

Kampüs Ortamındaki Plastik Atık Çeşitliliğinde Gözlemsel Öğrenmenin ve Akran Etkisinin ArcGIS ile Görselleştirmesi

Nüket Sivri¹, Atilla Aydoğdu², Vildan Zülal Sönmez³, Ceyhun Akarsu^{1*}

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34320, İstanbul.

²Toplu Konut İdaresi Başkanlığı İstanbul Hizmet Binası, 34307, İstanbul.

³Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce.

Özet

Plastik kirliliği; ekosistemleri, yaban hayatını ve en çok da insan sağlığını etkileyen önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Son dönemde yapılan çalışmalarda mikroplastiklere özellikle vurgu yapılmış olsa da bunların birincil kaynaklarından olan ve yetersiz/yanlış atık yönetim stratejileri nedeniyle doğal ortamlarda sıklıkla karşılaşılan mezo- ve makroplastiklerin varlığı ve çeşitliliğinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Öyle ki atıkların tüketiciler tarafından biriktirme ekipmanları yerine doğal ortamlara bırakılması konusunda bazı ilişki ve etkileşimler, viral bir salgın tarzında yayılmakta ve ardından bir davranış paternine dönüşmektedir. Öğrenmede sosyal bilişsel yaklaşım olarak tanımlanan “gözlemsel öğrenme”nin ve “akran etkisi”nin, kampüs alanı içinde bilinçsizce bırakılan mezo/makroplastik malzeme çeşitliliğine etkisi ve bu ortamda oluşan plastik kirliliğinin arazi dağılımının görselleştirilmesi bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Elde edilen bulgular, sürdürülebilirlik amaçları kapsamında gençlerin farkındalığını artırmak ve çevre eğitimi programlarına olan ihtiyacı ortaya koymak adına görsel verilerle desteklenmiştir. Bu çalışmanın en önemli bulgusu olarak; her alanda baskın olan polimer yapıların, öğrencilerin derslik/ ofis/ market/ kantin yakınlığı kaynaklı tükettiği plastik ambalajlı ürünler, tüütün ürünleri kullanma alışkanlıkları nedeniyle sigara izmaritleri ve hızlı hijyen oluşturma alışkanlığı nedeniyle ıslak mendiller olduğu gözlenmiştir. Atıkların en yoğun olduğu dönem, ara sınav dönemi olarak bilinen Ekim ayı ve en yoğun alan yol kenarındaki oturma alanlarının olduğu bölge olarak belirlenmiştir. En çok kaydedilen mezo-makroplastik parçaların FT-IR analizleri sonucunda, yoğunluğa göre polimer yapılara ait sıralamanın; PET, PE, PP ve PMMA olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, plastik atıkların çevresel etkileri konusunda farkındalıkların artmasına yardımcı olabilecek, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinde, ekolojik uygulamaları örnekleyecek farklı girişimlerle gençlerin desteklenmesi ve yönetimlerin bir an önce aksiyon alması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler

Plastik Kirliliği, Mikroplastikler, Mezo-Plastikler, Çevre Eğitimi, Sürdürülebilirlik

Visualization of Observational Learning and Peer Influence on Plastic Waste Diversity in the Campus Environment Using ArcGIS

Abstract

Plastic pollution has become a major environmental problem affecting ecosystems, wildlife and human health. While recent studies have mainly focused on microplastics, there is a need to assess the presence and diversity of meso- and macroplastics, which are the main sources of plastic pollution in nature due to inadequate or improper waste management strategies. Indeed, certain relationships and interactions related to the disposal of waste into the natural environment instead of proper waste collection points have spread like a virus and led to the formation of behavioral patterns. This study is based on the fundamental premise of the impact of "observational learning", "a social-cognitive approach and "peer influence" on the variety of meso/macro plastic unknowingly left on campus area and visualizing the distribution of plastic pollution in this environment. As the most important finding of this study; It has been observed that the dominant polymer structures in all points are plastic packaged products consumed by students due to their proximity to classrooms/offices/markets/canteens, cigarette butts due to their tobacco use habits, and wet wipes due to their fast hygiene habits. The peak period for waste generation was determined to be October, known as the mid-term exam period, and the busiest area was identified as the roadside seating areas. FT-IR analysis of the most commonly recorded meso- and macroplastic parts revealed the order of polymer structures by density: PET, PE, PP, and PMMA. The findings, supported by visual data, are intended to raise awareness of sustainability goals and highlight the need for environmental education programs. Ultimately, the study emphasizes the need to support youth through various initiatives that exemplify ecological practices to encourage the adoption of sustainable solutions and urge authorities to take immediate action.

Keywords

Plastic Pollution, Microplastics, Mesoplastics, Environmental Education, Sustainability

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (212) 4737070 Faks: +90 (212) 4737180

E-posta: nuket@iuc.edu.tr (Sivri N), atilla_aydogdu@hotmail.com (Aydoğdu A)

zulalsonmez@duzce.edu.tr (Sönmez VZ), ceyhunakarsu@iuc.edu.tr (Akarsu C)

Gönderim Tarihi / Received : 21/04/2024

Kabul Tarihi / Accepted : 31/05/2024

1. Giriş

Küresel plastik üretiminin hızla artması ve yaşam döngüleri boyunca çok sayıda plastiğin doğal ortamlara bilinçsizce bırakılması nedeniyle plastik kirliliği ekosistem sağlığını önemli boyutlarda tehdit etmektedir. Küresel plastik üretimi, başlangıç olarak görülen 1950'li yıllarda 1,5 milyon ton, 2016 yılında ise 335 milyon ton iken (Li vd., 2016; Lebreton vd., 2017), günümüzde yıllık 400 milyon tona yaklaşmıştır (Li vd., 2021; Filho vd., 2021). Bu malzeme grubunun inanılmaz çok yönlülüğü, üretimin yıldan yıla devam eden büyüme ivmesinin gerekçesidir. Araştırmacılar, herhangi bir önlem alınmazsa, 450 milyon tonluk mevcut yıllık plastik üretiminin, 2024 ile 2050 yılları arasında %22, plastik kirliliğinin ise 2024 ile 2050 yılları arasında %62 oranında artacağını vurgulamaktadır (Walker vd., 2023; Yan vd., 2024). Bu büyümenin 2030 yılına kadar yıllık 53 milyon Mt'a ulaşacağı tahmin edilmektedir ki, doğal alanlarda sıklıkla karşılaşılan plastik kirliliğinin kaçınılmaz sonucunu da beraberinde getirmektedir (Borrelle vd., 2020). Çünkü, son dönemde yapılan çalışmalarda, plastik ürünlerin yaklaşık %79'unun verimli şekilde atık yönetiminin yapılamadığı ve en sonunda alıcı ortamlara bırakıldığı veya doğal ortamlara salındığı raporlanmıştır (Geyer vd., 2017; Sönmez vd., 2023). Plastik kirliliği kavramı, plastiklerin (boyutları, şekilleri veya türleri ne olursa olsun) bir şekilde doğal alanlara karışarak, ekosistemin tüm öğelerine ve elbette insan sağlığına yönelik potansiyel risklere yol açması olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanımda, insanların konfor alanlarında ve lüks tüketimlerinde tercih ettikleri, farklı polimerler ve katkı maddeleri ile ürettikleri ürünlerin, başta insan olmak üzere ekosistemin tüm unsurlarında geri dönüşsüz tahribat oluşturması artan riskin önemini açıklarken, çözümün yine insanda olması ama çözümsüz kalınması ise açıklanamayan gerçeklerdendir (Walker vd., 2023).

Üniversiteler, genç üniversite öğrencilerinden oluşan ve eğitim seviyesi ile olaylara farkındalık düzeyinin yüksek olduğu için gelecekte fikir oluşumu ve politika geliştirme açısından önemli bir rol oynayan elit bir grup olarak kabul edilmektedir (Stephoe vd., 2002; Wong, 2003; Clugston, 2004; Maffia vd., 2011). Çünkü yükseköğretim kurumlarındaki gençlerin, çevre eğitimi ve sürdürülebilir kalkınmanın önemli aktörlerinden biri olduğu bilinmektedir. Yüksek öğrenim, benzer yaş aralığında gençlerin olduğu, ortak eğitim geçmişlerine sahip, nüfusun dinamik ögesi olan, nispeten sağlıklı bir kesimi olup, toplumu sürdürülebilirliğe yönlendirmede çok önemli bir rol oynayabilmektedir (Corcoran & Wals, 2004; Oğuz vd. 2010; Maffia vd., 2011). Türkiye'de plastik atıklar konusunda bilinç seviyesinin yüksek olması beklenen eğitim kurumları olarak da "Üniversiteler" öncellenmiştir. Ancak bu konuda yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Yapılan araştırmalarda, Marmara Üniversitesi Anadoluhisari Yerleşkesi'nde belirli bir dönemde oluşan atık ve kompozisyonlarının detaylı olarak değerlendirildiği çalışmada, "Sıfır Atık Yönetimi" uygulaması öncesi ve sonrası verilerin toplanması ana amaç olarak belirlenmiştir. Kampüs genelinde toplanan atıkların %9'u cam, %11'i kağıt, %35'i metal/plastik ve %14'ü organik atıklardan oluştuğu belirlenmiştir (Gürsoy Haksevenler vd., 2020). Ancak anket ile desteklenen araştırma aynı zamanda sıfır atık uygulaması hakkında bilgi seviyesini ölçmek hedefine odaklanmış, sonuç olarak sadece %12'sinin sıfır atık uygulaması hakkında bilgisi olduğu belirlenmiştir. Türkiye'nin en kalabalık şehri olan eğitim kurumlarında farklı düzeylerde atık karakterizasyonunun yapıldığı İstanbul'da, öğrencilerde geri dönüşüm faaliyetleri farkındalığının ayrıntılı olarak ölçüldüğü yayınlanmış bir çalışmaya rastlanmamıştır (Sena Sağlam & Aydın, 2024). Bu çalışmada olduğu gibi, davranış paterni ve sosyal çevre etkisi konusunda yapılmış bir çalışma da bulunmamıştır.

Diğer ülkelerde özellikle kampüs bazında yapılan çalışmalarda, gençlerin plastik atıklar konusundaki farklı yaklaşımları yorumlanmış ve hızla aksiyon alınmıştır. Kaliforniya Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırma, bir kampüsteki plastik atıkların genellikle gıda ambalajları, içecek kapları ve mutfak eşyaları dâhil olmak üzere bireysel kullanım kaynaklı oluştuğunu belirlemiştir. Üniversite, Üniversitenin ve Kaliforniya Eyaleti'nin Sıfır Atık hedefleri doğrultusunda ve tek kullanımlık ürünlerin dünya çapında sahip olduğu ciddi çevresel etkilerin bilincinde olarak, tek kullanımlık ürünlerin azaltılmasına ve ortadan kaldırılmasında kararlılığını, hızlı aksiyon alarak ve ürünlerin kullanımını sınırlayarak belgelemiştir (Armijo de Vega vd., 2008). British Columbia Üniversitesi tarafından yapılan başka bir araştırma, kampüslerde bulunan en yaygın meso/makroplastik türlerinin; gıda ambalajları (örn. plastik poşetler, şişeler ve ambalaj kağıtları), içecek kapları (örn. plastik şişeler ve kutular), mutfak eşyaları (örn. plastik çatallar, bıçaklar ve kaşıklar), sigara izmaritleri, diğer plastik öğeler (örn. plastik pipetler, balonlar ve çantalar) olduğunu ortaya koymuştur. Benzer bir uygulamayla hızlı aksiyon alınmış ve seri yasaklamalar getirilmiştir (Smyth vd., 2010). Northern British Columbia Üniversitesi'nin Prince George kampüsünde yürütülen bir atık karakterizasyon çalışmasında, kağıt ve kağıt ürünleri, tek kullanımlık içecek kapları ve kompostlaştırılabilir organik malzemelerin, hedeflenen atık azaltma ve geri dönüşüm çabaları için en önemli üç malzeme türünü temsil ettiği vurgulanmıştır. Uzun vadede kampüs atıklarını en aza indirme davranışlarını teşvik etmek için kullanılabilecek çeşitli eğitim ve politika teknikleri ortaya koyulmuştur (Smyth vd., 2010). Bu üç çalışmada da dikkati çeken, plastik atıkların genellikle tek kullanımlık malzemelerin tercih edilmesinden kaynaklandığı ve üniversitelerde eğitim-öğretim faaliyetlerinin temel öznesi konumunda olan öğrencilerin davranışlarında hassasiyet yaratma talepleridir. Eğitimin sürekli iyileştirilmesinde en önemli veri kaynakları olan gençlerin, çevre duyarlılığı konusunda da özenli davranma talepleri ile ilgili birçok üniversite çalışmalarına devam etmekte, bilinç oluşturma çabalarında eğitim programları oluşturmakta ve davranış paterni gelişmesi için ekoloji uygulamaları ile gençleri desteklemektedir (Oğuz vd., 2010; Boca & Saraçlı, 2023; Manucom vd., 2023).

Gençlerin plastik atıkları bilinçli veya bilinçsiz doğaya bırakmasının nedenlerini anlamak, etkili azaltma stratejileri geliştirmek açısından çok önemlidir. Plastik kirliliğinin ekolojik sonuçlarına ilişkin yetersiz farkındalık, uygun atık birimlerinin sınırlı mevcudiyeti, kolaylık odaklı davranışlar ve kişisel eylemler ile çevresel sonuçlar arasındaki kopukluk gibi çok sayıda faktör bu olguya katkıda bulunmaktadır (MacDonald vd., 2023). Dahası, toplumsal normlar ve akranların etkisi, sürdürülebilir uygulamalara ilişkin yetersiz eğitimle birleştiğinde, gençlerin plastik atıkların doğal ortamlara uygunsuz şekilde atılmasını daha da olumsuz hale evrilebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından biyolojik, psikolojik ve sosyal değişikliklerin hızlı bir biçimde yaşandığı 15-24 yaş aralığı “gençlik dönemi” olarak tanımlanmakta, “umut kuşağı” olarak ifade edilen gençler, herhangi bir ülkenin gelecekteki sağlık durumu için önemli rol oynamaktadır (Aka, Karaman, Yaman, 2021). Çünkü gençlerin davranışları, tutumları ve inançları aynı zamanda geleceğin toplumlarını da şekillendirmektedir (Kırmızıtoprak & Şimşek, 2011). Bireyler genellikle sosyal çevrelerinin eylemlerine uyduklarından, özellikle 15-24 yaş döneminde akran etkisi bu tür davranışları daha da güçlendirir. Sürdürülebilir uygulamalara ilişkin yetersiz eğitim, çevresel sorumluluk duygusunu aşılamamakta ve gençleri plastik kirliliğinin uzun vadeli sonuçlarından habersiz bırakmaktadır. Bu faktörlerin ele alınması, gençler arasında sürdürülebilir davranışların teşvik edilmesi ve sorumlu plastik atık yönetiminin desteklenmesi açısından çok önemlidir. Özellikle örgün eğitimin çevre yanlısı davranış oluşturmadaki rolüyle ilgili olarak, üniversite düzeyindeki öğrencilerin sürdürülebilir davranışlarını etkileyen faktörler olduğu belirtilmektedir (Faize & Akhtar, 2020).

Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amaçlarından biri, akranlarının üniversite öğrencileri üzerindeki potansiyel etkisini değerlendirmek ve üniversite çevresinde gözlemlenen meso/makro plastik atık yoğunluğuna dayanarak gözlemsel öğrenme etkisinin gençler üzerindeki rolünü incelemektir. Ancak çalışmada, kampüs alanında atık çeşitliliği ve mevcut durum tespiti veya anket çalışması ya da farkındalık belirlemeye yönelik bilinç düzeyi belirleme hedeflenmemiştir. Bu çalışmada; özellikle gençlerde gözlemsel öğrenme ve akran etkisinin belirlenmesi amacıyla (i) Kampüste öğrencilerin yoğun kullandığı açık alanlarda belirlenen toplam atık içerisinde meso/makroplastik tek kullanımlık malzeme çeşitliliğinin araştırılması, (ii) Fourier Dönüşümü Kızılötesi spektroskopisi kullanılarak tespit edilen makroplastik (>25 mm) ve mezoplastik (5 mm-25 mm) atıkların polimer türlerinin belirlenmesi, (iii) öğretimin yoğun olduğu dönemlerde kampüs alanındaki genç öğrenci yoğunluğu dikkate alınarak seçilmiş alanlarda atıkların ArcGIS desteği ile görselleştirilmesi olmak üzere 3 farklı analizin tamamlanması hedeflenmiştir. Alınan sonuçlarla, öğrenciler arasında çevresel davranış şekli kavramının gerekçeleri ve duyarlı davranış için tetikleyici unsurlar yorumlanmıştır. Sonuçlarda plastik atıkların çevresel etkileri konusunda farkındalıkların artmasına yardımcı olabilecek, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinde ekolojik uygulamaları örnekleyecek farklı girişimlerle gençlerin desteklenmesi ve yönetimlerin var olan alanda akılcı çözümler üretecek aksiyonlar üretmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kampüs Alanı

Çalışma alanı olarak İstanbul İlinin Avcılar İlçesinde toplam 381.352 m²'lik alana sahip kampüsün, öğrenciler tarafından sıklıkla kullanılan dersliklerin ve akademik ve idari personel ofislerinin yakınında olan yeşil alanlar seçilmiştir. Kampüs alanının, derslikler, ofisler, öğrencilerin sıklıkla vakit geçirdiği, personel, öğrenci ve ziyaretçiler için oturma alanlarının bulunduğu açık ve ağaçlık alanlar ve bu alanlarla uyumlu olarak parsellenen bölgelere ait uydu görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir. Kampüsün seçili alanında, bir dönemde eğitim gören öğrenci sayısı yaklaşık 5600 öğrenci civarındadır. Ayrıca çalışanlar, kampüs ziyaretçileri dahil bazı dönemlerde kampüs kullanıcıları sayısı 7000’e ulaşabilmektedir (T.C. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, 2023). Ancak çalışma, pandemi kısıtlamaları sonrasında sadece öğrencilerin kampüste bulunduğu, açık alanların kullanımının tercih edildiği, 2021-2022 yılı güz dönemi süresince gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde tercih edilen tek kullanımlık ürünlerin alandaki varlığı ve yoğunluğunun belirlenmesi, çalışmanın çıkış noktasını oluşturmuştur.



Şekil 1: Çalışma alanı ve analiz yapılan parseller (1. Bölge, 2. Bölge ve dinlenme alanları)

2.2. Atık Örneklerinin Toplanması

Örneklerin alınacağı parsellerin seçiminde, öğrencilerin ders ve öğle aralarında en yoğun olduğu ve en sık kullandığı alanlar tercih edilmiştir. Örnekler, Şekil 1'de siyah çerçeve ile gösterilen 1. bölgeden 30 ve kırmızı çerçeve ile gösterilen 2. bölgeden 25 olmak üzere toplam 55 alandan toplanmıştır. Niceliksel araştırma tekniğine göre tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Çünkü iyi tasarlanmış bir örnekleme deseninde, iş gücü ve zamandaki kısıtlamalar göz önüne alındığında, altta yatan kalıpların istatistiksel olarak sağlam ve tekrarlanabilir bir şekilde tanımlanması, analiz edilmesi ve raporlanması için gereklidir. Ancak sınırlı kaynaklar altında tahmin başarısını en üst düzeye çıkarmak için yeterli bir örnekleme tasarımına ilişkin teknik bir kılavuz elzemdir. Bu çalışma, genel olarak ekoloji ve bilimin tüm alanlarındaki gradyanlar boyunca örnekleme için sağlam ve tekrarlanabilir bir kılavuza uygun olarak “satranç tahtası” şeklindeki örnekleme yapılmasını gerektirmiştir (Gregoire & Valentine, 2007; Gotelli & Ellison, 2013). Bu nedenle çalışma alanı satranç tahtası desenini andıracak şekilde eşit büyüklükte, bitişik parsellere bölünmüş ve bu sistematik yaklaşım, kapsamlı ve temsili veri toplamayı sağlamıştır. Her parsel, coğrafi bilgi sistemi (GIS) araçları kullanılarak koordinatların önceden belirlendiği bir ızgara sistemi tarafından tanımlanmıştır. Tutarlılığı korumak için numune alma işlemi her parselin merkezinde veya belirli bir noktasında yapılmıştır. Bu yöntem ile mekansal dağılım modellerinin analizini yapmak mümkündür. Yöntem, her alternatif parseli (satranç tahtasındaki siyah veya beyaz kareler gibi) kapsayarak dengeli ve etkili bir örnekleme çerçevesi sağlamıştır (Schweiger vd., 2016; Giménez, 2023).

Kampüs içerisinde, öğrencilerin tercih ettiği ve genel olarak taşınabilir, kolay ve tek kullanımlık atıkların olduğu gözlemi üzerine; plastik ağırlıklı olmak üzere, atıkların toplanması kurgusu ile örnekleme yapılmıştır. Bu çalışmanın genel başarısına rağmen dikkate alınması gereken önemli sınırlamalar; zamandan tasarruf etmek amacıyla, atık numunesi alma ve etiketleme, düzenli atık toplama sorumlulukları öğrenciler tarafından tamamlanmıştır. Bu amaçla öğrencilere eğitim verilmiş, etiketlenmiş numunelerle çalışılmıştır. Çevre bilimleri alanında uzmanlaşan öğrenciler, derslerde ve saha deneyimlerinde kazanılabilecek çevre eğitimine daha fazla odaklandıkları için, katı ve plastik atık sorunlarını tanıma konusunda daha detaylı bilgiye sahiptir (Pulkki vd., 2017; Situmorang vd., 2020). Çalışmada ana amaç geniş kampüs alanına bilinçsizce bırakılan makro/meso atıkların belirlenmesi ya da çeşitliliği olmadığı için, çalışma bölgesi gençlerin yoğun olarak kullanmayı tercih ettikleri kampüs binalarına yakın açık/ortak kullanım alanları ve yeşil alanlarla sınırlandırılmıştır. Makro/mesoplastik atıklar görselleştirmede sınıflandırılmak üzere fotoğraflanmış ve kaydedilmiştir. Tasnif edilen parçaların çoğu, kolayca tanımlanabilir parçalar olduğu için, polimer özellikleri dahil detayları ile kayıtlara alınmıştır. Ancak meso- ve makroplastik örneklerden kaynağı anlaşılamayacak kadar deforme olanlar ileri analizlerin yapılabilmesi için karakterize edilmek üzere laboratuvara gönderilmiştir.

2.3. Mezo- ve Makroplastik Atıkların Karakterizasyonu

Polimer bazlı atık malzemelerin yapısal analizi JASCO 6400 model Fourier Transform Infrared Spektrometre (FT-IR) analiz cihazı ile yapılmıştır. FTIR analizi, tek bir yansıma zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) aksesuarı ile donatılmış Perkin Elmer Spectrum 100 spektrofotometre üzerinde gerçekleştirilmiştir.

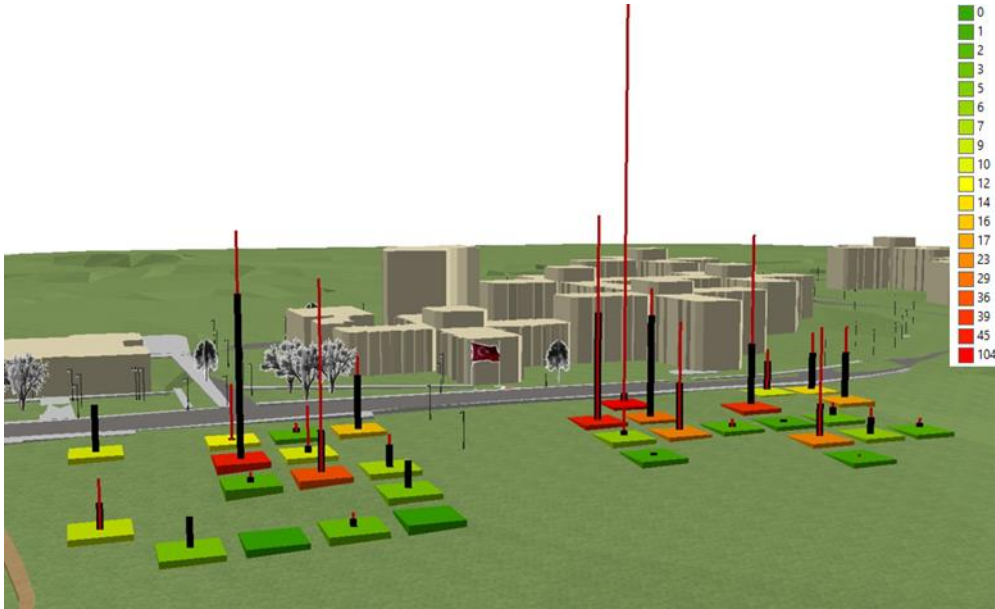
Spektrum aralığı $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ve her ölçüm için 32 tarama ile 4.0 cm^{-1} çözünürlük ile çalışılmıştır. Bu analiz yöntemi elde edilen spektrumdan, Polimer bazlı atık malzemelerin kimliğinin kimyasal formülü literatür desteği ile belirlenmiştir (Jung vd., 2018).

2.4. Alınan Sonuçların Görselleştirilmesi

Çalışma amacına uygun olarak; seçilen kampüs alanı içindeki plastik atıkları toplamak için sistematik bir örnekleme yaklaşımı tasarlanmıştır. İlk olarak; seçilen kampüse ilişkin veriler (fakülte binaları, yollar, elektrik direkleri, ağaçlar vb.) İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı'nca hazırlatılan 2018 tarihli 1/1000 ölçekli halihazır haritalardan temin edilerek kampüsün iki boyutlu ve üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Ardından çalışma alanı olarak belirlenen ve el GPS'i ile sahaya aplice edilen gözlem alanları modele eklenmiştir. Aynı zamanda, tasarımın başında kategorize edilen ve gözleme tabi tutulacak kirletici/atık türlerine dayanılarak veri tabanı kurulmuştur. Temsil niteliği taşıyan tüm açık alanlardaki, meso- ve makroplastik parçalar fotoğraflanarak kaydedilmiş ve polimer çeşitliliğinin belirlenmesi için alınan örneklerden en sık rastlanan parçalar üzerinde yapısal analizler yürütülmüştür. Ardından örnekleme alanına dair sonuçlara yönelik ESRI tarafından geliştirilen ve Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı bir yazılım olan ARCGIS programı kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuş, ArcMap ve ArcScene ara yüzleri kullanılarak iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüleme işlemleri gerçekleştirilmiş ve çalışmanın görsellerini oluşturan analiz sonuçlarına ulaşılmıştır. Her bir parselden/çalışma alanından 4 alt döneme ayrılarak gözlemlenen/toplanan veriler, veri tabanının ilgili tablolarına entegre edilmiştir. Son olarak; analiz edilmesi istenilen sonuç ve/veya sonuçlar renk türleri, bar çubukları, grafik şeklinde kategorize edilerek ilgili görsellere ulaşılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın tamamı dikkate alınarak genel yorum yapıldığında, kampüs alanı içerisinde bilinçsizce bırakılan veya çevresel parametreler (rüzgar, yağmur, diğer vektörel faktörler gibi) ile taşınan önemli bir mezo- ve makroplastik malzeme çeşitliliği olduğu söylenebilmektedir. Bu çeşitlilikte, gıda ambalajları, içecek kapları, tek kullanımlık ürünler, sigara izmaritleri ve daha büyük plastik malzemeler de dâhil olmak üzere farklı kaynaklardan gelen plastik parçalar tespit edilmiştir. Şekil 2'de tüm alana dair genel dağılım hem atık sayısı hem renklendirme ile hem de kırmızı dikey sütunlarla düşey olarak gösterilmiştir. Siyah ile gösterilen dikey işaretleme ise o parseldeki toplam katı atık içerisindeki plastik miktardır.

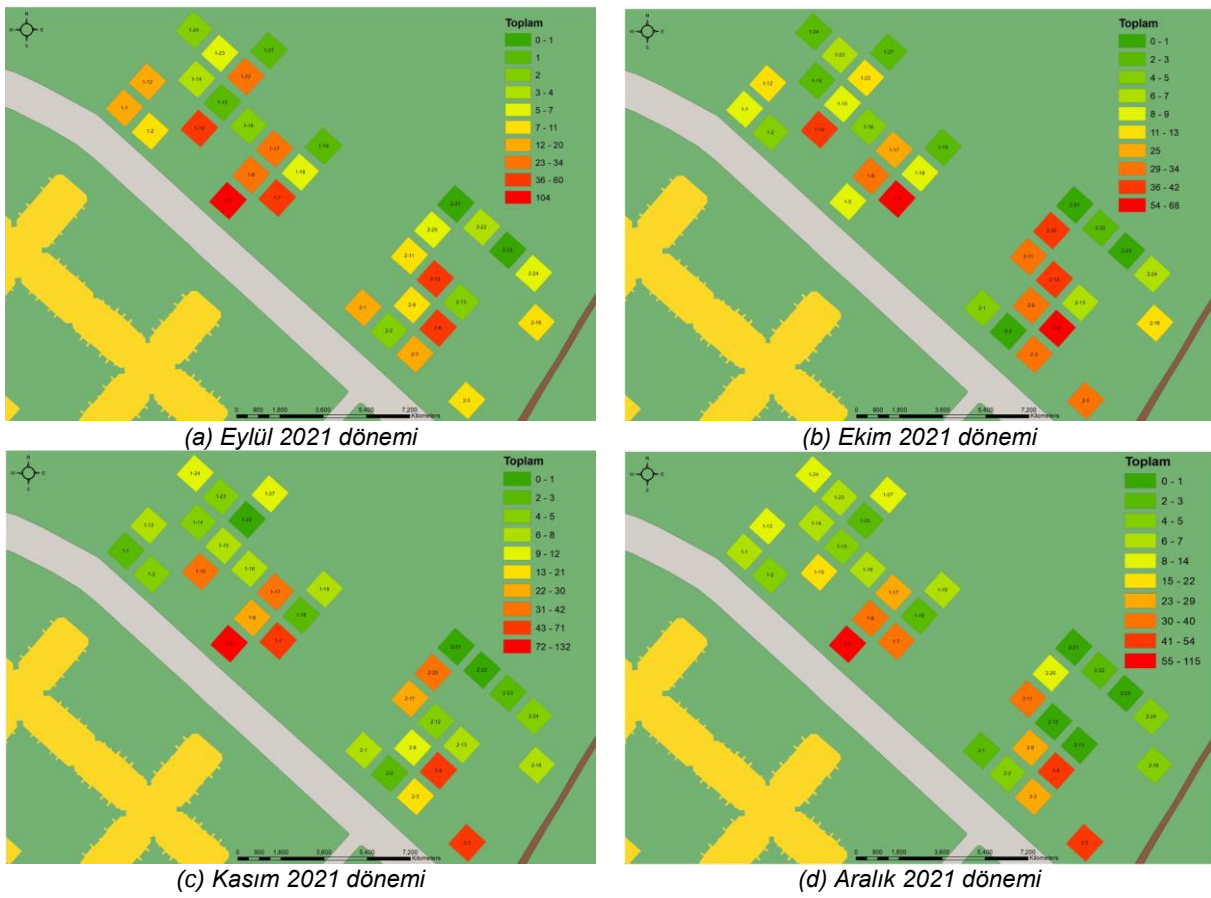


Şekil 2: Örnekleme alanına dair genel atık dağılımı

Renklerin, en yoğun gözlenen şeffaf ve beyazdan, sıklıkla görülen mavi, yeşil ve siyah tonlarına kadar (DAFOR skalasının nadir olduğu %5'lik dilimi dâhil) değişiklik gösterdiği fark edilmektedir. Çalışmanın hipotezine uygun olarak, üniversite öğrencilerinde akran etkisi ve baskısının anlaşılabilirliği için sonuçların ayrı başlık ve analizlerle yorumlanması tercih edilmiştir. Çalışma, eğitim öğretim yılı güz dönemi süresince (Eylül-Aralık) izleme ve örnekleme olarak tasarlanmış olduğundan, sonuçlar ve yorumlar 4 alt döneme uygun olarak görselleştirilmiştir. Değişimin etkin olarak izlenmesine olanak tanıyan koşullar üzerinden yorumlanmıştır.

3.1. Atıkların Zamana Bağlı Değişimi ve Dağılımı

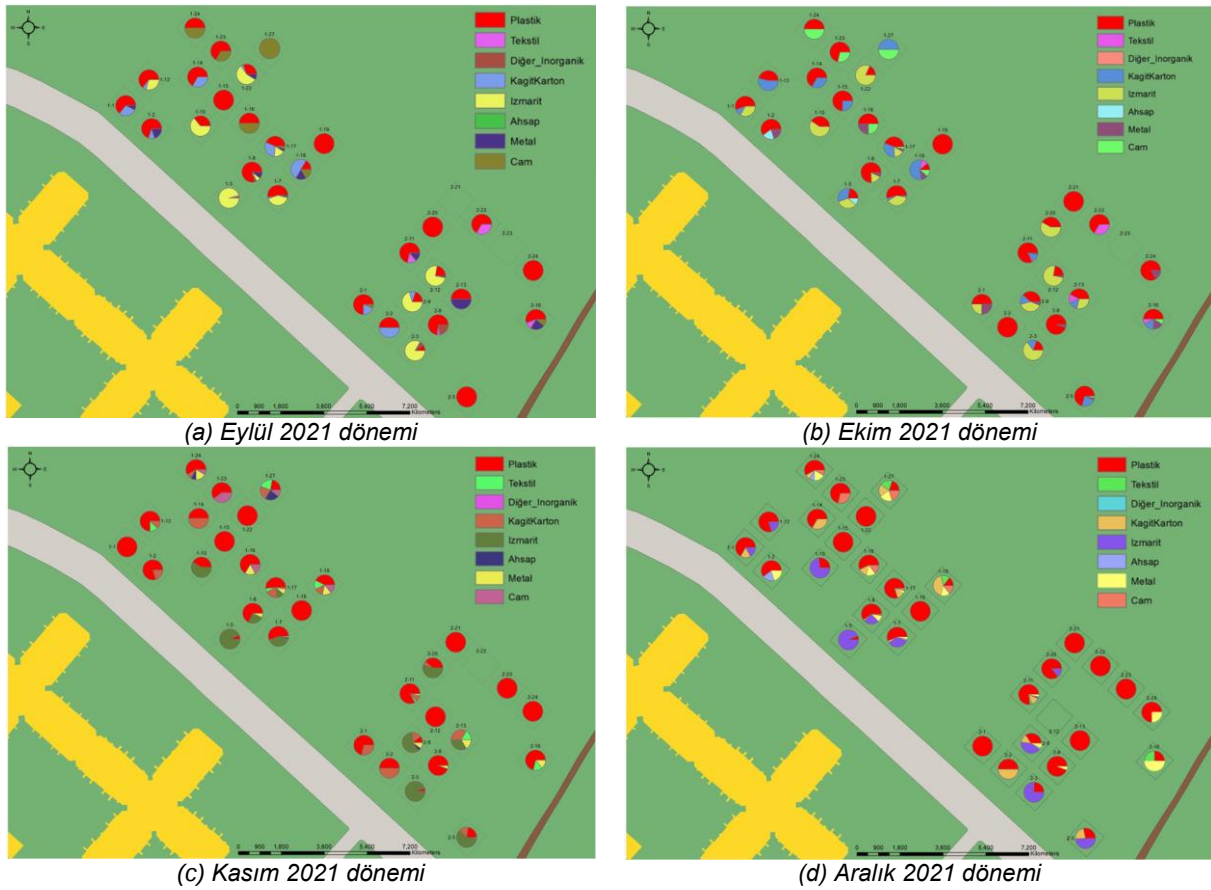
Örnekleme alanında, zamana bağlı değişimin tespit edilmesi amacıyla, ilk olarak toplanan materyallerin sayısal yoğunluğu görselleştirilmiştir. Çalışılan 4 dönemde de binalarla yeşil alanı ayıran ana kampüs yoluna en yakın bölgelerde, atıkların sayıca fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle belirtilen alanda, araç trafiği yoğunluğu, rüzgar, yağmur, vektörle taşınım dâhil öğrencilerin kullanımının yaygın olduğu bankların varlığı, sayısal yoğunlukta temel etkenler olarak düşünülmüştür. Ancak bu alanlarda özellikle tek kullanımlık ürünlerin temini için market, kantin, yeme merkezlerinin yoğunluğu da baskın özellik olarak kayda alınmıştır. Alanda parsellenen; 1-1/1-5 ve 2-1/2-5 hattı en az 10 adet parçacığın her dönem görüldüğü ana hat olarak işaretlenmiştir. Şekil 3a-d’de görüldüğü üzere, ormanlık yeşil alana doğru değişim azalmış ve hatta son dönemde, diğer öğrencilerin bu alanda çalışma yapıldığına dair bilgilendirilmesi ile gittikçe azalan bir dağılım tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, bireylerin plastik kullanımı ve atıklarla ilgili davranışlarına ilişkin mevcut anlayışı geliştirmek için plastik-insan ilişkisinin davranışsal yönlerine odaklanılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Adam vd., 2021). Plastik kirliliğini engellemek için herkese uyan tek bir çözüm (ya da sihirli çözüm) bulunmadığından, araştırmacıların farklı bölgelerde hedefli tüketici araştırmaları ve tüketici davranışları yürütmelerine olanak tanıyarak hangi yerel çözümlerin en etkili olacağını belirlemelerinin daha doğru olabileceğini göstermektedir (Mac Donald vd., 2023).



Şekil 3: Bölgede tespit edilen toplam atık sayısının zamana bağlı dağılımı

3.2. Alana Dayalı Atık Çeşitliliği ve Dağılımı

Örnekleme alanına bilinçsizce ve/veya istemsiz olarak bırakılan meso- ve makroplastiklerin çeşitliliğine ilişkin yürütülen çalışmada, toplanan materyallerin hem sayısal yoğunluğu hem de çeşitliliği Şekil 4’te görselleştirilmiştir. Öğrencilerin derslik/ofis/market/kantin/yeşil alan yakınlığının getirdiği dezavantaj nedeni ile plastik ambalajlı ürünleri satın almak, plastik kapların bir şekilde ortama saçılması/atılması, bütün kullanma alışkanlıkları nedeniyle açık havada tüketme zorunlulukları bu çeşitliliğin oluşmasında en önemli etkenler olarak belirlenmiştir. İlave bu ürünlerin taşınması ve saklanması, tek kullanımlık plastik poşetler, yapılan çalışmalarda plastik atık artışının en büyük nedeni olarak görülmektedir (Van Rensburg vd., 2020). Çalışma sonuçları ile bu çalışmaya ait bulgular örtüşmektedir.



Şekil 4. Alana dayalı atık çeşitliliği ve dağılımı

Yapılan incelemelerde, alanlarda bulunan atık biriktirme ekipmanlarının sayıca yeterli olduğu görülmüş, ortamda bulunan atıkların sayıca çokluğu ve çeşitliliğinin nedenlerden biri olarak akranların duyarsız davranışlarından edinimler olarak değerlendirilmiştir. Alanlardaki dağılımda, nadiren rastlanan ahşap, metal ve cam materyal dışında yoğun olarak plastik atıkların varlığı kadar sigara izmaritleri de ara sınav dönemi olarak bilinen Ekim döneminde artmıştır. Yeşil alana daha yakın olan bölgede rastlanan izmarit atıkların alana bilinçsizce atıldığı, tüketimi olan öğrenciler arasında sıkça rastlanan bir davranış olarak tanımlanmaktadır (Conradi & Sanchez-Moyano, 2022). İzmaritler genellikle solunan toksik maddeleri azalttığına inanılan mikrofiber selüloz asetat demetlerinden oluştuklarından, sigara içmenin zararlarını azaltmak için tasarlanmıştır ancak asetik asitle işlenmiş bitki kaynaklı selülozdan yapılan ve biyoplastik olarak sınıflandırılan bu yapıların, normal doğal koşullar altında tamamen bozunmaya uğradığını gösteren hiçbir kanıt yoktur (Bonanomi vd., 2020; Webler & Jakubowski, 2022; Yang vd., 2023).

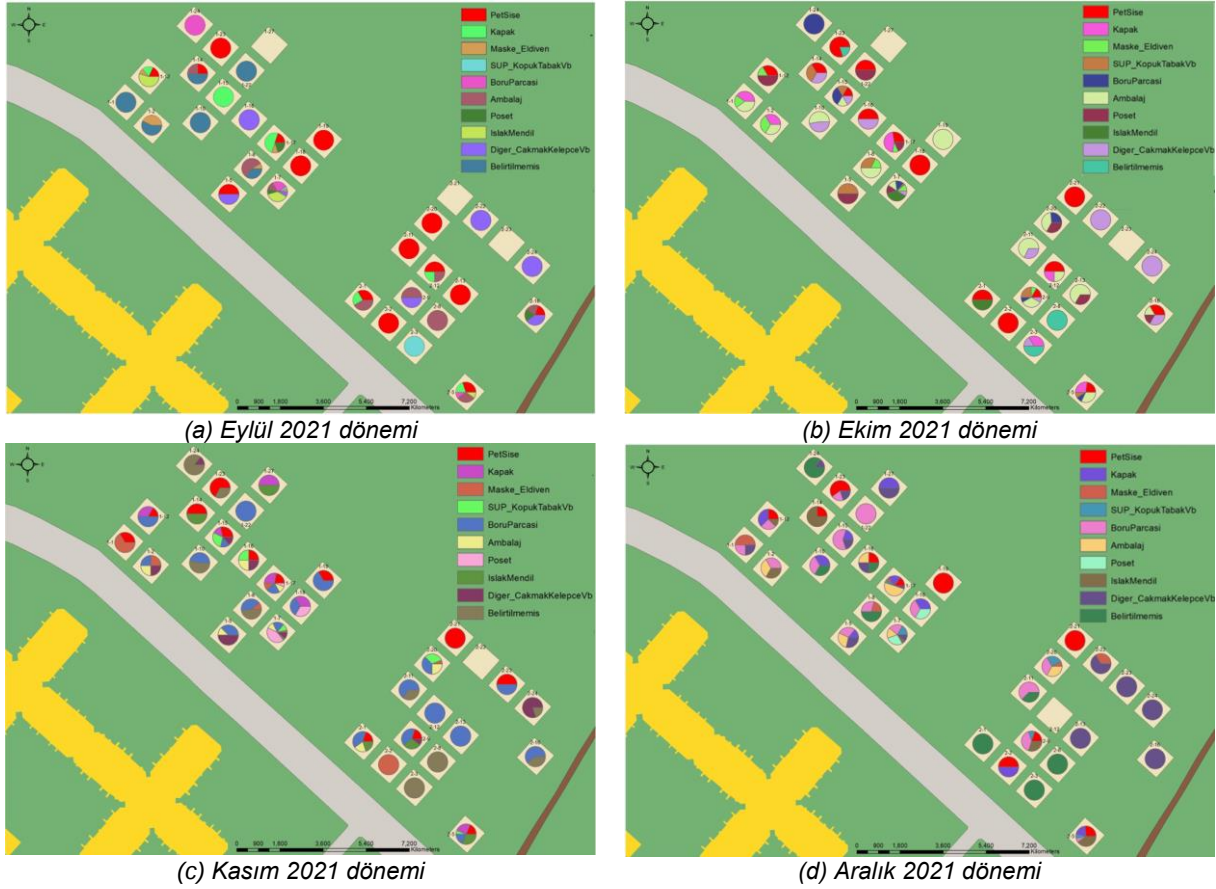
3.3. Plastik Kökenli Atıkların Alan ve Zamansal Dağılımı

Örnekleme alanında tespit edilen, kasıtlı veya bilinçsizce bırakılan makro ve meso boyutlu atıklardan özellikle plastiklerin yoğunluğu, çalışmanın plastik atık yoğunluğu ve dağılımının çalışılmasını zorunlu kılmıştır. Bu amaçla Şekil 5'te plastik kökenli atıkların dağılımı görselleştirilmiştir. Özellikle gençler arasında kullanım sıklığı ve kolayca ulaşılabilirliğe göre etkileşim ile analiz yapıldığında, ağırlıklı olarak pet şişelerin varlığı dikkati çekmektedir. Benzer şekilde şişe kapakları da sık rastlanan ürünlerdendir. Dikkat çeken önemli nokta alanda tespit edilen köpük tabak ve tek kullanımlık ambalajlardır.

Pandemi döneminde sıkça rastlanan koruma materyallerine (maske-eldiven vb.) alanda nadiren rastlandığı belirlenmiştir. Buna karşın alanda her dönemde ıslak mendiller tespit edilmiştir. Günlük hayatımızda sıklıkla tercih ettiğimiz ıslak mendiller, kullanımdaki çok yönlülüklerine göre farklılık göstermekte, üretimi sırasında kullanılan polimerik malzemeler arasında sırasıyla polipropilen (PP), polietilen tereftalat (PET) ve polyester (PES) sıklıkla kullanılmaktadır (Köklü vd., 2023).

Ancak tüm bu ürünlerde dikkati çeken, polimer ürünlerle bir arada bulunarak daha baskın olan sigara izmaritleri olmuştur. Akran etkisinin ergenlerin ve genç yetişkinlerin sigara izmaritlerini çöpe atma olasılığını önemli ölçüde etkilediğini vurgulayan araştırmalar, bu davranışın, bireylerin sosyal kabul kazanmak veya sosyal yaptırımlardan kaçınmak için grubun normlarına uyma ihtimalinin yüksek olduğu grup ortamlarında daha yaygın olduğunu belirtmektedir (Webler & Jakubowski, 2022).

Özellikle genç sigara içicilerinin sigara izmaritlerini uygunsuz şekilde bırakma eğilimlerinin, akranlarının davranışlarından daha fazla etkilenir olduğu ifade edilmektedir. Benzer davranış paterninin tek kullanımlık ürünlerde de geçerli olduğu vurgulanmaktadır (Liu vd., 2017).

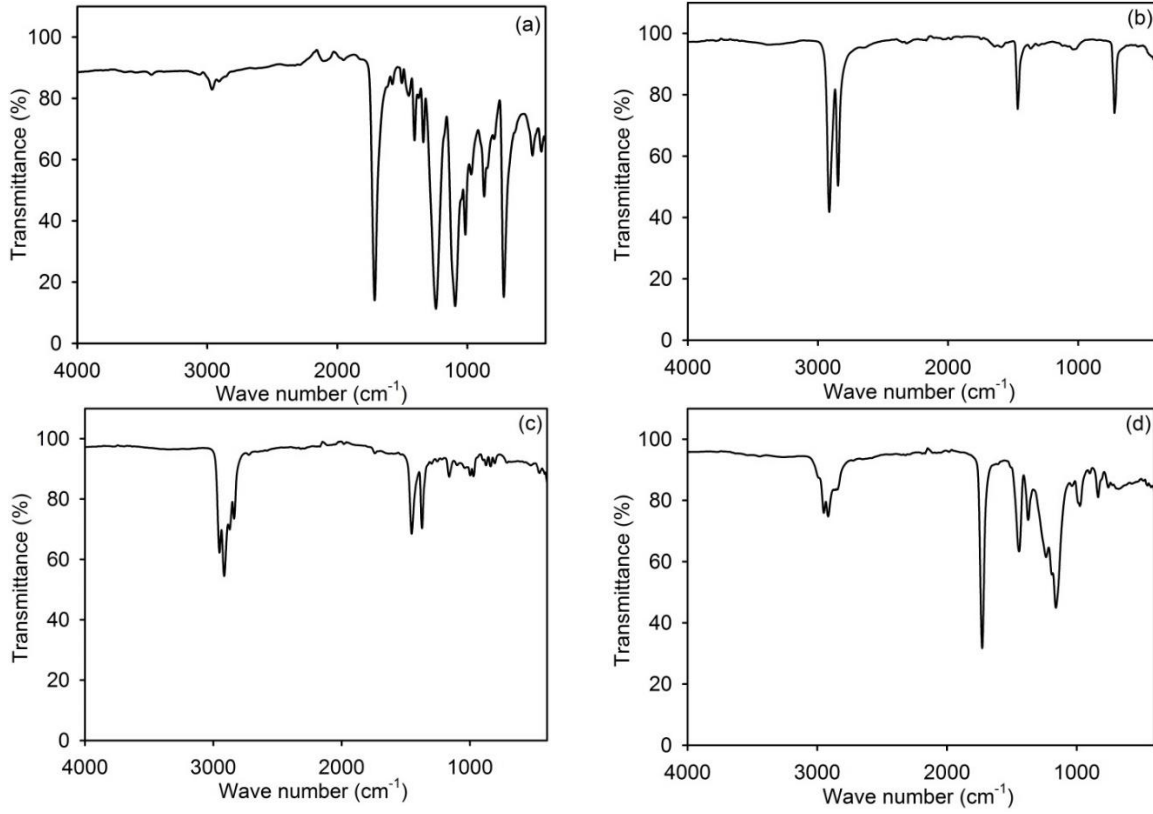


Şekil 5. Plastik atıkların zamana bağlı dağılımı

3.4. Atık Karakterizasyonu

En çok kaydedilen meso- ve makroplastik parçaların genellikle plastik şişe parçaları, farklı renk ve boyutlardaki kapak parçaları, ambalaj ve poşetlerin yırtık parçaları olduğu dikkati çekmiştir. FT-IR analizleri sonucunda toplanan mesoplastik numuneler dört farklı polimer malzeme grubu olarak tanımlanmış ve her grubu temsil eden spektrumlar Şekil 6(a-d)'de verilmiştir. FT-IR analizi, özellikle formatı anlaşılacak kadar deforme olan örneklerin oldukça kolay ve hızlı bir karakterizasyonu için tercih edilen bir tekniktir. Şekil 6(a)'daki spektrumda, FT-IR spektrumundaki en güçlü tepe noktalarından biri olan C=O gerilmesi 1718 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir. Buna göre; 1238 ve 1094 cm^{-1} 'deki titreşim zirveleri, C-O gerilmesinin titreşimine atfedilmektedir. Aromatik C-H düzlem dışı bükülmesi 720 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir (Asensio vd. 2009; Mecozzi & Nisini, 2019; Noda vd., 2007; Verleye vd., 2001). Fonksiyonel grupların temel geçirgenlik spektrumu, toplanan mesoplastiklerden analiz edilen %78'i PET olduğunu göstermektedir.

Şekil 6(b)'de görüldüğü gibi sırasıyla 2913 ve 2848 cm^{-1} 'de CH gerilmesi ve 1465 cm^{-1} 'de CH_2 bükülmesi tespit edilmiştir. Metilen titreşim zirveleri de bu spektrumda yer almaktadır (Asensio vd., 2009; Nishikida & Coates, 2003; Noda vd., 2007). FT-IR analizinden elde edilen tipik parmak izi görüntüsüne göre, mesoplastik malzemelerin polietilen (PE) olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6(c), C-H gerilme titreşim bölgesinin 2950 ile 2838 cm^{-1} dalga sayısı arasında yer aldığını göstermektedir. 1440 ile 825 cm^{-1} arasındaki bölgede CH_2 (Metilen) ve CH_3 'ün (metil grubu) titreşimleri vardır. Buna göre; Şekil 6(c)'deki örneklerin PP olduğu belirlenmiştir.

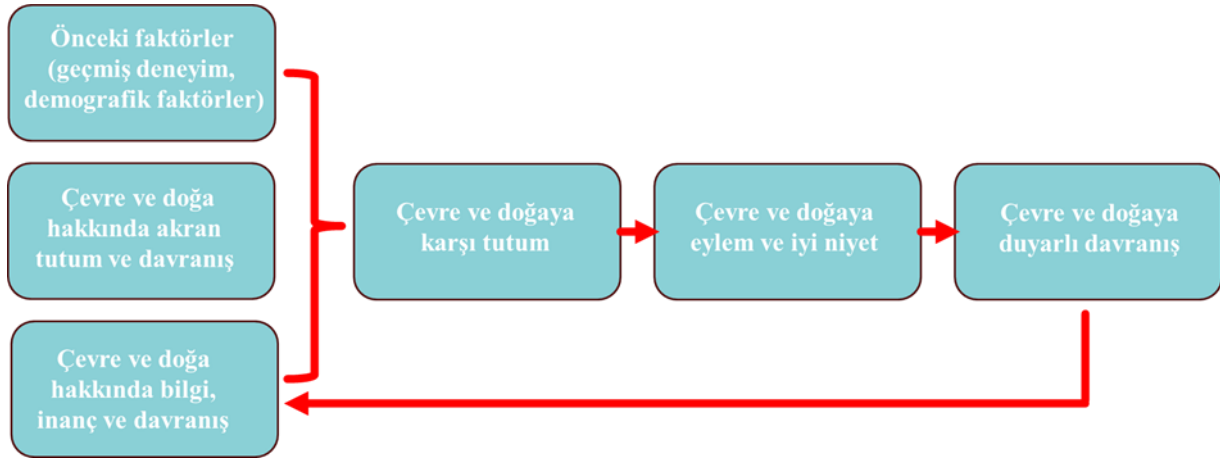


Şekil 6. Deforme olmuş numunelere ait FTIR analiz sonuçları a) PET, b) PE, c) PP, d) PMMA

Şekil 6(d)'de sırasıyla 2956, 2918 ve 2849 cm^{-1} 'de C-H gerilme titreşimi olarak açıkça görülebilen üç tepe noktası bulunmaktadır. 1713 cm^{-1} 'deki zirve C=O gerilme titreşimi olarak tanımlanabilmekte ve CH_2 bükülme titreşimi 1463 cm^{-1} 'de bulunmaktadır. Zirve, CH_3 bükülme titreşimine atfedilen 1372 cm^{-1} 'de meydana gelmiş ve 1238 ve 1094 cm^{-1} 'deki titreşim pikleri, C-O gerilmesinin titreşimine atfedilmektedir (Jung vd., 2018). Dolayısıyla Şekil 6(d)'de spektrumdaki pikler ile mesoplastik malzemelerin PMMA olduğu anlaşılmaktadır.

3.5. Çevresel Davranış Şekli Kavramı ve Gerekçeleri

Kampüslerde bulunan mezo/makroplastik malzemelerin çeşitliliğine katkıda bulunan faktörleri anlamak, doğal alanlarda plastik kirliliğini azaltmak için daha etkili stratejiler geliştirmek adına önemli bir başlangıçtır. Bu çalışmada uygulandığı gibi, kampüs alanında toplanan malzemelerdeki polimerleri tanımlamak için kullanılan FT-IR, hızlı analiz avantajına sahiptir. Plastik kalıntıları polimer türüne göre kategorize etmek, taşıma mekanizmalarını ve akıbetlerini belirlemek, en sıklıkla kaydedilen PET, PE, PP ve bu polimerlerin kompozitleri için gereken tedbirleri almak adına önemli bulgulardır. Çünkü bu bilgiler sayesinde, kampüslerde bu polimer türlerini içeren plastik kullanımının azaltılması, öğrencilere sunulacak bilgi içerikleri ile tüketim alışkanlıklarını değiştirilmesi yönünde daha fazla çalışma yapılmasına olanak sağlar. Özellikle bireylerin arkadaş çevresinin şekillenmesinde sahip olunan ortak noktalar ve benzerlikler etkili olduğu için, yaş ve cinsiyet gibi bedensel özelliklerin yanı sıra ilgi alanlarının ve yeteneklerin benzerliği, davranışlarını da etkileyecektir. Ayrıca bu benzerlikler, bütün arkadaş ve akran gruplarının dinamiğinin oluşmasına yardımcı olacak, gruplar içinde bireyler düşünce ve davranış düzeyinde birçok ortak refleks geliştirirken oluşan grup dinamiği içinde bireyler bu ortaklığın olmadığı anlarda dahi arkadaş gruplarının düşüncelerini ve davranışlarını sergileyebilecektir (Kızılloluk & Uğurlu, 2017). Çevresel davranış değişimine ilişkin kavram ve teorilere bakıldığında, bilginin ve öncül faktörlerin öğrencinin çevreyi korumaya yönelik tutum, eylem ve davranışlarını etkilediği görülmektedir (Akintunde, 2017; Situmorang vd., 2019). Bu bilgiler çerçevesinde, yapılan çalışmada edinilen sonuçlar yorumlandığında, öğrenciler arasında çevresel davranış şekli kavramının gerekçeleri ve duyarlı davranış için tetikleyici unsurlar Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Çevresel davranış değişikliği kavramı (Akintunde, 2017; Situmorang vd., 2019'den uyarlanmıştır)

Yapılan araştırmalar; bilgi, farkındalık ve sorumlu davranışın her zaman birbirini etkileyemediğini göstermektedir. Aslında plastiğin insanlar üzerindeki etkileri genellikle dar bir şekilde geçim ve fiziksel insan sağlığına odaklanır, ancak insan-plastik karmaşasını değerlendirmek, doğal sistemlerle bağlantılar, kültür, sosyal ilişkiler, özgürlük, sağlık, güvenlik gibi faktörleri dikkate alan çok disiplinli bir refah yaklaşımını gerektirir (Walker vd., 2023). Yükseköğretimde eğitimciler geleneksel olarak bilişsel alana odaklanmışlardır ve duyuşsal alan genellikle göz ardı edilmektedir (Shephard, 2007). Bu nedenle çevre eğitiminde çevresel tutum ve davranışların geliştirilmesine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Çevre eğitimi sürdürülebilir topluluklar yaratmak için önemli bir araçtır. Yükseköğretim kurumları da sürdürülebilir bir toplum için beceri, yeterlilik ve sorumlulukla donatılmış bireyler yetiştirmekle sorumludur. Bu nedenle plastik atıkların olumsuz etkilerine ilişkin bilgilerin ve çevre eğitiminin rolünün iyi anlaşılması gerekir (Situmorang vd., 2020). Çalışmaların neredeyse tamamında, çevre bilimleri alanında eğitim gören öğrencilerin, günlük yaşamda plastik kullanımını azaltma konusunda daha iyi davranışlara sahip olduğu, plastik ambalajlı ürün satın alma, bireysel su ve yemek kutusu satın alma ve tek kullanımlık plastik ambalajı azaltma gibi ana başlıklarda daha duyarlı davranışlar sergilediğini vurgulamaktadır (Pérez vd., 2018). Yani plastik atıklarla ilgili edinilen çevre bilgisi ile günlük yaşamda plastik atıkların azaltılmasına yönelik davranışlar arasında pozitif bir ilişki varlığını ortaya koymaktadır.

4. Değerlendirme

Bu çalışmada ilk hedef olarak kampüste belirlenen ortak amaçla kullanılan açık yeşil alanda meso- ve makro boyutlu atıkların, özellikle plastik kökenli malzemelerin, çeşitliliğine katkıda bulunabilecek faktörlerin tespitine odaklanılmıştır. Bu hedeflere ilişkin ilk bulgular, farkındalık kampanyaları ve yeniden kullanılabilir alternatiflerin teşviki de dâhil olmak üzere kampüslerdeki plastik kirliliğini ele almak için proaktif önlemlere duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Kampüsler, plastik kirliliğini kaynağında ele alarak ve bir sürdürülebilirlik kültürünü teşvik ederek, plastik atıkların çevresel etkilerini en aza indirmede önemli bir rol oynayabilen özel eğitim alanlarıdır. Hali hazırda bu çalışmanın da yapıldığı kampüs dâhil olmak üzere birçok kampüste sıfır atık konseptine uygun yönetim stratejileri getiriliyor olsa da faydalanıcı/katılımcı olarak görülen kampüs sakinlerinin bu süreçte aktif rol almadığı ve atıklarını bölgedeki yeşil alanlara attığı tespit edilmiştir. Ancak bu aşamada dikkate alınması gereken husus, bireylerde atık bilinci ve farkındalığı ile atıklar konusunda alınacak tedbirlerin yeterli olamadığı; çevresel davranış şekli kavramının akran etkisi ve gözlemsel öğrenme ile ilişkilendirilmesi gerektiğidir. Genç bireyler akran normlarına ve davranışlarına oldukça duyarlıdır, sosyal kabul için çabalar ve reddedilme korkusu yaşarlar. Akranların sıklıkla uygunsuz bir şekilde atık bırakması, bu davranışın kabul edilebilir olduğuna dair bir sosyal norm yaratabilir. “Sosyal Öğrenme Kuramı”, bireylerin başkalarını, özellikle de hayran oldukları veya uyum sağlamak istedikleri kişileri gözlemleyerek ve taklit ederek davranışları öğrendiklerini öne sürmektedir. Bu nedenle, eğer akranları düzenli olarak atık bırakıyorsa, genç bir kişinin grup dinamiklerine uyum sağlamak ve sosyal onay kazanmak için bu davranışı taklit etme olasılığı daha yüksektir. Bu çalışmada özellikle sınav dönemleri başta olmak üzere bulunan ortamlarda artan polimer yapıların varlığı, bu gerekçeyi desteklemektedir.

Her çalışmada olduğundan farklı olarak bu çalışmada edinilen sonuçlar üniversite yönetimi ile paylaşılmıştır. Özellikle sigara izmariti ve kağıt/kutu/karton içecek kaplarının yoğun bulunduğu bölgeler, gönüllü öğrencilerin de içinde bulunduğu bir ekip tarafından Dünya Çevre Günü etkinliği kapsamında temizlenmiştir. Böylece farkındalık sağlanmasına yönelik faaliyet oluşturulmuş ve alanlarda bulunan polimer yapılara dair görseller öğrencilerle paylaşılmıştır. Ayrıca öğrencilerin alışkanlıklarına yönelik olarak sıklıkla kullanılan alanlarda rekreasyonel değişimler yapılmıştır. Bu alanlar farklı kullanımlara yönelik olarak yeniden tasarlanmış, çalışma sonuçlarına uygun olarak özel bölgeler (sigara kullanım alanları, etkinlik alanları, farklı öğrenci gruplarına ait deney düzenekleri vb.) oluşturulmuştur.

Diğer üniversite çalışmalarında önemsenen ve uygulanan, tek kullanımlık plastiklerin aşamalı olarak kullanımdan kaldırıyor olması ve sürdürülebilirlik hedeflerini daha da ileriye taşıma amacına uygun çalışmalar planlanmıştır (University of California, 2020; UCLA Sustainability, 2024). Öğrenciler, tek kullanımlık plastiklerden yeniden kullanılabilir veya yerel olarak kompostlaştırılabilir alternatiflere geçişi kolaylaştırmayı amaçlayan öğrenci projeleri üretmeleri için teşvik edilmiştir.

Çevreyi tehdit eden çok farklı boyutlarda ve farklı polimer özelliklerindeki plastik kalıntıların, çevredeki akıbetini neden-köken-sonuç ilişkileri ile belirleyecek araştırmalar son dönemin öncelikli çalışma konularıdır. Bu araştırmaların yanı sıra plastik atıklara dair davranış paternleri, tüketim alışkanlıklarının gerekçeleri, bilgi, farkındalık ve sorumlu davranışların çevreye duyarlılıktaki payı gibi sosyal içerikli çalışmalara da ihtiyaç vardır. Plastik kullanımının azaltılmasına yönelik başarılı kampanyaların, ancak eğitim odaklı, bilgi merkezli bilinç ve farkındalık çalışmaları ile yürütülmesi gerekir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yazarları olarak; çalışmanın hassasiyetle yürütülmesinde, İÜC Çevre Mühendisliği Bölümü, 2021-2022 güz döneminde ders alan, 3. dönem öğrencilerine katkıları için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Adam, I., Walker, T. R., Clayton, C. A., & Bezerra, J. C. (2021). Attitudinal and behavioural segments on single-use plastics in Ghana: Implications for reducing marine plastic pollution. *Environmental Challenges*, 4, Article 100185. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100185>
- Aka, V., Karaman, H., & Yaman, Ö. (2021). Gençlerin Esrar Kullanımında Akran/Arkadaşlık İlişkilerinin Etkisi: Bingöl İli Örneği. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 21(50), 129-161.
- Akintunde, E. A. (2017). Theories and concepts for human behavior in environmental preservation. *Journal of Environmental Science and Public Health*, 1(2), 120-132.
- Armijo de Vega, C., Ojeda Benítez, S., & Ramírez Barreto, M.E., (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*, 28, S21-S26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.022>
- Asensio, R. C., Moya, M. S. A., de la Roja, J. M., & Gómez, M. (2009). Analytical characterization of polymers used in conservation and restoration by ATR-FTIR spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 395(7), 2081-2096.
- Boca, G. D., & Saraçlı, S. (2023). Effects of Romanian Student's Awareness and Needs Regarding Plastic Waste Management. *Sustainability*, 15(8), Article 6811. <https://doi.org/10.3390/su15086811>
- Bonanomi, G., Maisto, G., De Marco, A., Cesarano, G., Zotti, M., & Mazzei, P. (2020). The fate of cigarette butts in different environments: Decay rate, chemical changes and ecotoxicity revealed by a 5-years decomposition experiment. *Environmental Pollution*, 261, Article 114108. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114108>
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515-1518.
- Clugston, R. M. (2004). Foreword. In P. B. Corcoran & A. E. J. Wals (Eds.), *Higher Education and The Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice* (pp. ix - xi). Kluwer Academic Publishers.
- Conradi, M. & Sanchez-Moyano, J. E. (2022). Toward a sustainable circular economy for cigarette butts, the most common waste worldwide on the coast. *Science of The Total Environment*, 847, Article 157634. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157634>
- Corcoran, P. B. & Wals, A. E. J. (2004). The problematics of sustainability in higher education: an introduction. In P. B. Corcoran & A. E. J. Wals (Eds.), *Higher Education and The Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice* (pp. 3-6). Kluwer Academic Publishers.
- Faize, F. A. & Akhtar, M. (2020). Addressing environmental knowledge and environmental attitude in undergraduate students through scientific argumentation. *Journal of Cleaner Production*, 252, Article 119928. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119928>
- Filho, W. L., Salvia, A. L., Bonoli, A., Saari, U. A., Voronova, V., Klöga, M., Kumbhar, S. S., Olszewski, K., De Quevedo, D. M., & Barbir, J. (2021). An assessment of attitudes towards plastics and bioplastics in Europe. *Science of The Total Environment*, 755(Part 1), Article 142732. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142732>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), Article e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Giménez, L. (2023). A geometric approach to understanding biological responses to environmental fluctuations from the perspective of marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 721, 17-38. <https://doi.org/10.3354/meps14414>
- Gotelli, N. J. & Ellison, A. M. (2013). *A Primer of Ecological Statistics* (2nd ed.). Sinauer Associates.
- Gregoire, T. G. & Valentine, H. T. (2007). *Sampling Strategies for Natural Resources and the Environment*. Chapman and Hall.
- Gürsoy Haksevenler, B. H., Kavak, F. F., & Akpınar, A. (2020). Sıfır Atık Yönetimi, Marmara Üniversitesi Anadoluhisarı Kampüsü Örneği. *Kent Akademisi*, 13(4), 722-735. <https://doi.org/10.35674/kent.798900>
- Hubo, S., Delva, L., Van Damme, N., & Ragaert, K. (2016). Blending of recycled mixed polyolefins with recycled polypropylene: Effect on physical and mechanical properties. *AIP Conference Proceedings*, 1779(1), Article 140006. <https://doi.org/10.1063/1.4965586>
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez, C. V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S. J., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A., & Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 704-716. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.061>

- Kızılloluk, H., & Uğurlu, C. T. (2017). Akran-arkadaş gruplarına üyelik: anlamı, nedenleri, kriterleri, çatışma yaratan etkenler ve sürekliliği. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 861- 877.
- Kırmızıtoprak, E., & Şimşek, Z. (2011). The Effect of Peer-Education on Sexually Transmitted Diseases and Safer Sexual Life Knowledge and Behaviour of Young People. *TAF Prev. Med. Bull.*, 10(4), 463-472.
- Köklü, R., Ateş, A., Deveci, E. Ü., & Sivri, N. (2023). Generic foresight model in changing hygiene habits with the pandemic: use of wet wipes in next generations. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(1), 74-85.
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communication*, 8, Article 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Li, P., Wang, X., Su, M., Zou, X., Duan, L., & Zhang, H. (2021). Characteristics of Plastic Pollution in the Environment: A Review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 107(4), 577–584. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02820-1>
- Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: a review of sources, occurrence and effects. *Science of The Total Environment*, 566, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Liu, J., Zhao, S., Chen, X., Falk, E., & Albarracín, D. (2017). The influence of peer behavior as a function of social and cultural closeness: A meta-analysis of normative influence on adolescent smoking initiation and continuation. *Psychological Bulletin*, 143(10), 1082–1115. <https://doi.org/10.1037/bul0000113>
- MacDonald, A., Allen, D., Williams, L., Flowers, P., & Walker, T. R. (2023). People, plastic, and behaviour change – A comment on drivers of plastic pollution, barriers to change and targeted behaviour change interventions. *Environmental Science: Advances*, 2, 551–557. <https://doi.org/10.1039/d2va00248e>
- Maffia, A. M. C., Silva, E., & Gonçalves Jacovine, L. A. (2011). Environment and environmental awareness: how university students conceive and act. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 33(2), 209-214.
- Manucom, M. G. C., Alcaraz, K. P., Alejo, R. P. S., Gaddi, K. C. M., Recio, K. E. P., & Yamaguchi, R. G. (2023). Awareness of Generation Z Students about The Plaf (Plastic Flamingo) and Other Campaigns Concerning Plastics in Online Shopping. *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 5(1), 9-18.
- Mecozzi, M. & Nisini, L. (2019). The differentiation of biodegradable and non-biodegradable polyethylene terephthalate samples by FTIR spectroscopy: A potential support for the structural differentiation of PET in environmental analysis. *Infrared Physics & Technology*, 101, 119-126.
- Nishikida, K. & Coates, J. (2003). Infrared and Raman analysis of polymers. In H. Lobo & J. V. Bonilla (Eds.), *Handbook of Plastics Analysis* (pp. 186–316). Marcel Dekker Inc.
- Noda, I., Dowrey, A. E., Haynes, J. L., Marcott, C. (2007). Group frequency assignments for major infrared bands observed in common synthetic polymers. In J. E. Mark (Ed.), *Physical Properties of Polymers Handbook* (pp. 395-406). Springer Science +Business Media.
- Oğuz, D., Çakci, I., & Kavas, S. (2010). Environmental awareness of University Students in Ankara, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(19), 2629-2636.
- Pérez, A. V., Gámez, M. R., Briones, V. F. V., Viteri, C. G. V., & Molina, L. A. V. (2018). Sustainable development seen from environmental training in university linkage. *International Journal of Life Sciences*, 2(1), 12–20. <https://doi.org/10.29332/ijls.v2n1.75>
- Pulkki, J., Dahlin, B., & Värr, V. M. (2017). Environmental education as a lived-body practice? A contemplative pedagogy perspective. *Journal of Philosophy Education*, 51(1), 214–229. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12209>
- Sena Sağlam, B., & Aydın, N. (2024). Investigation of waste characteristics and recycling behaviour at educational institutes. *Waste Management*, 180, 115-124. doi: 10.1016/j.wasman.2024.03.036.
- Schweiger, A. H., Irl, S. D. H., Steinbauer, M. J., Dengler, J., & Beier Kuhnlein, C. (2016). Optimizing sampling approaches along ecological gradients. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(4), 463–471. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12495>
- Situmorang, R. O. P., Liang, T-C., & Chang, S-C. (2020). The Difference of Knowledge and Behavior of College Students on Plastic Waste Problems. *Sustainability*, 12(19), Article 7851. <https://doi.org/10.3390/su12197851>
- Smyth, D. P., Fredeen, A. L., & Booth, A. L. (2010). Reducing solid waste in higher education: The first step towards ‘greening’ a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 1007-1016. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008>
- Sönmez, V. Z., Akarsu, C., & Sivri, N. (2023). Impact of coastal wastewater treatment plants on microplastic pollution in surface seawater and ecological risk assessment. *Environmental Pollution*, 318, Article 120922. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120922>
- Stephoe, A., Wardle, J., Cui, W., Baban, A., Glass, K., Pelzer, K., Tsuda, A., & Vinck, J. (2002). An international comparison of tobacco smoking, beliefs and risk awareness in university students from 23 countries. *Addiction*, 97(12), 1561-1571.
- T.C. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa. (2023). *Mühendislik Fakültesi Tanıtım Kitapçığı*. 14 Nisan 2024’de <https://cdn.iuc.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=2023-iuc-muhendislik-fakultesi-aday-tanitim-kitapcigi.pdf> adresinden alındı.
- UCLA Sustainability. (2024). *Single-Use Plastics Policy*. 14 Nisan 2024’de <https://www.sustain.ucla.edu/zero-waste/single-use-plastic-policy> adresinden alındı.
- University of California. (2020, August 24). *UC moves to scrap single-use plastics*. 14 Nisan 2024’de <https://www.universityofcalifornia.edu/press-room/uc-moves-scrap-single-use-plastics> adresinden alındı.
- Van Rensburg, M. L., S’phumelele, L. N., & Dube, T. (2020). The ‘plastic waste era’; social perceptions towards single-use plastic consumption and impacts on the marine environment in Durban, South Africa. *Applied Geography*, 114, Article 102132. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102132>
- Verleye, G. A., Roeges, N. P., & De Moor, M. O. (2001). *Easy Identification of Plastics and Rubbers*. Rapra Technology Limited.
- Webler, T., Jakubowski, K. (2022), Attitudes, Beliefs, and Behaviors about Cigarette-Butt Littering among College-Aged Adults in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), Article 8085. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138085>
- Walker, T. R., Baechler, B. R., Markley, L., Grünzner, M., Akuoko, I. S. G., Bowyer, C., Menzel, C., Muntaha, S. T., MacDonald, A., Allen, D., & Cowan, E. (2023). Plastic Pulse of the Public: A review of survey-based research on how people use plastic. *Cambridge Prisms: Plastics*, 1, Article e8. <https://doi.org/10.1017/plc.2023.8>

- Wong, K. K. (2003). The Environmental Awareness of University Students in Beijing, China. *Journal of Contemporary China*, 12(36), 519–536. <https://doi.org/10.1080/10670560305472>
- Yan, H., Cordier, M., & Uehara, T. (2024). Future Projections of Global Plastic Pollution: Scenario Analyses and Policy Implications. *Sustainability*, 16(2), Article 643. <https://doi.org/10.3390/su16020643>
- Yang, S., Gu, C., Jiao, Y., & Yang, Q. (2023). Research on the presence of cigarette butts and their leaching of chemical pollutants and microparticles: the case of Dalian, China. *Frontiers in Marine Science*, 10, Article 1277402. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1277402>