarak risk olasılık haritaları toprak kirliliğinde olduğu gibi indicator kriking tekniği ile oluşturulmuştur.

Çizelge 6. Sulardaki Ağır Metal Miktarlarına Göre Su Kalite Sınıfları (Güler, 1997)

Kalite Sınıfları	Cd (ppb)	Fe (ppb)	Zn (ppb)	Mn (ppb)	Ni (ppb)	Pb (ppb)	As (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)
I	3	300	200	100	20	10	20	20	20
II	5	1000	500	500	50	20	50	50	50
III	10	5000	2000	3000	200	50	100	200	200
IV	>10	>5000	>2000	>3000	>200	>50	>100	>200	>200

Daha sonra ise sudaki tüm kirleticiler açısından en yoğun kirlilik alanını tespit etmek amaçlanmıştır. Bunun için farklı değer aralıklarına sahip olan 9 ağır metale ait olan raster haritalar ortak bir ölçeğe getirilmiştir. Yani her bir ağır metal için 0-1 arasında yeniden ölçeklendirme yapılmıştır. Standartlaştırma denilen bu işlem toprak kirliliği bölümünde yukarıda anlatılmıştır. Ortak bir ölçeğe dönüştürülen sudaki tüm ağır metallere ait haritaların birleştirilmesinde Fuzzy yaklaşımı kullanılmıştır.

Çalışma alanı yüzeysel sularındaki her bir ağır metalin kirlilik kaynaklarını tespit etmek için ise toprak kirliliğinin yöntem bölümünde olduğu gibi mesafe

analizi yapılmıştır. Öncelikle kirlilik haritaları üzerine rastgele 100 nokta atanmıştır ve kentleşmenin bir sonucu olan yol, yerleşme ve sanayi mesafe haritaları ile karşılaştırılmış ve her bir noktanın kirlilik değerleri ile yola, yerleşmeye ve sanayiye olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak regresyon, korelasyon, t testi ve faktör analizi uygulanmıştır. Bu bölüm yukarıda toprak kirliliğinin yöntem bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.4. Hava Kirliliği

PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerine ait veriler, günlük ve aylık olarak toplanmış; betimsel ve kestirisel istatistik teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Analizler yapılırken SO₂-PM₁₀ bağımlı değişken, zaman ise bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişken arasında ilişki ve bu ilişkinin derecesi, çoklu regresyon analizi, korelasyon analizi ve saçılım grafikleri ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

Hava kirletici parametrelerinin zamansal olarak değişimi zaman bağımsız değişkeni doğrultusunda, Tek Değişkenli Doğrusal Regresyon analizi uygulanarak tespit edilmiştir. Regresyon doğrusu grafikler üzerinde gösterilmiştir. Regresyon yöntemi ile bilinen bulgulardan, bilinmeyen gelecekteki olaylarla ilgili tahminler yapılmasına izin veren regresyon denklemini de ortaya konmuştur. Belirtme Katsayısı (R²) doğrusal modelin uyum iyiliğinin en iyi ölçüsüdür. Bu nedenle bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını ifade etmek için kullanılmıştır. Hava kirliliği parametrelerinin SO₂ ve PM₁₀ nun zaman içindeki değişimi incelenirken Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (PM₁₀: 150 µg/m³; SO₂: 150 µg/m³), Avrupa Birliği (PM₁₀: 40 µg/m³; SO₂: 20 µg/m³), Dünya Sağlık Örgütü (PM₁₀: 20 µg/m³; SO₂: 50 µg/m³) ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (PM₁₀: 50 µg/m³; SO₂: 80 µg/m³) tarafından belirlenen uzun vadeli sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

3.2.5. Arazi Kullanımı

Uzaktan algılama (UA), kentsel yayılmanın çevre kaynakları üzerindeki etkilerini göstermede önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğunda kentleşme ve çevre kaynakları arasındaki ilişkinin gösteriminde CBS ve uzaktan algılamadan yararlanılmıştır (Rawashdeh and Saleh, 2006; Paudel, 2008; Rimal, 2011; Harika and vd., 2012). 1987 ve 2010 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri arazi kullanımı ve arazi örtüsünü ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

Uzaktan algılanmış bir veri, temelde hem radyometrik özelliklere hem de konumsal bilgileri içeren iki boyutlu piksel dizilerinden oluşmaktadır (Fogel, 1997). Rektifikasyon işlemi, görüntülerde var olan bozulmaların giderilmesi amacı içermektedir. Yani görüntülerdeki hataların yok edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Sayısallaştırılmış haritalar ile uydu görüntüsü ilişkilendirilmiş ve geometrik düzeltilmesi yapılmıştır (Tanrıöver, 2011). Bu amaçla 1:25000 ölçekli topografya haritası kullanılmıştır.

Daha sonra uydu görüntüleri “Hybrid unsupervised–supervised classifications” yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Richards ve Jia (2006)’a göre bir görüntünün, piksellerin spektral özelliklerine ve karakteristiklerine bağlı olarak gruplara ayrılması “Görüntü Sınıflaması” denmektedir. Hybrid unsupervised–supervised classifications yönteminde öncelikle uydu görüntüleri denetlenmemiş (unsupervised-ISODATA) sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Kontrolsüz sınıflama yöntemi doğal sınıfların tespiti, tanımlanması ve haritalanmasında kullanılan; kullanıcının görüntünün içerdiği yüzey veya cisimlerin bilgilerini belirtmesini gerektirmediği sınıflama yöntemidir (Saçan, 2008). Bu yöntem ile 255 sınıf elde edilmiştir. 255 sınıf, sınıfların tayf özellikleri dikkate alınarak yaklaşık 30-35 sınıfa indirgenmiştir.

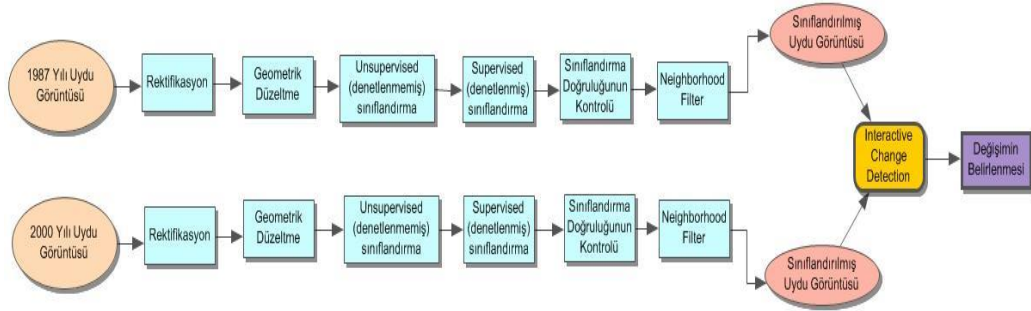
Bir sonraki aşamada, seçilmiş bu 30-35 veri imzaları kullanılarak denetlenmiş (maximum-likelihood supervised) sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu yöntem bir görüntü üzerinde özellikleri bilinen piksellerden alınan örnekler kullanarak özellikleri bilinmeyen piksellerin sınıflanması kontrollü olarak yapılmaktadır (Jensen, 2000). Bu yöntemle sonuçta Çizelge 7’de belirtilen 6 sınıf elde edilmiştir.

Çizelge 7. Arazi Örtüsü Sınıfları ve Özellikleri

Sınıf	Özelliği
Su Yüzeyleri	Daimi açık su yüzeyleri, akarsular, barajlar ve dereler
Mera ve Otlaklar	Doğal otlak alanları
Ekili Dikili Alanlar	Ekilebilir alanlar, bağlar ve meyve bahçeleri
Yerleşme Alanları	Bütün yerleşilmiş ve kentsel dokular
Sanayi Alanları	Sanayi ve ticaret alanları
Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri	Çıplak kayalıklar ve çok seyrek bitki örtüsüyle kaplı alanlar

Sınıflar oluşturulurken sınıfların tayf özellikleri, farklı band kombinasyonları, arazi gözlemleri, band orantıları (4/1, 4/2, 3/1 ve 3/2), arazi kullanımı ve arazi örtüsü üzerinde etkili olan jeomorfoloji, toprak ve jeoloji verileri dikkate alınmıştır. Son sınıflar elde edildikten sonra da 3x3 piksel “neighborhood filter” izole edilmiş pikselleri görüntülerden temizlemek için uygulanmıştır.

Değişim analizi, farklı zamanlara ait bir obje ya da olgunun sahip olduğu farklılıkları tespit etmek için kullanılmaktadır. Değişim analizi uzaktan algılamada çevresel dinamikleri çalışanlar için önemli olan çok zamanlı analizlerden birini oluşturmaktadır. Değişim analizi arazi kullanımı değişimi, habitat parçalılığı, kıyı değişimi ve kentsel yayılmayı göstermede çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Wijanarto, A.B., 2006). “Interactive Change Detection” yöntemi kullanılarak farklı yıllara ait veriler karşılaştırılmış ve değişim alanları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Değişim analizi için gerekli işlem sırası Şekil 13’de gösterilmiştir. Sonuçlar haritalar ve çizelgeler ile gösterilmiştir.



Şekil 13. Değişim Analizini Gösteren Akış Şeması

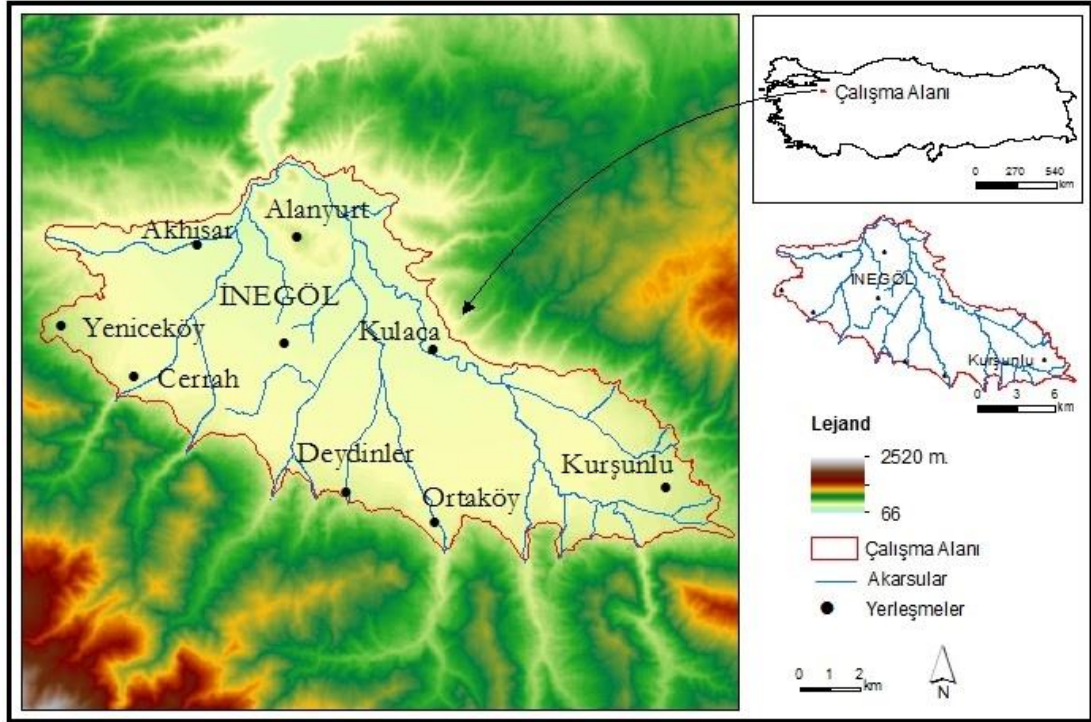
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. İNEGÖL OVASI'NIN GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

4.1. İnegöl Ovası'nın Fiziki Coğrafya Özellikleri

4.1.1. İnegöl Ovası'nın Morfojenetik Özellikleri

Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan İnegöl ovası; yaklaşık 40° 09' kuzey enlemi ile 29° 49' doğu boylamındadır (Şekil 14). İnegöl ovası ve çevresi morfolojik, hidrolojik ve jeolojik bakımlardan havza karakterindedir (Hoşgören, 1975; Yüceşahin, 2002; Yüceşahin, 2003). İnegöl ovası yaklaşık olarak 142 km² büyüklüğünde ve elips şeklindedir (Hoşgören, 1975). İnegöl, günümüzde İnegöl havzasına benzeyen görünümü ile kabaca KB-GD eksenli bir uzanıya sahiptir (Yüceşahin, 2002). Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 300 metredir. Doğusunda Ahı Dağı (1030 m.) bulunmaktadır. Batısında Uludağ, güneyinde ise Domaniç Dağı (1794 m.) ile çevrelenmektedir. Havza tabanı ile Domaniç Dağı arasında kalan kesim, ortalama yükseltisi yaklaşık 700 m. olan tepelik alanları teşkil etmektedir.



Şekil 144. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası

Çalışma alanı Kuaterner yaşlı alüvyonlardan meydana gelmektedir (Şekil 15). Şekil 15 incelendiğinde Alanyurt ve çevresinin Üst Miyosen yaşlı kumtaşı-kireçtaşıdan müteşekkil formasyonlardan meydana geldiği görülmektedir. Alanyurt'un kuzeybatısındaki çok küçük bir alan ise Permiyen-Triyas yaşlı şistlerden müteşekkilidir. Hoşgören (1975)'in tespitlerine göre İnegöl havzasının uzak çerçevesi Paleozoik veya daha eskiye atfedilen çeşitli metamorfik şistler, kristalize kalker ve mermerler, gnayslar, dioritler ile granitlerden oluşmaktadır. Havza tabanına daha yakın olan kısımlar, kısmen Oligo-Miosene atfedilebilen bazı formasyonlar ile Neojen kum, kil, gre, konglemera, marn ve kalker gibi kayalardan oluşmaktadır (Hoşgören, 1975).



Şekil 155. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

Çalışma alanının oluşumunda Kocadere ve onun kolları etkili olmuştur. Bu akarsu sularını İnegöl-Yenişehir birleştirme boğazından Sakarya Nehrine ulaştırmaktadır (Hoşgören 1975; Ardos, 1995; Yüceşahin, 2002). Böylece Türkiye akarsu havzaları ayırımında Karadeniz havzasına dâhil edilmektedir. Hoşgören (1975)'e göre İnegöl-Yenişehir Eşiği ortalama yükseltisi 500-600 m (Küpeli tepe: 558 m., Karadoruk tepe 534 m.) olan bir plato sahasıdır. Çalışma alanındaki akarsular, yükselti, eğim, bakı ve litolojik şartlara bağlı olarak farklı özelliklere sahiptirler. Uludağ ve Domaniç dağlarının kuzeye bakan yağışlı yamaçlar üzerinden doğan Akdere, Bedre deresi, Akçasu deresi ve Mezit deresi gibi akarsular uzun boylu ve debisi yüksek sürekli akarsulardır. Havzanın doğusunda ise Ahı dağından doğan Güngörmez deresi, Domuz deresi ve Acı dere ise daha kısa boylu ve aynı zamanda geçici akışlı akarsulardır. Akarsular drenaj tipi olarak, çevresindeki yüksek kütlelerden ovaya doğru yöneldikleri için sentripetal drenaj tipi karakterindedir.

4.1.2. İklim

Araştırmada İnegöl Meteoroloji İstasyonu'na ait 2007-2012 yılları arasındaki iklim verileri kullanılmıştır. Çalışma alanında 2007 yılı öncesine ait veri olmadığı için iklim bölümü değerlendirilirken bu dönem aralığı baz alınmıştır.

4.1.2.1. İnegöl Ovası'nı Etkileyen Hava Kütleleri ile Cephe Sistemleri ve Fiziki Coğrafya Faktörleri

İnegöl ovasını yıl içinde farklı özellikteki hava kütleleri etkiler. Nitekim farklı özellikteki bu hava kütlelerinin mevsimlere bağlı olarak değişimi ise iklim olaylarını belirler. Aynı zamanda sürtünme, yükselti faktörü ve yerçekillerinin doğrultusu gibi faktörlerde hava kütlelerinin değişimine neden olur. Araştırma sahasını, kış mevsiminde Polar; yaz mevsiminde ise Tropikal kaynaklı hava kütleleri etkiler. Çalışma alanı kış döneminde genellikle Ekim-Mayıs arasında farklı bölgelerden gelen cephe sistemleri ve alçak basınç koşullarının oluşturduğu hava koşullarının etkisi altında kalır. Bu koşullara bağlı olarak çalışma alanında kış mevsiminde yağışlı, rüzgârlı ve soğuk hava şartlarının egemenliği altında kalır. Mayıs ayından sonra ise araştırma alanında yüksek basınç koşulları görülür. Yüksek basınç koşullarına bağlı olarak da çalışma alanında yaz mevsiminde genel olarak sıcak ve kurak şartlar yaşanır.

İnegöl ovası, Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer alır. Marmara Denizine olan bu yakınlık ve bu denizin güneyindeki yerçekillerinin fazla yüksek olmayışı (Mudanya sırtları ortalama 500-600 m, Katırlı Dağları 500-1000 m) iklim şartları üzerinde etkili olmaktadır (Yüceşahin, 2002). Nitekim bu özellik, denizel şartların sahaya sokulmasını sağlayarak çalışma alanının iklimi üzerinde etkili olmaktadır.

4.1.2.2. Basınç ve rüzgârlar

İnegöl Ovası yıl içinde farklı bölgelerden gelen farklı özellikteki hava kütlelerinin etkisi altında kalır. Atmosfer basıncı ve rüzgârlar da gerek planeter faktörlerin gerekse fiziki coğrafya faktörlerinin etkisi altında kalır.

Basınç: İnegöl Ovası'nın basınç değerlerine bakıldığında; ortalama basınç değerlerinin çok yüksek olmadığı görülmektedir. Çalışma alanında ortalama basınç 982 mb'dır (Çizelge 10).

Egemen rüzgârlar ve frekansları: Araştırma alanında etkili olan basınç merkezleri ve sirkülasyon koşulları, yıl içinde rüzgâr yönleri üzerinde etkilidir. Bununla beraber topoğrafik şartlar da egemen rüzgâr yönü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

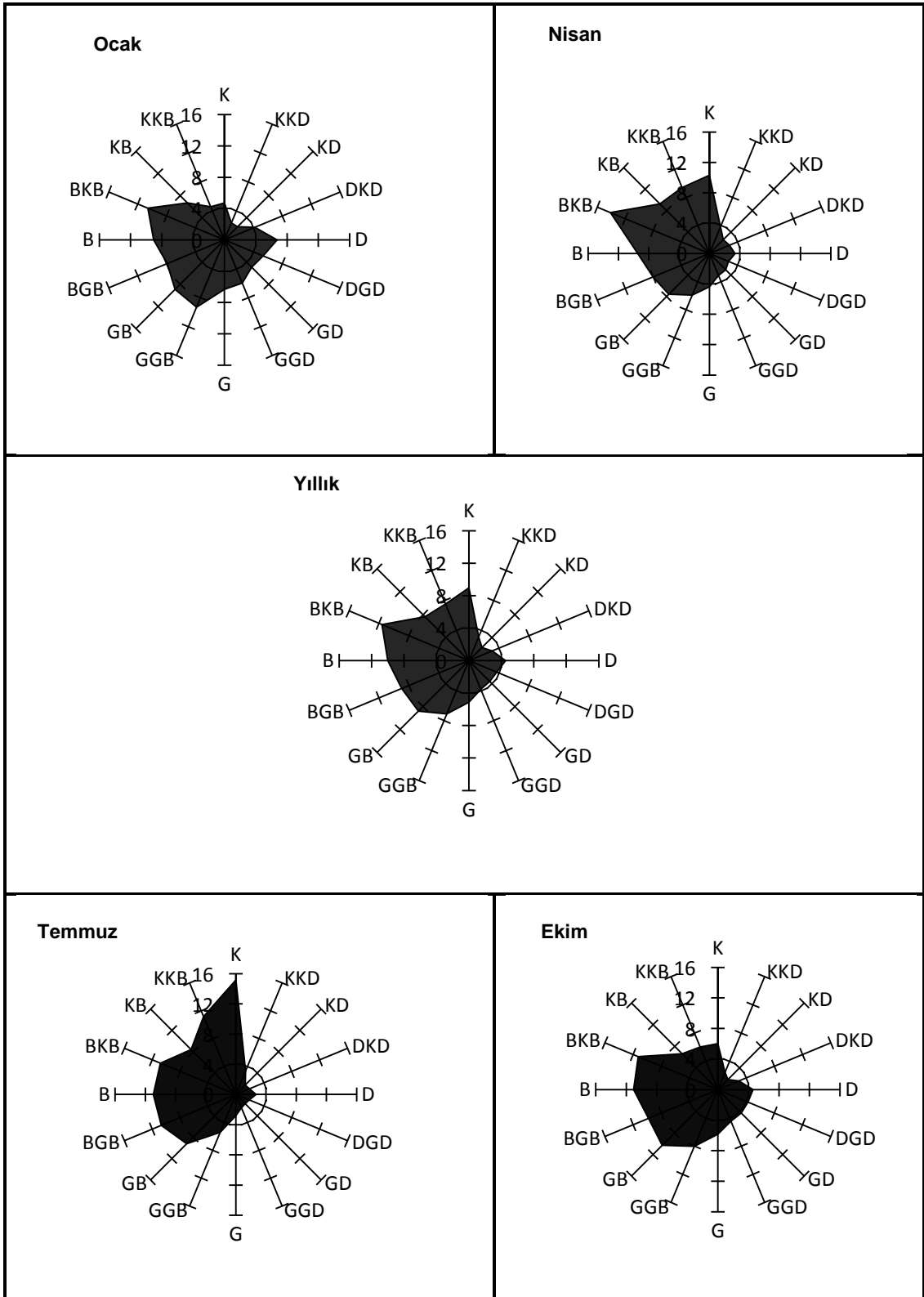
Çizelge 8 ve Şekil 16 incelendiğinde; Ocak ve Nisan ayında BKB; Temmuz ayında K; Ekim ayında BKB ve B hakim rüzgâr yönlerini oluşturmaktadır. Yıllık durum incelendiğinde ise hakim rüzgâr yönü BKB dır. Bunu B izlemektedir.

Çizelge 8. İnegöl Ovası'nın Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Esme Frekansları (m/sn, 2007-2013)

Yön	Aylar												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
K	204	238	353	443	419	415	682	744	431	265	164	178	4536
KKD	101	124	147	164	171	117	151	166	146	108	98	102	1595
KD	103	115	108	111	106	72	79	94	90	82	98	93	1151
DKD	182	162	147	123	123	89	88	94	92	131	164	179	1574
D	291	241	202	145	166	126	120	119	120	203	228	324	2285
DGD	231	194	169	117	133	101	86	82	104	188	201	272	1878
GD	213	178	166	130	126	93	78	78	110	191	235	239	1837
SSE	258	200	178	134	130	84	86	86	110	197	244	227	1934
G	273	251	229	188	181	122	126	137	169	257	346	313	2592
GGB	402	304	296	254	258	215	244	259	282	354	391	337	3596
GB	386	307	309	325	356	320	415	433	413	454	421	316	4455
BGB	342	304	315	345	405	382	481	459	422	433	370	282	4540
B	391	358	411	405	517	454	492	421	428	486	364	335	5062
BKB	458	469	662	606	572	455	487	394	461	497	366	447	5874
KB	289	320	406	397	387	272	378	333	315	292	234	249	3872
KKB	198	244	339	404	343	305	503	506	350	266	202	161	3821

Genel olarak yaz aylarında BKB ve K yönünün hakimiyeti artmaktadır. Bunun nedeni, bu yönden zaman zaman bölgeyi etkisi altına alan kuzey söktörlü hava kütleleridir. Yaz aylarında Türkiye, Azor yüksek basıncı ve Basra alçak

basıncı arasındaki hava dolaşımının etkisi altına girmekte ve dolayısıyla kuzeybatı yönlü sirkülasyonun etkisinde kalmaktadır.



Şekil 166. İnegöl Ovası'nın Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim Ayları ile Yıllık Rüzgâr Gülleri (%)

Yaz aylarında olduğu gibi kış aylarında da BKB hakim rüzgâr yönünü oluşturmaktadır. Bu durumun gerçekleşmesinde ise kış aylarında İç Anadolu'yu etkisi altına alan kontinental polar hava kütesine bağlı olarak gelişen yüksek basınç şartlarıdır. İç Anadolu'yu etkisi altına alan bu yüksek basınç şartlarına bağlı olarak hava akımı, iç bölgelerden denizler üzerindeki alçak basınç alanlarına doğrudur.

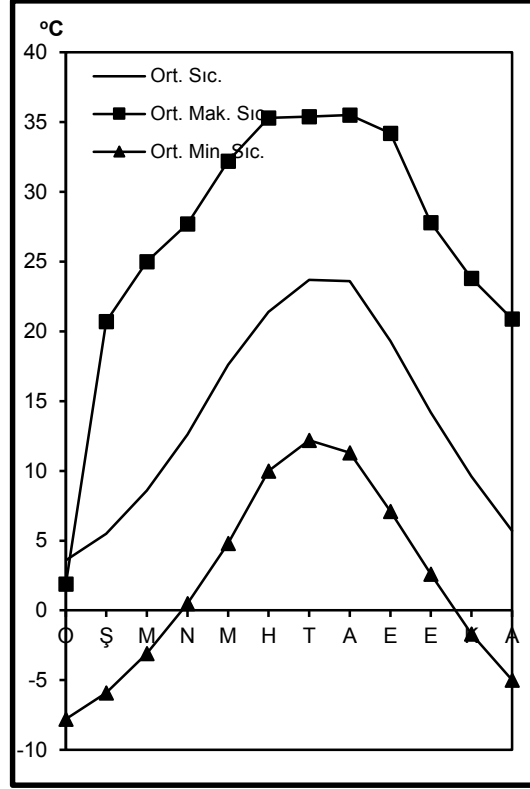
4.1.2.3. Sıcaklık

İnegöl Meteoroloji İstasyonundan alınan verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 13,8 °C'dir (Çizelge 9). Ortalama sıcaklık enlemin (40°09') etkisi nedeniyle Türkiye'nin güneyine oranla daha düşüktür.

Çizelge 9. İnegöl Ovası'nın (2007-2013) Aylık Ortalama Sıcaklık, Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık ve Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C)

Sıcaklık (oC)	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ort. Sic.	3,6	5,5	8,6	12,6	17,6	21,4	23,7	23,6	19,3	14,2	9,6	5,7	13,8
Mak. Sic.	1,9	20,7	25	27,7	32,2	35,3	35,4	35,5	34,2	27,8	23,8	20,9	28,0
Min. Sic.	-7,8	-5,9	-3,1	0,5	4,8	10	12,2	11,3	7,1	2,6	-1,7	-5,0	2

Sıcaklığın yıllık seyri göz önüne alındığında en soğuk ay Ocak (3.6 °C) tır (Çizelge 9; Şekil 17). Bu aydan itibaren yükselen sıcaklık, Temmuz ayında maksimum seviyesine ulaşır ve Temmuz ayının ortalama sıcaklık değeri 23.7 °C dir. Sıcaklık yükselmesi Ağustos (23.6 °C) ayına kadar sürer. Eylül ayından itibaren sıcaklık hızla düşmeye başlar, bu düşüş ayda ortalama 3-5 °C kadardır. Ortalama maksimum sıcaklıklara baktığımızda Haziran (35.3 °C), Temmuz (35.4 °C) ve Ağustos (35.5 °C) ayları dikkati çekmektedir. Ortalama minimum sıcaklıklar ise Kasım (-1,7 °C), Aralık (-5.0 °C) Ocak (-7.8 °C) ve Şubat (-5.9 °C) aylarında yaşanmaktadır.

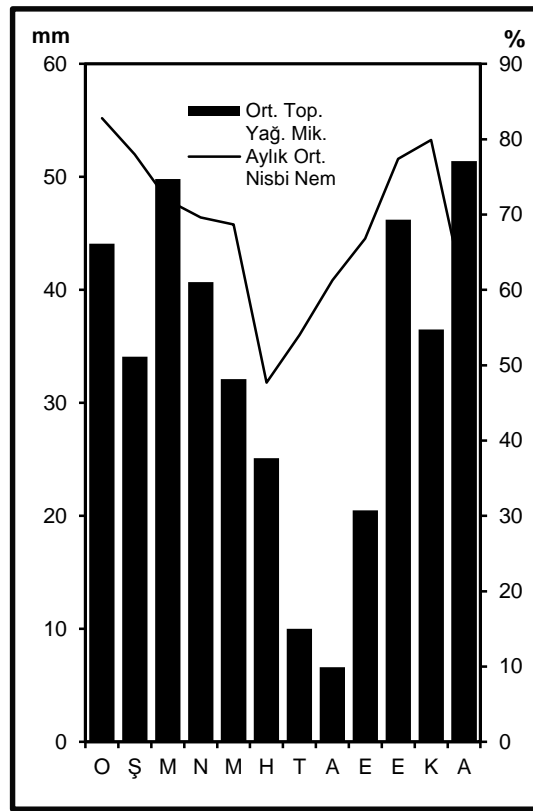


Şekil 177. İnegöl (2007-2013) Ovası'nın Aylık Ortalama Sıcaklık, Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C)

Sıcaklığın yıllık gidişine bakıldığında çalışma alanı Akdeniz İklim özelliklerinin kısmen değiştiği ve onun alt tipi olarak nitelendirilebilecek **“Marmara İklimi”** nin etki alanı içerisine girmektedir (Koçman, 1993; Özgür 2002). Yıl içinde sıcaklık 3 ay 20 °C'nin üzerindedir (Çizelge 9). Yaz ayları pek fazla sıcak geçmez; en sıcak ayın (Temmuz) ortalaması 23,7 °C'dir. Kışın ortalama sıcaklık hiçbir ayda 0 °C altına düşmez. Aylık ortalama en soğuk ayda bile sıcaklık 3.6 °C'dir. Dolayısıyla mevsimler arasındaki farklar çok değildir ve sıcaklık değişimleri düzenlidir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri 13,8 °C'dir.

4.1.2.4. Nemlilik ve Yağış

Bölge en fazla yağışı kış aylarında (% 32.6), en az yağışı ise yaz mevsiminde (%10.5) almaktadır (Şekil 18). Koçman (1993)'a göre çalışma alanı "Marmara geçiş tipi" yağış rejimi içinde yer almaktadır. Marmara yağış rejiminde, cephe etkinliğinin arttığı kış mevsimi, yağışlı dönemi oluşturmaktadır. En az yağış Ağustos ayında düşmektedir (Şekil 18). Depresyonların geçiş sayısının azaldığı ilkbahar aylarında yağış miktarı da azalmaktadır (Koçman, 1993).



Şekil 188. İnegöl (2007-2013) Ovası'nın Aylık Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm), Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri (mb)

Araştırma alanında en yağışlı aylar Aralık (51.4 mm), Ekim (46.2 mm), Ocak (44.1 mm) ve Mart (49.8)'tir. Buna karşılık Temmuz (10 mm), Ağustos (6.6 mm) ve Eylül (20.5 mm) en az yağışlı aylardır. Ekim ayından itibaren görülmeye başlayan yağış artışı, Mart (49.8 mm) ayı sonuna kadar devam etmektedir (Şekil 18). Mart ayından itibaren aylık yağış miktarlarında azalma kendini göstermektedir. Temmuz (10 mm) ve Ağustos (6.6 mm) aylık yağış

miktarlarının en az olduğu aylardır. Yağışın büyük bir kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. En az yağışlı dönem ise yaz mevsimidir. Çizelge 10 ve Şekil 18 incelendiğinde, yıllık nisbi nem oranının % 68.1 olduğu ve aylık ortalama nisbi nem oranlarının sonbahar ve kış aylarında en yüksek seviyesine ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 10. İnegöl Ovası'nın (2007-2013) Aylık Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm), Aylık Ortalama Nisbi Nem Miktarı (%) ve Ortalama Basınç (mb) Değerleri

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ort. Top. Yağ. Mik.	44.1	34.1	49.8	40.7	32.1	25.1	10	6.6	20.5	46.2	36.5	51.4	427
Ort. Nisbi Nem	82.8	78	71.9	69.6	68.7	47.7	54	61.3	66.8	77.4	79.9	59.9	68.1
Ort. Bas.	985	982	982	981	980	979	979	979	982	985	985	983	982

4.1.2.5. İklim Tipi

İnegöl Ovası'nın coğrafi konumu ve fiziki coğrafya faktörleri (yükselti, denizellik, dağların uzanış doğrultusu) iklim koşulları üzerinde büyük etkilere sahiptir. Bu nedenle, İnegöl Ovası ve çevresinin iklim tipini belirleyebilmek için Thornthwaite ve Erinç iklim sınıflandırma yöntemleri esas alınmıştır.

İnegöl Ovası'nda yağış ve sıcaklık koşulları göz önüne alındığında Thornthwaite' in hazırladığı iklim sınıflaması formülüne göre, İnegöl Ovası E, B'1, s2, b'2 (Çizelge 11) tipi bir iklime sahiptir.

Çizelge 11. Hazırlanan Bilançodan Çıkarılan Harfler ve Karşılıkları

İndisler	Değer	Harf	Anlam
Yağış Tesirlilik İndisi	41.8	E	Kurak
Sıcaklık Tesirlilik İndisi	592	B1	Mezotermal (Orta Sıcaklıktaki İklimler)
Yağış Rejimine Göre Ortaya Konan İndisler	20.43	s2	Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim tipi
PE'nin Üç Yaz Ayına Nispet İndisi	57.7	B2	Kıta tesirine yakın yerler

Thornthwaite göre İnegöl, çok kurak, mezotermal (orta sıcaklıktaki iklimler), su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim ve kıta tesirine yakın özellikleri göstermektedir (Çizelge 12).

Çizelge 12. İnegöl Ovası'nın Thornthwaite Göre Su Bilançosu Tablosu

	Aylar												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ort. Sic. (°C)	3.6	5.5	8.6	12.6	17.6	21.4	23.7	23.6	19.3	14.2	9.6	5.7	13.8
Sıcaklık İndisi	0.61	1.16	2.27	4.05	6.72	9.04	10.55	10.48	7.73	4.86	2.69	1.22	61.30
Düzeltilmemiş PE	2	5	14	30	53	81	101	100	70	40	18	6	
Düzeltilmiş PE	2	4	14	33	66	101	128	113	73	38	15	5	592
Yağış	44	34	50	41	32	25	10	7	21	75	37	51	427
Bir. Su. Ay. Değış.	0	0	0	0	-34	-66	0	0	0	37	22	41	
Birikmiş Su	100	100	100	100	66	0	0	0	0	37	59	100	
GE	2	4	14	33	66	91	10	7	21	38	15	5	306
Su Noksanı	0	0	0	0	0	10	118	106	52	0	0	0	286
Su Fazlası	42	30	36	8	0	0	0	0	0	0	0	5	121
Akış	22	26	31	20	10	5	3	1	0	0	0	3	121
Nemlilik Oranı	21	8	3	0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-0.9	-0.7	0.9	1.4	9.2	

Erinç Türkiye’de yağış ve evapotranspirasyon yolu ile su kaybı arasındaki ilişkiye dayanarak bölgelerin nemlilik durumunu ortaya koymuştur. Kısaca açıklanırsa Erinç’in yağış etkinliği indisi, bir yerin aldığı yağış miktarı ile, kaybettiği su miktarı arasındaki orana bağlıdır. Bu indisle İnegöl Ovası’nın nemlilik/kuraklık derecesi tespit edilmiştir. İnegöl Ovası ve çevresi yağış etkinliği indisine göre “**Kurak**”dır.

4.2. Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Özellikleri

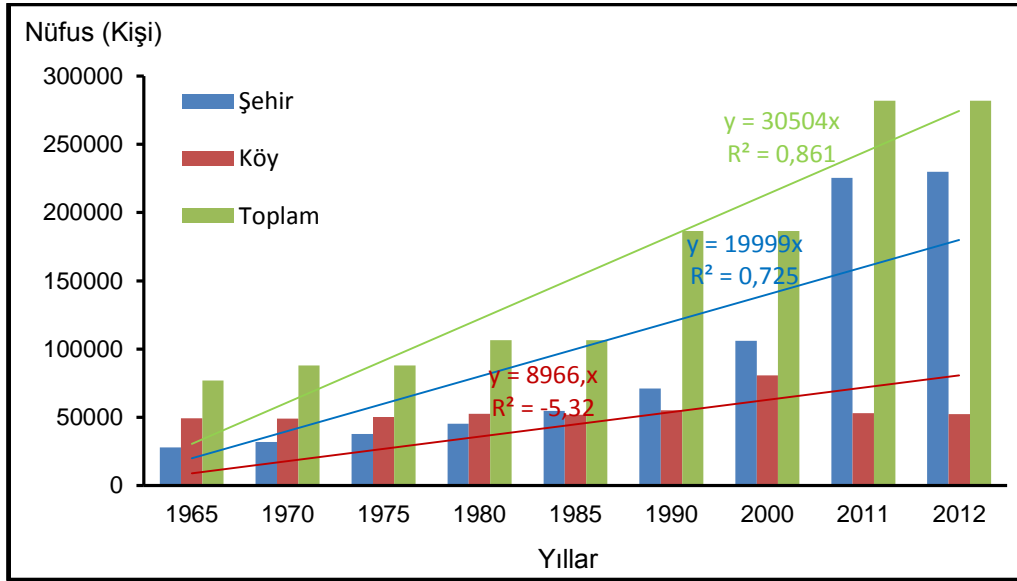
Çalışma alanındaki en büyük yerleşme İnegöl’dür. Hoşgören (1975) çalışmasında Evliya Çelebi’nin çalışma alanındaki en büyük yerleşme olan İnegöl ilçesinin aynı adı taşıyan ovanın ortasında yüksek bir yerde zaman zaman kuruyan bir gölün kenarında yer aldığını belirtmiştir. Ovanın ortasındaki bu yüksek yer o günün şartlarında taban seviyesinin yüksek olmasına bağlı olarak gelişen geçici gölün olumsuz etkilerinden de etkilenmeyen en önemli yerleşim alanı olarak görülmektedir. Ancak daha sonraki çalışmalar, göç ve hızlı nüfus artışı nedeniyle İnegöl’ün ova tabanına doğru yayıldığını göstermektedir (Yüceşahin, 2003; Bozdağ ve diğ., 2011). Çalışma alanındaki başlıca yerleşmeler ise Alanyurt, Yeniceköy, Kurşunlu ve Cerrah’tır. Alanyurt, İnegöl ovasının kuzeyinde bulunmaktadır. Yüceşahin (2002)’e göre bu yerleşme, ilk ciddi nüfus artışını, İnegöl şehrinin kazandığı karma endüstrinin gelişimi ve mobilya endüstrisinin son gelişme devresi olan

1975-1985 devresinde yaşamıştır. 1989 yılında Balkanlardan gelen göçmenler için inşa edilen 5000 konutluk toplu konut alanı bu kasabanın alansal gelişimini, aynı zamanda nüfus artışını etkilemiştir. Nüfus artışı ve göçlerle birlikte yerleşmeler İnegöl şehri'nin kuzeyine yani Alanyurt'a doğru yayılım göstermiştir (Şekil 19).



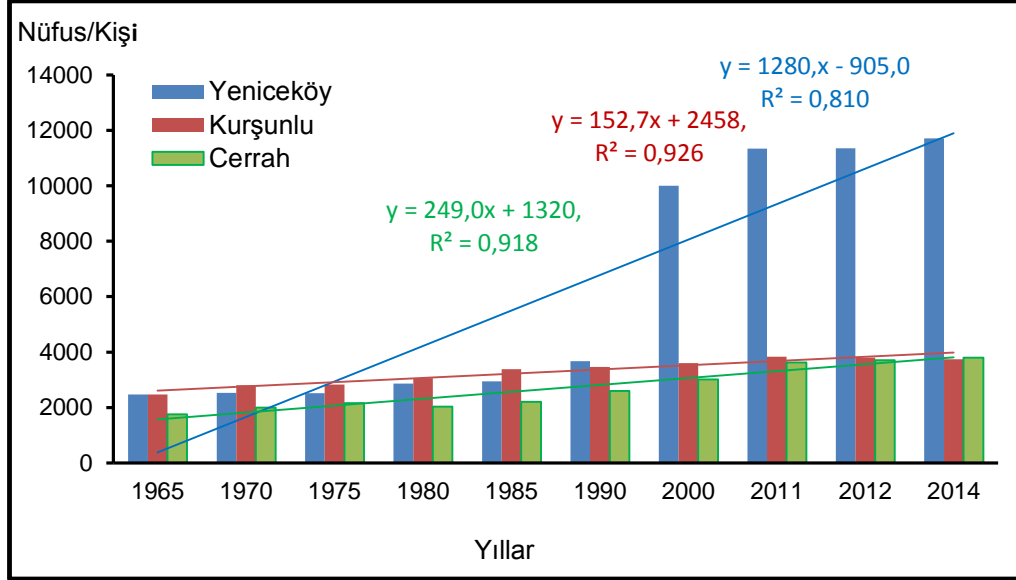
Şekil 19. Çalışma Alanının Kuzey Kesimlerine (Alanyurt) Doğru Yerleşmelerin Yayılmasına Bir Örnek

İnegöl ilçesi nüfusu 1965 yılında 76.908 iken 2009 yılında 215.375, 2012 yılında 282.002'e çıkmıştır (Şekil 20). Şekil 20 de de görüldüğü gibi İnegöl'de nüfus her zaman artış eğilimi göstermiştir ($r^2:0,86$). Özellikle 1990 yılından 2000'li yıllara gelindiğinde nüfusta ani bir şekilde yaklaşık %32'lik bir artış meydana gelmiştir. Bir önceki dönemde bu artışın %15'leri geçmediği gözlenmektedir. Bu duruma Balkanlar'dan Türkiye'ye yönelen göçler ve ilçede gelişen sanayileşme hareketine bağlı olarak diğer yerleşmelerden göçler ile gelen nüfus etkili olmuştur (Yüceşahin, 2003; Bozdağ ve diğ., 2011).



Şekil 20. İnegöl İlçesi'nin 1965-2012 Yılları Arasındaki Nüfus Grafiği

İnegöl'de şehir ve köy nüfusuna baktığımız da (Şekil 20) 1980'li yıllara kadar köy nüfusunun fazla olduğu, 1985'li yıllarda ise köy ve şehir nüfusunun birbirine yaklaştığı, 1990'lı yıllardan 2011'e kadar şehir nüfusunun arttığı buna karşılık ise köy nüfusunun 2000'li yıllardan sonra azaldığı tespit edilmiştir. Şehir nüfusu her zaman artış eğilimi göstermiştir ($r^2:0,72$). İlçedeki şehirselleşmeler bakımından dikkat çeken 1985-1990 dönemi, ilçede sanayileşmenin de en yüksek derecelere ulaştığı zaman dilimine işaret etmektedir (Yüceşahin, 2002). 1960'tan bu yana artan nüfus ile büyüyen İnegöl, mobilya endüstrisine ek olarak Organize Sanayi Bölgesi'nin kurulması ve gelişimiyle büyük oranda göç almış ve nüfus artış hızı 1985-1990 dönemi boyunca 1.5 kat artan bir seyir seyretmiştir (Yüceşahin, 2003). Yeniceköy, İnegöl'e olan yakınlığını nüfus artışında da izlemiştir. Şekil 21 de de görüldüğü gibi Yeniceköy'de nüfus her zaman artış eğilimi göstermiştir ($r^2:0,81$) ve nüfusu Kurşunlu ve Cerrah yerleşmelerinden yüksektir. Nitekim Yeniceköy'de gözlenen nüfus artışı Kurşunlu ($r^2:0,92$) ve Cerrah ($r^2:0,91$) da belirlenmiştir.



Şekil 21. Yeniceköy, Kurşunlu ve Cerrah Yerleşmelerinin 1965-2014 Yılları Arasındaki Nüfus Grafiği

Türkiye’de tarım ve sanayinin birlikte geliştiği İnegöl (Şekil 22), ekonomik gelişme açısından Bursa’ya benzer özellikler göstermektedir (İTSO, 2012).



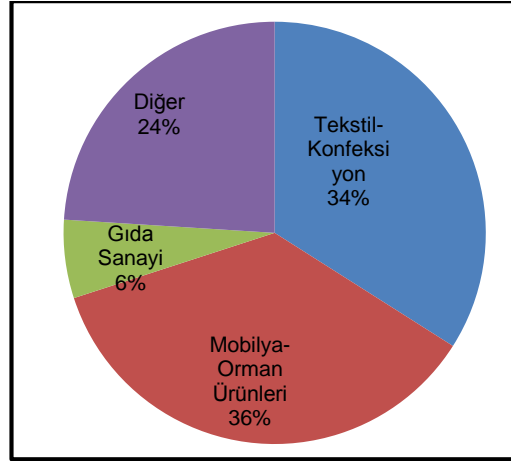
Şekil 22. Çalışma Alanında Tarım Alanları ile Sanayi Kuruluşlarının İç İçe Yer Almasına Bir Örnek

Mobilya sektörü, ekili dikili tarım (Şekil 23), orman ürünleri, ağaç işleri, tekstil, turizm, gıda ve makine sanayi ilçenin en önemli ekonomik faaliyetlerini oluşturmaktadır (Yakut, 2006; İTSO, 2012).



Şekil 23. Araştırma Alanının Kuzeyinde Çelik İşlemi Yapan İşçilere Ait Görüntü

Araştırma alanındaki en önemli ekonomik faaliyetleri mobilya-orman ürünleri (%36) ile tekstil konfeksiyon (%34) oluşturmaktadır (Şekil 24).



Şekil 24. İnegöl İlçesi'ndeki Ekonomik Faaliyetlerin Sektörlere Göre Dağılımı (İTSO, 2012)

Çalışma alanının en önemli ekonomik faaliyetlerinden biri mobilya imalatıdır (İTSO, 2012). Mobilya imalatı çalışma alanında 1943 yılından sonra faaliyet göstermeye başlamıştır. Aslında çalışma alanında mobilyacılık, geçmişe, 1900'lü yıllara denk gelmektedir. Bu yıllarda mobilyacılık, ağacın kalas şekline getirilerek yurt içinde ihtiyacı olan yerlere gönderilmesi ile başlamıştır

(İTSO, 2012). İnegöl mobilyası marka olmuş ve Türkiye genelinde “İnegöl Mobilya” olarak tanınmıştır (Doğaner, 2010). İnegöl ilçesi günümüzde birçok ilden bile sanayi faaliyetleri açısından öndedir. Nitekim Türkiye toplam ihracatının %1’ini, mobilya ihracatının %10’un, yurt içi mobilya talebinin ise %40’ını İnegöl karşılanmaktadır (İTSO, 2012). 1980’li yıllara kadar İnegöl’de sahip olduğu orman varlığı nedeniyle orman ürünleri sanayi gelişim göstermiştir (Doğaner, 2010; İTSO, 2012). Mobilyacılığa ek olarak 1976 yılında İnegöl Organize Sanayi kurulmuştur. Bu Organize Sanayi Bölgesi ise Türkiye’nin ilk ilçe organize sanayisidir. Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet halinde 79 tesiste 13 bin civarında işçi çalışmaktadır (İTSO, 2012). Bu karma endüstri sayesinde ilçede tekstil, otomotiv yan sanayi ve diğer sanayi kolları da gelişim göstermiştir (Doğaner, 2010). İstihdam açısından İnegöl değerlendirildiğinde, en büyük istihdam sanayi sektöründedir. Ayrıca sanayi toplam işgücünün %47’sini teşkil etmektedir. Ayrıca, sanayi sektörü ilçe dışından da önemli miktarda işgücünü kendine çekmektedir (İTSO, 2012). Halkın bir bölümü de ekili dikili tarımda çalışmaktadır (Şekil 25).



Şekil 25. İnegöl Ovası’nın Kuzey Kesimlerinde Tarımsal Faaliyetlerde Çalışan İşçiye Ait Görüntü

Çalışma alanı olarak İnegöl ovası ve yakın çevresinin seçilmesine sebep olan faktörlerden biri, buranın jeoloji, morfoloji ve hidrografi bakımından tam bir ünite teşkil etmesidir. İnegöl ovası, şehirleşmenin, şehirselleşmenin dinamik olduğu ve şehirleşmenin çevreye etkisinin devam ettiği bir yerleşme alanıdır. Kentsel yayılmanın çevreye olan etkisinin kolaylıkla elde edilebileceği bir alan olma özelliğindedir. Nurfeddin Kahraman'ın 06.06.2013 tarihinde "İnegöl Ovası" ile ilgili yaptığı sözlü konuşmasında kentsel yayılmanın tarım topraklarına zarar verdiği ve kentsel kaynaklı çevre sorunlarına neden olduğunu dile getirilmiştir. Sahanın arazi kullanımı ve kentsel kaynaklı çevre sorunlarıyla ilgili detaylı bir çalışmaya tabi tutulmamış olması ve onun zikredilen çalışmalara rağmen orijinalliğini koruması, bizi bu sahada çalışmaya sevk eden bir diğer faktör olmuştur.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. İNEGÖL OVASI'NDA ÇEVRE KAYNAKLARI VE ARAZİ KULLANIMI

5.1. Hava Kirliliği

Dünyada meydana gelen endüstriyel, teknolojik ve tarımsal gelişmeler nüfusun artmasına neden olmuştur. Hızla artan nüfus doğal sistemlerden daha fazla yararlanmaya ve doğal sistemler üzerine bırakılan atıklarlada çevre sorunlarına neden olmuştur. Bunun sonucundada hava, su ve toprak kalitesi her geçen gün daha da bozulmuştur. Bu çevre sorunları içerisinde belki de en kısa sürede etkisini görebileceğimiz kirlilik türünü hava kirliliği oluşturmaktadır (Saral, 2011). “Havanın kirlenmesi, insan ve çevreye zarar verecek miktardaki kirleticilerin atmosfere karışması olarak tanımlanabilir (Yazıcı ve diğ., 2010)”. Hava kirliliği üzerinde sanayi kuruluşlarının yanlış yer seçimi, yerinde teknolojilerin uygulanmaması, enerji üreten tesislerde vasıfsız yakıtların kullanılması gibi faktörler etkilidir (Turan ve Yalçın Çelik, 2012). SO₂, CO, NO, NO₂ ve PM en yaygın hava kirletici parametrelerdir. SO₂ kirliliği; ısınma ve sanayi amaçlı vasıfsız ve yüksek kükürt içeren fosil yakıtların yanması ve bacalardan atılan kirleticilerden (Amato ve diğ., 2010); PM kirliliği ise çoğunlukla sanayi kuruluşlarından, kısmen de ısınma amacı ile kullanılan fosil yakıtlardan oluşmaktadır (Bayram, 2005). CO kirliliği sigara dumanı ve egzoz gazından (Müezzinoğlu, 2000); NO emisyonları trafik başta olmak üzere endüstriyel aktivitelerden (Tünay ve Alp; 1996); NO₂ ise özellikle trafikten kaynaklan bir kirleticidir (Itano ve diğ., 2007; Amato, 2010). Dünya Sağlık Örgütü, her ülkede hava kirliliğine karar vermede SO₂ ve PM parametrelerinin ölçülmesini yeterli bulmuştur. Hava kalitesinin kentsel alanlarda giderek kötüleşmesi ve halk sağlığı üzerindeki potansiyel uzun vadeli etkilerin bulunması “Temiz Hava Girişimlerini” her geçen gün daha da

artırmıştır (Tecer, 2013). Bunun sonucunda da kentsel ve endüstriyel alanlarda hava kirliliği kontrolünde PM ve SO₂ gibi kirletici parametrelerinin yanında NO, NO₂ ve CO gibi kirleticiler de ölçülmeye başlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Avrupa Birliği (AB), Avrupa Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Türkiye Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliği (HKKY), hava kirleticilerine yönelik hedef sınır değerler oluşturmuşlardır (Doğan ve Kitapçioğlu, 2007).

Hava kirliliği, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yaşanan önemli bir çevre sorunsalıdır (Sezer Turalioğlu, 2011). Sanayileşme ve onun beraberinde getirdiği kentleşme olgusu, Türkiye’de yaşanan hava kirliliği ile yakından ilgilidir (İbret ve Aydınöz, 2009). Ülkede hava kirliliği sorunu ilk olarak 1960’lı yılların başlarında Ankara’da ortaya çıkmıştır. Daha sonra ise gelişen endüstrileşme, kentleşme, artan nüfus ve buna paralel motorlu araç sayısının artması gibi faktörler ülke genelinde hava kirliliği sorununun artmasına neden olmuştur (Çiçek ve diğ., 2004). Aynı zamanda kentlerde yoğunlaşan nüfus ve büyük kentlerin oluşması hava kirliliğinin dünya çapında, şehirlerde büyüyen bir sorun haline gelmesine neden olmuştur (Mishra ve Pandey, 2011). Hava kirliliği sorunu dünyadaki birçok kentte gün geçtikçe daha da artmaktadır (Lu ve Turco 1997; Molina ve Molina, 2004; Hosamane ve Desai, 2013). Çünkü kentsel alanların gelişimi ile birlikte artan sanayileşme hava kirliliğinin yoğun olarak yaşanmasına neden olmaktadır (Mikaeili ve Memlük, 2013). Kentlerin çekiciliği nedeni ile her geçen gün daha fazla nüfusu içinde barındırdığı düşünüldüğünde, her geçen gün daha fazla insan hava kirliliği sorunundan etkilenecektir (Tağıl, 2007).

Isınmada, taşıtlarda, güç üreten santrallerde, sanayide kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere bırakılan kirleticiler, şehir atmosferinde hava kirletici parametrelerinin temel kaynaklarını oluşturmaktadır (Keçebaş ve diğ., 2010; Hosamane ve Desai, 2013). Nitekim şehirlerin topografyası ve hakim rüzgar yönü gibi iklim şartlarının dikkate alınmaması (Tecer, 2013) şehirlerde var olan hava kirliliğini daha da artırdığı gibi şehir üzerinde de dağılamamakta ve kirliliğin artmasına neden olmaktadır (Sezer Turalioğlu,

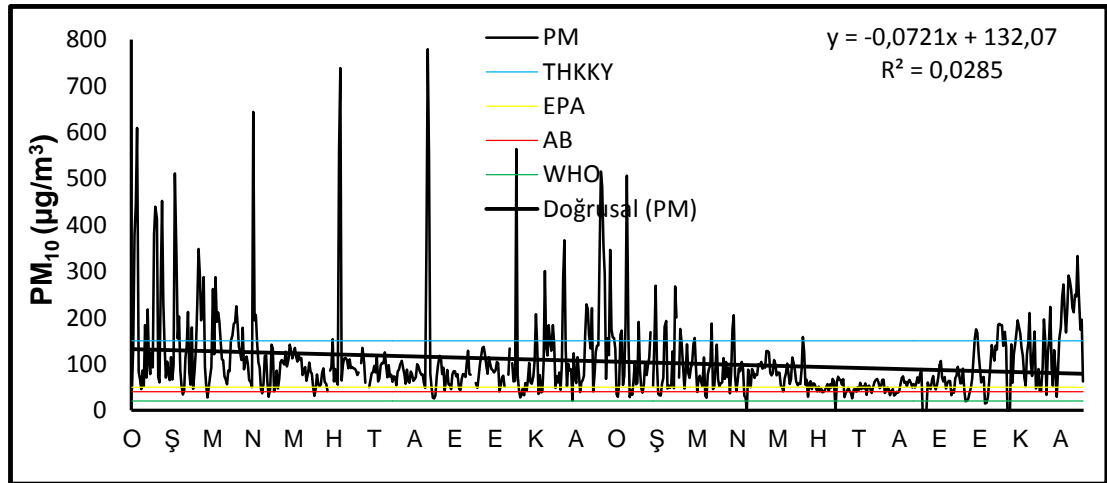
2011). Hava kirliliği sorunu, özellikle soğuk dönemin başlaması ile artış göstermektedir (Keçebaş ve diğ., 2010). Son yıllarda artış gösteren trafik ile ilişkili hava kirliliği hala kentsel alanların en büyük problemidir (EEA, 2006). Hava kalitesini ölçen aletlerin bulunduğu istasyonlar, buldukları alanlardaki hava kalitesi hakkında yalnızca genel bir fikir verir. Ancak insanların yaşadıkları ortamda, çok daha yüksek düzeylerde kirletici seviyelerine maruz kalmaktadır (Onat ve Alver Şahin, 2012).

SO₂, PM, NO, NO₂, CO, toz, is ve dumanlar şehirlerde görülen en yaygın hava kirletici parametrelerdir (Hosamane ve Desai, 2013). Bu parametrelere maruz kalma yaşam alanının her yerinde bulunmaktadır. Kentsel yaşamın hava kirliliği seviyeleri; aynı zamanda araç trafiğine, enerji üretimi ve iklimik faktörlere bağlı olarak da değişmektedir (Cohen ve diğ., 2004). İnsan sağlığına olan etkileri dikkate alındığında hava kirliliği kentsel alanların en önemli sorunudur (Eğri ve diğ., 1997). SO₂ özellikle solunum yolu hastalıklarına, solunum sistemi hastalığı var olan bireylerde ölüme, üst solunum yollarında tahrişe ve enfeksiyonlarına neden olmakta; NO ve NO₂ zehir etkisi yapmakta özellikle NO₂ ciğerlerde ödem ve kanamalar oluşturmakta; CO dokulara oksijen iletimini engellemekte, PM ise akciğerlere önemli ölçüde zarar vermektedir (Çiçek ve diğ., 2004). Gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere her yıl 1,3 milyon kişinin kentsel dış ortam hava kirliliğinden öldüğü tahmin edilmektedir (Mayda ve Yılmaz, 2013). Bu nedenle de hava kirliliği sorunu en büyük çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır.

5.1.1. PM'nin Zamansal Değişimi

Çalışma alanında PM₁₀'nin Ocak 2012 - Aralık 2013 dönemlerine ait yıllara göre değişimi Şekil 26 da gösterilmiştir. Yıllık PM₁₀ değişimi incelendiğinde 2012-2013 yılları arasında ise kirleticinin azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Bu azalış eğilimi PM₁₀ de %99 güven düzeyinde ($r:-0.291$; $p\leq.001$) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 13). PM₁₀ kirliliği göstergelerinde azalış eğilimi mevcut olup bu eğilim sürmektedir. Ancak

İnegöl'de daha yüksek hava kalitelerine ulaşabilmek için öngörülen hedef sınır değerlerin altına inilmediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Nazım ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada gözlenmiştir. Nazım ve diğ., (2008) 2003-2006 yılları arasında PM₁₀ düzeylerinde istatistiki olarak anlamlı bir azalma kaydetmişlerdir. Nitekim bu durum Turan ve Yalçın Çelik (2012), Beyhun ve diğ., (2008) taraflarından yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir. PM' deki azalış eğilimi hava kirliliği kontrol yönetmeliğinde belirlenen sınır değerlerin dikkate alınması ve kirliliğe neden olan kaynaklardaki değişim ile bağlantılıdır. Örneğin yirmi yıl önce kirlilik kaynağını çoğunlukla endüstriyel işlemler ve ısınma oluştururken günümüzde ise en önemli kirlilik kaynağı endüstriyel kaynakların yanı sıra trafik ve trafik teşkil etmektedir (Kocak ve diğ., 2011). Ayrıca kaliteli fosil yakıtların kullanılması ve hemen hemen her ilde doğalgaza geçiş hava kirlleticilerinin değerlerinin azalmasında etkili olan diğer faktörlerdir. Keçebaş ve diğ., (2010) tarafından ısınmada kömür vb. yerine doğalgazın kullanımının önemli ölçüde havadaki zararlı gaz emisyonlarını azalttığını dile getirmişlerdir.



Şekil 26. İnegöl'de PM₁₀ Konsantrasyonunun Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY, EPA, AB ve WHO Sınır Değerleriyle Karşılaştırılması (2012-2013)

PM₁₀'deki düşme, sadece İnegöl'de değil Türkiye genelinde de gözlenmiştir. Örneğin Menteşe ve Tağil (2012) tarafından yapılan çalışmada Bilecik'te; Menteşe ve Tağil (2011) Zonguldak'ta; Erbaşlar ve Taşdemir (2006) Bursa'da, Turan ve Yalçın Çelik (2012) Erzurum'da PM₁₀ düzeylerinde

azalmalar tespit etmişlerdir. Türkiye de olduğu gibi Avrupa' da her ne kadar pek çok kirleticinin emisyonu azalmakta ise de kirleticilerin çoğu için belirlenen sınır değerlere henüz ulaşamamıştır (Türk Toraks Derneği, 2012). Nitekim literatürde bu çalışmanın sonuçlarına paralellik göstermeyen çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Ulu ve diğ., (2010) tarafından Trabzon İli'nde; İbret ve Aydınöz (2009) tarafından Kastamonu İli'nde yapılan çalışmalarda PM miktarlarında önemli bir artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) tarafından Kayseri de yapılan çalışmada ise PM değerlerinin 1990-2007 döneminde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği tespit edilmiştir.

Çizelge 13. İnegöl'de PM₁₀'nin Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu

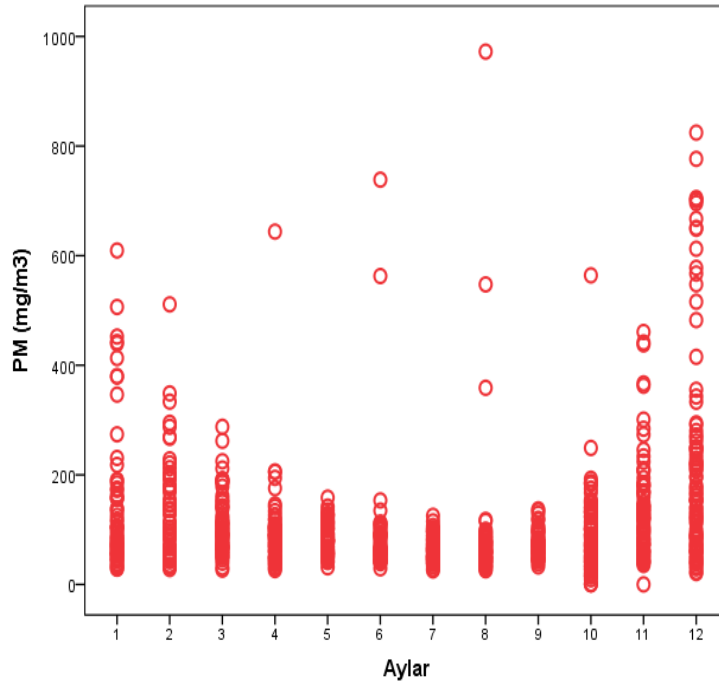
		Yıl	Ay	Gün
PM	Pearson Correlation	-,291**	,122**	-,001
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,979
	N	793	793	793

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

**Korelasyon 0.001 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

PM₁₀'nin aylar arasında farklılığını gösterebilmek için Şekil 27' deki saçılım grafiği hazırlanmıştır. Saçılım grafiği incelendiğinde PM₁₀ konsantrasyonunun Aralık ve Ocak aylarında en yüksek seviyesinde; Temmuz ayında ise en düşük seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Kasım, Şubat ve Mart aylarında da yüksek düzeyde fakat Aralık ve Ocak aylarındaki kadar belirgin değildir. Elde edilen bu bulgu literatürdeki çalışmalarla da ispatlanmış ve bilinen bir buldudur. Çeşitli bölgelerde yapılan araştırmalar, PM konsantrasyonlarının kışın arttığını ortaya koymuştur (Berktaş ve diğ., 2003; Çiçek ve diğ., 2004; Aydın, 2006; Taş, 2006; İbret ve Aydınöz, 2009; Menteşe, 2011; Menteşe ve Tağıl, 2012). Kış mevsimine ait iklimsel özellikler kirliliğin oluşumunda etkin olan parametrelerdir. Çalışma alanında sıcaklığın en düşük olduğu aylar olan Ekim-Mayıs arası dönemde (Çizelge 9, Şekil 17) ısınma amaçlı yakıt tüketiminin artması ve diğer etmenlerle (topografik, meteorolojik) birlikte hava kirliliğinin etkisi de artmaktadır. Özdemir ve diğ., (2010) tarafından İstanbul'un beş ayrı bölgesinde ölçüm yaptıkları bir çalışmada, PM_{2,5} ve PM₁₀ konsantrasyonları yaz aylarında ve deniz kıyısında düşük seviyede olduğu

buna karşılık soğuk aylarda konsantrasyon değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Nitekim Uysal (2002), Kara ve diğ., (2010), Ulu ve diğ., (2010), Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011), Mayda ve Yılmaz (2013) taraflarından yapılan çalışmalarda da, bu çalışmanın sonuçlarına paralel bulgular elde edilmiştir. Özellikle kasım, aralık ve ocak aylarında PM için hedef sınır değerini aştığı görülmüştür. Aynı zamanda Theodosi ve diğ., (2010) çalışmalarında kış ve geçiş dönemlerinde PM₁₀ seviyelerinin günlük limitin üstüne çıktığını belirtmişlerdir.



Şekil 27. İnegöl'de PM₁₀ Konsantrasyonunun Aylık Değişimi (2012-2013)

Havadaki kirleticiler açısından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konu da kirleticiler için belirlenen sınır değerlerdir. PM₁₀ ölçüm değerleri Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (THKKY, PM₁₀; 150 µg/m³), Avrupa Birliği (AB, PM₁₀; 40 µg/m³), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, PM₁₀; 20 µg/m³), Amerikan Çevre Koruma Ajansı, (EPA, PM₁₀; 50µg/m³) tarafından belirlenen uzun vadeli limit sınır değerler (UVS; bir yıl içinde aşılmaması gereken, tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır) ile karşılaştırılmıştır (Çiçek, 2004; Oftedal ve diğ., 2008; WHO, 2005; Aydın ve diğ., 2007). Uzun vadeli PM₁₀ değerlerinin Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği, Avrupa Birliği, Dünya

Sağlık Örgütü ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı sınır değerler ile karşılaştırması Şekil 26 da gösterilmiştir.

İnegöl de PM_{10} konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi azalış gösterebilir, değerlerin THKKY, AB, EPA ve DSÖ tarafından belirlenen sınır değerlerin çok üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 26). Nitekim THKKY tarafından belirlenen limit sınır değerler, diğer sınır değerlerin çok üzerinde bir seyir izlemesine rağmen İnegöl de PM değerleri THKKY sınır değerlerinin çok üzerindedir (Şekil26). THKKY, AB, EPA ve DSÖ'nün PM_{10} için belirlediği sınır değerlere bakıldığında, İnegöl de oldukça kirli atmosferik koşulların mevcut olduğunu söyleyebilmekteyiz (Şekil 28). Ülkemizde PM_{10} için belirlenen ortalama sınır değerlerin AB ve DSÖ'nün tanımladığı sınır değerinden 6 kat, EPA sınır değerinden ise 2 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. THKKY tarafından belirlenen sınır değer, diğer ülkelerin sınır değerlerinin çok üzerinde olmasına rağmen İnegöl'de PM_{10} seviyeleri sınır değerinin üzerinde seyretmektedir. Oldukça yüksek olan bu sınır değer insan sağlığı ve diğer canlılar açısından risk oluşturmaktadır.



Şekil 28. İnegöl Ovası'nda Sanayi Kuruluşları İle Yerleşmelerden Havaya Karışan Gazlar

Türkiye’de de HKKY kapsamında 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren PM₁₀ sınır değerlerinin, AB’nde yürütülmekte olan limit değerlere indirileceği kararna varılmıştır (Onat ve Alver Şahin, 2012). Bu durumda İnegöl de PM₁₀ konsantrasyon değerlerinin sınır değerlerin çok çok üzerinde seyredeceği görülecektir. İncelenen yıllar içerisinde hava kirliliğinin öngörülen hedef değerlerini geçtiği aylarda en yüksek PM₁₀ değeri 972,36 µg/m³ ile 2012 yılının Ağustos ayında ölçülmüştür. Bu durumdan hareketle, belirlenen sınır değer olan 150 µg/m³ dikkate alındığında değerlerin zaman zaman insan sağlığını tehlikeye düşürecek miktarlara ulaşıldığı dikkati çekmektedir. Bu da İnegöl’de hava kirliliğinin sadece ısınma kaynaklı olmadığını sanayi ve trafik kaynaklı olduğunu da göstermektedir (Şekil 29). Yine ölçüm yapılan yıllar arasında dikkati çeken aylar 824,53 µg/m³ ile 2011 yılının Aralık; 738,57 µg/m³ ile 2012 yılının Haziran ayı olmuştur.



Şekil 29. Çalışma Alanındaki OSB’ndeki Kuruluşlarından Havaya Karışan Kirleticiler

Bu çalışmanın sonuçlara benzer sonuçlar literatürdeki çalışmalarda da belirlenmiştir. Sezer Turalıoğlu (2011) tarafından yapılan çalışmada da PM₁₀ veya duman konsantrasyonunun henüz AB sınır değerini yakalayamadığı görülmüştür. İncecik ve İm (2013) tarafından yapılan çalışmada Çin de hava

kalitesi özellikle PM seviyelerinin DSÖ limitlerinin çok üzerinde seyrettiği belirtilmiştir. Bu duruma neden olan en önemli özellik olarak da toz taşınımından şehirdeki PM seviyelerinin çok fazla etkilenmesi gösterilmiştir. Çelebi ve diğ., (2010) çalışmalarında PM₁₀ değerlerinin, günlük limit sınır değerlerinin üzerinde seyrettiğini tespit etmişlerdir. Onat ve Alver Şahin (2012) çalışmalarında PM₁₀ ve PM_{2.5} seviyelerinin hedef değerlerini geçen episod günlerinin olduğu tespit edilmiştir. Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) yaptıkları çalışmanın analiz sonuçlarına göre, Kayseri'de hava kirlenmesinin önlenmesi için alınan tedbirlerin olumlu olduğunu, ancak düzeylerinin henüz AB ve DSÖ tarafından önerilen değerlerin altına düşmediğini belirlemişlerdir. Mayda ve Yılmaz (2013) çalışmalarında Düzce şehrinde 2007-2011 yılları arasında PM₁₀ değerlerinin sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Ayrıca kış döneminde bu değerlerin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kara ve diğ., (2010) çalışmalarında PM konsantrasyonlarının 2000-2009 periyodu süresince Konya kentinde doğalgaz kullanımının sanayide 2003 yılında konutlarda ise 2004 yılında başlamış olmasına rağmen özellikle kış aylarında zaman zaman PM₁₀ değerlerinin, 24 saatlik limit değerleri aştığı tespit edilmiştir. Yıllık ortalama değerlerde limit değerlerin sağlandığı ama özellikle ısınma döneminde PM konsantrasyon seviyelerinin hedef sınır değerlerin üzerinde seyrettiği belirtilmiştir (Kara ve diğ., 2010). Avrupa'nın pek çok bölgesindeki şehir yerleşimlerinde günlük PM₁₀ düzeyleri miktarları aşmaktadır (Türk Toraks Derneği, 2012).

Çalışmada PM konsantrasyon düzeylerini yüksek çıkmasının sebebi olarak İnegöl'ün yoğun sanayi tesislerine sahip olması gösterilebilir. Ayrıca İnegöl'den geçen otoyolun yani trafiğin bu sonuca ek olarak etkisi bulunmaktadır. İzmir de yapılan bir çalışmada kentdeki yüksek kirlenici konsantrasyonlarının en önemli kaynaklarının kent merkezinde bulunan sanayi tesisleri, trafik ve ısınmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Elbir ve diğ., 2007). Kara ve diğ., (2010b) PM₁₀ ve çöken toz konsantrasyonlarının en yüksek olduğu noktaların özellikle sanayi tesislerine yakın alanlarda olduğu tespit edilmiştir. Sanayiye bağlı kirliliğin yoğun olarak yaşandığı şehirlerde kalp rahatsızlıklarından kaynaklanan ölüm oranları, kirliliğin az olduğu kentlere

göre daha yüksektir (Doğan, 1992). Querol ve diğ., (2004) tarafından PM₁₀ değerlerinin trafiğin yoğun olduğu yerlerde, trafikten uzak bölgelere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi Mayda ve Yılmaz (2013)'in çalışmasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Trafiğin fazla olduğu kesimlerde kirlilik seviyeleri artış göstererek, bu alanlarda ve bu alanlara yakın yerlerde oturan kişilerin sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Chen ve diğ., 2009). Hoek ve diğ., (2000) tarafından Hollanda'da yapılan çalışmada yol kenarında hayatını sürdüren kişilerde kalp rahatsızlıkları yüzünden ölüm oranlarının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

“Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerinde miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır (Akyürek ve diğ., 2013)”. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere PM kirliliği insan hayatı başta olmak üzere bitki ve hayvanlar ile madde ve yapılar üzerinde zararlı olduğu için önemli problemlerden birini oluşturmaktadır. Günümüzde PM insan sağlığını etkileyen en önemli ve başta gelen kirleticilerden biridir (İncecik ve İm, 2013). Bu kirliliğe maruz kalma, daha hassas bünyelere sahip olan kişilerde daha da ciddi sonuçlara yol açma ihtimali yüksektir. Havada bulunan partikül maddeler, önemli çevresel ve sağlık etkileri nedeni ile izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken bir kirleticidir. PM'nin sağlık üzerine olan etkileri, solunum yolu hastalıklarından astım ve bronşite; kalp ve akciğer hastalıklarına; burun, boğaz ve göz organlarında tahrişe neden olmaktadır (Öztürk 2005; Babin ve diğ., 2008, Tecer ve diğ., 2009). Görüş mesafesine engel olması ve düşürmesi, güneş ışığını azaltma sebebi ile bazı tarım ürünlerinin verimliliğinde düşüşe neden olması, su ekosistemlerini etki altında bırakması ve uzun mesafelere kadar taşınması sebebiyle de deniz ekosistemini de etkilemesi, hava-su transferi PM'nin çevresel etkileridir (Gao ve diğ., 2002; Yatkın ve Bayram, 2007).

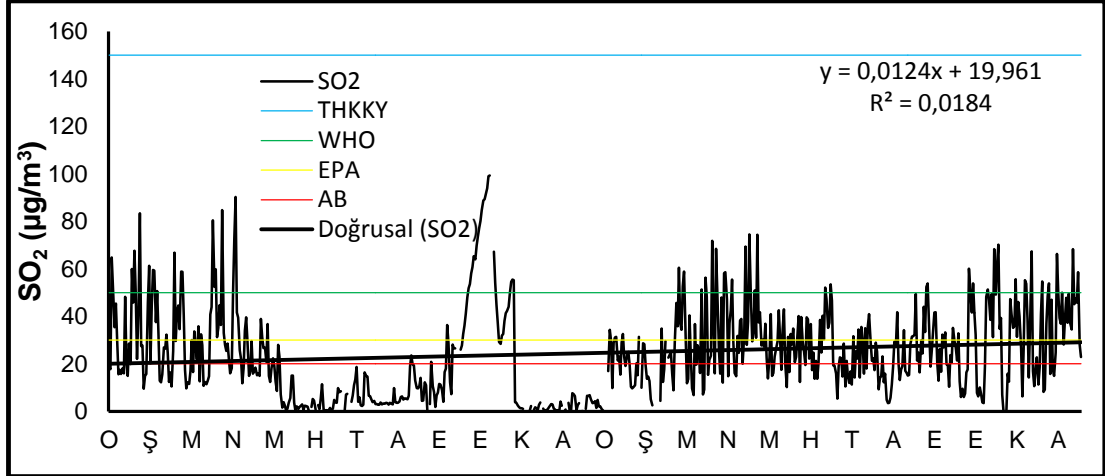
İnegöl'de PM₁₀ ölçümleri Ekim 2011 yılından itibaren İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü ve Mart 2013 yılından itibaren ise Marmara Bölge Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Özellikle İnegöl'de PM₁₀

parametresinde tespit edilen yüksek değerler nedeniyle bu kuruluşlar denetimlerini artırmalıdır. Eşik değerlerin aşıldığı günlerde İnegöl'de gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca İnegöl'de belirlenen yüksek PM₁₀ değerlerinin sebebi daha ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

5.1.2. SO₂'in Zamansal Değişimi

Havanın kirlenmesine neden olan kükürt bileşiklerinin en önemlisi olan SO₂ dir (Keser, 2002). SO₂ endüstriyel faaliyetler, ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar, termik santraller ve dizel yakıtlı taşıtların kullanımından kaynaklanmaktadır (Akyürek ve diğ., 2013). Ancak SO₂ konsantrasyonları genellikle ısınma amaçlı nüfusun fazla olduğu şehirlerin merkezinde ve endüstriyel kuruluşların çevrelerinde daha yüksek değerler göstermektedir (Akyürek, 2012). SO₂ astım ve akciğer hastalığı olan bireylerde solunum yolu hastalıklarına; üst solunum yollarına yerleşerek bronşit, kronik obstrüktif akciğer hastalıkları (KOA) ve diğer akciğer hastalıklarına sebep olmaktadır (Ünsal ve diğ., 1999; Keser, 2002; Öztürk, 2005; İlkılıç ve Behçet 2006). Hava kirliliğinin önlenmesi yada azaltılması, sağlık üzerinde oluşturduğu olumsuz sonuçların tedavisinden daha kolaydır ve daha ucuzdur (Tapu ve Numanoğlu, 2004).

SO₂'in Ocak 2012- Aralık 2013 dönemlerine ait yıllara göre değişimi Şekil 30 de gösterilmiştir. Uzun yıllık SO₂ değişimi incelendiğinde kirleticinin artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bu artış eğilimi SO₂ de %99 güven düzeyinde (r: 0.112; p≤.001) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 14). Bu durum İnegöl'de SO₂'in Ocak 2012 - Aralık 2013 dönemi boyunca arttığını göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Sezer Turalıoğlu ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışma ile de paralellik göstermektedir. Sezer Turalıoğlu ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada 2003-2004 yılları arasında Erzurum'da SO₂ düzeylerinin giderek artış gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 30. İnegöl'de SO₂'in Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY, WHO, EPA ve AB Sınır Değerler İle Karşılaştırılması (2012- 2013)

Ancak bu çalışmada elde edilen SO₂ düzeylerindeki artış eğilimi literatürdeki çoğu çalışmada bulunan bulgular ile paralellik göstermemiştir. Örneğin Beyhun ve diğ., (2008), Nazım ve diğ., (2008), İbret ve Aydınöz (2009) ve Özcan (2012) tarafından yapılan çalışmalarda SO₂ düzeylerinin giderek azaldığı kaydedilmiştir. SO₂ deki azalmayı Nazım ve diğ., (2008) kentte her yıl biraz daha yaygınlaşan doğalgaz kullanımına bağlamışlardır. Çünkü SO₂'in kentte özellikle fosil yakıt tüketimine bağlı olarak oluştuğunu belirtmişlerdir. Yine Turan ve Yalçın Çelik (2012) tarafından da yapılan çalışmada Erzurum şehrinde doğalgaz kullanılması ile hava kirliliğinde azalmalar olduğu ve SO₂ de önceki yıllara göre azalışlar yaşandığı belirlenmiştir. Nitekim Erbaşlar ve Taşdemir (2006) Bursa'da 1992 yılında bazı semtlerde doğalgaz kullanımına geçilmesi ile SO₂ kaynaklı kirliliğin azaldığı tespit edilmiştir. Tayanç (2000), Özkan ve diğ., (2008), Kara ve diğ., (2010), Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) ve Sezer Turalıoğlu (2011) çalışmalarında doğalgaz kullanımından sonra kirletici konsantrasyonlarının azaldığı tespit edilmiştir. Literatürde gördüğümüz gibi SO₂'deki düşme Türkiye genelinde gözlenmiştir (Tağıl, 2007) ve Avrupa'da emisyonların en büyük oranda azaltıldığı kirletici SO_x'dir (Türk Toraks Derneği, 2012). Yukarıda değindiğimiz örneklerde SO₂'in doğalgaz kullanımına geçilmesiyle her geçen gün daha da azaldığı tespit edilmiştir. Çünkü doğalgazda SO₂ ve PM emisyonları azdır, fakat bu yakıtta en önemli kirletici emisyonu azot

oksitlerdir. Bu nedenle ısınmada fosil yakıtlar yerine doğalgazın kullanımı havadaki zehirli gazları önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak bu çalışmada İnegöl'de SO₂ de artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Çünkü SO₂ Akyürek ve diğ., (2012) tarafından da belirtildiği gibi genellikle evsel ısıtma amacıyla fosil yakıtların kullanımının yaygın olduğu şehirlerin merkezlerinde ve endüstriyel alanlarda daha yüksek değerler göstermektedir. İnegöl'de 2004 yılından itibaren doğalgaz kullanılmaktadır. Ancak İnegöl yoğun sanayi tesislerine sahip bir yerleşmedir. İnegöl yoğun sanayi kuruluşlarına sahip olduğu için SO₂ de yıllar itibari ile artışlar belirlenmiştir (Şekil 31).



Şekil 31. İnegöl'de Sanayi Kuruluşlarından Kaynaklanan Kirliliğe Ait Görüntü

İnegöl'de PM₁₀ de azalış olduğu halde miktarların sınır değerlerin çok üzerinde seyretmesi ve SO₂ de artış gözlenmesi burada sanayi, trafik ve ısınma kaynaklı kirliliğin devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca İnegöl çevresi dağlarla çevrili bir havza özelliğine sahiptir. Bu nedenle oluşan kirlilik dağılamamaktadır.

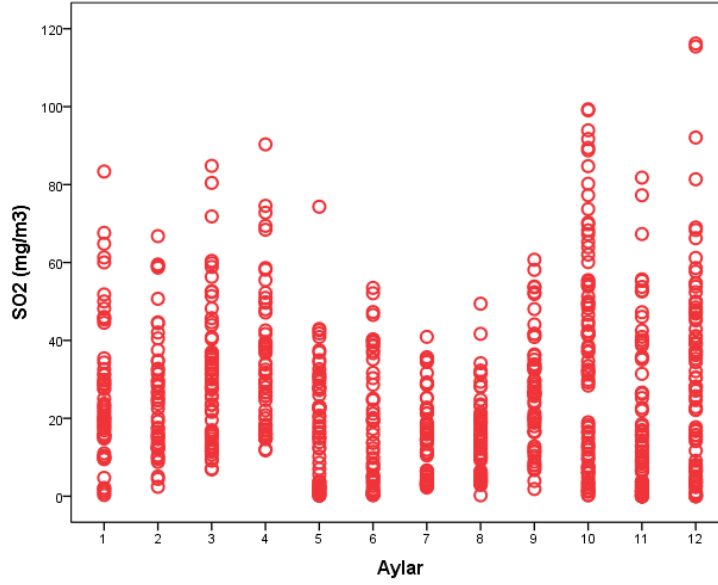
Çizelge 14. İnegöl'de SO₂'in Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu

		Yıl	Ay	Gün
SO ₂	Pearson	,112**	-,014	,039
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)	,002	,696	,278
	N	780	780	780

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

**Korelasyon 0.001 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

SO₂ ile aylar arasında negatif yönde korelasyon tespit edilmiştir (Çizelge 15). Bu da kış aylarında söz konusu kirleticinin arttığını göstermektedir. SO₂'nin aylık değişimini (Şekil 32) incelediğimizde; Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında en yüksek seviyede; Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edildiği gibi PM₁₀ ve SO₂ deki artış ve azalışın yaklaşık olarak aynı aylarda olduğu gözlenmiştir (Başar ve diğ., 2005; Bayram, 2005; Aydın, 2006; Taş, 2006; İbret ve Aydınöz, 2009; Menteşe, 2011). Tağıl ve Koç (2000)'un Edirne'de, Başar ve diğ., (2005) Aydın'da, Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) Kayseri'de yaptıkları çalışmalarda Ekim-Mart döneminde SO₂ ve PM değerlerindeki yıl içinde diğer dönemlere göre belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Nitekim bu durum Ulu ve diğ., (2010), Kara ve diğ., (2010) tarafındanda belirlenmiştir.



Şekil 32. İnegöl'de SO₂'in Aylık Değişimi (2012- 2013)

Çünkü soğuk koşulların yaşandığı Ekim-Mayıs döneminde ısınma amaçlı fosil yakıtların kullanılması ve diğer etmenlerle (topografik, meteorolojik) birlikte hava kirliliği de artış göstermektedir. Genel olarak, İnegöl Ovası'nda ısınma döneminin ilk ayı olan Ekim ayında, SO₂ için diğer aylar ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeyler gözlenmiş; Kasım ayından itibaren ise kirletici seviyeleri artmış; Aralık ve Şubat ayları arasında birbirine benzer seviyeler gözlenmiş ve Mart ayında düzeylerde azalışa geçmiştir. Dikkat edildiği üzere Aralık- Ocak ayları İnegöl'de hava sıcaklığının en çok düştüğü aylardır (Çizelge 9, Şekil 17). Menteşe ve Can Yarımtepe (2012) tarafından yapılan çalışmada da Çanakale İli'ne ait PM₁₀ ve SO₂ kirletici konsantrasyon düzeylerinin özellikle kış aylarında daha yüksek düzeylerde seyrettiği tespit edilmiştir. Beyhun ve diğ., (2008) ölçülen SO₂ ve PM₁₀ seviyelerinin ısınma kaynaklı hava kirliliği ile yakından ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Erbaşlar ve Taşdemir (2006) çalışmalarında Bursa'da SO₂ ve PM kaynaklı hava kirliliğinin kış aylarında arttığı ve SO₂ ve PM kirleticilerinin incelenen dönem içinde yaz ayları ortalamasının yaklaşık 5 katı seviyede olduğu belirlenmiştir. Özden ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada da özellikle kış aylarında dış ortam SO₂ derişimlerinin ısınmadan kaynaklı yanmaya bağlı olarak arttığı belirtilmiştir.

SO₂ ölçüm değerleri THKKY (150 µg/m³), AB (20 µg/m³), DSÖ (50 µg/m³), EPA (30µg/m³) tarafından belirlenen uzun vadeli limit sınır değerler ile Şekil 30 da karşılaştırılmıştır. Uzun vadeli SO₂ değerlerinin THKKY tarafından belirlenen 150 µg/m³ olan sınır değerini, İnegöl'de ölçüm yapılan yıllarda geçmediği tespit edilmiştir. Buna Karşılık SO₂ değerlerinin DSÖ'nce kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 50 µg/m³; AB'nce kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 20 µg/m³; EPA'nca kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 30 µg/m³ sınır değerlerini, incelenen dönem içinde geçtiği tespit edilmiştir.

İnegöl için ulusal yasal hedef değerler geçilmemiş olsa da geniş ölçekte AB, EPA ve DSÖ gibi kuruluşlar tarafından belirlenmiş standartların üzerinde değerlere rastlandığı gözlenmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi Nazım ve diğ., (2008), Erbaşlar ve Taşdemir (2006), İncecik ve İm (2013) taraflarından yapılan çalışmalarda SO₂ seviyelerinin ulusal ve uluslararası limit değerlerin çok üstünde olduğunu ortaya koymuşlardır. Tecer (2013) SO₂ ve PM₁₀ değerlerinin incelenen yıllar içerisinde Balıkesir il merkezi kış sezonu kirlilik seviyelerinin genellikle sınır değerlerin üzerinde seyrettiği belirlenmiştir. Buna neden olarak da ısınma, sanayi ve trafiğin yanı sıra, kentin planı ve olumsuz iklim şartları olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kent merkezinin çanak şeklinde yapısının, kış aylarında hakim rüzgarları azaltması, yüksek basınç ve hava sıcaklıklarının düşmesi, yüksek nemlilik ve sık görülen sisli günlerin kirliliğin etkisini arttığını belirtmiştir. Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) tarafından yapılan çalışmanın analiz sonuçlarına göre ise Kayseri'de hava kirliliğinin önüne geçilebilmesi amacı ile vasıflı yakıt kullanımı ve doğalgaz kullanımına geçilmesi gibi tedbirlerin işe yaradığı, fakat SO₂ ve PM seviyelerinin AB ve DSÖ tarafından öngörülen değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmaya literatürde paralellik göstermeyen çalışmalarda mevcuttur. Örneğin Menteşe ve Tağıl (2012) Bilecik de yaptıkları çalışmalarında yıllık ortalama SO₂ değerleri incelediğinde, hem AB hem de DSÖ tarafından belirlenen sınır değerlerinin hiç geçilmediği saptanmıştır. Mayda ve Yılmaz (2013) yaptıkları çalışmada Düzce de SO₂ değeri için Türkiye için belirlenen eşik değerlerin incelenen yıllarda aşılmadığı görülmüştür. Akdemir ve diğ., (2010) Samsun

Organize Sanayi Bölgesi'ni kapsayan Tekkeköy Selyeri Mevki' sinde SO₂ için günlük ölçüm değerlerine göre ulusal ve uluslar arası mevzuatları aşan bir durumun olmadığı tespit edilmiştir.

5.1.3. NO ve NO₂'in Zamansal Değişimi

Hava kirleticilerinden SO₂ ve PM ölçülmesi, kirlilik düzeyini belirlemede DSÖ tarafından yeterli görülmüş ve her ülkede bu kirleticilerin ölçülmesi önerilmiştir. Kentlerde hava kirliliğinin giderek artması ve sağlık üzerinde olan uzun vadeli potansiyel etkilerinin artması "Temiz Hava Girişimlerini" her geçen gün daha da önemli hale getirmiştir (Tecer, 2013). Temiz hava girişimlerinin sonucunda kentsel ve endüstriyel alanlarda PM, SO₂, NO, NO₂ ve CO gibi kirleticiler de ölçülmeye başlanmıştır. Çünkü NO_x ve CO emisyonları, EPA'ya göre hava kirliliğine neden olan temel kirleticilerdendir (Ayberk ve Çetin, 2008). Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde PM, SO₂, NO_x, CO ve O₃ gibi kirleticiler insan sağlığını etkilemekte ve bütün dünyada sorun olmayı sürdürmektedir (Cavkaytar ve diğ., 2013). Son 50 yılda hava kirleticilerinde azalmalar gözlenmiş olsada hala ortamda insan sağlığını etkileyecek düzeyde kirletici bulunmaktadır (Türk Toraks Derneği, 2012).

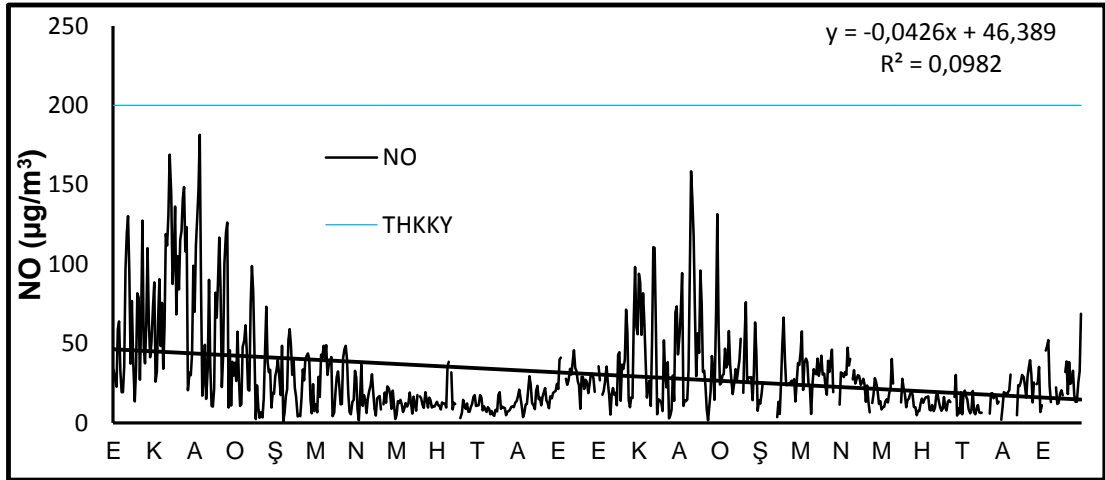
Hava kirliliğine neden olan NO_x'lerin en önemlileri NO ve NO₂'dir (Ertürk, 1993; Ayberk ve Çetin, 2008). Geçmişte endüstriyel faaliyetler ve ısınma hava kirliliğine neden olan en önemli faaliyetler iken, günümüzde ise trafik, ana etkenlerden biri olmuştur (Borrego ve diğ., 2000). Kentlerdeki trafikten kaynaklanan (Türk Toraks Derneği, 2012) zararlı emisyonlar, kentteki sanayi tesislerinden ve konutlardan kaynaklanan emisyonlar kadar önemlidir (Elbir ve diğ., 2010). Gelişmekte olan ülkelerde trafikten kaynaklanan kirleticiler nedeniyle kentsel hava kirliliği varlığını sürdürmektedir (Kume ve diğ., 2010). NO_x emisyonları önemli oranda ulaşımdan ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Tünay ve Alp, 1996). NO₂ özellikle ulaşım kaynaklı bir kirleticidir (Lu ve Wang, 2003; Itano ve diğ., 2007; Türk Toraks Derneği, 2012). Trafiğin yoğun olduğu ana cadde, kavşak ve karayolları hava

kirleticileri yoğunlaşmakta ve yer yakın oldukları için de dağılımları güç olmaktadır (KENTAIR, 2013). Günümüzde bütün dünyada trafikten kaynaklanan emisyonlar en önemli kirletici kaynağını oluşturmaktadır (Mayer, 1999). Dumanlıoğlu ve Bayram (2013) yaptıkları çalışmada en yüksek NO₂ konsantrasyonlarının nüfusun ve trafiğin yoğun olduğu kent merkezinde olduğunu tespit etmişlerdir. Payan ve Ertürk (2002) tarafından yapılan araştırmada da endüstri, nüfus ve trafiğin yoğun olduğu Bursa atmosferinde kirlenme seviyelerinin de yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Türkiye'nin birçok kentinde fosil yakıtlar yerine doğalgaza geçişle hava kirleticilerinin seviyelerinde azalmalar gözlenmiştir (Tayanç, 2000; Erbaşlar ve Taşdemir, 2006; Nazım ve diğ., 2008; Özkan ve diğ., 2008; Dadaşer Çelik ve Kırmacı, 2011; Akyürek ve diğ., 2012; Özcan, 2012; Turan ve Yalçın Çelik, 2012). Çünkü doğalgazda SO₂ ve PM emisyonları azdır (Keçebaş ve diğ., 2010). Doğalgazda yanma koşullarına bağlı olarak is, CO ve yanmamış hidrokarbon (HC) gibi emisyonlar oluşur. Fakat doğalgazdaki en önemli iki ana kirletici NO ve NO₂'dir (Arayıcı, 1995; Sonibare ve Akeredolu 2004).

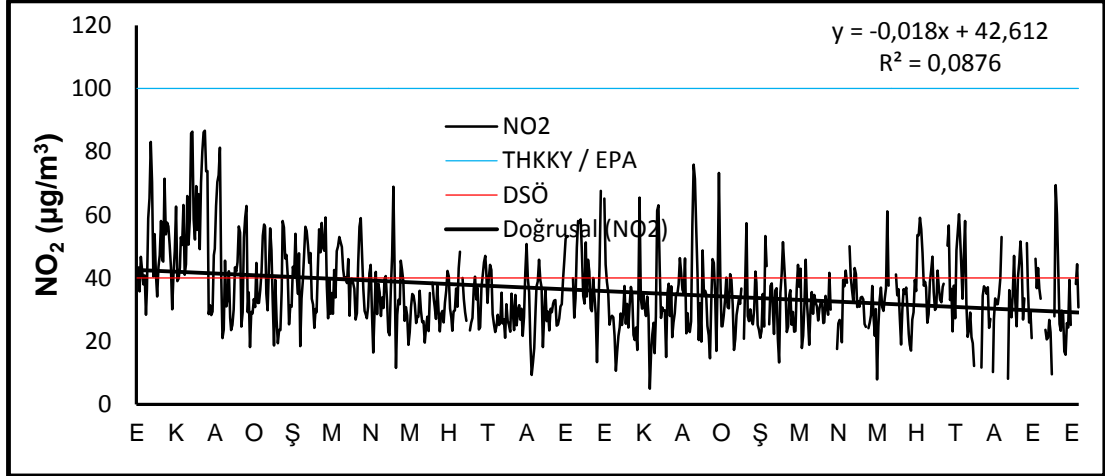
Sağlığa olan etkisi, yer seviyesindeki O₃ konsantrasyonu ile tepkimeye girmesi ve asit yağışı gibi nedenlerle NO_x emisyonunun denetimi için yasalar onaylanmış ve uyulması gereken sınır değerler koyulmuştur. Türkiyede de 1.1.2006 tarihinden itibaren yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile ortam havasındaki NO_x'ler için verilen limit değerinin 1.1.2012 tarihine kadar %50 düşürülmesi, 1.1.2021 tarihine kadar ise sifıra düşecek şekilde yıllık olarak azaltılması öngörülmektedir. Bu nedenle, NO_x emisyonları, hava kirliliği çalışmalarında önemli bir yer kazanmıştır (Ayberk ve Çetin, 2007). NO ve NO₂ konsantrasyonlarının önemi, onların fotokimyasal smog (sis) oluşumundaki önemli rolleridir (Çetin ve Ayberk 2008). Son yıllarda özellikle büyük şehirlerde, artan nüfus ve endüstrileşmeyle fotokimyasal smog oluşumu da artmaktadır (Özcan ve diğ., 2006). Azotlu bileşiklerin özellikle de NO₂'e olan kişisel maruziyetin özellikle riskli gruplarda akciğer üzerinde olumsuz sağlık etkileri tespit edilmiştir (Duan ve diğ., 2008).

Ekim 2011-Ekim 2013 dönemleri arasında NO değişimi incelendiğinde kirleticinin azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Şekil 33). Bu azalış eğilimi NO de %99 güven düzeyinde ($r: -397$; $p \leq .001$) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 16). Bu da NO'nun Ekim 2011-Ekim 2013 dönemi boyunca İnegöl'de azaldığını göstermektedir. NO_x'ler özellikle troposferik ozonun (O₃) oluşmasında önemlidir. NO'nun azalış göstermesi ozon konsantrasyonunun arttığına işaret etmektedir. Buradan yola çıkarak İnegöl'de NO emisyonlarının azalış göstermesi ozon konsantrasyonunun arttığına bir göstergesidir. Çünkü NO_x yoğun olduğu ortamda ozon konsantrasyonu azalış göstermektedir. Yani güçlü NO_x emisyon kaynaklarının yakınında ozon "temizlenme" eğilimi gösterir. Ozon konsantrasyonları sıklıkla şehir merkezlerinde, özellikle de yoğun trafiğin olduğu ana cadde ve kavşaklarda daha düşük, şehir kenarlarında ve kırsal kesimde daha yüksektir (Türk Toraks Derneği, 2012).



Şekil 33. İnegöl'de NO'nun Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması (Ekim 2011-Ekim 2013)

NO olduğu gibi NO₂ de azalış eğilimi tespit edilmiştir (Şekil 34). Ekim 2011-Ekim 2013 dönemleri arasındaki bu azalış eğilimi NO₂ de %99 güven düzeyinde ($r: -150$; $p \leq .001$) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 16).



Şekil 34. İnegöl'de NO₂'nin Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması (Ekim 2011-Ekim 2013)

Dumanlioğlu ve Bayram (2013) tarafından yapılan araştırmada en yüksek NO₂ oranlarının nüfusun ve trafiğin yoğun olduğu kent merkezinde belirlenmiştir. Nitekim Özden ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada da en yüksek NO₂ derişiminin trafiğin yoğunlaştığı örnekleme noktasında belirlenmiştir. Ulaşımdan kaynaklanan egzoz gazları, trafiğin yoğunlaştığı kentlerin merkezlerindeki azot oksit emisyonlarının %41,0'inden sorumludur (EEA, 2007). İncecik ve İm (2013) tarafından yapılan çalışmada Avrupa'da şehirlerde yaşayan nüfusun yaklaşık %97'sinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen 2011 kriterleri üzerinde ozon düzeylerine maruz kaldığı belirtilmiştir. Bu şehirlerde havadaki zararlı gazların artmasında, ekonomik refah düzeyinin artmasına paralel olarak trafiğe çıkan araç sayısının artması, ve eski bakımsız araçların trafikte yer alması yol açmaktadır. Bu duruma şehirlerde kış mevsimindeki emisyonlar ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar eklendiğinde gelişmekte olan ülkelerin mega şehir emisyonlarının durumu ortaya çıkmaktadır. Mega şehirlerde hava kalitesinin kötüleşmesinde artan nüfus, yoğun trafik ve sanayinin gün geçtikçe büyümesi yol açmaktadır. İm ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada şehirde O₃: NO_x var olduğu, yoğun trafiğin olduğu saatlerde maksimum NO_x ile minimum O₃, öğleden sonraları ise NO_x'un azalması ile sıcaklık ve güneş radyasyonunun artması ile O₃ seviyelerinin yükseldiği tespit edilmiştir.

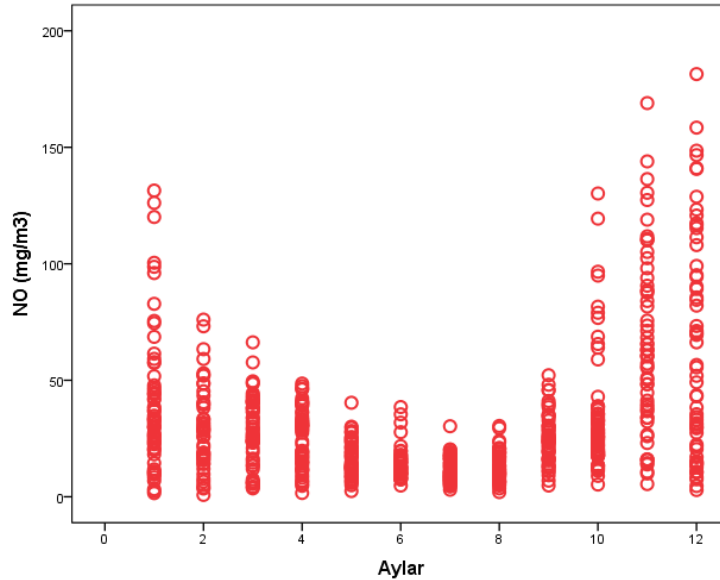
Çizelge 15. İnegöl'de NO ve NO₂'nin Günlük, Aylık ve Yıllık Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu

		Yıl	Ay	Gün
NO	Pearson Correlation	-,397**	,257**	,052
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,170
	N	690	690	690
NO ₂	Pearson Correlation	-,150**	,006	-,017
	Sig. (2-tailed)	,000	,879	,657
	N	690	690	690

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

**Korelasyon 0.001 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

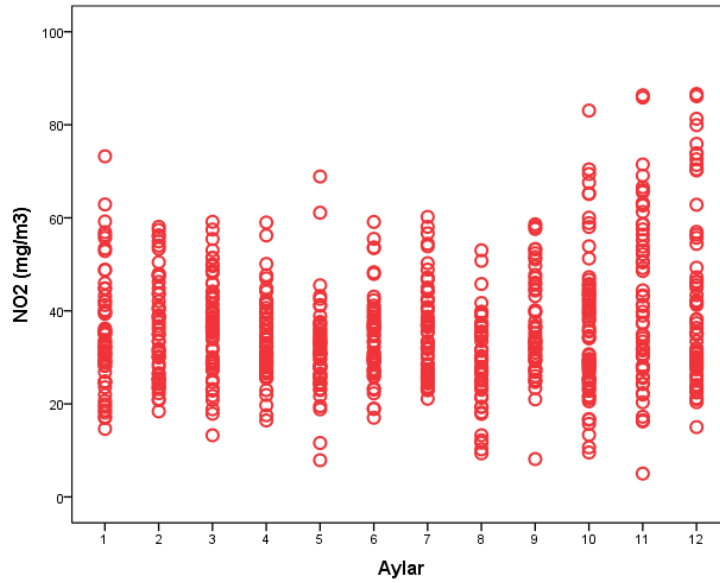
NO'in aylar arasında farklılığını gösterebilmek amacı ile Şekil 35'deki saçılım grafiği hazırlanmıştır. Saçılım grafiği incelendiğinde NO konsantrasyonu Kasım, Aralık ve Ocak aylarında en yüksek seviyesinde; Temmuz ayında ise en düşük seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, Saito ve diğ. (2002) tarafından Japonya'da yapılan çalışmanın sonuçlara benzer niteliktedir. Saito ve diğ., (2002) NO_x oranlarının mevsimsel değişimleri incelenmiş ve bu oranın kış mevsiminde daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 35. İnegöl'de NO'in Aylık Değişimi (Ekim 2011-Ekim 2013)

Şekil 36'daki NO₂ ile ilgili saçılım grafiği incelendiğinde ise, NO₂ konsantrasyonunun bütün aylarda hemen hemen birbirine yakın seviyelerde

olduğu görülmektedir. Çünkü NO₂ ulaşımdan kaynaklanan bir kirletici (Lu ve Wang, 2003; Itano ve diğ., 2007; Türk Toraks Derneği, 2012) olduğu için bütün yıllarda aynı seviyede seyretmesi muhtemeldir. Çok belirgin olmasa da NO₂ dede kirletici seviyeleri Ekim, Kasım ve Aralık aylarında en yüksek seviyesinde; Temmuz ve Ağustos ayında ise en düşük seviyede seyrettiği tespit edilmiştir. Türkiye'nin çoğu bölgesinde yalnızca PM ve SO₂ ölçümleri yapılmaktadır. NO ve NO₂ parametrelerine ilişkin ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır. Ancak son zamanlarda karayolu trafiğinden kaynaklanan kirletici emisyon miktarlarına ilişkin veriler yeni yeni türetilmektedir. Trafik gelişmekte olan ülkelerde kentsel alanlarda önemli miktarda ve hızla artan hava kirliliğine neden olmaktadır (Gümüşay ve diğ., 2009). Motorlu taşıtların egzozlarından çıkan zehirli emisyonlar, sadece küresel ısınmaya neden olduğu için değil, aynı zamanda ozon tabakasına ve birçok canlılara zarar verdiği için, çevre ile ilgili çalışanların ve toksikologların dikkatini toplamaya devam etmektedir (Otken ve Gümüşay, 2009).



Şekil 36. İnegöl'de NO₂'in Aylık Değişimi (Ekim 2011-Ekim 2013)

NO ölçüm değerleri Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (NO; 200 µg/m³), tarafından belirlenen uzun vadeli limit sınır değer ile Şekil 33 de karşılaştırılmıştır. İnegöl için ölçüm yapılan yıllar içinde İnegöl'de 200 µg/m³

olan sınır değerin hiç geçilmediği tespit edilmiştir. Çalışma alanında ölçüm yapılan yıllarda en yüksek NO seviyeleri 181,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2011 yılının Aralık; 168,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2011 yılının Kasım; 158,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2012 yılının Aralık; 131,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2013 yılının Ocak aylarıdır. Buradan en yüksek NO seviyelerinin kiş aylarında olduğu tespit edilmiştir. Bouhamra ve Abdul-Wahab (1999) tarafından yapılan araştırmada Mansouriya yerleşmesinde NO için EPA'nın önerdiği seviyelerin altında kaldığı vurgulanmıştır.

NO₂ lüm değerleri THKKY (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), DSÖ (WHO, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), EPA (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarafından belirlenen uzun vadeli limit sınır değerler ile Şekil 34 de karşılaştırılmıştır. NO₂ değerlerinin Türk Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nce kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerini; EPA'nca kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerini incelenen dönem içinde hiç geçmediği tespit edilmiştir. Buna karşılık NO₂ değerlerinin Dünya Sağlık rgt'nce kabul edilmiş uzun vadeli sınır değer olan 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerini, incelenen dönem içinde geçtiği tespit edilmiştir.

NO₂ açısından İnegöl için ulusal limit değerler altında seviyeler izlenmiş olsa da DSÖ gibi kuruluşun oluşturmuş olduğu limit değerlerin üzerinde değerlere rastlandığı kaydedilmektedir. lüm yapılan yıllar içinde en yüksek NO₂ ölçümlerine 86,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2011 yılının Aralık; 86,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2011 yılının Kasım; 83,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2011 yılının Ekim ayıdır. İncelediğimiz tüm kirletici parametrelerde olduğu gibi NO₂ dede İnegöl'de en yüksek seviyelere kiş aylarında rastlanılmıştır. Baytak ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada ortalama NO_x seviyelerinin yönetmelikteki sınır değerlerden daha yüksek olduğu, NO₂ seviyelerini ise yıllık ortalama limit değere eşit seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. İncecik ve İm (2013) alışmalarında Jakarta da, NO₂ seviyelerinin yıllık 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olan DSÖ limitlerin altında kaldığını belirtmişlerdir. Akdemir ve diğ., (2010) Samsun Organize Sanayi Bölgesi'ni kapsayan Tekkeköy Selyeri Mevki' sinde NO₂ için günlük ölçüm değerlerine göre ulusal ve uluslar arası mevzuatları aşan bir duruma rastlanılmadığı tespit edilmiştir.

Yürürlükte olan Türkiye hava kalitesi limit değerlerine göre 2024 yılı için öngörülen yıllık ortalama limit değer NO₂ için 40 µg/m³ olarak belirlenmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008). NO₂ için İnegöl'de sınır değerleri geçilmese de 2024 yılı standartlarının üzerinde değerlere rastlandığı kaydedilmektedir.

5.1.4. CO' in Zamansal Değişimi

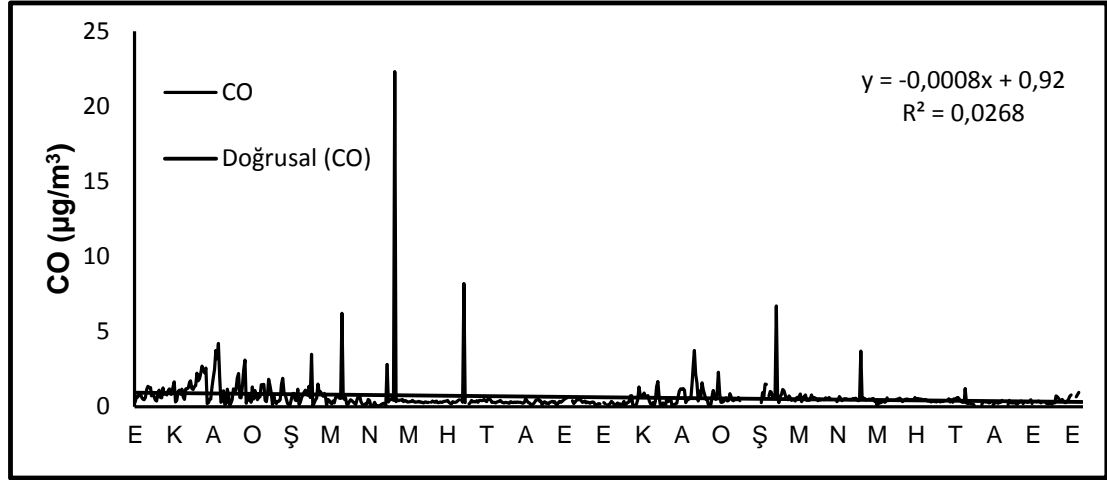
Geçmişte fosil yakıtlar ve endüstriyel faaliyetler hava kirliliğinin en önemli nedeni iken, günümüzde ise hava kirliliğinin en önemli kaynaklarını endüstriyel faaliyetlerin yanı sıra ulaşım (Borrego ve diğ., 2000) ve trafikten kaynaklanan çökmüş tozlar oluşturmaktadır (Koçak ve diğ., 2011). CO renksiz kokusuz bir gazdır (Topu ve Numanoğlu, 2004). CO fosil yakıtların eksik yanması sırasında oluşur ve trafik egzoz dumanlarından kaynaklanan hava kirliliğinin en önemli bileşenlerinden birini oluşturur (Özcan, 2012). Kaynaklandığı nokta etrafında dağılımı zor olan ve varlığı kolay fark edilemeyen zehirli bir gazdır. Atmosferde kolay kolay yok olmaz, ömrü yaklaşık 2,5 ay kadardır (Çetin ve diğ., 2006). Trafik, Avrupa gibi kalabalığın yoğun olduğu alanlarda CO₂ ve CO'nun önemli kaynağını oluşturmaktadır (Popa ve diğ., 2013). Son yıllarda Türkiye'nin çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalarda ve bu çalışmada hava kirliliğine yol açan maddelerin (SO₂, PM₁₀) havadaki düzeylerinde azalmalar tespit edilmiştir. Ancak trafik ile ilişkili hava kirliliği hala kentsel alanlarda en büyük problemdir (EEA, 2006). Elbir ve diğ., (2010) tarafından yapılan çalışmada 2007 yılı İzmir kent merkezindeki trafikten atmosfere verilen CO için emisyon miktarı 5607 ton olarak belirlenmiştir. Nitekim Sharma ve Khare (2001) tarafından yapılan çalışmada ise motorlu taşıt sayılarının her geçen gün artması birlikte şehir merkezlerinde hava kirliliğinde artış gösterdiği belirtilmiştir. Türkiye'nin ekonomik refah düzeyi arttıkça, motorlu taşıt sayısında daha da artış olacağı için, özellikle şehirlerde trafikten kaynaklanan hava kirliliği önemli bir tehdit unsuru olacaktır (Çetin ve diğ., 2006). Türkiye için dikkat çekici bir nokta,

gelişmekte olan bir ülkeye kıyasla Türkiye'nin kirletici emisyonlar açısından ortalama seviyeler göstermesidir (Altıkat ve diğ., 2011).

Dünyada hava kirliliğinin en önemli nedeni motorlu taşıtlardan ortama yayılan emisyonlardır (Bingal ve diğ., 2008; Parrish ve diğ., 2009). Trafikten kaynaklanan kirliliği diğer kirleticilerden ayıran fark taşıtların, yerden yüksekliği 50 cm'yi geçmeyen seviyede egzoz atıklarını ortama bırakmasıdır (Güvendik ve Yılmaz 2003). Aynı zamanda bu kirliliğin diğer kirletici kaynaklardan çok daha önemli olmasının nedeni, egzoz gazlarının kirletici nitelikleri yanında ani ve doğrudan etkili hastalık yapıcı niteliklerinin bulunmasıdır (Çetin ve diğ., 2006). Nitekim kent çekirdeklerindeki motorlu taşıtların egzozlarından çıkan emisyonlar, kentlerdeki sanayi tesislerinden ve konutlardan kaynaklanan toplam emisyonlar kadar önemlidir (Elbir ve diğ., 2010) ve çoğunlukla kalitesiz araçlar ve taşıtların kirletici madde yayma sistemlerinden kaynaklanmaktadır (Han ve Naeher, 2006). Motorlu taşıtların egzoz gazları, trafiğin yoğunlaştığı kent merkezlerindeki karbon monoksit emisyonlarının %43,9'undan sorumludur (EEA, 2007). Eski araçların trafikten çıkarılması ile trafikten kaynaklanan CO emisyonları azalacaktır (Popa ve diğ., 2013). Günümüzdeki modern araçlarda her ne kadar katalitik dönüştürücüler var olsada motorlu taşıtlarda benzin ya da dizelin yanması pek çok kirletici (CO, NO_x, UOB ve PM) içeren egzoz gazlarının oluşumuna neden olmaktadır (Türk Toraks Derneği, 2012). Trafik, CO emisyonlarının %83-89'undan sorumludur (İncecik ve İm, 2013). CO kirliliğinden etkilenme düzeyi gelişmekte olan ülkelere oranla gelişmiş ülkelerde daha yüksektir (Atımtay ve diğ., 2010). Benzinli motorlu taşıtlarda rölanti ve yavaşlama halinde CO emisyonları önem kazanmaktadır (Güvendik ve Yılmaz, 2003). Son yıllarda yapılan çalışmalar da şehirlerde trafikten kaynaklanan hava kirliliğine odaklanılmaktadır (Aldrin ve Haff, 2005; Çetin, 2006; Tonne ve diğ., 2007; Elbir ve diğ., 2010).

Uzun yıllık CO değişimi incelendiğinde kirleticinin azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Şekil 37). Bu azalış eğilimi CO de %99 güven düzeyinde (r: -

150; $p \leq 0.001$) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 17).



Şekil 37. İnegöl'de CO'in Aylık, Yıllık Değişimi ve THKKY Sınır Değerler İle Karşılaştırılması (Ekim 2011- Ekim 2013)

Bu çalışmada elde edilen bulgular Özcan (2012)'in çalışmasına paralellik göstermektedir. Özcan (2012) tarafından yapılan çalışmada İstanbul'da CO (yarı yanma göstergesidir) miktarlarında 2002-2010 yılları boyunca azalış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Gallardo ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışma da Bogota (Kolombiya), Buenos Aires (Arjantin), Santiago (Şili) ve Sao Paulo (Brezilya) şehirlerinde, son 10-15 yıldır CO miktarlarında azalmalar yaşandığı belirtilmiştir. Von Schneidemesser ve diğ., (2010) tarafından Londra'nın merkezindeki Marylebone yolu boyunca 1998-2008 dönemleri boyunca CO düzeylerinde yılda % 12 oranında azalış tespit edilmiştir. Yine Granier ve diğ., (2011) tarafından da CO antropojenik emisyonlarının son iki yılda düşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Fakat Çetin ve diğ., (2006) tarafından yapılan Kocaeli İli'ndeki ana yollarda yapılan çalışmada 2003-2004-2005 yıllarında sırayla CO emisyonunun 3086 ton-3763 ton-3769 ton olduğu gözlenmiştir. Buradan CO emisyonunun 2003-2005 yıllarında arttığı gözlenmiştir. Ancak karayollarından temin edilen 2003-2004-2005 yıllarına ait ortalama günlük araç sayımları incelediklerinde, 2003 yılındaki 269.662 olan toplam araç sayısının 2004 yılında 296.423'e yükseldiği, 2005 yılında da 295.454'e düştüğü görülmüştür. Burada CO emisyonlarının artması artan araç sayısı ile ilişkili bulunmuştur. İncelenen kirleticilerin emisyon miktarlarına baktıkları yollara göre karşılaştırıldığında

ise, en yüksek kirletici yükünün otoyolda, daha sonra sırasıyla Gebze-Körfez, İzmit-Gölcük ve İstanbul il hududu-Gebze yollarında, en düşük kirletici yükünün ise Kandıra-Sakarya il hududu, Kefken-Kandıra ve Ağva-Kandıra yollarında olduğu görülmüştür.

Çizelge 16. İnegöl'de CO'in Yıllık, Aylık, Günlük Zamansal Değişimini Gösteren Korelasyon Tablosu

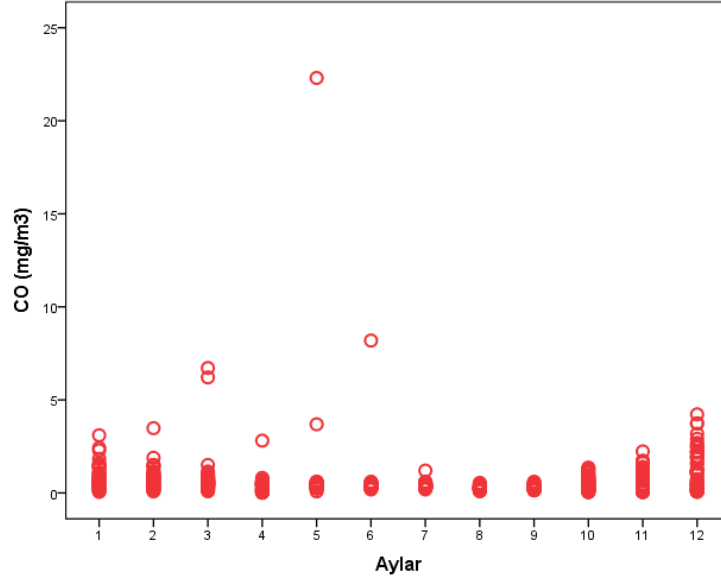
	Yıl	Ay	Gün
CO	Pearson Correlation	-,150**	,006
	Sig. (2-tailed)	,000	,879
	N	690	690

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2 tailed).

**Korelasyon 0.001 düzerinde anlamlıdır (2 tailed).

CO hava kirleticileri içinde eşik değeri en yüksek olan gazdır (10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Bu nedenle de İnegöl'de THKKY tarafından belirlenen sınır değer hiçbir ayda aşılmamıştır. Çalışma alanında ölçüm yapılan yıllarda en yüksek CO seviyeleri 22,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2012 yılının Mart ayıdır. Baytak ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışma dada CO seviyeleri için belirlenen yıllık ortalama değer mevcut sınır değerlerin oldukça altında bulunmuştur.

CO'in aylar arasında farklılığı belirginleştirebilmek için Şekil 38' deki saçılım grafiği hazırlanmıştır. Saçılım grafiği incelendiğinde CO konsantrasyonu Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında en yüksek seviyesinde; Haziran ayında ise en düşük seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın kapsamındaki diğer kirleticiler kadar belirgin olmasa da CO'in kış aylarında arttığı yaz aylarında ise azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Kentsel alanlarda, hava kirliliğinin kış mevsimi dışında da süreklilik göstermesinin temel nedeni, motorlu taşıtlardır (Güvendik ve Yılmaz, 2003). Türkiye'de CO için veri eksikliğinden dolayı mevsimsel CO değişimi ile ilgili çalışma yapılamamıştır.



Şekil 38. İnegöl'de CO'in Aylık Değişimi (Ekim 2011- Ekim 2013)

Egzos gazından kaynaklanan kirletici konsantrasyonları zaman zaman insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebebiyet vermektedir (Slezakova ve diğ., 2011). CO'nun sağlık üzerine olan etkisi oksijen taşıma kapasitesini azaltması, kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozukluklarına sebep olmasıdır (Baytak ve diğ., 2013; KENTAIR, 2013). Çünkü CO, kana geçer, eritrositlerde hemoglobine oksijen bağlanmasını engeller, dokulara oksijen taşınamaz ve hipoksi görülür (Atımtay ve diğ., 2000). Kim ve diğ., (2004) tarafından yapılan çalışmada trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde akciğer fonksiyonlarının azaldığını ve solunum ile ilgili hastalıkların fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Atımtay ve diğ., (2000) tarafından yapılan çalışmada ise trafik polisleri ile havadaki CO düzeyleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda da CO konsantrasyonları ile gün içinde çalıştıkları süre boyunca soluk havalardaki CO düzeylerindeki değişim birbiri ile orantılı bulunmuştur. Güvendik ve Yılmaz (2003) tarafından yapılan çalışmada meslekleri nedeni ile egzos gazı CO emisyonuna maruz kalan kişilerde (trafik polisleri, benzin dağıtıcıları ve taksi şoförleri) kan COHb düzeyinin, kontrol grubundaki kişilerin kan COHb düzeyine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Toprak Kirliliği

Endüstri ve teknolojinin gelişimi gibi bir dizi gelişimden etkilenen çevre kirliliği, modern yaşamın ortaya çıkardığı önemli bir sorundur (Vural ve Şahin, 2012). Çevre kirliliğinin en önemli nedeni sanayileşme ve onun bir sonucu olan kentleşmedir (Hacıoğlu Deniz, 2009). Başka bir deyişle sanayileşme ve kentleşme (kentsel yayılma, büyüme ve gelişme) çevre kalitesinin bozulmasına neden olan iki temel faktördür. Çevre kirliliği atmosfer, hidrosfer, litosfer pedosphere ve biyosferin her birinin kalitesini ayrı ayrı etkilemektedir (Parveen ve diğ., 2012). Çevre kirliliğinin en başında gelen konulardan birisi toprak kirliliğidir. Geçmişte toprak kirliliği sorunu, su ve hava kirliliği sorunları kadar önemsizmemiş ancak, son yıllarda gelişmiş ülkelerde toprak kirliliği ciddi bir sorun olarak görülmeye başlanmıştır (Su ve diğ., 2014). Çünkü toprak; kaya, hava ve suyun etkileşim halinde olduğu kritik arayüz ortamları oluşturmaktadır (Facchinelli ve diğ., 2001; Luo ve diğ., 2007). Dolayısı ile toprak sulama, gübreleme, endüstriyel ve kentsel katı atık ve atık sularının toprağa karışması gibi insan kaynaklı faaliyetlerden etkilenmektedir (Facchinelli ve diğ., 2001).

Kentsel alanların tipik kirleticileri birçok antropojenik kaynaktan yayılan ağır metallerdir (Rodriquez Salazar ve diğ., 2011). Çünkü kentsel topraklar, ağır metaller ve diğer kirleticiler için bir lavabo görevi görmektedir (Li ve diğ., 2004). “Ağır metal kirliliği, insan faaliyetlerinden kaynaklanan topraktaki toksik özellikte ağır metallerin aşırı birikimi anlamına gelmektedir (Su ve diğ., 2014)”. Dolayısı ile kentsel çevre ve insan faaliyetleri arasındaki etkileşim çevre kalitesi üzerinde kirleticilerin içeriğinin artışı ile kendini göstermektedir (Rodriquez Salazar ve diğ., 2011). İnsan faaliyetleri sonucunda kirleticilerin içeriğinde gözlenen artış yine insanın sağlığını etkilemektedir. Ağır metaller ile toprağın kirlenmesi dünyanın pek çok yerinde yaygın ciddi bir sorundur (Li ve diğ., 2004; Sofianska ve diğ., 2013) ve kentsel alanlarda ağır metal kirliliği sorunu 20. yüzyıl boyunca sürekli olarak artış göstermiştir (Rodriquez Salazar ve diğ., 2011).

Ağır metallerin topraktaki yoğunluğu daha çok yüzeyde veya yüzeye yakın topraklarda artmaktadır (Deka ve Serma, 2012; Sümer ve diğ., 2013). Pb, As, Zn, Cu, Cr, Cd, Zn ve Mn içeriklerinde meydana gelen artışla toprak kirliliğine neden olan ağır metallerdir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Hem doğal hemde antropojenik kaynaklı olarak topraklarda ağır metal içeriklerinde artışlar gözlenmektedir (Parveen ve diğ., 2012). Ana kayanın ayrışması sonucu toprakta ağır metallerin yüksek seviyelere ulaşması doğal kaynaklı ağır metal artışına örnektir (Hani ve diğ., 2014). Kentsel alanlardaki ağır metallerin ana kaynaklarını ise endüstriyel atıklar, madencilik, eritme işlemi, kanalizasyon, atmosfer kirliliği, motorlu taşıtlar ve fosil yakıtların yanması oluşturmaktadır (Valladares ve diğ., 2009; Hani ve Kariminejad, 2010; Zhang ve diğ., 2011). Örneğin ağır metallerden As'in toprakta birikmesinin doğal nedenlerini volkanik faaliyetler ve yeraltı suları oluştururken, antropojenik kaynaklarını ise ahşap koruma, pestisitler, sigara ve yakıtların kullanılması oluşturmaktadır (Bakar ve Baba, 2009).

Kentsel alanlarda ağır metal kirliliği yoğun trafik, sanayi alanları, eski maden ve hammadde alanları ile taş kırma tesisleri tarafından tetiklenmektedir (Vural ve Şahin, 2012). Ağır metaller, toprağa atıkların sızması, atıksu ile sulama ve partikül birikimi gibi üç ana şekilde girmektedir (Salomons, 1995). Sanayi kuruluşları ağır metallerin doğada birikmesinde en önemli etkidir (Bakar ve Baba, 2009). Sanayi kuruluşlarından kaynaklanan kirlenme, hem bu kuruluşların bacalarından atmosfere bırakılan gazlar hem de bu kuruluşlardan akarsulara bırakılan sanayi atıkları yoluyla gerçekleşmektedir (Ceritli, 1997). Örneğin Hani ve Kariminejad (2010) taraflarından İran'ın Kaveh Sanayi Kenti'nde yapılan çalışmada değerlendirilen yüksek kirlilik kaynaklarının kentsel ve endüstriyel atık suların kullanımı ile ilgili olduğu belirlenmiştir. Nitekim Hu (2013) tarafından kentleşme ve sanayileşmenin toprak kirliliği üzerine olan etkisinin değerlendirildiği çalışmada ise yüzey topraklarının ekolojik açıdan potansiyel risk alanları sırayla kentsel alanlar, atık arıtma/bertaraf siteleri, sanayi alanları, tarım toprakları, orman alanları, koruma alanlarındaki su kaynakları şeklindedir. Bu durumdan hareketle, antropojenik faaliyetlerin etkisiyle kentsel toprakların kırsal topraklara göre

daha kirli olduğunu söyleyebiliriz. Kentsel alanlardaki, trafik kaynaklı emisyonlar, metallerin ana antropojenik kaynaklarından bir diğerini oluşturmaktadır (Sternbeck ve diğ., 2002). Çünkü üst topraklarda ağır metallerin birikimini, trafik hacmi de etkilemektedir. Bu nedenle trafik hacmine bağlı olarak, ağır metallerin artan mesafe ile birlikte yoldan uzaklaştıkça önemli şekilde azalmalar gösterdiği çalışmalarda belirlenmiştir (Atayese ve diğ., 2009; Adedeji Oludare ve diğ., 2013; Qiado ve diğ., 2013). Metal madencilik ve eritme faaliyetleri ise ağır metallerin çevreye giren önemli kaynaklarından bir diğerini oluşturmaktadır (Wei ve diğ., 2009). Madencilik ve cevher işleme dünyada antropojenik faaliyetler arasında en tehlikeli olarak kabul edilir (Acosta ve diğ., 2011).

Gelecek yaşam ve nesiller için toprak korunması, sürdürülebilirlik, ekosistemlerin korunması ve biyoçeşitlilik için önemlidir (Valladares ve diğ., 2009). Kirleticilerin toprakda birikmesi yalnızca toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonlarını etkilemez aynı zamanda canlılar üzerinde de önemli etkileri bulunmaktadır (Kocaer ve Başkaya, 2003; Türkoğlu, 2006). Bu nedenle kentsel topraklarda ağır metal kirliliği, insan sağlığı üzerindeki potansiyel uzun vadeli etkileri nedeniyle büyük bir çevresel tehdit oluşturmaktadır (Li ve diğ., 2004; Lu ve diğ., 2010). Ağır metaller doğrudan ya da dolaylı yoldan vücudumuza girerek vücudumuzda birikmektedir. Bu durum ise ağır metal zehirlenmesine neden olarak birçok hastalığa sebebiyet vermekte ve merkezi sinir sistemini etkileyebilmektedir (Li ve diğ., 2004). Örneğin Cd ağır metaline uzun süreli maruziyet böbrekleri ve akciğerleri etkileyerek olumsuz sağlık etkilerine neden olmaktadır (Salah ve diğ., 2013). Ağır metal kirliliğini sınırlamak amacıyla, çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye’de de TKKY tarafından sınır değerler belirlenmiştir.

Topraklarda kirleticilerin çevresel etkisini değerlendirilirken, işe konsantrasyon ve mekansal dağılımının belirlenmesi ile başlanmalıdır (Lu ve diğ., 2010). Çünkü ağır metallerin mekan üzerinde dağılımı bir alanın çevre yönetiminde, riskin değerlendirilmesinde, karma verme süreçlerinde ve planlamada kullanılmaktadır (Günal ve diğ., 2012). Günümüzde kirleticilerin

mekan üzerinde dağılımı CBS teknolojisi ve CBS tabanlı istatistiki yöntemlere dayalı olarak incelenmektedir (Rodriquez Salazar ve diğ., 2011). CBS teknolojisi ile kirleticilerin mekan üzerinde gösterdiği değişiklikten yola çıkılarak kirleticiler açısından sıcak alanlar belirlenmektedir. Nitekim bu sıcak alanlardaki kirleticilerin potansiyel kaynakları değerlendirilmekte ve kaynak sorun üzerinde değerlendirmeler yapılmaktadır. Çeşitli çalışmalar, kentsel alanlardaki ağır metal kirliliğinin mekansal dağılımını göstermek için CBS aracını kullanmışlardır (Yang ve diğ., 2009; Lu ve diğ., 2010; Parveen ve diğ., 2012). Toprak kirliliğinin Jeostatistiksel analizinde ise yine CBS tabanlı ordinary kriging, ayrık (disjunctive) kriging ve indicator kriging yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir (Hani ve diğ., 2014). Çünkü kriging yöntemi topraktaki ağır metallerin gösteriminde ve haritalanmasında diğer enterpolasyon yöntemleri ile kıyaslandığında daha yüksek doğruluk payına sahip olduğu gözlenmiştir (Mahmoudabadi ve diğ., 2012).

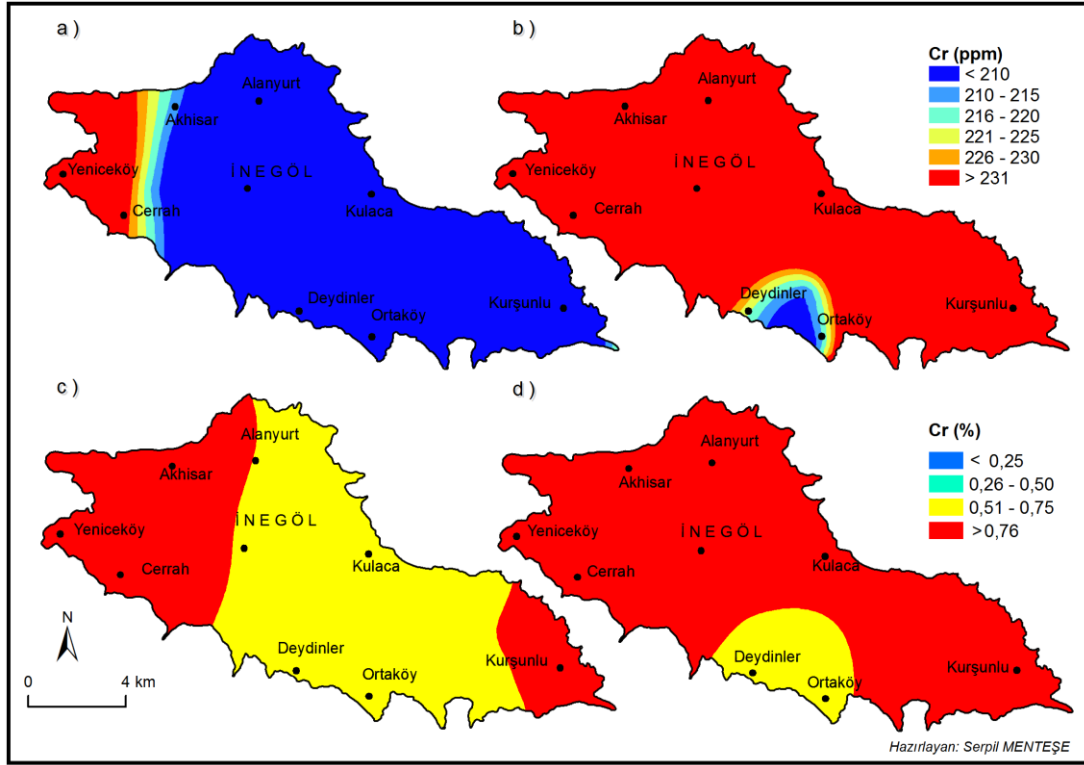
5.2.1. İnegöl Ovası Topraklarında Krom (Cr) ve Mekânsal Değişimi

Krom elementi toprakta, suda, canlı organizmalarda ve bitkilerde doğal olarak bulunmaktadır (Zengin, 2008). Antropojenik faaliyetler sonucunda doğada krom elementi farklı formlarda da yer almaktadır. Doğada farklı biçimlerde bulunan krom, günümüzde özellikle alaşım elementi açısından önem taşımaktadır. Nitekim krom elementi, krom içeren minerallerin sanayi faaliyetlerinde kullanımı ile fosil yakıtların kullanımı, kağıt ve ağaç gibi ürünlerin yanması sonucunda doğada oluşmaktadır (Dağhan, 2011). Ayrıca korozyon önleyici özelliği nedeni ile endüstri kuruluşu açısından önemlidir (Kıvanç ve diğ., 1996). Nitekim kromun bu özelliği endüstri kuruluşları tarafından yoğun olarak kullanılmasına sebebiyet vermektedir. Elektrokaplama, deri tabaklama, çimento rezervasyonu, boyalar, pigmentler, tekstil boyamacılığı, çelik üretimi ve konserve endüstrileri bu elementin kullanım alanlarını oluşturmaktadır (Tonetti ve diğ., 2014). Kimyasal madde olarak en çok pigment ve deri tabaklamasında kullanılan krom elementi

doğaya daha çok bu yollarla dağılmaktadır (Abalı ve diğ., 2014). Örneğin tekstil boyaları en az 500 mg/kg serbest krom içermektedir (Abalı ve diğ., 2014) ve doğaya bu yolla çok fazla krom verilmektedir.

Metaller canlı yaşamına, konsantrasyon düzeyleri ile paralel olarak toksit etki yapmaktadırlar (Kırıcı ve diğ., 2013). Düşük seviyelerde krom konsantrasyon düzeyleri ile karşılaşıldığında, deri üzerinde tahrişler ve ülser hastalığı meydana gelebilirken; uzun süreli maruziyette ise böbrekleri ve karaciğeri etkilediği gibi kan dolaşım sistemine ve sinir dokularına zarar verebilmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Ayrıca krom vücutta insulin hareketine etki ederek karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını da değiştirmektedir (Öktüren Asri ve Sönmez, 2007).

İnegöl Ovasında krom metalinin yaz ve kış aylarındaki mekânsal dağılışı Şekil 39a ve 39b de gösterilmektedir. Kış ayı krom konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki dağılımı incelendiğinde (Şekil 39a), genel olarak Yeniceköy çevresi ve kuzeyi (~ >231 ppm) ile Akhisar'ın batısında (216-230 ppm) belirgin bir artış görüldüğü gözlenmektedir. Kış ayında tespit edilen yüksek krom konsantrasyon düzeylerinin kaynağı, bu alanda faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından, İnegöl şehri'nin kuzeybatısında yer alan Organize Sanayi Bölgesi'nden ve İnegöl Kenti'nden kaynaklanmaktadır (Çizelge 18). Yani kış ayında tespit edilen yüksek birikim düzeyleri üzerinde sanayi kuruluşları ile kentsel yerleşme etkili durumdadır. Çünkü sanayi ve kentler kirleticilerin seviyelerinde artışlara neden olmaktadır.



Şekil 39. Krom (Cr)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 100 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Olasılık Haritaları

Çalışma alanında belirlenen yüksek krom konsantrasyon seviyelerinin kaynaklandığı sahalara bakıldığında, İnegöl'de kentsel yayılmanın yüksek konsantrasyon seviyeleri ile kendini gösterdiğini söyleyebiliriz. Bu alanlar dışında çalışma alanının diğer alanlarında kış ayı krom konsantrasyon seviyeleri daha düşük düzeylerde (<210 ppm) seyretmesine rağmen, 100 ppm sınır değeri dikkate alındığında bu düzey hiç de azımsanacak seviyede değildir. Başka bir deyişle krom konsantrasyon seviyeleri kış mevsiminde ovanın genelinde yüksek düzeydedir. Dheba ve Shawabkein (2012) tarafından Hindistan'ın Tamil Nadu sanayi bölgesinde yapılan çalışmada da yüksek Cr konsantrasyon düzeyleri endüstriyel faaliyetlere bağlanmıştır. Yine Bakaç ve Kumru (1993)'nin Orta Gediz Havzası'nda (Ege Bölgesi) yaptıkları araştırmada da topraktaki krom artışı bölgedeki deri işletmelerine ve benzeri sanayi kuruluşlarına bağlanmıştır. Nitekim Inobeme ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada da krom konsantrasyon düzeylerinin sanayilerden kaynaklandığı ve endüstri alanlarından uzaklaştıkça konsantrasyon düzeylerinin azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Argyraki ve Kelepertzis

(2014) tarafından yapılan çalışmada da krom konsantrasyon düzeylerinin Atina şehrinin merkezinde ve Pire Limanı'na doğru artış gösterdiği ve bu artışın antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Hu ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada ise, kromun yüzey topraklarındaki artışı hem doğal hem de insan aktivitelerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Yukarıda belirtilen çalışmalara bakıldığında, çalışma alanlarında tespit edilen yüksek krom seviyeleri sanayi kuruluşlardan ve kentsel alanlardan kaynaklanmaktadır. Bu durumda bu çalışmada krom artışı ile ilgili elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalarla da paralellik göstermiştir.

Çalışma alanı topraklarındaki yaz ve kış ayında krom konsantrasyon düzeylerini etkileyen faktörler Çizelge 18 de gösterilmektedir. Analizler yapılırken bağımlı değişkeni krom konsantrasyon düzeyleri; bağımsız değişkeni ise besin sanayi, çimento, cam ve seramik sanayi, dokuma, tekstil ve deri sanayi, kimya sanayi, maden sanayi, makine sanayi, metalurji sanayi, orman ürünleri sanayi, OSB, çalışma alanındaki bütün yerleşmeler, İnegöl kenti ve yollar oluşturmaktadır. Bu bağımsız değişkenler arasında besin sanayi'nin, dokuma, tekstil ve deri sanayi'nin, metalurji sanayi'nin, çimento, cam ve seramik sanayi'nin, Organize Sanayi Bölgesi'nin ve İnegöl Kenti'nin kış ayında toprakta bulunan krom üzerinde etkili olduğu tespit edilmektedir. Kış ayında kromun topraktaki varlığını bu etkenler, % 96,4 oranında açıklamaktadır.

Çizelge 17. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Krom Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,075	2,346	,021**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,239	-1,723	,088*
	Metalurji Sanayi	-,869	-3,272	,002**
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,174	-6,610	,000***
	OSB	,901	4,894	,000***
	İnegöl Kenti	-3,212	-5,909	,000***
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,576	-2,660	,009**
	Makine Sanayi	1,074	4,210	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,200	-5,037	,000***
	OSB	-1,874	-13,868	,000***

$R^2_{(kış)} = ,964$ $R^2_{(yaz)} = ,867$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı krom elementinin İnegöl Ovasındaki mekânsal dağılışı (Şekil 39b) incelendiğinde ise, çalışma alanının genelinde krom konsantrasyon değerlerinin çok yüksek düzeylerde ($\sim >231$ ppm) olduğu belirlenmiştir. Burada en düşük dağılım Ortaköy-Hamamlı hattı civarındadır. Bu alan kentsel ve sanayi faaliyetlerinden uzak, ekili dikili tarımın yapıldığı sahaya karşılık gelmektedir. En yüksek değerlerin ölçüldüğü ova çevresinde, sınır değerlerin 2-3 katı bir konsantrasyon seviyesi bulunduğu tespit edilmiştir. Yaz ayında toprakta bulunan krom değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 18 de gösterilmektedir. Çizelge 18 incelendiğinde; dokuma, tekstil ve deri sanayinin, makine sanayinin, çimento, cam ve seramik sanayinin ve OSB değişkenlerinin yaz ayında toprakta bulunan krom üzerine etkili olduğu belirlenmektedir. Krom üzerinde etkili olan 5 adet faktörün krom elementinin topraktaki varlığını % 86,7 oranında açıkladığı görülmektedir.

Ayrıca yaz ayına ait krom değerlerin kış ayına göre daha yüksek düzeylerde seyrettiği tespit edilmektedir. Bu durum ağır metal miktarlarının topraktaki düzeylerinin yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığı Çizelge 19 da gösterilmektedir. Çizelge 19 incelendiğinde toprakta bulunan ağır metaller ile ilgili yaz ve kış ayı konsantrasyon düzeylerinin karşılaştırmasında; arsenik ve

kadmiyum hariç tüm değerler için p değeri $p < 0,05$ bulunduğundan anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmektedir. Kısaca, bu iki kirlenici hariç diğerlerinin topraktaki konsantrasyonu mevsimsel olarak farklılıklar göstermiştir.

Çizelge 18. İnegöl Ovası Topraklarında Ağır Metal Konsantrasyon Düzeylerinin Yaz ve Kış Ayları İtibarı ile Karşılaştırılması

		Ort	Ss	t	Sd	P ¹
As	Kış As	,100112	,100112			
	Yaz As	,767016	,767016	-,998	99	,321
Cd	Kış Cd	,112390	,112390			
	Yaz Cd	,495184	,495184	-1,004	99	,318
Cr	Kış Cr	,740480	,740480			
	Yaz Cr	,864320	,864320	-29,612	99	,000**
Cu	Kış Cu	,892793	,892793			
	Yaz Cu	,859277	,859277	2,055	99	,043*
Fe	Kış Fe	,848996	,848996			
	Yaz Fe	,931177	,931177	-8,259	99	,000**
Mn	Kış Mn	,988151	,988151			
	Yaz Mn	,992244	,992244	-2,077	99	,040*
Ni	Kış Ni	,785760	,785760			
	Yaz Ni	,687913	,687913	14,699	99	,000*
Pb	Kış Pb	,442633	,442633			
	Yaz Pb	,571325	,571325	-5,846	99	,000*
Zn	Kış Zn	,747884	,747884			
	Yaz Zn	,656173	,656173	4,555	99	,000*
Yaz-Kış	Kış	,725359	,725359			
	Yaz	,677881	,677881	1,893	99	,061

1: Eşleştirilmiş örneklem t testi ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Örnekleme ayları kendi aralarında karşılaştırıldığında, yaz ayında ölçülen krom konsantrasyon seviyelerinin kış ayına göre daha yüksek seviyelerde seyrettiği tespit edilmektedir (Şekil 39, Çizelge 19). Bu durumdan hareketle ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilmektedir. Mevsimsel değişim antropojenik (tarımsal gübreler, atık su deşarjı) ya da doğal (sıcaklık, Ph) nedenli olabilmektedir (Papafilippaki ve diğ., 2008). Bu çalışmada olduğu gibi literatürde yapılan çoğu çalışmada da sıcak ve nemli dönemler arasında önemli farklılıklar belirlenmiş ve sıcak dönemlerde ağır metal konsantrasyon düzeylerinde artış tespit edilmiştir

(Papafilippaki ve diğ., 2008; Andras ve diğ., 2012; El-Serehy ve diğ., 2012; Nwineewii ve Edem 2014; Skordas ve diğ., 2015). Çünkü toprak sıcaklığı, organik madde miktarı ve diğer metallerin varlığı gibi çevresel faktörler toprak çözeltisindeki metal konsantrasyonunu değişime uğratarak, topraktaki metal birikimini etkilemektedir (Yıldız ve diğ., 2011). Ayrıca elde edilen bulgular neticesinde, mevsimlere bağlı olarak ağır metal düzeylerindeki birikimin yaz mevsiminde daha yüksek bulunması tarımsal aktivitelerin fazlalığına da bağlanmaktadır. Nitekim İnegöl Ovası da tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bir ovadır. Kentsel yayılmaya ve sanayi faaliyetlerine birde yaz ayında tarımsal faaliyetlerinde eklenmesi konsantrasyon düzeylerinde artış ile kendini göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen bu bulgu benzer şekilde Zayed ve Terry (2003) tarafından yapılan çalışmada da tespit edilmiştir. Çalışmada Cr'un son yıllarda çeşitli endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan bir kirletici olduğu vurgulanmıştır. Çünkü tarımsal faaliyetler için toprağa yapılan yanlış gübre uygulamaları topraktaki ağır metal birikimini artırmaktadır (Sönmez ve diğ., 2008). Yahaya ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada da topraktaki yüksek ağır metal konsantrasyonları kuru sezonda ıslak sezona göre daha yüksek oranda olduğu kaydedilmiş ve bu durum tarıma bağlanmıştır. Bu sonuç Rahman ve diğ., (2012) de de tespit edilmiştir.

İnegöl Ovası'nda krom kirliliğinin yaz ve kış mevsimleri TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 100 pmm yi geçme olasılığı Şekil 39c ve 39d de gösterilmektedir. Şekil 39c ve 39d incelendiğinde kırmızı renkle gösterilen alanlar çok riskli (sıcak alan), sarı renkle gösterilen alanlar riskli, yeşil renkle gösterilen alanlar orta riskli, mavi renkle gösterilen alanlar ise az riskli (soğuk alan) bölgeleri oluşturmaktadır. Kış mevsiminde İnegöl Ovası'nda krom kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı % 76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler Alanyurt'un batısı, Akhisar, İnegöl'ün batısı, Yeniceköy, Cerrah ve Kurşunludur. Dolayısı ile İnegöl şehri ve batısında kalan alanlar çok riskli bölgeleri teşkil etmektedir. Çalışma alanındaki diğer alanlar ise krom kirliliği açısından riskli (%51-75) yani sıcak alanlar kapsamındadır. Kış ayı krom konsantrasyon değerleri açısından çalışma

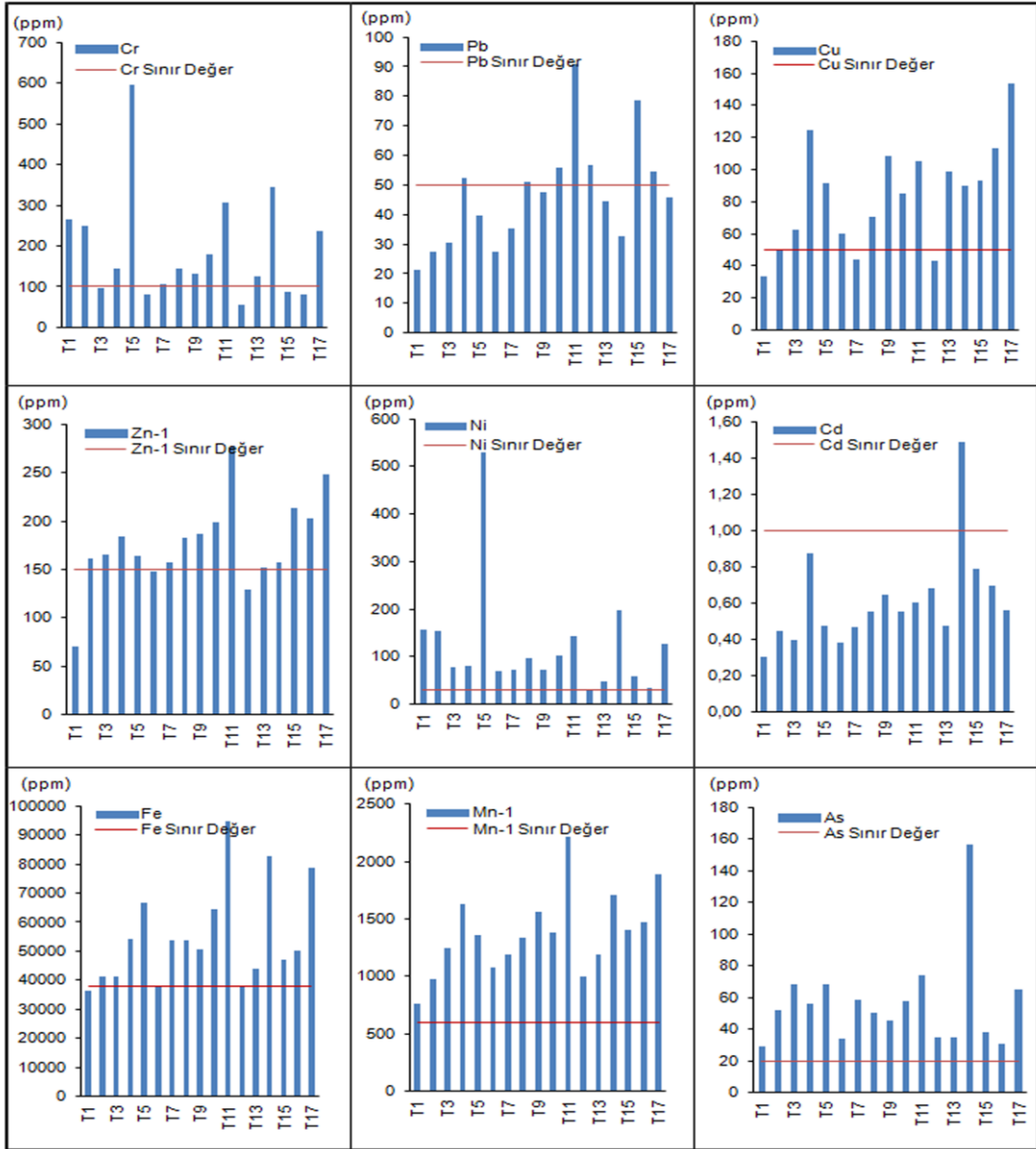
alanı bütünü dikkate alındığında saha çok riskli ve risklidir. Orta riskli (%25-50) ve az riskli (<%25) alan ise bulunmamaktadır. krom kirliliği açısından bu alanların yüksek konsantrasyon düzeylerine sahip olması OSB'den, İnegöl şehri'nden ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 18).

İnegöl şehrinin batısında kalan alanın çok riskli bölgeler kapsamında olması kaçınılmazdır. Bu alanlar ile karşılaştırıldığında daha bakir bir alan gibi gözüken Kurşunlu'da tespit edilen yüksek konsantrasyon düzeylerinin ise burada bulunan sıcak ve soğuk su kaynaklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü bu alanda Oylat kaplıcası, Kınık ve Freşa maden suları fabrikaları faaliyet göstermektedir. Oylat kaplıcası çalışma alanı sınırları içinde olmadığından ve Kınık ile Freşa maden suyu fabrikaları civarındada ayrı bir çalışma yapılmadığından bu değişkenlerin krom üzerindeki etkisi incelenmemiştir. Ancak kromun alansal değişiminde çalışma alanının en doğusundaki Kurşunlu civarındaki fazlalığın nedeni yakınında bu değişkenlerden kaynaklanıyor olabilir. Çünkü içme sularına oranla sıcak ve soğuk sular, daha yüksek oranda kimyasal madde ve ağır metal içermektedirler (Camgöz ve diğ., 2010). Bu suların aynı zamanda daha sıcak olmaları ve yüksek oranda tuz seviyelerine sahip olmaları topraktaki elementlerin çözünmelerini kolaylaştırmakta (Kılınç ve Yokaş, 1987) ve güzergahları boyunca bulunan elementleri çözerek metal artışına neden olmaktadır. Ayrıca kaplıcalarda kullanılan jeotermal suların kullanımından sonra dışarıya deşarj edilmeleri, güzergâhları boyunca bulunan topraklarda ve sularda ağır metal kirliliğine neden olmaktadır (Özdemir ve Uçar, 2006). Çünkü Jeotermal akışkanlar içinde insan ve hayvan sağlığını tehdit eden As, Hg, Cd, Pb, Cr ağır metaller bulundurmaktadırlar (Eroğlu, 2008). Jeotermal suların kimyasal açıdan analizi, içerdikleri zararlı maddelerden dolayı çevreye deşarj edildikleri durumda, hava-su-toprakta oluşturacağı olumsuz etkilerin tespit edilmesi ve böylece kontrol edilebilmesi için de önemlidir (Aslan, 2010). Aslan (2010) tarafından yapılan çalışmada Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağı'nın çevresindeki topraklarda krom toksitesi tespit edilmiştir. Tarımsal faaliyetlerin yapıldığı noktalarda alınan toprak numunelerinde krom konsantrasyon seviyesi limit değerinin altında olmasına rağmen jeotermal

kaynağa yakın alanlarda normal değerlerden oldukça yüksek değerler tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca jeotermal sularla sulanan topraklarda, krom elementi birikiminin ve toksit seviyelere gelmesinin kaçınılmaz olduğu belirtilmiştir.

Yaz mevsiminde krom kirliliği açısından sıcak alanlar (çok riskli) ise ovanın hemen hemen tamamını kapsamaktadır. Yaz mevsiminde yalnızca krom kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en düşük olduğu alanlar Ortaköy-Deydinler civarındır. Burada bile sınır değeri geçme olasılığı % 51-75 civarındır ve dolayısıyla burası da krom kirliliği açısından riskli bölgeler kapsamındadır. Hem kış hem de yaz mevsiminde Cr kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en düşük olduğu ve dolayısıyla az riskli (soğuk) ya da orta riskli alanlar ovada bulunmamaktadır. Dolayısı ile ova genelinde bu metalin kirlilik riski oluşturduğu belirlenmektedir. Ayrıca bu metal birikimi burada yaşayan canlıların sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadır.

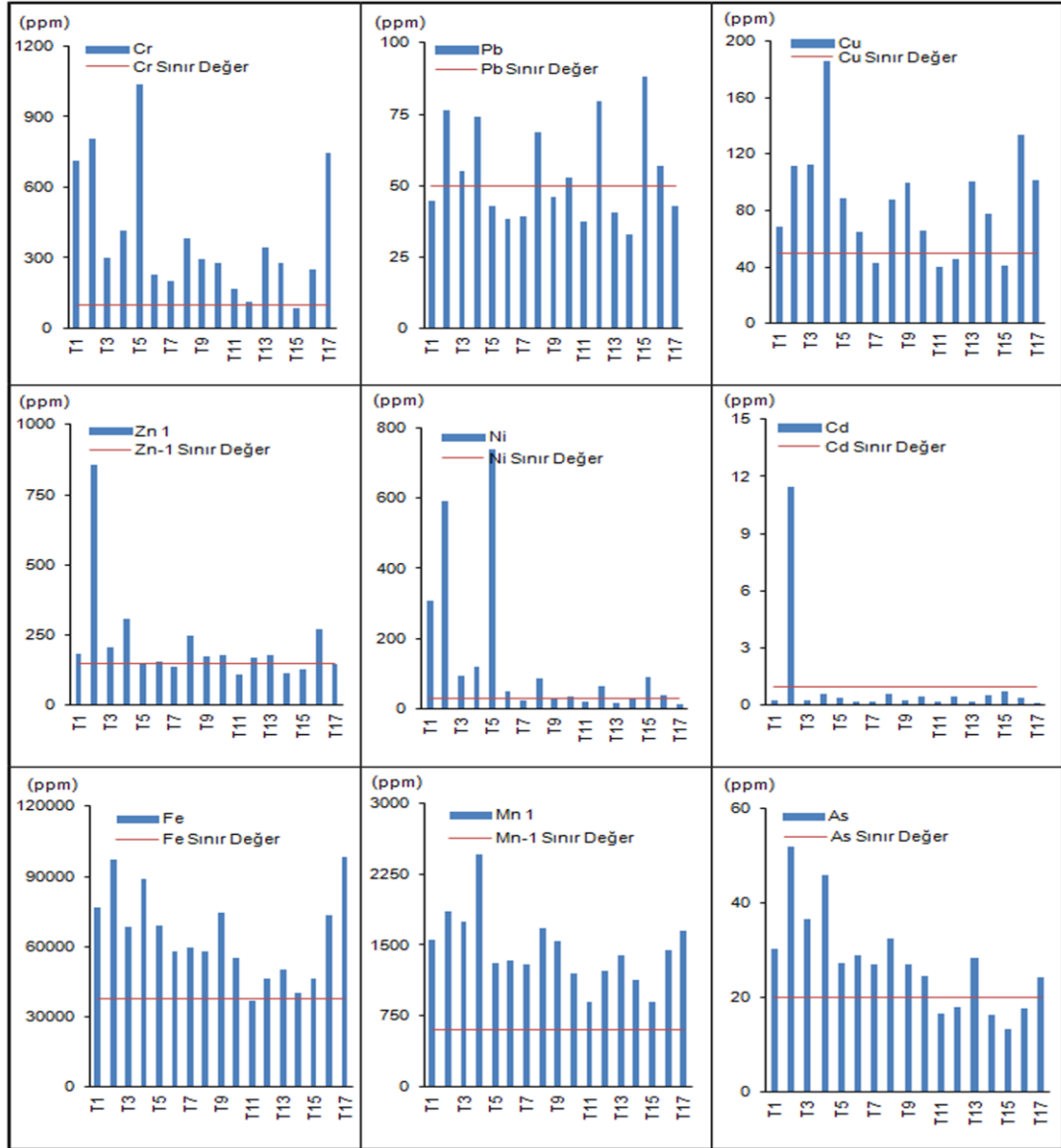
Topraklar açısından krom için belirlene sınır değer 100 ppm dir. Hem yaz hem de kış mevsiminde alınan örneklerin hemen hemen tümünde krom miktarları normal sınır değerlerin çok üstünde bir seyir izlemiştir (Şekil 40; Şekil 41). Kış mevsimini temsil eden ayda ortalama krom konsantrasyonu 190,10 ppm, maksimum krom konsantrasyonu 596 ppm, minimum krom konsantrasyonu 56 ppm; yaz mevsimini temsil eden ayda ortalama krom konsantrasyonu 390,689 ppm, maksimum krom konsantrasyonu 1039 ppm, minimum krom konsantrasyonu 84 ppm, olarak ölçülmektedir. Bu kritere göre çalışma alanı krom kirliliği açısından risk altındadır. Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) ile Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) tarafından yapılan çalışmalarda da krom konsantrasyon düzeylerinin sınır değerleri aştığı belirlenmektedir.



Şekil 40. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Kış Ayında TKKY'nce Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri

Krom konsantrasyonunun, toprakta fazla olması alana özgü değildir. Başka alanlarda yapılan çalışmalarda da krom konsantrasyonunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nitekim, bu çalışmada elde edilen sonuç Bakaç ve Kumru (2000) tarafından Menemen (İzmir) ovasında yapılan çalışma ile de paralellik göstermektedir. Bakaç ve Kumru (2000) tarafından yapılan çalışmada bütün toprak örneklerinde ölçülen krom konsantrasyon seviyelerinin verilen kriter değerinin üzerinde seyrettiği tespit edilmiştir. Megremi (2009) tarafından Yunanistan'ın Euboea merkezinde yapılan çalışmada da toprak örneklerinin

çoğunda krom konsantrasyon değerlerinin yüksek seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir. Onder ve diğ., (2007) tarafından Konya da yapılan çalışmada trafiğin yoğun olduğu alanlar ile fabrika alanları çevrelerinden alınan numunelerde krom içeriklerinin sınır değerlerin üzerinde olduğu ve bu durumun insanlar için bir risk oluşturduğu vurgulanmıştır.



Şekil 41. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Yaz Ayında TKKY'nce Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında krom ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin etkileri Çizelge 20 de gösterilmektedir. Kış ayında topraktaki krom için yapılan

regresyon analizi 0,05 anlamlı bulunmaktadır (Çizelge 20). Kromun topraktaki değişiminin % 48,8 i incelenen değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Bakaç ve Kumru 1993, Karbasi 2004, Etim ve Onianwa 2013, Inobeme ve diğ., 2014 tarafından yapılan araştırmalarda topraktaki krom artışının nedeni sanayi kuruluşları ile ilişkili bulunmaktadır.

Çalışma alanında bulunan sanayiler araştırıldığında, İnegöl ilçesinin kuzeybatısında İnegöl Organize Sanayi bölgesi, ilçenin doğusunda küçük sanayi, kuzeyinde İnegöl Mobilya Ağaç İşleri İhtisas Organize Sanayi Bölgesi, Güneybatısında Yeniceköy küçük sanayi, en doğu ucunda Kurşunlu sanayi bölgesi bulunmaktadır. Ayrıca ova genelinde çok çeşitli sanayi kuruluşlarında var olduğu bilinmektedir. İnegöl Organize Sanayi Bölgesinde imalatı yapılan ürünler; mobilya, ağaç ve kağıt ürünleri, kimyasal ürünler, cam, gıda, mantar, kauçuk ve plastik ürünler, giyim eşyaları, başka yerde sınıflandırılmamış makina ve ekipman ve ana metal sanayi şeklindedir. Kurşunlu kasabası sınırları içerisinde Çilek genç odası, Çilek mobilya, Freşa maden suyu fabrikaları, cam fabrikası, mermer fabrikası, kaplama fabrikası, CP fabrikası bulunmaktadır. Yeniceköy küçük sanayi alanında ise orman ürünleri sanayi geniş yer kaplamaktadır. Ova genelinde yer alan sanayi kuruluşlarından açığa çıkan atıklar, toprağa karışarak toprak da kirlilik konsantrasyon seviyelerinin artmasına neden olmaktadır. Bu konsantrasyon düzeyleri besin zinciri yoluyla canlıların bünyelerine geçtiğinde sağlık üzerinde olumsuz etkilere yol açacaktır.

Çizelge 19. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Krom Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-0,00005	,000	-1,724	-9,299	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,000	1,766	9,520	,000	
	Sanayi Etkisi	-0,00004	,000	-1,249	-5,757	,000**	,000**
Yaz	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,000009	,000	1,394	6,423	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,488$ $R^2_{(yaz)} = ,299$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Kış mevsiminde olduğu gibi yaz mevsiminde de topraktaki krom için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 20) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model %95 güven düzeyinde anlamlıdır. Model bu bağlamda kromun topraktaki varlığını bu etkenlerle % 29,9 oranında açıklamaktadır. Kış ayında kromun toprakta değişiminin % 48,8'ini sanayi, yol ve yerleşme bağımsız değişkenleri açıklıyor iken yaz mevsiminde bu oran düşüş (%29,9) göstermiştir. Kısacası bu değişkenler kış mevsiminde toprakta krom birikimi üzerinde daha etkilidir.

İnegöl Ovası'nda da sanayi faaliyetleri, tarımsal aktiviteler ve yerleşmeler iç içe geçmiş durumdadır ve her bir faaliyetin de birbirini etkilemesi muhtemeldir. Bu durumdan hareketle İnegöl Ovası etrafındaki evsel ve endüstriyel atıkların sürekli denetlenerek ovada kirliliğin artışına neden olan unsurların azaltılması gerekmektedir. Aksi takdirde İnegöl Ovası topraklarında belirlenen yüksek krom konsantrasyon değerlerinin önlem alınmadığı takdirde, gün geçtikçe toprakta var olan birikimleri daha da artacaktır. Dolayısı ile de bu toprak üzerinde yaşayan canlıların bünyelerine geçerek sağlığını olumsuz yönde etkileyecektir.

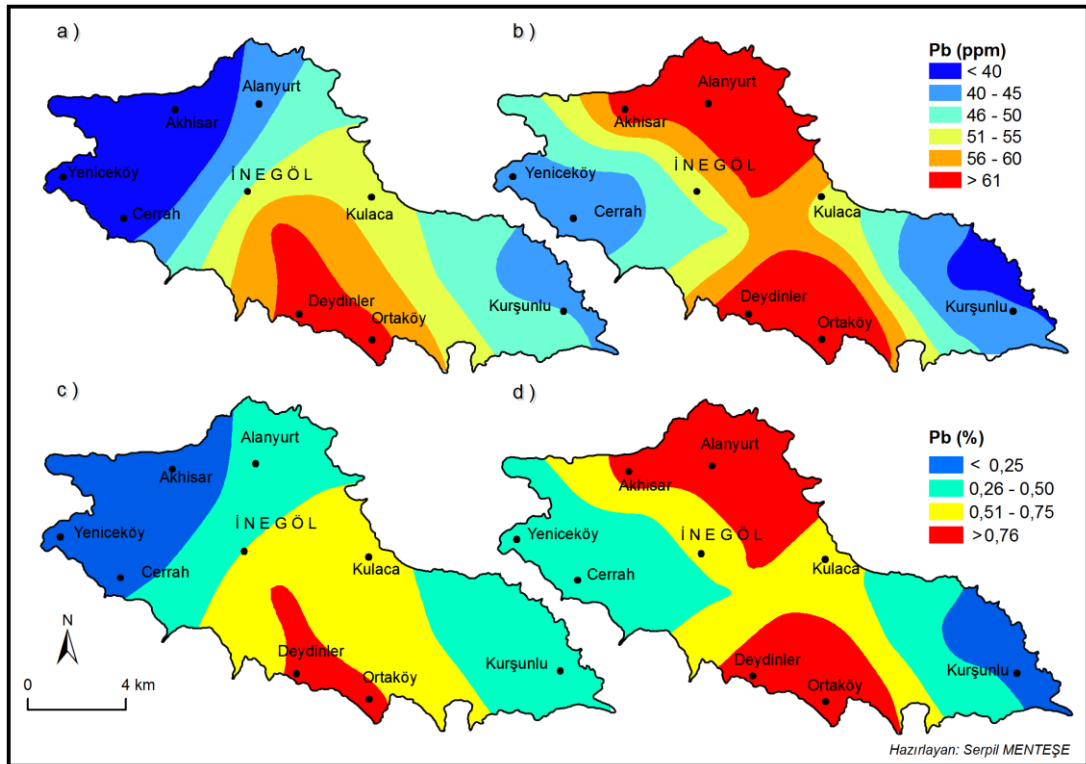
5.2.2. İnegöl Ovası Topraklarında Kurşun (Pb) ve Mekânsal Değişimi

“Doğada az miktarlarda ama her yerde bulunabilen, mavimsi-gümüş grisi renginde bir ağır metaldir (Örün ve Yalçın, 2011)”. Kurşun insan faaliyetleri sonucunda doğal ekosistem üzerinde değişikliklere neden olduğundan ve insan sağlığını etkilediğinden çevre üzerinde kirliliğe yol açan en önemli ağır metallere birini oluşturmaktadır (Yalçın, 2014). Kurşunun büyük bölümü motorlu araçlardaki benzinin yanma işlemi sonucunda kaynaklanmaktadır. Kurşun doğal ortama, insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılmakta ve tarih boyunca üretimi ve kullanımı sürekli olarak artmaktadır (Dağhan, 2011). Kurşun sanayide değişik ve birçok alanda kullanımı alanı bulmaktadır. Çünkü kurşun kolay işlenme, yumuşak, özgül ağırlığı ve kaynama noktası yüksek, aşınmaya karşı dirençli, düşük erime noktası, kısa dalga boylu ışınları geçirmeme, enerji absorpsiyonu gibi özelliklere sahiptir (Yaşar, 2009). Kurşunun başlıca kaynakları kurşunlu otomobil yakıtları, kurşun içeren boyalar, bu boyaların kullanıldığı oyuncak ve diğer malzemeler, vinil güneşlikler, sırlı porselen ve seramik malzemeler, kurşun içeren kap ve cam ürünleri, otomobillerde kullanılan kurşun-asit bataryalar, kurşun lehimli ambalajlardaki konserve, mama ve diğer gıda ve içecekler, kurşunla kontamine olmuş su ve arazilerden elde edilen sebze ve meyveler tütün mamulleri, su, alkollü içecekler ile bu ortamlardan etkilenen balık, beyaz ve kırmızı et, sakatat türleri, süt, süt ürünleridir (Dündar ve Aslan, 2005). Ayrıca boya ve metal sanayinde, akü ve pil fabrikalarında, petrol rafinelerinde, kurşun madenlerinde ve patlayıcı yapılan sanayilerde yüksek oranda kurşun kirliliğine rastlanılmaktadır (Şener, 2010). Özellikle sanayi faaliyetlerinin yapıldığı alanlar ile şehir merkezleri ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetiştirilen yiyeceklerde ve birçok et ürününde normal seviyelerin üstünde kurşun metali görülmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2001).

Kurşun metali gelişmekte olan ülkelerde kentleşme ve sanayileşmenin hızla artması, fakat gerekli önlemlerin aynı hızda alınmaması sonucu, halk sağlığını toksit etkileri bulunmaktadır (Şanlı ve diğ., 2005). Kurşunun insan sağlığına olan toksik etkileri kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz

etkileyerek anemiye neden olmasdır. Ayrıca diş eti mavileşmesi, akıl bozukluğu, beyin kanaması ve sinir sistemi hastalıklarına da neden olmaktadır (Zengin, 2008). Kanda kurşun miktarı arttığı çocuklarda IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2001).

İnegöl Ovasında kurşun ağır metalinin yaz ve kiş mevsimlerindeki mekânsal dağılışı Şekil 42a ve 42b de gösterilmektedir. Şekil 42a incelendiğinde kiş aylarında kurşun ağır metalinin Ortaköy ve Deydinler'in kuzeybatısında belirgin bir artış gösterdiği görölmektedir. Bu bölgeler tarım ve meyveciliğin yoğun olarak faaliyet gösterdiği alanlardır. Çizelge 21 incelendiğinde kiş ayında toprakta bulunan kurşun üzerinde sanayi kuruluşlarının, OSB'nin, İnegöl Şehri'nin ve yolların etkili olduğu tespit edilmektedir. En düşük konsantrasyon değeri ise Akhisar (< 40 ppm) Yeniceköy ve Cerrah (<40 ppm) civarındadır.



Şekil 42. Kurşun (Pb)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 50 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kiş ayında toprakta bulunan kurşun değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 21 de gösterilmektedir. Çizelge 21

incelendiğinde; dokuma, tekstil ve deri sanayinin, kimya sanayinin, makine sanayinin, çimento, cam ve seramik sanayinin, OSB'nin, İnegöl Şehri'nin ve yolların kış ayında toprakta bulunan kurşun üzerine etkili olduğu belirlenmektedir. Kurşun üzerinde etkili olan 8 adet faktörün kurşun elementinin topraktaki varlığını % 95 oranında açıkladığı görülmektedir.

Çizelge 20. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Kurşun Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,354	2,425	,017**
	Kimya Sanayi	,187	5,571	,000***
	Makine Sanayi	-,877	-5,077	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	,143	5,513	,000***
	OSB	1,515	11,057	,000***
	İnegöl Kenti	1,305	3,078	,003***
	Yol	-,075	-2,958	,004***
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,354	2,425	,017**
	Kimya Sanayi	,187	5,571	,000***
	Makine Sanayi	-,877	-5,077	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	,143	5,513	,000***
	OSB	1,515	11,057	,000***
	İnegöl Kenti	1,305	3,078	,003***
	Yol	-,075	-2,958	,004***

$R^2_{(kış)} = ,950$ $R^2_{(yaz)} = ,736$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı kurşun konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılışı incelendiğinde ise Alanyurt-Ortaköy (~61> ppm) hattı arasında kalan bölgede kurşun düzeyleri en yüksek seviyelerdedir. Çalışma alanında tespit edilen yaz ayı yüksek kurşun düzeyleri kış ayındaki değişkenlerin aynısıdır. Yani yaz ayında da tespit edilen yüksek konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri, OSB, İnegöl kenti ve yollar ile ilişkilidir (Çizelge 21). En düşük konsantrasyon değeri ise Kurşunlu (<40 ppm), Yeniceköy ve Cerrah (~40-50 ppm) civarındadır. Adiloğlu ve diğ., (2011) tarafından Tekirdağ ili kıyı şeridindeki tarım alanlarında yapılan çalışmada toprakların büyük bölümünde kurşun kirliliğinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Nitekim çalışma alanında da kurşun kirliliği açısından en kirli alanlar tarım ve meyveciğin yoğun olarak

yapıldığı alanlara denk gelmektedir. Çubukçu ve Tüysüz (2005) tarafından Samsun Tekkeköy'de yapılan çalışmada ise kurşun kirliliğinin kaynağı TÜGSAŞ (Samsun Gübre Sanayi) ve OSB tesislerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Ürdün'ün güneyindeki Qadissiya çimento fabrikası alanındaki toprak örneklerinden elde edilen yüksek kurşun seviyeleri ise çimento sanayi, tarım faaliyetleri ve trafik emisyonları gibi antropojenik kaynaklarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Al-Khashman ve Shawabkeh, 2006). Dheba ve Shawabkein (2012) tarafından Hindistan'ın Tamil Nadu sanayi bölgesinde yaptıkları çalışmada yüksek kurşun konsantrasyonlarının nedeni endüstriyel faaliyetlere bağlanmıştır. Yukarıda anlatılan benzer nedenlerden dolayı, kurşun konsantrasyonu çalışma alanında da yüksek konsantrasyonlarda izlenmektedir.

Yaz ayında toprakta bulunan kurşun değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi incelendiğinde (Çizelge 21) ise; kış ayında etkili olan değişkenlerin yaz ayında da toprakta bulunan kurşun üzerine etkili olduğu tespit edilmektedir. Kurşun üzerinde etkili olan bu faktörlerin kurşun elementinin topraktaki varlığını % 73,6 oranında açıkladığı görülmektedir.

Mevsimler itibari ile iklim etmenlerinde meydana gelen değişim toprakta ağır metallerin miktarlarında azalmalara ya da artışlara neden olmaktadır. Kurşun ağır metalinin topraktaki içeriklerinin yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırılması Çizelge 19 da gösterilmektedir. Kurşun ağır metal miktarlarının yaz ve kış ayı değerleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar gözlenmektedir. Dolayısı ile de numune alınan aylar karşılaştırıldığında, tıpkı krom metalinde olduğu gibi, yaz ayında ölçülen kurşun konsantrasyon düzeylerinin kış ayına göre topraktaki yoğunluğu daha yüksek seviyelerdedir (Çizelge 19; Şekil 42). Gözlenen bu değişim nitekim Papafilippaki ve diğ., 2008; Andras ve diğ., 2012; El-Serehy ve diğ., 2012; Nwineewii ve Edem 2014; Skordas ve diğ., 2015 tarafından yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir.

İnegöl Ovası'nda kurşun kirliliğinin yaz ve kış mevsimleri TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 50 pmm yi geçme olasılığı Şekil 42c ve 42d de gösterilmektedir. Şekil 42c incelendiğinde kış mevsiminde İnegöl Ovası'nın

kurşun kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı %76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler Ortaköy ve Deydinler'in kuzeybatısındaki alanlardır. Yaz ayında ise kurşun kirliliği açısından sıcak alanlar ise kuzeybatı-güneydoğu yönünde Alanyurt Ortaköy hattındadır. Kış ayında kurşun kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en düşük olduğu (< %25) ve dolayısıyla düşük riskli (soğuk) alanlar ovanın batısında Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah çevresidir. Yaz ayında ise sınır değeri geçme olasılığının en düşük olduğu (< %25) alan ovanın doğusunda Kurşunlu civarındır.

Topraklar açısından kurşun için verilen kriter değeri 50 ppm dir. Hem yaz hem de kış mevsiminde alınan örneklerin hemen hemen tümünde kurşun konsantrasyon seviyeleri normal sınır değerlerin üstünde bir seyir izlemektedir (Şekil 40; Şekil 41). Kış mevsimini temsil eden örneklerde ortalama kurşun konsantrasyonu 46,59 ppm, maksimum kurşun konsantrasyonu 90,57 ppm, minimum kurşun konsantrasyonu 21,31 ppm; yaz mevsimini temsil eden ayda ortalama kurşun konsantrasyonu 53,87 ppm, maksimum kurşun konsantrasyonu 88,14 ppm minimum kurşun konsantrasyonu 32,92 ppm olarak ölçülmüştür. Bu duruma göre çalışma alanı genelinde bu metalin kirlilik riski oluşturduğu tespit edilmektedir.

Kış ayında topraktaki kurşun için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model 0,05 anlamlıdır (Çizelge 22). Bu model kış ayında kurşunun topraktaki varlığını % 39,1 oranında açıklamaktadır. Yaz ayında topraktaki kurşun için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 22) ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşmelere bağlı etki %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Model kurşunun topraktaki varlığını bu etkenlerle % 35,2 oranında açıklamaktadır. Kış ayında %39,1 olan oran %4,1 düşerek %35,1'e gerilemiştir.

7Çizelge 21. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Kurşun Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	,000	,000	1,517	7,497	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,000	-1,590	-7,860	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	0,00005	,000	,523	2,509	,014	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,000	-1,039	-4,979	,000	

$R^2_{(kış)} = ,391$ $R^2_{(yaz)} = ,352$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

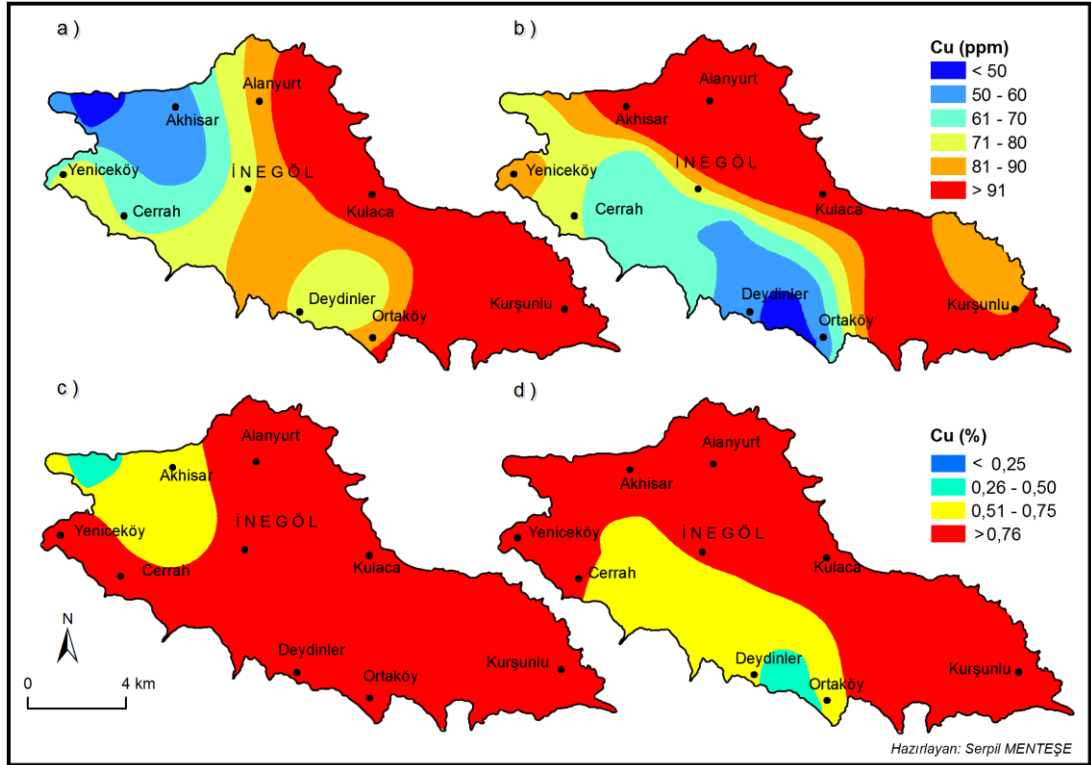
Qiado ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada da Çin'in Chengdu kentsel alanının yol kenarı topraklarında tespit edilen yüksek kurşun düzeylerinin trafikten kaynaklandığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Mohd Tahir ve diğ., (2007) tarafından Malezyada bulunan Terengganu'nun Dungun ilçesinin sahil kasabasının ana yol kenarında yapılan çalışmada da trafiğin kurşun dağılımı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Öte yandan yine aynı çalışmada sanayi alanlarının şehir ve köy alanlarına göre daha yüksek kurşun konsantrasyonu sergilediği gözlenmiştir. Nitekim Mashal ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada Al-Hashimeyeh (Ürdün) belediyesinin kentsel toprak örneklerinde kurşun ağır metali kaynaklarının endüstriyel faaliyetlere yakın bölgeler ve trafik emisyonlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çünkü yukarıda belirtildiği gibi kurşunun en önemli kaynağı motorlu taşıtlarda benzinin yanma işlemi sonucunda ortaya çıkan etil kurşundan kaynaklanmaktadır. Çalışmalarda da kurşunun trafik ile ilişkili bulunması olağandır. Mmolawa ve diğ., (2011) ve Hu ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmalarda da kurşun kirlilik kaynağının araç emisyonlarından ve antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Odoi ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada sanayi bölgesine yakın topraklarda ağır metallerin (Pb, Cu, Cd, Mn ve Zn) düzeyleri, kaynakları ve mekansal değişimi araştırılmıştır. Sonuçta kurşun ve çalışılan diğer ağır metal konsantrasyonlarının araştırma alanında yüksek seviyede olduğu ve endüstriyel atık deşarjının mekansal değişimde etkili olduğu tespit edilmiştir.

5.2.3. İnegöl Ovası Topraklarında Bakır (Cu) ve Mekânsal Değişimi

Bakır elementinin sahip olduğu korozyona ve aşınmaya karşı direnci, ısı iletkenliği ve yüksek elektrik gibi özellikleri onun çeşitli sanayi kuruluşları tarafından kullanılmasında önemli rol oynamıştır. Ayrıca bakırın alaşımları çok çeşitlidir. Bu nedenle boru ve vana yapımında, otomotiv, elektrik ve elektronik sanayinde, basınçlı sistemlerde ve elektrik santrallerinde kullanılmaktadır (Karadaş, 2008; Dağhan, 2011). Bakır minerali doğada yaklaşık olarak 200'den fazladır ancak bunlardan yalnızca 20 tanesi endüstriyel öneme sahiptir (Yalçın, 2014). Hareketli motor parçalarında, fren balatalarında, metal kaplamalarda, fungusidlerde, insektisidlerde kullanılmaktadır (Tonetti ve diğ., 2014). Nitekim bakır, yapı inşaatındaki buhar borularında ve kazanlarında, sanayi makinelerinde, ulaşımda ve elektrikli araçların elektrik kablolarında kullanım alanı bulmaktadır (Dündar ve diğ., 2011).

Bakırın toksit özelliklerine bakıldığında, fazla miktarda bakır vücuda alındığında, bazı enzimlerin çalışmasını engellemektedir. Yine bakırın vücutta fazla birikmesi sonucunda "Wilson's Hastalığı" adı ile bilinen hastalık görülmektedir. Bu hastalığın belirtileri arasında sinir sistemi bozuklukları, karaciğer sirozu, gözde renk halkası oluşması gibi durumlardır (Dağhan, 2011). Bakır eksikliğinin sağlık üzerindeki etkisi; solunum sistemi enfeksiyonları, anemi, kemik erimesi, deride ve saçta renk kaybı, hayvan ve insanların büyümesinde gecikmedir (Deveci, 2012).

Bakır ağır metalinin yaz ve kış mevsimlerindeki mekansal dağılışı Şekil 43a ve 43b de gösterilmektedir. Şekil 43a incelendiğinde kış aylarında bakır ağır metalinin Kulaca, Alanyurt'un doğusu ve Kurşunlu (~ >91 ppm) çevresinde belirgin bir artış gösterdiği görülmektedir. Yüksek bakır içeriği, yerleşmelerden ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanmaktadır (Çizelge 23). En düşük konsantrasyon değeri ise Akhisar (< 50 ppm) çevresindedir.



Şekil 43. Bakır (Cu)'ın Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 50 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan bakır değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 23 de gösterilmektedir. Çizelge 23 incelendiğinde; dokuma, tekstil ve deri sanayi'nin, orman ürünleri sanayi'nin, İnegöl Şehri'nin ve çalışma alanındaki tüm yerleşmelerin kış ayında toprakta bulunan bakır üzerine etkili olduğu görülmektedir. Bakır üzerinde etkili olan 4 adet faktörün bakır elementinin topraktaki varlığını % 74,7 oranında açıkladığı belirlenmiştir.

Çizelge 22. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Bakır Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,799	4,734	,000***
	Orman Ürünleri Sanayi	,150	2,270	,026**
	Yerleşmeler	-,183	-3,214	,002***
	İnegöl Kenti	1,946	4,316	,000***
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,354	2,425	,017**
	Kimya Sanayi	,187	5,571	,000***
	Makine Sanayi	-,877	-5,077	,000***
	Metalurji Sanayi	-2,562	-8,442	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	1,515	11,057	,000***
	Yerleşmeler	1,305	3,078	,003***
	OSB	-,075	-2,958	,004***

$R^2_{(Kış)} = ,747$ $R^2_{(Yaz)} = ,708$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı en yüksek bakır konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılışı incelendiğinde ise çalışma alanının kuzeybatı ve güneydoğu yönündeki Akhisar-Kurşunlu hattında ($\sim 91 < \text{ppm}$) olduğu gözlenmektedir (Şekil 43b). Bu alanlarda en düşük konsantrasyon değeri ise Deydinler-Ortaköy hattı civarındadır ($\sim 50 > \text{ppm}$). Çalışma alanında yaz ayında tespit edilen yüksek bakır konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri ve yerleşmelerden kaynaklanmaktadır (Çizelge 23). Nitekim Çubukçu ve Tüysüz (2005) tarafından Samsun Tekkeköy'de yapılan çalışmada bakır kirliliğinin Karadeniz Bakır İşletmesi, TÜGSAŞ (Samsun Gübre Sanayi) ve OSB tesislerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Özkul (2008) tarafından yapılan çalışmada da İzmit üst topraklarında bakır konsantrasyonunun yer yer kirlilik seviyesine yükselmesine sebep olarak bu metalin kullanıldığı metal, selüloz, petrokimya, kağıt-karton ve kimya sanayilerinin bu alanlarda yoğunlaşması olarak gösterilmiştir. Yaz ayında toprakta bulunan bakır değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 23) incelendiğinde ise; kış ayında etkili olan değişkenlere bazı sanayi kuruluşları (kimya, makine, metalurji, OSB) da eklenmiştir. Bakır üzerinde etkili olan bu faktörlerin bakır elementinin

topraktaki varlığını % 70,8 oranında açıkladığı görülmektedir. Kısacası çalışma alanı içinde yaz ayında tespit edilen yüksek bakır konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri ve yerleşmelerden kaynaklanmaktadır.

İnegöl Ovası'nda bakır kirliliğinin yaz ve kış mevsimlerinde TKKY'nce belirlenen sınır değer olan 50 ppm yi geçme olasılığı Şekil 43c ve 43d de gösterilmektedir. Şekil 43c incelendiğinde kış mevsiminde İnegöl Ovası'nın bakır kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı %76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler hemen hemen ovanın tamamını kapsamaktadır. Yalnızca Akhisar ve çevresinde sınır değeri geçme olasılığı % 51-75 arasındadır. Yaz ayında bakır kirliliği açısından sıcak alanlar olarak belirlenen alanlar, kış ayına benzerlik gösterse de Deydinler-Ortaköy arasında kalan kesim çalışma alanının orta riskli (%25-50); İnegöl ilçe'sinin güneyi ile Deydinler'in kuzeybatısında kalan kesim ise riskli (%51-75) alanlarını teşkil etmektedir. Hem yaz hem de kış ayını temsil eden örneklerde bakır kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en düşük olduğu (<%20) alanlar çalışma alanında tespit edilememiştir. Dolayısı ile çalışma alanının tamamı bakır kirliliği açısından risk altındadır.

50 ppm geçme ölçütüne göre çalışma alanı hem yaz hem de kış mevsiminde bakır kirliliği açısından risk altındadır (Şekil 40; 410). Kış mevsimini temsil eden örneklerde ortalama bakır konsantrasyonu 84,0 ppm, maksimum bakır konsantrasyonu 154,02 ppm, minimum bakır konsantrasyonu 33 ppm; yaz mevsimini temsil eden ayda ortalama bakır konsantrasyonu 86,2 ppm, maksimum bakır konsantrasyonu 185,57 ppm, minimum bakır konsantrasyonu 40,47 ppm olarak ölçülmektedir. Bu kritere göre çalışma alanı hem kış hem de yaz mevsiminde bakır kirliliği açısından risk altındadır. Nitekim bu durum Suciü ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada da bakır konsantrasyon seviyelerinin kriter değerlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Çoşkun ve diğ., (2006) yaptıkları çalışmada bakır konsantrasyon düzeylerinin az bir şekilde sanayi ve diğer antropojenik faaliyetlerden etkilendiği belirlenmiştir. Benzer şekilde Jankiewicz ve Adamczyk (2010) Łódź (Polonya) şehir alanında yaptıkları çalışmada ise

bakır kirliliğinin kaynaklarının öncelikle büyük sanayi tesisleri ve ağır motorlu trafik ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Kış ayında topraktaki bakır için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ve yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan modelde $p < 0,05$ olduğundan model istatistiksel olarak anlamlıdır. Model bakırın topraktaki varlığını, bu değişkenlerle % 61,2 oranında açıklamaktadır (Çizelge 43).

Çizelge 23. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Bakır Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	,00001	,000	1,904	11,784	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,00001	,000	-1,515	-9,381	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	0,00001	,000	,176	,707	,481	,020
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00001	,000	,107	,429	,669	

$R^2_{(kış)} = ,612$ $R^2_{(yaz)} = ,077$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Nitekim yaz mevsimi için topraktaki bakır için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlı gibi gözükse de katsayıların anlamlılık testinde her iki faktör için de $p > 0,05$ bulunduğundan model anlamsızdır (Çizelge 24). Başka bir deyişle yaz ayında topraktaki bakıra yol ve yerleşme ile endüstriyel etki anlamlı olarak açıklayamamaktadır.

Qiado ve diğ., (2013) tarafından Chengdu (Çin) da yapılan çalışmada bakır konsantrasyonlarının büyük olasılıkla trafikten kaynaklandığı gözlenmiş ve yoldan uzaklaştıkça bakır konsantrasyonlarının da gittikçe düştüğü tespit edilmiştir. Nitekim Karima ve diğ., (2014) tarafından Pakistan'ın Karaçi mega kentinde, Olatunji ve diğ., (2014) tarafından Benin şehrindeki (Güney Nijerya) yapılan çalışmalarda da bakır konsantrasyonunun mekansal olarak artışının nedeni olarak araç emisyonları gösterilmiştir. Mohd Tahir ve diğ., (2007), Olatunji ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmalarda ise bakırın sanayi alanlarında daha yüksek seviyeler gösterdiği belirlenmiştir. Mmolawa ve diğ., (2011) yaptıkları çalışmanın çok değişkenli analiz sonuçlarına göre, bakır kirlilik kaynaklarının insan faaliyetleri, araç emisyonları ve litojenik olaylar da

dahil olmak üzere karışık kökenlerine işaret etmiştir. Sadıklar ve diğ., (1994) tarafından yapılan çalışmada diğer ağır metallerde olduğu gibi bakır da elde edilen yüksek değerlerin en önemli nedeni olarak inceleme altına alınan toprakların oluştuğu ana kayalarının önemli miktarda bazaltik ve andezitik kayaçlar oluşmasına bağlanmıştır. Bu durum başka bir deyişle litojenik olaylara bağlanmıştır. Jaradat ve Momani (1998) tarafından yapılan çalışmada yol kenarında topraklarındaki anlamlı derecede yüksek bakır içeriği ve onun seviyesinin trafik yoğunluğuna paralel olarak arttığı ve ayrıca kentsel alanlarda yüksek seviyelere ulaştığı gözlenmiştir.

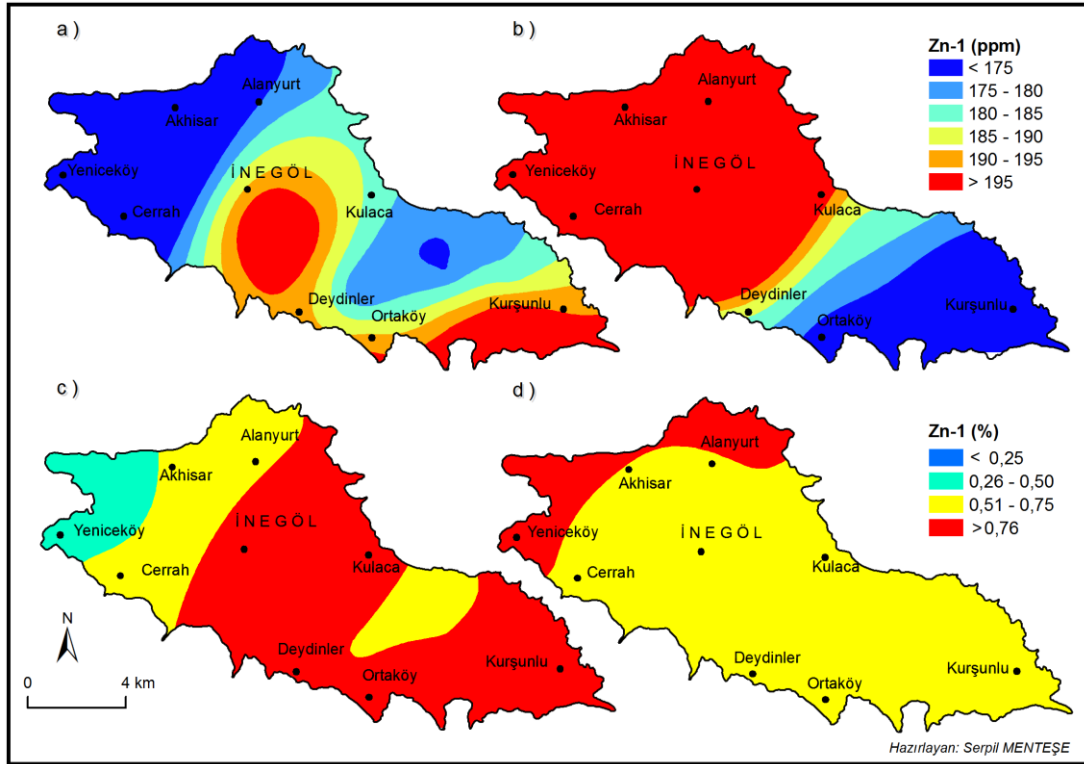
5.2.4. İnegöl Ovası Topraklarında Çinko (Zn-1) ve Mekânsal Değişimi

Çinko, düşük kaynama sıcaklığı özelliği nedeniyle sanayi kuruluşlarının dikkatini çekmekte ve mavimsi açık gri renginde bir metaldir (Şener, 2010). Metal kaplama ve alaşımları çinkonun en önemli kullanım alanlarıdır (Karadaş, 2008). Çinko ayrıca kuru pil yapımında (Dündar ve diğ., 2011) ilaç sanayinde, dolgu maddesi olarak diş tedavisinde, kâğıt ve boya sanayisinde de kullanılmaktadır (Yalçın, 2014). Çinko doğaya önemli oranda demir-çelik işleme sanayinden, madencilikden, kömür ve atık madde atılmasından yayılmaktadır (Deveci, 2008).

Çinko, yaşam için gerekli elementlerden biridir. Çünkü çinko elementi derinin bütünlüğü ve fonksiyonları, bağışıklık sisteminin gücü, gelişme ve yumurtaların olgunlaşması, yağ, karbonhidrat, protein ve nükleik asit sentezi ya da bozulması ve yara iyileşmesi gibi çeşitli metabolizmanın görevleri açısından gereklidir (Kartal ve diğ., 2004). Çinko metali diğer ağır metallere karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisine sahiptir (Karadaş, 2008). Çünkü çinko vücut için gerekli elementlerdendir. Çinko vücuda gerekenden az oranda girdiğinde yaraların iyileşmesinde gecikme, iştahda azalma, deride sorunlar, koku ve tat alma duyularında azalış, bağışıklık sisteminde kayıplar, genç insanlarda büyüme sorunları ve en önemlisi de doğum esnasında ve sonrasında bebeklerde sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Çinkonun gerekenden fazla vücuda girmesi ise yaraların iyileşmesinde gecikme, kolesterolün artması, ishal, karında ağrı, iştah kaybı, sindirim sisteminde sorunlar ve bağışıklık sistem aktivitelerinde azalış gibi rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Deveci, 2012).

Çinko metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılışı haritaları Şekil 44a ve 44b de gösterilmektedir. Şekil 44a incelendiğinde genel olarak İnegöl İlçesi ile Deydinler Ortaköy ve Kurşunlu (>186 ppm) civarında belirgin bir artış gözlenmektedir. Tespit edilen yüksek çinko düzeyleri, bu alanlarda faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından, yollardan, OSB'nden ve İnegöl şehri'nden kaynaklanmaktadır (Çizelge 25). Kış ayında çinko konsantrasyonunun en düşük seviyede olduğu alanlar ise Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah (< 165 ppm) çevreleridir.



Şekil 44. Çinko (Zn-1)'nin Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılışı Haritaları ile 150 pmm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan çinko değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 25 de gösterilmektedir. Çizelge 25 incelendiğinde; dokuma, tekstil ve deri sanayi'nin, kimya Sanayi'nin, makine

sanayi'nin, metalurji sanayi'nin, orman ürünleri sanayi'nin, çimento, cam ve seramik sanayi'nin, OSB'nin, İnegöl Şehri'nin ve çalışma alanındaki yolların kış ayında toprakta bulunan çinko üzerine etkili olduğu görülmektedir. çinko üzerinde etkili olan bu değişkenlerin çinko elementinin topraktaki varlığını % 94 oranında açıkladığı belirlenmiştir.

Çizelge 24. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Çinko Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,484	3,001	,003***
	Kimya Sanayi	,234	6,395	,000***
	Makine Sanayi	,621	2,972	,004***
	Metalurji Sanayi	,436	2,236	,028**
	Orman Ürünleri Sanayi	,133	3,789	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,098	-3,320	,001***
	OSB	,629	3,455	,001***
	İnegöl Kenti	-2,053	-17,372	,000***
Yol	-,132	-4,604	,000***	
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	,484	3,001	,003***
	Kimya Sanayi	,234	6,395	,000***
	Makine Sanayi	,621	2,972	,004***
	Metalurji Sanayi	,436	2,236	,028**
	Orman Ürünleri Sanayi	,133	3,789	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,098	-3,320	,001***
	OSB	,629	3,455	,001***
	İnegöl Kenti	-2,053	-17,372	,000***
Yol	-,132	-4,604	,000***	

$R^2_{(kış)} = ,940$ $R^2_{(yaz)} = ,890$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı çinko konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılımını incelendiğinde (Şekil 44b) ise en yüksek konsantrasyon değeri İnegöl ilçesi, Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah (~ >186 ppm) civarlarıdır. Kulaca ve çevresinde de çinko düzeyleri yüksek (~ 181-185 ppm) fakat İnegöl ilçesi, Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah çevresindeki kadar değildir. En düşük konsantrasyon değeri ise Kurşunlu ve Ortaköy civarında gözlenmektedir. Çubukçu ve Tüysüz (2005) tarafından Samsun Tekkeköy'de yapılan çalışmada çinko kirliliğinin TÜGSAŞ (Samsun Gübre Sanayi) ve OSB

tesislerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Özkul (2008) tarafından yapılan çalışmada da İzmit üst topraklarında çinko düzeylerinin bazı alanlarda kirlilik seviyesine ulaşmasında bu elementlerin kullanıldığı sanayilerinin bu alanlarda yoğunlaşması olarak gösterilmektedir.

Yaz ayında toprakta bulunan çinko değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 25) incelendiğinde ise; kış ayında etkili olan değişkenlerin yaz ayında da toprakta bulunan çinko üzerine etkili olduğu tespit edilmektedir. Kısacası kış ayındaki etkenler yaz ayında da çinko üzerinde etkili olmuştur. Ancak bu değişkenler çinkonun topraktaki varlığını kış ayında % 94 oranında açıklarken yaz ayında % 89 oranında açıkladığı belirlenmektedir.

Çinko ağır metalinin yaz ve kış ayı konsantrasyon düzeylerine bakıldığında; p değeri $p < 0,05$ bulunduğundan mevsimler arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmektedir (Çizelge 19). Cr, Pb, ve Cu'ın tersine çinko ağır metallerinin kış mevsiminde topraktaki miktarının yaz mevsimindeki miktarından daha fazla olduğu belirlenmektedir (Çizelge 19). Özellikle yağış miktarının fazla olduğu mevsimlerde suya doygun topraklarda toprağa O_2 difüzyonu ve topraklardan CO_2 çıkışı büyük ölçüde azalmaktadır. Bu da topraklarda CO_2 birikimine neden olmaktadır. Bu ise toprak çözeltisindeki HCO_3^- ve CO_3^{2-} konsantrasyonlarının artmasına ve toprak pH'nın yükselmesine ve toprakta ağır metal alınımını artırmaktadır (Yaylalı-Abanuz ve Tüysüz, 2012). Dolayısıyla mevsimsel değişimlerin ve özellikle bazı mevsimlerde yağmur miktarının artışının, toprakta elementlerin alınması üzerinde önemli derecede etkileri bulunmaktadır.

İnegöl Ovası'nda çinko kirliliğinin yaz ve kış mevsimleri TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 150 pmm yi geçme olasılığı Şekil 44c ve 44d de gösterilmektedir. Şekil 44c incelendiğinde kış mevsiminde İnegöl Ovası'nın Zn-1 kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en yüksek olduğu alanlar Yeniceköy ile onun kuzeyi dışındaki alanlar teşkil etmektedir. Sınır değeri %76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler İnegöl ve çevresi, Kulaca, Deydinler, Ortaköy ve Kurşunlu civarındadır. Alanyurt,

Akhisar, Cerrah ve Kulaca'nın doğu ve kuzeydoğu kesimlerinde ise sınır değeri geçme olasılığı %51-75 dir. Dolayısı ile bu bölgeler çinko kirliliği açısından çalışma alanının riskli bölgelerini oluşturmaktadır. Çalışma alanında çinko kirliliği açısından orta riskli alanlar ise Yeniceköy ve kuzeyindeki (%25-50) kesimlerdir. Yaz ayında ise çalışma alanının tamamı riskli (% 51-75) ve çok risklidir (>76). Dolayısı ile çalışma alanının tamamı yaz ayında çinkokirliliği açısından sıcak bölgeler kapsamındadır.

150 ppm i geçme kriterine göre yukarıda da söz edildiği gibi çalışma alanı hem yaz hem de kış mevsiminde çinko kirliliği açısından risk altındadır (Şekil 40; Şekil 41). Kış mevsimini temsil eden örneklerde ortalama çinko konsantrasyonu 176, 29 ppm, maksimum çinko konsantrasyonu 276,79 ppm, minimum çinko konsantrasyonu 70,69 ppm; yaz mevsimini temsil eden örneklerde ortalama çinko konsantrasyonu 218, 101 ppm, maksimum çinko konsantrasyonu 856,57 ppm, minimum çinko konsantrasyonu 107,78 ppm olarak ölçülmüştür. Bu kritere göre çalışma alanı hem kış hem de yaz mevsiminde çinko kirliliği açısından risk taşımaktadır. Topraklarda bilindiği gibi ağır metaller açısından eşik değer aşıldığında kirlilik oluşmakta; bu durumda canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında çinko ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 26 da gösterilmektedir. Kış ayında topraktaki çinko için yapılan regresyon analizi %95 düzeyinde anlamlı bulunmaktadır (Çizelge 26). Bu model ile çinkonun topraktaki varlığı % 79,4 oranında açıklanmaktadır. Yani çalışma alanındaki topraklarında var olan çinkonun %79,4'lük kısmı endüstriyel, yol ve yerleşme etkenlerinden kaynaklanmaktadır. Yaz ayında topraktaki çinko için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkileri bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 26). Model çinkonun topraktaki varlığını bu etkenlerle % 70,7 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Çalışmada ele alınan bağımsız değişkenler yaz ayına oranla (%70,7) kış ayında (%79,4) topraktaki çinko artışını daha yüksek oranda açıklamaktadır.

Çizelge 25. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Çinko Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	,000	,000	2,143	15,271	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,000	-1,928	-13,736	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,00005	,000	-1,347	-8,557	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00004	,000	,646	4,101	,000	

$R^2_{(kış)} = ,794$ $R^2_{(yaz)} = ,707$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

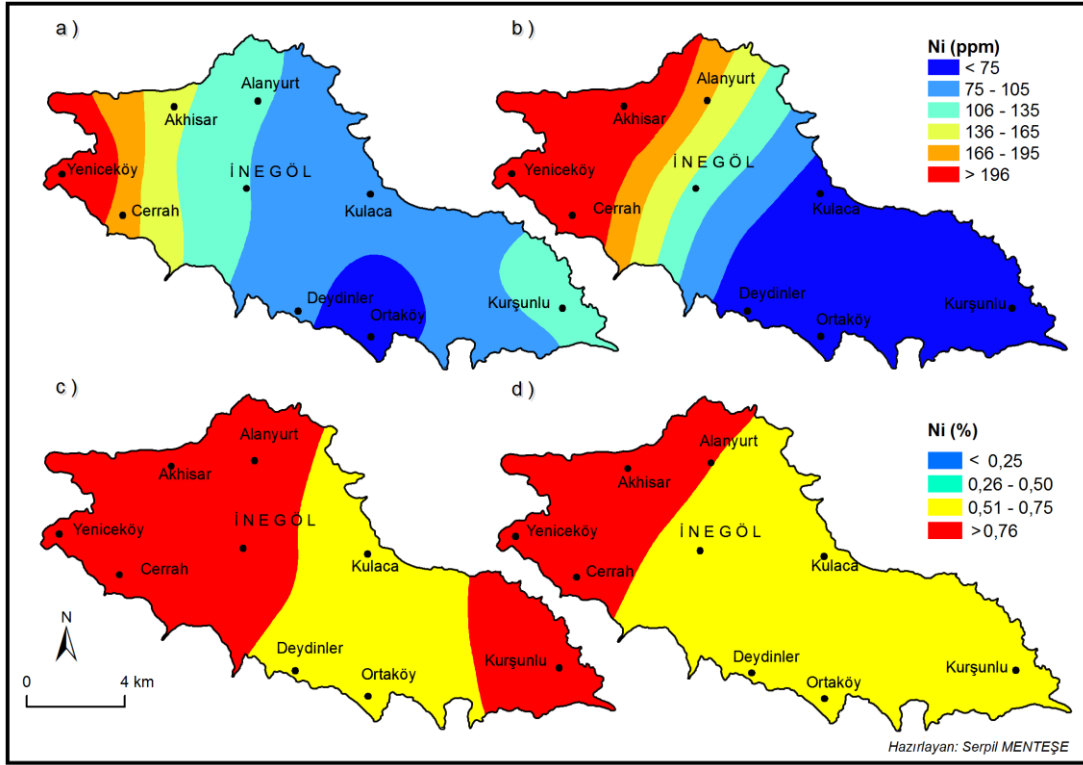
Toprağın ağır metaller ile kirliliği durumu, ağır metallerin en önemli kaynakları olan sanayi bölgelerinde ve büyük yerleşim merkezleri içinde özellikle fabrikalar, motorlu taşıtlar ve belediye atıklarının olduğu alanlar çevresinde gerçekleşmektedir (Stafilov ve diğ., 2014). Örneğin Olatunji ve diğ., (2014) tarafından Benin şehri (Nijerya)'nde; Mashal ve diğ., (2009) Al-Hashimeyeh belediyesinin kentsel alanlarında yapılan çalışmalarda insan nüfusunun, trafiğin ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda çinko konsantrasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda trafik yoğunluğu yani araç emisyonları (Jaradat ve Momani 1998; Vural ve Şahin, 2012; Qiado ve diğ., 2013; El Gammal ve diğ., 2014; Karima ve diğ., 2014); sanayi tesisleri (Lin ve diğ., 2011); tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasalların kullanımı (Kaplan, 2010) çinko metal konsantrasyonunun mekansal değişiminin nedeni olarak gösterilmiştir.

5.2.5. İnegöl Ovası Topraklarında Nikel (Ni) ve Mekânsal Dağılışı

Nikel elementinin sahip olduğu özellikler (ısı ve korozyona karşı direncinin yüksek olması, sertliği ve dayanıklılığının iyi olması) onun sanayide özellikle alaşım üretiminde önemli bir rol oynamasında etkili olmaktadır (Karadaş, 2008). Nikel özellikle çelik üretiminde, galvaniz ve elektronik endüstrisinde (Zincirlioğlu, 2013) kadmiyum metali gibi pillerin ve akülerin yapımında, madeni para, çelik ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır

(Dağhan, 2011). Nikel vücut için toksiktir ve vücuda geçtiğinde ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Nikelin toksikolojik etkileri kanserojen, solunum sistemi (solunum borusu tahrişi, tahribatı) ve dermatolojik (alerjik deri hastalıkları) hastalıklardır (Şener, 2010). Zengin (2008)'e göre aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs eden işçilerde akciğer ve sinüs kanserlerine rastlanılmaktadır.

Nikel ağır metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılışı haritaları Şekil 45a ve 45b de gösterilmektedir. Şekil 45a incelendiğinde kış ayında en yüksek düzeyde nikel kirliliği, Yeniceköy ile onun kuzeyindeki (~ >196 ppm) alanlarda görülmektedir. Bu alanı ~166-195 ppm ile Cerrah ve kuzeyi ile 136-165 ppm Akhisar ve güneyi izlemektedir. Bu alanlar sanayi faaliyetlerinin ve yerleşmelerin yoğunlaştığı alanlara karşılık gelmektedir. Bu alanlarda tespit edilen yüksek nikel kirliliği sanayi kuruluşlarından, İnegöl Şehri'nden ve şehrin kuzeybatısından faaliyet gösteren OSB'nden kaynaklanmaktadır (Çizelge 27). Konsantrasyon düzeylerinin en düşük olduğu alan ise ~ <75 ppm ile Ortaköy ve kuzeyindeki alanlardır. Bunu Alanyurt-Deydinler hattının (75-105 ppm arası) doğu kesimi izlemektedir. Bu alanlar ise İnegöl Şehri'nden uzak, sanayinin diğer yerlere nazaran gelişmediği tarım ve meyveciliğin yoğun olarak yapıldığı alanlara karşılık gelmektedir. Dolayısı ile nikel konsantrasyon düzeylerinin en düşük olduğu bu alanlar, sanayi faaliyetlerinden ve kent etkisinden uzak bölgeleri teşkil etmektedir.



Şekil 45. Nikel (Ni)'in Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 30 ppm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan nikel değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 27 de gösterilmektedir. Çizelge 27 incelendiğinde; besin sanayinin, dokuma, tekstil ve deri sanayinin, makine sanayinin, metalurji sanayinin, çimento, cam ve seramik sanayinin, OSB'nin, İnegöl Şehri'nin kış ayında toprakta bulunan nikel üzerine etkili olduğu görülmektedir. Nikel üzerinde etkili olan bu değişkenlerin nikel elementinin topraktaki varlığını % 91,7 oranında açıkladığı belirlenmektedir.

Çizelge 26. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Nikel Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	T	P
Kış	Besin Sanayi	,089	2,213	,029**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,372	-1,832	,070*
	Makine Sanayi	,480	2,004	,048**
	Metalurji Sanayi	-1,259	-3,529	,001***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,135	-4,086	,000***
	OSB	1,000	4,257	,000***
	İnegöl Kenti	-3,229	-4,746	,000***
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,349	-5,118	,000***
	Makine Sanayi	-,197	-2,126	,036**
	Metalurji Sanayi	-,998	-11,504	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	,082	6,609	,000***
	Yerleşmeler	-,026	-2,146	,035**
	OSB	-,473	-5,858	,000***
	İnegöl Kenti	1,284	23,922	,000***

$R^2_{(kış)} = ,917$ $R^2_{(yaz)} = ,985$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı nikel konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılımını incelendiğinde (Şekil 45b) ise en yüksek konsantrasyon değerlerine Cerrah, Yeniceköy ve Akhisar (<196 ppm) çevrelerinde rastlanılmaktadır. Bu alanlardaki yüksek nikel konsantrasyon düzeyleri yerleşmelerden, OSB'nden ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanmaktadır (Çizelge 27). En düşük konsantrasyon değeri ise > 75 ppm ile çalışma alanının doğu ucundaki Kulaca, Ortaköy ve Kurşunlu civarındadır. Hem yaz ve hem de kış ayına ait örneklerdeki nikel konsantrasyon değerleri mekansal dağılımına bakıldığında, değerlerin TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 30 ppm kritik değerinin çok üstünde olduğu görülmektedir. Özkul (2008) ve Odoi ve diğ., (2011) taraflarından yapılan çalışmalarda nikel metal konsantrasyonlarının endüstrilerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Yukarıda anlatılan benzer nedenlerden dolayı, nikel konsantrasyonu çalışma alanında da yüksek konsantrasyonlarda izlenmektedir.

Yaz ayında toprakta bulunan nikel değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 27) incelendiğinde ise; çeşitli sanayi

kuruluşlarının, OSB'nin, İnegöl Şehri'nin ve çalışma alanındaki tüm yerleşmelerin yaz ayında toprakta bulunan nikel konsantrasyon düzeyleri üzerine etkili olduğu görülmektedir. Nikel üzerinde etkili olan bu değişkenlerin nikel elementinin topraktaki varlığını % 98,5 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Kısacası bu değişkenler nikel elementinin topraktaki varlığını yaz ayında (%98,5) kış ayına göre (%91,7) daha yüksek oranda açıklamaktadır. Nitekim nikel ağır metalinin yaz ve kış ayı konsantrasyon düzeylerine bakıldığında; p değeri $p < 0,05$ bulunduğundan mevsimler arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmektedir (Çizelge 19). bakır ve çinko gibi nikel ağır metalinin kış mevsiminde topraktaki miktarının yaz mevsimindeki miktarından daha fazla olduğu belirlenmektedir (Çizelge 19).

Çalışma alanında nikel kirliliğinin yaz ve kış mevsimleri TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 30 ppm yi geçme olasılığı Şekil 45c ve 45d de gösterilmektedir. Şekil 45c ve 45d incelendiğinde hem kış hem de yaz mevsiminde araştırma alanında nikel kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en yüksek olduğu alanlar hemen hemen ovanın tamamını kapsamaktadır. Her iki mevsimde de ovanın tamamında sınır değeri geçme olasılığı % 51'in üzerindedir. Bu nedenle de çalışma alanının tamamı hem yaz ayında hem de kış ayında riskli ve çok risklidir. Dolayısıyla da çalışma alanı nikel kirliliği açısından sıcak bölgeler kapsamındadır. Kış ayında sınır değeri geçme olasılığının %76'nın üzerinde olduğu alanlar İnegöl İlçe'sinin doğusundaki alanların tamamı ve Kurşunlu civarıdır. İnegöl İlçe'sinin batısı ile Kurşunlu arasındaki alan ise riskin %51-75 arasındaki olduğu alanlardır. Dolayısı ile bu bölgeler nikel kirliliği açısından çalışma alanının riskli alanları oluşturmaktadır. Çalışma alanında nikel kirliliği açısından düşük riskli (<%25) orta riskli alanlar (%25-50) ise bulunmamaktadır. Yaz ayında ise çalışma alanında İnegöl ve Alanyurt hattının batısı tamamı ile çok riskli (>%76) iken bu hattın doğusunda kalan alanlar ise risklidir (%51-75).

Çalışma alanında hem kış hem de yaz mevsiminde nikel kirliliği açısından 30 ppm olan sınır değerinin üzerinde konsantrasyon seviyeleri gözlenmektedir (Şekil 40; Şekil 41). Kış mevsimini temsil eden örneklerde ortalama nikel

konsantrasyonu 120,44 ppm; maksimum nikel konsantrasyonu 528 ppm; minimum nikel konsantrasyonu 30 ppm iken yaz mevsimini temsil eden örneklerde ortalama nikel konsantrasyonu 137,88 ppm maksimum nikel konsantrasyonu 740 ppm; minimum nikel konsantrasyonu 12,44 ppm olarak ölçülmektedir. Bu kritere göre çalışma alanı hem kış hem de yaz mevsiminde nikel kirliliği açısından risk altındadır. Bilindiği gibi topraktaki metal konsantrasyon eşik değeri aşıldığında kirlilik meydana gelmektedir. Bu durum ise bu topraklar üzerinde yaşayan ve bu topraklardan faydalanan tüm canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında nikel ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 28 de gösterilmektedir. Kış ayında topraktaki nikel için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. Bu model ile nikelin sudaki varlığının % 46,9 oranı açıklanmaktadır (Çizelge 28). Yaz ayında topraktaki nikel için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşmelerin etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model %95 güven düzeyinde anlamlıdır (Çizelge 28). Model nikelin topraktaki varlığını bu etkenlerle % 72 oranında açıklamaktadır. Bu oran açıklayıcılık oranı ile oldukça yüksek bir değerdir. Kış ayında %46,9 olan bu oran yaz ayında %72'ye yükselmiştir. Başka bir deyişle toprakta nikel artışı yaz ayında artmıştır.

Çizelge 27. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Nikel Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	T	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	,00001	,000	2,157	15,773	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	-,00002	,000	-1,897	-13,871	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,00008	,0001	-1,864	-13,581	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,0002	1,283	9,348	,000	

$R^2_{(kış)} = ,469$ $R^2_{(yaz)} = ,720$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Nitekim toprak içeriğinin nikelce zenginleşmesi genellikle serpantin kayaları üzerinde oluşmuş, fosforlu gübrelerin yoğun olarak kullanıldığı atık çamurların gübre amaçlı uygulandığı tarım ve sanayi alanları ile çevresindeki topraklarda görülmektedir (Karaca ve diğ., 2009). Nikel ağır metal kirleticinin en büyük kaynağı taşıt araçları (Mmolawa ve diğ., 2011) ve bunların üretildiği sanayi tesisleridir (Karademir ve Toker, 1998). Ayrıca nikel konsantrasyonu şehirler etrafında da yüksek konsantrasyon düzeylerine sahiptir (Argyraki ve Kelepertzis, 2014). Argyraki ve Kelepertzis (2014) tarafından Atina'da yapılan çalışmada şehrin merkezinde nikel konsantrasyon düzeyi yüksek olarak tespit edilmiştir. Addo ve diğ., (2012) tarafından Volta Bölgesi'ndeki Çimento Fabrikası etrafında gerçekleştirilen çalışmada taşıtlarla birlikte çimento tesisi ağır metal kirliliğinin sorumlusu olarak belirlenmiştir. Genel olarak bölgede metal kirliliğinin yüksek seviyesi çimento tesisine yakın bulunmuştur. Hu ve diğ., (2013) yaptıkları çalışmada nikelin hem doğal ve insan faaliyetleri tarafından kontrol altında olduğu tespit edilmiştir. Lin ve diğ., (2011) çalışma alanındaki nikel içeriğinin sanayi tesislerinin yerleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

5.2.6. İnegöl Ovası Topraklarında Kadmiyum (Cd) ve Mekânsal Değişimi

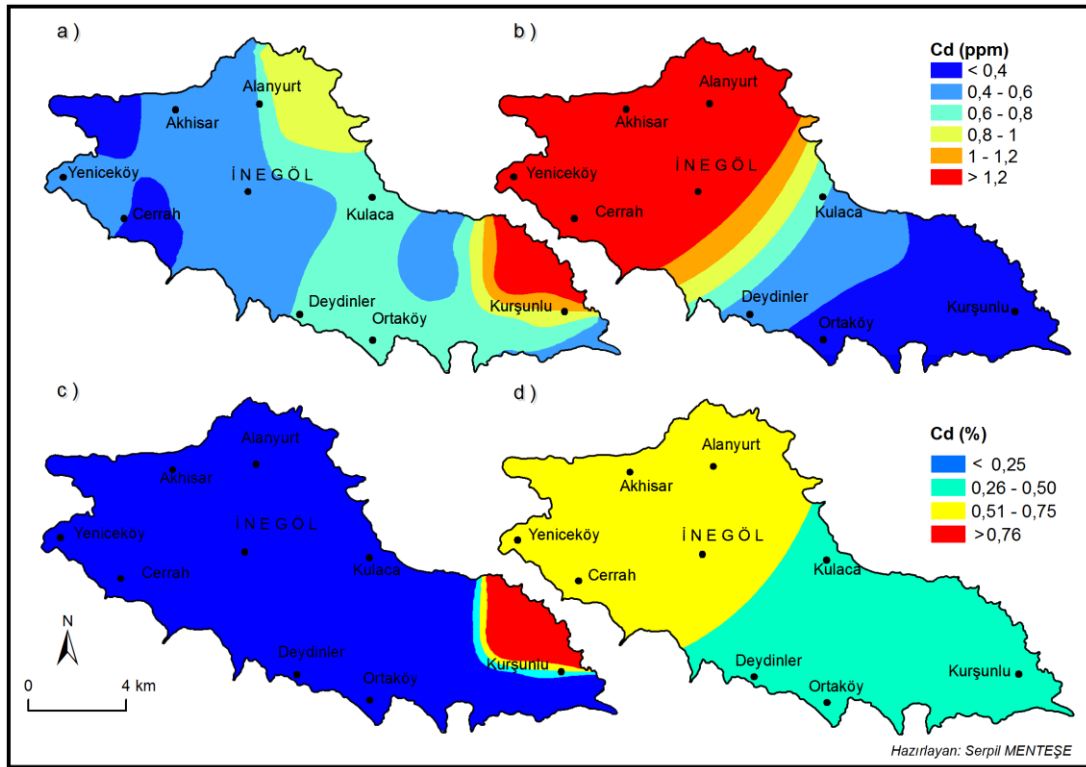
Kadmiyumun doğaya önemli oranda yayılmasında çinko üretimine katkıda bulunan metal olarak üretilmeye başlanması etkili olmuştur (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Bu metalin kaplama ve galvanizasyon endüstrisinde kullanılmasında nonkorroziv özelliği önemli rol oynamaktadır (Demet ve Baş, 1992). Günümüzde kadmiyum endüstride aşınmaya karşı dirençli olması, kadmiyum-nikel pillerde, denizel şartların getirdiği koşullara dayanıklı olması sebebiyle gemi endüstrisinde, boya ve elektronik sanayisinde, çelik kaplanmasında ve alaşımlarda kullanılmaktadır (Karadaş, 2008). Kadmiyum deterjanlarda, fosfatlı gübrelerde ve rafine petrol türevlerinde önemli miktarda bulunur ve bunların yaygın olarak kullanılması ise kadmiyum kirliliğine yol açar (Karadaş, 2008). Nitekim kadmiyum toprağa %39-41 oranında

atmosferik depolanmadan, %54-58 oranında fosforlu gübrelerden, %2-5 oranında ise çiftlik gübresi ve atık çamurdan ulaşmaktadır (Öktüren-Asri ve diğ., 2007). Kadmiyum yıllık olarak doğaya 25,000 – 30,000 ton civarında yayılmaktadır ve bu oranın yaklaşık 4,000 – 13,000 tonu antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Özellikle son 20-30 yıllık süreçte, fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının yoğun olarak kullanılmasına bağlı olarak dünyadaki topraklarda kadmiyum yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir (Öktüren-Asri ve diğ., 2005). Sanayi ve kırsal alanlar kadmiyum açısından karşılaştırıldığında; sanayi alanlarındaki havadaki kadmiyum oranının kırsal alanlara göre çok daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Şener, 2010).

Kadmiyum metali suda çözünmektedir. Kadmiyum yaşam için gerekli elementlerden değildir fakat doğaya yayılım hızı yüksektir (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Kadmiyumun doğaya yayılımında; rafine edilmiş yiyecek maddeleri, sigara dumanı, kabuklu deniz ürünleri, gübre kullanımı, kömür yakılması, kahve, çay, su boruları, sanayilerin üretim aşamalarında salınan baca gazları etkilidir (Dağhan, 2011). Baş ağrısı, terleme, ateş, kaslarda gerilme ve ağrı, halsizlik kadmiyumun akut zehirlenmesi belirtilerindedir. Prostat ve akciğer kanseri ise kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca vücuda aşırı dozda kadmiyum alınımı böbreklerde olumsuz sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına da yol açmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2001).

Kadmiyum ağır metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılım haritaları Şekil 46a ve 46b de gösterilmektedir. Şekil 46a incelendiğinde kış ayında kadmiyum konsantrasyon düzeyleri en yüksek Kurşunlu'nun kuzeydoğusu (~ >1,2 ppm) ile Kurşunlu (~ 1-1,2 ppm) çevresindedir. Bu alan Kınık ve Freşa maden suyu fabrikaları ile Kurşunlu'nun güneyinde alanın dışında yer alan Oylat kaplıcasının faaliyet gösterdiği alanları içine almaktadır. Sıcak (jeotermal) ve soğuk su kaynakları (fabrikalar vs) çevrelerindeki akarsu, yer altı su kaynakları ve toprakları zamanla kirletmektedir (Camgöz ve diğ., 2010). Çünkü bu tür kaynaklar içme sularına oranla içlerinde daha fazla ağır

metal bulundurmaktadırlar (Eroğlu, 2008). Jeotermal suların kullanım için yüzeye çıkartılması ve daha sonra kullanılmış suların yüzey sularına deşarjı ile yüzey suları ve çevresindeki topraklar kirlenmektedir. Dolayısı ile jeotermal ve mineralli su kaynaklarının çıkarıldığı ve boşalım yaptığı alanlarda ağır metaller zenginleşmektedir. Kurşunlu ve civarında tespit edilen yüksek kadmiyum içeriği de jeotermal ve mineralli su kaynaklarının çıkarıldığı ve boşalım yaptığı alanlara denk gelmektedir. Ancak çalışma alanında bu konu ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Bu yüzden bu alan boyunca sıcak ve soğuk su kaynaklarına ilişkin daha detaylı çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır. Buna karşılık kış ayı kadmiyum konsantrasyon düzeylerinin çalışma alanındaki en düşük seviyeleri ise Alanyurt-Deydinler hattının batısındaKİ alanının (~<0,4-0,6 ppm) tamamıdır.



Şekil 46. Kadmiyum (Cd)'un Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 1 pmm yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan kadmiyum değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 29 da gösterilmektedir. Çizelge 29 incelendiğinde; besin, kimya, orman ürünleri sanayilerin ve yerleşmelerin kış

ayında toprakta bulunan kadmiyum üzerine etkili olduğu görülmektedir. Kadmiyum üzerinde etkili olan bu değişkenlerin kadmiyum elementinin topraktaki varlığını % 17,8 oranında açıkladığı belirlenmektedir. % 82,2'lik oran ise bu çalışmada ele alınmayan başka nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 28. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Kadmiyum Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	T	P
Kış	Besin Sanayi	-,222	-2,073	,041**
	Kimya Sanayi	,391	3,430	,001***
	Orman Ürünleri Sanayi	-,348	-3,441	,001***
	Yerleşmeler	,176	1,850	,067*
Yaz	Besin Sanayi	,100	2,306	,023*
	Metalurji Sanayi	-,844	-4,563	,000***
	Orman Ürünleri Sanayi	,109	2,630	,010**
	OSB	-,528	-2,273	,025*

$R^2_{(kış)} = 178$ $R^2_{(yaz)} = ,892$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı kadmiyum konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılımını incelendiğinde (Şekil 46b) ise en yüksek konsantrasyon değeri İnegöl ilçesi çevresinden itibaren çalışma alanının batı kesimleridir ($\sim > 1,2$ ppm). Çalışma alanının İnegöl'den itibaren doğu kesimleri ise kadmiyum kirliliğinin en düşük olduğu alanlar olarak öne çıkmaktadır. Kadmiyum elementinin yaz ayında topraktaki varlığının % 89,2'lik oranı sanayi kuruluşları ve OSB ile ilişkilidir (Çizelge 29). Onder ve diğ., (2007) tarafından Konya'da yapılan çalışmada sanayi alanları ile yoğun trafiğin olduğu çevrelerdeki topraklarda kadmiyum içeriğinin sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiş ve bu durumun insanlar için bir risk oluşturduğu vurgulanmıştır.

Yaz ayında toprakta bulunan kadmiyum değerlerini etkileyen değişkenler incelendiğinde ise (Çizelge 29); besin, metalurji, orman ürünleri sanayi'nin ve OSB'nin yaz ayında toprakta bulunan kadmiyum üzerine etkili olduğu belirlenmektedir. Kadmiyum üzerinde etkili olan bu değişkenlerin kadmiyum elementinin topraktaki varlığını yaz ayında % 89,2 oranında açıkladığı buna karşılık kış ayında ise bu oranın oldukça düşük olduğu (%17,8) görülmektedir. Ayrıca kadmiyum ağır metalinin yaz ve kış ayı konsantrasyon

düzeylerinin incelendiği Çizelge 19 a bakıldığında; kadmiyum ağır metali için mevsimler arası anlamlı farklılıklar gözlenmemektedir.

Çalışma alanında kadmiyum kirliliğinin yaz ve kış mevsimleri TKKY'nde belirlenen sınır değer olan 1 ppm yi geçme olasılığı Şekil 46c ve 46d de gösterilmektedir. Şekil 46c incelendiğinde kış ayında ovada kadmiyum kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığının en yüksek olduğu alan dolayısı ile sıcak alanlar >%76 ile Kurşunlu'nun kuzeybatı kesimleridir. Bunu %51-75 (riskli) ile Kurşunlu çevresi takip etmektedir. Ovadaki diğer alanlar ise kadmiyum kirliliği açısından düşük riskli (<%25 ppm) yani soğuk bölgeler kapsamındadır. Yaz mevsiminde ise kadmiyum kirliliği açısından İnegöl çevresinden itibaren çalışma alanının doğu kesimleri orta riskli (%25-50) batı kesimleri ise risklidir (%51-75). Dolayısı ile araştırma alanında düşük riskli yani soğuk bölge, çok riskli yani sıcak bölge bulunmamaktadır.

Kış ayını temsil eden örneklerde ortalama kadmiyum konsantrasyonu 0,61 ppm; maksimum kadmiyum konsantrasyonu 1,49 ppm; minimum kadmiyum konsantrasyonu ise 0,30 ppm'dir. Yaz ayını temsil eden örneklerde ise ortalama kadmiyum konsantrasyonu 1,01 ppm; maksimum kadmiyum konsantrasyonu 11,48 ppm; minimum kadmiyum konsantrasyonu ise 0,13 ppm'dir. Bu kritere göre çalışma alanı kış ve yaz aylarında kadmiyum kirliliği açısından genellikle kritik seviyelere yakın düzeylerde ve birkaç istasyonda bu seviyeyi geçmiş konsantrasyon değerleri tespit edilmektedir (Şekil 40; Şekil 41). Kadmiyum içeriğinin son yıllarda arttığı, bu artışın en önemli nedeni olarak da fosforlu gübre kullanılması gösterilmektedir (Öktüren-Asri ve diğ., 2005). Çalışma alanında da tarımsal faaliyetler yoğun olarak yapıldığından yaz ayında kadmiyum miktarının artışı, tarımsal faaliyetlere bağlanmaktadır.

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında kadmiyum ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 30 da gösterilmektedir. Kış ayında topraktaki kadmiyum için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için p değerleri $p > 0,05$ olduğundan model anlamsızdır (Çizelge 30). Bu bağlamda kadmiyum metalini kış

aylarında topraktaki varlığı endüstri ya da yol ve yerleşmelerin toplu etkisi faktörlerine bağlı değildir. Yaz ayında topraktaki kadmiyum için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ve yol ve yerleşmelerin toplu etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ ve katsayılar da p değerleri $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 30). Kadmiyum ağır metalinin kış aylarında topraktaki varlığını, endüstri ile yol ve yerleşme faktörleri % 62 oranıyla açıklamaktadır.

Çizelge 29. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Kadmiyum Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			T	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-0,000058	,000	-1,487	-9,407	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,000063	,000	,830	5,254	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,000058	,000	-1,487	-9,407	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,000063	,000	,830	5,254	,000	

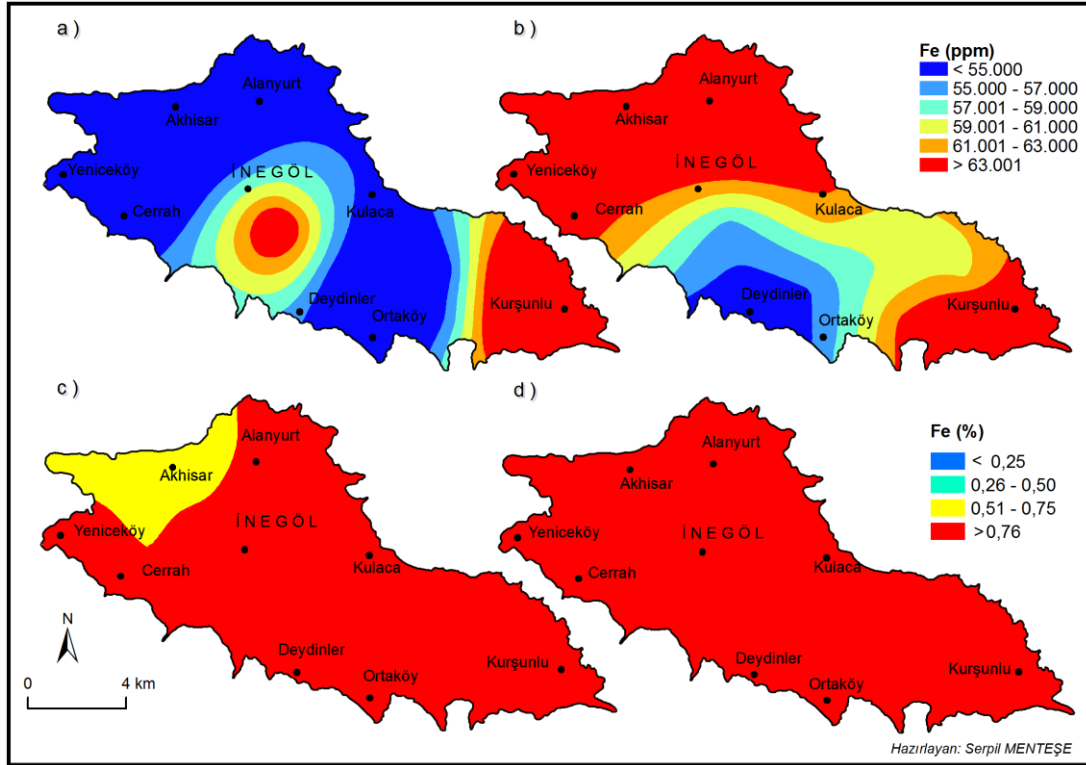
$R^2_{(kış)} = ,076$ $R^2_{(yaz)} = ,628$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Çeşitli çalışmalarda da farklı sahalardaki kadmiyum ağır metal kirliliğinde tek bir ana faktörün etkili olmadığı tespit edilmiştir. Massadeh ve diğ., (2004) tarafından yapılan çalışmada kadmiyum düzeylerinin trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu durum aynı zamanda Jaradat ve Momani (1998), Karademir ve Toker (1998), Atayese ve diğ., (2009), Grigalaviciene ve diğ., (2005) çalışmalarında karayoluna artan mesafe ile birlikte kadmiyum metal içeriğinin azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Olatunji ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada kadmiyum metal konsantrasyonlarının sanayi ile bağlantılı olduğu görülmüştür. Bazı çalışmalarda ise kadmiyum metalinin kirliliğinde tek bir ana faktörün etkili olmadığı görülmektedir. Örneğin Olatunji ve diğ., (2014) çalışmasında insan nüfusu ve trafiğin yoğun olduğu alanlar ile sanayi faaliyetlerinin olduğu alanlarda konsantrasyon düzeylerinin arttığı tespit edilmiştir. Akpoveta ve diğ., (2010) tarafından yapılan çalışmada ise şehirden (mesafe) uzaklaştıkça kadmiyum ağır metalinin konsantrasyonunda azalmalar olduğu tespit edilmiştir.

5.2.7. İnegöl Ovası Topraklarında Demir (Fe) ve Mekânsal Değişimi

Demir, doğada en fazla oranda bulunan metaldir (Deveci, 2012). Bu metal inşaat faaliyetlerinde, boya ve çelik endüstrisinde, karbon ve diğer metallerle alaşım elementi halinde kullanılmaktadır (Yalçın, 2014). Demir insan ve doğal faaliyetlerden, madencilik endüstrisi atıklarından, drenaj sularından, organik atıklardan ve çeşitli alanlarda kullanılan demir-çelik maddelerin korozyonu sonucu toprağa katılmaktadır (Zengin, 2008). Aşırı miktarda demir vücuda girdiğinde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Aşırı demir metale maruz kalan kişilerde demir toksikliği, bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar görülmektedir (Zengin, 2008).

Demir ağır metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılışı haritaları Şekil 47a ve 47b de gösterilmektedir. Şekil 47a incelendiğinde kış ayında en yüksek demir konsantrasyon değerleri Kurşunlu ve İnegöl'ün güneydoğusunda (~ >63.001 ppm) tespit edilmektedir. Yüksek demir konsantrasyon düzeyleri çalışma alanında faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından ve İnegöl şehrinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 31). Çalışma alanının en doğu ucunda tespit edilen yüksek demir konsantrasyonları yukarıdaki diğer ağır metallerde de anlatıldığı gibi bu alandaki sıcak ve soğuk su kaynaklarından kaynaklanmış olabilir. Çünkü bu özellikteki sular içlerinde demir gibi daha fazla ağır metal içerirler. Bu suların etkilediği topraklarda aynı zamanda daha fazla metal barındırmaktadırlar. Ancak bu çalışmada bu konu ile ilgili ayrıntılı çalışma yapılmamıştır. Buna karşılık kış ayı demir konsantrasyon düzeylerinin çalışma alanındaki en düşük seviyeleri ise Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy, Cerrah, Kulaca ve Deydinler (<55.000 ppm) çevrelerindeki alanlarda gözlenmektedir.



Şekil 47. Demir (Fe)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları ile 38.000 ppm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan demir değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 31 de gösterilmektedir. Çizelge 31 incelendiğinde; kimya, makine, orman ürünleri, çimento, cam ve seramik sanayi'nin, OSB'nin ve İnegöl şehri'nin kış ayında toprakta bulunan demir üzerine etkili olduğu görülmektedir. Demir üzerinde etkili olan bu değişkenlerin demir elementinin topraktaki varlığını % 69,5 oranında açıkladığı belirlenmektedir. % 30,5'lik oran ise bu çalışmada ele alınmayan başka nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 30. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Demir Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	T	P
Kış	Kimya Sanayi	,185	2,309	,023**
	Makine Sanayi	,618	2,568	,012**
	Orman Ürünleri Sanayi	,171	2,279	,025**
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,229	-3,451	,001***
	OSB	2,075	6,144	,000***
	İnegöl Kenti	-4,333	-4,264	,000***
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,955	-3,600	,001***
	Makine Sanayi	1,548	4,446	,000***
	Metalurji Sanayi	,543	1,671	,098*
	Orman Ürünleri Sanayi	,164	2,614	,010**
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,235	-4,625	,000***
	Yerleşmeler	-,125	-2,560	,012**
	OSB	-3,233	-10,599	,000***
	İnegöl Kenti	2,064	10,205	,000***

$R^2_{(kış)} = ,695$ $R^2_{(yaz)} = ,826$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı demir konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası'ndaki mekansal dağılımı incelendiğinde (Şekil 47b) ise en yüksek konsantrasyon değeri İnegöl'ün kuzeyi, Akhisar, Alanyurt, Yeniceköy, Cerrah ve Kurşunlu çevrelerinde belirlenmektedir. Demir konsantrasyon düzeylerinin yüksek seviyelerde tespit edildiği bu alanlarda kirlilik yerleşmelerden, sanayi kuruluşlarından ve İnegöl'den kaynaklanmaktadır (Çizelge 31). En düşük konsantrasyon değeri ise Deydinler çevresinde görülmektedir. Inobeme ve diğ., (2014) tarafından Kaduna (Nijerya) sanayi alanı çevresindeki topraklarda yapılan çalışmada ağır metal içeriği araştırılmış ve insan faaliyetleri nedeniyle numunelerin metal içeriğinin genellikle yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca demir konsantrasyonu değerlerini diğer metallerle karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Çünkü demir doğada en çok bulunan metaldir. Çubukçu ve Tüysüz (2005) tarafından Samsun Tekkeköy'de yapılan çalışmada birçok metal kaynağı olarak gösterilen Karadeniz Bakır İşletmesi Fabrikası demir kirliliğinin de kaynağı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında da tarımsal faaliyetlerin

yoğun olarak olarak yapıldığı alanlarda demir konsantrasyon seviyeleri daha düşük, sanayi ve nüfusun kalabalık olduğu alanlarda demir konsantrasyon seviyeleri daha yüksek düzeylerde tespit edilmektedir.

Çizelge 36 incelendiğinde çeşitli sanayi kuruluşları (dokuma, tekstil ve deri sanayi, makine sanayi, metalurji sanayi, orman ürünleri sanayi, çimento, cam ve seramik sanayi) çalışma alanındaki yerleşmeler, OSB ve İnegöl şehri yaz ayında toprakta bulunan demir değerlerini etkileyen değişkenler olarak tespit edilmektedir. Demir üzerinde etkili olan bu değişkenlerin demir elementinin topraktaki varlığını % 82,6 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Kış ayında % 69,5 olan bu oran yaz ayında % 82,6 a çıkmaktadır. Nitekim kurşun da olduğu gibi demir miktarlarının yaz ayında topraktaki miktarı kış ayındaki miktarından daha fazladır (Çizelge 19).

TKKY'de demir için belirlenen bir sınır değer bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, konsantrasyon olasılık haritasındaki demir değerleri Lindsay (1979)'a göre topraktaki kritik bulunması gereken element değeri olan 38.000 ppm değeri ile karşılaştırılmaktadır. Çubukçu ve Tüysüz (2008) çalışmalarında da demir konsantrasyonu dağılım haritalarını sınır değerlerini Lindsay'a göre değerlendirmiştir. Çalışma alanında demir kirliliğinin Lindsay (1979)'ın kritik değeri olan 38.000 ppm'i geçme olasılığı Şekil 47c ve 47d de gösterilmektedir. Şekil 47c incelendiğinde kış ayında ovada demir kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı $>76\%$ ile hemen hemen çalışma alanının tamamıdır. Bu alan Fe kirliliği açısından çok riskli yani sıcak bölgeyi teşkil etmektedir. Çalışma alanında kış ayında $51-75\%$ ile yalnızca Akhisar ile çevresi riskli alanları oluşturmaktadır. Yaz mevsiminde ise demir kirliliği açısından çalışma alanının tamamı çok risklidir (Şekil 47d). Dolayısı ile araştırma alanında demir kirliliği açısından hem yaz hem de kış ayında düşük riskli yani soğuk bölge bulunmamaktadır.

Konsantrasyon olasılık haritasında demir seviyeleri Lindsay (1979)'ın topraklardaki limit demir değeri (38.000 ppm) ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek seviyeler gösterdiği belirlenmektedir (Şekil 40; Şekil 41). Bilindiği gibi topraktaki metal konsantrasyon kritik (eşik değer) değeri aşıldığında kirlilik

meydana gelmektedir. Bu da bu topraklar üzerinde yaşayan tüm canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemekte ve birçok hastalığa neden olmaktadır. Kış ayını temsil eden örneklerde ortalama demir konsantrasyonu 55.030 ppm; maksimum demir konsantrasyonu 94.764 ppm; minimum demir konsantrasyonu ise 36.257 ppm'dir. Yaz ayını temsil eden örneklerde ise ortalama demir konsantrasyonu 64.538 ppm; maksimum demir konsantrasyonu 98.496 ppm; minimum demir konsantrasyonu ise 36.991 ppm'dir. Bu kritere göre çalışma alanında hem yaz hem de kış ayında demir kirliliği açısından kritik seviyelere yakın düzeylerde konsantrasyon değerleri görülmekte ya da bu seviyeyi geçmiş konsantrasyon değerleri tespit edilmektedir.

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında demir ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 32 de gösterilmektedir. Kış ayı için topraktaki demir için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 32) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. Bu modelle kış aylarındaki toprakta demir değişimini yol ve yerleşme ile endüstriyel faktörlerin toplu etkisi % 43,6 oranında açıklamaktadır. Kış ayında olduğu gibi yaz ayında da topraktaki demir için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 32) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için anlamlılık düzeyi %95'dir ve model anlamlılık ifade etmektedir. Modelin, demirin topraktaki varlığını bu etkenlerle % 13,7 oranında açıklayabildiği görülmektedir. İncelenen bağımsız değişkenlerden demirin sudaki değişimi, kış ayında daha fazla etkilenmektedir.

Çizelge 31. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Demir Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	T	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Mevsim							
Kış	Sanayi Etkisi	,00004	,000	1,328	6,823	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	-,00005	,000	-,815	-4,186	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,00001	,000	-,834	-3,465	,001**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00003	,000	,943	3,915	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,436$ $R^2_{(yaz)} = ,137$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

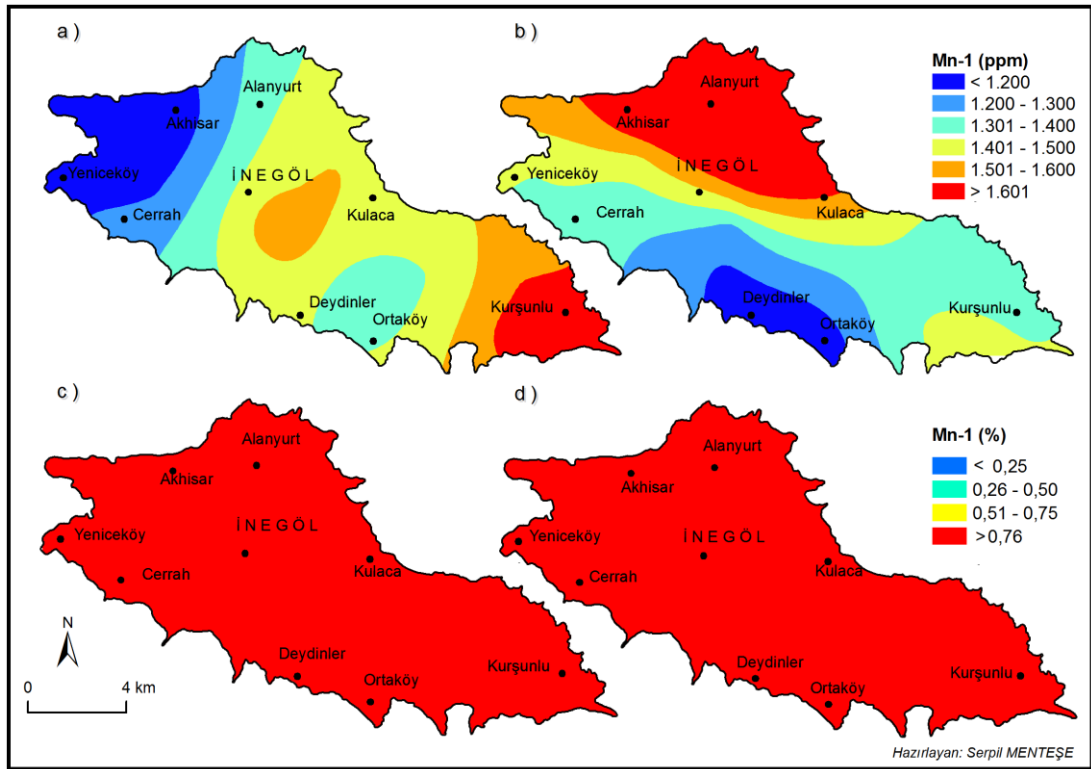
Bu sonuç literatürdeki sonuçlarla da paralellik göstermektedir. Örneğin Mohd Tahir ve diğ., (2007) genel olarak kentsel alanlardaki topraklar ve endüstriyel alanlarda demir metalinin yüksek seviyeleri gözlenmiştir. Demir kirlilik kaynakları insan faaliyetleri, araç emisyonları ve litojenik olaylar da dahil olmak üzere karışık kökene sahiptir (Mmolawa ve diğ., 2011). Yusuf ve diğ., (2015) çalışmalarında da demirin tüm diğer metallerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Demir için elde edilen konsantrasyon düzeylerinin Nijerya Federal Çevre Koruma Ajansı (FEPA) ve DSÖ tarafından öngörülen kritik değerden daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiş ve bu durum toprağın coğrafi kökenine bağlanmıştır.

5.2.8. İnegöl Ovası Topraklarında Manganez (Mn-1) ve Mekânsal Değişimi

Fe gibi Manganez de yeryüzü kabuğunda bol bulunan elementlerdendir (Özer ve diğ., 2011). Enerji üreten santrallerden, demir-çelik fabrikalarından, maden yataklarından ve yakma fırınlarından manganez doğaya yayılmaktadır (Deveci, 2012).

Mn-1 ağır metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılışı haritaları Şekil 48a ve 48b de gösterilmektedir. Şekil 48a incelendiğinde kış ayında en yüksek manganez konsantrasyon değerleri Kurşunlu (~ >1601 ppm) çevresindedir. Çalışmada kış ayında toprakta bulunan yüksek manganez

konsantrasyon düzeyleri sanayi kuruluşları, yerleşmeler ve yollar ile ilişkilidir (Çizelge 33). En yüksek konsantrasyon düzeylerinin tespit edildiği Kurşunlu'da ise sıcak ve soğuk su kaynakları ve bunlara ait işletmeler bulunmaktadır. Burada tespit edilen yüksek mangan kirliliği bu kaynaklara bağlanmaktadır. Çünkü bu kaynaklar bünyelerinde mangan gibi yüksek ağır metaller bulundurmaktadır ve ağır metaller açısından kirlilik riski oluşturmaktadırlar. Buna karşılık kış ayı mangan konsantrasyon düzeylerinin çalışma alanındaki en düşük seviyeleri ise Akhisar, Yeniceköy (~<1200 ppm) çevrelerindedir.



Şekil 48. Mangan (Mn-1)'in Kış (a) ve Yaz(b) Ayları Dağılım Haritaları ile 600 pmm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Kış ayında toprakta bulunan mangan değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi Çizelge 37 de gösterilmektedir. Çizelge 37 incelendiğinde; dokuma tekstil ve deri sanayi'nin, makine sanayi'nin, orman ürünleri sanayi'nin, yerleşmelerin ve yolların kış ayında toprakta bulunan mangan üzerine etkili olduğu görülmektedir. mangan üzerinde etkili olan bu değişkenlerin mangan elementinin topraktaki varlığını % 90,5 oranında açıkladığı belirlenmektedir.

Çizelge 32. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Mangan Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	T	P
Kış	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	1,049	5,373	,000***
	Makine Sanayi	,645	3,413	,001***
	Orman Ürünleri Sanayi	,074	1,786	,077*
	Yerleşmeler	-,062	-1,695	,093*
	Yollar	-,078	-2,179	,032**
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-1,244	-3,561	,001***
	Kimya Sanayi	-,384	-4,714	,000***
	Makine Sanayi	1,520	3,251	,002***
	Metalurji Sanayi	2,083	4,652	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,377	-6,006	,000***
	Yerleşmeler	-,126	-1,910	,059*
	OSB	-3,975	-9,751	,000***
	İnegöl Kenti	1,974	7,438	,000***
Yollar	,189	2,763	,007***	

$R^2_{(kış)} = ,905$ $R^2_{(yaz)} = ,704$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı mangan konsantrasyon düzeyleri ise en yüksek, Yeniceköy-İnegöl-Kulaca hattının kuzeyindeki alanlar oluşturmaktadır. Kış ayına oranla hat değiştiren yüksek mangan düzeyleri ise sanayi kuruluşları, OSB, yollar ve İnegöl kenti'nden kaynaklanmaktadır (Çizelge 37). Hem yaz hem kış ayında mekansal dağılımda farklılıklar gözlenmiş olsada çalışma alanının bütünü dikkate alındığında mangan ağır metalinin yüksek konsantrasyon düzeylerine sahip olduğu belirlenmektedir. Yaz ayı mangan konsantrasyon değerleri en düşük < 1200 ppm ile Deydinler ve Ortaköy civarındadır. Bu alanlar çalışma alanındaki sanayi faaliyetlerden uzak tarım ve meyveciliğin yoğun olarak yapıldığı alanlara denk gelmektedir. Çubukçu ve Tüysüz (2005) tarafından Samsun Tekkeköy'de yapılan çalışmada mangan kirliliğinin kaynağı olarak Karadeniz Bakır İşletmesi Fabrikası belirlenmiştir. Çalışma alanında da demir de olduğu gibi Mangan kirliliğinde de tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı alanlarda mangan konsantrasyon seviyeleri daha düşük, sanayi ve nüfusun kalabalık olduğu alanlarda mangan konsantrasyon seviyeleri daha yüksek düzeylerde tespit edilmektedir.

Yaz ayında toprakta bulunan mangan değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 33) incelendiğinde ise mangan üzerinde etkili olan değişken sayısının arttığı gözlenmektedir. Çeşitli sanayi kuruluşlarının, OSB'nin, yolların ve İnegöl şehrinin yaz ayında toprakta bulunan mangan üzerine etkili olduğu görülmektedir. Mangan üzerinde etkili olan bu değişkenlerin mangan elementinin topraktaki varlığını % 70,4 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Yaz ayında değişken sayısı artmış olsa da açıklayıcılık oranı kış mevsimine göre % 90,5 den %70,4 e gerilemektedir. Ayrıca mangan ağır metalinin yaz ve kış ayı konsantrasyon düzeylerinin incelendiği Çizelge 19'a bakıldığında; mangan ağır metali için mevsimler arası anlamlı farklılıklar gözlenmemektedir. Mangan ağır metali de krom, demir ve kurşun metalleri gibi yaz ayında topraktaki yoğunluğu kış ayına göre fazladır.

Demir de olduğu gibi TKKY'de mangan için de belirlenen bir sınır değer bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, konsantrasyon olasılık haritasındaki mangan değerleri Lindsay (1979)'a göre topraktaki kritik bulunması gereken element değeri olan 600 ppm değeri ile karşılaştırılmaktadır. Çalışma alanında mangan kirliliğinin Lindsay'ın (1979) kritik değeri olan 600 ppm'i geçme olasılığı şekil 48c ve 48d'de gösterilmektedir. Kış ayında mangan kirliliği açısından 600 ppm ortalamasını %76 ile geçen alan Kurşunlu ve çevresidir. Bu alan mangan kirliliği açısından çalışma alanının çok riskli yani sıcak bölgesini oluşturmaktadır. Mangan kirliliğinin kış ayında çalışma alanının da düşük riskli olduğu alan ise Yeniceköy ve Akhisar (<1200) çevreleridir. Yaz mevsiminde ise mangan kirliliği açısından İnegöl'ün kuzeyi ile Alanyurt ve Akhisar çevreleri çok riskli (>%76 ppm) dolayısı ile sıcak bölgeler iken Yeniceköy-Kulaca arasında kalan hat ise risklidir. Ovada mangan kirliliği açısından soğuk bölgeleri (risksiz) ise Deydinler ve Ortaköy çevreleri oluşturmaktadır.

Topraklar açısından mangan için verilen kriter değer 600 ppm dir. Konsantrasyon olasılık haritasında mangan değerleri TKKY'nin topraklardaki kritik mangan değeri (600 ppm) ile karşılaştırıldığında hem yaz hem de kış

ayında oldukça yüksek değerler gösterdiği görülmektedir (Şekil 40; Şekil 41). Kış ayını temsil eden örneklerde ortalama mangan konsantrasyonu 1375 ppm; maksimum mangan konsantrasyonu 2210 ppm; minimum mangan konsantrasyonu ise 759 ppm'dir. Yaz ayını temsil eden örneklerde ise ortalama mangan konsantrasyonu 1446 ppm; maksimum mangan konsantrasyonu 2454 ppm; minimum mangan konsantrasyonu ise 897 ppm'dir. Bu kritere göre çalışma alanında hem yaz hem de kış ayında mangan kirliliği açısından kritik seviyeleri geçmiş konsantrasyon değerleri rastlanılmaktadır (Şekil 40; Şekil 41).

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında mangan ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 34 de gösterilmektedir. Mangan konsantrasyon düzeylerinin toplu kaynak ilişkisinin tespit edildiği çalışmada model anlamlıdır. Yani kış ayında topraktaki mangan için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. Model manganın topraktaki varlığını bu etkenlerle % 72,2 oranında açıklamaktadır (Çizelge 34). Benzer şekilde yaz ayında topraktaki mangan için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 34) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model %95 güven aralığında anlamlıdır. Model manganın topraktaki varlığını bu etkenlerle % 7,2 oranında açıklamaktadır. Yalnızca oran kış ayına göre yaz ayında oldukça düşüktür.

Çizelge 33. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Mangan Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	T	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	,00001	,000	2,157	15,773	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	-,00002	,000	-1,897	-13,871	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,00002	,000	-,653	-2,614	,010**	,027**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00005	,000	,682	2,732	,007**	

$R^2_{(kış)} = ,722$ $R^2_{(yaz)} = ,072$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t

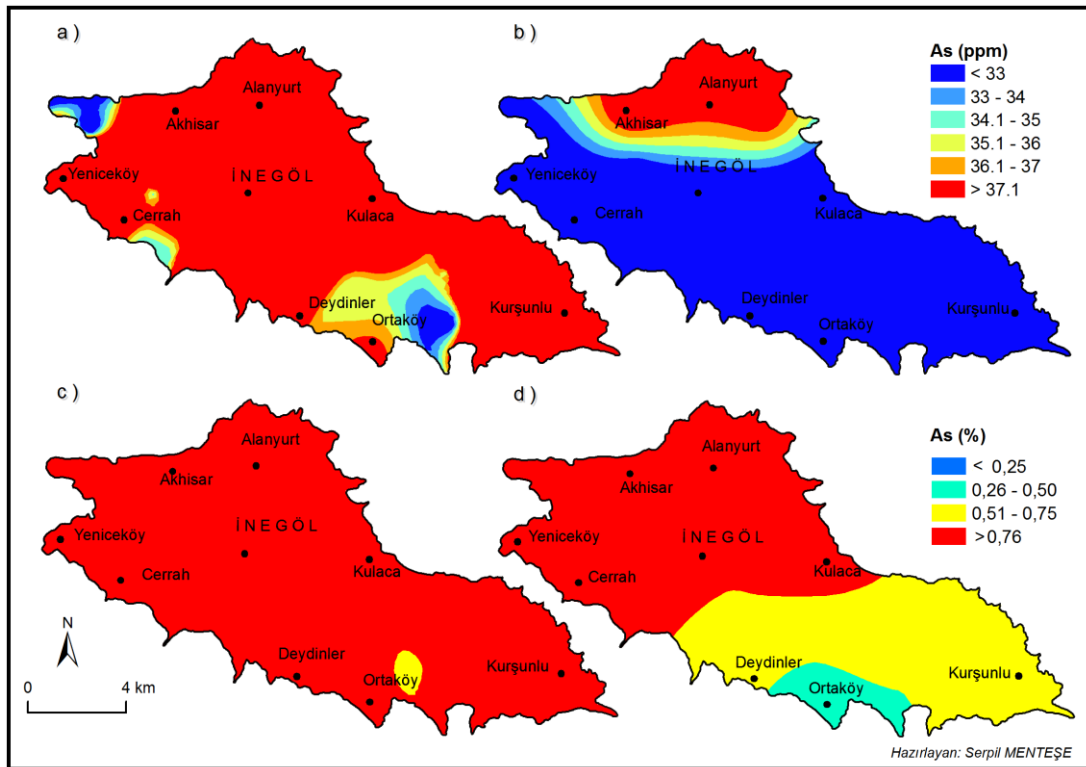
Addo ve diğ., (2012) tarafından Gana'nın Volta Bölgesindeki Çimento Fabrikası etrafında gerçekleştirilen çalışmada manganın taşıtlarla birlikte çimento tesisinin ağır metal kirliliğinin sorumlusu olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde El-Desoky ve Ghallab (2000) tarafından yapılan çalışmada da manganın fabrikalardan uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir. Mohd Tahir ve diğ., (2007) tarafından Malezya'da yapılan çalışmada ise sanayi ve şehir alanlarının köy alanlarına göre mangan açısından daha yüksek konsantrasyon düzeyleri sergilediği tespit edilmiştir. Mmolawa ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada manganın litojenik kaynaklı olduğu görülürken, Olatunji ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada ise sanayi kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

5.2.9. İnegöl Ovası Topraklarında Arsenik (As) ve Mekânsal Değişimi

Arsenik yağlı boya endüstrisinde, pestisit, herbisit ve akarisit formülasyonlarında, ağaç prezevertifi olarak, seramikçilik, kanatlı hayvan ve domuz yemlerinde, sülfirik asit üretiminde kullanılmakta (Baş ve Demet, 1992) ve bazı inorganik ve organik kimyasalların üretimi ve petrol rafinerisi atıklarında bulunmaktadır (Karadaş, 2008). As bileşikleri ayrıca bazı deterjanların yapısında, boya pigmentlerinde, deri endüstrisinde, cam ve lastik imalatında da kullanılmaktadır (Yılmaz ve Ekici, 2004).

Arsenik toksik ve kanserojen bir maddedir (Bilici Başkan ve Pala, 2011). Zararlı bitki ve böcekleri yok eden tarım ilaçlarının kullanımı ve madencilik faaliyetleri doğada arsenik oluşumuna neden olmaktadır (Mandal ve Suzuki, 2002). İnorganik arsenik, kanserojen olarak bilinmekte ve cilt, akciğer, karaciğer ve mesane kanserine neden olabilmekte; düşük düzeyde arsenike maruz kalınması kalp ritminde bozukluklara, ayak ve ellerde karıncalanmalara, kusma ve mide bulantısına, beyaz ve kırmızı kan hücrelerinde azalmalara neden olabilmektedir (Dağhan, 2011).

Arsenik ağır metalinin yaz ve kış mevsimleri mekânsal dağılışı haritaları Şekil 49a ve 49b'de gösterilmektedir. Şekil 49a incelendiğinde kış ayında en yüksek arsenik konsantrasyon değerleri ovanın hemen hemen tamamında >37.1 ppm'den yüksek seviyeler tespit edilmektedir. Bu alanlardaki yüksek arsenik düzeyleri besin, kimya, orman ürünleri sanayi ve çalışma alanındaki yerleşmelerden kaynaklanmaktadır (Çizelge 35). Arsenik üzerinde etkili olan bu değişkenlerin arsenik elementinin topraktaki varlığını % 17,8 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Çalışma alanının çok küçük bir alanında (çalışma alanının batı ucu, Ortaköy'ün kuzeydoğusu, Cerrah'ın güneydoğusu) ~ 33 ppm'den düşük seviyeler belirlenmektedir.



Şekil 49. Arsenik (As)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılışı Haritaları ile 20 pmm'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Yaz ayı arsenik en yüksek (Şekil 49b) konsantrasyon düzeyleri ise İnegöl'ün kuzey kesimlerinde özellikle de Akhisar ve Alanyurt çevrelerinde görülmektedir. Bu alanlarda arsenik konsantrasyon değeri 37.1 ppm'den yüksektir. Çalışma alanının diğer kesimlerinde (Kurşunlu, Kulaca, Ortaköy,

Cerrah, Yeniceköy ve İnegöl'ün güneyi) ise konsantrasyon değerleri 33 ppm'den düşük seviyeler göstermektedir.

Çizelge 34. İnegöl Ovası Topraklarında Bulunan Kış ve Yaz Arsenik Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	-,222	-2,074	,041**
	Kimya Sanayi	,391	3,430	,001***
	Orman Ürünleri Sanayi	-,348	-3,442	,001***
	Yerleşmeler	,176	1,850	,067*
Yaz	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,785	-3,795	,000***
	Makine Sanayi	1,127	4,403	,000***
	OSB	-2,395	-11,954	,000***
	İnegöl Kenti	2,188	3,605	,001**

$R^2_{(kış)} = ,178$ $R^2_{(yaz)} = ,885$,* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayında toprakta bulunan arsenik değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 35) incelendiğinde; dokuma tekstil ve deri sanayinin, makine sanayinin, OSB'nin ve İnegöl şehrinin yaz ayında toprakta bulunan arsenik üzerine etkili olduğu tespit edilmektedir. Arsenik üzerinde etkili olan bu değişkenlerin arsenik elementinin topraktaki varlığını % 88,5 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Ayrıca bu değişkenlerin açıklayıcılık oranı kış mevsimine göre artmaktadır. Kış mevsiminde %17,8 olan oran yaz mevsiminde % 88,5 e çıkmaktadır. Nitekim arsenik ağır metalinin yaz ve kış ayı konsantrasyon düzeylerinin incelendiği çizelge 19'a bakıldığında; kadmiyum metalinde olduğu gib arsenik metalinde de mevsimler arası anlamlı farklılıklar gözlenmemektedir. Yani yaz ve kış ayında arsenik metalinin topraktaki yoğunluklarında farklılıklar yoktur.

TKKY'nde arsenik için belirlenen sınır değer 20 ppm'dir. Çalışma alanında arsenik kirliliğinin yukarıda verilen ortalamaları geçme olasılığı Şekil 49c ve 49d'de gösterilmektedir. Kış ayında arsenik kirliliğinin 20 ppm geçme olasılığının %76'ının üzerinde olduğu alanlar Ortaköy'ün kuzeydoğusu hariç (%51-75) ovanın tamamını kapsamaktadır. Bu alanlar arsenik kirliliği açısından çalışma alanının en riskli dolayısı ile de en sıcak bölgeleridir. Yaz mevsiminde ise arsenik kirliliği açısından çalışma alanının İnegöl, Alanyurt,

Akhisar, Cerrah, Yeniceköy ve Kulaca çevreleri çok riskli (>%76 ppm) dolayısı ile sıcak bölgeleri; Deydinler-Kurşunlu hattı (%51-75) çevreleri riskli; Ortaköy ve çevresi ise (<%25) düşük riskli bölgelerini teşkil etmektedir. Hem yaz hem de kış mevsiminde İnegöl Ovası'nda arsenik kirliliği açısından risksiz alan bulunmamaktadır. Konsantrasyon olasılık haritasında arsenik değerleri TKKY'nin topraklardaki kritik arsenik değeri (20 ppm) ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek değerler gösterdiği tespit edilmektedir.

Topraklar açısından arsenik için verilen kriter değerinin 20 ppm olduğu göz önünde tutulursa kış ayını temsil eden örneklerde ortalama arsenik konsantrasyonu 56 ppm; maksimum arsenik konsantrasyonu 157 ppm; minimum arsenik konsantrasyonu ise 29 ppm'dir. Yaz ayını temsil eden örneklerde ise ortalama arsenik konsantrasyonu 27 ppm; maksimum arsenik konsantrasyonu 52 ppm; minimum arsenik konsantrasyonu ise 13 ppm'dir. Topraktaki arsenik konsantrasyonu, TKKY'ne göre topraklarda bulunması gereken maksimum arsenik konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında çalışma alanında hem yaz hem de kış ayında arsenik kirliliği açısından kritik seviyeleri geçmiş ya da seviyelere yakın konsantrasyon değerlerine rastlanılmaktadır (Şekil 40; Şekil 41).

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası topraklarında arsenik ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 36 da gösterilmektedir. Kış ayında toprakta bulunan arsenik için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 36) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p > 0,05$ olduğundan model anlamsızlık ifade etmektedir. Yani toprakta bulunan arsenik metali için endüstriyel ile yol ve yerleşme faktörlerinin toplu etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Kış ayına karşılık yaz ayında ise toprakta bulunan arsenik için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme faktörlerinin toplu etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model % 95 güven düzeyinde anlamlıdır (Çizelge 36). İki faktör arsenikin yaz mevsiminde topraktaki varlığını % 58,0 oranında açıklamaktadır.

Çizelge 35. İnegöl Ovası Topraklarında Kış ve Yaz Ayı Arsenik Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	-,085	,119	-,184	-,712	,478	,757
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,172	,231	,192	,745	,458	
Yaz	Sanayi Etkisi	-0,000093	,00003	-1,118	-6,651	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,000066	,0002	,405	2,412	,018*	

$R^2_{(kış)} = ,006$ $R^2_{(yaz)} = ,580$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Literatürde yapılan çalışmalarda toprakta bulunan arsenik konsantrasyon düzeyleri farklı kaynaklarla ilişkili bulunmuştur. Örneğin Argyraki ve Kelepertzis (2014) çalışmalarında arsenik düzeylerinin şehirsal alanlarda nispeten yüksek olduğu tespit etmiştir. Acar ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada ise çalışma alanındaki bazı istasyonlarda tespit edilen As düzeylerinin yüksek çıkmasının nedeni tarımsal faaliyetlerden olan zirai mücadelede pestisit ve herbisit kullanımı ile ilişkili olduğu görülmüştür. Sowane ve diğ., (2011) çalışmalarında belediye alanları, sanayi bölgeleri ve tersane alanlarının özellikle arsenik tarafından kirlenen en yüksek potansiyele sahip alanlar olarak belirlenmiştir.

5.2.10. İnegöl Ovası'nda Toprak Kirliliği Riski

İnegöl ovası'nda sanayi faaliyetleri ve sanayi faaliyetlerine dayalı olarak her geçen gün artan nüfus ve yerleşmeler ile tarımsal faaliyetler ova genelinde iç içe geçmiş durumdadır. Her bir faaliyet birbirini etkilediği gibi aynı zamanda her bir faaliyetten (sanayi, nüfus, tarım) kaynaklanan atıklar ise doğal ortama geçmektedir. Bu faaliyetlerden derin bir şekilde etkilenen doğal ortam elemanlarının başında ise topraklar gelmektedir. Sanayileşmenin, tarımın ve nüfus yoğunluğunun etkisi altında olan antropojenik kirlenme toprakta kendini kirleticili ağır metaller ile göstermektedir. Bu ağır metaller; Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As'dir. İnegöl ovası'nda tüm bu kirleticilerin (Cr-Pb-Cu-Zn-

Toprak kirliliğinin kış ve yaz mevsimindeki değişimi incelendiğinde (Şekil 50) yaz mevsiminde kirlilik seviyelerinin kış mevsimine göre daha yüksek seviyelerde seyrettiği görülmektedir. Çünkü toprak sıcaklığı, organik madde miktarı ve diğer metallerin varlığı gibi çevresel faktörler toprak çözeltisindeki metal konsantrasyonunu değişime uğratarak, topraktaki metal birikimini etkilemektedir (Yıldız ve diğ., 2011). Ayrıca mevsimlere bağlı olarak ağır metal düzeylerindeki birikimin yaz mevsiminde daha yüksek bulunması tarımsal aktivitelerin fazlalığına da bağlanmaktadır. Kentsel yayılmaya ve sanayi faaliyetlerine ayrıca yaz ayında tarımsal faaliyetlerinde eklenmesi konsantrasyon düzeylerinde artış ile kendini göstermiştir.

5.3. Su Kirliliği

Çevre sorunları günümüzde doğal dengenin bozulmasına, ekosistemlerin degradasyonuna ve insan, hayvan ve bitkiler başta olmak üzere tüm canlıları tehdit eden en önemli tehlikedir (Duru ve diğ., 2011). Yaşamın sürdürülebilirliği için gerekli doğal çevre elemanlarından hava, toprak ve su çevre sorunları ile karşı karşıyadır. Sanayileşme ve kentleşme sonucu doğal çevre elemanlarının kirliliğini daha da artırmıştır. Su, canlıların tüm formları için gerekli olduğundan onun kirliliği genellikle toprak ve havadan daha önemli kabul edilmektedir (Zamani ve diğ., 2012). Özellikle su gibi homojen ortamlar çok çabuk kirlenmeye maruz kalmakta, kirlilik kaynağının yok edilmesi halinde ise kolaylıkla kendilerini temizleyememektedir (Okur ve diğ., 2001). İnsanlığın gelecekteki yaşamı için en önemli faktörlerden biri olan su ve onda meydana gelen kirlilik sürekli olarak daha da önem kazanmaktadır (Kaplan ve diğ., 1999). Çünkü su, yaşam ortamını oluşturan temel öğelerden biridir. Aynı zamanda kendisi de içinde barındırdığı canlılar açısından bir yaşam ortamıdır. Bu nedenle suyun yaşam ortamında bulunması, kendisinin bir yaşam ortamı olması ve onun kalitesi son derece önemlidir (Akın ve Akın, 2007).

“İnsanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucu su kaynaklarının bileşimindeki maddelerin konsantrasyonlarının normalin üzerine çıkması ile su kaynaklarının doğal bileşiminin bozulması ya da su kaynağında daha önce bulunmayan maddelerin su da tespit edilmesine “su kirliliği” denir (Uzun ve diğ., 2014)”. Kirlenmeye maruz kalan su ortamlarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değişmektedir. DSÖ yüzeysel suları kirletebilecek unsurları; sanayi atıkları, organik ve inorganik kirlenme, virüsler, bakteriler ve diğer hastalık yapıcı canlılar, yağlar, deterjanlar, yapay organik kimyasal maddeler, pestisidler, doğal ve yapay gübreler, atık ısı ve radyoaktivite şeklinde sınıflandırmaktadır (Günşen ve Anar, 2000). Yüzeysel suların kirlilik kaynaklarını sanayi kuruluşları tarafından sulara deşarj edilen Cu, Zn, Cr, Ni ve Cd gibi zehirli elementler, tarımda kullanılan azotlu, fosfatlı ve nitratlı gübrelerle, sülfite zengin kâğıt sanayi atık suları, benzine katılan kurşun türevleri oluşturmaktadır (Toroğlu ve diğ., 2006). Antropojenik etkiler (kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler, su kaynaklarının artan tüketimi)’in yanı sıra doğal süreçler de (yağışların girdilerindeki değişiklikler, erozyon, yer kabuğu malzemesinin ayrışması) yüzey sularının kalitesini düşürmekte ve endüstriyel, tarımsal, rekreasyon veya diğer amaçlar içme suyunu olumsuz etkilemektedir (Simeonova ve diğ., 2003; Wogu ve Okaka, 2011; Ugwu ve diğ., 2012). Akarsular, geniş drenaj havzalarında evsel ve endüstriyel atıklarla ve tarım topraklarının yüzeysel akıntısının etkisi altında su kütleleri arasında en savunmasız olanıdır (Li ve diğ., 2009).

Ağır metaller su kaynaklarının başlıca kirleticiler arasındadır (Avdullahi ve diğ., 2012; Zamani ve diğ., 2012). Fe, Cu, Mn ve Zn gibi bazı metaller yaşam için gereklidir. Ancak bu metallerin seviyeleri organizmalarda belirli sınırları aştığında canlılar üzerinde toksik etkilere neden olmaktadır (Avdullahi ve diğ., 2012; Manoj ve diğ., 2012). Toksik (zehirli) maddeler, suda az miktarda bulunsa bile insan sağlığına zarar verecek hastalıklara ve daha da kötüsü ölüme bile yol açabilmektedir (Sonaer, 1994). Bu nedenle ağır metaller az oranlarda bile sakıncalı olabilmektedir. Dolayısıyla su kirliliğu çalışmaları, sudaki yaşam ve insan sağlığı üzerinde etkileri olduğundan önemlidir (Manoj ve diğ., 2012). Bu yüzden yüzey sularının kalite kriterlerinin araştırılmasında

ağır metaller büyük önem arz etmektedir. Ağır metal kirliliğinin ana kaynakları (1) tarım ve kentsel alanlardan gelen yüzey akıntısı, (2) maden, fabrika ve belediye kanalizasyon sistemlerinin deşarjı, (3) eski sanayi siteleri dökümleri ve (4) atmosferik çökeltme oluşturmaktadır (El-Serehy ve diğ., 2012). Literatürde yapılan çalışmalar, sularda ağır metal kirliliğinin arttığını, suların endüstrileşme ve yerleşimden olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir (İleri ve diğ., 2007; Li ve diğ., 2009; Wogu ve Okaka, 2011). Örneğin yerleşim ve endüstriyel alanların su kaynaklarına yakın olması, su kaynaklarının birer atık deposu olarak kullanım sorununu beraberinde getirmektedir. Ayrıca, geçmiş yüzyıllarda yapılan geniş endüstriyel faaliyetler dünya çapında çok sayıda büyük, kirlenmiş alanların oluşmasına yol açmıştır (Keshav Krishna ve diğ., 2009).

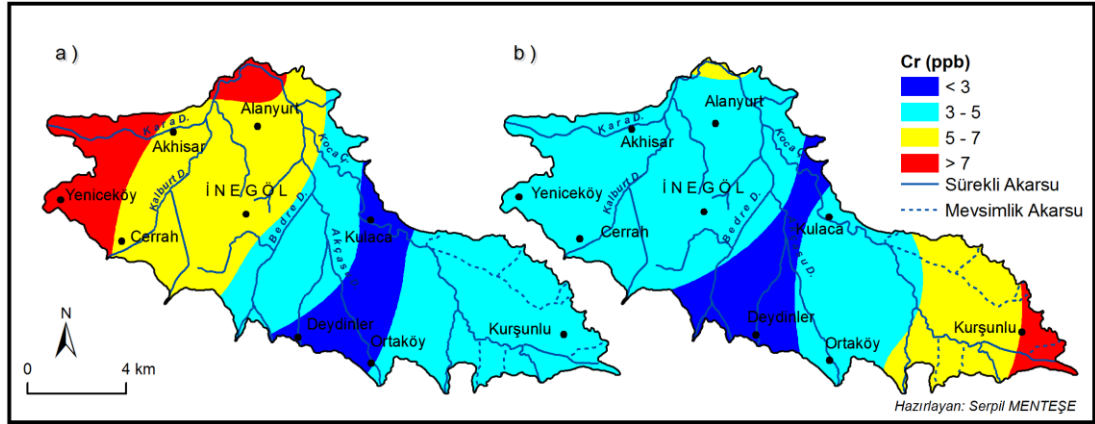
Sanayi kuruluşları, metalleri çeşitli işlemler için kullanmakta ve atıkları içinde yakındaki topraklardan ve sulardan faydalanmakta böylece toprak ve su kalitesini bozmaktadır (Tariq ve diğ., 2013). Çünkü sanayi işlemleri sonucunda çevreye atılan atıklar, miktarı ve kirlenici türü bakımından olduğu kadar, doğal olmayan bileşimleri bakımından da problemlidir (Toroğlu ve diğ., 2006). Petrokimya, çimento ve klor-alkali fabrikaları, maden ocakları, termik santraller gibi kuruluşların ağır metallerin doğaya yayılmasında önemli etkisi vardır. Bu kuruluşlara yakın alanlarda kirlenme seviyeleri oldukça yüksektir (Beyaztaş ve diğ., 2008). Ayrıca otoyol çevreleri ve kentlerde ağır metal kirliliğinin yüksek olabileceği bölgeleri teşkil etmektedir (Beyaztaş ve diğ., 2008; Reza ve Singh, 2010; Duru ve diğ., 2011). Bazı endüstri kuruluşları ve onların doğal ortama yaydıkları ağır metaller; maden ve cam sanayi: Cr, petrol sanayi: Pb, deri sanayi: Hg, kimya sanayi: Cd, metal sanayi: Al ve Ni, makine imalatı: Fe, Cu, Zn ve As'dir (Sonaer, 1994). Beyaztaş ve diğ., (2008) tarafından yapılan çalışmada ağır metallerin kaynakları ve onların toksite etkilerinden bahsedilmektedir. Örneğin Cd'un kaynağını atık işletmeleri, metalürji ve akümülatör kuruluşları, gübreler ve kömür tüketimi oluşturmaktadır (Öktüren Asri ve diğ., 2007). Cd'un toksite etkisi ise, bitkilerde fotosentezle ve element alımı ile taşınmasıyla rekabete girmektedir ve karsinogeniktir. İtia-itia hastalığına neden olmaktadır

(Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Cr elementinin kaynağını ise metalürji fabrikaları, boya imalatı, deri sanayi ve katalizörler oluşturmaktadır (Tonetti ve diğ., 2014). Bu metal de karsinogeniktir. Diğer bir ağır metal olan Pb'nun kaynağını ise akümülatörler, metalürji fabrikaları, kablo ve demir çelik imalatı ve otomobil egzozları oluşturur (Dündar ve Aslan, 2005). Bu ağır metalin zehirleyici etkisi bulunmaktadır (Şanlı ve diğ., 2005). Karsinogenik, teratojeniktir ve çocukların zeka gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Kısacası ağır metaller konsantrasyon düzeyleri ile orantılı olarak canlıların sağlığını etkilemektedir. Bu nedenle su ortamlarındaki ağır metallerin çalışılması önemlidir ve güncel konular arasındadır.

5.3.1. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Krom (Cr) ve Mekânsal Değişimi

İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki krom ağır metalinin yaz ve kış aylarına ait mekânsal dağılışı Şekil 51a ve 51b de gösterilmektedir. Kış ayı krom konsantrasyon düzeylerinin araştırma alanındaki dağılımı incelendiğinde, genel olarak Yeniceköy ve çevresinden geçen Kara Dere'nin bir kolu olan Köy Deresi (~ >7 ppb) ile Akhisar'ın batısından geçen Kara Dere ve Alanyurt'un kuzeyinde İnegöl-Yenişehir birleştirme boğazı altından (Kara Dere ve Koca Çay) geçen dere ve akarsularda konsantrasyon seviyelerinde belirgin bir artış olduğu gözlenmektedir. Bu alanları takiben İnegöl ve çevresinde Kalburt Deresi ve onun kolunda, Kara Dere ve Koca Çay'ın İnegöl'e uzanan kollarında 5-7 ppb konsantrasyon seviyelerinin görüldüğu tespit edilmektedir. Bu alanlarda tespit edilen yüksek birikim düzeyleri, sanayi kuruluşlarından, İnegöl şehrinde ve çalışma alanındaki yollardan kaynaklanmaktadır (Çizelge 37). Dolayısı ile yüksek birikim düzeyleri, kısaca sanayi kuruluşlarının atıkları, nüfusun kalabalık olduğu İnegöl şehri ve dolayısıyla evsel deşarjlarla ilişkilidir. Çünkü çalışma alanında sanayi faaliyetleri, tarımsal alanları ve yerleşmeler iç içe geçmiş durumdadır.

Dolayısı ile de bu alanlardaki yüzeysel sularda diğer alanlara göre yüksek konsantrasyon seviyelerinin izlenmesi kaçınılmazdır.



Şekil 51. Krom (Cr)'un İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları

Krom birçok endüstri kuruluşu açısından önemlidir. Doğaya en çok pigmentlerin, kumaş boyaları ile katı atıklardaki boya ürünleri yoluyla yayılmaktadır (Abalı ve diğ., 2014). Nitekim çalışma alanındaki Akhisar çevresinden geçen akarsu, boya fabrikasından yüzeysel suya deşarj edilen atıklar nedeniyle simsiyah bir renge büründüğü belirlenmiştir (Şekil 52). Şekil 52 de görüldüğü gibi yüzeysel suyun üstündeki plastik kutu atıklar nedeni ile boyanmıştır. Bu alanlar dışında çalışma alanının diğer alanlarındaki akış gösteren yüzeysel sularda kış ayı krom konsantrasyon seviyeleri daha düşük düzeydedir (<3 ppb). Nitekim bu alanlar çalışma alanında tarım ve meyveciğin yoğun olarak yapıldığı bölgelere tekabül etmektedir.



Şekil 52. Akhisar Mahallesinden Geçen Kara Dere'nin Boya Fabrikasının Atıkları İle Kirlenmesine Ait Görüntüler (2014-Şubat)

Kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan krom değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 37) incelendiğinde; sanayi kuruluşlarının (besin, metalurji ve orman ürünleri sanayi), çalışma alanındaki yolların ve İnegöl şehrinin kış ayında yüzeysel sularda bulunan krom üzerine etkili olduğu tespit edilmektedir. Krom üzerinde etkili olan bu değişkenlerin krom elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 86,6 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Yani kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan krom elementinin varlığının %86,6'sı sanayi kuruluşlarından, yollardan ve şehrsel yerleşmeden kaynaklanmaktadır. Yani çalışma alanında kentsel yayılma, kentsel kaynaklı çevre sorunlarına yol açmaktadır diyebilmekteyiz.

Çizelge 36. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Krom Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,150	3,431	,001***
	Metalurji Sanayi	-,782	-4,100	,000***
	Orman Ürünleri Sanayi	,118	2,618	,010**
	İnegöl Kenti	-2,341	-3,431	,001***
	Yollar	-,118	-2,993	,004***
Yaz	Besin Sanayi	,071	2,019	,046**
	Kimya Sanayi	-,149	-3,855	,000***
	Makine Sanayi	,373	2,131	,036**
	Metalurji Sanayi	1,007	3,739	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,156	-5,565	,000***
	OSB	-,732	-3,698	,000***
	İnegöl Kenti	-2,331	-4,309	,000***

$R^2_{(kış)} = ,868$ $R^2_{(yaz)} = ,940$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı krom konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde (Şekil 51b) ise, genel olarak en belirgin artış çalışma alanının en doğu ucunda yer alan Kurşunlu'nun doğusunda ($\sim >7$ ppb) Koca Çay'ın kollarında gözlenmektedir. Bu alanı $\sim 5-7$ ppb ile Kurşunlu çevresi ile onun batısındaki Koca Çay'ın kolları ile Alayurt'un en kuzeyinde İnegöl-Yenişehir birleştirme boğazı altındaki akarsular izlemektedir. Kurşunlu'nun güneybatısında Çitli'den geçen Koca Çay'ın kolu olan akarsu ise boya

fabrikası atıkları, evsel ve tarımsal faaliyetlerden etkilenmektedir (Şekil 53a). Kurşunlu'nun batısında Ankara-Bursa karayolu'nun hemen altından geçen akarsuyun hemen yanında ise çimento fabrikası kurulmuştur. Bu akarsu çimento fabrikasının atıkları ile doludur (Şekil 53b). Yenicemüslüm civarından geçen akarsuyun ise lağım suları, evsel atıklarla kirlendiği belirlenmektedir (Şekil 53c ve 53d). Ayrıca çalışma alanının en doğu ucunda tespit edilen yüksek birikim düzeylerinin sıcak ve soğuk su kaynakları ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ancak bu konu ile ilgili bu çalışmada ayrıntılı çalışma yapılmamıştır. Çünkü Oylat kaplıcası çalışma alanı dışında yer almaktadır. Soğuk su kaynakları ve bunlara ait fabrikalar (Freşa ve Kınık maden suyu) ile ilgili bir çalışma da yapılmamıştır. Bu konular ayrıntılı olarak çalışılmalı ve içerdiği ağır metal düzeyleri araştırmalıdır. Çünkü sıcak ve soğuk su kaynakları içme sularına oranla bünyelerinde daha fazla ağır metal barındırırlar ve geçtikleri ya da deşarj ettikleri ortamlarda miktarlarını artırır. Dolayısı ile de ağır metal kirliliğine neden olurlar. Sonuç olarak da ağır metaller konsantrasyon düzeyleri ile orantılı olarak canlıların sağlığını etkiler duruma geçerler.



Şekil 53. 2014 yılının Şubat ayında (a) Çitli'den geçen akarsudan görüntü (b) Çitli'nin doğusunda çimento fabrikasının yanında akan akarsudan görüntü (c) ve (d) Yenice Müslüm'den geçen akarsudan görüntü

Kış ayında olduğu gibi yaz ayında da Deydinler ve Kulaca hattı arası akarsu ve derelerinde krom konsantrasyon seviyeleri daha düşük düzeydedir (<3 ppb).

Yaz ayında yüzeysel sularda bulunan krom konsantrasyon düzeyleri üzerinde etkili olan değişkenler Çizelge 37 de gösterilmiştir. Çizelge 37 incelendiğinde, kış ayında etkili olan değişkenlerden besin ve kimya sanayisine, yaz ayında makine ve çimento, cam ve seramik sanayi eklenmektedir. Nitekim OSB de yaz ayında yüzeysel sularda etkili olan değişkenlerdendir. Ayrıca hem yaz hem de kış ayında İnegöl şehrinin, yüzeysel sularda bulunan krom üzerine etkili olduğu tespit edilmektedir. Yaz ayında krom üzerinde etkili olan bu değişkenlerin krom elementinin sudaki varlığını % 94 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Ayrıca bu değişkenlerin açıklayıcılık oranı kış mevsimine göre artış göstermektedir.

Ağır metal miktarlarının sudaki yoğunluklarının yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırılması Çizelge 38 de gösterilmektedir. Çizelge 38 incelendiğinde ağır metal miktarlarının yaz ve kış ayı değerleri arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmektedir ($p<0,05$). Bu durumdan hareketle ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişim gösterdiği söylenilebilmektedir. Krom miktarlarının kış mevsiminde sudaki miktarı, yaz mevsimindeki miktarından daha fazladır (Çizelge 38). Kromun yüzeysel sulardaki miktarı, topraktaki miktarından farklı olarak kış ayında daha yüksek düzeydedir.

Çizelge 37. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularda Ağır metal Konsantrasyon Düzeylerinin Yaz ve Kış Ayı İtibarı ile Karşılaştırılması

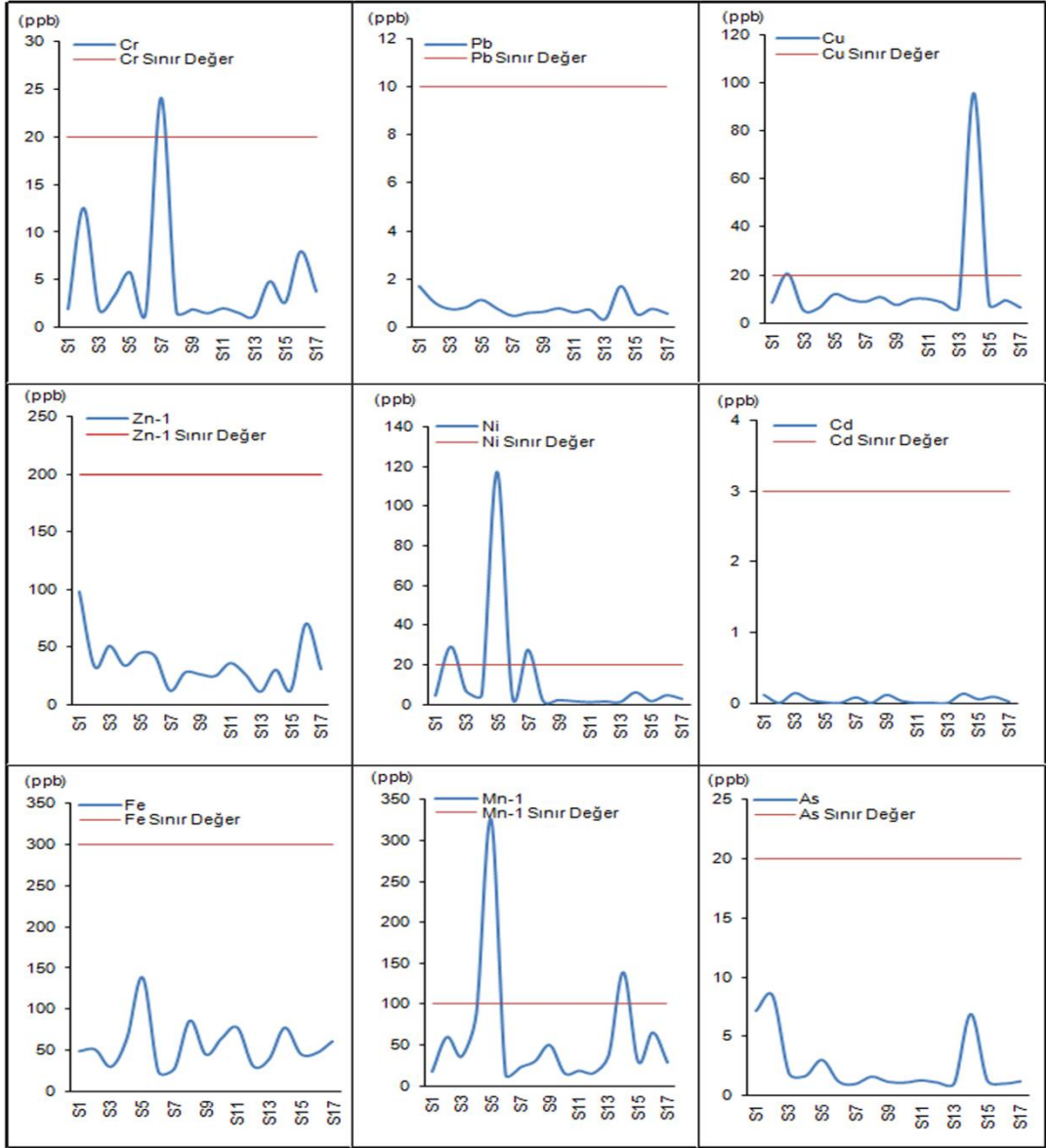
		Ort	Ss	t	Sd	P ¹
As	Kış As	2,331409	2,331409			
	Yaz As	5,887041	5,887041	-6,378	99	,000**
Cd	Kış Cd	,085292	,085292			
	Yaz Cd	,049043	,049043	11,565	99	,000**
Cr	Kış Cr	4,729388	4,729388			
	Yaz Cr	4,241838	4,241838	2,631	99	,010*
Cu	Kış Cu	15,303739	15,303739			
	Yaz Cu	8,794420	8,794420	7,393	99	,000**
Fe	Kış Fe	56,369433	56,369433			
	Yaz Fe	72,643313	72,643313	-9,758	99	,000**
Mn-1	Kış Mn	53,037702	53,037702			
	Yaz Mn	78,724794	78,724794	-6,430	99	,000**
Ni	Kış Ni	10,189275	10,189275			
	Yaz Ni	19,139310	19,139310	-7,427	99	,000**
Pb	Kış Pb	,831501	,831501			
	Yaz Pb	1,095116	1,095116	-19,736	99	,000**
Zn-1	Kış Zn	33,821935	33,821935			
	Yaz Zn	18,545123	18,545123	32,203	99	,000**
Yaz-Kış	Kış	,591315	,591315			
	Yaz	,695714	,695714	-5,563	99	,000**

1: Eşleştirilmiş örneklem t testi ** $p<0,01$ * $p<0,05$

Su ortamlarında krom açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 20 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 50 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 200 ppb; IV. kalite sular

(çok kirlenmiş su) için verilen sınır değeri ise >200 ppb'dir. I. kalitedeki su ortamları, içme suyu olma potansiyeli yüksek, rekreasyonel amaçlı kullanılan, alabalık üretilen, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyaçlarını karşılayabilen yüzeysel sulardır. II. kalitedeki su ortamları da içme suyu olma potansiyeli yüksek, rekreasyonel amaçlı kullanılan, alabalık hariç olmak üzere balık üretilen, Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılabilen sulardır. III. kalitedeki sular ise uygun bir arıtma işlemine sokulduktan sonra tekstil ve gıda gibi kaliteli su gerektiren sanayiler haricinde endüstriyel su temininde kullanılabilir. IV. kalite su, iyileştirilerek kullanılacak yüzeysel sulardır (SKKY, 2004).

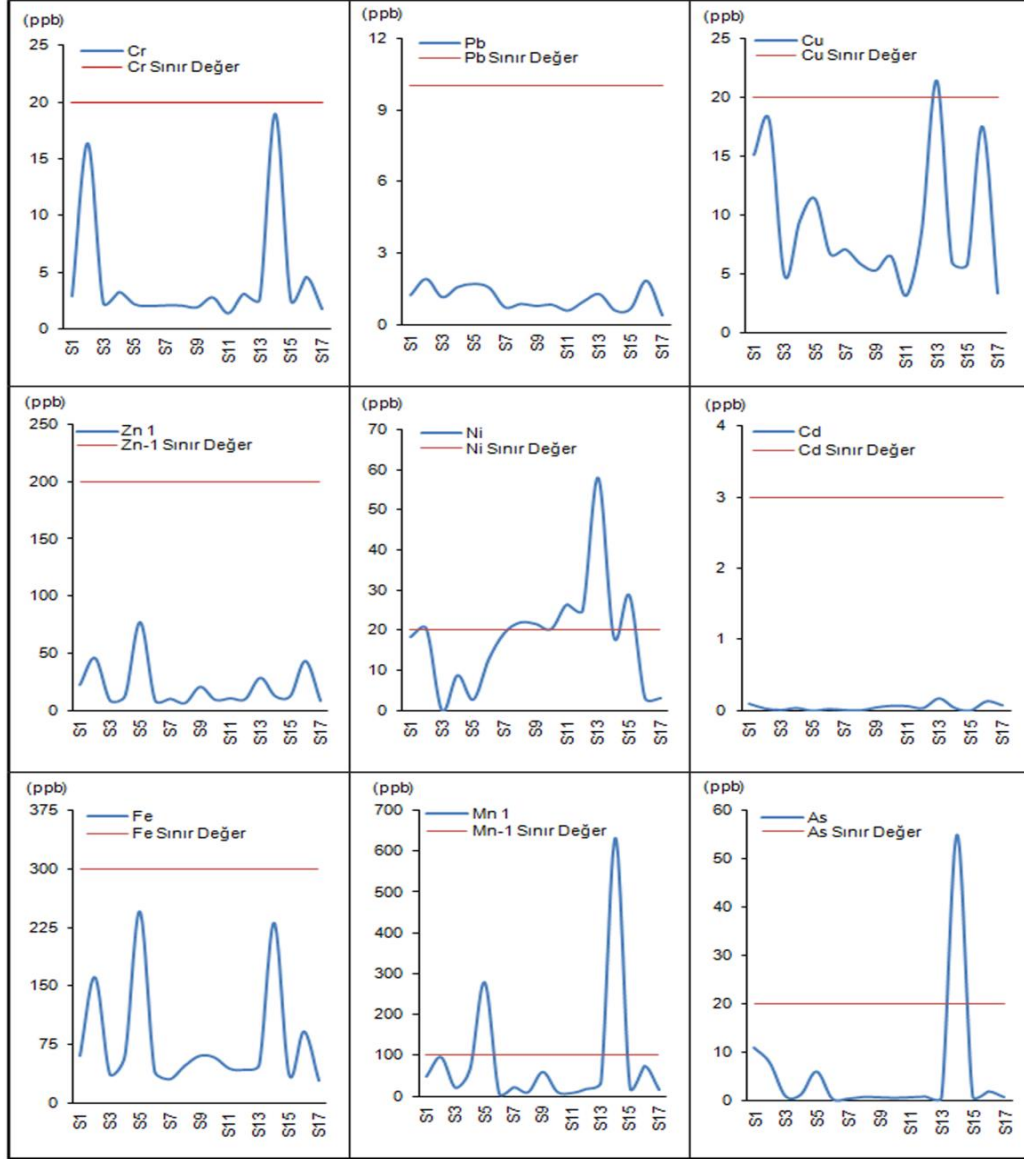
Çalışma alanındaki akarsu ve derelerden hem kış hem de yaz ayında alınan su örneklerinin hemen hemen tümünde krom miktarları, I. Kalite sular için verilen kritik değeri olan 20 ppb değerinin altında seviyeler seyretmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Yalnızca kış mevsimini temsil eden ayda, organize sanayi bölgesinden geçen Kalburt Deresi'nden alınan su örneğinde krom konsantrasyon seviyesi 24,6 ppb olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla ile de bu alandaki akarsu ve dereler II. Kalite sular kapsamına girmektedir. Nitekim çalışma alanındaki diğer yüzeysel sulara oranla OSB'nden geçen Kalburt deresinin daha yüksek konsantrasyonlara sahip olması bu derenin OSB'nden etkilendiğini ve kirlendiğinin göstermektedir.



Şekil 54. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Kış Ayında SKKY'nce I. Kalite Sular için Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri

Kış ayını temsil eden ayda ortalama krom konsantrasyonu 4,72 ppb, maksimum krom konsantrasyonu 24,06 ppb, minimum krom konsantrasyonu 1,22 ppb (Şekil 54); yaz mevsimini temsil eden ayda ortalama krom konsantrasyonu 4,27 ppb, maksimum krom konsantrasyonu 18,95 ppb, minimum krom konsantrasyonu 1,37 ppb (Şekil 55) olarak ölçülmektedir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde krom kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen sınır değer olan 20 ppb'yi geçmediği tespit edilmiştir.

Bu kritere göre çalışma alanı akarsu ve dereleri krom kirliliği açısından risk taşımamakta ve I. Kalitede sular kapsamına girmektedir.



Şekil 55. Ağır Metallerin (Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As) Yaz Ayında Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nce I. Kalite Sular için Belirlenen Sınır Değerler ile Karşılaştırma Grafikleri

Kış ayında İnegöl Ovası yüzeysel sularında krom ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 39 da gösterilmektedir. Kış ayında bu değişkenlerin sudaki krom konsantrasyon düzeyleri üzerine olan etkileri incelendiğinde, endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. Modelin, kromun sudaki varlığının %

40,4'ünün bu etkenlerle açıkladığı görülmektedir (Çizelge 39). Geriye kalan oranın (59,6) ise bu çalışmada ele alınmayan başka faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin bazı alanlarda görülen yüksek krom düzeyleri jeotermal suların içeriğine bağlanmıştır. Aslan (2010) tarafından yapılan çalışmada Alangüllü (Aydın) jeotermal kaynağı'nın çevresindeki topraklarda krom toksitesi tespit edilmiştir. Tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü alanlardaki toprak numunelerinde krom elementi seviyesi limit değerinin altında olmasına rağmen jeotermal kaynağa yakın alanlarda normal değerlerden oldukça yüksek değerler tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca jeotermal sularla sulanan topraklarda, krom elementi birikiminin ve toksik seviyelere gelmesinin kaçınılmaz olduğu belirtilmiştir. Çalışma alanı sınırları içinde jeotermal alan olmadığından bu değişkenin krom üzerindeki etkisi incelenmemiştir. Ancak kromun alansal değişiminde çalışma alanının en doğusundaki Kurşunlu civarındaki fazlalığın nedeni yakınında fakat alan dışındaki Oylat Kaplıcası tesisinden kaynaklanıyor olabilir.

Çizelge 38. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Krom Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-,001	,000	-1,535	-7,672	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,002	,000	1,205	6,025	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	,000	,000	,213	1,650	,102	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,001	,000	,668	5,189	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,404$ $R^2_{(yaz)} = ,753$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Kaplan (2010) çalışmasında Karaduvar Bölgesi (Mersin) yeraltı sularının genelinde görülen yüksek krom konsantrasyon düzeylerinin jeolojik/litolojik faktörler sonucu meydana geldiği belirtmiştir. Bu çalışmada ise kromun sudaki varlığının % 40,4'ünün yol, yerleşme ve sanayi faktörleri ile açıklandığı belirlenmektedir. Nitekim Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) da Hindistan'da yaptıkları çalışmada krom ağır metalinin artışında endüstriyel faaliyetlerin etken olduğunu belirlemişlerdir. Buna karşılık Li ve diğ., (2013) tarafından Dongting Gölü'nde yapılan çalışmada tespit edilen yüksek krom

konsantrasyon düzeyleri çoğunlukla doğal erozyon ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ağır metal kirliliğinin mekansal olarak yoğunlaştığı alanlar olarak ise Dongting Gölü çevresinde şehirlerde, Yueyang şehrine giriş nehirlerinde ve özellikle Xiangjiang Nehri'nde tespit edilmiştir. Dolayısı ile de şehirselleşen alanlarda ağır metal yoğunluklarının arttığı gözlenmiştir. Aynı zamanda Lin ve diğ., (2011) tarafından yapılan çalışmada da krom ağır metalinin çalışma alanında birden fazla sıcak noktaya sahip olduğu ve bu sıcak noktaların güçlü sanayi tesisleri ile sulama sistemlerinin yerleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Yaz mevsimi için de sudaki krom için yapılan regresyon analizinde de model %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ancak değişkenlerin katsayılarındaki anlamlılığın bakıldığında ise endüstriyel etki için katsayısında $p > 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı değildir. Modelin kromun sudaki varlığını etkileyen bu tek etkenli denklemde % 75,3 oranında açıklandığı görülmektedir. Bu oran kromun sudaki varlığı için hiç de küçümsenecek bir oran değildir. Nitekim Ata ve diğ., (2013) tarafından Mianwali halkı dişleri ve giysilerindeki paslı noktaların varlığının nedeninin araştırıldığı çalışmada, Kalabagh'daki (Pakistan) yeraltı ve Indus nehrinin yüzey suyu kalitesi izlenmiştir. Bu durumun burada yaşayan halkın dişleri ve giysileri üzerindeki paslı noktaların nedenlerinden biri olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca metallerin kökeninin antropojenik faaliyetler ve doğal etkilerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) tarafından Hindistan'ın Chennai kentindeki Cooum Nehri'nde ağır metal kirliliğinin değerlendirildiği çalışmada Cooum Nehri'nde yaz mevsiminde yüksek krom konsantrasyon düzeyleri belirlenmiştir. Yüksek krom içeriği ise endüstriyel atıklara, tabakhane atıklarına, eski sıhhi su tesisatı ve evsel atık suları gibi antropojenik aktivitelere bağlanmıştır. Bichi ve Bello (2013) tarafından Kano Nehri'nin en önemli kollarından biri olan Tatsawarki Nehri'nde yapılan başka bir çalışmada ise kirliliğin evsel ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir.

değişkenlerin kurşun elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 89,7 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Yani kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan kurşun elementinin varlığının %89,7'si sanayi kuruluşlarından ve şehirselleşmeden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 39. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Bulunan Kış ve Yaz Kurşun Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,148	3,932	,000***
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,929	-8,929	,000***
	Orman Ürünleri Sanayi	,070	1,739	,085*
	İnegöl Kenti	-1,530	-5,316	,000***
Yaz	Besin Sanayi	,148	3,932	,000***
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,929	-8,929	,000***
	Orman Ürünleri Sanayi	,070	1,739	,085*
	İnegöl Kenti	-1,530	-5,316	,000***

$R^2_{(kış)} = ,897$ $R^2_{(yaz)} = ,974$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Şekil 56b incelendiğinde ise yaz ayı kurşun konsantrasyon seviyelerinin kış ayından daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmektedir. Bu durum Çizelge 38'de tespit edilmektedir. Çizelge 38 incelendiğinde kurşun miktarları kış mevsimine kıyasla yaz mevsiminde daha fazladır. Çünkü iklim faktörlerinde meydana gelen değişim ağır metallerin yoğunluğunda azalmalara ya da artışlara sebep olmaktadır. Örneğin sulara sıcaklık ve yağış faktörü kirlenmenin derecesi üzerinde etkilidir (Gülüm ve Akgün, 2011). Sıcaklığın arttığı dönemlerde akarsuların akış hızı azalmakta dolayısıyla da akarsuyun taşıma gücü azalmakta ve kirlenmeler ortamdaki uzaklaştırılmadığı için de kirlenme yoğunluğu da artmaktadır. Yağışın fazla olduğu dönemlerde ise akarsuyun akış hızı yükselmekte ve taşıma gücü artmakta ve sudaki kirlenmeler ortamdaki kolayca uzaklaştırılabildiği için de kirlilik yoğunluğu daha az olabilmektedir (Gülüm ve Akgün, 2011). Gülüm ve Akgün (2011) tarafından Simav Çayı'nda yapılan çalışmada da yaz ayında akarsu kirliliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bölgede kış aylarının yağışlı geçmesine bağlanmış; yaz aylarında kirlenme değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtilmiştir.

Yaz ayı kurşun konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde ise, genel olarak en yüksek değer (~ >1,2 ppb) çalışma alanının en batısındaki Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah civarından geçen Kara Dere ve Kalburt Deresinde gözlenmektedir. Bu alanı ~ 1,1-1,2 ppb ile İnegöl ve çevresinden akan Kara Dere'nin kolu, Koca Çay ve Bedre Deresi izlemektedir. Bu alanlarda tespit edilen yüksek kurşun düzeyleri sanayi kuruluşları ve İnegöl şehrinde kaynaklanmaktadır (Çizelge 40). Özellikle çalışma sahasının batısında kalan kesimdeki akarsu ve derelerde, daha yüksek düzeylerde kurşun kirliliğine rastlanması nüfusun kalabalık olması ve dolayısı ile atıkların fazlalığı ve sanayi faaliyetlerinin bu alanda daha yoğun bir şekilde yapılması ile ilişkilidir. Yaz ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan kurşun değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 40) incelendiğinde ise; kış ayında etkili olan değişkenlerin yaz ayındada yüzeysel sularda bulunan kurşun üzerine etkili olduğu görülmektedir. Ancak bu değişkenler, İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan kurşun elementinin varlığının, kış ayında % 89,7 sinin açıklarken yaz ayında % 97,4 ünü açıklamaktadır. Dolayısı ile açıklayıcılık oranı yaz ayında artış göstermiştir.

Su ortamlarında kurşun açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 10 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 20 ppb; III. kalite sular (kirlenmiş su) için verilen sınır değer 50 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >50 ppb'dir (SKKY, 2004). Çalışma alanındaki hem kış hem de yaz ayı akarsu ve derelerinden alınan su örneklerinin tümünde kurşun miktarları, I. kalite sular için verilen kritik değer olan 10 ppb değerinin altında seviyeler göstermektedir (Şekil 54; Şekil 55). Dolayısı ile de çalışma alanındaki tüm akarsu ve dereler kurşun açısından I. kalite sular kapsamına girmektedir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama kurşun konsantrasyonu 0,84 ppb, maksimum kurşun konsantrasyonu 1,73 ppb, minimum kurşun konsantrasyonu 0,37 ppb; yaz mevsimini temsil eden ayda ortalama kurşun konsantrasyonu 1,12 ppb, maksimum kurşun konsantrasyonu 1,94 ppb, minimum kurşun konsantrasyonu 0,42 ppb, olarak ölçülmektedir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde kurşun kirliliğinin yaz ve

kış aylarında Türkiye SKKY'nde belirlenen sınır değer olan 10 ppb'yi geçmediği tespit edilmektedir. Bu kritere göre çalışma alanı yüzeysel suları kurşun kirliliği açısından risk taşımamakta ve I. Kalitede sular kapsamına girmektedir.

Kış ve yaz ayında İnegöl Ovası yüzeysel sularında kurşun ağır metali üzerine olan yol ve yerleşme ile endüstri (OSB ve tüm sanayiler) değişkenlerinin toplu etkileri Çizelge 41 de gösterilmektedir.

Çizelge 40. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Kurşun Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-,008	,000	-1,444	-8,393	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,019	,000	1,818	10,568	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	,000	,000	-1,786	-11,904	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,000	,000	1,223	8,156	,000	

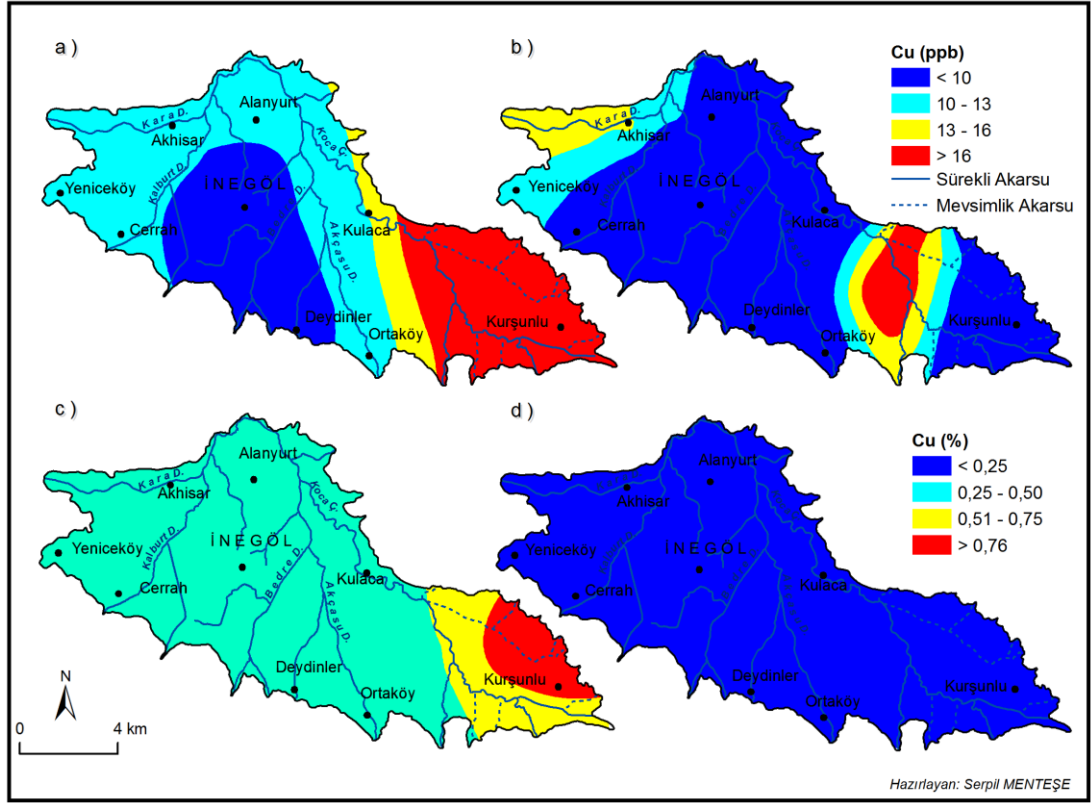
$R^2_{(kış)} = ,560$ $R^2_{(yaz)} = ,665$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Kış mevsimi için sudaki kurşun değerlerine göre yapılan regresyon analizinde bağımsız değişkenlerden oluşan model için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 41). Model kurşunun sudaki varlığını bu etkenlerle % 56 oranında açıklamaktadır. Kurşunun sudaki varlığının %44'ü ise bu çalışmada ele alınmayan değişkenlere bağlıdır. Yaz ayında sudaki kurşun için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşmelere bağlı etki %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur (Çizelge 41). Yaz aylarında kurşunun sudaki varlığı bu etkenlerle % 66,5 oranında açıklanmaktadır. Kış ayında incelenen değişkenler kurşunun sudaki varlığını %56 oranında açıklarken yaz ayında bu oran %66,5'e yükselmektedir. Kaplan (2010) çalışmasında Karaduvar bölgesindeki yer altı suyunda görülen yüksek kurşun konsantrasyonunun tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan (pestisit ve kimyasal gübreler) kaynaklandığını belirtmiştir. Nitekim Al Obaidy ve diğ., (2014) tarafından Irak'ın Diyala kentinin Mahrut Nehri'nden kurşun kirliliğinin doğal faaliyetlerden ziyade antropojenik faaliyetlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kurşun ağır metalinin

araştırıldığı başka bir çalışmada, çalışma alanının (Nil deltasının Mısır kıyıları) yüzey sularında tespit edilen yüksek konsantrasyon düzeylerinin doğalgaz şirketleri, boru hattı endüstrisi, elektrik üreten istasyondan kaynaklandığı belirtilmiştir (El-Serehy ve diğ., 2012). Benzer şekilde Li ve diğ., (2013) tarafından Dongting Gölü'nde kurşun ağır metalinin mekansal olarak yüksek olduğu alanlardaki artışın özellikle endüstriyel atık kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Nitekim Subarnarekha Nehri (Hindistan)'nde kurşunun endüstriyel ve kentsel bölgelere yakın yerlerde arttığı, bu ağır metalin ülke için öngörülen maksimum değeri aştığı belirlenmiştir.

5.3.3. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Bakır (Cu) ve Mekânsal Değişimi

Bakır ağır metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası yüzeysel sularında mekansal dağılışı Şekil 57a ve 57b de gösterilmektedir. Kış ayı bakır konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki mekansal dağılımı incelendiğinde, genel olarak Kurşunlu civarındaki ($\sim >16$ ppb) Koca Çay'ın kolu olan akarsu ve derelerde belirgin bir artış gözlenmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi bu alanda tespit edilen yüksek birikim düzeyleri evsel atıklar ile sanayi kuruluşlarına ek olarak sıcak ve soğuk su kaynaklarına bağlanmaktadır. Ortaköy kuzeydoğusu ile Kulaca hattının batısında kalan Koca Çayda ise 13-16 ppb arasında değişen konsantrasyon seviyelerinin görüldüğü tespit edilmektedir. Bu alanlarda bakır konsantrasyonu bakımından belirlenen yüksek düzeyler sanayi kuruluşlarından kaynaklanmaktadır (Çizelge 42). Bu alanlar dışında çalışma alanının diğer alanlarındaki akarsu ve derelerde kış ayı bakır konsantrasyon seviyeleri daha düşük düzeylerde seyretmektedir.



Şekil 57. Bakır (Cu)'ın Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b) ile 20 ppb'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Bakır kullanım alanı olarak önemli oranda elektrikli araçların elektrik kablolarında (% 53), buhar kazanları ve boruları gibi yapı inşaatında (% 16), sanayi makinelerinde (% 12), ulaşımda (% 8) ve diğer alanlarda (% 11) kullanılmaktadır (Dündar ve diğ., 2011). Bakırın kullanım alanları dikkate alındığında çalışmada bakırın kaynaklandığı faaliyetlerin sanayi ağırlıklı olması olağandır. Aynı zamanda bakır üzerinde etkili olan değişkenlerin (besin, kimya, makine ve çimento, cam ve seramik sanayi) bakır elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 94 oranında açıkladığı tespit edilmektedir.

Çizelge 41. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Bakır Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,147	3,362	,001***
	Kimya Sanayi	-,117	-2,250	,027**
	Makine Sanayi	,801	10,234	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,100	-2,582	,011**
Yaz	Kimya Sanayi	-,714	-7,281	,000***
	Makine Sanayi	-,513	-2,515	,014**
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	,212	2,797	,006***
	Yerleşmeler	,145	1,939	,056*
	İnegöl Kenti	1,155	6,129	,000***

$R^2_{(kış)} = ,940$ $R^2_{(yaz)} = ,508$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayında ise en yüksek bakır konsantrasyon seviyeleri Ortaköy, Kulaca-Kurşunlu (~13->16 ppb) hattının arasında kalan Koca Çay ve kollarında tespit edilmektedir. Ayrıca Akhisar'ın batısındaki alandan akan Kara Dere de bakır konsantrasyon seviyesi 13-16 ppb arasında değişmektedir. Yaz ayında Kurşunlu'daki akarsu ve derelerde gözlenen yüksek bakır konsantrasyon seviyesi bu alan etrafında faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından, evsel atıklardan (yerleşmeler) kaynaklanmaktadır (Çizelge 42). Bakır üzerinde yaz ayında etkili olan değişkenlerin bakır elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 50,8 oranında açıkladığı belirlenmektedir. Nitekim kış ayında sadece sanayi kuruluşları bakır üzerinde etkili konumda iken yaz ayında bu faktörlere yerleşmeler de eklenmektedir. Yani yaz ayında bakır üzerinde kentsel ve kırsal yerleşmelerde etkilidir. Hem yaz hem de kış mevsiminde tespit edilen yüksek birikim düzeyleri yaklaşık olarak aynı sahaya (Kurşunlu etrafındaki yüzeysel sular) karşılık gelmektedir. Kurşunlu etrafında Çilek genç odası, Çilek mobilya, cam fabrikası, mermer fabrikası, kaplama fabrikası, CP fabrikası bulunmaktadır. Aynı zamanda bu sahadaki yüzeysel sular sahada var olan sıcak ve su kaynaklarından da etkilenir durumdadır. Çizelge 42 incelendiğinde değişkenler, İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan bakır elementinin varlığını, kış ayında % 94 ünü açıklarken yaz ayında % 50,8 ini açıklamaktadır. Dolayısı ile açıklayıcılık oranı kış ayında fazladır. Kış

mevsiminde hem değişkenlerin açıklayıcılık oranı (Çizelge 42) hemde yüzeysel sularda bulunan konsantrasyon yoğunluğu fazladır (Çizelge 38). Krom metali gibi bakır metalinin kış mevsiminde sudaki miktarı, yaz mevsimindeki miktarından daha fazladır (Çizelge 38).

İnegöl Ovası yüzeysel sularında bakır kirliliğinin yaz ve kış ayları SKKY'nde belirlenen I. kalite Sular (temiz) için belirlenen sınır değer olan 200 ppb'yi geçme olasılığı Şekil 57c ve 57d de gösterilmektedir. Şekil 57c ve 57d incelendiğinde kırmızı renkle gösterilen alanlar çok riskli (sıcak alan), sarı renkle gösterilen alanlar riskli, yeşil renkle gösterilen alanlar az riskli, mavi renkle gösterilen alanlar ise düşük riskli (soğuk alan) bölgeleri oluşturmaktadır. Kış mevsiminde İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde Cu kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı % 76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler çalışma sahasının en doğu ucundaki Kurşunlu ve çevresinden geçen Koca Çay'ın koludur. Şekil 57c de Kurşunlu'nun batısında sarı renk tonu ile gösterilen alandan geçen Koca Çay ve onun kolu olan Mezitboğazı Deresi ise bakır kirliliği açısından riskli (%51-75) yani sıcak alanlar kapsamındadır. Bu alanlar dışında, çalışma alanının tamamı %26-50 olasılıkla bakır kirliliği açısından orta riskli alanları temsil etmektedir. Kış ayı bakır konsantrasyon değerleri açısından çalışma alanı bütünündeki akarsu ve dereler dikkate alındığında saha çok riskli, riskli ve orta risklidir. Düşük riskli (%<25) alan ise bulunmamaktadır. Yaz ayında ise çalışma alanı akarsu ve derelerinde, bakır kirliliği açısından sıcak alanlara (çok riskli, riskli, az riskli) rastlanılmamaktadır. Yaz mevsiminde çalışma alanının tamamındaki akarsu ve derelerde bakır kirliliği açısından I. Kalite sular için verilen 20 ppb sınır değeri geçme olasılığı yaklaşık < %25'tir. Bu da ova genelindeki yüzeysel sularda bu metalin kirlilik riski oluşturduğunu göstermektedir.

Su ortamlarında bakır açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 20 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 50 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 200 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >200 ppb'dir. Kış mevsimini

temsil eden ayda, Yenice Müslüm'den geçen akarsudan (Koca Çay'ın kolu) alınan su örneğinde bakır konsantrasyon seviyesi 95,53 ppb olarak ölçülmektedir. Dolayısıyla ile de bu alandaki akarsu ve dereler III. kalite sular kapsamına girmektedir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama bakır konsantrasyonu 14,26 ppb, maksimum bakır konsantrasyonu 95,53 ppb, minimum bakır konsantrasyonu 5,38 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz mevsimini temsil eden ayda ise, Akhisar'dan geçen (Kara Dere) akarsudan alınan su örneğinde bakır konsantrasyon seviyesi 21,40 ppb olarak ölçülmektedir. Hem Yenice Müslüm hem de Akhisar'dan geçen akarsuların ortak özelliği bu akarsu ve derelerin evsel (lağım suları vb.) ve sanayi kuruluşlarının atıkları ile dolu olmasıdır (Şekil 52, Şekil 53). Yaz ayında ortalama bakır konsantrasyonu 9,21 ppb, maksimum bakır konsantrasyonu 21,40 ppb, minimum bakır konsantrasyonu 3,20 ppb, olarak ölçülmektedir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde bakır kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen sınır değeri olan 20 ppb'yi geçtiği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55).

Kış ayı için sudaki bakırın toplu etkisi için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 43). Katsayıların anlamlılığında ise yol ve yerleşmelerin toplu etkisi katsayısında $p > 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bakırın sudaki varlığını açıklamaya çalışan bu tek etkenli model bakırın sudaki varlığını % 82,1 oranında açıklamaktadır. Bu oran oldukça yüksek (% 82,1) bir değerdir. Yani endüstriyel etkinin kış ayında sudaki bakır artışı üzerindeki olumsuz etkisi diğer faktörlerden (yerleşme, yol) çok daha fazladır. Endüstriyel kuruluşlardan su ortamlarına deşarj edilen sıvı atıklar su kirliliğine dolaylı olarak da toprak kirliliğine neden olmaktadır. Yaz ayı açısından sudaki bakır için yapılan regresyon analizinde ise (Çizelge 43) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan, model anlamlı gibi gözükse de katsayıların anlamlılık tespitinde her iki faktör için de $p > 0,05$ bulunduğu için model anlamsızdır. Kısacası kış ayında İnegöl Ovası yüzeysel sularında bakır zenginleşmesi üzerinde sanayi değişkeninin toplu etkisi etkiliyken (%82,1);

yaz ayında bu oran %19,5'e düşmüş ve modelin anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 42. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Bakır Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	,003	,000	,738	6,732	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,001	,001	,180	1,645	,103	
Yaz	Sanayi Etkisi	-,001	,000	-,914	-3,928	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,003	,001	1,100	4,729	,000**	

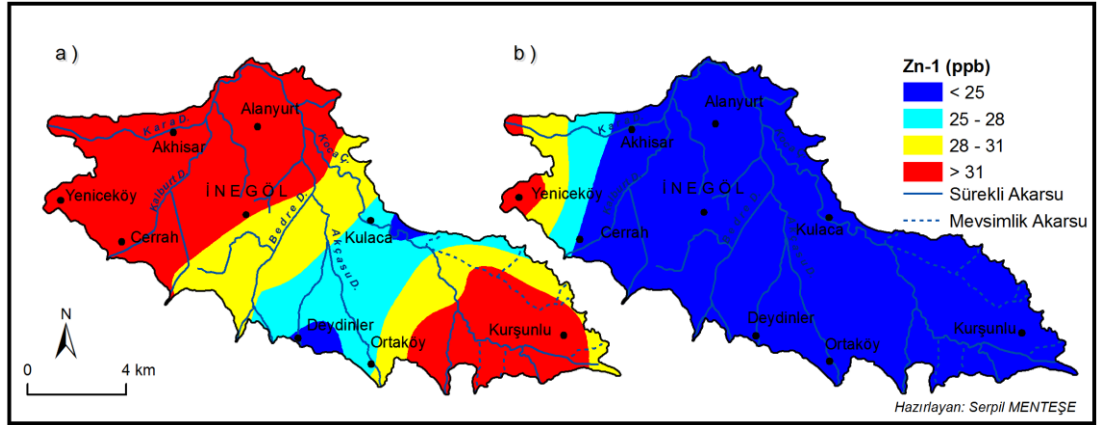
$R^2_{(kış)} = ,821$ $R^2_{(yaz)} = ,195$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Yüzeysel ve yer altı sularının bakır içeriği ve bakırca zenginleşmesi ve kaynakları dünyada pek çok çalışmada belgelenmektedir. Monaj ve diğ., (2012) yaptıkları çalışmada Subarnarekha Nehri (Hindistan)'nin endüstriyel ve kentsel bölgelere yakın yerlerde bakır içeriğinin arttığı ve bakırın hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan (mineraller, madencilik faaliyetleri ve endüstriyel deşarjların kimyasal ayrışması) kaynaklandığı belirtilmiştir. Bakır su ortamlarına mineral çözünmesi, endüstriyel atık su sistemi, zirai ilaç spreyleri ve böcek ilaçları aracı ile girmektedir (Ravi Sankar ve Prasada Rao, 2014). Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) yaptıkları çalışmada da yine bakırın çalışma alanındaki sulara zenginleşmesinin nedeni olarak endüstriyel ve evsel atıkların varlığına işaret edilmektedir. Nitekim Lin ve diğ., (2011) çalışmada da bakır içeriğinin artışı sanayi tesisleri ile ilişkili bulunmuştur. Andras ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada ise yüzey ve yer altı sularının bakır açısından kirlendiği ve burada yer alan maden suyu (Linhart)'nin radyoaktivitesi ve yüksek bakır içerikleri çalışma alanında bakır konsantrasyon düzeylerini arttırdığı belirlenmiştir. Li ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada uygulanan çok değişkenli istatistiksel analizler sonucunda Xiangjiang Nehri'nde bakır içeriğinin artışı doğal erozyon ve yaygın tarımsal aktivitelerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kaplan (2010)'ın çalışmada da Karaduvar Bölgesi'nde görülen yüksek bakır konsantrasyonlarının

tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan (pestisit ve kimyasal gübreler) kaynaklandığı belirlenmiştir.

5.3.4. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Çinko (Zn-1) ve Mekânsal Değişimi

Çinko metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası dere ve akarsularındaki mekânsal dağılışı Şekil 58a ve 58b de gösterilmektedir. Kış ayı çinko konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası akarsularındaki dağılımı (Şekil 58a) incelendiğinde, genel olarak ~31 ppb'den yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu alanlar İnegöl'den itibaren çalışma sahasının batısında kalan alanlar (Kara Dere, Kalburt Deresi, Koca Çay ve kolları) ile Kurşunlu civarındaki alanları (Koca Çay'ın kolları) kapsamaktadır. Çinko metali açısından en yüksek konsantrasyon düzeylerinin tespit edildiği bu alanda çinko sanayi kuruluşlarından ve OSB'den kaynaklanmaktadır (Çizelge 44). Nitekim çinko önemli oranda demir-çelik işleme endüstrisinden, madencilik faaliyetlerinden ve kömür ve atıkların atılmasından kaynaklanmaktadır (Deveci, 2008). İnegöl'ün batısında kalan alanlar OSB'nin (kuzeybatı) yer aldığı ve sanayi kuruluşlarının yoğunlaştığı alanlara karşılık gelmektedir. Bu nedenle burada kirliliğin diğer alanlara göre yüksek çıkması olağandır. Nitekim de bu alanlarda yer alan yüzeysel sulara daha yüksek düzeyler tespit edilmektedir. Kirliliğin yüksek olarak belirlendiği diğer bir alan olan Kurşunlu da yine sanayi kuruluşlarının ve sıcak ve soğuk su kaynaklarının olduğu sahaya denk gelmektedir. Yani her iki alandada yüksek konsantrasyon düzeylerine rastlanması muhtemeldir. Deydinler-Kulaca hattı arasındaki alandan geçen Akçasu Dere ile Koca Çay ise çinko konsantrasyon seviyelerinin en düşük düzeyde (<25-28 ppb) seyrettiği alanları teşkil etmektedir.



Şekil 58. Çinko (Zn-1)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları

Kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan çinko değerlerini etkileyen değişkenler için yapılan regresyon analizi (Çizelge 44) incelendiğinde; sanayi kuruluşlarının (besin, dokuma, tekstil ve deri sanayi, makine sanayi, orman ürünleri sanayi ve çimento, cam ve seramik sanayi) ve OSB'nin kış ayında yüzeysel sularda bulunan çinko üzerine etkili olduğu belirlenmektedir. Çinko üzerinde etkili olan bu değişkenlerin çinko elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 91,8 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Yani kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan çinko elementinin varlığının % 91,8'si sanayi kuruluşlarından ve OSB'den kaynaklanmaktadır.

Çizelge 43. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Çinko Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	-,070	-1,949	,054*
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-1,070	-6,057	,000***
	Makine Sanayi	-,362	-1,747	,084*
	Orman Ürünleri Sanayi	,150	3,760	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,097	-2,803	,006***
	OSB	-,372	-3,265	,002***
Yaz	Besin Sanayi	-,070	-1,949	,054*
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-1,070	-6,057	,000***
	Makine Sanayi	-,362	-1,747	,084*
	Orman Ürünleri Sanayi	,150	3,760	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,097	-2,803	,006***
	OSB	-,372	-3,265	,002***

$R^2_{(kış)} = ,918$ $R^2_{(yaz)} = ,941$ $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı çinko konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası dere ve akarsularındaki dağılımı incelendiğinde ise, genel olarak en yüksek değer (~28->31 ppb) kış ayında olduğu gibi çalışma alanının en batısındaki akarsu ve derelerde (Kara Dere ve Köy Dere) gözlenmektedir. Bu alanlar dışında çalışma alanının diğer kesimlerinden geçen akarsu ve derelerde çinko konsantrasyonu, 25 ppb'den daha düşük seviyelerde seyretmektedir. Hem yaz hem de kış ayında diğer kirleticilerde olduğu gibi çinko miktarlarının en yüksek seviyede gözleendiği alan çalışma sahasının batısında kalan akarsu ve dereleri kapsamaktadır. Çinkonun kullanım alanları kömür ve atıkların atılması, demir-çelik işleme endüstrisinden ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Deveci, 2008). Çinkonun kullanım alanları dikkate alındığında çalışmada bu metalin kaynaklandığı faaliyetlerin sanayi ağırlıklı olması olağandır. Aynı zamanda yaz ayında çinko üzerinde etkili olan değişkenlerin (besin, dokuma, tekstil ve deri sanayi, makine sanayi, orman ürünleri sanayi ve çimento, cam ve seramik sanayi) çinko elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 94,1 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Çalışmada değerlendirilen değişkenler kış ayında yüzeysel sularda bulunan çinkonun % 91,8'i açıklarken yaz ayında % 94,1 ini açıklamaktadır. Dolayısı

ile açıklayıcılık oranı yaz ayında fazladır. Çinko miktarlarının sudaki yoğunluklarının yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise krom ve bakır metali gibi çinko metalinin kış mevsiminde sudaki miktarı, yaz mevsimindeki miktarından daha fazladır. Nitekim Çizelge 38 incelendiğinde çinko miktarlarının yaz ve kış ayı değerleri arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Su ortamlarında çinko açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 200 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 500 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 2000 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >2000 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama çinko konsantrasyonu 35,75 ppb, maksimum çinko konsantrasyonu 98,07 ppb, minimum çinko konsantrasyonu 10,87 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama çinko konsantrasyonu 20,16 ppb, maksimum çinko konsantrasyonu 76,75 ppb, minimum çinko konsantrasyonu 6,24 ppb, olarak ölçülmektedir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde çinko kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen sınır değer olan 200 ppb'yi geçmediği bu çalışmada tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Dolayısı ile de çalışma alanı yüzeysel suları bu ağır metal açısından risk taşımamaktadır.

Kış ayında sudaki çinko için yapılan regresyon analizinde endüstriyel ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p<0,05$ olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 45). Model çinkonun sudaki varlığını bu etkenlerle % 65,4 oranında açıklamaktadır. Yani çinkonun sudaki varlığının % 65,4'lük kısmı sanayi, yol ve yerleşmenin toplu etkisine bağlıdır. Çünkü ağır metallerin büyük kısmı insan faaliyetlerinin sonucu olarak kentsel ve endüstriyel alanlarda yaygınlık göstermektedir (Ochieng ve diğ., 2007; Montinaro, 2012; Purushotham ve diğ., 2012; Hu ve diğ., 2013). Yaz ayında sudaki çinko için yapılan regresyon analizinde ise endüstriyel etki ile yol ve yerleşmelere bağlı etki %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Modelin çinkonun sudaki varlığını bu etkenlerle % 63,2 oranında açıkladığı anlaşılmaktadır (Çizelge 45). Özellikle yaz mevsiminde tarımda verimi

artırmak için kullanılan yapay gübre ve pestisitlerin bileşimi çinkonun sudaki derişimini artırmaktadır (Acar ve diğ., 2012).

Çizelge 44. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Çinko Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-,007	,001	-1,989	-12,642	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,014	,001	1,987	12,625	,000	
Yaz	Sanayi Etkisi	-,003	,000	-1,883	-12,348	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,007	,001	2,064	13,532	,000	

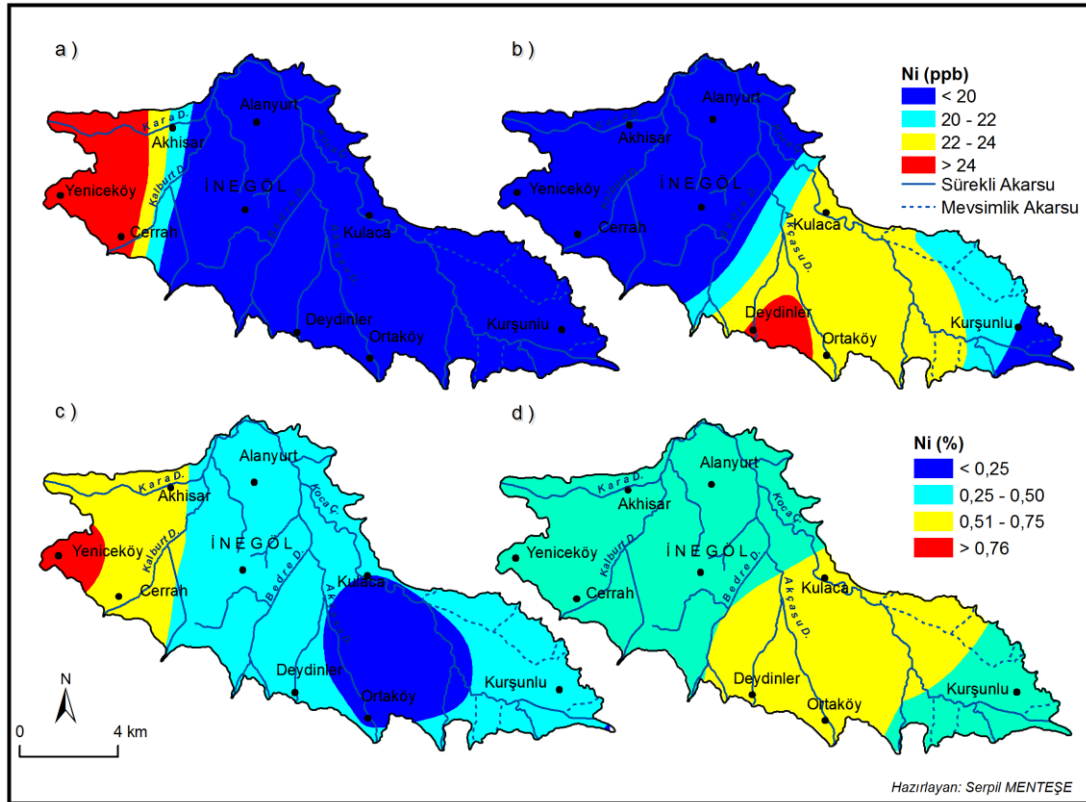
$R^2_{(kış)} = ,654$ $R^2_{(yaz)} = ,632$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Bu çalışmada elde edilen sonuç Alex ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışma ile de paralellik göstermiştir. Nitekim Alex ve diğ., (2013) tarafından Owan Nehri'nde (Nijerya) yapılan çalışmada çinko için kaydedilen yüksek değerlerin, endüstriyel ve yerleşim alanlarından, evsel atıkların bertarafı nedeniyle olabileceği belirtmiştir. Çinkonun sudaki içeriğinin değişimi literatürdeki çalışmalarda farklı nedenlere bağlanmıştır. Subarnarekha Nehri (Hindistan) için yapılan çalışmada çinkonun karışık yani hem doğal hem de antropojenik kökenli faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Manoj ve diğ., 2012). Karla Gölü'nde (Yunanistan) ise yüksek çinko konsantrasyonlarının doğal jeolojik kaynaklar tarafından kontrol altına alındığı tespit edilmiştir (Skordas ve diğ., 2015). Büyük Menderes Nehri'nde yapılan çalışmada çinko kirliliğinin Sarayköy Jeotermal tesisleri civarından geçen noktada yoğunlaştığı belirlenmiştir (Okur ve diğ., 2001).

5.3.5. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Nikel (Ni) ve Mekânsal Değişimi

Nikel metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki mekânsal dağılışı Şekil 59a ve 59b de gösterilmektedir. Kış ayı nikel konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası akarsularındaki dağılımı incelendiğinde, genel olarak en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu

alanlar Yeniceköy çevresi ve kuzeyindeki alanlardan geçen Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresinde gözlenmektedir. Yeniceköy'ün konumu itibari ile İnegöl'ün batısında ve İnegöl'e yakın olması (yaklaşık 10 km) onun hem nüfus hem de sanayi faaliyetleri açısından gelişmesini sağlamıştır. Yeniceköy 1990 yılından itibaren kendi sanayi bölgesini (Küçük Sanayi) kurmuş (Yüceşahin, 2002) ve bu sanayi kuruluşları içinde orman ürünleri sanayi yoğunluk göstermiştir. Onu polyesterçiler, aplik ve çita imalatçıları gibi kuruluşlar izlemiştir (Yüceşahin, 2002). Bu alandaki yüzeysel sularda nikel kirliliğinin kaynağı sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl şehridir (Çizelge 45). Dolayısı ile nikel kirliliği, bu alanlarda faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının, OSB'nin ve evsel atıkların yüzeysel sulara karışması ile oluşmaktadır.



Şekil 59. Nikel (Ni)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları (a, b) ile 20 ppb'yi Geçme Kış (c) ve Yaz (d) Ayı Olasılık Haritaları

Çizelge 45 incelendiğinde nikel üzerinde etkili olan bu değişkenlerin nikel elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 98 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Yani kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan nikel elementinin varlığının % 98'i sanayi kuruluşlarından, OSB'den ve İnegöl şehriden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanının diğer akarsu ve derelerinde

ise daha düşük düzeylerde ($\sim >20$ ppb) nikel konsantrasyon seviyeleri tespit edilmektedir.

Çizelge 45. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Bulunan Kış ve Yaz Nikel Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,023	1,670	,098*
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,159	-2,287	,025**
	Makine Sanayi	-,219	-2,673	,009***
	Metalurji Sanayi	-1,359	-11,144	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,037	-3,285	,001***
	OSB	,686	8,554	,000***
	İnegöl Kenti	-1,117	-4,803	,000***
Yaz	Besin Sanayi	-,112	-3,049	,003***
	OSB	,747	4,184	,000***
	İnegöl Kenti	2,894	5,734	,000***

$R^2_{(kış)} = ,980$ $R^2_{(yaz)} = ,907$ $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı nikel konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde ise, genel olarak en belirgin artış Deydinler ($\sim >24$ ppb) çevresindeki Akçasu Deresi'nin kolunda gözlenmektedir. Bu alan ekilidikili tarımın yaygın olarak faaliyet gösterdiği alanlardır. Bu alanlar dışında çalışma alanının Kulaca-Ortaköy hattı boyunca (Akçasu Dere, Koca Çay) geçen akarsu ve derelerde nikel konsantrasyonu, 22-24 ppb'dir. Yaz mevsiminde yüzeysel sularda bulunan nikel için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 45) ise besin sanayi, OSB ve İnegöl şehri değişkenlerinin etkili olduğu görülmektedir. 3 adet etkili faktör nikelin yüzeysel sulardaki varlığını % 90,7 oranında açıklamaktadır. Nikel miktarlarının sudaki yoğunluğu yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise arsenik, demir, mangan ve kurşun metali gibi nikel metalinin yaz mevsiminde sudaki miktarı, kış mevsimindeki miktarından daha fazla olduğu belirlenmektedir.

İnegöl Ovası yüzeysel suları nikel kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde I. kalite sular (temiz) belirlenen sınır değer olan 20 ppb'yi geçme olasılığı Şekil 59c ve 59d de gösterilmektedir. Şekil 59c ve 59d incelendiğinde kırmızı renkle gösterilen alanlar çok riskli (sıcak alan), sarı renkle gösterilen alanlar

riskli, yeşil renkle gösterilen alanlar az riskli, mavi renkle gösterilen alanlar ise düşük riskli (soğuk alan) bölgeleri oluşturmaktadır. Kış mevsiminde İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde nikel kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı % 76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler Yeniceköy ve çevresidir (Kara Dere ve onun kolu ola Köy Dere). Akhisar'ın batısı ile Cerrah-Akhisar hattı arasında geçen Kara Dere ve Kalburt Dere ise nikel kirliliği açısından riskli (%51-75) yani sıcak alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlar dışında, çalışma alanının Deydinler-Kulaca hattı (~ <25=düşük riskli) dışındaki alanlardan geçen akarsu ve dereler (Bedre Dere, Koca Çay) %26-50 olasılıkla nikel kirliliği açısından orta riskli alanları temsil etmektedir.

Yaz ayında ise çalışma alanı akarsu ve derelerinde, nikel kirliliği açısından sıcak alanlara (%51-75) Deydinler-Ortaköy-Kulaca hattı arasında (Akçasu Dere, Koca Çay) rastlanılmaktadır. Yaz mevsiminde çalışma alanının diğer alanlarından geçen akarsu ve derelerindeki ise nikel kirliliğinin sınır değeri geçme olasılığı %25-50 civarındadır.

Su ortamlarında nikel açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 20 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 50 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 200 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >200 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama nikel konsantrasyonu 12,93 ppb, maksimum nikel konsantrasyonu 117,35 ppb, minimum nikel konsantrasyonu 1,26 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama Ni konsantrasyonu 18,25 ppb, maksimum nikel konsantrasyonu 57,99 ppb, minimum nikel konsantrasyonu 0,16 ppb, olarak ölçülmektedir. İnegöl Ovası yüzeysel sularında nikel kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen sınır değeri olan 20 ppb'yi çoğu örnekte geçtiği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Bu akarsu ve dereler yüzeysel suların kalite sınıflarına göre II. Kalite sular sınıfına girmektedir.

Kış ayında sudaki nikel için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için anlamlılık düzeyi %95 güven aralığında olduğundan model anlamlıdır (Çizelge 46).

Model nikelin sudaki varlığını bu etkenlerle % 67,1 oranında açıklamaktadır. Kış ayında olduğu gibi yaz ayında sudaki nikel için yapılan regresyon analizinde de endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlılık (Çizelge 46) ifade etmektedir. Modelin nikelin sudaki varlığını bu etkenlerle % 42,5 oranında açıkladığı anlaşılmaktadır. Çalışmada değerlendirilen değişkenler nikelin sudaki varlığını kış ayında (%67,1) daha büyük oranda açıklamaktadır. Yaz ayında ise bu oran %42,5'lere gerilemiştir.

Çizelge 46. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Nikel Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

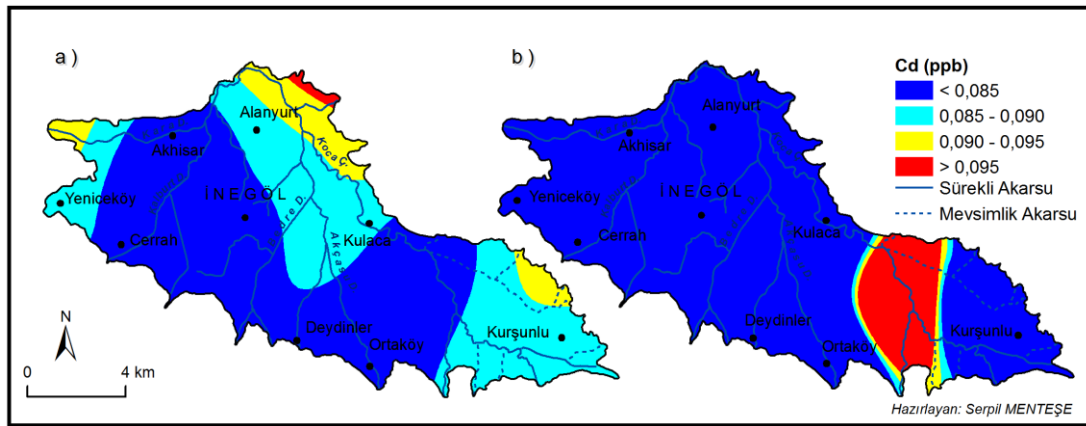
Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	-,008	,001	-1,679	-9,846	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,019	,002	1,912	11,217	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	,002	,0003	1,510	7,679	,000	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	-,004	,001	-1,115	-5,672	,000	

$R^2_{(kış)} = ,671$ $R^2_{(yaz)} = ,425$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Aslan (2010) tarafından yapılan araştırmada, araştırma bölgesindeki toprakların nikel içeriklerinin sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak da bu toprakların jeotermal kaynakların etkisi altındaki sularla sulanması olarak gösterilmiştir. Kaplan (2010) tarafından yapılan çalışmada çalışma alanı genelinde görülen yüksek nikel konsantrasyonlarının ise jeolojik/litolojik faktörler sonucu (yeraltı suyu-akifer çökelleri arasındaki jeokimyasal tepkimeler) meydana geldiği düşünülmüştür. Buna karşılık Aderinola ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada ise nikel ortalama değerlerinin genel olarak yüksek bulunmasının nedeni olarak yazlık sanayi tesisleri tarafından boşaltılan katı ve sıvı atıklar gösterilmiştir. Nikel özellikle yer altı ve yüzey suyuna endüstriyel atıkların çözülmesiyle girmektedir (Ravi Sankar ve Prasada Rao, 2014). Nitekim Nwajei ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada boya fabrikası civarında nikel konsantrasyon düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.3.6. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kadmiyum (Cd) ve Mekânsal Değişimi

Kadmiyum metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki mekânsal dağılışı Şekil 60a ve 60b de gösterilmektedir. Kış ayı kadmiyum konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde, genel olarak en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu alanlar Alanyurt'un kuzeydoğusundan (>0,095 ppb) geçen akarsu ve derelerde (Koca Çay ve kolu) gözlenmektedir. Alanyurt'un doğusu ile kuzeyi, (Koca Çay) çalışma sahasının en batı ucu (Kara Dere) ile Kurşunlu'nun en kuzeyinde (Koca Çay'ın kolu) sarı renk ile gösterilen alanlardan geçen akarsu ve derelerde ise kadmiyum kirliliği 0,090-0,095 ppb arasında gözlenmektedir. Kış ayında bu alanlarda tespit edilen yüksek kadmiyum kirliliğinin kaynağı olarak sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl şehri saptanmıştır (Çizelge 47). Çalışılan diğer metaller de olduğu gibi bu alanlarda belirlenen yüksek kirlenme düzeyleri kentsel kaynaklıdır. Bu alanlar dışındaki diğer alanlarda akış gösteren akarsu ve derelerde ise kadmiyum kirliliği açısından daha düşük (< 0,085-0,090 ppb) seviyeler tespit edilmektedir.



Şekil 60. Kadmiyum (Cd)'un Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları

Çizelge 47 incelendiğinde kadmiyum üzerinde etkili olan bu değişkenlerin kadmiyum elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 46,4 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Yani kış ayında İnegöl ovası yüzeysel sularında bulunan kadmiyum elementinin varlığının % 46,4'ü sanayi kuruluşlarından,

OSB'den ve İnegöl şehrinden kaynaklanmaktadır. Kış mevsiminde yüzeysel sularda bulunan kadmiyum için yapılan regresyon analizinde sanayi kuruluşlarından besin, dokuma, tekstil ve deri, kimya ve orman ürünleri sanayinin etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 47. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Kadmiyum Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,282	2,884	,005**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,488	-1,796	,076*
	Kimya Sanayi	,226	1,941	,055*
	Orman Ürünleri Sanayi	,375	3,906	,000***
	OSB	-1,535	-3,181	,002***
	İnegöl Kenti	4,632	3,530	,001**
Yaz	Besin Sanayi	-,135	-1,974	,051*
	Kimya Sanayi	-,587	-6,988	,000***
	Makine Sanayi	-1,044	-2,864	,005***
	Metalurji Sanayi	2,691	5,645	,000**
	Orman Ürünleri Sanayi	-,197	-2,576	,012**
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	,165	2,487	,015**
	Yerleşmeler	,275	4,448	,000***
	İnegöl Kenti	-3,942	-3,436	,001***

$R^2_{(kış)} = ,464$ $R^2_{(yaz)} = ,714$ $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı kadmiyum konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde ise, genel olarak en belirgin artış Ortaköy ile Kulaca-Kurşunlu hattı arasındaki alanlardan geçen Koca Çay ve kollarında gözlenmektedir. Çalışma alanının diğer alanlarından geçen akarsu ve derelerinde ise daha düşük (<0,085 ppb) konsantrasyon seviyeleri tespit edilmektedir. Yaz ayında yüzeysel sularda tespit edilen yüksek kadmiyum kirliliği ise kış ayında olduğu gibi yine sanayi kuruluşlarından, İnegöl şehrinden ve çalışma alanındaki yerleşmelerden kaynaklanmaktadır (Çizelge 47). Kış ayında etkili olan OSB değişkeni yaz ayında kadmiyum kirliliğinin kaynağı olarak tespit edilmemektedir. Yalnız yaz ayında etkili olan sanayi tipleri artış göstermektedir. Kış ayında etkili olan besin, kimya, orman ürünleri ve dokuma tekstil ve deri sanayiye; yaz ayında metalurji ve çimento, cam ve

seramik sanayi eklenmektedir (Çizelge 47). Kış ayında %46,4 olan açıklayıcılık oranı kış ayında % 71,4'e çıkmaktadır. Kadmiyum miktarlarının sudaki yoğunlukları yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise krom, bakır ve çinko metali gibi kadmiyum metalinin kış mevsiminde sudaki miktarı, yaz mevsimindeki miktarından daha fazla olarak tespit edilmektedir.

Su ortamlarında kadmiyum açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 3 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 5 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 10 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >10 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama kadmiyum konsantrasyonu 0,06 ppb, maksimum kadmiyum konsantrasyonu 0,15 ppb, minimum kadmiyum konsantrasyonu 0,01 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama kadmiyum konsantrasyonu 0,05 ppb, maksimum kadmiyum konsantrasyonu 0,16 ppb, minimum kadmiyum konsantrasyonu 0,00 ppb, olarak ölçülmektedir.

İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde kadmiyum kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde I. kalite sular açısından belirlenen sınır değer olan 3 ppb'yi geçmediği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Bu kritere göre çalışma alanı akarsu ve dereleri kadmiyum kirliliği açısından risk taşımamakta ve I. kalitede sular kapsamına girmektedir.

Kış ayında sudaki kadmiyum için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 48) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamsızdır. Bu bağlamda kadmiyum ağır metalinin sudaki varlığı endüstri ya da yol ve yerleşme faktörlerine bağlı değildir. Kış ayında olduğu gibi yaz ayında da sudaki kadmiyum için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model $p < 0,05$ olduğundan model anlamlı gibi gözükmesine rağmen katsayılar da $p > 0,05$ olduğundan model anlamsızlık ifade etmektedir (Çizelge 48). Bu bağlamda kadmiyum metalinin sudaki varlığı hem yaz hem de kış ayında endüstri ya da yol ve yerleşmenin toplu etkisine bağlı değildir.

Çizelge 48. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Kadmiyum Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	0,000003	,000	,211	,993	,323	,000
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00001	,000	,375	1,765	,081	
Yaz	Sanayi Etkisi	0,000003	,000	,211	,993	,323	,000
	Yol ve Yerleşme Etkisi	0,00001	,000	,375	1,765	,081	

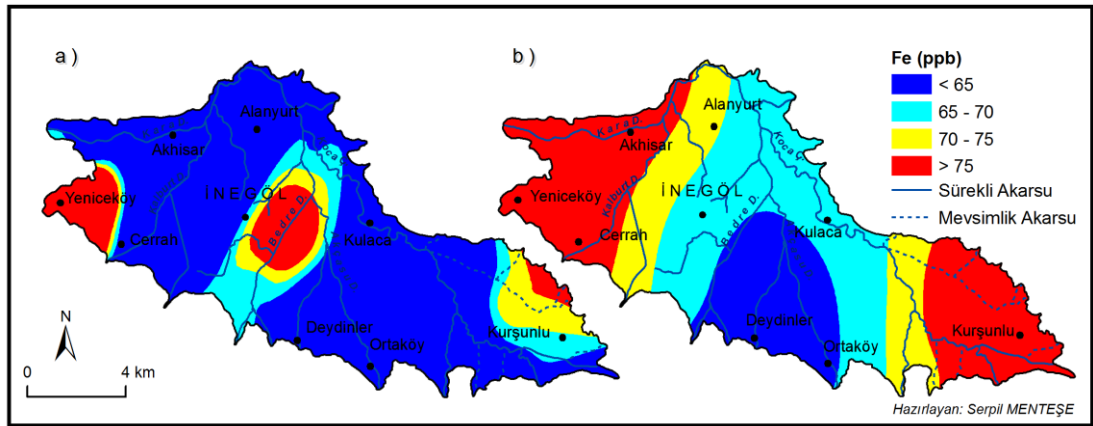
$R^2_{(kış)} = ,126$ $R^2_{(yaz)} = ,330$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) tarafından yapılan çalışmada kadmiyum ağır metalinin öngörülen sınır değerleri geçtiği ve kadmiyumun içme suyuna boru aşınımı, erozyon, metal rafineleri ve atık pillerin ve boyaların akışı ile girmiş olduğu belirtilmiştir. Rösner (1998) tarafından yapılan çalışmada ise terk edilmiş maden yatakları civarındaki yüzeysel sulara yapılan incelemede çıkarılan cevhere bağlı olarak yüksek kadmiyum konsantrasyonları belirlenmiştir. Kaplan (2010) yer altı sularındaki yüksek kadmiyum konsantrasyonlarının sebebinin, yakın geçmişe kadar bölgede yürütülen rafineri faaliyetleri ve dizel yakıtla çalışan termik santralden salınan yanma ürünü baca gazı emisyonları ve bazı petrol türevi depolama tesislerinde meydana geldiği öne sürmüştür. Aderinola ve diğ., (2009) tarafından yapılan çalışmada kadmiyumun ortalama değerlerinin genel olarak yüksek düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum metallerin giderek alanda biriktiği ve sucul yaşamı etkileyecek bir eğilim olarak gösterilmiştir.

5.3.7. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Demir (Fe) ve Mekânsal Değişimi

Demir metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası dere ve akarsularındaki mekânsal dağılışı Şekil 61a ve 61b de gösterilmektedir. Kış ayı demir konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde, genel olarak en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu akarsu ve dereler Yeniceköy'den ($\sim >75$ ppb) geçen Kara Dere'nin kolu olan

Köy Deresi, İnegöl'den geçen Bedre Deresi ve Kurşunlu'nun kuzeyinden geçen Koca Çay'ın kollarıdır. Kış ayında yüksek demir kirliliği sanayi kuruluşlarından, OSB'den ve alandaki yollardan kaynaklanmaktadır (Çizelge 49). Besin, metalurji, orman ürünleri ve dokuma, tekstil ve deri sanayi bu kirlilik üzerinde etkili olan sanayi kuruluşları olarak belirlenmektedir. Ayrıca bu değişkenler kış ayında yüzeysel sularda belirlen demiri % 28,3 oranı ile açıklamaktadır. Nitekim demir insan ve doğal faaliyetlerden, madencilik endüstrisi atıklarından, drenaj sularından, organik atıklardan ve çeşitli alanlarda kullanılan demir-çelik maddelerin korozyonu sonucu su yüzeylerine katılmaktadır (Zengin, 2008). Nitekim İnegöl batısı ile Kurşunlu'daki akarsu ve derelerde diğer alanlara göre demir kirliliğinin artışı sanayi kuruluşlarına, yollara ve OSB'ye bağlanmaktadır. Kurşunlu'daki kirlilik aynı zamanda buradaki soğuk su kaynakları ile kuruluşlarına ve sıcak su kaynaklarına (Oylat) bağlanmaktadır. Nitekim daha öncede bahsedildiği gibi bu konu ile ilgili çalışma bu araştırmada yapılmamıştır. Bu alanlar dışındaki diğer alanlarda ise demir kirliliği açısından daha düşük (<65 ppb) seviyeler tespit edilmektedir.



Şekil 61. Demir (Fe)'in Kış (a) ve Yaz (b) Ayları Dağılım Haritaları

Çizelge 49 incelendiğinde demir üzerinde etkili olan bu değişkenlerin demir elementinin yüzeysel sulardaki varlığını % 28,3 oranında açıkladığı tespit edilmektedir. Kış mevsiminde yüzeysel sularda bulunan demir için yapılan regresyon analizinde sanayi kuruluşlarından besin, dokuma, tekstil ve deri, kimya ve orman ürünleri sanayinin etkili olduğu görülmektedir. Kış ayında

aynı zamanda OSB ve çalışma alanındaki yollarda demir üzerinde etkili konumdadır.

Çizelge 49. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Demir Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,261	2,644	,010**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-1,207	-3,732	,000***
	Metalurji Sanayi	-,886	-2,308	,023**
	Orman Ürünleri Sanayi	,240	2,152	,034**
	OSB	1,940	5,231	,000***
	Yollar	-,309	-3,259	,002***
Yaz	Besin Sanayi	,087	2,822	,006***
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,699	-4,480	,000***
	Makine Sanayi	,381	2,066	,042**
	Metalurji Sanayi	-,538	-1,962	,053*
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,182	-7,173	,000***
	OSB	,423	2,342	,021**
	İnegöl Kenti	-1,459	-2,789	,006***

$R^2_{(kış)} = ,283$ $R^2_{(yaz)} = ,951$ $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayı demir konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası dere ve akarsularındaki dağılımı incelendiğinde ise, kış ayında olduğu gibi genel olarak en belirgin artış yine Yeniceköy çevresi ile kuzeyi (Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi) Kurşunlu çevresinde (Koca Çay'ın kolları) gözlenmektedir. Deydinler çevresindeki alanlardan geçen akarsu ve derelerde (Akçasu Dere) ise daha düşük konsantrasyon seviyeleri (<65 ppb) tespit edilmektedir. Yaz ayında yüzeysel sularda tespit edilen yüksek Fe kirliliği ise kış ayında olduğu gibi yine sanayi kuruluşlarından, OSB'den ve çalışma alanındaki yollardan kaynaklanmaktadır (Çizelge 49). Yaz ayında, kış ayında etkili olan besin, metalurji, orman ürünleri ve dokuma tekstil ve deri sanayiye ek olarak makine ve dokuma, tekstil ve deri sanayi eklenmektedir (Çizelge 49). Kış ayında % 28,3 olan açıklayıcılık oranı yaz ayında % 95,1'e çıkmaktadır. Demir miktarlarının sudaki yoğunluklarının yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise arsenik, mangan, nikel

ve kurşun metali gibi demir metalinin yaz mevsiminde sudaki miktarı, kış mevsimindeki miktarından daha fazladır.

Su ortamlarında demir açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 300 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 1000 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 5000 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >5000 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama demir konsantrasyonu 56,79 ppb, maksimum demir konsantrasyonu 138,65 ppb, minimum demir konsantrasyonu 24,51 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama demir konsantrasyonu 77,49 ppb, maksimum demir konsantrasyonu 244,61 ppb, minimum demir konsantrasyonu 28,48 ppb, olarak ölçülmektedir.

Hem yaz hem de kış ayında ölçülen maksimum demir konsantrasyonu Yeniceköy çevresindeki akarsu ve derelere aittir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde demir kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde I. Kalite sular açısından belirlenen sınır değer olan 300 ppb'yi geçmediği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Bu kritere göre çalışma alanı akarsu ve dereleri demir kirliliği açısından risk taşımamaktadır.

Kış ayında sudaki demir için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için anlamlılık düzeyi $p > 0,05$ olduğundan model anlamsızdır (Çizelge 50). Kış aylarında sudaki demiri yol ve yerleşme ile endüstriyel etki anlamlı olarak etkilememektedir. Fakat yaz ayında sudaki demir için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan modelde güven aralığı %95 dir (Çizelge 50). Model demirin sudaki varlığını bu etkenlerle % 61,4 oranında açıklamaktadır.

Çizelge 50. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Demir Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-,002	,002	-,189	-,740	,461	,231**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,005	,004	,330	1,291	,200	
Yaz	Sanayi Etkisi	-,005	,001	-1,271	-7,894	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,013	,001	1,775	11,021	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,030$ $R^2_{(yaz)} = ,614$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Mekânsal olarak demir metalinin değişim göstermesi farklı çalışmalarda da belirlenmiştir. Alex ve diğ., (2013) ve Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) çalışmalarında demir metalinin mekansal olarak değişim göstermesini evsel ve endüstriyel atıkların nehir suyuna karışması sonucu oluştuğu sonucuna varmışlardır. Monaj ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada da demir metalinin maksimum seviyesini endüstriyel ve kentsel bölgelere yakın yerlerde aştığı tespit edilmiştir. Andras ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada hem yeraltı suyu hem de yüzey suyunun demir tarafından kirlendiği belirlenmiştir. Demir metalinin artışını Linhart maden suyu ve onun radyoaktivite özelliğine bağlamışlardır. Çünkü maden suları alanında yüksek düzeylerde demir değerlerine rastlanılmaktadır. Kaplan (2010) çalışmasında yüksek demir konsantrasyonlarının jeolojik/litolojik faktörler sonucu meydana geldiği belirtilmiştir.

5.3.8. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Mangan (Mn-1) ve Mekânsal Değişimi

Mangan metalinin yaz ve kış aylarına ait İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki mekansal dağılışı Şekil 62a ve 62b de gösterilmektedir. Kış ayı mangan konsantrasyon düzeylerinin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki dağılımı incelendiğinde, genel olarak en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu alan diğer metallerde (krom, kurşun, çinko, nikel, demir) olduğu gibi Yeniceköy'den (~ >80 ppb) geçen Köy Deresinde gözlenmektedir. Akhisar

çimento cam ve seramik sanayi etkili olmuştur. Bu değişkenler yaz ayında yüzeysel sulara bulunan mangan konsantrasyon düzeylerini %94 oranında açıklamaktadır (Çizelge 51). Hem yaz hem de kış ayında en düşük konsantrasyon seviyeleri Deydinler çevresindeki akarsu ve derelerde olduğu belirlenmektedir. Bu alanlar İnegöl şehrinsel alanının etkisinden uzak, sanayi faaliyetlerinin İnegöl ve çevresi kadar gelişmediği, tarımsal faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı alanlardır. Ayrıca Çizelge 38 de mangan konsantrasyon düzeylerinin yoğunlukları yaz ve kış ayı karşılaştırılmıştır. Nitekim yaz ve kış ayları arasında anlamlı (%95) farklılıklar gözlenmiştir. Mangan miktarlarının sudaki yoğunluklarının yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise arsenik, demir, nikel ve kurşun metali gibi mangan metalinin yaz mevsiminde sudaki miktarı, kış mevsimindeki miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 51. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Bulunan Kış ve Yaz Mangan Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,081	2,437	,017**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,372	-2,706	,008***
	Kimya Sanayi	-,096	-2,661	,009***
	Metalurji Sanayi	-,981	-3,806	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,129	-5,032	,000***
	OSB	,579	3,178	,002***
	İnegöl Kenti	-1,072	-1,997	,049**
Yaz	Besin Sanayi	,057	1,849	,068*
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,307	-2,024	,046**
	Kimya Sanayi	-,105	-2,762	,007***
	Makine Sanayi	,838	5,607	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,136	-5,000	,000***

$R^2_{(su)} = ,950$ $R^2_{(su)} = ,940$, $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde mangan kirliliğinin yaz ve kış ayları SKKY'nde I. kalite sular (temiz) belirlenen sınır değer olan 100 ppb'yi geçme olasılığı Şekil 62c ve 62d de gösterilmektedir. Şekil 62c ve 62d incelendiğinde kırmızı renkle gösterilen alanlar çok riskli (sıcak alan), sarı renkle gösterilen alanlar riskli, yeşil renkle gösterilen alanlar az riskli, mavi

renkle gösterilen alanlar ise düşük riskli (soğuk alan) bölgeleri oluşturmaktadır. Kış mevsiminde İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde mangan kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı % 76'nın üzerinde olan alanlar ve dolayısı ile çok riskli bölgeler bulunmamaktadır. İnegöl-Kulaca-Deydinler-Ortaköy hattı civarında geçen akarsu ve derelerde (Bedre Dere ve Akçasu Dere) ise mangan kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı %25'in altında olan alanlar ve dolayısı ile düşük riskli bölgeleri temsil etmektedir. Bu alanlar dışındaki diğer alanlardan geçen akarsu ve derelerde sınır değeri geçme olasılığı %25-50 civarındadır.

Yaz ayında ise çalışma alanı akarsu ve derelerinde, mangan kirliliği açısından çok riskli alan (>%75) Kurşunlu civarındadır (Koca Çay'ın kolu). Kurşunlu'nun batı kesimleri, Yeniceköy ve kuzeyi (Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi) akarsu ve derelerinde mangan kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı %51-75 ppb'dir. Çalışma alanının diğer alanlarında ise mangan kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı (%26-50) açısından az risklidir.

Su ortamlarında mangan açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 100 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 500 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 3000 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >3000 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama mangan konsantrasyonu 58,91 ppb, maksimum mangan konsantrasyonu 325,77 ppb, minimum mangan konsantrasyonu 13,66 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama mangan konsantrasyonu 82,89 ppb, maksimum mangan konsantrasyonu 632,75 ppb, minimum mangan konsantrasyonu 5,71 ppb, olarak ölçülmektedir. Hem yaz hem de kış ayında ölçülen maksimum mangan konsantrasyonu Yeniceköy çevresindeki (Köy Dere) ve Kurşunlu'nun kuzeybatısındaki (Koca Çay Kolu) Yenicemüslüm'den akan akarsu ve derelere aittir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde mangan kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen I. kalite sular açısından belirlenen sınır değeri olan 100 ppb'yi geçtiği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Çalışma

alanındaki akarsu ve derelerin bazıları mangan kirliliği açısından II. ve III. Kalite sular kapsamına girmektedir. Bu kriterlere göre çalışma alanı akarsu ve dereleri mangan kirliliği açısından risk taşımaktadır.

Kış aylarında sudaki mangan için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model %95 güven aralığında anlamlıdır (Çizelge 53). Model manganın sudaki varlığını bu etkenlerle % 56,8 oranında açıklamaktadır. Kış ayında olduğu gibi yaz ayında da sudaki mangan için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 54) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme faktörleri bağımsız değişkenlerinden oluşan model için $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. Modelin manganın sudaki varlığını bu etkenlerle % 87,9 oranında açıkladığı görülmektedir. Model manganın sudaki varlığını incelenen değişkenlerle yaz ayında daha iyi açıklamaktadır. Kış ayında %56,8 olan oran yaz ayında %87,9'lara yükselmektedir.

Çizelge 52. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında Kış ve Yaz Ayı Mangan Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları			t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error	Beta			
Kış	Sanayi Etkisi	-,008	,001	-1,679	-9,846	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,019	,002	1,912	11,217	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	,008	,002	,398	4,422	,000**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,021	,003	,558	6,202	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,568$ $R^2_{(yaz)} = ,879$ * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Literatürdeki çalışmalarda sudaki mangan konsantrasyon düzeylerinin yüksekliği farklı kaynaklara bağlanmaktadır. Örneğin Monaj ve diğ., (2012), Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) tarafından yapılan çalışmalarda sanayi faaliyetlerine; Hu ve diğ., (2013), Kaplan (2010) tarafından yapılan çalışmalarda da litolojik faktörlere bağlanmıştır. Ayrıca Büyük Menderes köprüsü tekstil fabrikası yanı manganın maksimum düzeylerde olduğu ve mangan bakımından çalışma alanının kirlendiği belirlenmiştir (Okur ve diğ., 2001).

Çizelge 53. İnegöl Ovası Yüzey Sularında Bulunan Kış ve Yaz Arsenik Değerlerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Bağımsız Değişkenler	β	t	P
Kış	Besin Sanayi	,077	2,495	,014**
	Dokuma, Tekstil ve Deri Sanayi	-,961	-7,307	,000***
	Metalurji Sanayi	-,059	-1,765	,081*
	Orman Ürünleri Sanayi	1,155	4,796	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	2,758	6,529	,000***
	OSB	-,061	-2,376	,020**
Yaz	Besin Sanayi	,180	3,954	,000***
	Kimya Sanayi	-,141	-2,606	,011**
	Makine Sanayi	,493	6,068	,000***
	Çimento, Cam ve Seramik Sanayi	-,075	-1,868	,065*

$R^2_{(kış)} = ,955$ $R^2_{(yaz)} = ,866$, * $p < 0,05$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ Model ANOVA p değeri $p < 0,05$

Yaz ayında ise en yüksek konsantrasyon seviyeleri Yeniceköy çevresi (Köy Dere), Akhisar (Kara Dere), Alanyurt'un kuzeyi (Koca Çay), Kulaca'nın doğusu ile Kurşunlu (Koca Çay) civarında ($\sim >4$ ppb) gözlenmektedir. Yaz ayında ise yüzeysel sularda bulunan arsenik üzerinde besin, kimya, makine ve çimento cam ve seramik sanayileri etkili olmuştur (Çizelge 53). Bu değişkenler arsenik konsantrasyon düzeylerini yaz ayında % 86,6 oranında açıklamıştır. Oran kış ayına kıyasla düşüş göstermiştir. Hem yaz hem de kış ayında en düşük konsantrasyon seviyeleri İnegöl'ün güneyi, Deydinler ve Ortaköy çevresindeki (Bedre Dere, Akçasu Dere ve Koca Çay) akarsu ve derelerde gözlenmektedir. Arsenik; kanatlı hayvan ve domuz yemlerinde, yağlı boya endüstrisinde, seramikçilik ve ağaç prezevratifinde, pestisit, herbisit ve akarisit formülasyonlarında ve sülfirik asit üretiminde kullanım alanı bulmakta (Baş ve Demet, 1992) ve bazı inorganik ve organik kimyasalların üretimi ve petrol rafinerisi atıklarında bulunmaktadır (Karadaş, 2008). Arsenik bileşikleri ayrıca bazı deterjanların yapısında, boya pigmentlerinde, deri endüstrisinde, cam ve lastik imalatında da kullanılmaktadır (Yılmaz ve Ekici, 2004). Nitekim hem yaz hem de kış mevsiminde arsenik üzerinde etkili olan değişkenlere (Çizelge 53) baktığımızda sanayi kuruluşları dikkat çekmektedir. Diğer değişkenler olan yol ve yerleşme arsenik üzerinde etkili olan değişkenler kapsamında değildir.

Çizelge 38 de arsenik konsantrasyon düzeylerinin yoğunlukları yaz ve kış ayı karşılaştırılmıştır. Nitekim yaz ve kış ayları arasında anlamlı (%95) farklılıklar gözlenmiştir. Arsenik miktarlarının sudaki yoğunluklarının yaz ve kış ayı itibarı ile karşılaştırıldığında (Çizelge 38) ise mangan, demir, nikel ve kurşun metali gibi arsenik metalinin yaz mevsiminde sudaki miktarı, kış mevsimindeki miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Su ortamlarında arsenik açısından I. kalite sular (yüksek kaliteli su) için verilen sınır değer 20 ppb; II. kalite sular (az kirlenmiş su) için verilen kritik değer 50 ppb; III. kalite sular (kirli su) için verilen sınır değer 100 ppb; IV. kalite sular (çok kirlenmiş su) için verilen sınır değer ise >100 ppb'dir. Kış ayını temsil eden ayda ortalama arsenik konsantrasyonu 2,43 ppb, maksimum arsenik konsantrasyonu 8,43 ppb, minimum arsenik konsantrasyonu 0,94 ppb olarak ölçülmektedir. Yaz ayında ise ortalama arsenik konsantrasyonu 5,31 ppb, maksimum arsenik konsantrasyonu 54,98 ppb, minimum arsenik konsantrasyonu 0,38 ppb olarak ölçülmektedir.

İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde arsenik kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen I. kalite sular açısından belirlenen sınır değer olan 20 ppb'yi geçmediği tespit edilmektedir (Şekil 54; Şekil 55). Yalnızca Yeniceköy'den geçen dereden alınan örnekte yüksek konsantrasyon (54,98 ppb) düzeylerine rastlanılmaktadır. Yeniceköy civarında akış gösteren sular arsenik kirliliği açısından III. Kalite sular kapsamına girmektedir.

Kış ayında yüzeysel sularda bulunan arsenik için yapılan regresyon analizinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model %95 güven düzeyinde anlamlıdır. İki faktör arsenikin sudaki varlığını % 44,5 oranında açıklamaktadır (Çizelge 54). Kış ayında olduğu gibi yaz ayında da suda bulunan arsenik için yapılan regresyon analizinde (Çizelge 54) endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi bağımsız değişkenlerinden oluşan model için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olduğundan model anlamlıdır. İki faktör arsenikin yaz mevsiminde sudaki varlığını % 80,6 oranında açıklamaktadır. Kış ayında suda bulunan arsenikin %44,5'lik kısmını endüstriyel etki ile yol ve yerleşme faktörleri etkilerken yaz

ayında bu oran iki katına çıkarak %80,6'ya yükselmiştir. Yani yaz ayında suda bulunan arsenik üzerinde endüstriyel etki ile yol ve yerleşme etkisi daha güçlüdür.

Çizelge 54. İnegöl Ovası Yüzeysel Sularında ve Topraklarında Kış Ayı Arsenik Konsantrasyon Düzeylerini Etkileyen Faktörler

Mevsim	Faktörler	Regresyon Katsayıları		Standart Katsayı	t	P ^b	P ^a
		B	Std. Error				
Kış	Sanayi Etkisi	,0001	,000	-1,565	-8,107	,000**	,001**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,001	,000	1,704	8,824	,000**	
Yaz	Sanayi Etkisi	,001	,0002	,391	3,425	,001**	,000**
	Yol ve Yerleşme Etkisi	,003	,001	,525	4,602	,000**	

$R^2_{(kış)} = ,445$ $R^2_{(yaz)} = ,806$ ** $p < 0,01$ a: Model ANOVA p değeri b: Katsayılar için t testi p değeri

Hannatu ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada arsenik konsantrasyonunun hem yer altı hem de yüzeysel sularda DSÖ tarafından belirlenen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Bu durum çalışma alanında gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri ile ilişkili bulunmuştur. Kagambega ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada da çalışma alanının arsenik ile kirlendiği ve bu durum Paura altın madeni faaliyetlerine bağlanmıştır. Andras ve diğ., (2012) çalışmalarında alanın arsenik ile kirlendiği ve bu durumu maden suyu ve onun radyoaktivite özelliğine bağlanmıştır.

5.3.10. İnegöl Ovası'nda Su Kirliliği Riski

Sanayileşmenin, tarımın ve nüfus yoğunluğunun etkisi altında olan antropojenik kirlenme sularda kendini kirletici ağır metaller ile göstermektedir. Bu ağır metaller; Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, Mn-1, As'dir. İnegöl ovası'nda tüm bu kirleticilerin (Cr-Pb-Cu-Zn-Ni-Cd-Fe-Mn-As) oluşturduğu su kirliliği kış ve yaz ayları risk haritaları Şekil 64a ve 64b de gösterilmektedir. Şekil 64a incelendiğinde kış mevsiminde, kahverengi ile gösterilen alanlardan geçen Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi, İnegöl-Yenişehir birleştirme boğazının hemen altındaki Koca çay ve Kara Dere ile Kurşunlu'nun

konsantrasyon düzeyleri iklim şartlarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır diyebilmekteyiz.

5.3. Arazi Kullanımı /Arazi Örtüsü (AKAÖ) Değişimi (1987-2010)

Kentsel yayılma günümüzde, tüm dünyada tartışılan en önemli coğrafi konulardan biridir (Anwar ve Bhalli, 2012). Kentsel yayılmanın en çok tartışılan coğrafi konulardan biri olmasının en önemli nedenini arazinin sürdürülebilir kullanımını dikkate almadan ilerlemesi oluşturmaktadır. Kentlerin nüfusunun ve sosyo-ekonomik ihtiyaçlarının artması, nüfusun arazi kullanımı/arazi örtüsü üzerinde bir baskı oluşturmaya neden olmakta (Reis, 2008) bu durum da sürdürülebilir kullanımı olumsuz yönde etkilemektedir. Kentlerin nüfusunun artması ve ekonomik gelişmeye koşut olarak yayılma kaçınılmaz bir süreçtir (Shalaby ve Gad, 2010). Kentlerin doğal ekosistemler aleyhine giderek yayılması arazinin sürdürülebilir kullanımını engellemektedir. Çünkü arazilerin gelecek açısından sürdürülebilir kullanımı için çeşitli arazi kullanım sınıflarının doğal karakteristiklerini, yerini, kalitesini, verimliliğini, uygunluğunu ve sınırlamalarını bilmek gereklidir (Chawla, 2012). Çeşitli arazi sınıflarının özelliklerini kendi çıkarlarımız uğruna görmezden gelerek onun üzerinde yapılan her türlü müdahale, arazinin sürdürülebilirliğini riske atmaktadır. Sürdürülebilirliğin merkezindeki arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi, küresel çevresel değişime neden olmaktadır (Sundarakumar ve diğ., 2012).

Kentlerde meydana gelen nüfus artışı ile birlikte yeni konutlar, okullar, yollar ve iş yerleri yapılmaya başlanmıştır. Geçmişte bu durumu insanlar “gelişim” olarak kabullenmiştir. Ancak nüfus ve sanayinin giderek artması ile “gelişim” olarak düşünülen bu durum üzerinde insanlar rahatsız olmaya, çevre üzerinde endişe etmeye başlamıştır (Pauleit ve diğ., 2005; Basawaraja, 2011). Çünkü dünya yüzeyinin en dinamik alanlarını oluşturan kentsel alanlar, sürekli artan nüfus ve sanayisi ile gelişir, büyür ve çevresine doğru

yayılır. Çevresine doğru yayılan kentler ise tarım arazilerinde, bitki örtüsü, toprak ve su kütlelerinde ciddi zararlara neden olur.

Aynı zamanda altyapı maliyetlerinin giderek artmasına, trafik sıkışıklığına da yol açar (Bauer ve diğ., 2003; Mohan ve diğ., 2011; Sundarakumar ve diğ., 2012; Chen ve diğ., 2014). Yani kentsel alanların hızla yayılması özellikle megaşehirlerde doğal kaynaklara olan ek talebi arttırarak yok olmalarına yol açar (Mohan ve diğ., 2011). Bu da kentler ve yakın çevrelerinde çevresel baskıya ve arazi kullanımı/örtüsü değişimine neden olur. Kentsel yayılma bu nedenle önemlidir (Mohan ve diğ., 2011; Singh ve diğ., 2014) ve çoğu kentsel alanlarda arazi kullanımlarını etkileyen en önemli faktördür (Mohammed, 2013).

Geçmişte insanlar için arazinin topoğrafik yapısı, su kaynakları, ulaşım olanakları ve savunma gibi faktörler yerleşim yeri seçilirken önemli iken günümüzde ise kentleşme ve sanayi kuruluşları önemlidir (Oğuz ve Bozali, 2014). Sanayileşme ile birlikte kentsel yayılma, kırsal alanlarda konut ve ticari arsa hareketini hızlandırmakta, böylece kırsal alanlara doğru yayılan kentler arazi üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Rimal, 2011). Örneğin, kentler hızla kendi saçaklarına doğru yayılırken, çevresindeki kırsal alanları yoğun sanayi alanları ve ticari alanlara dönüştürmektedir (Huang ve diğ., 2009). Bu tip arazi kullanımı trendi doğal çevreye ve ekosistemlere zarar vermektedir. Örneğin şehirlerin yayılması sonucu orman ve tarım arazileri tahrip olmakta, bu dönüşüm ise doğal ekosistemler üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır (Araya ve Cabral, 2010). Son yıllarda artan nüfus ve sanayinin doğal kaynaklar üzerinde olan olumsuz etkisi nedeni ile kentsel alanların ve yakın çevresinin arazi kullanımı ve örtüsü değişiminin izlenmesi ve bu değişikliklerin tespit edilmesi önemlidir (Karabulut ve diğ., 2006).

İnsan ile arazi arasındaki ilişki aynı zamanda AKAÖ değişikliği analizidir (Mmom ve Fred-Nwagwu, 2013). İnsan ve onun çevresi arasındaki etkileşim, özellikle doğal kaynakların işletilmesi sorununu giderek karmaşık hale getirmiştir. Çünkü kentsel alanlardaki doğal ekosistemler güçlü antropojenik faaliyetlerden etkilenmektedir (Mohan ve diğ., 2011). Güçlü antropojenik

faaliyetler sonucunda kentsel alanlardaki yerleşmeler ve insana ait yapılar giderek artarken aynı alandaki doğal çevre elemanları ise azalma eğilimi göstermektedir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki artan kentleşme nedeniyle AKAÖ değişimi verimli tarım arazilerinin yok olmasına (Aksoy ve Özsoy, 2007; Eryılmaz ve diğ., 2008; Samat ve diğ., 2011; Ohri ve Poonam 2012; Jianga ve diğ., 2013; Mmom ve Fred-Nwagwu, 2013; Pan ve diğ., 2013; Singh ve diğ., 2014) sulak alanlar ile orman ve yeşil alanların azalışına (Yang, 2009; Araya ve Cabral; 2010; Balik Şanlı, 2011) buna karşılık meskun alanların artışına (Al Rawashdeh ve Saleh, 2006; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Sundarakumar ve diğ., 2012) neden olmaktadır.

Mekan üzerinde ve zaman içinde meydana gelen değişimi göstermek için AKAÖ değişimi analizinde yararlanılır (Dewan ve Yamaguchi, 2009). CBS ve UA yöntemleri günümüzde AKAÖ değişiminin tespit edilmesinde kullanılan en önemli araçlardır. UA'nın önemini kentsel gelişimde ve arazi kullanımı değişiminde mekan üzerinde ve zaman içinde meydana gelen değişimin ortaya çıkarılmasında katkı sağlaması oluşturmaktadır (Herold ve diğ., 2003). UA yöntemiyle peyzajın zaman (geçmiş ve günümüz) içinde değişen koşullarına bakılarak, zaman içinde meydana gelen değişim kolaylıkla ortaya konulabilmektedir. UA ve CBS birlikte kullanıldığında ise nispeten daha büyük mekansal ölçekteki kentsel alanı modelleme ve ölçme olanağı sağlamaktadır (Yeh ve Li, 1997; Weng, 2001; Tang ve diğ., 2007). Bu nedenle doğal ve kentsel alanlardaki meydana gelen değişim analiz edilirken CBS ve UA araçlarından faydalanılır.

5.4.1. İnegöl Ovası'nda Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi

İnegöl Ovası'nda 1987-2010 yıllarına ait AKAÖ oranları Şekil 65 ve Çizelge 55 de gösterilmektedir. Şekil 65 ve Çizelge 55 incelendiğinde 1987 yılında; ekili dikili alanlar, yerleşme alanları, çıplak toprak ve taş yüzeyleri, mera ve otlaklar ile sanayi alanları sırasıyla en öne çıkan AKAÖ tiplerini oluşturmaktadır. 2010 yılında ekili dikili alanlar, yine çalışma alanında ilk

sıradaki yeri ile önemini korur iken, alanında büyük oranda azalmalar tespit edilmektedir. 2010 yılında ekili dikili alanların çalışma alanındaki alanı %96,70'den %91,04'e gerilemektedir. Alanındaki azalmalar kentsel yayılmanın bir sonucudur. Çünkü alanı büyük oranda yerleşmeler ve sanayi kuruluşları tarafından işgal edilmiştir. Bu durum ise arazilerin amacı dışında kullanılmasına örnek teşkil etmektedir.

Çizelge 55. İnegöl Ovası'nın 1987 ve 2010 yıllarında arazi kullanımı ve arazi örtüsü oranları

Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü		1987	2010
Doğal Alanlar	Su Yüzeyleri	0,00	0,04
	Ekili-Dikili Alanlar	96,7	91,04
	Mera ve Otlaklar	0,58	0,03
	Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri	1,22	1,91
Beşeri Alanlar	Yerleşme Alanları	1,36	5,08
	Sanayi Alanları	0,13	1,9

Yerleşme alanları yine ikinci sırada yer almakta ancak alanında büyük oranda artış belirlenmektedir. Çıplak toprak ve taş yüzeyleri ise 1987 yılında olduğu gibi çalışma alanında 2010 yılında da üçüncü sırada yer almakta ve alanında yaklaşık 0,69 oranında artma tespit edilmektedir. 1987 yılında çalışma alanında beşinci sırada yer alan sanayi alanları 2010 yılında dördüncü sıraya yükselmekte ve alanı büyük oranda artmaktadır.



Şekil 66. Çalışma Alanı Kuzeyindeki Tarım Arazileri Üzerine İnşa Edilen Yapılardan Görünüm

Yüceşahin (2002)'nin de belirttiği gibi kentlerin gelişim yönleri, birinci derecedeki önemli tarım arazileri üzerinedir ve arazi kullanımına ilişkin mevcut tarım alanları yerleşimler tarafından işgal edilmektedir.



Şekil 67. Çalışma Alanının Kuzeybatısındaki Tarım Arazileri Üzerine Kurulmuş Olan Sanayi Tesislerinden Bir Görünüm

Bu çalışmada elde edilen sonuç Yüceşahin (2002)'nin çalışmasıyla da paralellik göstermektedir. Yüceşahin (2002) İnegöl şehri çevresindeki tarım alanlarının, yerleşmeler (Şekil 68) ve sanayi alanları (Şekil 69) tarafından ciddi tehdit altında olduğunu belirtmiştir.



Şekil 68. İnegöl Ovası'nda Yerleşmelerin Tarım Alanları Aleyhine İlerlemesine Bir Örnek

Daha önce başka alanlar için yapılan çalışmalarda da aynı sonuçlara varılmaktadır. Eryılmaz ve diğ., (2008)'nin Bursa şehrinde yaptıkları çalışmada verimli tarım arazilerinin yerleşim alanları ve sanayi tesisleri nedeniyle kaybedildiği dile getirilmektedir. Konya da ise yaklaşık 15.000 hektar tarım arazisinin 1970'li yıllardan sonra kentsel yayılma ile yapılaştığı belirlenmiştir (Akseki ve Meşhur, 2013). Kara ve Karatepe (2012) tarafından yapılan çalışmada da Beykoz ilçesinde tarım alanlarının azaldığı vurgulanmaktadır. Tarım alanlarının azalmasının altına yatan neden olarak ise yine bu alanların yerleşim alanlarına çevrilmiş olması gösterilmiştir. Adana şehrinde yapılan çalışmada ise şehrin büyüdüğü ve bu büyüme ile tarım alanlarının azaldığı ve fonksiyonlarının değiştiği tespit edilmiştir (Sönmez, 2012). Özdemir ve Bahadır (2008) tarafından Yalova ili'nde yapılan çalışmada da şehrin büyüdüğü ve bu büyümenin de verimli tarım alanlarının yok olmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Singh ve diğ., (2014) tarafından

yapılan çalışmada Racistan'ın (Hindistan) Jaipur kenti etrafında, kentsel büyümenin, yayılmanın verimli tarım arazileri üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Nijerya'nın Port Harcourt şehrinde yapılan başka bir çalışmada meskûn alanlarının arttığı buna karşılık tarım alanlarının azaldığı belirlenmiştir (Mmom ve Fred-Nwagwu, 2013). Jianga ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmada da kentsel genişleme ile birlikte tarımsal arazi kullanımı yoğunluğunda bir düşüş olduğu vurgulanmıştır. Shalaby ve Gad, (2010) tarafından yapılan araştırmada Mısır da kentsel yayılmanın tarım arazileri üzerine olan etkisi incelenmiş ve sonuç olarak kentin verimli tarım arazileri üzerine doğru genişlediği tespit edilmiştir. Ohri ve Poonam (2012) çalışmalarında Varanasi'de (Hindistan) tarım alanlarında önemli azalma ve yapılaşmış alanlarda ise muazzam bir büyüme olduğu belirlenmiştir. Sundarakumar ve diğ., (2012) tarafından Vijayawada şehrinde, Dewan ve Yamaguchi (2009) tarafından Dakka (Bangladeş) şehrinde, Yang (2009) tarafından Atlanta metropolitan alanında, Ohri ve Poonam (2012) ile benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yukarıdaki tüm çalışmaların ortaya çıkarttığı ortak sonuç, Samat ve diğ., (2011)'nin belirttiği gibi birçok şehirde, kentsel alan genişletme, özellikle kent çevresindeki tarım alanlarına el uzatmaktır.



Şekil 69. İnegöl Ovası'nın Kuzeybatısında Sanayi Alanlarının Tarım Alanları Aleyhine Büyümesine Bir Örnek

Şekil 65'de de görüldüğü gibi ekili dikili alanlar İnegöl ovasının büyük bir bölümünü kaplamaktadır. İnegöl Ovası'nda yapılan ekili-dikili tarım halkın geçim kaynağını oluşturmaktadır. İnegöl'de üretilen sebzeleri; patates, domates (sofralık ve sanayi), lahana, biber, patlıcan, salatalık, taze fasulye, sakız kabağı, bal kabağı, kavun ve karpuz iken tarla ürünlerini ise buğday, ayçekirdeği, mısır, yonca, fiğ, yulaf, arpa, ayçiçeği ve mısır oluşturur (İTSO, 2013). İnegöl ovasındaki dikili alanların büyük kısmı İnegöl şehrinin güneyinde ve güneydoğusunda yer alır. Çalışma alanında üretilen meyveleri ise; elma, şeftali, çilek, armut, ceviz, kiraz, üzüm, kestane ve erik oluşturmaktadır (İTSO, 2013). Ekili dikili alanların azalmasındaki en büyük neden kentsel yayılmadır. Kentsel yayılma ile sanayi ve kentsel alanlar, alanlarını genişletirken ekili dikili alanlarda doğal olarak ise azalmalar görülmektedir. Çizelge 56 incelendiğinde AKAÖ içinde 1987 yılında ~% 96,7 olan ekili dikili alanlar 2010 yılında ~ % 91,4 gerileyerek ~% 5,3 lük bir azalış göstermektedir. AKAÖ değişimi incelendiğinde ekili dikili alanların ~% 3,35 i yerleşme alanlarına, ~% 1,74 ü çıplak toprak ve taş yüzeylerine, ~% 1,71 i sanayi alanlarına ve ~% 0,04 ü su yüzeylerine dönüştüğü belirlenmektedir. Ekili dikili alanların yaklaşık %1,74'ü çıplak toprak ve taş yüzeylerine döndüğü tespit edilmektedir (Şekil 65). Şekil 65 incelendiğinde çalışma alanının üst kısımlarında bu alanların nadas için ayrılan alanlar olduğu, alt kısmında ise yerleşme ve sanayi için açılan alanları teşkil ettiği gözlenmektedir. Ekili dikili alanların %0,04 oranındaki çok küçük bir bölümü ise su yüzeylerine (Şekil 70) dönüşmektedir. Çalışma alanının doğusunda (Şekil 70) su yüzeylerine örnek bir alan gösterilmektedir. Bu alan ise baraj ya da gölet yapımı için oluşturulmuş alanları teşkil etmektedir.



Şekil 70. Çalışma Alanının Doğusunda Yer Alan Su Yüzeyinden Bir Görünüm

Araştırma alanında ekili dikili alanlar azalırken doğal olarak yerleşme alanlarında büyüme belirlenmiştir (Şekil 65, Çizelge 56). İnegöl ovası, yaklaşık 142 km büyüklüğünde, elips şeklinde ve büyük eksenini NW-SE istikametinde uzanan bir ovadır (Hoşgören, 1975). İnegöl'ün sahip olduğu kentsel hizmetleri, sanayi kuruluşlarına dayalı iş ve ticaret hacmi, bu alanda bir cazibe merkezi olmasını da sürekli kılmaktadır (Yüceşahin, 2010). Bu nedenle beşeri alanlar ve yerleşmeler İnegöl şehrinin etrafında ve yamaçlarda yayılmış durumdadır (Şekil 65). İnegöl şehrinin kuzeydoğusunda yer alan Mesudiye Mahallesi ise batıya doğru gelişerek İnegöl şehri birleşmiştir (Şekil 65). Bu durum Yüceşahin (2002)'in çalışmasında da ortaya koyulmuştur. İnegöl şehri başta olmak üzere, çalışma alanının diğer yerleşmelerinde de önemli oranda alansal olarak büyüme belirlenmiştir. İnegöl şehrinin kuzeyinde yer alan Alanyurt alansal olarak oldukça büyümüş (Şekil 65) ve İnegöl ile neredeyse birleşmektedir. Bu durum Yüceşahin (2003)'nin çalışmasında da dile getirilmiştir. Yüceşahin (2003) bu durumu "Mekansal olarak İnegöl ile Alanyurt'un birleşmesi gerçekleşmek üzeredir" sözü ile dile getirmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda da aynı sonuçlara varılmaktadır. Örneğin Bauer ve diğ., (2003) tarafından Twin Cities (Minnesota) Metropolitan alanında, kentsel alanın toplam alan içinde %25.8

den %30.6 çıktığı gözlenmektedir. Al Rawashdeh ve Saleh (2006) Ürdün'ün Amman alanında 1918-2002 dönemi boyunca kentsel alanın 162 km² arttığını belirlemişlerdir. Dewan ve Yamaguchi (2009) tarafından yapılan çalışmada Bangladeş'in Dakka Metropolitan alanının 1960 ile 2005 yılları arasında yaklaşık 15,924 hektar arttığı tespit edilmiştir. Araya ve Cabral (2010) tarafından Portekiz'in Setúbal ve Sesimbra kentsel alanlarında yapılan çalışmada kentsel alanların 1990 ve 2006 yılları arasında %91.11 artış gösterdiği belirlenmiştir. Kara ve Karatepe (2012) tarafından yapılan çalışmada 1986-2011 yılları arasında Beykoz ilçesinde yapılan çalışmada yerleşim alanlarının % 10,72'den % 15,72'ye yükseldiği gözlenmiştir. Gülersoy (2013) çalışmasında ise inceleme dönemi olan 1986-2010 yıllarında en büyük arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimin yerleşim alanlarında olduğu tespit edilmiş ve Manisa şehrinin alansal olarak % 211 (3310 ha) oranında genişlediği belirlenmiştir. Pan ve diğ., (2013) tarafından Florida Panhandle de kentsel alanların 1985-2005 yılları arasında yaklaşık %79 oranında arttığı belirlenmiştir. Sanver (2008)'in Ölüdeniz (Fethiye) de yaptığı çalışmada da kentsel alanların 10 km² kadar arttığı tespit edilmiştir. Özyavuz (2011) tarafından Tekirdağ kent merkezinde yapılan çalışmada da 2000-2010 yılları arasında yaklaşık 580,57 hektar alanın kentsel alana dönüştüğü belirlenmiştir. Gülersoy ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada da 1985 yılında 1.644 hektar alan kaplayan Tarsus şehri'nin, 2011 yılında neredeyse %100'lük bir artış göstererek alanını 3.123 hektara ulaştırdığı tespit edilmiştir. Mohan ve diğ., (2011) Delhi Megakentinde; Sundarakumar ve diğ., (2012) Vijayawada şehrinde; Ohri ve Poonam (2012) Varanasi'de; Ekinci ve Pekteznel (2012) Bolu İli'nde; Sönmez (2012) Adana şehrinde; Karabulut ve diğ., (2006) Kahramanmaraş şehrinde; Özdemir ve Bahadır (2008) Yalova ilinde; Balık Şanlı (2011) Ümraniye ilçesinde aynı sonuçlara ulaşmıştır.

Araştırma alanında yerleşme alanlarında olduğu gibi sanayi alanında da büyüme belirlenmiştir (Şekil 65, Çizelge 56). Şehrin doğusunda Küçük Sanayi Sitesi yer almaktadır ve Küçük Sanayi Sitesi'nin İnegöl ile birleşik halde olduğu gözlenmektedir. Şehrin kuzeybatısında ise Bursa-Ankara

karayolu üzerinde OSB bulunmaktadır. 1977 yılında Bakanlar Kurulu Kararı ile İnegöl Belediyesi ve İnegöl Ticaret ve Sanayi Odası'nın ortaklaşa teşebbüsü sonucunda "İnegöl Organize Sanayi Bölgesi" kurulma kararı alınmış ve Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın kredi desteği ile kontrolü ve alt yapısı 1987 yılında tamamlanmıştır (Yüceşahin, 2010). Kurulduğunda İnegöl'e 3 km uzaklıkta olan OSB önceden Milli Savunma Bakanlığınca hava alanı olarak kullanılmış ve ancak daha sonra işlevini yitirmiş bir alan üzerine kurulmuştur. Şekil 65 incelendiğinde Alanyurt kasbasında tespit edilen durum OSB için de belirlenmiştir. Nitekim İnegöl'e 3 km uzaklıkta bulunan OSB'nin İnegöl ile birleştiği görülmektedir. Aynı zamanda İnegöl şehri sanayileşmeye bağlı olarak hızla büyüyüp çevresine doğru yayıldığından endüstri alanları ve yerleşim alanlarının birbiri ile iç içe girdiği tespit edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuç Eryılmaz ve diğ., (2008) tarafından da Bursa Ovası'nda tespit edilmiştir. Bu çalışmada ekim alanlarının bir kısmının sanayi tesisleri nedeniyle kaybedildiği vurgulanmıştır. Karabulut ve diğ., (2006) Kahramanmaraş şehrinde yaptıkları çalışma da sanayi tesislerinin tarım alanları üzerine kurulduğu ve son yıllarda sanayi alanlarının büyüdüğü gözlenmiştir. Kavzoğlu ve Çetin (2005) tarafından Gebze'de yapılan çalışmada son 15 yılda sanayileşme ve şehirleşmenin iki kattan fazla yapılaşmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

İnegöl ovasındaki AKAÖ tiplerinden bir diğeri ise çıplak toprak ve taş yüzeyleridir (Şekil 65, Şekil 71; Çizelge 53). Şekil 65 incelendiğinde AKAÖ içinde 1987 yılında ~% 1,22 olan çıplak toprak ve taş yüzeyleri 2010 yılında ~% 1,91 e yükselerek ~% 0,69 luk bir artış göstermektedir. AKAÖ değişimi incelendiğinde çıplak toprak ve taş yüzeylerinin ~% 48,93 ü ekili dikili alanlara, ~% 32,85 i yerleşme alanlarına ve ~% 12,15 i sanayi alanlarına dönüştüğü belirlenmektedir. Çıplak toprak ve taş yüzeylerinin (Şekil 71) sanayi ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi durumu aslında zaten bu alanların daha önceki dönemlerde yerleşme ve sanayi alanları için açılmış yüzeyler konumunda olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 71. Kurşunlu'nun Kuzeyinde Yer Alan Çıplak Toprak ve Taş Yüzeylerinden Bir Görünüm

Ekili dikili alanlara benzer şekilde AKAÖ içinde mera ve otlak alanlarında da bir azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 72, Şekil 65, Çizelge 56). Mera alanlarından olan değişimin yönü sırasıyla ekili dikili alanlar, yerleşme, sanayi ve çıplak toprak ve taş yüzeyleri yönündedir (Şekil 65, Çizelge 56).



Şekil 72. Kulaca'nın Güneyinde Yer Alan Mera ve Otlak Alanlardan Bir Görünüm

AKAÖ değişimi incelendiğinde mera ve otlakların ~% 87,59 u ekili dikili alanlara, ~% 1,83 ü yerleşme alanlarına, ~% 0,68 i sanayi alanlarına, ~% 4,47 sinin ise çıplak toprak ve taş yüzeylerine dönüştüğü belirlenmektedir. Mera ve otlak alanların çıplak toprak ve taş yüzeylerine olan değişimi mera ve otlakların degradasyona uğradığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Gülersoy (2013) tarafından Manisa merkez ilçesinde yapılan çalışmada da 1986-2010 yılları arasını kapsayan 24 yıllık süreçte, mera alanlarında %-31,5 oranında azalma görüldüğü belirlenmiştir.

Çizelge 56. İnegöl Ovası'nda Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişimi (1987-2010)

Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişimi	%
Hep ekili/dikili alan olan	93,16
Ekili/dikili alan iken su yüzeyi olan	0,04
Ekili/dikili alan iken yerleşme alanı olan	3,35
Ekili/dikili alan iken sanayi alanı olan	1,71
Ekili/dikili alan iken çıplak toprak ve taş yüzeyi olan	1,74
Hep çıplak toprak ve taş yüzeyi olan	6,11
Çıplak toprak ve taş yüzeyi iken ekili/dikili alan olan	48,93
Çıplak toprak ve taş yüzeyi iken yerleşme alanı olan	32,85
Çıplak toprak ve taş yüzeyi iken sanayi alanı olan	12,15
Hep mera ve otlak olan	5,48
Mera ve otlak iken ekili/dikili alan olan	87,59
Mera ve otlak iken yerleşme alanı olan	1,83
Mera ve otlak iken sanayi alanı olan	0,68

ALTINCI BÖLÜM

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Kentsel alanların daha fazla imkânı içinde barındırması nedeniyle çekiciliği ve gelişmiş sanayisi, insanlara daha fazla iş gücü sunmakta, bu durum ise kentlerin nüfusunun hızla artmasına neden olmaktadır. Nüfusun hızla artması ise kentsel alan açığına ortaya çıkarmakta ve ortaya çıkan büyüme süreciyle birlikte kentler çevresine doğru hızla yayılmaktadır. Kentlerin çevresine doğru hızla yayılması toprak, su, hava kirliliği ve arazi kullanımı-arazi örtüsü değişimi gibi bir dizi problemi de beraberinde getirmektedir. Yani bu durum kentler ve çevrelerinde yer alan doğal kaynakların ileri düzeyde tahribi ile sonuçlanmaktadır. Kentsel alanların doğal kaynaklar üzerindeki en önemli etkisi kentlerin sürdürülebilir kullanımı üzerinedir. Çünkü bir yaşam alanını oluşturan kentler ve onun doğal çevresi insanoğlu tarafından çok fazla tahribe uğramaktadır. Bunun sonucunda da kentsel yayılma geri dönüşümü zor ya da mümkün olmayan çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Çünkü kentlerin doğal kaynaklar üzerinde oluşturduğu olumsuz şartlar, mekan üzerindeki yayılımı ile kıyaslandığında çok daha büyüktür. Özellikle de sanayi kuruluşları açısından gelişmiş kentlerde bu sorunları bir arada görmek mümkündür. Son yıllarda şehirleşmiş alanlar bakımından hızlı ilerleme gösteren Türkiye’de, yanlış arazi kullanımı ve kentsel kaynaklı çevre kirliliği ile ilgili sorunlar kendini belirgin bir şekilde hissettirmeye başlamıştır. Nitekim İnegöl ovası da şehirleşmenin, şehirselleşmenin dinamik olduğu ve şehirleşmenin çevreye etkisinin devam ettiği bir yerleşme alanıdır. Aynı zamanda çalışma alanı tarım, sanayi ve yerleşmelerin birlikte gelişme gösterdiği önemli meskun alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle kentsel yayılmanın çevreye olan etkisinin kolaylıkla elde edilebileceği bir alan

olma özelliğindedir. Çalışma alanı mobilya endüstrisi, küçük sanayi sitesi, çeşitli sanayi kuruluşları ve OSB ile birlikte bir cazibe merkezi haline gelmiş ve nüfusu sürekli olarak artmıştır. Bu durum beraberinde plansız kentleşmeyi ve kentsel yayılmayı getirmiştir. Ayrıca çalışma alanı tarımsal faaliyetler açısından da önemli bir konuma sahiptir. Bunun sonucunda da nüfusu kendine çekmiş ve merkezinden çevresine doğru yayılma sürecine girmiştir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında, İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın arazi kullanımı ve çevre sorunları (kentsel kaynaklı hava, su ve toprak kirliliği) üzerine olan etkisini belirlemek hedeflenmiştir. Bu kapsamda tezin ana hipotezi, "İnegöl Ovası'nda kentsel yayılma, arazi kullanımı/ arazi örtüsü değişikliklerine ve çevre sorunlarına yol açmaktadır" dır. Bu ana hipotez çerçevesinde test edilen diğer hipotezler:

- ✓ **H1:** İnegöl Ovası'nda hava, fosil yakıtların ve katı atıkların yakılması, bazı kimyasal tesisler, sanayi kuruluşları, madencilik faaliyetleri, inşaat yapım aktiviteleri ve trafikten kaynaklanan gazların havaya karışması sonucu kirlenmektedir.
- ✓ **H2:** İnegöl Ovası'nda toprak kaynakları; evsel atıkların, organize sanayi bölgesindeki kuruluşların ve bazı sanayi tesislerinin atıklarının toprağa karışması sonucunda kirlenmektedir.
- ✓ **H3:** İnegöl Ovası topraklarında şehirlere yakın yerlerde kirleticilerin etkisi artmakta; şehirlerden uzaklaştıkça kirleticilerin etkisi azalmaktadır.
- ✓ **H4:** İnegöl Ovası'ndaki yüzeysel sular; evsel atıkların, organize sanayi bölgesindeki kuruluşların ve bazı sanayi tesislerinin atık sularının sulara karışması sonucunda kirlenmektedir.
- ✓ **H5:** İnegöl Ovası yüzeysel sularında şehirlere yakın yerlerde kirleticilerin etkisi artmakta; şehirlerden uzaklaştıkça kirleticilerin etkisi azalmaktadır.
- ✓ **H6:** İnegöl Ovası'nda kentsel yayılma ve sanayileşme, arazi kullanım değişikliğine sebep olmaktadır.

- ✓ **H7:** İnegöl Ovası'nda yerleşmelerin kapladığı alanlar gün geçtikçe daha da artacaktır.

Çalışma kapsamında farklı araştırma teknik ve istatistikler ile tüm hipotezler test edilmiş ve doğrulamaları yapılmıştır.

H1 hipotezi çerçevesinde araştırma alanının hava kalitesini belirlemek amacı ile İnegöl Ovası'nın Ocak 2012-Aralık 2013 dönemine ait hava kirliliği parametreleri (SO₂, PM₁₀, NO, NO₂ ve CO) kullanılmıştır. Hava kirlenici parametreleri, zamansal değişim ve konsantrasyon düzeylerinin sınır değerlerle karşılaştırılması bakımından incelenmiştir.

Çalışmada PM₁₀'nin 2012-2013 yılları arasında azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Bu azalış eğilimi PM₁₀ de %99 güven düzeyinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu literatürdeki çalışmalarla da belirlenmiş ve bilinen bir gerçektir (Erbaşlar ve Taşdemir, 2006; Beyhun ve diğ., 2008; Nazım ve diğ., 2008; Menteşe ve Tağıl, 2011; Menteşe ve Tağıl, 2012; Turan ve Yalçın Çelik, 2012). İnegöl de PM₁₀ konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi son yıllarda azalış göstermiş olsa da, kirlenici konsantrasyon değerinin HKKY, AB, EPA ve DSÖ tarafından belirlenen sınır değerlerin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar PM₁₀ deki azalışı doğalgaz kullanımının artışına bağlamışlardır (Keçebaş ve diğ., 2010). İnegöl de PM₁₀ konsantrasyonlarının yıllık ortalama değişimi son yıllarda azalış göstermiş olsa da, kirlenici konsantrasyon değerinin HKKY, AB, EPA ve DSÖ tarafından belirlenen sınır değerlerin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca PM₁₀ konsantrasyonunun kış aylarında en yüksek seviyesinde; yaz aylarında ise en düşük seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Yine literatürdeki araştırmalar, PM konsantrasyonlarının kışın arttığını ortaya koymuştur (Berkaş ve diğ., 2003; Çiçek ve diğ., 2004; Aydın, 2006; Taş, 2006; İbret ve Aydınöz, 2009; Menteşe, 2011; Menteşe ve Tağıl, 2012). Bu sonuçlar İnegöl de PM₁₀ açısından oldukça kirli atmosferik koşulların mevcut olduğunu göstermektedir.

SO₂ değişimi incelendiğinde ise kirleninin incelenen yıllarda çalışma alanında artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu Turalıoğlu ve diğ.,

(2011) tarafından yapılan çalışma ile de paralellik göstermektedir. SO₂ için İnegöl'de ölçüm yapılan yıllarda HKKY'nde belirlenen sınır değeri geçmediği saptanmıştır. Buna karşılık DSÖ, AB ve EPA tarafından kabul edilmiş olan sınır değerleri, incelenen dönem içinde geçtiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi Nazım ve diğ., (2008), Erbaşlar ve Taşdemir (2006), İncecik ve İm (2013) taraflarından yapılan çalışmalarda SO₂ seviyelerinin ulusal ve uluslararası limit değerlerin çok üstünde olduğunu ortaya koymuşlardır. PM de olduğu gibi SO₂ dede kış aylarında kirletici düzeylerinde artışlar belirlenmiştir. İnegöl'de PM₁₀ de azalış olduğu halde miktarların sınır değerlerin çok üzerinde seyretmesi ve SO₂ de artış gözlenmesi burada sanayi, trafik ve ısınma kaynaklı kirliliğin devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca çalışma alanı çevresi dağlarla çevrili bir havza özelliğine sahip olduğu için burada oluşan kirlilik dağılamakta ve artış eğilimi göstermektedir.

NO ve NO₂'nin yıllar arasındaki değişimi incelendiğinde ise her iki kirleticinin de azalış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan yıllar içinde NO için belirlenen 200 µg/m³ sınır değerini hiç geçilmediği tespit edilmiştir. Nitekim NO₂ için de HKKY ve EPA tarafından kabul edilmiş sınır değerleri hiç geçmediği belirlenmiştir. Buna karşılık NO₂ değerlerinin DSÖ'nce kabul edilmiş sınır değeri geçtiği tespit edilmiştir. Her iki kirleticinin de tıpkı PM ve SO₂ de olduğu gibi kış aylarında arttığı belirlenmiştir. Her iki kirletici için de ulusal yasal sınır değerleri zorlayan bir durumun olmadığı tespit edilmiştir.

İncelenen yıllarda CO değişimi incelendiğinde ise kirleticinin azalış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. İnegöl'de CO için HKKY tarafından belirlenen 10000 µg/m³ olan sınır değeri hiçbir dönemde aşılmamıştır. Çalışmanın kapsamındaki diğer kirleticiler kadar belirgin olmasa da CO'in kış aylarında arttığı, yaz aylarında ise azalış eğiliminde olduğu gözlenmiştir.

Kentsel alanlardaki topraklar ağır metal kirliliği açısından tehdit altındadır. Çünkü kentsel topraklar, ağır metaller için lavabo görevi görmektedirler. Kentsel topraklardaki ağır metaller Cr, Pb, Cu, Zn-1, Ni, Cd, Fe, As ve Mn-1'dir.

H2 hipotezine göre çalışma alanı toprakları geneli, incelenen ağır metaller açısından kirlenmiştir ve konsantrasyon değerleri çok yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durum H2 hipotezini doğrulamış ve onaylamıştır. Ayrıca topraklarda tespit edilen yüksek ağır metal düzeyleri sanayi kuruluşları, OSB, İnegöl şehri, yollar ve yerleşmelerle ilişkili bulunmuştur. Çalışma alanının ağır metal kirliliği açısından en riskli bölgelerini, çalışma alanının batısındaki alanlar oluşturmuştur. Yani kirlilik artışı üzerinde İnegöl Şehri'nin büyük etkisi vardır. Bu bulgu ise H3 hipotezini doğrulamıştır.

İncelenen dokuz ağır metalin İnegöl Ovası topraklarında mekânsal dağılımı, risk değerlendirmesi ve kaynak sahaları değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

İnegöl Ovası toprakları krom ağır metali açısından değerlendirildiğinde; çalışma alanının genelinde krom konsantrasyon düzeyleri yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca krom konsantrasyon seviyeleri bakımından çalışma alanının ekolojik risk aralığı “çok riskli ve riskli” dir. Çalışma alanının en riskli, yani sıcak kesimlerini İnegöl şehrinin batısında kalan alanlar ile Kurşunlu ve çevresi teşkil etmektedir. Bu alanlar dışında, çalışma alanının diğer alanlarında daha düşük düzeyler belirlenmesine rağmen, bu düzey hiç de azımsanacak seviyede değildir. Çünkü krom açısından analiz edilen numunelerin hemen hemen hepsinde konsantrasyon değerleri 100 ppm sınır değerlerinin üzerindedir. Dolayısı ile de ova genelinde bu metalin kirlilik riski oluşturduğu söylenebilmektedir. Çalışma alanında belirlenen yüksek krom konsantrasyon seviyeleri sanayi kuruluşları, İnegöl kenti ve OSB değişkenlerinden kaynaklanmıştır. Bu bulgu literatürdeki çalışmalarla da paralellik göstermektedir. Ayrıca bu çalışmalarda da yüksek krom konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri ve yerleşimlerle ilişkili bulunmuştur (Bakaç ve Kumru, 1993; Dheba ve Shawabkein, 2012; Inobeme ve diğ., 2014; Argyraki ve Kelepertzis, 2014). Nitekim İnegöl Ovası topraklarında bu metalin birikimi burada yaşayan canlıların sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Çünkü bu topraklar üzerinde yetişen ve doğal olarak gözüken en küçük bir meyve ve sebzenin bile içinde barındırdığı ağır

metal düzeylerinden habersiz yaşamaktayız. Metaller canlı yaşamına, konsantrasyon düzeyleri ile paralel olarak toksik etki yaptığından ovadaki kirlilik unsurları tamamı ile yok edilmese bile azaltılmaya çalışılmalıdır.

Çalışma alanı toprakları aynı zamanda kurşun metali açısından da değerlendirilmiştir. Kış mevsiminde çalışma alanının kurşun açısından sıcak bölgelerini Ortaköy ve Deydinler'in kuzeybatısındaki alanlar oluştururken, yaz ayında kuzeybatı-güneydoğu yönünde Alanyurt-Ortaköy hattı arasında kalan bölge oluşturmuştur. Bu alanlar dışında çalışma alanının diğer alanları riskli, orta riskli ve az riskli bölgeler kapsamına girmiştir. Araştırma alanında tespit edilen yüksek konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri, OSB, İnegöl kenti ve yollar ile ilişkili bulunmuştur. Literatürdeki çalışmalar da kurşun konsantrasyon düzeylerinin artışı sanayi faaliyetlerine, tarımsal aktivitelere, trafiğe ve yerleşimlere bağlamışlardır (Çubukçu ve Tüysüz, 2005; Al-Khashman ve Shawabkeh, 2006; Mohd Tahir ve diğ., 2007; Mashal ve diğ., 2009). Çalışma alanı toprakları bu metal açısından risk taşımaktadır. Bu nedenle bu metale ait kirlilik unsurları azaltılabilir ve metalin birikimini önleyici bir takım önlemler alınabilir. Aksi halde bu metalin canlıların vücuduna doğrudan ya da dolaylı yollardan geçmesi canlılar üzerinde toksik etkiye neden olur.

Çalışma alanı toprakları bakır metali açısından da değerlendirilmiştir. Kış aylarında bakır metali için sıcak bölgeleri Kulaca, Alanyurt'un doğusu ve Kurşunlu çevresi oluştururken yaz ayında ise çalışma alanının kuzeybatı ve güneydoğu yönündeki Akhisar-Kurşunlu hattı oluşturmuştur. Hem yaz hem de kış ayında tespit edilen yüksek bakır konsantrasyon düzeyleri sanayi faaliyetleri ve yerleşmelerden kaynaklanmıştır. Nitekim literatürdeki çalışmalarda da bakır kirliliği kaynaklarının öncelikle büyük sanayi tesisleri ve trafik ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Özkül 2008; Jankiewicz ve Adamczyk, 2010; Karima ve diğ., 2014). Kış mevsiminde İnegöl Ovası'nın bakır kirliliği açısından ekolojik risk aralığı çok riskli ve riskli iken, yaz ayında orta riskli ve risklidir. Dolayısı ile çalışma alanı topraklarının tamamı bakır kirliliği açısından risk taşımaktadır.

Çalışma alanı toprakları çinko açısından da değerlendirilmiştir. Nitekim kış ayında İnegöl İlçesi ile Deydinler, Ortaköy ve Kurşunlu civarında, yaz ayında ise İnegöl ilçesi, Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah civarlarında belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Hem kış hem de yaz mevsiminde tespit edilen yüksek çinko düzeyleri, bu alanlarda faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından, yollardan, OSB'nden ve İnegöl Şehri'nden kaynaklanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda da çinkonun endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Çubukçu ve Tüysüz, 2005; Özkul, 2008). Kış ayında çinko açısından çalışma alanının ekolojik risk aralığı çok riskli, riskli ve orta risklidir. Yaz ayında ise çalışma alanının tamamı riskli ve çok risklidir. Dolayısı ile de çalışma alanı toprakları çinko kirliliği açısından da risk altındadır.

Çalışma alanı toprakları nikel açısından değerlendirildiğinde ise, kış ayında Yeniceköy ile onun kuzeyindeki alanlarda; yaz ayında Cerrah, Yeniceköy ve Akhisar çevrelerinde belirgin artışlar olduğu saptanmıştır. Bu alanlardaki yüksek nikel düzeylerinin yerleşmeler, OSB ve sanayi kuruluşları ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Özkul (2008), Lin ve diğ., (2011) ve Odoi ve diğ., (2011) taraflarından yapılan çalışmalarda nikel metal konsantrasyonlarının endüstrilerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Hem yaz hem de kış ayında ekolojik risk aralığı nikel açısından riskli ve çok risklidir. Çalışmada nikel düzeylerinin düşük olarak belirlendiği alanlar İnegöl Şehri'nden uzak, sanayinin diğer yerlere nazaran gelişmediği tarım ve meyveciliğin yoğun olarak yapıldığı alanlara karşılık gelmektedir. Bu nedenle de İnegöl Ovası etrafında faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarına ait atıkların ve evsel atıkların toprağa ve suya deşarj edilmeden önce bunların içerdikleri kirleticiler de düşünülmelidir ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Çalışma alanı toprakları kadmiyum açısından değerlendirildiğinde ise, kış ayında en yüksek düzeyler Kurşunlu'nun kuzeydoğusu ile Kurşunlu çevresinde belirlenmiş iken, yaz ayında çalışma alanının batı kesimlerinde belirlenmiştir. Kadmiyum elementinin topraktaki varlığı sanayi kuruluşları, yerleşmeler ve OSB ile ilişkili bulunmuştur. Olatunji ve diğ., (2009), Akpoveta

ve diğ., (2010), Olatunji ve diğ., (2014) çalışmalarında da insan nüfusunun, trafiğin ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlarda konsantrasyon düzeylerinin arttığını belirlemişlerdir. Araştırma alanında kadmiyum kirliliği açısından ekolojik risk aralığı; riskli, orta riskli ve az riskli olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı toprakları demir açısından da incelenmiştir. En yüksek demir konsantrasyon değerleri İnegöl'ün kuzeyi, Akhisar, Alanyurt, Yeniceköy, Cerrah ve Kurşunlu çevrelerinde tespit edilmiştir. Demir konsantrasyon düzeylerinin yüksek seviyelerde tespit edildiği bu alanlarda kirlilik yerleşmelerden, sanayi kuruluşlarından ve İnegöl'den kaynaklanmıştır. Bu sonuç literatürdeki başka alanda yapılan sonuç ile de paralellik göstermektedir (Mohd Tahir ve diğ., 2007). Çalışma alanı topraklarının demir kirliliği açısından ekolojik risk aralığı çok riskli ve risklidir. Dolayısı ile de çalışma alanı toprakları demir kirliliği açısından da risk altındadır.

Çalışma alanı toprakları mangan açısından değerlendirildiğinde ise, kış ayında en yüksek Mn-1 konsantrasyon değerleri Kurşunlu çevresinde; yaz ayında ise Yeniceköy-İnegöl-Kulaca hattının kuzeyindeki alanlarda gözlenmiştir. Yüksek mangan düzeyleri sanayi kuruluşları, OSB, yollar ve İnegöl kenti ile ilişkili bulunmuştur. Literatürdeki çalışmalarda da yüksek mangan düzeyleri sanayi ile ilişkili bulunmuştur (El-Desoky ve Ghallab 2000, Olatunji ve diğ., 2009, Addo ve diğ., 2012). Hem yaz hem de kış mevsiminde çalışma alanı toprakları ekolojik risk aralığı çok riskli, riskli, orta riskli ve az risklidir. Nitekim İnegöl Ovası toprakları mangan kirliliği açısından risklidir.

Çalışma alanı toprakları arsenik açısından da değerlendirilmiştir. Kış ayında en yüksek arsenik konsantrasyon değerleri ovanın hemen hemen tamamında tespit edilmiştir. Yaz ayında ise en yüksek konsantrasyon düzeyleri İnegöl'ün kuzey kesimlerinde özellikle de Akhisar ve Alanyurt çevrelerinde belirlenmiştir. Sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl Şehri'nin toprakta bulunan arsenik üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Hem yaz hem de kış ayında arsenik açısından çalışma alanı ekolojik risk aralığı çok riskli, riskli ve orta risklidir. Kısaca söyleyebiliriz ki, İnegöl Ovası toprakları arsenik metali açısından kirlidir.

Ayrıca çalışmada İnegöl Ovası topraklarında incelenen tüm ağır metallerin oluşturduğu kış ve yaz ayları kirlilik haritaları da yapılmış ve en kirli alanlar belirlenmiştir. Sonuçta kış ayının en kirli bölgelerini Yeniceköy, Kurşunlu, Deydinler ve Ortaköy çevreleri oluşturmuştur. İnegöl'ün güneybatısı ile kuzeydoğusu, Kulaca ve çevreleri ise çalışma alanının kirli alanlarını teşkil etmiştir. Cerrah, Akhisar ve Alanyurt'un batısı, güneybatısı, kuzey ve kuzeydoğusu ise çalışma alanının orta kirli alanları olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında az kirli bölgeleri ise Akhisar'ın güneyi ile kuzeyinde çok küçük bir alandır. Dolayısı ile çalışma alanı toprakları kış ayında ağır metal kirliliği açısından kirli yani risklidir. Yaz ayı risk haritasında ise çalışma alanının çok kirli alanlarını yine Yeniceköy ile Ortaköy, bunların yanında Akhisar ve Alanyurt çevreleri teşkil etmiştir. Çalışma alanının kirli alanlarını ise İnegöl ve çevresi, Cerrah, Kurşunlu ve Deydinler çevreleri oluşturmuştur. Çalışma alanının bu alanlar dışındaki alanları ise orta kirli bölgelerdir. Yaz ayında az kirli alan ise bulunmamaktadır.

Kentsel alanlardaki topraklarda olduğu gibi ağır metaller su kaynaklarının başlıca kirleticileri arasındadır ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Su kaynakları H4 ve H5 hipotezleri doğrultusunda analiz edilmiş ve doğrulanmıştır.

H4 hipotezi doğrultusunda çalışma alanı yüzeysel sularının incelenen ağır metaller açısından kirlenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca konsantrasyon değerleri bakımından yüzeysel suların I. Kalitede sular kapsamına girdiği belirlenmiştir. Bu bulgu H4 hipotezini doğrulamaz ve onaylamaz. Yalnızca bakır, nikel ve mangan metalleri I. Kalitede sular için belirlenen sınır değerleri aşmıştır ve II. Kalitede sular kapsamına girmiştir. Su örneklerinde tespit edilen yüksek birikim düzeyleri İnegöl şehrinde ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanmıştır. Bu bulgu ise H5 hipotezini doğrulamaktadır. Çalışma alanı yüzeysel sularının ağır metal kirliliği açısından en riskli bölgelerini, çalışma alanının batısındaki alanlar oluşturmuştur. Yani kirlilik artışı üzerinde İnegöl Şehri'nin büyük etkisi vardır. Bu bulgu ise H5 hipotezini onaylamaktadır.

İncelenen dokuz ağır metalin İnegöl Ovası yüzeysel sularındaki mekânsal dağılımı, risk değerlendirmesi ve kaynak sahaları incelenerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Çalışma alanı yüzeysel suları öncelikle krom metali açısından değerlendirilmiştir. Kış ayında genel olarak çalışma alanının batısında yer alan yüzeysel sularda belirgin bir artış olduğu gözlenmiştir. Bu alanlarda tespit edilen yüksek birikim düzeyleri sanayi kuruluşlarından, İnegöl şehrinde ve çalışma alanındaki yollardan kaynaklanmıştır. Yaz ayında ise genel olarak en belirgin artış çalışma alanının en doğu ucunda yani Kurşunlu'nun doğusunda Koca Çay'ın kollarında belirlenmiştir. Yaz ayında ise yüksek konsantrasyon düzeyleri sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl şehri ile ilişkili bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda yüzeysel sulardaki krom konsantrasyonu da kentlere, sanayi faaliyetlerine ve tarımsal aktivitelere bağlanmıştır (Lin ve diğ., 2011; Li ve diğ., 2013; Ravi Sankar ve Prasada Rao, 2014). Çalışma alanı yüzeysel suları krom kirliliği açısından risk taşımamaktadır ve I. Kalitede sular kapsamındadır.

Çalışma alanı yüzeysel suları kurşun metali açısından da değerlendirilmiştir. Kış ayı kurşun konsantrasyon düzeyleri genel olarak en yüksek çalışma alanının en batı ucundaki Kara Dere de gözlenmiştir. Yaz ayında ise, genel olarak en yüksek değerler yine çalışma alanının en batısındaki Alanyurt, Akhisar, Yeniceköy ve Cerrah civarından geçen Kara Dere ve Kalburt Deresinde belirlenmiştir. Hem kış hem de yaz ayında yüksek kurşun düzeyleri sanayi kuruluşları ve İnegöl şehrinde kaynaklanmıştır. Literatürdeki çalışmalarda da yüksek kurşun düzeylerinin antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Kaplan, 2010; El-Serehy ve diğ., 2012; Li ve diğ., 2013; Al Obaidy ve diğ., 2014). Ayrıca çalışma alanı akarsu ve dereleri kurşun kirliliği açısından risk taşımamaktadır ve I. Kalitede sular kapsamına girmektedir.

Çalışma alanı yüzeysel suları bakır metali açısından da değerlendirilmiştir. Hem kış hem de yaz ayında genel olarak Kurşunlu civarındaki Koca Çay'ın kolu olan akarsu ve derelerde belirgin bir artış olduğu gözlenmiştir. Bu

alanlardaki yüzeysel sularda gözlenen yüksek bakır konsantrasyon seviyesi bu alan etrafında faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarından, evsel atıklardan (yerleşmeler) ve İnegöl Şehri'nden kaynaklanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda da bakırın çalışma alanındaki sularda zenginleşmesinin nedeni olarak endüstriyel ve evsel atıkların varlığı işaret edilmiştir (Lin ve diğ., 2011; Kalaivani ve Dheenadayalan, 2013; Ravi Sankar ve Prasada Rao, 2014). Kış mevsiminde İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde bakır kirliliği açısından çok riskli bölgeleri çalışma sahasının en doğu ucundaki Kurşunlu ve çevresinden geçen Koca Çay'ın kolu oluşturmaktadır. Kış ayı bakır konsantrasyon değerleri açısından çalışma alanı bütünündeki akarsu ve dereler dikkate alındığında saha çok riskli, riskli ve orta risklidir. Yaz ayında çalışma alanının tamamındaki yüzeysel sularda bakır metali açısından I. Kalite sular için verilen 20 ppb sınır değeri geçtiği tespit edilmiştir ve ekolojik risk aralığı ise az riskli olarak belirlenmiştir. Bu da ova genelindeki yüzeysel sularda bu metalin kirlilik riski oluşturduğunu göstermektedir.

Çalışma alanı yüzeysel suları çinko metali bakımından da incelenmiştir. Hem yaz hem de kış ayında genel olarak en yüksek konsantrasyonlar İnegöl'den itibaren çalışma sahasının batısında kalan alanlar (Kara Dere, Kalburt Deresi, Koca Çay ve kolları) ile Kurşunlu civarındaki alanları (Koca Çay'ın kolları) kapsamıştır. Çinko metali açısından en yüksek konsantrasyon düzeylerinin tespit edildiği bu alanlarda çinko sanayi kuruluşlarından ve OSB'den kaynaklanmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgu Alex ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışma ile de paralellik göstermiştir. İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde çinko kirliliğinin yaz ve kış aylarında Türkiye SKKY'nde belirlenen sınır değer olan 200 ppb'yi geçmediği tespit edilmiştir. Dolayısı ile de İnegöl Ovası yüzeysel suları çinko metali açısından risk taşımamaktadır.

Çalışma alanı yüzeysel suları nikel metali kirliliği açısından da incelenmiştir. Kış mevsiminde İnegöl Ovası akarsu ve derelerinde nikel kirliliği açısından çok riskli bölgeleri, Yeniceköy ve çevresindeki yüzeysel sular teşkil etmiştir (Kara Dere ve onun kolu ola Köy Dere). Akhisar'ın batısı ile Cerrah-Akhisar hattı arasında geçen Kara Dere ve Kalburt Dere ise nikel kirliliği açısından

riskli yani sıcak alanları oluşturmuştur. Bu alanlar dışında, çalışma alanının Deydinler-Kulaca hattı dışındaki alanlardan geçen akarsu ve dereler (Bedre Dere, Koca Çay) ise nikel kirliliği açısından orta riskli alanları temsil etmiştir. Yaz ayında ise çalışma alanı akarsu ve derelerinde, nikel kirliliği açısından sıcak alanlara Deydinler-Ortaköy-Kulaca hattı arasında (Akçasu Dere, Koca Çay) rastlanılmıştır. Yaz mevsiminde çalışma alanının diğer alanlarından geçen akarsu ve derelerindeki ise nikel kirliliği açısından az riskli bölgeler kapsamındadır. İnegöl Ovası yüzeysel sularında nikel kirliliğinin yaz ve kış aylarında SKKY'nde belirlenen sınır değer olan 20 ppb'yi çoğu örnekte geçtiği tespit edilmiştir. Bu akarsu ve dereler yüzeysel suların kalite sınıflarına göre II. Kalite sular sınıfına girmiştir. Çalışma alanındaki yüzeysel sularda yüksek nikel kirliliğinin kaynağı sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl şehri ile ilişkili bulunmuştur. Ravi Sankar ve Prasada Rao, (2014) ve Nwajei ve diğ., (2012) tarafından yapılan çalışmada endüstriyel alanlarda nikel konsantrasyon düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanı yüzeysel suları kadmiyum metali açısından da değerlendirilmiştir. Kış ayında genel olarak en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu alanlar Alanyurt'un kuzeydoğusundan geçen akarsu ve derelerde (Koca Çay ve kolu) gözlenmiştir. Yaz ayında ise, genel olarak en belirgin artış Ortaköy ile Kulaca-Kurşunlu hattı arasındaki alanlardan geçen Koca Çay ve kollarında belirlenmiştir. Hem yaz hem de kış ayında yüzeysel sularda tespit edilen yüksek kadmiyum kirliliği sanayi kuruluşlarından, İnegöl Şehri'nden ve çalışma alanındaki yerleşmelerden kaynaklanmıştır. İnegöl Ovası yüzeysel suları SKKY'nde I. Kalite sular açısından belirlenen sınır değer olan 3 ppb'yi geçmediği tespit edilmiştir.

Çalışma alanı yüzeysel suları demir metali açısından da değerlendirilmiştir. Hem kış hem de yaz ayında en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu akarsu ve dereler Yeniceköy'den geçen Kara Dere'nin kolu olan Köy Deresi, İnegöl'den geçen Bedre Deresi ve Kurşunlu'nun kuzeyinden geçen Koca Çay'ın kollarıdır. Her iki mevsimde de yüksek demir kirliliği sanayi kuruluşları, OSB ve alandaki yollar ile ilişkili bulunmuştur. Benzer şekilde Monaj ve diğ.,

(2012), Alex ve diğ., (2013) ve Kalaivani ve Dheenadayalan (2013) çalışmalarında da demir metalinin mekansal olarak değişim göstermesini evsel ve endüstriyel atıkların nehir suyuna karışması sonucunda oluştuğu bulgusuna varmışlardır. Çalışma alanı yüzeysel suları demir açısından SKKY'nde I. Kalite sular için belirlenen sınır değer olan 300 ppb'yi geçmediği tespit edilmiştir.

Çalışma alanı yüzeysel suları mangan metali açısından da değerlendirilmiştir. Kış ayında en yüksek konsantrasyon seviyeleri Yeniceköy'den geçen Köy Deresinde gözlenmiştir. Yüksek mangan konsantrasyon düzeyleri bu alanlarda sanayi kuruluşları, OSB ve İnegöl şehrinden kaynaklanmıştır. Yaz ayında ise en yüksek konsantrasyon seviyeleri Yeniceköy çevresi ile Kurşunlu civarında gözlenmiştir. Ancak yaz ayında yüzeysel sulara bulunan mangan düzeylerinin yalnızca sanayi kuruluşlarından kaynaklandığı saptanmıştır. Literatürdeki çalışmalarda sudaki mangan konsantrasyon düzeyleri farklı kaynaklara bağlanmıştır. Örneğin Monaj ve diğ., (2012), Ravi Sankar ve Prasada Rao (2014) tarafından yapılan çalışmalarda sanayi faaliyetlerine; Hu ve diğ., (2013), Kaplan (2010) tarafından yapılan çalışmalarda da litolojik faktörlere bağlanmıştır. Kış ayında çalışma alanında mangan açısından ekolojik risk aralığı orta riskli ve az risklidir. Yaz ayında ise çalışma alanı akarsu ve derelerinde, mangan kirliliği açısından çok riskli alan Kurşunlu civarındadır (Koca Çay'ın kolu). Kurşunlu'nun batı kesimleri, Yeniceköy ve kuzeyi (Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi) yüzeysel sularının mangan kirliliği açısından sınır değeri geçme olasılığı ise riskli alanlar kapsamındadır. Çalışma alanının diğer alanlarının ekolojik risk aralığı ise az risklidir.

Çalışma alanı yüzeysel suları arsenik metali açısından da incelenmiştir. Kış ayında en yüksek konsantrasyon seviyelerinin olduğu alan Yeniceköy'ün kuzeyi, Akhisar, Yeniceköy, Alanyurt'un batısı civarından geçen Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresinde belirlenmiştir. Kış ayında gözlenen en yüksek arsenik konsantrasyon düzeyleri sanayi kuruluşları ve OSB ile ilişkili bulunmuştur. Yaz ayında ise en yüksek konsantrasyon seviyeleri Yeniceköy

çevresi (Köy Dere), Akhisar (Kara Dere), Alanyurt'un kuzeyi (Koca Çay), Kulaca'nın doğusu ile Kurşunlu (Koca Çay) civarında gözlenmiştir. Yaz ayında ise yüzeysel sulara bulunan arsenik üzerinde sanayi kuruluşlarının etkili olduğu belirlenmiştir. Hannatu ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada arsenik konsantrasyonu maden faaliyetlerine, Kagambega ve diğ., (2014) tarafından yapılan çalışmada altın madeni faaliyetlerine, Andras ve diğ., (2012) çalışmalarında ise maden suyu ve onun radyoaktivite özelliğine bağlanmıştır. İnegöl Ovası yüzeysel suları arsenik metali açısından yaz ve kış aylarında SKKY'nde I. Kalite sular açısından belirlenen sınır değer olan 20 ppb'yi geçmediği tespit edilmiştir.

Ayrıca çalışmada İnegöl Ovası yüzeysel sularında incelenen tüm ağır metallerin oluşturduğu kış ve yaz ayları kirlilik haritaları da yapılmış ve en kirli alanlar belirlenmiştir. Kış ayında Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi, İnegöl-Yenişehir birleştirme boğazının hemen altındaki Koca çay ve Kara Dere ile Kurşunlu'nun kuzeyinden geçen Koca Çayın kolu olan süreksiz akarsu çalışma alanının çok kirli akarsu ve derelerini oluşturmuştur. Akhisar ve Cerrah'dan geçen Kara Dere ile Kalburt Dere, Alanyurt'tan geçen Koca Çay ise çalışma alanının kirli akarsu ve derelerini teşkil etmiştir. İnegöl-Kulaca hattı boyunca akan Bedre Deresi, Akçasu Dere ve Koca Çay ise çalışma alanının orta kirli akarsu ve derelerini oluşturmuştur. Çalışma alanındaki diğer yüzeysel sular ise az kirli akarsu ve dereleri teşkil etmiştir. Yaz ayında da kış ayında olduğu gibi Kara Dere ve onun kolu olan Köy Deresi ve Koca Çay ve kolu çok kirli akarsu ve dereleri oluşturmuştur. Bedre Deresi ve kolları ise tüm kirleticiler açısından orta kirli yüzeysel sulardır. Çalışma alanındaki diğer akarsu ve dereler ise kirli özellik taşımıştır.

Kentsel yayılmanın en çok tartışılan coğrafi konulardan biri olmasının en önemli nedeni, arazinin sürdürülebilir kullanımını dikkate almadan ilerlemesi ve arazi kullanımı üzerinde değişikliklere neden olması oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ise H6 hipotezi öne atılmış ve doğrulanması yapılmıştır.

Bu hipotez doğrultusunda çalışma alanında 1987-2010 yılları arasında AKAÖ değişimi değerlendirilmiştir. 1987 yılında; ekili dikili alanlar, yerleşme alanları,

çıplak toprak ve taş yüzeyleri, mera ve otlaklar ile sanayi alanları sırasıyla en öne çıkan AKAÖ tiplerini oluşturmuştur. 2010 yılında ekili dikili alanlar, yine çalışma alanında ilk sıradaki yeri ile önemini korur iken, alanında büyük oranda azalmalar tespit edilmiştir. Ekili dikili alanların büyük oranda yerleşme alanları, sanayi alanları, çıplak toprak ve taş yüzeyleri ile su yüzeylerine dönüştüğü belirlenmiştir. Ekili dikili alanların azalmasındaki en büyük neden kentsel yayılmadır. Kentsel yayılma ile sanayi ve kentsel alanlar, alanlarını genişletirken ekili dikili alanlarda doğal olarak azalmalar yaşanmıştır. Bu bulgu Yüceşahin (2002)'in İnegöl ile ilgili yaptığı çalışmada da belirlenmiştir. Yüceşahin (2002) İnegöl şehri çevresindeki tarım alanlarının, yerleşmeler ve sanayi alanları tarafından ciddi tehdit altında olduğunu belirtmiştir. Bu bulgu ve sonuçlar ile de H6 hipotezi doğrulanmış ve onaylanmıştır. Daha önce başka alanlar için yapılan çalışmalarda da aynı sonuçlara varılmıştır (Eryılmaz ve diğ., 2008; Özdemir ve Bahadır, 2008; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Shalaby ve Gad, 2010; Kara ve Karatepe, 2012; Sönmez, 2012; Sundarakumar ve diğ., 2012; Ohri ve Poonam, 2012; Akseki ve Meşhur, 2013; Jianga ve diğ., 2013; Mmom ve Fred-Nwagwu, 2013; Singh ve diğ., 2014).

Ayrıca arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi bölümünde H7 hipotezi doğrulanmış ve onaylanmıştır.

Yerleşme alanları 2010 yılında yine ikinci sırada yer almakta ancak alanında büyük oranda artış belirlenmiştir. Bu bulgu literatürdeki çalışmalarda da paralellik göstermektedir (Bauer ve diğ., 2003; Al Rawashdeh ve Saleh, 2006; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Araya ve Cabral, 2010; Mohan ve diğ., 2011; Kara ve Karatepe, 2012; Sundarakumar ve diğ., 2012; Gülersoy, 2013; Pan ve diğ., 2013; Gülersoy ve diğ., 2014). Bu sonuç ise H7 hipotezini doğrulamış ve onaylamıştır. Çalışma alanında yerleşme alanlarında olduğu gibi sanayi alanlarında da büyük oranda artışlar gözlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuç Eryılmaz ve diğ., (2008), Karabulut ve diğ., (2006), Kavzoğlu ve Çetin, (2005) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur. Araştırma alanındaki çıplak toprak ve taş yüzeyleri alanında da

artış tespit edilmiştir. Çıplak toprak ve taş yüzeylerinin ekili dikili alanlara, yerleşme alanlarına ve sanayi alanlarına dönüştüğü belirlenmiştir. Bu alanların sanayi ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi durumu aslında bu alanların daha önceki dönemlerde yerleşme ve sanayi alanları için açılmış yüzeyler konumunda olmasından kaynaklanmıştır. Çalışma alanındaki mera ve otlakların alanında ise düşme belirlenmiştir. Mera alanlarından olan değişimin yönü sırasıyla ekili dikili alanlar, yerleşme, sanayi ve çıplak toprak ve taş yüzeyleri yönündedir. Mera ve otlak alanların çıplak toprak ve taş yüzeylerine olan değişimi mera ve otlakların degradasyona uğradığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

6.2. Öneriler

Geçmişte kentleşme, kentsel büyüme ve kentsel yayılma olguları insanlar tarafından gelişim olarak adlandırılmış ve değerlendirilmiştir. Zamanla bu olguların çevre üzerindeki baskısı artmış ve olumsuz yanları da ortaya çıkmıştır. Çünkü kentler bir taraftan çevresine doğru yayılırken bir taraftan da kentsel kaynaklı hava, su, toprak kirliliğine ve arazi kullanımı/örtüsü değişimlerine neden olmuştur. Bu çalışmada da kentsel yayılmanın neden olduğu hava, su, toprak kirliliği ve arazi kullanımı/örtüsü değişimleri incelenmiş ve sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

Özellikle İnegöl de PM_{10} ve SO_2 parametrelerinde tespit edilen yüksek değerler nedeniyle yerel yönetim kuruluşlarının hava kirliliği ile ilgili denetimlerini artırması gerekmektedir. Limit değerlerin geçildiği günlerde İnegöl'de hava kirliliğinin azaltılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca İnegöl'de belirlenen yüksek PM_{10} ve SO_2 seviyelerinin sebebi daha ayrıntılı olarak araştırılmalıdır. NO , NO_2 ve CO parametrelerinde her ne kadar hem yıllar içinde azalış tespit edilmiş hem de sınır değerlerin altında seviyeler izlenmiş olsa da bu kirleticiler için belirlenen sınır değerler çok yüksek düzeydedir. Kısaca, Türkiye de bu kirleticiler açısından belirlenen sınır değerler diğer ülkelerin sınır değerlerinden çok daha yüksektir. Bu nedenle

bu kirleticiler için belirlenen sınır değerler, diğer ülkelerin belirlediği sınır değerlere göre yeniden gözden geçirilmeli ve gerekirse değerler düşürülmelidir. Çünkü hava kirliliğinin canlılar üzerinde birtakım sağlık sorunlarına neden olduğu çoğu çalışmada belirlenmiştir. Sonuçta bu sağlık sorunlarını tetikleyen hava kirliliği parametrelerinin de sınır değerleri her ülkede birbirine yakın olmalıdır. Nitekim her ülkede sınır değerlerin farklı olması sağlık sorunlarını değiştirmez.

Diğer yandan, İnegöl'de hava kirliliği ölçüm istasyonları hava kirliliğini yansıtmada yeterli değildir. Bu nedenle çalışmanın sonuçları, kendi sınırlılıkları ölçüsünde değerlendirilmelidir. İnegöl'de hava kirletici parametrelerinin ölçümleri Ekim 2011 yılından itibaren İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü ve Mart 2013 yılından itibaren ise Marmara Bölge Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Bu sınırlı sayıda istasyonlardan alınan verilerle yalnızca hava kirliliğinin zamansal değişimi ve sınır değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Ölçüm istasyonları sınırlı sayıda olması nedeni ile çalışmada hava kirliliğinin mekan üzerinde dağılımı yapılamamıştır.

2014 yılı toprak numunelerinde analiz edilen ağır metallerin tez alanının hemen hemen tamamında oldukça yüksek konsantrasyonlar gösterdiği belirlenmiş olup, özellikle alanın topraklarının bu ağır metallerle kirlendiği tespit edilmiştir. Bilindiği gibi ağır metaller toprakta belli miktarlarda doğal olarak bulunmaktır. Ancak ağır metaller trafik, endüstriyel faaliyetler, yerleşimsel atıklar ve tarımsal aktiviteler gibi faaliyetler sonucunda toprakta birikim göstermektedir. Nitekim bu çalışmada da çalışma alanının hemen hemen tamamında belirlenen bu kirlilik sanayi kuruluşları, OSB, İnegöl şehri ve yerleşmeler ilişkili bulunmuştur. Çünkü İnegöl Ovası'nda sanayi faaliyetleri, tarımsal aktiviteler ve yerleşmeler iç içe geçmiş durumdadır ve her bir faaliyetten kaynaklanan atıkların da toprağı etkilemesi muhtemeldir. Bu durumdan hareketle İnegöl Ovası etrafında sürdürülen endüstriyel ve kentsel deşarjların sürekli denetlenerek ovadaki kirlilik unsurları azaltılması gerekmektedir. Bunun yanında İnegöl Ovası'nda risk oluşturan ağır

metallerden kaynaklanan topraktaki kirleticileri en aza indirmek için acil olarak önlemler alınmalıdır. Aksi takdirde İnegöl Ovası doğal ekosistemlerinde belirlenen kirlilik değerlerinin önlem alınmadığı takdirde, doğal ortamda var olan birikimleri daha da artacaktır. Dolayısı ile de bu toprak üzerinde yaşayan canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyecektir. Çünkü ağır metaller ile kirlenmiş toprakta yetişen bitki ve meyveler, doğrudan ve dolaylı yollardan canlıların bünyesine geçmektedir. Canlıların bünyesine geçen ağır metallerde deri hastalıkları, ülser ve kalp rahatsızlıkları gibi ciddi birtakım rahatsızlıklara sebebiyet vermektedir. Bu durumda, çalışma alanı topraklarındaki ağır metal atıklarının riskinden kurtarılması için ciddi yasa ve kanunların çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca İnegöl Ovası'nda sanayi kuruluşları ile yerleşmeler aynı mekân üzerinde yer almaktadır. Nitekim sanayi kuruluşlarının üretim tesislerini yerleşim alanları üzerinden taşıması, çevre sağlığı açısından önem arz etmektedir. Çalışma alanında da muhtemelen bu durum düşünülmüş ve alanın kuzeyine yeni bir sanayi bölgesi kurulmuştur ve sanayi kuruluşlarının bir kısmı bu sanayi bölgesine taşınmıştır. Ancak toprakta tespit edilen yüksek birikim düzeyleri düşünüldüğünde geç kalınmış bir durum olduğunu söyleyebilmekteyiz. Yine de sanayi kuruluşlarının ivedilikle yerleşim ve tarım alanları üzerinden taşınması tamamen gerçekleştirilmelidir. Bu durum kirliliği tamamen ortadan kaldıramasa da kirliliğin azalmasına yardımcı olacaktır.

2014 yılı su numunelerinde analiz edilen ağır metallerin toprak örneklerinde olduğu gibi tez alanının daha çok batısındaki ve en doğu ucundaki Kurşunlu ve çevresinde yüksek konsantrasyonlar gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak toprak örneklerinde belirlenen yüksek ağır metal birikimi su örneklerinde belirlenememiştir. Çünkü su gibi homojen ortamlar çabuk kirlenmekte, kirlilik kesildiğinde ise çabuk temizlenebilmektedir. Ayrıca su örneklerinde ulusal yasal sınırları zorlayan bir durum söz konusu değildir ve su örneklerinin çoğu ağır metaller açısından I. Kalitede sular kapsamında yer almıştır. Yalnızca Cu, Ni ve Mn-1 metalleri I. Kalitede sular için belirlenen sınır değerleri aşmıştır ve II. Kalitede sular kapsamına girmiştir. Bu durum ise aynı zamanda sucul ve canlı yaşamını etkileyecek bir eğilimdir. Bu üç ağır metale

ilişkin deşarjların denetlenerek yüzeysel sulardaki kirlilik unsurları azaltılması, en aza indirilmesi gerekmektedir. Yine su örneklerinde tespit edilen yüksek birikim düzeyleri İnegöl şehrinden ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanmıştır. Dolayısı ile yüksek birikim düzeyleri kısaca sanayi kuruluşlarının atıkları, nüfusun kalabalık olduğu İnegöl şehri ve dolayısıyla evsel deşarjlarla ilişkilidir. Çünkü çalışma alanında sanayi faaliyetleri, tarım ve yerleşmeler iç içe geçmiş durumdadır. Dolayısıyla da bu alanlardaki akarsu ve derelerde diğer alanlara göre yüksek konsantrasyon seviyelerinin izlenmesi muhtemeldir. Çalışma alanının doğusunda belirlenen yüksek kirlilik ise sanayi ve evsel faaliyetlerin yanı sıra sıcak ve soğuk su kaynaklarına bağlanmaktadır. Ancak çalışmada bu konu çalışılmamıştır. Bu konunun da ayrıntılı olarak çalışılması önem arz etmektedir.

Günümüzde arazinin amacı dışında kullanımı, hızlı sanayileşme ve plansız kentleşme süreçleri ile hızla devam etmekte ve bu durum verimli tarım topraklarının hızla yok olmasına neden olmaktadır. Özellikle hızlı sanayileşme ve kentleşme sürecini yaşayan İnegöl ovasında da yanlış arazi kullanımı sonucu verimli tarım toprakları amacı dışında kullanılarak tahrip edilmiştir. Çalışma alanında ekili dikili alanların yerine yerleşme ve sanayi alanların kurulduğu belirlenmiştir. Yerel yönetimlerin, bu verimli alanları yerleşme ve sanayi alanlarına dönüştürülmesine izin vermesi, verimli toprakların özelliklerini kaybetmesine sebebiyet vermektedir. Sonuçta da arazinin degradasyonu söz konusu olmaktadır. Ovadaki verimli ekili dikili alanların, yerleşim ve sanayi alanlarına dönüştürülmesi durdurulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abalı, Y., Öztekin, B., Çanlı, M., Şirin, K. (2014). Deri Sanayi Atık Sularından Krom (VI) İyonunun Adsorbsiyonu. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 10 (1), 11– 24.
- Abdul Jameel, A., Sirajudeen, J., Abdul Vahith. R. (2012). Studies On Heavy Metal Pollution Of Ground Water Sources Between Tamilnadu And Pondicherry, India. Advances in Applied Science Research, 3, 424-429.
- Acar, G., Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H. (2012). Emet Ve Hisarcık Bölgesi (Kütahya) Yeraltı Suyu Kalitesinin İncelenmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27, 13-22.
- Acosta, J.A., Faz, S., Martínez-Martínez, R., Zornoza, D., Carmona, S. (2011). Multivariate statistical and GIS based approach to evaluate heavy metals behavior in mine sites for future reclamation. – J. of Geochem. Expl., 109, (1–3), 8–17.
- Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., Nyarko, B.J.B., Gbadago, J.K., Nyarko, E., Affum, H.A., Botwe, B.O. (2012). Evaluation of Heavy Metals Contamination of Soil and Vegetation in the Vicinity of a Cement Factory in the Volta Region, Ghana. International Journal of Science and Technology, 2 (1), 40-50.
- Adedeji Oludare, H., Olayinka, Oluwafunmilayo, O., Oyebanji, Felicia, F. (2013). Assessment of Traffic Related Heavy Metals Pollution of Roadside Soils in Emerging Urban Centres in Ijebu-North Area of Ogun State, Nigeria. J. Appl. Sci. Environ. Manage, 17 (4), 509-514.
- Aderinola, O.J., Clarke, E.O., Olarinmoye, O.M., Kusemiju, V., Anatekhai, M.A. (2009). Heavy Metals in Surface Water, Sediments, Fish and Perwinklesof Lagos Lagoon. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sciences, 5 (5), 609-617.
- Adiloğlu, A., Adiloğlu, S. Bellitürk, K., Karakaş, Ö., Sümer, A., Gönülsüz, E., Sarı, H. (17-20 Kasım 2011). Tekirdağ Kıyı Şeridi Topraklarında Ağır Metal Kirliliği. Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Tekirdağ.
- Ahmed, B., Ahmed, R. (2012). Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Using Multi-Temporal Satellite Images: A Case Study of Dhaka,Bangladesh. ISPRS International Journal of Geo-Information, 1, 3-31.
- Akdemir, A., Tuncer, B., Beyazıt, N. (25-27 Ekim 2010). Pasif Örnekleme Metodu Kullanarak Endüstri Bölgelerinde Kükürt Dioksit ve Azot Dioksit Ölçümü. IV. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 27-34.

- Akın, M., Akın, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47 (2), 105-118.
- Akpoveta, O.V., Osakwe, S.A., Okoh, B.E., Otuya, B.O. (2010) Physicochemical Characteristics and Levels of Some Heavy Metals in Soils around Metal Scrap Dumps in Some Parts of Delta State, Nigeria. J. Appl. Sci. Environ. Manage. 14 (4). 57 – 60.
- Akseki, H. (2011). Kentsel Yayılmanın Tarım Arazileri Üzerindeki Etkisi, Konya Kent Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Akseki, H., Meşhur, M.Ç. (2013). Kentsel Yayılma Sonucu Yapılaşmaya Açılan Verimli Tarım Alanları: Konya Kenti Deneyimleri. MEGARON, 8(3), 165-174.
- Aksoy, E. Özsoy, G. (05-07 Nisan 2007). Kentleşme ve Arazi Etkileşimleri: Bursa İli Örneği. TMMOB Bursa Kentine Çözümler Sempozyumu, Bursa.
- Akyürek, Ö. (2012). Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A. (11-13 Kasım 2013). SO₂ ve PM₁₀ Hava Kirliliği Parametrelerinin CBS ile Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Al Obaidy, A.H.M.J., Al Mashhady, A.A.M., Awad, E.S., Kadhem, A.J. (2014). Heavy Metals Pollution in Surface Water of Mahrut River, Diyala, Iraq. International Journal of Advanced Research, 2 (10), 1039-1044.
- Al Rawashdeh, S., Saleh, B. (2006). Satellite Monitoring of Urban Spatial Growth in the Amman Area, Jordan. Journal of Urban Planning and Development, 211-216.
- Aldrin, M.; Haff, I.F. (2005). Generalised additive modelling of air pollution, traffic volume and meteorology. Atmos. Environ., 39, 2145–2155.
- Alex, E., Lawrence, E., Frances, A. (2013). Heavy Metal Concentrations In Surface Water And Bioaccumulation In Fish (Clarias Gariepinus) Of River Owan, Edo State, Nigeria. European International Journal of Science and Technology, 2 (7), 31-39.
- Al-Farraj, A.S., Al-Sewailam, M., Aly, A., Al-Wabel, M., El-Maghraby, S. (2013). Assessment And Heavy Metal Behaviors Of Industrial Waste Water: A Case Study Of Riyadh City, Saudi Arabia. Proceedings of the

International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 3 (3), 266-277.

Al-Khashman, O.A., Shawabkeh, R.A. (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution*, 140, 387-394.

Alpdemir, E.A. (2006). 1999-2004 Yılları Arasında Eskişehir'de İşlenen Asayiş Suçlarına İlişkin Suç Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Oluşturulması. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Altıkat, A., Ekmekyapar Torun, F., Turan Bayram, T. (2011). Küresel kirlilik: Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'de hava kirliliği örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(2), 134-149.

Amato, G.D., Cecchi, L., Amato, N.D., Liccardi, G. (2010). Urban Air Pollution and Climate Change as Environmental Risk Factors of Respiratory Allergy: An Update. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 20(2). 95-102.

Andras, P., Turisova, I., Marinoc, A., Buccheric, G. (2012). Environmental Hazards Associated with Heavy Metals at Ľubietová Cu-deposit (Slovakia). *Chemical Engineering Transactions*. 28. 259-264.

Antrop, M., (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67, 9-26.

Anwar, M.M., Bhalli, M.N., (2012). Urban Population Growth Monitoring and Land Use Classification By Using GIS and Remote Sensing Techniques: A Case Study of Faisalabad City. *Asian Journal of Social Sciences & Humanities*, 1(1). 2186-8484.

Apaydın, A (2005). Sanayiden Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Araştırılması: Samsun-Tekkeköy Bölgesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Araya, Y.H., Cabral, P. (2010). Analysis and Modeling of Urban Land Cover Change in Setúbal and Sesimbra, Portugal. *Remote Sensing*. 2, 1549-1563.

Arayıcı, S. (1995). Doğal Gaz Yanmalarında NO_x Oluşumu, II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, 116-121.

Ardos, M. (1995). Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi. Çantay Kitabevi, İstanbul.

Argyaki, A., Kelepertzis, E. (2014). Urban soil geochemistry in Athens, Greece: The importance of local geology in controlling the distribution of

potentially harmful trace elements. *Science of the Total Environment*, 482-483, 366–377.

- Arı, Y. (2005). *Yüzyılda Amerikan Coğrafyası: Genel Bir Değerlendirme*. 20. *Yüzyılda Amerikan Coğrafyasının Gelişimi*, Yılmaz Arı (Ed.), Çizgi Yayınevi, Konya.
- Arslan, O (2008). Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Analizi). *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2 (99).
- Aslan, E. (2010). Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri Ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama Ve Cbs Kullanılarak Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Ata, S., Wattoo, F.H., Qasim, I., Sarwar Wattoo, M.H., Tirmizi, S.A., Qadir, M.A. (2013). Monitoring Of Anthropogenic Influences On Underground And Surface Water Quality Of Indus River At District Mianwali-Pakistan. *Turkish Journal of Biochemistry–Turk J Biochem*, 38 (1), 25–30.
- Atayese, M.O., Eigbadon, A.I., Oluwa, K.A., Adesodun, J.K. (2009). Heavy Metal Contamination Of Amaranthus Grown Along Major Highways In Lagos, Nigeria. *African Crop Science Journal*, 16 (4), 225 – 235.
- Atımtay, A.T. (25–28 September 2001). Investigation of air quality in closed parking garages in Ankara. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Air Quality Management at Urban Regional and Global Scales*, Istanbul, Turkey.
- Avdullahi, S., Fejza, İ., Tmava, A., Rama, M., Hatemi, M. (2012). Assessment of Heavy Metal in The Water Springs, Stan Terg, Kosovo. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2 (4). 12-17.
- Ayari, F., Hamdi, H., Jedidi, N., Gharbi, N., Kossai, R. (2010). Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (3), 465-472.
- Ayazlı, I.E., Batuk, F. ve Kleinschmit, B. (15-19 November 2010). Simulating Landuse Changes Driven By A 3rd Bosphorus Bridge A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in conjunction with ASPRS/CaGIS 2010 Fall Specialty Conference, Orlando, Florida.
- Ayazlı, I.E., Batuk, F., Demir, H. (18-22 Nisan 2011). Kentsel Yayılma Simülasyon Modelleri Ve Hücresel Otomat. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

- Ayberk, S., Çetin, Ş. (2007). Azot Oksit Emisyonları ve Çevresel Açından Değerlendirilmesi. *Endüstri Otomasyon Dergisi*, 118, 22-26.
- Aydın, M.E., Durduran, S.S., Özcan, S., Bedük, F. (24-27 Ekim 2007). Konya'da Hava Kalitesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Aydın, Ö. (2006). Havadaki SO₂ ve PM Konsantrasyonunun İstatistiksel Yöntemler İle Modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Babin, S., Burkom, H., Holtry, R., Taberner, N., Davies-Cole, J., Stokes, L., DeHaan, K., Lee, D. (2008). Medicaid Patient Asthma-related Acute Care Visits and Their Associations with Ozone and Particulates in Washington, DC, from 1994-2005. *International Journal of Environmental Health Research*, 18 (03), 209-22.
- Bahadır, M., Özdemir, M.A. (2011). Acıgöl Havzası'nın Sayısal Topoğrafik Analiz Yöntemleri İle Morfometrik Jeomorfolojisi .*Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(18), 323-344.
- Bahatta, B., Saraswati, S., Bandyopadhyay, D., (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 30, 731–740.
- Bakaç, M., Kumru, M.N. (2000). Menemen (İzmir) Ovası Su ve Topraklarında Radyoaktivite Araştırması ve Ağır Metal Kirliliği. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 9(35), 26-30.
- Bakar, Ç., Baba, A. (30 Ekim–1 Kasım 2009). Metaller Ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne Ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı'nda sunuldu. Ürgüp / Nevşehir.
- Balık Şanlı, F. (2011). Monitoring land use/cover change and its effects in a highly urbanized district of a metropolitan city Istanbul, Turkey. *International Journal of the Physical Sciences*, 6 (12), 2907-2915.
- Basawaraja, R., Chari, K.B., Mise, S.R., Chetti, S.B. (2011). Analysis of the impact of urban sprawl in altering the land-use, land-cover pattern of Raichur City, India, using geospatial Technologies. *Journal of Geography and Regional Planning*, 4(8), 455-462.
- Baş, L., Demet, Ö. (1992). Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 5, 42-46.
- Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S., Yıldız, A. (2005). Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği. *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 6(3), 11–15.

- Başarır, A. (2010). Kentsel Dönüşüm Uygulamalarında Çok Amaçlı Yaklaşım, İnegöl Kenti Örneği. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Baştürk, O. (2006). Sakarya Nehri'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Kullanılarak Kirlilik Yükünün Belirlenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.
- Bauer, M.E., Yuan, F. Sawaya, K.E. (July 16-18 2003). Multi-Temporal LandsatT Image Classification and Change Analysis Of Land Cover in the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area. MutiTemp-2003, Second International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images, Ispra, Italy.
- Bayram, H. (2005). Türkiye'de Hava Kirliliği Sorunu: Nedenleri, Alınan Önlemler ve Mevcut Durum. Toraks Dergisi, 6(2),159-165.
- Baytak, D., Sofuoğlu, S.C., Alkan, O., Elbir, T. (2013). Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Kirletici Seviyelerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 28-35.
- Bektaş Balçık, F. (2013). Determining The Impact Of Urban Components On Land Surface Temperature Of Istanbul By Using Remote Sensing Indices. Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-013-3427-5, Springer.
- Bektaş, F., Göksel, C. (2005). Remote Sensing And Gıs Integration For Land Cover Analysis, A Case Study: Gokceada Island.
- Bell, E.J., Hinojosa, R.C. (1977). Markov analysis of land use change: continuous time and stationary processes. Socio-Econ Planning Science, 11, 13–17.
- Berктаş M.B, Bircan A (2003). Effects of Atmospheric Sulphur Dioxide and Particulate Matter Concentrations on Emergency Room Admissions Due to Asthma in Ankara. Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 51(3), 231-238.
- Beyaztaş, T., Aras, S., Duman, D. (2008). Likenlerde Ağır Metal Birikiminin DNA Üzerindeki Etkileri. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1 (2), 37-43.
- Beyhun, N. E., Vançelik, S., Acemoğlu, H., Koşan, Z., Güraksın, A. (2008). Ambient air pollution in Erzurum City Center during 2003-2006. TAF Prev Med Bull., 7(3), 237-242.
- Bichi, M. H., Bello, U. F. (2013). Heavy Metal Pollution in Surface and Ground Waters Used for Irrigation along River Tatsawarki in the Kano, Nigeria. IOSR Journal of Engineering, 3 (8), 1-9.

- Bignal, K.L.; Ashmore, M.R.; Headley, A.D. (2008). Effects of air pollution from road transport on growth and physiology of six transplanted bryophyte species. *Environ. Pollut.*, 156, 332–340.
- Bilici Başkan, M., Pala, A. (2009). İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (1), 69-79.
- Borrego, C., Tchepel, O., Barros, N., Miranda, A.I. (2000). Impact of Traffic Emissions on Air Quality of the Lisbon Region. *Atmospheric Environment*, 34, 4683-4690.
- Bouhamra W.S. Abdul-Wahab S.A. (1999). Description of outdoor air quality in typical residential area in Kuwait. *Environmental Pollution*, 105, 221-229.
- Bozdağ, A., İnam, Ş., Durduran, S. (2011). Kentsel Dönüşüm Uygulamalarına Çok Amaçlı Yaklaşım, Bursa (İnegöl) Kenti Örneği. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26 (4), 124-139.
- Brody, S.D., Carrasco, V., Highfield, W.E. (2006). Measuring the Adoption of Local Sprawl, Reduction Planning Policies in Florida. *Journal of Planning Education and Research*, 25, 294-310.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör Analizi: Temel Kavramlar ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı. *Eğitim Yönetimi Dergisi*, Güz, 433-470.
- Camgöz, B., Saç, M.M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö.E., Demirel, N. (2010). Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi; İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği. *Ekoloji Dergisi*. 19 (76), 78-87.
- Carter, M.A., Gregorich, E.G. (2006). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis Group, LLC. United States of America.
- Cavkaytar, Ö., Uysal Soyer, Ö., Şekerel, B.E. (2013). Türkiye’de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 105-111.
- CBS (2012). *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hidroloji Uygulamaları*, CBS Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Celebi, M., İncecik, S., Deniz, A., (9-11 November 2010). Investigation of PM₁₀ levels in urban atmosphere of a megacity: Istanbul. *Better Air Quality Conference*, Singapore.
- Ceritli, İ. (1997). Türkiye’nin Toprak Sorunu. *Ekoloji Dergisi*, 22, 4-8.
- Chang, J. (2006). *The problematization of urban sprawl in the United States*. Master’s Thesis, Department of Technology and Social Change, Tema Institute Linköping University. Linköping, Sweden.

- Chawla, S. (2012). Land Use Changes in India and its Impacts on Environment. *Journal of Environment*, 01 (01), 14-20.
- Chen, C.O., Kan, H., Huang, C., Li, L., Zhang, Y. (2009). Impact of Ambient Air Pollution on Public Health under Various Traffic Policies in Shanghai, China. *Biomedical and Environmental Sciences*, 22, 210-215.
- Chen, J., Sun, B., Chen, D., Wu, X., Guo, L., Wang, G. (2014) . Land Use Changes and Their Effects on the Value of Ecosystem Services in the Small Sanjiang Plain in China. *Hindawi Publishing Corporation, The Scientific World Journal*, 1-7.
- Cheng, J. (2003). *Modelling Spatial & Temporal Urban Growth*. Enschede, NL ITC: 203.
- Clarke, K. C., Hoppen, S., and Gaydos, L. (1997). A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B-Planning and Design*, 242, 247–261.
- Cohen, A.J., Anderson, H.R., Ostro, B., Pandey, K.D., Krzyzanowski, M., Kunzli, N., Gutschmidt, K., Pope III, C.A., Romieu, I., Samet, J.M., Smith, K.R. (2004). Urban Air Pollution. Comparative quantification of health risk: Global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. M. Ezzati, A.D. Lopez, A. Rodgers and C.J. Murray. Geneva. World Health Organization, 2, 1354-1433.
- Coşkun, M., Steinnes, E., Viladimirovna Frontasyeva, M., Eidhammer Sjobakk, T., Demkina, S. (2006). Heavy Metal Pollution of Surface Soil In The Thrace Region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 545–556.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, A.Z. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8 (2), 31-35.
- Çelebi, M., İncecik, S., Deniz, A. (9-11 November 2010). Investigation of PM₁₀ Levels in Urban Atmosphere of a Megacity: Istanbul. *Better Air Quality Conference*, Singapore.
- Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S. (28-30 Haziran 2006). Kocaeli İli'nde Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri. *Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli.
- Çetin, Ş., ve Ayberk, S. (14-17 Mayıs 2008). Kocaeli İli Çevre Havzasında NO_x ve CO Emisyonları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Çevre Sorunları Sempozyumu*, 1302-1311.

- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., ve Gürgen, G. (2004). Ankara'da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(2), 1-18.
- Çoban, H.O. (2006). Uydu Verileri İle Orman Alanlarındaki Zamansal Değişimlerin Belirlenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çubukçu, A., Tüysüz, N. (2005). KBİ İzabe, Tügsaş ve Organize Sanayi Bölge Tesislerinin (Samsun, Tekkeköy) Çevresel Etkileri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 29 (1), 44-72.
- Çukur, H., Gündüzoğlu, G.,ve Aşkın, Y. (13-16 Eylül 2006). İzmir-Buca'da Morfo-Klimatik Özelliklerin Sıcaklık Terselmesi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerinin CBS ile Sorgulanması. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Sempozyumunda sunuldu, İstanbul.
- Dadaşer Çelik, F., Kırmacı, H.K. (2011). Kayseri İli Kent Merkezinde Kükürdioksit ve Partiküler Madde Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi: 1990-2007. Ekoloji, 20 (79), 83-92.
- Dağhan, H. (2011). Doğal Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (2), 15-25.
- Deka, J., Sarma, H.P. (2012). Heavy metal contamination in soil in an industrial zone and its relation. Archives of Applied Science Research, 4 (2), 831-836.
- Deveci, T. (2012). Gaziantep'te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS İle Tayini. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- Dewan, A.M., Yamaguchi, Y. (2009). Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005. Environ Monit Assess, 150. 237–249.
- Dheba, B., Sampathkumar, P. (2012). Evaluation of Heavy Metal Contamination in Surface Soil around Industrial Area, Tamil Nadu, India. International Journal of ChemTech Research, 4 (3), 129-1240.
- Doğan, F. (1992) İl merkezlerindeki dumanlı sanayi sıklığı ile göğüs hastalıklarından ölüm hızlarının artış ilişkisi üzerine bir araştırma. Ege Tıp Dergisi. 31, 299-302.
- Doğan, F. Ve Kitapçioğlu, G. (2007). İzmir İlinde Hava Kirliliğinin Yıllar İtibariyle Karşılaştırılması. Ege Tıp Dergisi, 46 (3), 129-133.

- Doğaner, S. (2010). Türkiye Kıyı Bölgeleri II. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Doygun, H. (2007). Büyüyen Kentlerde Yeşil Alanların Konumu Ve Geleceği: Kahramanmaraş Örneği. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9 (12), 48-53.
- Doygun, N., Erdem, Ü. (2013). Kentsel Gelişim Sürecinin Alan Kullanım Yapısı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi: Bornova, İzmir Örneği. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6 (1), 17-22.
- Duan, J., Tan, J., Yang, L., Wu, S., Hao, J., (2008). Concentration, sources and ozone formation potential of volatile organic compounds (VOCs) during ozone episode in Beijing. Atmospheric Research, 88, 25–35.
- Dumanlıoğlu, Y. Bayram, A. (2013). İzmir’de Kent Merkezi ve Yakın Çevresinde Ölçülen Ozon ve Azot Dioksit Seviyelerinin Zamansal Değişiminin İncelenmesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 65-73.
- Duru, N., Türkmen, Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Yapar, K. (2011). VERBASCUM SINUATUM L. (Scrophulariaceae) (Sığirkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15 (2), 89-96.
- Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Kaygaldurak, S., Şar, V., Acar, A. (2011). Çeşitli Endüstriyel Atık Sularda Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16 (1), 6-12.
- Dündar, Y., Aslan, R. (2005). Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. Kocatepe Tıp Dergisi, 6, 1-5.
- EEA (European Environment Agency) Technical Report. 2006. Air pollution at street level in European cities.
- EEA (European Environment Agency) Technical Report. 2007. Air pollution at street level in European cities.
- EEA, 2006, Urban sprawl in Europe, The ignored challenge, EEA Report No 10/2006, European Environment Agency, Kopenhag.
- Eğri, M. (1997). 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi. Turgut Özal Tıp Merkezi.
- Ekinci, D., Pektezel, Ö. (2012). Uzaktan Algılama Teknolojileri İle Bolu İlinde Arazi Kullanımındaki Değişimin Tespiti. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 24,18-37.
- El Gammal, M.I., Ali, R.R., Abou Samra, R.M. (2014). Assessing Heavy Metal Pollution in Soils of Damietta Governorate, Egypt. International

Conference on Advances in Agricultural, Biological & Environmental Sciences (AABES-2014). Oct 15-16, Dubai (UAE).

- Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfiođlu, R., Ergün, P., ŐimŐir, S. (2010). İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1), 1-17.
- Elbir, T., Çetin, B., Çetin, E., Bayram, A., OdabaŐı, M., (2007). Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 133, 149–160.
- El-Desoky, MA., Ghallab, A. (2000). Pollution Impact On Soils And Plants In An Industrial Area Near Assiut City. Ass. Univ. Bull. Environ. Res., 3 (1), 1-19.
- Elmaslar ÖzbaŐ, E., Ökten, H.E., Özcan, H.K., Demir, G. (18-21 June 2013). Levels of metals in rural topsoil in Trabzon, Turkey. Digital Proceeding of the ICOEST 2013, Cappadocia. 151-156.
- El-Serehy, H.A., Aboulela, H., Al-Misned, F., Kaiser, M., Al-Rasheid, K., El-Din, H.E. (2012). Heavy metals contamination of a Mediterranean Coastal Ecosystem, Eastern Nile Delta, Egypt. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12, 751-760.
- Emiroğlu, M. (1981). Türkiye’de son sayımlar ve kentleşme olayının boyutları. Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 10, 43-82.
- EPA (2013). Environmental Protection Agency, United States, Surface Water Sampling.
- Erbaşlar, T., Taşdemir, Y. (2007). Bursa Atmosferinde Ölçülen Klasik Hava Kirleticilerin Birbirleri İle Olan İliŐkileri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakóltesi Dergisi, 12 (2), 9-19.
- Erbaşlar, T., Taşdemir, Y. (2006). Bursa’da Ölçülen Kükürt Dioksit (SO₂) ve Partikül Madde (PM) Seviyelerinin Zamana Bağlı Değişimi. Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 1, 46-55.
- Erbaşlar, T., Taşdemir, Y. (2007). Kentsel Bir Atmosferdeki Bazı Hava Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakóltesi Dergisi, 12 (2), 1-8.
- Eroğlu, V. (2008) Ülkemizde Termal, Maden Suları Kaynakları Ve Kullanımı. Termal Ve Maden Suları Konferansı. 24-25 Nisan 2008. İstanbul. 2-10.
- Ertürk F (1993). Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri. Derleyenler: Tırıs M, Kalafatoğlu E, Okutan H Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Gebze, MAM, Kocaeli, 15-47.

- Eryilmaz, S.S., Cengiz, H., Eryilmaz, Y. (2008). The Urban Sprawl Model for an Affected Metropolis: Bursa – Istanbul Example, 44th ISoCaRP Congress. 1-12.
- Etim, E.U., Onianwa, P.C. (2013). Heavy Metal Pollution of Topsoil in the Vicinity of an Industrial Estate Co-Located with a Housing Estate in Southwestern Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 4, 91-98.
- Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L. (2001). Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environmental Pollution*, 114, 313-324.
- Falahatkar, S., Soffianian, A.R., Khajeddin, S.J., Nadoushan, M.A., Ziaee, H.R. (2011). Integration of Remote Sensing data and GIS for prediction of land cover map. *International Journal Of Geomatics And Geosciences*, 1 (49), 847-864.
- Fan, F., Wang, Y., Wang, Z. (2007). Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environ Monit Assess*, 137, 127-147.
- Feng, L., ve Li, H., (2012). Spatial Pattern Analysis of Urban Sprawl: Case Study of Jiangning, Nanjing, China. *Journal of Urban Planning and Development*, 138 (3),263-269.
- Fogel, D. N., (1997). Image Rectification with Radial Basis Functions : Application to RS/GIS Data Integration. Available on site http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CDRROM/sf_papers/fogel_david/santafe.html.
- Frumkin, H., Frank, L., Jackson, R. (2004). *Urban Sprawl and Public Health*. Island Press, Washington.
- Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arca M, Perucci CA (2001). Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Conditions in Rome, Italy. *Eur Respir*, 17, 1143–1150.
- Gagiu, A.C., Pica, E.M. (2013). Metal Contamination of Urban Recreational and Residential Soils – Comparative Case Study of the Current Situation in Romania and India. *Global Research Analysis*, 2 (8), 66-67.
- Gallardo, L., Escribano, J., Dawidowski, L., Rojas, N., Andrade, M.D.F., Osses, M. (2011). Evaluation of vehicle emission inventories for carbon monoxide and nitrogen oxides for Bogotá, Buenos Aires, Santiago, and São Paulo. *Atmospheric Environment*, xxx, 1-8.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept, Ho using *Policy Debate*, 12 (4), 681-718.

- Gao Y., Nelson E.D., Field M.P., Ding Q., Li H., Sherrell R.M., Gigliotti C.L., Van Ry D.A., Glenn T.R., Eisenreich S.J. (2002). Characterization of Atmospheric Trace Elements on PM_{2,5} Particulate Matter Over the New York-New Jersey Harbor Estuary. *Atmospheric Environment*, 36, 1077-1086.
- Garipağaoğlu, N., (2003). Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9, 55-77.
- Granier, C., Bessagnet, B., Bond, T., D’Angiola, A., Denier van der Gon, H., Frost, G., Heil, A., Kaiser, J., Kinne, S., Klimont, Z., Kloster, S., Lamarque, J.-F., Liousse, C., Masui, T., Meleux, F., Mieville, A., Ohara, T., Raut, J.-C., Riahi, K., Schultz, M., Smith, S., Thompson, A., Aardenne, J., Werf, G., and Vuuren, D. (2011). Evolution of anthropogenic and biomass burning emissions of air pollutants at global and regional scales during the 1980–2010 period, *Clim. Change*, 109, 163–190.
- Grigalaviciene, I., Rutkoviene, V., Marozas, V. (2005). The Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu and Cd at Roadside Forest Soil. *14 (1)* 109-115.
- Gunal, H., Acir, N., Budak, M. (2012). Heavy Metal Variability Of A Native Saline Pasture In Arid Regions Of Central Anatolia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7 (2), 183 – 193.
- Gülersoy, A.E., Çelik, M.A., Sönmez, M.E., (2014). Tarsus Şehrinin Alansal Gelişimine (1985-2011) Ekolojik Bakış. *Turkish Studies*, 9(2), 741-759.
- Gümüşay, M.Ü., Erhan, S., Ünal, A. (11-15 Mayıs 2009). Karayolunda Hareket Halindeki Araçların Egzost Gazlarının CBS Ortamında Analiz Edilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Günşen, U. Anar, Ş. Gündüz, H. (08-10 Eylül 1997). Uludağ’daki Su Kaynaklarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *V. Halk Sağlığı Günleri*, Isparta.
- Günşen, U., Anar, Ş. (2000). Bursa’da Faaliyet Gösteren Sanayi Kuruluşlarının Kirlenici Etkilerinin Araştırılması. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 7 (2), 43-51.
- Güvendik G., Yılmaz A. (2003). Egzos kirliliğine maruz kalan kişilerde kan karboksihemoglobin düzeyi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 32, 213-219.
- Hacıoğlu Deniz, M. (2009). Sanayileşme Perspektifinde Kentleşme ve Çevre İlişkisi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 19, 95-105.

- Han X., Naeher L.P., (2006). A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*, 32, 106-120.
- Hani, A., Kariminejad, M., (2010). Toxic Metal Distribution in Soils of Kaveh Industrial City, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 8 (11), 1333-1342.
- Hani, A., Sinaei, N., Gholami, A. (2014). Spatial Variability of Heavy Metals in the Soils of Ahwaz Using Geostatistical Methods. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5 (3), 294-298.
- Hannatu, W., Ikechukwu, S.B., Rhoda, G., Bala, D.A., Fubre, A. (2014). Distribution of heavy metals in surface and ground water in Mkpuma Akpatakpa and Environs. *American Journal of Environmental Protection*, 3 (6-2), 25-29.
- Harika, M., Aspiya Begum. SK., Yamini, S., Balakrishna, K. (2012). Land Use/Land Cover Changes Detection And Urban Sprawl Analysis. *International Journal Of Advanced Scientific Research And Technology*, 2 (2), 383-396.
- Hasse, J., Domisch, V. (2009). Integrating Impervious Surface Management And Smart Growth Development In New Jersey. *Middle States Geographer*, 42, 9-17.
- Hasse, J.E., Lathrop, R.G. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography*, 23, 159–175.
- Herold M., N.C. Goldstein, K.C., Clarke, C. (2003). The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing Environment*, 86, 286–302.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Verhoeff, A., Wijnen, V., Fischer, P. (2000). Daily mortality and air pollution in the Netherlands. *Journal of The Air and Waste Management Association*, 50, 1380-1389.
- Holmgren, G.G.S., Meyer, M.W., Chaney, R.L., Daniels, R.B. (1993). Cadmium, Lead, Zinc, Copper, and Nickel in Agricultural Soils of the United States of America. *J. Environ. Qual.*, 22, 335-348.
- Hosamane, S.N., Desai, G.P. (2013). Urban Air Pollution Trend in India – Present Secenario. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2 (8), 3738-3747.
- Hoşgören, M.Y. (1975) İnegöl Havzası'nın Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayını. No:81. İstanbul.
- Hu, H., Jin, Q., Kavan, P. (2014). A Study of Heavy Metal Pollution in China: Current Status, Pollution-Control Policies and Countermeasures. *Sustainability*, 6, 5820-5838.

- Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E.Y., Cheng, H. (2013). Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environ Sci Pollut Res.*, 20, 6150–6159.
- Huang B., Zhang L., Wu B. (2009). Spatiotemporal analysis of rural–urban land conversion. *International Journal of Geographical Information Science*, 23 (3), 379-398.
- Huissi, D., Eerdun, H., Yi, Y., Jing, A. (2012). Land Coverage Changes in the Hulun Buir Grassland of China Based on the Cellular Automata-Markov Model. 2012 International Conference on Geological and Environmental Sciences, IPCBEE vol.3 6(2012) © (2012)IACSIT Press, Singapore. 69-74.
- IAEA (International Atomic Energy Agency), (2004). Soil sampling for environmental contaminants.
- Im, U., Incecik, S., Guler, M., Tek, A., Topcu, S., Unal, Y.S., Yenigun, O., Kindap, T., Odman, M.T., Tayanc, M. (2013). Analysis of surface ozone and nitrogen oxides at urban, semi-rural and rural sites in Istanbul, Turkey. *Science of the Total Environment*, 443, 920-931.
- Inobeme, A., Ajai, A.I., Iyaka, Y.A., Ndamitso, M., Uwem, B. (2014). Determination Of Physicochemical And Heavy Metal Content Of Soil Around Paint Industries In Kaduna. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 3 (8), 221-225.
- Islam, S., Ahmed, R. (2011). Land Use Change Prediction In Dhaka City Using GIS Aided Markov Chain Modeling. *J. Life Earth Sci.*, 6, 81-89.
- Itano, Y., Bandow, H., Takenaka, N., Saitoh, Y., Asayama, Y., Fukuyama, J. (2007). Impact of NO_x reduction on long-term ozone trends in an urban atmosphere. *Science of The Total Environment*, 379, 46–55.
- İbret, B.Ü. ve Aydınöz, D. (2009). Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkinse Bir Örnek: Kastamonu Şehri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 18, 71-88.
- İleri, B., Gündüz, O., Elçi, A., Şimşek, C., Alpaslan, M.N., (24-27 Ekim 2007). Tahtalı Havzası Yer altı Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- İlkılıç, C., Behçet, R. (2006). Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Ve Çevre Üzerindeki Etkisi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 66-72.

- İnal, C., Yiğit, C.Ö. (24-26 Eylül 2003). Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.
- İncecik, S., İm, U. (2013). Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 133 – 145.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi Ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (2008). Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Rapor Ve Haritalarının Yapılması. Yönetici Özeti. Erişim: <http://www.ibb.gov.tr/tr.TR/SubSites/DepremSite/PublishingImages/Anadolu%20Yakas%C4%B1%20II.%20Etap%20Mikrobolgeleme%20Raporu%20Y%C3%B6netici%20C3%96zeti.pdf>. Tarih: 15.03.2013.
- İTSO ,(İnegöl Ticaret ve Sanayi Odası Bilgi Hizmetleri ve Proje Müdürlüğü) (2012). İnegöl Ekonomi Raporu.
- Jameel, A.A., Sirajudeen, J., Abdul vahith, R. (2012). Studies on heavy metal pollution of ground water sources between Tamilnadu and Pondicherry, India. Pelagia Research Library, 3 (1), 424-429.
- Jankiewicz, B., Adamczyk, D. (2010). Assessing Heavy Metal Content in Soils Surrounding a Power Plant. Polish J. of Environ. Stud., 19 (4), 849-853.
- Jaradat, Q.M., Momani, K.A. (1998) Contamination of Roadside Soil, Plants, and Air With Heavy Metals in Jordan, A Comparative Study. Turk J Chem., 23. 209–220.
- Jensen J.R., (2000). Remote Sensing of The Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Jianga, L., Deng, X., Seto, K.C. (2013). The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China. Land Use Policy, 35, 33–39.
- Kadıoğulları, A.İ. (2005). Orman Kaynaklarındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Ortaya Konulması (İnegöl ve Gümüşhane Devlet Orman İşletmeleri Örneği). Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kagambega, N., Sawadogo, S., Banba, O., Zombre, P., Galvez, R. (2014). Acid Mine Drainage And Heavy Metals Contamination Of Surface Water And Soil in Southwest Burkina Faso–West Africa. International Journal of Multidisciplinary Academic Research, 2 (3), 9-19.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2001). Metallerin Çevresel Etkileri.-I. Metalurji Dergisi, 136.

- Kalaivani, T.R., Dheenadayalan, M.S. (2013). Seasonal fluctuation of Heavy Metal Pollution in Surface water. *International Research Journal of Environment Sciences*, 2(12), 66-73.
- Kalaycı, Ş. (2006). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kaplan, M., Sönmez, S., Tokmak, S. (1999). Antalya–Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 309–313.
- Kaplan, V. (2010). Karaduvar Bölgesi (Mersin) Yeraltı Sularında Görülen Ağır Metal Kirliliğinin Sebepleri Ve Konsantrasyonlarında Meydana Gelen Mevsimsel Değişimlerin İzlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mersin.
- Kaplan, V., Güler, C., Akbulut, C. (12-16 Eylül 2011). Karaduvar Bölgesi (Mersin) Yeraltı Sularında Görülen Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İstanbul. 513-524.
- Kara, F., Karatepe, A. (2012). Uzaktan Algılama Teknolojileri İle Beykoz İlçesi (1986-2011) Arazi Kullanımı Değişim Analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 25, 378-389.
- Kara, G., Aydın, M.E., Tekin, İ. (25-27 Ekim 2010). Konya İli Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi. IV. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Ankara. 323-332.
- Kara, M., Altıok, H., Hepyücel, A., Dumanoğlu, Y. (25-27 Ekim 2010). Aliğa Endüstri Bölgesinde PM₁₀ ve Çöken Tozların Mekansal ve Mevsimsel Değişimi. IV. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Ankara. 333 – 344.
- Karabulut, A. Ünver, İ. (2012). Çukurova’da Alüvyal Bir Tarım Arazisinde Bazı Toprak Verimlilik Parametrelerinin Jeostatistiksel Modellemesi. *Toprak Su Dergisi*, 1 (2), 71-81.
- Karabulut, M., M. Küçükönder, M. Gürbüz ve E. Sandal, (13-16 Eylül 2006). Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak İncelenmesi. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul. 3-8.
- Karaca, A., Turgay, O.A. (2012). Toprak Kirlenmesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1 (1), 13-19.
- Karadağ, A. (2009). Kentsel Ekoloji: Kentsel Çevre Analizlerinde Coğrafi Yaklaşım. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18 (1-2), 31-47.
- Karadaş, C. (2008). Balya İlçesi ve Yakın Köylerindeki Toprak Kirliliğinin Çocuklar Üzerine Etkisinin İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon

Yöntemi İle Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

- Karademir, M., Toker, M.C. (1998). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 7 (26), 9-12.
- Karaman, M. R., Susam, T., Turan, M., Tutar, A., Şahin, S. (2012). Çilek Tarımı Yapılan Arazide Uzaysal Doğal Organik Madde Değişimlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 1, 197-205.
- Karataş, N (2007). İzmir'deki Şehirsel Saçaklanma Eğilimlerinin Torbalı-Ayrancılar'da Arazi Sahipliği El Değişim Süreçlerine Etkileri (1968–2000). *PLANLAMA TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını*, 40, 3-12.
- Karbasi A. (2004). Review and access to biological origin of heavy elements in soil Heights North West of Tehran, *Environmental Science and Technology*, 11(3), 30-40.
- Karima, Z., Aslam Qureshi, B., Mumtaz, M., Qureshi, S. (2014). Heavy metal content in urban soils as an indicator of anthropogenic and natural influences on landscape of Karachi—A multivariate spatio-temporal analysis. *Ecological Indicators*, 42. 20–31.
- Kartal, G., Kahvecioğlu, Ö., Güven, A., Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-II. *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi*, 137, 46-51.
- Katı, M., Onaran, M.A. (4-6 Ağustos 2010) Muğla (Milas) Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması. 4. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, Bolu.
- Katip, A., Karaer, F. (2011). Uluabat Gölü Su Kalitesinin Türk Mevzuatına Ve Uluslararası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 25-34.
- Katkat, V. (1989). Marmara Bölgesinde Tarımın Verimlilik Sorunları. *Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 387*, Ankara. 92-101.
- Kavzoğlu, T., Çetin, M. (28 Mart-1 Nisan 2005). Gebze Bölgesindeki Sanayileşmenin Zamansal Gelişiminin ve Çevresel Etkilerinin Uydu Görüntüleri İle İncelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Kaya, C. (2008). Elmalı Havzası Kuzey Kesiminin Yüzey Ve Yeraltı Su Kirliliği Açısından İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kaya, Ş., Musaoğlu, N. (16-18 Ekim 2002). Kentsel Değişimlerin Uydu Görüntüleri İle Analizi. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu'nda sunuldu. Konya.
- Kaygalak, I., Işık, Ş. (2007). Kentleşmenin Yeni Ekonomik Boyutları. Ege Coğrafya Dergisi, 16, 17-35.
- Keçebaş, A., Gedik, E., Kayfeci, M. (2010). Fosil Yakıtların Kullanımından Kaynaklanan Hava Kirliliği Üzerine Jeotermal Enerji ve Doğalgaz Kullanımının Etkisi: Afyon Örneği. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7 (3), 23-30.
- Keleş, R. (1997). Kentleşme Politikası. İmge Kitabevi, İstanbul.
- Keleş, R., Hamamcı, C. (2005). Çevre Politikası. İmge Kitabevi, Ankara.
- Kelkit, A. (2003). Çanakkale İlinde Sanayi ve Çevre İlişkisi Üzerinde Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg, 34 (2), 179-186.
- KENTAIR - Kentlerde Hava Kalitesi Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi Projesi, (2013). Ankara Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Ankara Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu.
- Keser, N. (2002). Kütahya'da Hava Kirliliğine Etki Eden Topografik ve Klimatik Faktörler. Marmara Coğrafya Dergisi, 5, 69-100.
- Keshav Krishna, A., Rama Mohan, K., Murthy, N.N., Machender, G. (6-12 September 2009). Assessment of Heavy Metal Pollution in Groundwater Using Multivariate Statistical Techniques in an Industrial Area: A Case Study from Kazipalli Industrial Area, Medak District, Andhra Pradesh, India. Joint International Convention of 8th IAHS Scientific Assembly and 37th IAH Congress, Hyderabad, India.
- Keshavarzi, A., Sarmadian, F., Rahmani, A., Ahmadi, A., Labbafi, R., Iqbal, M.A. (2012). Fuzzy clustering analysis for modeling of soil cation exchange capacity. Australian Journal of Agricultural Engineering. 3(1), 27-33.
- Kılıç, A. (2006). Uydu Görüntüleri İle Arazi Kullanımı Ve Değişikliğinin Araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılınç, R. ve Yokaş, İ. (1987). Toprak, Bitki ve Su Kaynaklarında Bulunan Radyasyon Miktarları ve Çevresel Önemi. E.Ü.Z.F. Dergisi.
- Kır, İ., Tekin-Özan, S., Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24 (1-2), 155-158.

- Kır, İsmail., Tumantozlu, H. (2012). Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21 (82), 65-70.
- Kırıcı, M., Taysı, M.R., Bengü, A.Ş., İspir, Ü. (2013). Murat Nehri'nde Yakalanan *Capoeta Trutta* (Heckel, 1843)'Nin Kas Dokusunda Bazı Metallerin Birikim Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6-1, 111-121.
- Kıvanç, M., Karakaş, N., Platin, S. (1996). Atık Sulardaki Krom İyonlarının Giderilmesinde "Bacillus subtilis" in Kullanılması. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 20, 17-20.
- Kim JJ, Smorodinsky S, Lipsett M, Singer BC, Hodgson AT, Ostro B. (2004). Traffic-related air pollution near busy roads: the East Bay Children's Respiratory Health Study. *Am J Respir Crit Care Med.*,170 (5), 520-526.
- Kim, I., Jeong, G.Y., Park, S., Tenhunen, J. (2-7 October 2011). Predicted Land Use Change in the Soyang River Basin, South Korea. TERRECO Science Conference, Germany.
- Koca, H., Elbir, T. (2013) Bir Üniversite Yerleşkesi İçinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 45-54.
- Kocaer, F.O., Başkaya, H.S. (2003). Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 121-131.
- Kocak, M., Theodosi, C., Zampas, P., Im, U., Bougiatioti, A., Yenigun, O., Mihalopoulos, N., (2011). Particulate matter (PM₁₀) in Istanbul: Origin, source areas and potential impact on surrounding regions. *Atmospheric Environment*, 45, 6891-6900.
- Koç, E., Yılmaz, M., Ersan, Y., Alaş, A. (2013). Hekzavalent Kromun *Capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1773) ve *Squalius cephalus* (Linnaeus 1758) Üzerine Olan Etkisinin Histopatolojik ve Elektroforetik Yöntemlerle Saptanması. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 19 (6), 979-984.
- Koçman, A. (1993). Türkiye İklimi, İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No:72.
- Kopar, İ., Zengin, M. (2009). Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekansal Değişiminin Belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53. 51-68.

- Köleli, N., ve Halisdemir, B. (2005). Distribution of chromium, cadmium, nickel and lead in agricultural soils collected from Kazanlı-Mersin. *Int. J. Environment and Pollution*, 23, 409-415.
- Kumbur, H., Özsoy, H.D., Özer, Z. (2008). Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 17(68), 54-58.
- Kume, A., Charles, K., Berehane, Y., Anders, E., Ali, A. (2010). Magnitude and variation of traffic air pollution as measured by CO in the City of Addis Ababa, Ethiopia. *Ethiop. J. Health Dev.*, 24(3), 156-166.
- Kurt, M.A. (2010). Deliçay Ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Kalan Alandaki Toprak Profillerinin Mineralojisi, Toprak Ve Su Kirliliğinin Araştırılması. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mersin Üniveritesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Kuşat Gürün, D., Doygun, H. (13-16 Eylül 2006). Kahramanmaraş Kentsel Gelişiminin Tarımsal Alan Kullanımı Üzerine Etkileri. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul.
- Küçükali, U.F., Atabay, S. (2012). Bursa / Nilüfer Çayı'nın Başköy – Kestel Bölümü ve Alt Havzalarının Kirlilik ve Risk Analizi. Yayınlanmış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. *Sigma* 4, 97-110.
- Lee, C. S. L., Li, X. D., Shi, W. Z., Cheung, S. C., Thornton, I. (2005). Metal Contamination In Urban, Suburban And Country Park Soils Of Hong Kong: A Study Based On GIS And Multivariate Statistics. *Science of the Total Environment*, 356, 45– 61.
- Lee, S., Oh, K. (2012). An Analysis of the Relationship between Air Pollutants and Urban Characteristics using the Trajectory Model: The case of Seoul, Korea. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3 (5). 475.479.
- Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X., Bai, B. (2013). Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China. *Journal of Geochemical Exploration*. 132. 75–83.
- Li, X., Lee, S-L., Wong, S-C., Shi, W., Thornton, I. (2004). The Study of Metal Contamination in Urban Soils of Hong Kong Using a GIS-Based Approach. *Environmental Pollution*, 129, 113–124.
- Li, Y., Xu, L., Li, S. (2009). Water Quality Analysis of the Songhua River Basin Using Multivariate Techniques. *J. Water Resource and Protection*, 2, 110-121.

- Lin, Y. P., Chang, T. K., Shih, C. W. and Tseng, C. H. (2002). Factorial and indicator kriging methods using a geographic information system to delineate spatial variation and pollution sources of heavy metals. *Environmental Geology*, 42, 900-909.
- Lin, Y., Cheng, B., Chu, H., Chang, T., Yu, H. (2011). Assessing How Heavy Metal Pollution And Human Activity Are Related By Using Logistic Regression And Kriging Methods. *Geoderma*, 163, 275–282.
- Lin, Y., Chu, H., Wu, C., Chang, T., Chen, C. (2011). Hotspot Analysis of Spatial Environmental Pollutants Using Kernel Density Estimation and Geostatistical Techniques. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 8, 75-88.
- Lin, Z.Y. (1998). The source and fate of Pb in central Sweden. *Science of the Total Environment*, 209 (1), 47-58.
- Lourenco, R.W., Landim, P.M.B., Rosa, A.H.R., Roveda, J.A.F., Martins, A.C.G., Fraceto, L.F. (2010). Mapping soil pollution by spatial analysis and fuzzy classification. *Environ Earth Science*. 60, 495–504.
- Lu, R. Ve Turco, R.P. (1997). An integrated air pollution modeling system for urban and regional scales: 1. Structure and performance. *Journal of Geophysical Research*, 102 (5), 6063-6079.
- Lu, Y., Yin, W., Zhu, F., Zhang, G., (2010). The Spatial Distribution and Sources of Metals in Urban Soils of Guangzhou, China. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD. 77-80.
- Lu, W.Z., Wang, X.K., (2003). Interaction patterns of major air pollutants in Hong Kong territory. *Science of the Total Environment*, 324, 247–259.
- Luo, W., Lu, Y., Wang, G., Shi, Y., Wang, T., Giesy, J.P. (2008). Distribution and availability of arsenic in soils from the industrialized urban area of Beijing, China. *Chemosphere xxx (xxx–xxx)*, 1-6.
- Luo, W., Wang, T., Lu, Y., Giesy, J.P., Yajuan, S., Zheng, Y., Xing, Y., Wu, G., (2007). Landscape Ecology of the Guanting Reservoir, Beijing, China: Multivariate and Geostatistical Analyses of Metals in Soils. *Environmental Pollution*, 146, 567-576.
- Madrid, Y, Zayas, Z.P. (2007). Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. *Trends in Analytical Chemistry*, 26 (4), 293-299.
- Mahmoudabadi, E., Sarmadian, F., Savaghebi, G.H., Alijani, Z. (2012). Accuracy Assessment of Geostatistical Methods for Zoning of heavy metals in soils of urban-industrial areas. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (5), 991-999.

- Makhamreha, Z., Almanasyeha, N. (2011). Analyzing the State and Pattern of Urban Growth and City Planning in Amman Using Satellite Images and GIS. *European Journal of Social Sciences*, 24 (2), 252-264.
- Mandal, B.K., Suzuki, K.T. (2002). Arsenic Round The World: A Review. *Talanta*, 58, 201–235.
- Manoj, K., Kumar Padly, P., Chaudhury, S. (2012). Study of Heavy Metal Contamination of the River Water through Index Analysis Approach and Environmetrics. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 1 (10), 07 – 15.
- Marinoni, O. (2003). Improving Geological Models Using A Combined Ordinary E Indicator Kriging Approach. *Engineering Geology*, 69, 37-45.
- Mashal, K., Al-Qinna, M., Ali, Y. (2009). Spatial Distribution and Environmental Implications of Lead and Zinc in Urban Soils and Street Dusts Samples in Al-Hashimeyeh Municipality. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 3(2), 141-150.
- Massadeh, A.M., Tahat, M., Jaradat, Q.M., Al-Momani, I.F. (2004). Lead and Cadmium Contamination in Roadside Soils in Irbid City, Jordan: A Case Study. *Soil & Sediment Contamination*, 13, 347–359.
- Mayda, A.S., Yılmaz, M. (2013). Düzce Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 2007-2011 Yılları Arası Verilerinin Değerlendirilmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 12(1), 11-18.
- Mayer, H. (1999). Air pollution in cities. *Atmospheric Environment* 33, 4029-4037.
- Mayer, H., Haustein, Ch., Matzarakis, A. (1999). Urban air pollution caused by motor-traffic. *Air Pollution VII*. WIT PRESS. *Advances in Air Pollution*, 6, 251-260.
- McBratney, A.B., Odeh, I.O.A. (1997). Application of Fuzzy Sets in Soil Science: Fuzzy Logic, Fuzzy Measurements and Fuzzy Decisions. 77, 85-113.
- MEB Aile ve Tüketici Hizmetleri (2012). *Toprak Kirlilik Kaynakları*. MEB Yayınları, Ankara.
- Megremi, İ. (2009). Distribution and bioavailability of Cr in central Euboea, Greece. *Central European Journal of Geosciences*. DOI: 10.2478/v10085-009-0042-3.
- Menteşe, S. (2011). Zonguldak'ta Hava Kirliliği (PM₁₀&SO₂) ve Solunum Yolu Hastalıkları İlişkisi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

- Menteşe, S., Can Yarımtepe, C. (2012). Çanakkale İli Hava kalitesinin Kirlilik Türlerine Göre Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 1, 66-74.
- Menteşe, S., Tağıl, Ş. (2012). Bilecik'te İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkisi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 15 (28), 3-16.
- Mıkaeili, M., Memlük, Y. (2013). Ekoloji ve Çevre Açısından Kompakt Kent Kavramı ve Uygulama Örnekleri. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 4(2), 37-50.
- Mishra, S. ve Pandey, R.P. (2011). Effects of Air Pollution on Plants in Urban Area : A Case Study of Ghaziabad (U.P) India. VSRD-TNTJ, 2 (5), 262-266.
- Mmolawa, K.B., Likuku, A.S., Gaboutloeloe, G.K. (2011). Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana. African Journal of Environmental Science and Technology. 5(3). 186-196.
- Mmom, P.C., Fred-Nwagwu, W. (2013). Analysis of Landuse and Landcover Change around the City of Port Harcourt, Nigeria. Global Advanced Research Journal of Geography and Regional Planning, 2(5), 076-086.
- Mohammed, J. (2013). Land use and cover change assessment using Remote Sensing and GIS: Dohuk City, Kurdistan, Iraq (1998-2011). International Journal of Geomatics and Geosciences, 3(3), 552-569.
- Mohan, M., Patkan, S.K., Narendrareddy, K., Kandya, A., Pandey, S. (2011). Dynamics of Urbanization and Its Impact on Land-Use/Land-Cover: A Case Study of Megacity Delhi. Journal of Environmental Protection, 2, 1274-1283.
- Mohd Tahir, N., Seng Chee, P., Jaafar, M. (2007) Determination Of Heavy Metals Content In Soils And Indoor Dusts From Nurseries In Dungun, Terengganu. The Malaysian Journal of Analytical Sciences. 11 (1) 280-286.
- Molina, L.T. Molina, L.J. (2004). Improving air quality in megacities: Mexico City case study. Ann N Y Acad Sci.1023, 142-58.
- Montinaro, S., Concasb, A., Pisub, M., Cao, G. (2012). Remediation of Heavy Metals Contaminated Soils by Ball Milling. Chemical Engineering Transactions, 28, 187-192.
- Mubea, K.W., Ngigi, T.G., Mundia, C.N. (2010). Assessing Application Of Markov Chain Analysis In Predicting Land Cover Change: A Case Study Of Nakuru Municipality. JAGST, 12(2), 126-144.

- Muller, M.R., and Middleton, J. (1994). A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada *Landscape Ecology*, 9(2), 151-157.
- Müezzinoğlu, A. (2000). *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. 9 Eylül Yayınları, İzmir.
- Nadal, M. (2005). Human Health Risk Assessment Of Exposure To Environmental Pollutants In The Chemical/Petrochemical Industrial Area Of Tarragona (Catalonia, Spain). PhD Thesis, Rovirai Virgili University, European, Reus.
- Nas, B., Berktaş, A. (13,14 Kasım 2001). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Konya Kenti Yeraltı Suyu Sertlik Haritasının Oluşturulması. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Nazım, E., Beyhun, S., Vançelik, H., Acemoğlu, Z., Güraksın Koşan, A. (2008). Erzurum İli Kent Merkezinde 2003–2006 Yılları Arasında Hava Kirliliği, *TAF Prev Med Bull.*, 7(3), 237-242.
- Nwajeri, G.E., Okwagi, P., Nwajeri, R.I., Obilyeke, G.E. (2012). Analytical Assessment of Trace Elements in Soils, Tomato Leaves and Fruits in the Vicinity of Paint Industry, Nigeria. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(4), 22-26.
- Nwineewii, J.D., Edem, C.A. (2014). Determination and Toxicological Effects of Some Heavy Metals in Surface Water from the Niger Delta, Nigeria. *IOSR Journal of Applied Chemistry*. 7 (5). 32-36.
- Ochieng, E.Z., Lalah, J.O., Wandiga, S.O. (2007). Analysis of Heavy Metals in Water and Surface Sediment in Five Rift Valley Lakes in Kenya for Assessment of Recent Increase in Anthropogenic Activities. *Bull Environ Contam Toxicol*, 79, 570-576.
- Odeh, I. O. A. and Onus, A. (2008). Spatial analysis of soilsalinity and soil structural stability in a semiarid region of New South Wales, Australia. *Environmental Management*, 42, 265-278.
- Odoi, J.O., Armah, F.A., Luginaah, I. (2011). Assessment of Spatial Variability of Heavy Metals in Soils Under the Influence of Industrial Soap and Detergent Waste Water Discharge. *IJRRAS*, 9 (2), 322-329.
- Oftedal, B. Brunekreef, B. Nystad, W. Madsen, C. Walker, S.E. and Nafstad, P. (2008). Residential Outdoor Air Pollution and Lung Function in Schoolchildren. *Epidemiology*, 19(1), 129-137.
- Oğuz, H. (2004). Modeling Urban Growth And Land Use/Land Cover Change In The Houston Metropolitan Area From 2002 – 2030. Basılmamış Doktora Tezi, M.S., Texas A&M University, Texas.

- Oğuz, H. Bozali, N. (2014). Gaziantep Kentinde 2040 Yılına Kadar Oluşabilecek Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişiminin Tahmini. Tarım Bilimleri Dergisi, 20, 83-101.
- Oğuz, H., Zengin, M., (2012). Peyzaj Patern Metrikleri ve Landsat 5 Tm Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişimi Analizi (1984 - 2010): Kahramanmaraş Örneği. KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayı, 22-29.
- Ohri, A., Poonam, A. (2012). Urban Sprawl Mapping and Land Use Change Detection Using Remote Sensing and GIS. International Journal of Remote Sensing and GIS, 1 (1), 12-25.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N., İrget, E. (2001). Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kiletici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2), 243-250.
- Okur, N., Başar, H., Göçmez, S. (2002). Bursa Ovasında Nilüfer Çayı İle Sulanan Şeftali Bahçesi Topraklarında Mikrobiyel Aktivite ve Ağır Metal İçerikleri Arasındaki İlişkiler. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2002, 39 (2), 103-110.
- Olatunji, A.S., Abimbola, A.F., Afolabi, O.O. (2009). Geochemical Assessment of Industrial Activities on the Quality of Sediments and Soils Within the Lsdpc Industrial Estate, Odogunyan, Lagos, Nigeria. Global Journal of Environmental Research, 3 (3), 252-257.
- Onat, B., Alver Şahin, Ü. (2000). Trafik Kaynaklı Partikül Madde Boyutlarının ve Siyah Duman İle İlişkinin Araştırılması. Ekoloji, 21(83), 77-83.
- Onder, S., Dursun, S., Gezgin, S., Demirbas, A. (2007). Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey). Polish J. of Environ. Stud., 16 (1), 145-154.
- Ostro, D.B., Eskeland, S.G., Sanchez, M.J., Feyzioğlu, T. (1999) Air Pollution and Health Effects: A Study of Medical Visits among Children in Santiago, Chile. Environmental Health Perspectives, 1, 69-73.
- Otken, B., Gümüştay, M.Ü. (2009). Karayolunda Hareket Halindeki Taşıtların Çevreye Yayıdıkları Emisyonların Analizi için CBS'de Arayüzlerin Hazırlanması. hkm Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi, 3, 91-96.
- Ozbay, O., Goksu, M.Z.L., Alp, M.T., Sungur, M.A. (2013). Berdan Çayı (Tarsus - Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi, 22 (86), 68-74.
- Ökmen, M., Arslan, N.T. (2001). Sivas'ta Kentsel Gelişme. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2 (1), 239-264.

- Öktüren Asri, F., Sönmez, S. (2007). Ağır Metal Toksikitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim Dergisi*,
- Öktüren- Asri, F., Sönmez, S., Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24(1), 32-39.
- Ölgen, M.K., Erdal, Ü., Sökmen, Ö. (2009). Turgutlu – Salihli Arasında Organik Tarım Faaliyetlerinin Toprak Üzerindeki Etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18 (1-2), 17-30.
- Örün, E., Yalçın, S.S. (2011). Kurşun, Civa, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasın Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 73-81.
- Özcan, H. K. (2012). Long Term Variations of the Atmospheric Air Pollutants in Istanbul City. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9, 781-790.
- Özcan, H.K., Şahin, Ü., Bayat, C., Uçan, O.N. (2006). İstanbul İli Troposferik Ozon (O₃) Konsantrasyonlarının Hücresel Yapay Sinir Ağ Yöntemiyle Modellenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 21 (2), 239-245.
- Özdemir H., Borucu G., Demir G., Yiğit S., Namık A.K., (2010). İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM_{2,5} ve PM₁₀) Kirliliğinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 20, 72-79.
- Özdemir, M.A. ve Bahadır, M. (2008). Yalova İli'nde Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1992-2007). *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 17, 1-15.
- Özdemir, M.A., Uçar, H. (2006). Afyonkarahisar Kent Ekosisteminde Su Kirliliği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8 (2), 123-158.
- Özden, Ö., Koçaker, S., Döğeroğlu, T. (22-25 Ekim 2008). Eskişehir'de Azot Dioksit (NO₂) ve Kükürt Dioksit (SO₂) Kış Dönemi İç ve Dış Ortam Seviyelerinin Pasif Örnekleme Yöntemiyle Ölçümü. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumunda sunuldu, Hatay.*
- Özdoğan, F.B., Tüzün İ.K. (2007). Öğrencilerin Üniversitelerine Duydukları Güven Üzerine Bir Araştırma. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(2), 639-650.
- Özel, M. (2005). Kentsel Gelişme ve Knetleşme Sürecinde Niğde. *Selçuk Üniversitesi Karaman İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (5), 120- 144.
- Özen, Y. Gül, A. (2007). Sosyal Ve Eğitim Bilimleri Araştırmalarında Evren-Örnekleme Sorunu. *KKEFDI/OKKEF*, 15, 394-422.
- Özer, S., Yıldız, S., Karakuş, C.B. (2011). Sivas 4 Eylül Barajı İçme Suyundaki Manganın Laboratuvar ve Tesis Ölçekli Giderim Verimlerinin

- Karşılaştırılması. S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26 (1), 2-9.
- Özkan, O., Solmaz, A., Azgın, Ş.T., Varinli, F. (30-31 Mayıs 2008). Kayseri il merkezi hava kirliliğinin genel değerlendirmesi. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, Konya. 145-150.
- Özkul, C. (2008). İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi. Uygulamalı Yerbilimleri, 2, 1-9.
- Öztas, T. (1995). Jeostatistigin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. I. Akalin Toprak ve Çevre Sempozyumu. I, 271-280, Ankara.
- Öztürk, D., (14-17 Mayıs 2013). Hücresel Otomat-Markov Zinciri Yöntemiyle Samsun Kıyı Alanlarındaki Mekansal Değişimlerin Modellenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Öztürk, M. (2005). Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri. Ankara.
- Özyavuz, M. (2011). Tekirdağ Kent Merkezinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama İle İncelenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (1), 65-74.
- Özyurt, C. (2007). Yirminci Yüzyıl Sosyolojisinde Kentsel Yaşam. BAÜ SBED, 10 (18), 111-126.
- Pan, S., Yang, Q., Quyang, Z., Lockaby, G., Tian, H. (2013). Monitoring Land-Use and Land-Cover Change in the Eastern Gulf Coastal Plain Using Multi-temporal Landsat Imagery. J Geophys Remote Sensing, 2 (1), 1-7.
- Papafilippaki, A.K., Kotti, M.E., Stavroulakis, G.G. (2008). Seasonal Variations In Dissolved Heavy Metals In The Keritis River, Chania, Greece. Global NEST Journal. 10 (3). 320-325.
- Parrish, D.D., Kuster, W.C., Shao, M., Yokouchi, Y., Kondo, Y., Goldan, P.D., de Gouw, J.A., Koike, M., Shirai, T. (2009). Comparison of air pollutant emissions among mega-cities. Atmospheric Environment, 43, 6435-6441.
- Parth, V., Murthy, N.N., Saxena, P.R. (2011). Assessment of heavy metal contamination in soil around hazardous waste disposal sites in Hyderabad city (India): natural and anthropogenic implications. E3 Journal of Environmental Research and Management, 2(2), 27-34.
- Parveen, N., Ghaffar, A., Shirazi, S.A., Bhalli, M.N. (2012). A GIS Based Assessment of Heavy Metals Contamination in Surface Soil of Urban

- Parks: A Case Study of Faisalabad City-Pakistan. Mondal, J Geogr Nat Disast., 2 (1), 1-5.
- Paudel, K.R. (2008). Urban Growth And Land Use Change In The Himalayan Region: A Case Study Of Pokhara Sub-Metropolitan City, Nepal. GIS, Ostrava, 1-11.
- Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71, 295–310.
- Pawlowsky-Glahn, V., Tolosana-Delgado, R. and Egozcue, J.J. (27- 29 September 2006). Simplicial indicator kriging. International Workshop on Spatio-Temporal Modeling (METMA3), Pamplona, Spain.
- Payan, F., Ertürk, F. (2002). SO₂ ve NO_x Kirleticilerinin 1995-1996 Kış Sezonunda Bursa İçin Hava Kirliliği Haritalarının Oluşturulması. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 11 (45), 14-17.
- Pennock, D., Yates, T., Braidek, J. (2006). Soil Sampling Designs. Patterson, G.T., Carter, M.R. (Editörler). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. İkinci Baskı. United States of America. CRC Press.
- Piccini, C., Marchetti, A., Farina, R., Francaviglia, R. (2012). Application of Indicator kriging to Evaluate the Probability of Exceeding Nitrate Contamination Thresholds. *Int. J. Environ. Res.*, 6(4), 853-862.
- Polat, F., Dal, T., Doğan, H.M., Akın, Ş., Özmen, H. (2008). Baraj Göllerinin Su Kalitesinin İzlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanılması: Almus Baraj Gölü Örneği. IV. Ulusal Analitik Kimya Kongresi, Elazığ.
- Popa, M.E., Vollmer, M.K., Jordan, A., Brand, W.A., Pathirana, S.L., Rothe, M., Röckmann, T. (2013). Vehicle emissions of greenhouse gases and related tracers from a tunnel study: CO : CO₂, N₂O : CO₂, CH₄ : CO₂, O₂ : CO₂ ratios, and the stable isotopes ¹³C and ¹⁸O in CO₂ and CO. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13, 23549–23598.
- Purushotham, D., Lone, M.A., Rashid, M., Narsing Rao, A., Ahmed, S. (2012). Deciphering Heavy Metal Contamination Zones İn Soils Of A Granitic Terrain Of Southern India Using Factor Analysis And GIS. *J. Earth Syst. Sci.*, 121 (4), 1059–1070.
- Qiao, X., Schmidt, A.H., Tang, Y., Xu, Y., Zhang, C. (2013). Demonstrating urban pollution using toxic metals of road dust and roadside soil in Chengdu, southwestern China. *Stoch Environ Res Risk Assess.* DOI 10.1007/s00477-013-0790-2. Springer.

- Querol, X., Alastuey, A., Ruiz, C., Artinano, B., Hansson, H., Harrison, R. (2004). Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in selected European cities. *Atmospheric Environment*, 38, 6547-6555.
- Rahman, S.H., Khanam, D., Adyel, T.M., Islam, M.S., Ahsan, M.A., Akbor, M.A. (2012). Assessment of Heavy Metal Contamination of Agricultural Soil Around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: Implication of Seasonal Variation and Indices. *Applied Sciences*, 2, 584-601.
- Rather, J.A., Raouf Andrabi, Z.AB. (2012). Fuzzy Logic Based GIS Modeling for Identification of Ground Water Potential Zones in the Jhagrabaria Watershed of Allahabad District, Uttar Pradesh, India. *Int. Journal of Advances in Remote Sensing and GIS*. 1 (2), 218-233.
- Ravi Sankar, T., Prasada Rao, P. T. S. R. K. (2014). Heavy Metal Assessment in Industrial Groundwater in And Around Vijayawada, Andhra Pradesh, India. *Eur. Chem. Bull.*, 3(10), 1008-1013.
- Ravi Sankar, T., Prasada Rao, P. T. S. R. K. (2014). Heavy Metal Assessment in Industrial Groundwater in And Around Vijayawada, Andhra Pradesh, India. *Eur. Chem. Bull.*, 3(10), 1008-1013.
- Rawashdeh, S., Saleh, B. (2006). Satellite monitoring of urban spatial growth in the Amman area, Jordan. *Journal of Urban Planning and Development-ASCE*, 132, 211-216.
- Reis, S. (2008). Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. *Sensors*. 8, 6188-6202.
- Reza, R., Singh, G. (2010). Heavy Metal Contamination and its Indexing Approach for River Water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(4), 785-792.
- Richards, J.A., Jia, X. (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer.
- Rimal B., (2011). Urban Growth and Land Use/Land Cover Change of Pokhara Sub-Metropolitan City, Nepal. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 26(2), 118-129.
- Rodriquez Salazar, M.T., Morton-Bermea, O., Hernandez-Alvarez, E., Lozano, R., Tapia-Cruz, V. (2011). The study of metal contamination in urban topsoils of Mexico City using GIS. *Environ Earth Science*, 62, 899–905.
- Rösner, U. (1998). Effects Of Historical Mining Activities On Surface Water And Groundwater - An Example From Northwest Arizona. *Environmental Geology*, 33 (4), 224-230.

- Saçan, M. (2011). Aster, Landsat, Formosat Uydu Görüntüleri Ve Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) Yardımıyla Sulu Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi: Çanakkale. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Sadıklar, M.B., Van, A., Karahmet, S.S. (1994). Akçaabat-Yomra (Trabzon) Kıyı Yöresi Topraklarının Bazı Ağır Metal İçerikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 53-59.
- Sağlam, M., Dengiz, O., (2013). Kimyasal Toprak Kalite Göstergelerinin Faktör ve Jeostatistik Analiz Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 50 (2), 181-190.
- Saito, S., Nagao, I., Tanaka, H. (2002). Relationship of NO_x and NMHC to photochemical O₃ production in a coastal and metropolitan areas of Japan. Atmospheric Environment, 36, 1277–1286.
- Salah, E., Turki, A., Noori, S., (2013). Heavy Metals Concentration in Urban Soils of Fallujah City, Iraq. Journal of Environment and Earth Science, 3 (11), 100-113.
- Salem, H.A., Eweida, E.A., Farag, A. (2000). Heavy Metals in Drinking Water and Their Environmental Impact on Human Health. ICEHM, Cairo University, Egypt. 542- 556.
- Salomons, W. (1995). Environmental-impact of metals derived from mining activities – processes, predictions, prevention. Journal of Geochemical Exploration, 52 (1-2), 5–23.
- Samat, N., Hasni, R., Abdalla Eltayeb Elhadary, Y. (2011). Modelling Land Use Changes at the Peri-Urban Areas Using Geographic Information Systems and Cellular Automata Model. Journal of Sustainable Development, 4 (6), 72-84.
- Santana, L.M. (2007). Landsat ETM+ Image Applications To Extract Information For Environmental Planning In A Colombian City. International Journal of Remote Sensing, 28 (19), 4225–4242.
- Sanver, İ.E. (2008). Kentsel Yayılmanın Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi: Ölüdeniz (Fethiye) Örneği. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Saral, A. (2011). Hava Kirliliği Nedir, Ülkemizdeki Durumdan Kesitler. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, 135, 34-41.
- Sayılı, M., Akman, Zekeriya (1994). Tarımsal Uygulamalar Ve Çevreye Olan Etkileri. Ekoloji Dergisi, 12, 28-32.

- Sekabira,K., Oryem Origa, H., Basamba, T.A., Mutumba, G., Kakudidi, E. (2010). Assessment of heavy metal pollution in the urban stream sediments and its tributaries. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (3). 435-446.
- Semerci, C. (6-9 Temmuz 2004). Araştırma Görevlilerinin Öğretim Üyeliğine İlişkin Tutum Ölçeğinin Üçlü, Beşli ve Yedili Derecelemede Geçerlik ve Güvenirliği. XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı, İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Malatya.
- Sert, İ. (2006). Balıkesir İl Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Sezer Turalıoğlu F., Nuhoğlu A, Bayraktar H. (2005). Impact of some meteorological parameters on SO₂ and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59, 1633-1642.
- Sezer Turalıoğlu., F. (2011). Şehirleşme ve Doğalgaz Kullanımının Erzurum Hava Kalitesine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 41-45.
- Sezgin, D., Varol, Ç. (2012). Ankara'daki Kentsel Büyüme ve Saçaklanmanın Verimli Tarım Topraklarının Amaç Dışı Kullanımına Etkisi. *METU JFA*, 29 (1), 273-288.
- Shahabi, H., Khezri, S.,Ahmad, B.B., Allahvirdias, H. (2012). Application of Satellite images and fuzzy set theory in Landslide hazard Mapping in Central Zab basin. *IOSR Journal of Applied Physics*. 1 (4), 17-24.
- Shalaby, A., Gad, A. (14-17 June 2010). Urban Sprawl Impact Assessment on the Fertile Agricultural Land of Egypt Using Remote Sensing and Digital Soil Database, Case study: Qalubiya Governorate. *US-Egypt Workshop on Space Technology and Geo-information for Sustainable Development, Cairo, Egypt*. 1-11.
- Sharma, S.N., Pandey, G.C. (2013). Impact of Air Pollutants on Morphological Characteristics of Some Crop Plants (Wheat, Maize and Rice) of Faizabad. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 1(2), 5-9.
- Sharma, P., Khare, M., (2001). Modeling of vehicular exhaust—a review. *Transportation Research*, 6, 179–198.
- Sim, S. and Mesev, V.(2011). Measuring urban sprawl and compactness: Case study Orlando, USA. *International Cartographic Conference, Paris, France*.
- Simeonova, V., Stratisb, J.A.,Samarac, C., Zachariadisb, G., Voutsac, D., Anthemidis, A., Sofonioub, M., Kouimtzisc, Th. (2003). Assessment of

- the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37, 4119–4124.
- Singh, R.P., Ajay, K., Kumar, P.G. (2014). Assessment of Urban Sprawl and its Impact on Natural Environment in and around Jaipur city, Rajasthan, India. *International Research Journal of Earth Sciences*, 2(3). 1-6.
- Skordas, K., Kelepertzis, E., Kosmidis, D., Panagiotaki, P., Vafidis, D. (2015). Assessment of nutrients and heavy metals in the surface sediments of the artificially lake water reservoir Karla, Thessaly, Greece. *Environ Earth Sciences*. 73. 4483–4493.
- Slezakova, K. Castro, D., Begonha, A., Delerue Matos, C., Alvim Ferraz, M.D., Morais, S., Pereira, M.D. (2011). Air Pollution from traffic emissions in Oporto, Portugal: Health and Environmental Implications. *Microchemical Journal*, 99, 51-59.
- Soffianian, A., Ahmadi Nadoushan, M., Yaghmaei, L., Falahatkar, S., (2010). Mapping and Analyzing Urban Expansion Using Remotely Sensed Imagery in Isfahan, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 9 (12), 1370-1378.
- Sofianska, E., Michailidis, K., Mladenova, V., Filippidis, A. (2013). Multivariate Statistical and GIS-Based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils of the Drama Plain, Northern Greece. *Bulgarian Geological Society, National Conference with international participation GEOSCIENCES*, 131-132.
- Sonaer, A.H. (1994). Sularda Ağır Metal Kirliliği. *DSİ Teknik Bülteni*, 80, 3-8.
- Sonibare, J.A., Akeredolu, F.A., (2004). A Theoretical Prediction of Non-methane Gaseous Emissions from Natural Gas Combustion. *Energy Policy*, 32, 1653–1665.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S. (2008). Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25 (2), 24-34.
- Sönmez, M. E., (2012). Adana Şehrinin Alansal Gelişimi ve Yakın Çevresinin Arazi Kullanımında Meydana Gelen Değişimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 57, 55-69.
- Stafilov, T., Sajn, R., Sulajmani, F., Baceva, K. (2014). Geochemical Properties of Topsoil Around The Open Coal Mine and Oslomej Thermoelectric Power Plant, R. Macedonia. *Geologia Croatica*. 67 (1). 33–44.
- Sternbeck J., Sjodin, A., Andreasson, K. (2002). Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension results from two tunnel studies. *Atmos Environ.*, 30, 4735–4744.

- Stow, D.A., Chen, D.M. (2002). Sensitivity Of Multitemporal NOAA AVHRR Data Of An Urbanizing Region To Land Use/Cover Changes And Misregistration. *Remote Sensing of Environment*, 80, 297–307.
- Su, C., Jiang, L., Zhang, W., (2014). A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), 24-38.
- Suciu, I., Cosma, C., Todica, M., Bolboaca, S.D., Jäntschi, L. (2008). Analysis of Soil Heavy Metal Pollution and Pattern in Central Transylvania. *Int. J. Mol. Sci.*, 9, 434-453.
- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V. and Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5 (1), 29-39.
- Sundarakumar, K., Harika, M., Aspiya Begum, SK., Yamini, S, Balakrishna, K. (2012). Land Use and Land Cover Change Detection and Urban Sprawl Analysis of Vijayawada City Using Multitemporal LnadSat Data. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 4 (1), 170-178.
- Sümer, A., Adiloğlu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A., Sungur, A., Akbulak, C. (2013). Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr, Ni, Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 83-89.
- Şanlı, C., Hızal, S., Albayrak, M. (2005). Kurşun ve Çocuk Sağlığı. *Sted.*, 14 (4), 70-75.
- Şener, Ş. (2010). Çevre İçin Jeoloji; Ağır Metallerin Çevresel Etkileri. *SDUGEO Dergisi*, 1 (3), 33-36.
- Şengörür, B. İsa, D. (2001). Sakarya Nehri'ne Ait Su Kalite Gözlemlerinin Faktör Analizi. *Turk J Engin Environ Sci.*, 25, 415-425.
- Şevik, Ö. (2006). Application Of Sleuth Model In Antalya. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Middle East Technical University The Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Ankara.
- Tağıl, Ş. (2007). Balıkesir'de Hava Kirliliğinin Solunum Yolu Hastalıklarının Mekânsal Dağılışı Üzerine Etkisini Anlamada Jeo-İstatistik Teknikler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (1), 37-56.
- Tağıl, Ş., Mentеше, S. (2012). Zonguldak'ta Hava Kirliliği (PM₁₀ & SO₂) İle İlişkili Olarak Seçilmiş Solunum Yolu Hastalıklarının Zamansal Ve Mekânsal Değişimi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15 (27), 3-20.

- Tağıl, Ş., ve Koç, T. (2000). Edirne Kentinde Hava Kalitesi. 28. Coğrafya Meslek Haftası, 115-131, İstanbul.
- Tang, J., Wang, L., Yao, Z. (2007). Spatio-temporal urban landscape change analysis using the Markov chain model and a modified genetic algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 28 (15), 3255–3271.
- Tanrıöver, A.A., (2011). Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi. Basılmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tarboton, K. C., Wallender, W. W., Fogg, G. E. and Belitz, K. (1995). Kriging of regional hydrologic properties in the western San Joaquin Valley, California. *Hydrogeology Journal*, 3 (1), 5-23.
- Tariq, S.R., Iqbal, F., Ijaz, A. (2013). Assessment and Multivariate Analysis of Metals in Surgical Instrument Industry Affected Top Soils and Groundwater for Future Reclamation. *International Journal of Environmental Pollution and Solutions*, 1, 54-71.
- Taş, F. (2006). Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Taubenböck H, Wegmann M, Roth A, Mehl H, Dech S, (2009). Analysis of urban sprawl at mega city Cairo, Egypt using multisensoral remote sensing data, landscape metrics and gradient analysis. *International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE)*, Stresa, Italy.
- Tayanç, M., (2000). An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey. *Environmental Pollution*, 00-107, 61-69.
- Tecer L.H, Tomaç N, Karaca F, Kaplan A, Tuncer T. Aydın H. (2009). The Evaluation of the Effect of Air Pollution on the Health Status of Children in Zonguldak City, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution*, 39 (3-4), 352-364.
- Tecer, L.H. (2007). Prediction of SO₂ and PM Concentration in Coastal Mining Area (Zonguldak) with Artificial Neural Network. *Polish J. of Environ. Study*, 16 (4), 633-638.
- Tecer, L.H. (2013). Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Çocuk ve Yetişkinlerde Solunum Hastalıklarına Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Alan Çalışması. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 11-20.
- Tecer, L.H., Tagil, S. (2013). Spatial-Temporal Variations of Sulphur Dioxide Concentration, Source and Probability Assessment Using a GIS-Based Geostatistical Approach. *Pol. J. Environ. Stud.*, 22 (5), 1491-1498.

- Tepe, Y. Mutlu, E. (2004). Hatay Harbiye Kaynak Suyu'nun Fizikokimyasal Özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6, 77-88.
- Tezer, S.T. (2013). Kent Biçiminin Köprüler Etkisinde Değişiminin İncelenmesi, Floransa Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Theodosi, C., Im, U., Bougiatuoti, A., Zarpas, P., Yenigun, O., Mihalopoulos, N., (2010). Aerosol chemical composition over Istanbul. Science of the Total Environment, 408 (12), 2482-2491.
- Tokuçuoğlu, B. (1993). Çevre Sorunları ve Kentleşme. Çevre Dergisi, 6, 19-21.
- Tonetti, C., Ferrero, F., Periolatto, M., Vineis, C., Varesano, A., Mazzuchetti, G. (2 – 5 Nisan 2014). Bakır ve Krom İyonlarını Adsorplayan Kitosan Kaplanmış Pamuklu Tekstiller. XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumunda Sunuldu, İzmir.
- Tonne, C.; Melly, S.; Mittleman, M.; Coull, B.; Goldberg, R.; Schwartz, J. (2007). A case-control analysis of exposure to traffic and acute myocardial infarction. Environ. Health Perspect., 115, 53–57.
- Topu, Z., Numanoğlu, N. (2004). Hava Kirliliğinin Akciğer Etkileri. Solunum Hastalıkları, 15, 59-65.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F. (2006). Aksu Çayı'nda (Kahraman Maraş) Akarsu Kirliliği. Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 (1), 93-103.
- Tuncay, H. (1994). Su Kalitesi. E.Ü. Zir. Fak. Yayınları No: 512. E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi Bornova, İzmir.
- Turan, T., Yalçın Çelik, B. (2012). Erzurum İlinde Hava Kirliliğindeki Değişim. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 5 (1), 65-68.
- Turgut, M.F., Baykul, Y. (1992). Ölçekleme Teknikleri. ÖSYM Yayınları, Ankara.
- Tünay O, Alp K (1996) Hava Kirlenmesi ve Kontrolü. İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 3, İstanbul.
- Türk Toraks Derneği. 2012. Hava Kalitesi ve Sağlık
- Türkiye Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (HKKY), 2005
- Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), 2004
- Türkiye Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (TKKY), 2005

- Türkoğlu, B. (2006). Toprak Kirlenmesi Ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ugwu, A.I., Wakawa R.J., La'ah, E., Olotu, A. (2012). Spatial Distribution of Heavy Metals in River Usuma Sediments and Study of Factors Impacting The Concentration. IJRRAS, 12 (2), 294-303.
- Ulu, F., Hatinoğlu, D., Günaydın, İ. (25-27 Ekim 2010). Trabzon İlinde Hava Kirliliğinin Nedenleri ve Hava Kalitesinin İzlenmesi Çalışmaları. IV. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumunda sunuldu, Ankara.
- Ustun, G.E. (2011). The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa. Ekoloji Dergisi, 20 (81), 61-66.
- Uysal, İ. (2002). Çanakkale'de 1991-2001 Yılları Arasında Hava Kirliliği Sorunu. Ekoloji Çevre Dergisi, 45 (11), 18-23.
- Uzun, A., Keleş, R., Bal, İ. (2014). Sapanca Gölü İçme Suyu Havzasında Otoyol ve Demiryolundan Kaynaklanan Kirliliğin Yağmur Suyu Sulak Alan Metoduyla Giderilmesi. APJES, II (I), 09-15.
- Ünsal A, Metintaş S, Öner S, İnan OÇ (1999). Eskişehir'de Hava Kirliliği ve Bazı Hastalıklar Nedeniyle Acil Başvuruların İncelenmesi. Tüberküloz ve Toraks Dergisi, 47(4), 449-455.
- Valladares, G.S., Antonio de Camargo, O., Porte de Carvalho, J.R., Cia Silva, A.M. (2009). Assessment of Heavy Metals in Soils of a Vineyard Region with the use of Principal Component Analysis. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 66 (3), 361-367.
- Var, D. (2008). Elmalı Havzası Güney Kesiminin Yüzey Ve Yeraltı Su Kirliliği Açısından İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Venkatachalam, P., Mohan, B.K., Kotwal, A., Mishra, V., Muthuramkrishnan, V., Pandya M. (5-9 November 2001). Automatic Delineation of Watersheds for Hydrological Applications Proc. ACRS 2001 - 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
- Von Schneidemesser, E., Monks, P.S., Plass-Duelmer, C. (2010). Global comparison of VOC and CO observations in urban areas. Atmospheric Environment, 44, 5053-5064.
- Vural, A., Şahin, E. (2012) Gümüşhane Şehir Merkezinden Geçen Karayolunda Ağır Metal Kirliliğine Ait İlk Bulgular. GÜFBED/GUSTIJ. 2 (1), 21-35.
- Wang, G., van den Bosh, F.H.M., Kuffer, M. (2008). Modelling Urban Traffic Air Pollution Dispersion. The International Archives of the

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing. 153-158.

- Ward, N.I., Brooks, R.R., Roberts, E., Boswell, C.R. (1977). Heavy-Metal Pollution from Automotive Emissions and Its Effect on Roadside Soils and Pasture Species in New Zealand. *Environ. Science Technol*, 11 (9), 917-920.
- Weerasiri, T., Wirojanagud, W., Srisatit, T. (2014). Assessment of Potential Location of High Arsenic Contamination Using Fuzzy Overlay and Spatial Anisotropy Approach in Iron Mine Surrounding Area. Hindawi Publishing Corporation *The Scientific World Journal*. 1-11.
- Wei, B., Yang, L. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchem J.*, 94 (2), 99–107.
- Wei, C., Wang, C., Yang, L. (2009). Characterizing spatial distribution and sources of heavy metals in the soils from mining-smelting activities in Shuikoushan, Hunan Province, China. *Journal of Environmental Sciences*, 21, 1230–1236.
- Weng, Q. (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management*, 64, 273–284.
- Weng, Q., (2001). A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22, 1999–2014.
- WHO (2005). Air Quality Guidelines Global Update. WHO Regional Office for Europe Report No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, WHO, Copenhagen.
- Wijanarto, A.B., (2006). Application Of Markov Change Detection Technique For Detecting Landsat Etm Derived Land Cover Change Over Banten Bay. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 12 (1), 11-21.
- Wogu, M.D., Okaka, C.E. (2011). Pollution studies on Nigerian rivers: heavy metals in surface water of warri river, Delta State. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 1 (3), 7-12.
- Xia, X., Chen, X., Liu, R., Liu, H. (2011). Heavy metals in urban soils with various types of land use in Beijing, China. *J Hazard Mater*, 186 (2-3), 2043-2050.
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29, 4269–4276.

- Yahaya, M.I., Mohammed, S., Abdullahi, B.K. (2009). Seasonal Variations of Heavy Metals Concentration in Abattoir Dumping Site Soil in Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, 13 (4), 9-13.
- Yakut, Y. (2006). XIX. Yüzyıl Sonlarında İnegöl (C-233 Numaralı H.1313/M.1892 Yılına Ait Şer'iyeye Sicili Kayıtlarına Göre). Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Yalçın, V. (2014). Bazı Ağır Metallerin (Pb, Cd, Ni) Sucul Bitkiler (*Salvinia natans* (L.) All., *Lemna minor* L.) Üzerinde Yaptığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Yang, P., Mao, R., Shao, H., Gao, Y. (2009) An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of China. *J Hazard Mater*, 167, 1246–1251.
- Yang, X. (2002). Satellite monitoring of urban spatial growth in the Atlanta metropolitan area. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68(7), 725–734.
- Yaşar, Ü. (2009). *Cercis Siliquastrum* L. Subsp. *Siliquastrum* (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitör Olarak Kullanımı. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yatkın, S., Bayram, A. (2007). İzmir Havasında Partikül Madde Kirliliği: Ölçüm ve Değerlendirme. DEÜ Mühendislik Fakültesi: Fen ve Mühendislik Dergisi, 9 (2), 15-27.
- Yaylalı Abanuz., G., Tüysüz, N. (2012). Çayeli Bakır Yatağı Çevresindeki Toprak ve Bitkilerde Mevsimsel Değişimlerin İstatistiksel Olarak Belirlenmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 36 (2), 99-113.
- Yazıcı, H. Akçay, M. Çay, Y. Sekmen, Y. Yılmaz, İ. T. ve Gölcü, M. (2010). Hava Kirliliğinin Doğal Gaz Kullanımı İle Değişimi, Denizli İli Örneği. *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergisi*, 9(3), 205-215.
- Yeh, A.G.-O. and LI, X., (1997). An integrated remote sensing and GIS approach in the monitoring and evaluation of rapid urban growth for sustainable development in the pearl river delta, China. *International Planning Studies*, 2, 193–211.
- Yıldız, M., Terzi, H., Uruşak, B. (2011). Bitkilerde krom toksisitesi ve hücrel cevaplar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(2), 163-176.

- Yılmaz, H.M., Yakar M., Mutluoğlu, M. (2008). Arazi Yüzeyi Tanımlamada Nokta Dağılımının Önemi İki Deneysel Çalışma Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1), 13-21.
- Yılmaz, O., Ekici, K. (2004). Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri. YYÜ Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 15 (1-2), 47-51.
- Yılmaz, V., Büyükyıldız, M. (13-15 Mayıs 2009). Batı Karadeniz Suları Havzasındaki Yüzey Suyu Kalitesi Parametrelerindeki Değişimin İncelenmesi ve Cluster Analizi ile İstasyonların Sınıflandırılması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu'nda sunuldu. Karabük, Türkiye.
- Yiğitbaşıoğlu, M.H. (1998). Kentlerin Çevre Sorunları ve Habitat Konferansları. AÜ DTCF Der., 38 (1-2), 13-29.
- Yong, R. N. and Mulligan, C.N. (2004). Natural Attenuation of Contaminants in Soils. Lewis Publications, Boca Raton, Florida.
- Yusuf, A.J., Galadima, A., Garba, Z.N., Nasir, I. (2015). Determination of some Heavy Metals in Soil Sample from Illela Garage in Sokoto State, Nigeria. Research Journal of Chemical Sciences. 5 (2). 8-10.
- Yüceşahin, M.M. (2002). İnegöl İlçesinin Yerleşme Coğrafyası. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yüceşahin, M.M. (2003). Şehirleşme Süreci Bakımından İnegöl İlçesi Şehirsel Yerleşmeleri. Coğrafi Bilimler Dergisi, 1 (1), 75-95.
- Yüceşahin, M.M. (2010). İnegöl'ün il olması üzerine, İnegöl Çınarlaraltı: İnegöl Belediyesi Kent Müzesi Kültür Sanat ve Tarih Dergisi, 1 (2), 18-19.
- Yüceşahin, M.M., Bayar, R., Özgür, E.M. (2004). Türkiye'de Şehirleşmenin Mekânsal Dağılışı ve Değişimi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 2 (1), 23-39.
- Zamani, A.A., Yaftian, M.R., Parizanganeh, A. (2012). Multivariate statistical assessment of heavy metal pollution sources of groundwater around a lead and zinc plant. Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering, 9(29), 1-10.
- Zayed, A.M., Terry, N. (2003). Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. Plant and Soil, 249, 139–156.
- Zeng, H., Wu, J. (2013). Heavy Metal Pollution of Lakes along the Mid-Lower Reaches of the Yangtze River in China: Intensity, Sources and Spatial Patterns. Int. J. Environ. Res. Public Health, 10, 793-807.

- Zengin, O. (2008). Van Gölü ve Gölü Besleyen Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, J. X., Yao, N. (2008). Indicator and multivariate geostatistics for spatial prediction. *Geo-spatial Information Science*, 11 (4), 243-246.
- Zhang, W.J., Jiang, F.B., Ou, J.F. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 1(2), 125-144.
- Zhang, X., Lin, F., Jiang, Y., Wang, K. and Feng, X. L. (2009). Variability of total and available copper concentrations in relation to land use and soil properties in Yangtze River Delta of China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155, 205-213.
- Zincirlioğlu, N. (2013). Manisa-Akhisar Yöresinde Bulunan Kimi Tarım Arazilerinin Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması. *Ege Univ. Ziraat Fak. Dergisi*, 50 (3), 333-339.