

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



İNSAN KAYNAKLARI SÜREÇLERİNİN DİJİTALLEŞMESİNİN
KARBON AYAK İZİNE ETKİSİ: TARIMSAL ÜRETİM
İŞLETMESİNDE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

MEHMET MESUT YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Burhanettin FARİZOĞLU** **(Tez Danışmanı)**
 Dr. Öğr. Üyesi Simge SERTKAYA KÖYBAŞI
 Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir PARS

BALIKESİR, TEMMUZ - 2026

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**İnsan Kaynakları Süreçlerinin Dijitalleşmesinin Karbon Ayak İzine Etkisi: Tarımsal Üretim İşletmesinde Bir Uygulama Örneği**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Mehmet Mesut YILMAZ

ÖZET

İNSAN KAYNAKLARI SÜREÇLERİNİN DİJİTALLEŞMESİNİN KARBON AYAK İZİNE ETKİSİ: TARIMSAL ÜRETİM İŞLETMESİNDE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET MESUT YILMAZ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. BURHANETTİN FARİZOĞLU)

BALIKESİR, TEMMUZ - 2026

Bu çalışmada, yıllık ortalama 1.000 çalışanı bulunan, tarımsal sezon koşullarına göre 1.400 çalışana ulaşan; on beş farklı lokasyonda faaliyet gösteren ve on dört ayrı SGK sicil numarasına sahip işletmelerden oluşan bir tarımsal üretim grubunun insan kaynakları (İK) süreçlerinin dijitalleştirilmesi ele alınmıştır. Farklı lokasyonlardan merkeze gönderilen verilerin zamanında ve eksiksiz ulaştırılamaması; kargo, fotokopi ve arşivleme maliyetlerinin yüksekliği; iş akışında yaşanan gecikmeler ve artan karbon salımları temel sorunlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca tarımsal üretimin mevsimsel niteliği gereği iş gücü ihtiyacının dönem içinde dalgalandığı, geleneksel yöntemlerin ise bu dalgalanmayı ölçmede yetersiz kaldığı görülmüştür.

Bu sorunların çözümü amacıyla PHP, AJAX, HTML, CSS, JavaScript ve MySQL teknolojileri kullanılarak DakİK adlı dijital insan kaynakları yönetim sistemi geliştirilmiştir. Sistem aracılığıyla izin, rapor ve devamsızlık verileri anlık olarak merkeze aktarılmış; iş gücü dalgalanmaları gün, hafta, ay ve yıl bazında ölçülebilir hâle getirilmiştir. Böylelikle ay sonu ücret tahakkuklarındaki hataların önlenmesine katkı sağlanmış, süreçler şeffaflaşmış ve denetimlerde izlenebilirlik artmıştır.

Uygulama sonucunda kargo gönderimleri ortadan kalkmış, bildirim başına kâğıt tüketimi yarıya inmiş, kırtasiye giderleri ve fiziksel arşiv hacmi azalmış, iş gücü yönetiminde hız ve doğruluk sağlanmıştır. İnceleme döneminde kâğıt ve kargo kaynaklı yaklaşık 2,06 ton CO₂ eşdeğeri (duyarlılık aralığı 1,08–2,94 ton) sera gazı azaltımı hesaplanmıştır. Yapılandırılmamış kullanıcı geri bildirimlerine göre dijitalleşme, izin uygulamalarına ilişkin şikâyetleri azaltmış ve süreç şeffaflığıyla kullanıcı deneyimine olumlu yansımıştır. Çalışma, tarımsal üretimde iklim değişikliğiyle mücadelede insan kaynakları dijitalleşmesinin hem çevresel hem de kurumsal faydalarını ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Demateryalizasyon, dijital insan kaynakları yönetimi, iklim değişikliğine uyum, insan kaynaklarında dijitalleşme, kurumsal sürdürülebilirlik, tarımda dijitalleşme, tarımsal üretimde karbon azaltımı.

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIGITALIZATION OF HUMAN RESOURCES PROCESSES ON CARBON FOOTPRINT: A CASE STUDY IN AN AGRICULTURAL PRODUCTION ENTERPRISE

MSC THESIS

MEHMET MESUT YILMAZ

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. BURHANETTİN FARİZOĞLU)

BALIKESİR, JULY - 2026

This study examines the digitalization of human resources (HR) processes in an agricultural enterprise employing an annual average of 1,000 staff (rising to 1,400 in peak seasons) across 15 locations and 14 units with distinct social security (SGK) registration numbers. The main problems identified were the untimely and incomplete transmission of data from the locations to headquarters; high cargo, photocopying, and archiving costs; workflow delays; and rising carbon emissions. Labour needs fluctuate with the seasonal nature of agricultural production, while traditional methods remained inadequate for measuring this fluctuation.

In this context, a digital HR management system called DakİK was developed using PHP, AJAX, HTML, CSS, JavaScript, and MySQL. Through this system, leave, report, and absence data were transferred to headquarters in real time, and workforce fluctuations became measurable on a daily, weekly, monthly, and yearly basis. Consequently, the risk of payroll errors was lowered, processes became transparent, and traceability during audits was improved.

As a result, cargo shipments were eliminated, paper use per notification was halved, stationery costs and physical archive volume were reduced, and speed and accuracy in workforce management were achieved. Over the study period, an estimated 2.06 tonnes of CO₂ equivalent (sensitivity range: 1.08–2.94 tonnes) in greenhouse gas emissions from paper and cargo shipping was avoided. Unstructured user feedback indicated fewer employee complaints concerning leave administration and a positive effect of process transparency on user experience. The study demonstrates both the environmental and institutional benefits of HR digitalization in combating climate change in agricultural production.

KEYWORDS: Dematerialization, digital human resources management, climate change adaptation, digitalization in human resources, corporate sustainability, digitalization in agriculture, carbon reduction in agricultural production.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Arka Planı: Tarımsal Üretimde İklim Değişikliği ve Dijitalleşme İhtiyacı	1
1.2 Problem Tanımı: Geleneksel İK Süreçlerinde Kâğıt, Kargo ve İş Gücü Kaybı	2
1.3 Araştırmanın Amacı ve Temel Soruları	2
1.4 Araştırmanın Önemi: Çevresel ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Katkısı	3
1.5 Araştırmanın Kapsamı, Yöntemi ve Sınırlılıkları	3
1.6 Tezin Yapısı	4
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Dijital Dönüşümün Stratejik Önemi	5
2.1.1 Dijital liderlik	6
2.1.2 Benimseme çerçevesi: Teknoloji–Örgüt–Çevre	6
2.2 İnsan Kaynaklarında Dijitalleşme (e-İK) ve Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi	6
2.2.1 e-İK'nin kapsamı ve stratejik sonuçları	7
2.2.2 Yeşil insan kaynakları yönetimi ve dijitalleşmeyle bütünleşmesi	7
2.3 Tarımsal Üretim, İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik Politikaları	8
2.3.1 Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'nin uyum politikaları	9
2.3.2 Tarımsal dönüşümde dijitalleşmenin rolü	9
2.4 Dijitalleşme ile Karbon Ayak İzinin Azaltılması	10
2.4.1 Demateryalizasyon: kâğıt ve arşiv tüketiminin azaltılması	10
2.4.2 Dijitalleşmenin çevresel etkisi: potansiyel ve sınırlılıklar	10
2.4.3 İdari ve insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinde nicel karbon azaltımı: benzer çalışmalar	11
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	13
3.1 Araştırma Modeli: Karma Yöntemli Vaka Analizi	13
3.1.1 Nicel ve nitel yaklaşımların tamamlayıcılığı	13
3.1.2 Pragmatist yaklaşım ve transfer edilebilir içgörüler	14
3.2 İncelenen Vaka: Bir Tarımsal Üretim Grubu	14
3.3 Süreç Yapısı ve DakİK Sisteminin Geliştirilmesi	15
3.3.1 Öncesi: geleneksel izin ve rapor süreçleri	15
3.3.2 Sonrası: DakİK dijital insan kaynakları yönetim sistemi	16
3.3.3 DakİK sisteminin teknik altyapısı ve entegrasyonu	17
3.4 Veri Analizi ve Karbon Ayak İzi Hesaplama Modeli	22
3.4.1 Veri kaynağı ve hazırlanması	22
3.4.2 Kâğıt kaynaklı emisyonun hesaplanması	23
3.4.3 Kargo kaynaklı emisyonun hesaplanması	24
3.4.4 Toplam azaltım ve duyarlılık analizi	25
3.4.5 Kabuller ve sınırlılıklar	26

İÇİNDEKİLER (devam)

3.4.6 Verilerin doğruluğu, geçerliği ve güvenilirliği	27
3.5 Etik Hususlar ve Veri Gizliliği	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1 Durum Bildirimlerinin Genel Görünümü	29
4.2 Kâğıt ve Kırtasiye Tasarrufu.....	31
4.3 Kargo Kaynaklı Karbon Azaltımı	31
4.4 Toplam Karbon Ayak İzi Azaltımı	32
4.5 İlave Bulgular: Doğruluk, Yasal Uyum ve Mevsimsel İzlenebilirlik	32
4.6 Nitel Bulgular: Kullanıcı Değerlendirmeleri	33
4.7 Bulguların Literatür Işığında Tartışılması	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
5.1 Öneriler	36
5.1.1 Kurumsal ve sektörel öneriler	37
5.1.2 Politika yapıcılara yönelik öneriler	37
5.2 Araştırmanın Sınırlılıkları ve Gelecek Çalışmalar	37
KAYNAKLAR	39
EKLER	44
EK A: DakİK Dijital İnsan Kaynakları Yönetim Sistemi Ekran Görüntüleri	45
ÖZGEÇMİŞ	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1: Durum bildirimlerinin türlere göre dağılımı	30
Şekil 4.2: Durum bildirimlerinin aylara göre dağılımı (2021–2025).....	31
Şekil A.1: DakİK sisteminin giriş ekranı	46
Şekil A.2: Sistemin ana sayfası ve insan kaynakları hızlı menüsü	46
Şekil A.3: Yeni çalışmama durum bildirim formunun genel görünümü	47
Şekil A.4: T.C. kimlik numarası girildiğinde çalışan ve işletme bilgilerinin otomatik getirilmesi.....	47
Şekil A.5: Babalık izninde hafta tatili ve resmî tatil günlerinin izin süresinden sayılmaması	48
Şekil A.6: Ücretsiz izinde hafta tatili ve resmî tatil günlerinin izin süresine dâhil edilmesi.....	48
Şekil A.7: “Formu Oluştur” işleviyle üretilen örnek dijital izin (talep) formu	49

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Mesafe bantlarına göre kargo gönderim sayıları ve önlenen emisyon.....	25
Tablo 4.1: Durum bildirimlerinin türlere göre dağılımı (03.01.2021–13.10.2025).....	29
Tablo 4.2: Dijitalleşmenin sağladığı tahminî karbon ayak izi azaltımı	32

SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

d_j	: j lokasyonunun merkez ofise karayolu mesafesi (km)
$E_{kâğıt}$	: Kâğıt kaynaklı önlenen emisyon (kg CO ₂ e)
E_{kargo}	: Kargo kaynaklı önlenen emisyon (kg CO ₂ e)
E_{toplam}	: Toplam önlenen emisyon (kg CO ₂ e)
f_b	: Mesafe bandına göre gönderim başına emisyon faktörü (kg CO ₂ e/gönderim)
$f_{kâğıt}$	: Sayfa başına emisyon faktörü (g CO ₂ e/sayfa)
K	: Toplam kargo gönderim sayısı
N	: Toplam durum bildirimi (form) sayısı
$S_{önce}$	: Dijitalleşme öncesi bildirim başına basılan sayfa sayısı
S_{sonra}	: Dijitalleşme sonrası bildirim başına basılan sayfa sayısı
w_j	: j lokasyonunun aktif dönemindeki hafta sayısı
AB	: Avrupa Birliği
AJAX	: Asynchronous JavaScript and XML (Eşzamansız JavaScript ve XML)
AMO	: Yetenek-Motivasyon-Fırsat (Ability-Motivation-Opportunity)
CO₂e	: Karbondioksit Eşdeğeri
CSS	: Cascading Style Sheets (Basamaklı Stil Şablonları)
DakİK	: Dakik (Zamanında) İnsan Kaynakları; bu çalışmada geliştirilen dijital insan kaynakları yönetim sisteminin adı
e-İK	: Elektronik İnsan Kaynakları
GHG	: Sera Gazı (Greenhouse Gas)
HTML	: HyperText Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
İK	: İnsan Kaynakları
İKY	: İnsan Kaynakları Yönetimi
KVKK	: Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
MariaDB	: Açık Kaynaklı İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemi
MSSQL	: Microsoft SQL Server Veri Tabanı Yönetim Sistemi
MySQL	: Açık Kaynaklı İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemi
PHP	: PHP: Hypertext Preprocessor (Yazılım Dili)
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
TOE	: Teknoloji-Örgüt-Çevre (Technology-Organization-Environment)

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dijitalleşme, günümüzde yalnızca teknik bir dönüşümü değil; kurumların sürdürülebilirliği, verimliliği ve rekabet gücünü doğrudan etkileyen stratejik bir dönüşümü ifade etmektedir. İklim değişikliğinin tarım sektöründe yol açtığı üretim kaymaları ve iş gücü dinamiklerindeki dalgalanmalar, insan kaynakları yönetiminde hızlı, doğru ve izlenebilir veriyle hareket etmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma, tarımsal üretimde mevsimsellik ve iklim oynaklığı koşullarında İK süreçlerinin dijitalleşmesi sayesinde elde edilen verilerin; süreç verimliliği, maliyetler ve karbon ayak izi üzerindeki etkilerini ölçmeyi ve bu etkileri sürdürülebilirlik bakışıyla tartışmayı amaçlamaktadır. Böylelikle yalnızca operasyonel iyileştirmeler değil; aynı zamanda çevresel ve sosyal sorumluluk boyutlarıyla bütünleşik kurumsal bir yol haritası önerilmektedir.

Çalışmanın temel hedefi, tarım işletmelerinde geleneksel kâğıt/kargo merkezli iş akışlarının yerini alan dijital ve veri temelli İK sistemlerinin; izin–rapor–devamsızlık gibi kritik süreçlerde hız, doğruluk ve şeffaflık sağladığını ortaya koymaktır. Güvenilir ve zaman damgalı veri akışının, bordro hatalarının azaltılmasından mevzuat uyumunun güçlendirilmesine; karbon salımının düşürülmesinden iklim şoklarına karşı iş gücü planlamasının iyileştirilmesine kadar geniş bir yelpazede değer ürettiği gösterilmektedir. Bu yönüyle dijitalleşme, çevresel, ekonomik ve toplumsal sorumlulukları bir arada gözeten yeşil dönüşümün temel kaldıraçlarından biri olarak ele alınmıştır.

Bu araştırmanın ortaya çıkış ve olgunlaşma sürecinde bilgi, deneyim ve yönlendirmeleriyle ufuk açan Prof. Dr. Burhanettin FARİZOĞLU, Prof. Dr. Ramazan ERDEM, Prof. Dr. Ahu AÇIKGÖZ, Dr. Selçuk Oktay SOLAKCI ve Dr. Seray ŞAHİN SOLAKCI hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Akademik birikimleri ve yapıcı eleştirileri, çalışmanın hem kuramsal çerçevesinin hem de yöntem tasarımının sağlamlaşmasına büyük katkı sağlamıştır.

Akademik yolculuğum boyunca her daim yanımda olarak koşulsuz desteği, anlayışı ve yüreklendirici tutumuyla motivasyonumu artıran eşime ve aileme; ayrıca Sadık BOZDEMİR'e; çalışmaları yürüttüğüm kurumun değerli yöneticilerine ve özveriyle emek veren ekip arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Varlıkları bu çalışmanın mümkün olmasına katkı sunmuştur. Katkısı olan her destekçim için içten teşekkür ederim.

Balıkesir, Temmuz 2026

Mehmet Mesut Yılmaz

1. GİRİŞ

İklim değışikliği, yirmi birinci yüzyılda tarımsal üretimi biçimlendiren en belirleyici baskılardan biridir. Sera gazı birikiminin hızlanmasıyla yükselen sıcaklıklar, düzensizleşen yağış rejimleri, uzayan kuraklıklar ve sıklaşan aşırı hava olayları ürün desenini, üretim takvimini ve iş gücü ihtiyacını doğrudan etkilemektedir (IPCC, 2022). Bu tablo karşısında tarımsal işletmeler, yalnızca üretim tekniklerini değil, iş gücünü planlama, yönetme ve izleme biçimlerini de yeniden düşünmek zorundadır. Çünkü mevsimselliğin belirleyici olduğu bir sektörde üretimin sürekliliği, doğru zamanda doğru sayıda çalışanın istihdamına bağlıdır. Dijital dönüşüm ise bu gereklilik belirginleştikçe, kurumların verimlilik ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında stratejik bir kaldıraç işlevi görmektedir. Bu tez de iklim değışikliğiyle mücadele bağlamında tarımsal işletmelerde insan kaynakları (İK) süreçlerinin dijitalleştirilmesini ele almakta ve bu dönüşümün çevresel ve kurumsal etkilerini gerçek bir işletme verisine dayanan uygulama örneğiyle incelemektedir.

1.1 Araştırmanın Arka Planı: Tarımsal Üretimde İklim Değışikliği ve Dijitalleşme İhtiyacı

Tarım sektörü, doğal kaynaklara doğrudan bağımlı olduğu için iklim değışikliğinden en fazla etkilenen alanların başında gelmektedir. Mevsimsel kaymalar ve hava koşullarındaki öngörülemezlik, üretimde iş gücü ihtiyacını dönemsel olarak dalgalandırmaktadır (ILO, 2019; Dasgupta and Robinson, 2023). Geçmişte yaygın olarak kullanılan statik ve kâğıt temelli planlama yöntemleri ise bu dalgalanmayı karşılamakta giderek yetersiz kalmaktadır (ILO, 2019). Bu ihtiyacın zamanında ve gerektiği ölçekte karşılanması üretimin sürekliliği için belirleyici olduğundan, iş gücü verilerinin hızlı, doğru ve izlenebilir biçimde yönetilmesi zorunlu hâle gelmektedir.

Dijital dönüşüm tam da bu noktada devreye girmektedir. Mesele, süreçleri yalnızca sayısallaştırmak değildir; veri temelli karar alma, gerçek zamanlı izleme ve merkezî raporlama yetenekleriyle iş yapış biçimini yeniden kurmaktır. İnsan kaynakları yönetimi; izin, rapor ve devamsızlık gibi yüksek hacimli ve tekrarlı işleri barındırdığından bu dönüşüm için uygulanabilir bir başlangıç alanı sunmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi gibi politika çerçeveleri, kâğıt ve kargo temelli iş akışlarının çevresel maliyetini görünür kılarak bu gerekliliği daha da pekiştirmiştir (Avrupa Komisyonu, 2020; T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021).

1.2 Problem Tanımı: Geleneksel İK Süreçlerinde Kâğıt, Kargo ve İş Gücü Kaybı

Geleneksel insan kaynakları uygulamalarında izin ve devamsızlık yönetimi büyük ölçüde kâğıt formlara, ıslak imzaya ve fiziksel arşivlemeye dayanmaktadır. Bu süreç; yıllık, mazeret, evlilik, babalık ve ölüm izinleri gibi 4857 sayılı İş Kanunu kapsamındaki izinlerle birlikte istirahat, analık ve iş kazası gibi geçici iş göremezlik raporlarının belgelenmesini ve bunların bordro ile Sosyal Güvenlik Kurumu süreçlerine doğru yansıtılmasını gerektirmektedir. Coğrafi olarak dağınık işletmelerde bu belgeler merkez ofise kargo ya da posta ile ulaştığında süreç yavaşlamakta, belge kayıpları ve bordro hataları ortaya çıkmakta, azımsanmayacak bir maliyet doğmaktadır. Aynı döngü, kâğıt üretimi, baskı, fotokopi, kargo taşımacılığı ve arşivleme kaynaklı sera gazı salımlarıyla ölçülebilir bir çevresel yük de yaratmaktadır (Dias and Arroja, 2012).

İnsan kaynaklarının dijitalleşmesi (e-İK) ve yeşil insan kaynakları yönetimi literatürde geniş biçimde tartışılmış olsa da bu çalışmaların çoğu kurumsal ya da hizmet sektörü bağlamında yürütülmüştür. Mevsimselliğin ve coğrafi dağınıklığın baskın olduğu tarımsal üretimde dijitalleşmenin sağladığı kazanımı gerçek işletme verisiyle ve ölçülebilir karbon/kaynak tasarrufu üzerinden inceleyen vaka çalışmaları sınırlı kalmıştır. Mevcut çözümler bu boşluğu tam kapatamamaktadır: yüksek maliyetli, abonelik temelli ticari yazılımlar ile çevresel etkiyi göz ardı eden genel dijitalleşme uygulamaları çoğunlukla idari verimliliğe odaklanmakta, süreçlerin çevresel maliyetini ölçmemekte ve mevsimsellik, çok lokasyonlu yapı, mevzuata dayalı izin kuralları gibi işletmeye özgü ihtiyaçlara yanıt verememektedir. Bu tez, gerçek bir dijital İK sisteminin öncesi ile sonrasını karşılaştırarak bu açığı doldurmayı amaçlamaktadır.

1.3 Araştırmanın Amacı ve Temel Soruları

Bu araştırmada, tarımsal üretim yapan bir işletmede insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinin çevresel sürdürülebilirlik (karbon ayak izi ve kaynak tüketimi) ile kurumsal performans (süreç verimliliği, zaman ve şeffaflık) üzerindeki etkilerinin ölçülebilir biçimde ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçla, izin-rapor-devamsızlık süreçlerini dijitalleştirmek üzere geliştirilen yazılım temelli sistemin sağladığı kazanımlar nicel ve nitel olarak değerlendirilmiştir.

Araştırmanın yanıt aradığı temel sorular şunlardır:

AS1. İnsan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesi, kâğıt, kırtasiye ve kargo tüketimini ve bunlara bağlı karbon salımını ne ölçüde azaltmaktadır?

AS2. Dijitalleşme; süreç hızı, doğruluk ve zaman yönetimi açısından hangi verimlilik kazanımlarını sağlamaktadır?

AS3. Tarımsal üretimin mevsimsel niteliğinden kaynaklanan iş gücü dalgalanmalarının izlenmesi ve yönetiminde dijital ve zaman damgalı veri akışı ne tür bir katkı sunmaktadır?

AS4. Elde edilen kazanımlar, kurumsal sürdürülebilirlik, şeffaflık ve denetlenebilirlik açısından nasıl bir değer üretmektedir?

1.4 Araştırmanın Önemi: Çevresel ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Katkısı

Çalışmanın önemi, dijitalleşmeyi soyut bir verimlilik söyleminin ötesine taşıyıp iklim değişikliğiyle mücadelede ölçülebilir bir araç olarak konumlandırmasından gelmektedir. Çevre mühendisliği bakış açısıyla, insan kaynakları süreçlerindeki demateryalizasyonun (kâğıt ve kargonun ortadan kalkmasının) sera gazı salımına etkisi sayısal olarak değerlendirilmekte ve kurumsal dijitalleşme ile karbon ayak izi azaltımı arasındaki bağ somut bir zemine oturtulmaktadır (GHG Protocol, 2015).

Araştırmanın özgün yönü, doğrudan bu çalışma kapsamında geliştirilen dijital İK sisteminin gerçek bir tarımsal işletmedeki fiilî kullanım verilerine dayanmasıdır. Böylece çalışma, akademik literatüre tarımsal bağlamda ölçülebilir bir vaka kazandırırken benzer işletmeler ve politika yapıcılar için de uygulanabilir bir yol haritası sunmaktadır. Çalışmanın çıkış noktası kişiseldir: araştırmacı, kâğıt-kargo temelli süreçlerin hem çevresel maliyetini hem de personel ekipleri üzerindeki iş yükünü sahada doğrudan gözlemlemiş; bu maliyeti azaltmayı ve karbon ayak izini düşürmeyi açık tasarım hedefleri olarak belirleyerek sistemi bizzat geliştirmiştir.

1.5 Araştırmanın Kapsamı, Yöntemi ve Sınırlılıkları

Araştırmanın kapsamı, tarımsal üretim yapan bir işletmenin insan kaynakları biriminde yürütülen izin, rapor ve devamsızlık süreçleriyle sınırlıdır. Çevresel etki değerlendirmesi, esas olarak kâğıt, kırtasiye ve kargo kaynaklı salımlara—Sera Gazı Protokolü'nde büyük ölçüde Kapsam 3 (tedarik zinciri ve diğer dolaylı emisyonlar) altında yer alan salımlara—odaklanmaktadır. Çalışmada karma yöntemli vaka analizi benimsenmiştir. Nicel boyutta sistem kayıtlarına dayalı bir maliyet ve karbon ayak izi hesaplama modeli, nitel boyutta ise süreç verimliliği, şeffaflık ve çalışan deneyimine ilişkin değerlendirme kullanılmıştır.

Çalışmanın başlıca sınırlılıkları şöyle özetlenebilir. Bulgular tek bir işletmenin vaka verisine dayandığından genellenebilirlik dikkatle yorumlanmalıdır. Değerlendirme insan kaynakları süreçleriyle sınırlıdır ve üretim süreçlerinin tamamını kapsamamaktadır. Karbon hesabı ağırlıklı olarak demateryalizasyon kaynaklı doğrudan tasarruflara odaklanmakta; dijital donanımın üretim ve kullanım ömründen doğan dolaylı emisyonları ayrıntılı biçimde içermemektedir. Bu sınırlılıklar aynı zamanda gelecek çalışmalar için yöntemsel bir çerçeve sunmaktadır.

1.6 Tezin Yapısı

Tez beş ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümü araştırmanın arka planını, problem tanımını, amaç ve sorularını, önemini, kapsam ve sınırlılıklarını ortaya koymaktadır. İkinci bölüm; dijital dönüşüm, insan kaynaklarında dijitalleşme (e-İK), tarımsal üretimde sürdürülebilirlik politikaları ve dijitalleşmenin karbon azaltımına katkısı başlıkları altında kavramsal çerçeveyi ve literatür taramasını ele almaktadır. Üçüncü bölüm, karma yöntemli vaka analizini, incelenen işletmeyi, veri toplama sürecini ve karbon ayak izi hesaplama modelini içeren araştırma yöntemini açıklamaktadır. Dördüncü bölümde dijitalleşmenin çevresel ve kurumsal kazanımlarına ilişkin bulgular değerlendirilmekte ve ilgili literatürle karşılaştırmalı biçimde tartışılmaktadır. Beşinci ve son bölümde temel çıkarımlar özetlenmekte, araştırmanın sınırlılıkları ile önerileri sunulmakta ve sürdürülebilir tarımsal üretim için izlenebilir bir yol haritası ortaya konulmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde tezin kuramsal temelleri ve ilgili literatür dört ekseninde ele alınmaktadır. Önce dijital dönüşümün stratejik önemi ve teknolojinin benimsenmesini açıklayan kuramsal çerçeveler sunulmuştur. Ardından insan kaynaklarında dijitalleşme (e-İK) ile yeşil insan kaynakları yönetimi ilişkilendirilmiştir. Sonraki başlıklarda tarımsal üretim, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik politikaları incelenmiş; son olarak dijitalleşmenin karbon ayak izini azaltmadaki rolü kavramsal düzeyde temellendirilmiştir.

2.1 Dijital Dönüşümün Stratejik Önemi

Giriş bölümünde ortaya konan dijitalleşme gereksiniminin kuramsal temellerini çözümleyebilmek için öncelikle dijital dönüşüm kavramının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Dijital dönüşüm, yeni bilgi ve iletişim teknolojilerinin mevcut süreçlere eklenmesinden ibaret dar bir teknik müdahale değildir. Daha çok, değer yaratma mekanizmalarının, iş modellerinin, örgütsel yapıların ve kurumsal kültürün teknoloji ekseninde yeniden tasarlanmasını ifade eden çok boyutlu bir süreçtir (Vial, 2019). Literatürde bu evrim üç aşamada kavramsallaştırılmaktadır. İlk aşama, fiziksel veya analog verinin dijital koda dönüştürülmesi olan sayısallaştırmadır (digitization). İkincisi, sayısallaştırılmış verilerin süreçleri optimize etmek için kullanılması olan dijitalleşmedir (digitalization). Üçüncü ve en kapsamlı aşama ise organizasyonun rekabet biçimini kökten değiştiren dijital dönüşümdür (digital transformation) (Verhoef et al., 2021). Bu kademeli ayırım, insan kaynakları gibi yüksek hacimli idari süreçler barındıran alanlarda dijitalleşmenin stratejik değerini çözümlemek için temel bir çerçeve sunmaktadır.

Dijital dönüşüm, Endüstri 4.0 paradigması çerçevesinde nesnelerin interneti, büyük veri analitiği, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi teknolojilerin işletme ekosistemine bütünleşik biçimde dâhil olmasını kapsamaktadır (Verhoef et al., 2021). Ancak bu sürecin sürdürülebilir rekabet üstünlüğüne ve çevresel faydaya dönüşmesi tek başına donanım ve yazılım yatırımıyla açıklanamaz. Bu sonuç, teknolojik altyapı, örgütsel yapı, insan kapasitesi ve yönetişimin birlikte optimize edilmesini gerektiren sosyoteknik bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Vial, 2019). İzleyen alt başlıklarda önce dönüşümün başarısını belirleyen liderlik bileşeni, ardından teknolojinin benimsenmesini açıklayan kuramsal çerçeveler ele alınmaktadır.

2.1.1 Dijital liderlik

Dönüşümün başarısında belirleyici olan insan ve liderlik odaklı bileşen, dijital liderliktir. Elektronik liderlik (e-liderlik), ileri bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla bireylerin, grupların ve organizasyonların tutum, düşünce ve performanslarında değişim yaratmayı amaçlayan teknoloji aracılı bir yetkinlik olarak tanımlanmaktadır. Bu yetkinlik altı bileşen içermektedir: e-iletişim, e-sosyal beceriler, e-değişim, e-takım, e-teknik yetkinlik ve e-güvenilirlik (Roman et al., 2019). Aynı yaklaşım, liderlerin teknoloji aracılı ortamlarda güven inşa etme ve değişimi yönlendirme kapasitesinin örgütsel benimsemeyi doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır (Roman et al., 2019). Coğrafi olarak dağınık ve teknoloji benimseme eğrisi göreceli yavaş seyreden tarım gibi sektörlerde, orta kademe yöneticilerin değişim ajanı rolü belirleyici olabilir; bu olasılık çalışma kapsamında değerlendirilmektedir.

2.1.2 Benimseme çerçevesi: Teknoloji–Örgüt–Çevre

Dijital teknolojilerin benimsenmesini ve çevresel sonuçlara dönüşmesini açıklamada Teknoloji–Örgüt–Çevre (Technology–Organization–Environment, TOE) çerçevesi yaygın biçimde kullanılmaktadır. TOE çerçevesini esas alan W. Li et al. (2023), il düzeyindeki ampirik verilerle, dış çevre (piyasa ve politika koşulları) ile örgütsel boyutların (işletme ölçeği ve emek-sermaye ilişkileri) dijital dönüşümün yeşil gelişime katkısını biçimlendirdiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçeve teknolojinin benimsenmesini salt teknik bir tercih saymamakta; onu örgütsel kapasite ve dış çevre koşullarıyla birlikte belirlenen bir süreç olarak görmektedir. Çerçeve, bu niteliğiyle insan kaynakları gibi yoğun örgütsel etkileşim barındıran alanlara da uygulanabilir. Nitekim Bondarouk et al. (2017), elektronik insan kaynakları yazınının kırk yıllık birikimini değerlendirdikleri derlemede, dijitalleşmenin örgütsel sonuçlarının teknoloji ediniminin ötesine geçerek farklı düzeylerde (operasyonel, ilişkisel ve dönüşümsel) gerçekleştiğini göstermektedir. Böylece çalışmanın incelediği tarımsal işletmedeki dijital dönüşüm, teknolojik (DakİK sistemi), örgütsel (merkezî insan kaynakları yapısı ve liderlik) ve çevresel (iklim politikaları, mevsimsellik ve coğrafi dağınıklık) boyutlarıyla birlikte değerlendirilebilmektedir.

2.2 İnsan Kaynaklarında Dijitalleşme (e-İK) ve Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi

Dijital dönüşümün kuramsal çerçevesi ortaya konduktan sonra, sıra bu dönüşümün insan kaynakları işlevine nasıl yansıdığına gelmektedir. Geleneksel insan kaynakları yönetimi, tarihsel olarak yoğun kâğıt evrak sirkülasyonu, fiziksel arşivleme ve manuel veri işleme yüküyle anılmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin bu işlevlere entegrasyonunu ifade eden

elektronik insan kaynakları yönetimi (e-İK), söz konusu operasyonel yükü azaltarak işlevin idari rolden stratejik role evrilmesini sağlamıştır. Strohmeier (2020), alandaki kavramsal belirsizliği gidermek için insan kaynaklarının sayısallaştırılması, dijitalleşmesi ve dijital dönüşümü kavramlarını birbirinden ayıran bir terminoloji ve tipoloji geliştirmiştir. Bu çalışmada dijital insan kaynakları yönetimi, teknoloji temelli önceki yaklaşımların ileri bir evrimsel aşaması olarak konumlandırılmıştır.

2.2.1 e-İK'nin kapsamı ve stratejik sonuçları

Bondarouk et al. (2017), dört on yıllık e-İK yazını bütünləştiren derlemelerinde e-İK'nin sonuçlarını üç düzeyde sınıflandırmaktadır: operasyonel (idari verimlilik), ilişkisel (paydaşlar arası etkileşim) ve dönüşümsel (insan kaynaklarının stratejik yeniden konumlanması). Aynı çalışma, alanın odağının zamanla operasyonel kazanımlardan stratejik kazanımlara kaydığını göstermektedir. Türkiye bağlamında Fındıklı ve Bayarçelik (2015), insan kaynakları uzmanlarıyla yürüttükleri nitel görüşmelere dayanarak e-İK uygulamalarının başlıca güdüleyicilerini zaman yönetimi, kişisel verilere hızlı erişim ve idari maliyetlerin düşürülmesi olarak belirlemiştir. Katılımcılara göre bu uygulamalar örgütsel maliyetleri azaltmakta ve süreç sürelerini kısaltmaktadır. Bu bulgular, izin, rapor ve devamsızlık yönetiminin dijitalleştirilmesinin erken ve ölçülebilir bir kazanım sağlayabileceğine işaret etmektedir.

2.2.2 Yeşil insan kaynakları yönetimi ve dijitalleşmeyle bütünleşmesi

e-İK'nin sağladığı idari verimlilik kazanımları, insan kaynakları süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle ilişkilendirilmesiyle yeni bir boyut kazanmış ve Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi (Green HRM) alanını ortaya çıkarmıştır. Renwick et al. (2013), bu alanın temel çerçevesini Yetenek-Motivasyon-Fırsat (Ability-Motivation-Opportunity, AMO) teorisi üzerine kurmaktadır. Bu çerçeveye göre yeşil işe alım ve eğitim çalışanın çevre koruma yeteneğini, yeşil performans değerlendirme ve ödüllendirme motivasyonunu, kâğıtsız ofis ve yeşil girişim grupları ise çevreci eylemde bulunma fırsatını artırmaktadır. Dumont et al. (2017) bu pratiklerin çalışanların görev içi (in-role) ve görev dışı (extra-role) işyeri çevreci davranışlarını biçimlendirdiğini ampirik olarak göstermiştir. Roscoe et al. (2019) ise aynı pratiklerin çevresel performans etkisinde yeşil örgüt kültürünün (liderlik vurgusu, mesaj güvenilirliği ve çalışan katılımı) aracı rol oynadığını ortaya koymuştur. Alan son on yılda hızla genişlemiştir. Yong et al. (2020), 2007–2019 arasında yayımlanan 70 makaleyi sistematik biçimde tarayarak alanın olgunlaştığını göstermiş; Faisal (2023) ise 31

ampirik çalışmayı AMO kuramı ekseninde sentezlemiştir. Shafaei et al. (2020), iki örneklemlili bir alan araştırmasıyla örgütsel çevre kültürü, yeşil insan kaynakları uygulamaları ve çevresel performans arasındaki ilişkiyi nicel olarak doğrulamıştır. Bag et al. (2022) de dinamik yetenekler perspektifinden 151 işletme verisiyle, yetenek ve motivasyon artırıcı e-İK uygulamalarının sürdürülebilir e-İK sistemlerine ve firma performansına katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Etkin bir Yeşil İK stratejisinin sahaya taşınmasını kolaylaştıran unsurların başında dijital altyapı gelmektedir. Kâğıtsız iş akışları, dijital arşivleme ve öz hizmet (self servis) çalışan portalları, AMO çerçevesindeki fırsat boyutunu somutlaştırarak çalışanların çevreci davranışlarını günlük rutine taşımaktadır. Dolayısıyla e-İK ve Yeşil İK, kurumsal sürdürülebilirliği birlikte güçlendiren tamamlayıcı iki süreçtir. Tarımsal üretim gibi sahada yoğun ve coğrafi olarak dağınık iş gücü barındıran sektörlerde izin, rapor ve devamsızlık süreçlerindeki evrak sirkülasyonunun dijitalleştirilmesi, hem idari verimliliği artırmakta hem de kâğıt ve lojistik kaynaklı tüketimi azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe doğrudan katkı sunmaktadır.

2.3 Tarımsal Üretim, İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik Politikaları

İnsan kaynaklarının dijitalleşmesi ve yeşil dönüşümle bütünleşmesi ele alındıktan sonra, çalışmanın uygulama bağlamını oluşturan tarımsal üretim ile iklim değişikliği ilişkisine geçilebilir. Tarım ve gıda sistemleri, iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ve aynı zamanda ona katkıda bulunan sektörlerin başında gelmektedir. Abbass et al. (2022), küresel iklim değişikliğinin sektörel etkilerini değerlendirdikleri derlemede, artan sıcaklıkların ve düzensizleşen hava olaylarının tarımsal verimliliği ve gıda arz güvenliğini tehdit ettiğini, biyoçeşitlilik kaybını hızlandığını ve uyum ile azaltım stratejilerinin birlikte uygulanmasını zorunlu kıldığını ortaya koymaktadır. İklim değişikliğinin etkisi rekolteyle sınırlı değildir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO, 2019), ısı stresinin iş gücü verimliliği üzerindeki etkisini incelediği raporunda tarımı, ısı stresinden en ağır etkilenen iki sektörden biri olarak tanımlamakta ve artan sıcaklıkların açık alanda çalışanların sağlığını ve verimliliğini doğrudan tehdit ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla tarımsal sürdürülebilirlik, üretim teknikleri kadar iş gücü planlaması ve yönetim süreçleriyle de yakından ilişkilidir. Benzer biçimde Dasgupta and Robinson (2023), iklim kaynaklı ısı stresinin iş gücü arzını, verimliliğini ve devamsızlığı doğrudan etkilediğini, bu etkinin özellikle tarım gibi açık alanda yürütülen sektörlerde belirginleştiğini ortaya koymuştur.

2.3.1 Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'nin uyum politikaları

İklim kriziyle mücadele kapsamında Avrupa Birliği, 2019 yılında Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı açıklamıştır (Avrupa Komisyonu, 2019). Bu stratejinin tarım ve gıda ayağını “Tarladan Sofraya” (Farm to Fork) stratejisi oluşturmaktadır. Avrupa Komisyonu (2020), bu stratejiyle 2030 yılına kadar tarımda kimyasal pestisit kullanımının yarıya, kimyasal gübre kullanımının en az beşte bir oranında düşürülmesini ve organik tarım alanlarının payının artırılmasını hedeflemektedir. Avrupa Birliği ile yoğun ticari ilişkileri bulunan Türkiye, 2021 yılında yayımlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı çerçevesinde tarım politikalarını bu hedeflerle uyumlaştırma sürecine girmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021). Bu uyum süreci, tarımsal işletmelerde veri takibi, raporlama ve iş gücü yönetimine duyulan gereksinimi artırmaktadır.

2.3.2 Tarımsal dönüşümde dijitalleşmenin rolü

Dijital teknolojiler, tarımsal üretimin sürdürülebilir bir çerçevede dönüştürülmesinde giderek ağırlık kazanmaktadır. Ne var ki bu teknolojilerin çevresel net katkısı, nasıl tasarlandıklarına ve yönetildiklerine bağlıdır. Basso and Antle (2020), dijital tarımın sürdürülebilir tarımsal sistemlerin tasarımında belirleyici bir araç olduğunu vurgulamaktadır. Parra-López et al. (2024), dijital teknolojilerin girdi kullanımını optimize ederek sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline dikkat çekmekte; aynı çalışma altyapı yetersizliği, maliyet ve dijital yetkinlik açığı gibi engellerin bu potansiyelin önünde durduğunu belirtmektedir. Daha geniş ölçekte Dwivedi et al. (2022), dijital teknolojilerin iklim değişikliğiyle mücadelede hem sorunun hem de çözümün parçası olabileceğini ifade etmektedir. Bu literatürde öne çıkan ortak bulgu, dijitalleşmenin çevresel faydasının kendiliğinden gerçekleşmediği, uygulama alanına ve yönetim biçimine bağlı olduğudur. Bu nedenle tarımsal dijitalleşmenin yalnızca tarladaki üretim süreçlerine değil işletmelerin arka planındaki idari ve insan kaynakları süreçlerine de uygulanması, kâğıt, kargo ve arşiv kaynaklı karbon ayak izinin azaltılması açısından değerli ve görece az incelenmiş bir alandır. Nitekim Faskhutdinova et al. (2020), tarımın dijitalleşmesinin nitelikli dijital yetkinliklere sahip personel ihtiyacını artırdığını vurgulamaktadır. Çek Cumhuriyeti'ndeki tarım işletmelerini inceleyen Vrabcová and Urbancová (2021) ise insan kaynakları bilgi sistemlerinin bu işletmelerde en yoğun olarak devam takibi, form ve özlük kayıtlarının yönetiminde kullanıldığını ortaya koymaktadır.

2.4 Dijitalleşme ile Karbon Ayak İzinin Azaltılması

Buraya kadar ortaya konan kuramsal ve politik çerçeve, dijitalleşmenin çevresel etkisinin somut ve nicel biçimde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Dijitalleşme kurumlarda verimliliği artıran bir araç olmanın ötesinde, karbon ayak izini küçültebilen stratejik bir uygulamadır. Karbon ayak izi, bir kurumun faaliyetleri sonucu doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan toplam sera gazı emisyonlarını ifade eder. Sera Gazı Protokolü bunları üç kapsamda sınıflandırmaktadır: doğrudan emisyonlar (Kapsam 1), satın alınan enerji kaynaklı emisyonlar (Kapsam 2) ile tedarik zinciri ve diğer dolaylı emisyonlar (Kapsam 3) (GHG Protocol, 2015). İnsan kaynakları süreçlerinde kullanılan kâğıt ile belgelerin kargoyla taşınması, satın alınan ürünler ve taşımacılık kaynaklı dolaylı emisyonlar olarak büyük ölçüde Kapsam 3'te yer almaktadır. Dijital sistemlerin çalıştırıldığı ofis ekipmanlarının elektrik tüketimi ise Kapsam 2 ile ilişkilidir. Bu sınıflandırma ışığında insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesi, başta Kapsam 3 olmak üzere kurumsal karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

2.4.1 Demateryalizasyon: kâğıt ve arşiv tüketiminin azaltılması

Demateryalizasyon, fiziksel materyallerin dijital ortama taşınması yoluyla tüketimin azaltılmasını ifade eder. Kâğıt üretimi, hammadde eldesinden enerji yoğun üretim aşamalarına kadar uzanan yaşam döngüsü boyunca azımsanmayacak bir çevresel yük oluşturmaktadır. Dias and Arroja (2012), ofis kâğıdının karbon ayak izini farklı yöntemlerle hesapladıkları yaşam döngüsü temelli çalışmalarında, bir A4 sayfasının üretim aşamasına ilişkin emisyonunu yaklaşık 4,3–4,7 g CO₂ eşdeğeri olarak ortaya koymuştur. Kâğıt üretimi ayrıca selüloz hammaddesi ve su kullanımı bakımından kaynak yoğun bir süreçtir. Dolayısıyla kâğıt formların dijital ortama taşınması hem doğrudan üretim emisyonlarını hem de doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltmaktadır.

2.4.2 Dijitalleşmenin çevresel etkisi: potansiyel ve sınırlılıklar

Kâğıt tüketiminin ötesinde, fiziksel belgelerin kargo ve posta yoluyla taşınması da lojistik kaynaklı sera gazı emisyonlarına yol açmaktadır. Belgelerin dijital ortama taşınmasıyla bu taşıma ihtiyacı büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Mondéjar et al. (2021), dijitalleşmenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada güçlü bir araç olduğunu ve süreçlerin sanallaştırılmasıyla kaynak ile emisyon tasarrufu sağlayabileceğini belirtmektedir. Bununla birlikte Dwivedi et al. (2022), dijital teknolojilerin kendi enerji tüketimi ve donanım kaynaklı dolaylı emisyonları nedeniyle çevresel açıdan iki yönlü bir etkiye sahip olduğunu

vurgulamaktadır. Aynı çalışmaya göre net çevresel fayda, ancak sistemlerin enerji verimli tasarlanması ve yönetilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Dijitalleşmenin karbon azaltım potansiyeli, son tahlilde demateryalizasyonla önlenen doğrudan tüketimler ile dijital altyapının kendi ayak izi arasındaki net dengeye bağlıdır. Beş farklı sektörü ülke ölçeğinde inceleyen Oliveira et al. (2021) da kâğıtsız süreçlerin maliyetleri düşürdüğünü, kurumsal imajı güçlendirdiğini ve demateryalizasyonla çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını ortaya koymakta; aynı çalışma bilgi-iletişim teknolojilerinin kendi enerji tüketiminden doğan bir geri tepme (rebound) etkisine de dikkat çekmektedir. Daha geniş bir kuramsal düzlemde Santarius et al. (2020), dijitalleşmenin demateryalizasyon, dekarbonizasyon ve demobilizasyon yoluyla çevresel yükü azaltma potansiyeli taşıdığını belirtmektedir. Ancak aynı çalışma, verimlilik kazanımlarının geri tepme etkileriyle kısmen geri alınabildiğini ve net etkinin ampirik olarak hâlâ belirsiz olduğunu göstermektedir.

Bu literatür bütünü, insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesiyle önlenen kâğıt, kargo ve arşiv kaynaklı emisyonların ölçülebilir bir çevresel kazanım oluşturduğunu göstermektedir. Ancak bu kazanımın özellikle tarımsal üretim bağlamında nicel olarak modellenmesi, bu çalışmanın taradığı literatürde görece az ele alınmıştır. Bu tez söz konusu boşluğu gerçek bir işletme verisiyle doldurmayı amaçlamaktadır.

2.4.3 İdari ve insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinde nicel karbon azaltımı: benzer çalışmalar

İnsan kaynakları ve idari süreçlerin dijitalleştirilmesinin çevresel kazanımını nicel olarak ölçen çalışmalar henüz sınırlı sayıda olsa da son yıllarda artmaktadır. Belge yönetimi düzeyinde Krishnan and Subramanian (2015), bir belge yönetim sisteminin günde yaklaşık 1.400 kg CO₂e tasarruf sağladığını ortaya koymuştur. Moberg et al. (2010), elektronik faturanın kâğıt faturaya kıyasla çevresel etkisini yaşam döngüsü analiziyle değerlendirmiştir. Duval and Hardy (2021) ise sınır ötesi kâğıtsız ticarete tek bir işlemin tam dijitalleştirilmesinin yaklaşık 1,5 ağacın dikilmesine eş değer sera gazı tasarrufu sağladığını, bölgesel ölçekte ise yılda yaklaşık 13 milyon ton CO₂e azaltım potansiyeli bulunduğunu hesaplamıştır. Ofis düzeyinde Shah et al. (2019), bir yükseköğretim kurumunda yıllık 13 ton kâğıt tüketiminin 312 ağacın kesilmesine ve yaklaşık 73.970 lb ($\approx$ 33,6 ton) CO₂ salımına karşılık geldiğini göstermiştir; baskı tercihleri değiştirilerek bu yükün yaklaşık %44,8'i azaltılabilmektedir. Yousufi (2023) de kâğıtsız çalışmanın karbon ayak izini düşürdüğünü, ancak dijital altyapının kendi ayak izinin de hesaba katılması gerektiğini belirtmiştir.

İnsan kaynakları işlevine daha yakın biçimde, elektronik izin ve devam yönetim sistemleri de benzer kazanımlar raporlamaktadır. Abubakar et al. (2022), PHP ve MySQL ile geliştirdikleri bir çalışan izin yönetim sisteminin kâğıt temelli sürece kıyasla daha hızlı ve etkin olduğunu ortaya koymuştur. Mahulette et al. (2024), devamsızlık yönetimini kâğıt formlardan otomatik bir uygulamaya taşıyan bir kamu kurumunda kâğıt ve idari ekipman kullanımının azaldığını, sürecin hızlandığını ve maliyetlerin düştüğünü belgelemiştir. Ulaşım ve lojistik ayağında ise Beño (2021), tek bir işletmenin gerçek verisiyle işe gidiş-gelişin ortadan kalkmasının ulaşım kaynaklı emisyonları yaklaşık %62 azalttığını ve 126.072 kg CO₂e tasarruf sağladığını göstermiştir.

Bu çalışmalar, idari ve insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinin ölçülebilir bir çevresel kazanım ürettiğini doğrulamaktadır; bu tezin yaklaşımının literatürde öncülleri bulunmaktadır. Bununla birlikte mevcut çalışmalar genellikle tek bir bileşene (kâğıt ya da ulaşım) ya da kurumsal ve hizmet sektörü bağlamına odaklanmaktadır. Bu tezin özgün katkısı, izin-rapor-devamsızlık süreçlerine özgü bir dijital insan kaynakları sistemini (DakİK) mevsimsellik ve coğrafi dağınıklığın baskın olduğu tarımsal üretim bağlamında ve kâğıt ile kargo kaynaklı emisyonları birlikte ele alan iki ayaklı bir karbon ölçümüyle değerlendirmesidir. Literatürde bu üç unsuru bir araya getiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu bölümde araştırmanın modeli, inceleme kapsamına alınan kurum, veri toplama süreci ve kullanılan analiz yöntemleri ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır. Çalışma, tarımsal üretim yapan bir işletmede insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesine yönelik bir uygulama örneği üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.1 Araştırma Modeli: Karma Yöntemli Vaka Analizi

Giriş bölümünde ortaya konan araştırma sorularının yanıtlanabilmesi, çalışmanın yöntemsel tasarımının açıkça tanımlanmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada araştırma modeli olarak karma yöntemli vaka analizi tercih edilmiştir. Karma yöntem, nicel ve nitel tekniklerin güçlü yönlerini bir araya getirerek araştırma probleminin bütüncül biçimde incelenmesine olanak tanımaktadır (Creswell and Plano Clark, 2018). Nicel yöntemler sayısal göstergeler üzerinden ölçülebilir sonuçlar üretirken, nitel yöntemler sürecin nasıl işlediğini, aktörlerin deneyimlerini ve bağlamsal dinamikleri anlamayı sağlamaktadır (Johnson et al., 2007). Vaka analizi ise belirli bir olgunun kendi bağlamı içinde derinlemesine incelenmesine imkân veren bir yaklaşımdır (Yin, 2018). Bu doğrultuda çalışmada, tarımsal üretim yapan bir işletmede insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesi uygulamalı bir örnek üzerinden ele alınmıştır.

Araştırmada amaç, istatistiksel genelleme yapmaktan çok, benzer bağlamlara uyarlanabilecek transfer edilebilir içgörüler elde etmektir (Lincoln and Guba, 1985). Çalışma böylelikle hem sayısal bulguların ortaya koyduğu nesnel çıktılara hem de paydaş deneyimlerine dayalı nitel verilere yaslanan çok katmanlı bir analiz sunmaktadır. Epistemolojik temel ise pragmatisttir. Pragmatizm, araştırma problemini en iyi aydınlatacak yöntemin seçilmesini savunmaktadır (Tashakkori and Teddlie, 2010). Bu nedenle iklim değişikliği ve dijitalleşme gibi çok boyutlu olguların incelenmesinde karma yöntem en uygun çerçeveyi sunmaktadır.

3.1.1 Nicel ve nitel yaklaşımların tamamlayıcılığı

Nicel analiz araştırmanın temel iskeletini oluşturmuştur. Kâğıt tüketimi, kargo kullanımı, enerji harcamaları ve iş gücü kayıplarındaki değişimler somut göstergeler üzerinden ölçülmüştür. Nitel boyut ise bu sayısal verilerin arka planını anlamlandırmaya katkı sağlamıştır. Bu kapsamda, sistemin gerçek kullanıcılarından—personel işleri sorumluları ile merkez insan kaynakları çalışanlarından—iş toplantılarında alınan yapılandırılmamış (resmî

olmayan, kayıt altına alınmamış) sözlü geri bildirimler ve araştırmacının doğrudan saha gözlemleri kullanılmıştır. Söz konusu nitel veri, biçimsel bir görüşme protokolüne veya sistematik tematik analize değil, sürecin işleyişine ilişkin betimsel kullanıcı değerlendirmelerine dayanmaktadır. Böylece yalnızca 'ne oldu' sorusuna değil, 'nasıl ve neden oldu' sorularına da betimsel düzeyde yanıt üretilmiştir (Creswell and Plano Clark, 2018; Johnson et al., 2007).

3.1.2 Pragmatist yaklaşım ve transfer edilebilir içgörüler

Çalışmanın epistemolojik temeli pragmatizmdir. Pragmatizm, bir yöntemin değerini araştırma problemini çözmedeki işlevselliğiyle ilişkilendirmektedir (Tashakkori and Teddlie, 2010). Bu yaklaşımla nicel ve nitel yöntemler birlikte kullanılarak hem güvenilir ölçümler yapılmış hem de bu ölçümlerin bağlamsal boyutları açığa çıkarılmıştır. Bulgular istatistiksel genelleme iddiası taşımamakta; ancak benzer ölçek ve nitelikteki işletmeler için uyarlanabilir dersler sunmaktadır. Dolayısıyla sonuçlar yalnızca incelenen işletmeyle sınırlı kalmamakta, tarım sektöründe ve diğer alanlarda dijitalleşme süreçlerine ışık tutabilecek transfer edilebilir içgörüler sağlamaktadır (Lincoln and Guba, 1985; Yin, 2018).

3.2 İncelenen Vaka: Bir Tarımsal Üretim Grubu

Araştırmanın uygulama alanını, Türkiye'nin altı ilinde (Antalya, İzmir, Bursa, Adana, Mersin ve Isparta) faaliyet gösteren bir tarımsal üretim grubu oluşturmaktadır. Grup, kimi illerde birden fazla farklı konumda ayrı işletmeler bulunacak biçimde merkez ofis ile on dört gönderen lokasyondan oluşan toplam on beş fiziksel lokasyona (biri faaliyetini 28.02.2023'te sonlandırmıştır) ve on dört ayrı Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) sicil numarasına sahiptir. Faaliyet alanları fide üretimi, süs bitkisi ve çiçek yetiştiriciliği ile gıda üretimidir. Ticari gizlilik gözetilerek grubun ve bağlı işletmelerin ticari unvanları ile lokasyon adresleri çalışmada açıkça belirtilmemiş, vaka sektörel ve coğrafi nitelikleriyle tanımlanmıştır.

Grupta yıllık ortalama 1.000 çalışan istihdam edilmektedir. Tarımsal üretimin mevsimsel niteliği gereği sezonluk işçi alımlarıyla bu sayı yoğun dönemlerde 1.400'e kadar yükselmektedir. Çalışanlara ilişkin insan kaynakları süreçleri, coğrafi olarak dağınık işletmelerden bağımsız biçimde merkezî bir insan kaynakları ofisi üzerinden yürütülmektedir. İşletmelerin merkeze uzaklığı ve çalışan sayısındaki mevsimsel dalgalanma, izin ve rapor süreçlerinin yönetimini zaman, maliyet ve çevresel etki açısından

zorlaştırmaktadır; bu durum çalışmanın incelediği dijitalleşme uygulamasının başlıca gerekçesidir.

3.3 Süreç Yapısı ve DakİK Sisteminin Geliştirilmesi

Bu bölümde, izin ve rapor süreçlerinin dijitalleşme öncesindeki işleyişi ile DakİK sisteminin devreye alınmasından sonraki yapısı karşılaştırmalı olarak ele alınmakta; ardından sistemin teknik altyapısı ve mevcut bordro uygulamasıyla entegrasyonu açıklanmaktadır.

3.3.1 Öncesi: geleneksel izin ve rapor süreçleri

Dijitalleşme öncesinde, çalışanların çalışmama durumları kâğıt formlarla yönetilirdi. Bu durumlar şunları kapsar: denkleştirme izni, ücretli (yıllık) izin, ücretsiz izin, mazeret izni (eğitim veya sağlık), evlilik izni (üç gün), babalık izni (beş gün), ölüm izni (üç gün), istirahat (geçici iş göremezlik) raporu, analık (iş göremezlik) raporu ve iş kazası (iş göremezlik) raporu.

Geleneksel süreçte ilgili form işletmede doldurulup çalışana imzalatılır, bir fotokopisi işletmede arşivlenir, ıslak imzalı asıl nüsha ise kargo yoluyla merkezî insan kaynakları ofisine iletilirdi. Bildirim ayrıca e-posta ile de merkeze gönderilirdi. Merkeze ulaşan belgeler okunur, kontrol edilir ve kırtasiye (dosya, klasör vb.) giderleriyle birlikte fiziksel arşivde saklanırdı. Bu döngü; kâğıt, fotokopi, kargo ve arşiv kaynaklı doğrudan maliyetlerin yanı sıra belgelerin okunması ve arşivlenmesi için harcanan iş gücü ve zamanı da beraberinde getirirdi. El yazısıyla doldurulan formlardaki okunaklılık sorunları ve insan kaynaklı hesaplama hataları, özellikle ay sonu bordro işlemlerinde eksik veya fazla ücret tahakkukuna yol açabilirdi. Bu sürecin tarımsal işletmelerdeki en kritik zorluklarından biri, çalışanların önemli bir bölümünün okuma-yazma bilmemesi veya el yazısının güçlkle okunmasıdır; bu durum formların doğru doldurulmasını ve sonradan okunmasını daha da zorlaştırmaktaydı. Ayrıca ayın başında doldurulup sonraki hafta kargoyla ulaşan bir form, ay sonu bordro hesabı sırasında tarih veya gün hatası nedeniyle geçersiz sayıldığında süreç baştan işletilmek zorunda kalırdı. Gözden kaçan hatalar ise ücretli ve mazeret izinlerinde yanlış gün kullandırımına yol açarak çalışanın yasal haklarının hatalı uygulanmasına neden olabilirdi. Islak imzalı asıl nüshalar, olası iş uyuşmazlıklarına karşı kanıt oluşturmak üzere çalışanların özlük dosyalarında saklanır.

3.3.2 Sonrası: DakİK dijital insan kaynakları yönetim sistemi

Bu sistemin geliştirilmesi yalnızca teknik bir iyileştirme arayışına değil; çevresel, operasyonel ve insan odaklı hedefleri birlikte gözeten bütüncül bir yaklaşıma dayanmaktadır. Araştırmacı, coğrafi olarak dağınık işletmelerde kâğıt, fotokopi ve kargo temelli izin–rapor süreçlerinin hem yüksek karbon ayak izi ürettiğini hem de personel işleri ekiplerinde önemli bir iş yükü oluşturduğunu doğrudan gözlemlemiştir. Bu süreçleri dijitalleştirirken dört temel amaç gözetmiştir: kâğıt ve kargo kaynaklı karbon salımını azaltmak, izin–rapor–devamsızlık işlemlerinde hız, doğruluk ve şeffaflık sağlayarak iş verimliliğini artırmak, elle veri girişi ve hesaplama ile doğan iş yükü ile hata olasılığını düşürmek ve süreçleri izlenebilir, denetlenebilir, sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmak. DakİK bu motivasyonun somut bir çıktısı olarak tasarlanıp geliştirilmiştir.

Belirtilen sorunların giderilmesi amacıyla, yeşil dönüşüm vizyonu ile DakİK adlı dijital insan kaynakları yönetim sistemi hayata geçirilmiştir. Sistemde, çalışanın T.C. kimlik numarasının girilmesinin ardından ilgili izin veya rapor türü ile tarih seçilmekte; evlilik, babalık ve ölüm izinleri ile yıllık izin hak edışı ve kalan izin gibi yasal olarak sabit haklar, yürürlükteki mevzuata ve çalışanın hizmet yılına göre otomatik hesaplanmaktadır. Böylece formlar hatasız doldurulmakta ve çalışanların izin haklarını mevzuata tam uyumlu kullanması sağlanmaktadır. Sisteme verilen DakİK adı, bir çalışmama veya iş gücü kaybı durumunun anında (dakik biçimde) merkez insan kaynaklarına bildirilmesi gerekliliğini vurgulayan 'zamanında insan kaynakları' yaklaşımını ifade eder; ayrıca 'dakik' sözcüğünün son iki harfinin insan kaynaklarını (İK) karşılaması nedeniyle tercih edilmiştir. Sistem için dakik.com.tr alan adı da tescil edilmiştir. Sistemin giriş ekranı, ana sayfası ve durum bildirim formunun genel görünümü EK A'da sunulmaktadır (Şekil A.1–A.3). DakİK sonrasında izin formları ve puantaj gibi insan kaynakları belgelerinin merkez ofise haftalık kargoyla iletilmesi uygulaması tümüyle sona ermiş; çalışmama durumu bildirimleri sistem üzerinden yapılar hâle gelmiş, sürece ait diğer belgeler ise e-posta yoluyla iletmeye başlanmıştır.

Sistem üzerinden oluşturulan formlar, bilgisayar ortamında otomatik doldurulduğundan el yazısı kaynaklı okunaklılık sorunlarını ortadan kaldırmakta ve doğrudan dijital ortamda kaydedilmektedir. Bu sayede merkezî insan kaynakları ofisine ayrıca e-posta gönderme, belgenin fotokopisini alma, ıslak imzalı nüshayı kargolama ve merkezde arşivleme amacıyla yapılan kırtasiye, zaman ve iş gücü harcamalarına büyük ölçüde gerek kalmamıştır. Ayrıca

izin ve rapor verilerinin bordro sistemine doğru ve zamanında aktarılması, ay sonu ücret tahakkuklarında eksik veya fazla ödeme hatası riskini azaltacak biçimde tasarlanmıştır.

3.3.3 DakİK sisteminin teknik altyapısı ve entegrasyonu

DakİK sistemi, PHP, AJAX, JavaScript, HTML ve CSS ile MySQL/MariaDB teknolojileri kullanılarak web tabanlı bir uygulama olarak geliştirilmiştir. Sistem, işletmenin mevcut Logo Bordro Plus uygulamasının MSSQL veri tabanından salt-okunur sorgularla güncel personel listesini almaktadır. Söz konusu sorgu yalnızca veri çekme amacı taşıdığından ve ana programa veri girişi yapılmadığından, kapalı sistem niteliğindeki Logo Bordro Plus'ın işleyişi olumsuz etkilenmemektedir. Çalışanın T.C. kimlik numarasının girilmesiyle ilgili personele ait bilgiler otomatik getirilmekte (EK A, Şekil A.4); böylece formu düzenleyen personel işleri sorumlusunun ad ve soyad gibi alanları hatalı doldurma olasılığı ortadan kalkmaktadır. Türkiye'de bazı adların nüfus kayıtlarından farklı yazılabildiği ve her çalışmama durumu belgesinin 4857 sayılı İş Kanunu çerçevesinde nihai resmî belge niteliği taşıdığı düşünüldüğünde, bu otomatik doldurma işlevi belge doğruluğu açısından belirleyicidir.

Bu bölümdeki teknik kavramların çevre mühendisliği okuyucusu için anlaşılır olması amacıyla önce temel bilişim terimleri kısaca tanımlanmaktadır. Web tabanlı uygulama, kullanıcının bilgisayarına ayrıca program kurmadan yalnızca bir internet tarayıcısı (örneğin Chrome veya Edge) üzerinden erişilen ve işlemleri merkezî bir sunucuda yürüten yazılımdır. Kullanıcının önündeki tarayıcıya istemci, hizmeti veren merkezî bilgisayara ise sunucu denir. Üç katmanlı mimari, yazılımın üç işlevsel katmandan oluşmasıdır: kullanıcının gördüğü arayüz (sunum katmanı), kuralların ve hesapların işletildiği iş mantığı (uygulama katmanı) ve verilerin saklandığı veri tabanı (veri katmanı). Arayüz, içeriğin yapısını tanımlayan HTML (Hiper Metin İşaretleme Dili) ve görünümünü düzenleyen CSS (Basamaklı Stil Şablonları) ile oluşturulur. Veri tabanı, verilerin düzenli biçimde saklandığı elektronik bir depodur. İlişkisel veri tabanı ise verileri birbiriyle ilişkili tablolar hâlinde tutan ve SQL (Yapılandırılmış Sorgulama Dili) adı verilen standart bir dille yönetilen veri tabanı türüdür; ticari bir örneği Microsoft SQL Server'dır (MSSQL). Salt-okunur (read-only) sorgu, bir veri tabanından yalnızca veri okuyan, hiçbir kayıt ekleme veya değiştirme yapmayan sorgudur. Son olarak Logo Bordro Plus, işletmenin bordro ve özlük işlemlerini yürüttüğü ticari bir personel yazılımıdır. Bu kavramlar ışığında DakİK'in teknik altyapısı ve teknoloji tercihleri aşağıda açıklanmaktadır.

Sistemin tasarımı, veri modeli ve tüm yazılım bileşenleri bütünüyle bu çalışma kapsamında araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Hazır bir paket yazılım uyarlanmamış, gereksinimler doğrultusunda özgün bir mimari kurulmuştur. Uygulama üç katmanlı bir web mimarisine dayanmaktadır: istemci (sunum) katmanı HTML, CSS ve JavaScript ile tarayıcıda, uygulama (iş mantığı) katmanı PHP ile sunucuda, veri katmanı ise MariaDB/MySQL üzerinde çalışmaktadır. Coğrafi dağınıklık ve mevsimsel personel hareketliliği nedeniyle, istemciye kurulum gerektiren bir masaüstü uygulaması yerine merkezî sunucuda çalışan ve yalnızca tarayıcıyla erişilen web tabanlı bir mimari benimsenmiştir. Bu seçim sayesinde güncellemeler tek noktadan yapılmakta, sürüm tutarlılığı sağlanmakta ve bakım maliyeti düşmektedir.

Uygulama katmanında sunucu tarafı programlama dili olarak PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) kullanılmıştır. PHP, web uygulamaları için tasarlanmış, açık kaynaklı ve sunucu tarafında çalışan bir betik dilidir. Tercih edilmesinin başlıca nedenleri şunlardır: açık kaynak olması ve lisans maliyeti getirmemesi, geniş bir geliştirici topluluğuna ve internette zengin dokümantasyona sahip olması, yaygın paylaşımlı barındırma ortamlarıyla uyumlu olup ekonomik sunucularda dahi kararlı çalışması, ayrıca MySQL/MariaDB ile olgun bir entegrasyon sunması. Alternatif diller arasında ASP.NET ve Java güçlü kurumsal çözümlerdir; ancak daha yüksek lisans/altyapı maliyeti veya daha dik bir öğrenme ve işletme eğrisi gerektirmektedir. Python ve Node.js ise bu kurumsal barındırma bağlamında PHP kadar yaygın hazır destek ve dağıtım kolaylığı sunmamaktadır. Bu nedenle düşük maliyet ve sürdürülebilir bakım hedefiyle PHP seçilmiştir.

Veri katmanında ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi olarak MariaDB/MySQL kullanılmıştır. MySQL, açık kaynaklı, yaygın kullanılan ve SQL standardını destekleyen bir ilişkisel veri tabanı yönetim sistemidir; MariaDB ise onun topluluk tarafından geliştirilen, büyük ölçüde uyumlu bir türevidir. Seçimin gerekçeleri; açık kaynaklı olduğundan lisans ücreti gerektirmemesi, bakım giderinin düşük olması, uygun maliyetli ve sınırlı kaynaklı sunucularda bile kararlı çalışması, okuma yoğun iş yüklerinde yüksek performans sağlaması ve PHP ile olgun entegrasyonu sayesinde güçlü bir topluluk desteğine sahip olmasıdır. Durum bildirimi kayıtları yapısaldir (tür, tarih, çalışan, işletme). Bu nedenle belgesel/NoSQL bir model yerine ilişkisel bir model tercih edilmiştir; çünkü veriler arası

ilişkiler, bütünlük kısıtları ve SQL ile toplulaştırarak raporlama ihtiyacı ilişkisel modelde daha doğal karşılanmaktadır.

İstemci tarafı etkileşim için JavaScript kullanılmıştır. JavaScript, web tarayıcılarında çalışan ve sayfaya dinamik davranış kazandıran bir programlama dilidir. Form alanlarının anlık doğrulanması, seçilen izin türüne göre alanların değişmesi, tarih ve gün hesaplarının kullanıcıya anında geri bildirilmesi gibi işlevler JavaScript ile istemci tarafında gerçekleştirilmiştir. Böylece her etkileşimde sunucuya tam sayfa isteği gönderilmesi önlenerek hem yanıt süresi kısalmış hem de sunucu yükü azalmıştır. Geniş kütüphane desteği ve tüm modern tarayıcılarda ek eklenti gerektirmeden çalışması da dilin tercih edilmesini desteklemiştir.

Sunucu ile istemci arasındaki veri alışverişi AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) yaklaşımıyla yapılmaktadır. AJAX, sayfanın tamamını yeniden yüklemekten arka planda sunucuyla eşzamansız veri alışverişi sağlayan bir tekniktir. DakİK'te personel bilgisinin T.C. kimlik numarasına göre getirilmesi, izin hesaplarının ve uyarıların güncellenmesi gibi işlemler AJAX ile yürütülmektedir. Kullanıcı kesintisiz bir deneyim yaşamakta; yalnızca değişen veri aktarıldığından ağ trafiği ile sunucu yükü de hafiflemektedir. Bu yönüyle AJAX hem kullanıcı deneyimini iyileştirmekte hem de—tezin çevresel savıyla tutarlı biçimde—işlem başına kaynak tüketimini düşürmektedir.

DakİK'in öne çıkan işlevlerinden biri, izin ve rapor sürelerini 4857 sayılı İş Kanunu'na uygun biçimde otomatik hesaplamasıdır. Kullanıcı bir durum türü seçtiğinde sistem, hafta tatili (Pazar) ve resmî tatil günlerinin ilgili izin türü kapsamında olup olmadığını renkli bilgi etiketleriyle bildirmektedir. Bu günler izin süresine dâhilse yeşil, değilse kırmızı etiketle gösterilmektedir (EK A, Şekil A.5 ve A.6). Örneğin ücretli (yıllık) izinde hafta tatili ve resmî tatil günleri izin süresinden düşülmez; bu tarihler yıllık izin hakkından sayılmaz. Ücretsiz izinde ise aynı günler izin süresine dâhil edilir. Sistem, seçilen izin türüne göre bu kuralları otomatik uygulayarak izin bitiş tarihini ve toplam kullanım süresini mevzuata uygun biçimde hesaplamaktadır. Böylece manuel hesaplamadan doğan hata olasılığı belirgin biçimde azalmakta, sürecin mevzuata uygunluğu sistem düzeyinde güvence altına alınmaktadır.

Sistemin bordro doğruluğuna katkı sağlayan bir diğer işlevi, izin dönemleri ay sınırlarını aştığında devreye giren 'Sonraki Aya Sarkma' uyarısıdır. Bir iznin bitiş tarihi içinde

bulunulan ay döneminden sonraki aya sarktığına sistem bu seçeneği otomatik etkinleştirmektedir. Böylece ilgili iznin iki ayrı ücret dönemini etkilediği, merkez insan kaynakları çalışanlarına bildirilmektedir. Ücret tahakkuku her iki dönemin kapsadığı günlere göre doğru yapılmakta ve hatalı maaş hesaplamalarının önüne geçilmektedir. Literatürde benzer elektronik izin yönetim sistemleri, idari verimliliği artıran ve süreçleri sadeleştiren çözümler olarak ele alınmaktadır (Cuarez et al., 2024).

Sistem, bordro doğruluğunu ve süreç güvenliğini artıran başka işlevler de içermektedir. Oluşturulan her durum bildirimi merkez insan kaynakları ofisinin incelemesine sunulmakta; merkez ofis bildirimi onayladığında kayıt bordro hesabında geçerli kabul edilmektedir. İzin planı değiştiğinde—örneğin on günlük izne ayrılan bir çalışanın beş gün sonra işbaşı yapması ya da iznini on yedi güne uzatması—mevcut bildirim bir revize bildirimle güncellenmekte ve merkez ofise revizyon yapıldığına dair ayrı bir bildirim iletilmektedir. Bunun yanında, oluşturulup merkeze bildirilmiş bir formun çıktısı imzalatılırken yırtılma veya ıslanma gibi nedenlerle zarar görürse, 'formu tekrar yazdır' işleviyle yeni bir bildirim oluşturmaya gerek kalmadan aynı belge yeniden bastırılabilir (EK A, Şekil A.7). Mükerrer bildirim riski de bu sayede ortadan kalkmaktadır. Bu işlevler birlikte, sürecin yalnızca dijitalleştirilmesini değil; denetlenebilir, izlenebilir ve hataya dayanıklı biçimde yeniden tasarlanmasını sağlamaktadır.

Sistemin veri tabanı tasarımı, durum bildirimlerini birbiriyle ilişkili tablolar hâlinde tutacak biçimde kurgulanmıştır. Her bildirim kaydı durum türünü, başlangıç tarihini, gün sayısını, ilgili çalışanı ve işletmeyi içermektedir. Çalışan ve işletme bilgileri bordro sisteminden tek kaynaktan alındığından, aynı verinin birden çok yerde tutulmasından doğacak tutarsızlıklar önlenmektedir. Veri bütünlüğü birkaç düzeyde güvence altına alınmaktadır. T.C. kimlik numarasıyla bilgilerin otomatik getirilmesi, ad-soyad ve işletme alanlarının elle hatalı girilmesini engellemektedir. İzin ve rapor sürelerinin 4857 sayılı İş Kanunu'na göre otomatik hesaplanması, hafta tatili ve resmî tatil kurallarının tutarlı uygulanmasını sağlamaktadır. Durum türlerinin kanonik (standartlaştırılmış) sınıflandırılması ise yazım ve etiket farklılıklarından doğacak tutarsızlıkları gidermektedir. Veri güvenliği açısından sisteme erişim yetkilendirilmiş kullanıcı girişiyle sınırlandırılmış, bordro veri tabanına yalnızca salt-okunur erişim verilerek kaynak sistemin bütünlüğü korunmuştur. Kişisel verilerin işlenmesine ilişkin ilkeler ile bu çalışmada uygulanan anonimleştirme ve gizlilik önlemleri Bölüm 3.5'te ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Olası veri kayıplarına karşı veri tabanının

düzenli yedekleri alınmakta olup, bu çalışmadaki analizler de üretim ortamı yerine bu yedek üzerinden yürütülmüştür.

Performans açısından, sayfanın tamamını yenilemeden yalnızca gerekli veriyi aktaran AJAX yaklaşımı ve bordro sistemine yapılan salt-okunur sorgular hem yanıt sürelerini kısaltmakta hem de sunucu yükünü düşürmektedir. Sistem, incelenen dönemde 14 işletme, 2.176 çalışan ve 40.740 bildirim ölçeğindeki veriyi sorunsuz işlemiştir. Ölçeklenebilirlik bakımından merkezî sunucu–tarayıcı (web) mimarisi yeni işletme, lokasyon veya kullanıcıların eklenmesini donanım ve kurulum açısından kolaylaştırmaktadır; gerektiğinde sunucu kaynaklarının artırılmasıyla kapasite genişletilebilir. Bakım ve sürdürülebilirlik açısından, açık kaynaklı bir teknoloji yığınının kullanılması ve sistemin kurum içinde geliştirilmiş olması lisans/abonelik maliyetini ortadan kaldırmaktadır; güncelleme ve hata giderme süreçleri dış bir tedarikçiye bağımlı kalmadan hızla yürütülmektedir. Kullanıcı deneyimi ise tarayıcı üzerinden kurulumuz erişim, T.C. kimlik numarasıyla otomatik bilgi getirme, izin türüne göre uyarlanan formlar ve renkli bilgi etiketleriyle yalın ve hata olasılığı düşük bir akış sunacak biçimde tasarlanmıştır.

Literatürde ve sektörde elektronik izin ve devam yönetimi çözümleri bulunmaktadır (ör. Abubakar et al., 2022; Mahulette et al., 2024). Ancak bu sistemler genellikle iş akışının (talep–onay) sayısallaştırılmasına odaklanmakta; bordro entegrasyonu, mevzuata dayalı otomatik hesaplama ve çevresel etki ölçümü gibi yönlerden sınırlı kalmaktadır. Ticari insan kaynakları paket yazılımları ise çoğunlukla yüksek maliyetli, kapalı kaynaklı ve işletmeye özgü gereksinimlere (tarımsal mevsimsellik, çok lokasyonlu yapı, özel izin türleri) tam uyarlanamayan çözümlerdir. DAKİK'in bu çözümlerden ayrılan başlıca katkıları şunlardır: mevcut Logo Bordro Plus sisteminin MSSQL veri tabanı ile salt-okunur entegrasyon kurarak çift veri girişini ortadan kaldırması ve bordro tutarlılığını sağlaması; 4857 sayılı İş Kanunu'na uygun biçimde hafta tatili, resmî tatil ve aya sarkma kurallarını otomatik uygulayarak belge doğruluğunu güvence altına alması; süreçlerin çevresel etkisini (kâğıt ve kargo kaynaklı karbon) ölçülebilir kılması; ve tarımsal, mevsimsel iş gücü bağlamına özgü olarak araştırmacı tarafından özgün biçimde tasarlanmasıdır.

Sektördeki hazır insan kaynakları yönetim sistemlerinin (İKYS) bu çalışmada tercih edilmemesinin somut gerekçeleri de vardır. Bu yazılımlar çoğunlukla yüksek başlangıç maliyetinin yanı sıra sürekli abonelik (lisans ve bakım) ücretleri gerektirmektedir. Ayrıca

önemli bir bölümü izin ve rapor belgelerini tarayıp görüntü dosyası olarak sakladığından ciddi bir depolama kapasitesi işgaline yol açmakta; bu yönüyle fiziksel kâğıdın yerini, doğrudan sorgulanamayan büyük hacimli 'dijital kâğıt' arşivleri almaktadır. Bir diğer kısıt, yazılımların şirket dışı geliştiriciler tarafından sağlanması nedeniyle sorunların giderilmesinin ve işletmeye özgü uyarılama taleplerinin çoğu zaman gecikmesi; bunun da kuruma bağımlılık ve esneklik kaybı doğurmasıdır. Bu çalışmada ise araştırmacı, sahip olduğu yazılım mimarisi bilgisiyle sistemi kurum içinde (in-house) tasarlayıp geliştirmiştir. Böylece abonelik ve lisans maliyeti ortadan kalkmış, taranmış görüntü biriktirmek yerine yapılandırılmış ve sorgulanabilir veri üretilerek depolama yükü en aza indirilmiş, sorunlar ve yeni gereksinimler dış bir tedarikçiye bağımlı kalmadan hızla çözülebilmüş, sistem tarımsal mevsimsellik ve çok lokasyonlu yapı gibi işletmeye özgü koşullara doğrudan uyarlanabilmiştir.

3.4 Veri Analizi ve Karbon Ayak İzi Hesaplama Modeli

Toplanan verilerin araştırma sorularına yanıt üretebilmesi için sistematik bir analiz çerçevesine tabi tutulması gerekmektedir. Araştırmanın nicel bulguları, DakİK dijital insan kaynakları yönetim sisteminin veri tabanından elde edilen gerçek kayıtlara dayanmaktadır. Bu bölümde, verilerin hazırlanma süreci ile karbon ayak izi ve kaynak tasarrufunun hesaplanmasında izlenen yöntem ve kabuller açıklanmaktadır.

3.4.1 Veri kaynağı ve hazırlanması

Bu çalışmada temel analiz birimi olan durum bildirimi (çalışmama durumu), bir çalışanın herhangi bir nedenle çalışmadığı zaman dilimini belgeleyen kayıttır. DakİK sisteminde bu kayıtlar, 4857 sayılı İş Kanunu ve ilgili mevzuat kapsamındaki izin türleri ile 5510 sayılı Kanun çerçevesinde Sosyal Güvenlik Kurumu'na bildirilen geçici iş göremezlik (rapor) hâllerini bir arada kapsamaktadır. İncelenen dönemde sistemde kayıt altına alınan çalışmama durumu türleri iki ana grupta toplanmaktadır.

İzinler grubu yedi türden oluşmaktadır: (i) denkleştirme izni, (ii) ücretli (yıllık) izin, (iii) ücretsiz izin, (iv) mazeret izni (eğitim veya sağlık), (v) evlilik izni (üç gün), (vi) babalık izni (beş gün) ve (vii) ölüm izni (üç gün).

Raporlar (geçici iş göremezlik) grubu ise üç türü kapsamaktadır: (viii) istirahat (geçici iş göremezlik) raporu, (ix) analık (iş göremezlik) raporu ve (x) iş kazası (iş göremezlik) raporu.

Sayılan on tür, çalışanın çalışmadığı tüm hâllerin tek bir sistematik kayıt yapısı altında belgelenmesini sağlamaktadır. Devamsızlık ayrı bir bildirim türü olarak tutulmamaktadır; çalışanın işe gelmediği günler, yıllık izin hakkı bulunuyorsa tek günlük ücretli (yıllık) izin, bulunmuyorsa tek günlük ücretsiz izin olarak belgelendirilip kayda alınmakta, böylece devamsızlık kaynaklı çalışmama günleri de sayılan türler içinde yer almaktadır. Bu yapı hem yasal yükümlülüklerin (özlük, bordro ve Sosyal Güvenlik Kurumu bildirimleri) yerine getirilmesinde hem de mevsimsel iş gücü planlamasında temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Analizde kullanılan 40.740 durum bildirimi kaydı bu türlerin tamamını içermektedir.

Analizde, sistemin MySQL veri tabanının yedeği salt-okunur olarak kullanılmıştır. Durum bildirimleri, her kaydın durum türünü, başlangıç tarihini, işletme adını ve çalışan kimlik bilgisini içeren ilgili tabloda tutulmaktadır. Veriler, durum türü adlarındaki yazım farklılıkları (etiket, büyük-küçük harf ve ek farklılıkları) birleştirilerek on kanonik tür altında sınıflandırılmıştır. İnceleme dönemi, en erken ve en geç bildirim tarihleri esas alınarak 03.01.2021–13.10.2025 (1.744 gün, yaklaşık 4,8 yıl) olarak belirlenmiştir. Bu dönemde 14 işletmeye ait toplam 40.740 durum bildirimi analiz kapsamına alınmıştır. DakİK 03.01.2021 tarihinde devreye alındığından inceleme dönemi, sistemin kullanıma açıldığı gün başlamakta ve veri çekiminin yapıldığı son bildirim tarihinde sona ermektedir; dolayısıyla analiz edilen 40.740 bildirimin tamamı dijital ortamda üretilmiştir.

3.4.2 Kâğıt kaynaklı emisyonun hesaplanması

Durum bildirimlerinin genel görünümü ortaya konduktan sonra, dijitalleşmenin sağladığı çevresel kazanımlar kâğıt ve kargo bileşenleri üzerinden nicel olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler, aynı bildirimlerin geleneksel süreçle işlenmiş olması durumunda ortaya çıkacak emisyonun karşı-olgusal tahminidir; bu nedenle metin boyunca önlenen emisyon olarak yorumlanmaktadır. Geleneksel süreçte her bildirim için biri kargoyla merkez ofise gönderilen ıslak imzalı asıl nüsha, diğeri işletme arşivinde saklanan fotokopi olmak üzere iki A4 sayfası ($S_{\text{önce}} = 2$) kullanılmaktaydı. DakİK sonrasında bildirimin merkeze iletimi ve arşivlenmesi dijital ortama taşındığından fotokopi nüshaya duyulan ihtiyaç ortadan kalkmış; ıslak imza gerekliliği nedeniyle işletmede özlük dosyasında saklanan tek nüshanın basımı sürmüştür ($S_{\text{sonra}} = 1$). Bu nedenle net kâğıt tasarrufu bildirim başına bir A4 sayfası olarak modellenmiş; dijitalleşmeyle önlenen kâğıt kaynaklı sera gazı salımı ($E_{\text{kâğıt}}$), bildirim

sayısı (N), bildirim başına net sayfa tasarrufu ($S_{\text{önce}} - S_{\text{sonra}}$) ve sayfa başına emisyon faktörü ($f_{\text{kâğıt}}$) ile Denklem 3.1'deki gibi hesaplanmıştır:

$$E_{\text{kâğıt}} = N \times (S_{\text{önce}} - S_{\text{sonra}}) \times f_{\text{kâğıt}} = 40.740 \times (2 - 1) \times 4,7 \text{ g CO}_2\text{e} \approx 191,5 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (3.1)$$

Hesaplamada sayfa başına 4,7 g CO₂e üretim emisyon faktörü esas alınmıştır (Dias and Arroja, 2012) (80 g/m² A4 kâğıt). Kullanılan kâğıt kütlesi (sayfa başına 5 g) yaklaşık 203,7 kg olarak hesaplanmıştır.

3.4.3 Kargo kaynaklı emisyonun hesaplanması

İmzalı asıl formlar, merkez ofis dışındaki 14 lokasyondan merkezî insan kaynakları ofisine haftalık periyotlarla kargoyla iletilirdi. Toplam kargo gönderim sayısı (K), her gönderen lokasyonun aktif kaldığı dönemdeki hafta sayılarının (w_j) toplamından; kargo kaynaklı emisyon (E_{kargo}) ise her lokasyonun gönderimlerine, merkeze karayolu mesafesine (d_j) göre belirlenen mesafe bandı emisyon faktörünün (f_b) uygulanmasıyla Denklem 3.2 ve 3.3'teki gibi hesaplanmıştır:

$$K = \sum w_j = 13 \times 249,14 + 112,29 \approx 3.351 \text{ gönderim} \quad (3.2)$$

$$E_{\text{kargo}} = \sum (w_j \times f_b) \approx 1.871,2 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (3.3)$$

Burada w_j , j lokasyonunun aktif kaldığı dönemdeki hafta sayısını göstermektedir: 14 gönderen lokasyonun 13'ü dönemin tamamında (1.744 gün ÷ 7 = 249,14 hafta) gönderim yaparken, bir lokasyon faaliyetini 28.02.2023 tarihinde sonlandırdığından yalnızca 03.01.2021–28.02.2023 aralığında (786 gün ÷ 7 ≈ 112,29 hafta) gönderim yapmıştır. Bu lokasyon uzun mesafe bandında yer aldığından Denklem 3.3'te uzun bant, dönemin tamamında gönderim yapan altı lokasyon ($6 \times 0,80$) ile kısmi dönem gönderimi yapan bu lokasyon ($112,29 \times 0,80$) olmak üzere iki ayrı terimle yazılmıştır. Merkez ofis alıcı konumundadır ve gönderim üretmemiştir. f_b , lokasyonun merkez ofise karayolu mesafesine (d_j) göre üç mesafe bandından birine atanan gönderim başına emisyon faktörüdür: yakın bant ($d_j < 60$ km; 5 lokasyon) için 0,27 kg, bölgesel bant (60–200 km; 2 lokasyon) için 0,50 kg, uzun bant ($d_j > 200$ km; 7 lokasyon) için 0,80 kg CO₂e uygulanmıştır (Tablo 3.1). Karayolu mesafeleri; her lokasyondan işletmenin anlaşmalı kargo firmasının en yakın şubesine, bu şubeden merkez ofise hizmet veren şubeye ve oradan merkez ofise uzanan fiilî gönderi güzergâhı izlenerek belirlenmiş, ölçümler Google Maps üzerinde ana yollar öncelikli rota seçimiyle yapılmış ve doğrulanmıştır. Merkez ofisi paylaşan iki işletme arasında kargo hareketi bulunmamaktadır. Buna göre $E_{\text{kargo}} = 249,14 \times (5 \times 0,27 + 2 \times 0,50 + 6 \times 0,80) +$

$112,29 \times 0,80 \approx 1.871,2$ kg CO₂e elde edilmektedir. Gönderim başına mesafe-ağırlıklı ortalama faktörün ($1.871,2 \div 3.351 \approx 0,56$ kg CO₂e) literatürdeki 0,27–1,08 kg aralığının alt yarısında kalması, modelin ihtiyatlı niteliğini korumaktadır.

Mesafe bandı emisyon faktörleri, kargo ve posta süreçlerine ilişkin literatür değerleri esas alınarak belirlenmiştir. Yakın bant için kullanılan 0,27 kg CO₂e, Çin ekspres kargo sektörü için gönderi başına ortalama 0,27 kg CO₂e bildiren Kang et al. (2021) çalışmasına dayanan alt çıpadır. Türkiye'de gönderi başına emisyon faktörü raporlayan yayımlanmış bir çalışmaya bu tez kapsamında yapılan taramada rastlanmadığından uluslararası literatürdeki çıpa değerler esas alınmış; filo yapısı ve teslimat yoğunluğu farkları nedeniyle bantlar aralığının alt yarısında tutularak ihtiyatlı davranılmıştır. Bölgesel bant için, literatürdeki 0,27–1,08 kg CO₂e aralığının alt yarısında kalan ihtiyatlı orta senaryo değeri (0,50 kg CO₂e) korunmuştur. Uzun bant için kullanılan 0,80 kg CO₂e ise otonom araç ve robotlarla yapılan son adım (last-mile) teslimatı için 0,17–0,49 kg CO₂e aralığı raporlayan L. Li et al. (2021) bulgusuna şehirlerarası hat taşıma payının eklenmesiyle gerekçelendirilmiş; teslimat zincirinin tamamı için yaklaşık 1,08 kg CO₂e tahmin eden Oliver Wyman (2023) üst çıkasının altında tutulmuştur. Duyarlılık analizinde bant faktörleri alt senaryoda tümü 0,27 kg, üst senaryoda sırasıyla 0,49 / 0,80 / 1,08 kg CO₂e olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1: Mesafe bantlarına göre kargo gönderim sayıları ve önlenen emisyon

Mesafe bandı	Lokasyon	Gönderim	f_b (kg CO ₂ e)	Önlenen emisyon (kg CO ₂ e)
Yakın ($d_j < 60$ km)	5	1.245,7	0,27	336,3
Bölgesel (60–200 km)	2	498,3	0,50	249,1
Uzun ($d_j > 200$ km)	7	1.607,1	0,80	1.285,7
Toplam	14	3.351,1	–	1.871,2

3.4.4 Toplam azaltım ve duyarlılık analizi

Toplam karbon ayak izi azaltımı (E_{toplam}), kâğıt ve kargo kaynaklı azaltımların toplamı olarak Denklem 3.4'teki gibi elde edilmiştir:

$$E_{\text{toplam}} = E_{\text{kâğıt}} + E_{\text{kargo}} \approx 191,5 + 1.871,2 \approx 2.062,7 \text{ kg CO}_2\text{e} (\approx 2,06 \text{ ton}) \quad (3.4)$$

Kâğıt emisyon faktörü ile mesafe bandı emisyon faktörlerine ilişkin belirsizlikler birlikte dikkate alındığında (kâğıt: 4,3–4,7 g CO₂e/sayfa; kargo: Bölüm 3.4.3'te tanımlanan alt ve üst senaryo bant faktörleri), toplam azaltım 1,08–2,94 ton CO₂e aralığında konumlanmaktadır. Kâğıt emisyon faktöründeki değişimin toplam sonuca etkisi yaklaşık %0,8 ile sınırlı kalırken, bant faktörlerindeki belirsizlik sonucu yaklaşık %89 düzeyinde değiştirmektedir; dolayısıyla toplam belirsizlik büyük ölçüde kargo ayağından kaynaklanmaktadır. Bu yöntem, bildirim sayısı dışındaki büyüklüklerin şeffaf kabullerle modellenmesine dayandığından, farklı işletme koşulları için yeniden hesaplanabilir niteliktedir.

3.4.5 Kabuller ve sınırlılıklar

Hesaplama modeli şu kabullere dayanmaktadır. Geleneksel süreçte her bildirim, biri kargoyla merkez ofise gönderilen ıslak imzalı asıl, diğeri işletme arşivinde saklanan fotokopi olmak üzere iki A4 sayfası üretmekteydi. Resmî kurum raporlarında da çalışanın ibraz ettiği rapor ekine dayanılarak form düzenlendiğinden bu yapı tüm bildirim türleri için geçerlidir. DakİK sonrasında rapor ekleri sisteme dijital olarak yüklenmekte, ıslak imza gerekliliği nedeniyle yalnızca tek nüsha basılarak işletmede özlük dosyasında saklanmaktadır; net kâğıt tasarrufu bildirim başına bir sayfadır. Kargo gönderimleri, merkez ofis dışındaki her lokasyondan haftada bir dosya kargosu olarak gerçekleşmekte; faaliyetini 28.02.2023'te sonlandıran lokasyon yalnızca aktif kaldığı dönem için hesaba katılmaktadır. Her gönderim, ağırlığı 1 kg'ın altında kalan tek bir A4 dosyadan oluşmakta; bant faktörleri gönderi başına tanımlandığından dosya ağırlığı modele ayrı bir parametre olarak girmemektedir. 1 kg altı gönderi kabulü, Oliver Wyman (2023) tarafından 1 kg'lık standart gönderi için raporlanan üst çıpayla da uyumludur. Gönderim başına emisyon faktörleri, lokasyonların merkez ofise karayolu mesafelerine göre üç mesafe bandında, literatürdeki çıpa değerler esas alınarak atanmıştır. Model, dijital sistemin kendi enerji tüketimi ve donanım kaynaklı dolaylı emisyonlarını ayrıntılı biçimde içermemekte; ağırlıklı olarak demateryalizasyon kaynaklı doğrudan tasarruflara odaklanmaktadır. Sistemin barındırıldığı sunucunun enerji tüketimi bu modele dâhil edilmemiştir. Tahsis edilen sunucu kaynakları üzerinden yapılan bir büyüklük mertebesi denemesi, inceleme dönemi için yaklaşık 0,1–0,3 ton CO₂e'lik bir tüketime işaret etmekte; ancak barındırma panelinde gözlenen kullanım oranı düşük olmakla birlikte inceleme döneminin tamamına ilişkin kullanım verisi ve barındırma altyapısının verimlilik değeri bulunmadığından bu değer nicel bir bulgu olarak sunulmamaktadır. Kâğıt ayağında yalnızca sayfanın üretim aşaması hesaba katılmış; önlenen fotokopi nüshanın dosyalanması, fiziksel olarak arşivlenmesi ve kullanım sonrası aşaması modele dâhil edilmemiştir. İşletme

uygulamasında özlük belgeleri, çalışanın işten ayrılmasının ardından yasal saklama yükümlülüğü gereği on yıl süreyle arşivde tutulmakta, sürenin sonunda geri dönüşüm firmasına teslim edilerek imha edilmektedir. Geleneksel süreçte önlenen nüsha için de bu dosyalama ve arşivleme yükü doğacağından söz konusu dışlama, toplam azaltımı olduğundan düşük gösteren yönde işlemekte; kullanım sonrası aşamanın yönü ve büyüklüğü ise bu çalışmada nicelleştirilmemiştir. Gönderim sayısı (K), kargo firması kayıtlarından değil haftalık gönderim kabulünden türetildiğinden model temelli bir tahmindir. Düşük sezonda bazı haftalarda gönderi yapılmamış olması durumunda bu değer bir miktar yüksek, aynı hafta içinde birden fazla gönderi yapılmış olması durumunda ise düşük kalacaktır. Bu nedenle kargo ayağına ilişkin sonuçlar tek bir nokta değer olarak değil, duyarlılık aralığıyla birlikte değerlendirilmelidir. Bu kabullerin bir bölümü — bildirim başına tek sayfa net tasarruf, literatür aralığının alt yarısında kalan bant faktörleri ve dosyalama ile arşivleme yükünün sayılmaması — azaltımı olduğundan düşük, sunucu enerjisinin kapsam dışı bırakılması ise olduğundan yüksek gösteren yönde işlemektedir; bulgular bu iki yönlü belirsizlikle birlikte yorumlanmalıdır.

3.4.6 Verilerin doğruluğu, geçerliği ve güvenilirliği

Bulguların doğruluğu ve güvenilirliği çeşitli yöntemsel önlemlerle güvence altına alınmıştır. İlk olarak, analiz örneklem yerine tam sayıma dayanmaktadır: inceleme döneminde sisteme kaydedilen 40.740 durum bildiriminin tamamı değerlendirmeye alınmış, böylece örneklemeden doğabilecek yanlılık ortadan kaldırılmıştır. İkinci olarak, veriler gerçek bir üretim sisteminin veri tabanı yedeğinden salt-okunur biçimde alınmış, üzerinde değişiklik yapılmadığından kaynağa sadakat korunmuştur. Üçüncü olarak, kayıtların doğruluğu sistemin kendi tasarımıyla desteklenmektedir: T.C. kimlik numarasıyla otomatik bilgi getirme ve mevzuata dayalı otomatik süre hesaplaması, elle giriş ve hesaplama hatalarını en aza indirmektedir. Dördüncü olarak, durum türlerindeki yazım ve etiket farklılıkları on kanonik tür altında birleştirilerek sınıflandırma tutarlılığı sağlanmıştır. Sonuçların sağlamlığı ise şeffaf kabuller ve duyarlılık analiziyle gösterilmiştir; mesafe bandı emisyon faktörlerindeki belirsizlik dikkate alınarak toplam azaltım tek bir nokta değer yerine 1,08–2,94 ton CO₂e aralığında sunulmuş ve sonuçlar bu aralıkla birlikte yorumlanmıştır. Son olarak; hesaplama yöntemi, kullanılan denklemler ve emisyon faktörleri açıkça raporlandığından çalışma, farklı işletme koşulları için yeniden hesaplanabilir ve yinelenabilir niteliktedir.

3.5 Etik Hususlar ve Veri Gizliliği

Çalışmada kullanılan veriler, işletme yönetiminden alınan izinle DakİK sisteminin veri tabanı yedeğinden elde edilmiştir. Araştırma, insan katılımcılar üzerinde anket, ölçek veya deney gibi bir veri toplama aracı ya da müdahale içermemekte; kurumsal işleyiş gereği hâlihazırda oluşmuş kayıtların geriye dönük ikincil analizine dayanmaktadır. Bu nedenle ayrı bir etik kurul başvurusu yapılmamıştır.

Kişisel verilerin işlenmesinde 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'nun (KVKK) ilkeleri gözetilmiştir. Analiz öncesinde çalışanlara ait T.C. kimlik numarası ve ad-soyad alanları anonimleştirilmiş; çalışmanın hiçbir aşamasında kimliği belirli veya belirlenebilir kişilere ilişkin bilgi kullanılmamış ve raporlanmamıştır. Bulgular yalnızca durum türü, tarih ve lokasyon düzeyinde toplulaştırılarak sunulmuştur.

İşletmenin operasyonel sürekliliğini ve veri bütünlüğünü korumak amacıyla analizler üretim ortamı yerine veri tabanının salt-okunur yedeği üzerinde yürütölmüştür. Ticari gizlilik gözetilerek grubun ve bağlı işletmelerin ticari unvanları ile lokasyon adresleri çalışmada açıklanmamış; vaka yalnızca sektörel ve coğrafi nitelikleriyle tanımlanmıştır. Aynı gerekçeyle mesafe hesaplarında lokasyonlar il ve mesafe bandı bilgisiyle anılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, incelenen tarımsal üretim grubu bünyesinde geliştirilen DakİK dijital insan kaynakları yönetim sisteminden elde edilen gerçek kayıtlar değerlendirilmektedir. Analiz, ilk ve son durum bildirim kayıtları arasındaki dönemi kapsamaktadır (03.01.2021–13.10.2025; 1.744 gün, yaklaşık 4,8 yıl). İncelenen dönemde sisteme 14 işletmeden toplam 40.740 durum bildirim kaydedilmiş, bu bildirimler 2.176 farklı çalışanı kapsamıştır. Bulgular, Giriş bölümünde ortaya konan araştırma sorularıyla eşleştirilerek sunulmaktadır: AS1 kapsamındaki çevresel kazanımlar 4.2–4.4'te, AS2 kapsamındaki süreç hızı ve doğruluk kazanımları 4.5'te, AS3 kapsamındaki mevsimsel izlenebilirlik 4.1 ve 4.5'te, AS4 kapsamındaki şeffaflık ve denetlenebilirlik kazanımları ise 4.5 ve 4.7'de ele alınmaktadır. Kullanıcı değerlendirmelerine dayanan nitel bulgular 4.6'da sunulmaktadır.

4.1 Durum Bildirimlerinin Genel Görünümü

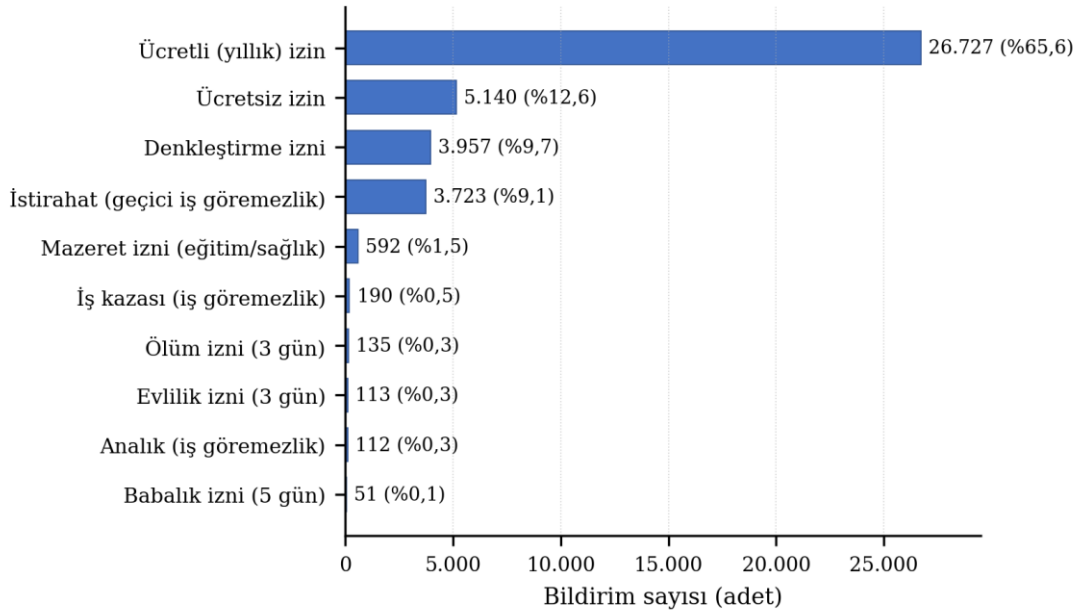
İncelenen dönemde kaydedilen 40.740 bildirimin türlere göre dağılımı Tablo 4.1'de sunulmuş, aynı dağılım Şekil 4.1'de görsel olarak da gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Durum bildirimlerinin türlere göre dağılımı (03.01.2021–13.10.2025)

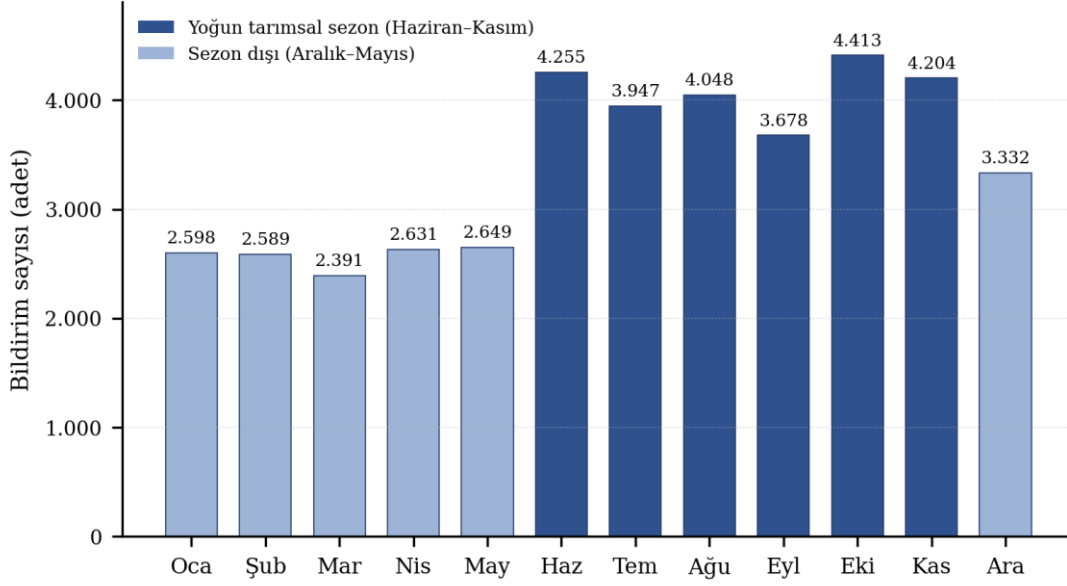
Durum Türü	Adet	Pay (%)
Ücretli (Yıllık) İzin	26.727	65,6
Ücretsiz İzin	5.140	12,6
Denkleştirme İzni	3.957	9,7
İstirahat (Geçici İş Göremezlik) Raporu	3.723	9,1
Mazeret İzni (Eğitim veya Sağlık)	592	1,5
İş Kazası (İş Göremezlik) Raporu	190	0,5
Ölüm İzni (3 Gün)	135	0,3
Evlilik İzni (3 Gün)	113	0,3
Analık (İş Göremezlik) Raporu	112	0,3
Babalık İzni (5 Gün)	51	0,1

Dağılıma göre durum bildirimlerinin büyük bölümünü izin türleri oluşturmaktadır. Bunların başında ücretli (yıllık) izin (%65,6), ücretsiz izin (%12,6) ve denkleştirme izni (%9,7) gelmektedir. İstirahat (geçici iş göremezlik) raporu %9,1 ile dördüncü en yüksek kalemdir. Bunları 592 bildirimle (%1,5) mazeret izni (eğitim veya sağlık) izlemektedir. İş kazası ve analık raporları ile ölüm, evlilik ve babalık izinleri ise toplam 601 bildirimle (%1,5) görece düşük bir paya sahiptir. Bildirimlerin aylara göre dağılımı Şekil 4.2'de sunulmaktadır. Bu

dağılım, tarihi okunabilen 40.740 bildirimin 40.735'ini kapsamakta olup tarih bilgisi eksik veya hatalı olan beş kayıt grafik dışında tutulmuştur. Buna göre bildirim sayısı, tarımsal üretimin yoğunlaştığı Haziran–Kasım döneminde belirgin biçimde artmakta, Aralık–Mayıs aylarında ise görece olarak azalmaktadır. Aralık ayı, yıl sonu izin kullanımının yoğunlaşması nedeniyle sezon dışı aylar içinde görece yüksek bir değer gösterse de asıl üretim yoğunluğunun yaşandığı Haziran–Kasım dönemine kıyasla belirgin biçimde düşük kalmaktadır. Bu mevsimsel örüntü, sıcaklıkların yükseldiği dönemde çalışanların yıllık izin talebinin artması ve üretimin yavaşladığı dönemlerde işletmenin çalışanları izne yönlendirmesiyle açıklanmaktadır; örüntünün sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenleriyle istatistiksel ilişkisi bu çalışmada test edilmemiştir. Bulgu, dijital sistemin bu dalgalanmayı gün, ay ve yıl bazında ölçülebilir kıldığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1: Durum bildirimlerinin türlere göre dağılımı



Şekil 4.2: Durum bildirimlerinin aylara göre dağılımı (2021–2025)

4.2 Kâğıt ve Kırtasiye Tasarrufu

Geleneksel süreçte her bildirim, ıslak imzalı asıl ve arşiv fotokopisi olmak üzere iki A4 sayfası gerektirmekteydi. Dijitalleşmeyle 40.740 bildirimin tamamı sistem üzerinden oluşturulmuş; ıslak imza gerekliliği nedeniyle tek nüshanın basımı sürerken fotokopi nüshaya duyulan ihtiyaç ortadan kalkmış, böylece bildirim başına bir sayfa olmak üzere toplam 40.740 A4 sayfasının (yaklaşık 203,7 kg kâğıt) kullanımı önlenmiştir. Sayfa başına yaklaşık 4,7 g CO₂e değeri esas alındığında bu, 191,5 kg CO₂e azaltıma karşılık gelmektedir (Dias and Arroja, 2012).

4.3 Kargo Kaynaklı Karbon Azaltımı

Merkez ofis dışındaki 14 lokasyon, imzalı asıl formları haftalık periyotlarla merkeze kargolamaktaydı. Lokasyonların aktif dönemleri dikkate alındığında bu, dönem için yaklaşık 3.351 kargo gönderimine karşılık gelmektedir. Gönderimlere, lokasyonların merkeze karayolu mesafelerine göre 0,27–0,80 kg CO₂e aralığındaki mesafe bandı faktörleri uygulandığında, kargo süreçlerinin ortadan kalkması yaklaşık 1.871,2 kg CO₂e azaltım sağlamıştır. Gönderimlerin %48'ini oluşturan uzun mesafe bandındaki ($d_j > 200$ km) yedi lokasyon, kargo kaynaklı azaltımın yaklaşık %69'unu üretmektedir; bu dağılım, coğrafi dağınıklığın çevresel maliyetini ve dijitalleşmenin en yüksek kazanımı uzak lokasyonlarda sağladığını göstermektedir.

4.4 Toplam Karbon Ayak İzi Azaltımı

Kâğıt ve kargo kaynaklı azaltımların toplamı yaklaşık 2,06 ton CO₂e olup duyarlılık analizi bu değeri 1,08–2,94 ton CO₂e aralığında konumlandırmaktadır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Dijitalleşmenin sağladığı tahminî karbon ayak izi azaltımı

Kaynak	Tahminî azaltım (kg CO ₂ e)
Kâğıt (üretim)	191,5
Kargo (mesafe bantlı model)	1.871,2
Toplam	≈ 2.062,7 (2,06 ton)

4.5 İlave Bulgular: Doğruluk, Yasal Uyum ve Mevsimsel İzlenebilirlik

Otomatik veri getirme işlevi, personel işleri sorumlularının form alanlarına veri girerken harcadığı süreyi azaltmıştır. Bilgisayar kullanım süresinin kısalmasının uç birim enerji tüketimini azaltabileceği değerlendirilmekle birlikte bu etki çalışma kapsamında ölçülmemiştir; süreç açısından ise bildirimlerin daha kısa sürede ve daha düşük hata olasılığıyla yapılabildiği bir iş yönetim akışı oluşmuştur.

Sistem, resmî tatil ve hafta tatili günlerinin belirli izin türlerinde izin gününden sayılmaması kuralını mevzuata uygun biçimde otomatik olarak uygulamaktadır. Örneğin cuma günü üç günlük yıllık izne ayrılan bir çalışanın hafta tatili olan pazar gününün yıllık izninden düşülmesine sistem izin vermemekte, böylece çalışanın yıllık izin hakkının yanlış kullanılmasının önüne geçilmektedir. Bu işlev, izin hesaplamalarındaki insan kaynaklı hataları azaltarak işçi haklarının doğru biçimde korunmasını sağlamıştır. Sürecin bu yönünün, çalışanların hak kayıplarından doğabilecek iş uyuşmazlıklarının azalmasına katkıda bulunduğu değerlendirilmektedir.

Ayrıca çalışanların izin hak ediş ve kalan izin bilgilerini sistem üzerinden görüntüleyebilmesi, sürecin şeffaflığını artırmış ve hatasız işleyişini desteklemiştir. Böylece dijitalleşme, çevresel kazanımların yanında doğruluk, yasal uyum ve kurumsal şeffaflık boyutlarıyla bütünleşik bir değer üretmiştir.

Araştırma sorularından AS3 kapsamında, dijital ve zaman damgalı veri akışının mevsimsel iş gücü dalgalanmalarının yönetimine katkısı gözlemlenmiştir. Bildirimlerin aylara göre dağılımı (Şekil 4.2), kayıtların tarımsal üretimin yoğunlaştığı Haziran–Kasım döneminde

belirgin biçimde arttığını, aralık–mayıs aylarında ise görece olarak azaldığını ortaya koymaktadır. Geleneksel kâğıt temelli süreçlerde bu kayıtlar dağınık ve gecikmeli biçimde tutulduğundan mevsimsel örüntü nicel olarak çözümlenemiyordu. DakİK sisteminin gün, ay ve yıl bazında ölçülebilir veri üretmesi ise dönemsel iş gücü ihtiyacının öngörülmesini ve denetlenmesini mümkün kılmıştır. Bu bulgu, dijitalleşmenin çevresel ve idari kazanımların ötesinde, mevsimsel iş gücü oynaklığının yönetiminde de stratejik bir karar-destek işlevi gördüğünü göstermektedir; bu oynaklığın iklim değişkenleriyle ilişkilendirilmesi gelecek çalışmalara bırakılmıştır.

4.6 Nitel Bulgular: Kullanıcı Değerlendirmeleri

Sistemin kullanıcılarından alınan nitel geri bildirimler de bu kazanımları desteklemektedir. Personel işleri sorumluları ve merkez insan kaynakları çalışanlarıyla yürütülen iş toplantılarında kullanıcılar, bildirimlerin anında merkeze ulaşmasının iş ve takip yükünü azalttığını, otomatik kuralların hatalı doldurmayı önleyerek güven verdiğini, onay ve revize işlevlerinin ise süreci şeffaflaştırdığını ifade etmiştir. Bazı çalışanların kalan yıllık izinlerini sistem üzerinden takip edebilmesi de çalışan memnuniyetini artıran bir unsur olarak öne çıkmıştır. Yapılandırılmamış ve betimsel nitelikteki bu geri bildirimler, nicel bulgularla birlikte değerlendirildiğinde dijitalleşmenin ölçülebilir çevresel ve idari kazanımların yanında kullanıcı deneyimi ve kurumsal güven açısından da olumlu etkiler ürettiğine işaret etmektedir.

4.7 Bulguların Literatür Işığında Tartışılması

Elde edilen bulgular, idari ve insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinin ölçülebilir bir çevresel kazanım sağladığını gösteren literatürle tutarlıdır. Bu çalışmada hesaplanan yaklaşık 2,06 ton CO₂e'lik azaltım, bir belge veya sürecin dijitalleştirilmesinin karbon etkisini ölçen çalışmalarla aynı yöndedir. Krishnan and Subramanian (2015) bir belge yönetim sisteminin günlük yaklaşık 1.400 kg CO₂e tasarruf sağladığını, Duval and Hardy (2021) kâğıtsız bir işlemin yaklaşık 1,5 ağaç eş değeri tasarruf ürettiğini, Shah et al. (2019) ise ofis kâğıdı tüketiminin baskı tercihleriyle %44,8 oranında azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmalar farklı kurum ölçekleri, süreç hacimleri ve zaman tabanları için raporlandığından mutlak değerler doğrudan karşılaştırılabilir değildir; buradaki karşılaştırma etkinin yönü ve mekanizmasıyla sınırlıdır. Bu çalışmanın ayırt edici katkısı, söz konusu kazanımı tarımsal ve mevsimsel bir bağlamda, kâğıt ile kargo ayaklarını birlikte ele alarak ölçmesidir. Süreç verimliliği ve iş yükü azalmasına ilişkin bulgular, elektronik

izin ve devam sistemlerinin idari verimliliği artırdığını raporlayan Abubakar et al. (2022) ve Mahulette et al. (2024) bulgularıyla uyumludur. Ulaşım ayağındaki kazanım ise tek bir işletmenin gerçek verisiyle ulaşım kaynaklı emisyon azaltımını gösteren Beño (2021) ile örtüşmektedir. Kuramsal düzeyde bulgular, dijital dönüşümün teknoloji-örgüt-çevre etkileşimiyle biçimlendiğini öngören TOE çerçevesi ve kâğıtsız iş akışlarının çevreci davranış fırsatını somutlaştırdığını ileri süren AMO temelli yeşil insan kaynakları yaklaşımıyla uyum içindedir. Bununla birlikte, Santarius et al. (2020) ve Dwivedi et al. (2022) tarafından vurgulanan geri tepme (rebound) etkisi ile dijital altyapının kendi ayak izi bu çalışmanın kapsamı dışında bırakıldığından, raporlanan azaltım bu iki kalem bakımından üst sınır niteliğindedir; buna karşılık kâğıt ve kargo ayaklarında benimsenen ihtiyatlı kabuller (bildirim başına tek sayfa net tasarruf ve literatür aralığının alt yarısında kalan bant faktörleri) ters yönde işlemektedir. Sektörel bir değerlendirme olan Basware (2018), kâğıt faturadan elektronik faturaya geçişte gözlenen yaklaşık %36'lık emisyon azaltımının büyük ölçüde belgeleri işleyen personel sayısının ve buna bağlı ulaşım emisyonlarının düşmesinden kaynaklandığını hesaplamaktadır. Burada kurulan model, personel ve ulaşım kaynaklı bu dolaylı kazanımları kapsamadığından, raporlanan azaltım bu yönüyle gerçek faydanın alt sınırında kalmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tarımsal üretimde iklim değişikliği ile mücadele bağlamında insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesinin çevresel ve kurumsal etkileri, gerçek bir işletme verisi üzerinden incelenmiştir. Türkiye'nin altı ilinde on beş fiziksel lokasyonda (merkez ofis ile on dört gönderen lokasyon) ve on dört ayrı SGK sicil numarasına sahip işletmeden oluşan bir tarımsal üretim grubu bünyesinde geliştirilen DakİK dijital insan kaynakları yönetim sisteminden elde edilen ve 03.01.2021–13.10.2025 dönemini kapsayan 40.740 durum bildirimi kaydı analiz edilmiştir.

Bulgular, izin, rapor ve devamsızlık süreçlerinin dijitalleştirilmesinin ölçülebilir bir çevresel kazanım sağladığını ortaya koymaktadır. İncelenen dönemde, eş değer sayıda A4 sayfasının (yaklaşık 203,7 kg kâğıt) üretimi ve merkez ofis dışındaki 14 lokasyondan merkeze yapılan yaklaşık 3.351 kargo gönderimi önlenmiştir. Bu kazanımlar, kâğıt ve kargo kaynaklı yaklaşık 2,06 ton CO₂ eşdeğeri (duyarlılık aralığı 1,08–2,94 ton) sera gazı azaltımına karşılık gelmektedir. Bu toplamın yaklaşık 191,5 kilogramı kâğıt üretiminden, 1.871 kilogramı ise kargo süreçlerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesiyle elde edilmiştir. Hesaplanan azaltım, Sera Gazı Protokolü çerçevesinde büyük ölçüde Kapsam 3 altında değerlendirilmekte ve literatürde demateryalizasyonun karbon ayak izini azaltıcı etkisine ilişkin bulgularla uyum göstermektedir (Dias and Arroja, 2012; Mondéjar et al., 2021).

Çevresel kazanımların yanında dijitalleşme, süreç verimliliği ve doğruluk açısından da iyileşme sağlamıştır. Formların sistem üzerinden otomatik doldurulması ve izin haklarının mevzuata göre otomatik hesaplanması belge doğruluğunu artırmıştır. Verilerin bordro sistemine zamanında aktarılması ise ay sonu ücret tahakkuklarındaki hataların önlenmesine katkıda bulunmuştur. Resmî tatil ve hafta tatili günlerinin izin hesabına otomatik yansıtılması, çalışanların yasal izin haklarının korunmasını sağlamış; bu güvencenin iş uyuşmazlıklarını azalttığı değerlendirilmektedir. Çalışanların izin bilgilerini sistem üzerinden görüntüleyebilmesi de sürece şeffaflık kazandırmıştır.

Sistemin tarih damgalı veri akışı, mevsimsel iş gücü dalgalanmalarının gün, hafta, ay ve yıl bazında izlenebilir ve ölçülebilir hâle gelmesini sağlamıştır. Bu dalgalanmaların sıcaklık ve yağış gibi iklim değişkenleriyle istatistiksel ilişkisi bu çalışmada test edilmemiş olup ilgili çözümleme gelecek çalışmalara bırakılmıştır. Böylece dönemsel iş gücü ihtiyacındaki

değişimler kuruma görünür kılınmış, iş gücü planlamasında öngörü ve denetlenebilirlik artmıştır. Elde edilen bulgular, kavramsal çerçevede ele alınan Teknoloji–Örgüt–Çevre (TOE) ve Yetenek-Motivasyon-Fırsat (AMO) yaklaşımlarıyla da tutarlıdır. Dijital sistemin sağladığı kâğıtsız iş akışları, AMO çerçevesindeki fırsat boyutunu somutlaştırarak çalışanların çevreci davranışlarını günlük rutine taşımış, dijital dönüşüm ise teknoloji, örgüt ve çevre boyutlarının etkileşimiyle biçimlenen bütüncül bir süreç olarak gerçekleşmiştir. Nitekim bildirimlerin aylara göre dağılımı, iş gücü hareketliliğinin tarımsal üretimin yoğunlaştığı Haziran–Kasım döneminde belirgin biçimde arttığını ortaya koymuş, bu mevsimsel örüntünün ölçülebilir kılınması AS3 kapsamında dijital veri akışının somut katkısını göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, insan kaynakları süreçlerinin dijitalleştirilmesi operasyonel bir verimlilik aracı olmanın ötesinde, tarımsal üretimde iklim değişikliği ile mücadelede çevresel, ekonomik ve kurumsal boyutları bir arada gözeten ölçülebilir bir araç niteliği taşımaktadır. Çalışma bu yönüyle, insan kaynakları dijitalleşmesini çevre mühendisliği perspektifinden karbon azaltımıyla ilişkilendiren ve tarımsal bağlamda nicel olarak ölçen özgün bir katkı sunmaktadır.

Kuramsal düzeyde değerlendirildiğinde, çalışmanın literatüre kazandırdığı başlıca katkı, dijitalleşme ile karbon azaltımı arasında kurulan bu ilişkiyi tarımsal üretim bağlamında gerçek işletme verisiyle nicel olarak ölçen bir vaka sunmasıdır. Uygulama düzeyinde ise sistem birden çok alanda somut iyileşme sağlamıştır. İzin–rapor–devamsızlık süreçlerinde elle veri girişi, fotokopi, kargolama ve merkezde fiziksel arşivleme adımlarını ortadan kaldırarak personel işleri ekiplerinin iş yükünü azaltmıştır. Otomatik hesaplama ve bordro entegrasyonu ile ay sonu ücret tahakkuklarında hata riskini azaltarak belge doğruluğunu desteklemiş, tarih damgalı veriyle süreçleri şeffaf ve denetlenebilir kılmıştır. Bu kazanımlar, yaklaşık 2,06 ton CO₂e'lik çevresel azaltımla birlikte, dijitalleşmenin çevresel ve kurumsal faydalarının birbirini karşılıklı olarak güçlendirdiğini göstermektedir.

5.1 Öneriler

Aşağıda, elde edilen bulgulardan hareketle önce benzer nitelikteki tarımsal üretim işletmelerine, ardından politika yapıcılara yönelik öneriler sunulmaktadır.

5.1.1 Kurumsal ve sektörel öneriler

İncelenen uygulamanın sağladığı kazanımlar dikkate alındığında, coğrafi olarak dağınık ve mevsimsel iş gücü yoğun çalışan tarımsal işletmelerin izin, rapor ve devamsızlık süreçlerini öncelikli olarak dijitalleştirmeleri önerilmektedir. Dijital sistemin işe alım, eğitim ve performans gibi diğer insan kaynakları süreçlerini de kapsayacak biçimde genişletilmesi, çevresel ve operasyonel kazanımları artırabilecektir. Sistemin mobil uygulama ile bütünleştirilmesi, sahadaki çalışanlara erişimi kolaylaştırarak benimsemeyi güçlendirebilir.

5.1.2 Politika yapıcılara yönelik öneriler

Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'nin Yeşil Mutabakat Eylem Planı hedefleri çerçevesinde, tarım işletmelerinde idari süreçlerin dijitalleştirilmesine yönelik teşvik ve destek mekanizmalarının geliştirilmesi önerilmektedir. Özellikle küçük ve orta ölçekli tarımsal işletmelerin dijital altyapı maliyetlerini karşılamaya yönelik destekler, sektörel ölçekte karbon azaltımına katkı sağlayabilir.

5.2 Araştırmanın Sınırlılıkları ve Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmanın bulguları tek bir işletmeye ait vaka verisine dayandığından, sonuçların genellenmesinde ihtiyatlı olunmalıdır. Karbon hesabı, demateryalizasyon kaynaklı doğrudan tasarruflara odaklanmış olup dijital sistemin kendi enerji tüketimi ve donanım kaynaklı dolaylı emisyonları ile geri tepme (rebound) etkisini ayrıntılı biçimde içermemektedir. Mesafe bandı emisyon faktörlerine ilişkin belirsizlik ise sonuçların bir aralık olarak sunulmasını gerektirmiştir. Araştırmacının aynı zamanda DakİK sisteminin geliştiricisi ve kullanıcı ekibin bir üyesi olması, özellikle nitel değerlendirmelerde yanlılık riski taşımaktadır. Bu riski sınırlamak amacıyla nicel bulgular sistem kayıtlarından tam sayımla ve salt-okunur yedek üzerinden üretilmiş; kullanıcı geri bildirimleri ise bağımsız bir gözlemciyle doğrulanmadığından yalnızca betimsel ve destekleyici nitelikte sunulmuştur. Ayrıca çalışan şikâyetleri, iş uyumsuzlukları, bordro hata oranı ve uç birim enerji tüketimi gibi değişkenler için sistematik bir ölçüm yapılmamıştır; bu değişkenlere ilişkin ifadeler ölçüm sonucu değil, süreç tasarımı dayanan çıkarımlardır. Gelecek çalışmalarda farklı tarımsal işletmeleri kapsayan karşılaştırmalı analizlerin yapılması, dijital altyapının yaşam döngüsü temelli tam bir değerlendirmeye dâhil edilmesi ve net çevresel dengenin daha kapsamlı biçimde modellenmesi önerilmektedir (Dwivedi et al., 2022).

Sistem düzeyinde ise çeşitli geliştirme olanakları bulunmaktadır. DakİK'in kapsamının işe alım, eğitim ve performans değerlendirme gibi diğer insan kaynakları işlevlerini de içerecek biçimde genişletilmesi, mobil uygulama ve anlık bildirim desteğiyle sahadaki çalışanlara erişimin kolaylaştırılması, ıslak imza ihtiyacını tümüyle ortadan kaldıracak güvenli elektronik imza (e-imza) entegrasyonunun eklenmesi öngörülmektedir. Bunların yanında, geçmiş bildirim verileri üzerinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı çözümlemelerle mevsimsel iş gücü ihtiyacının önceden tahmin edilmesi, bu tahminlerin iklim verileriyle ilişkilendirilerek erken planlamaya dönüştürülmesi ve yukarıda belirtilen yaşam döngüsü temelli değerlendirme sistemin kendi dijital altyapısına uygulanarak net çevresel dengenin daha bütüncül modellenmesi, gelecek çalışmalar için verimli araştırma alanları sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbass, K., Qasim, M. Z., and Song, H. (2022).** A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559.
- Abubakar, A., Mishra, A., and Badeggi, A. Y. (2022).** USSD system for monitoring and management of employee leave in higher educational institution, *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 14(1), 37–45.
- Avrupa Komisyonu (2019).** The European Green Deal (COM/2019/640 final), Avrupa Komisyonu, Brussels.
- Avrupa Komisyonu (2020).** A Farm to Fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system (COM/2020/381 final), Avrupa Komisyonu, Brussels.
- Bag, S., Dhamija, P., Pretorius, J. H. C., Chowdhury, A. H., and Giannakis, M. (2022).** Sustainable electronic human resource management systems and firm performance: An empirical study, *International Journal of Manpower*, 43(1), 32–51.
- Basso, B. and Antle, J. (2020).** Digital agriculture to design sustainable agricultural systems, *Nature Sustainability*, 3(4), 254–256.
- Basware (2018).** Scoping study into the carbon impact of electronic invoicing, Basware Corporation, Espoo.
- Beño, M. (2021).** Face-to-display working: Decarbonisation potential of not commuting to work before Covid-19 and during and after lockdowns, *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 10(3), 17.
- Bondarouk, T., Parry, E., and Furtmueller, E. (2017).** Electronic HRM: Four decades of research on adoption and consequences, *The International Journal of Human Resource Management*, 28(1), 98–131.
- Creswell, J. W. and Plano Clark, V. L. (2018).** Designing and conducting mixed methods research (3. baskı), SAGE Publications, Thousand Oaks, 520.
- Cuarez, R. O., Pulido, C. M. G., Deligero, R., and Novicio, C. (2024).** Streamlining human resource leave management system, *2024 Global Conference on Communications and Information Technologies (GCCIT)*, 1–6.
- Dasgupta, S. and Robinson, E. J. Z. (2023).** The labour force in a changing climate: Research and policy needs, *PLOS Climate*, 2(1), e0000131.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dias, A. C. and Arroja, L. (2012).** Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper, *Journal of Cleaner Production*, 24, 30–35.
- Dumont, J., Shen, J., and Deng, X. (2017).** Effects of green HRM practices on employee workplace green behavior: The role of psychological green climate and employee green values, *Human Resource Management*, 56(4), 613–627.
- Duval, Y. and Hardy, S. (2021).** Climate change and trade facilitation: Estimating greenhouse gas emission savings from implementation of cross-border paperless trade in Asia and the Pacific, *Journal of Asian Economic Integration*, 3(2), 190–210.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., and Kar, A. K. (2022).** Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action, *International Journal of Information Management*, 63, 102456.
- Faisal, S. (2023).** Green human resource management—A synthesis, *Sustainability*, 15(3), 2259.
- Faskhutdinova, M. S., Amirova, E. F., Safiullin, I., and Ibragimov, L. (2020).** Human resources in the context of digitalization of agriculture, *BIO Web of Conferences*, 27, 00020.
- Fındıklı, M. A. ve Bayarçelik, E. B. (2015).** Exploring the outcomes of electronic human resource management (e-HRM)?, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 424–431.
- GHG Protocol (2015).** The Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard (gözden geçirilmiş baskı), World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, Washington, DC.
- ILO (2019).** Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work, International Labour Office, Geneva.
- IPCC (2022).** Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability (Working Group II'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'na katkısı), Cambridge University Press, Cambridge.
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., and Turner, L. A. (2007).** Toward a definition of mixed methods research, *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kang, P., Song, G., Xu, M., Miller, T. R., Wang, H., Zhang, H., Liu, G., Zhou, Y., Ren, J., Zhong, R., and Duan, H. (2021).** Low-carbon pathways for the booming express delivery sector in China, *Nature Communications*, 12, 450.
- Krishnan, S. and Subramanian, N. (2015).** Evaluating carbon-reducing impact of document management systems, *2015 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)*, 88–94.
- Li, L., He, X., Keoleian, G. A., Kim, H. C., De Kleine, R., Wallington, T. J., and Kemp, N. J. (2021).** Life cycle greenhouse gas emissions for last-mile parcel delivery by automated vehicles and robots, *Environmental Science & Technology*, 55(16), 11360–11367.
- Li, W., Xiao, X., and Yang, X. (2023).** How does digital transformation impact green supply chain development? An empirical analysis based on the TOE theoretical framework, *Systems*, 11(8), 416.
- Lincoln, Y. S. and Guba, E. G. (1985).** Naturalistic inquiry, SAGE Publications, Beverly Hills, 416.
- Mahulette, T. Y., Sanglise, M., and Marini, L. F. (2024).** Analysis of the use of the Sipadu application by civil servants in Manokwari Regency for administrative efficiency in attendance management, *International Journal Software Engineering and Computer Science*, 4(3), 908–915.
- Moberg, Å., Borggren, C., Finnveden, G., and Tyskeng, S. (2010).** Environmental impacts of electronic invoicing, *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 7(2), 93–113.
- Mondéjar, M. E., Avtar, R., Baños Díaz, H. L., Dubey, R. K., Esteban, J., Gómez-Morales, A., Hallam, B., Mbungu, N. T., Okolo, C. C., Prasad, K. A., She, Q., and Garcia-Segura, S. (2021).** Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a smart green planet, *Science of the Total Environment*, 794, 148539.
- Oliveira, J., Azevedo, A., Ferreira, J. J., Gomes, S., and Lopes, J. M. (2021).** An insight on B2B firms in the age of digitalization and paperless processes, *Sustainability*, 13(21), 11565.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oliver Wyman (2023). Carbon neutral e-commerce: How to reduce delivery emissions, Oliver Wyman. <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2023/may/delivery-decarbonization-pathway.html> (Erişim tarihi: 17 Nisan 2026)
- Parra-López, C., Ben Abdallah, S., Garcia-García, G., Hassoun, A., Sánchez-Zamora, P., Trollman, H., Jagtap, S., and Carmona-Torres, C. (2024). Integrating digital technologies in agriculture for climate change adaptation and mitigation: State of the art and future perspectives, *Computers and Electronics in Agriculture*, 226, 109412.
- Renwick, D. W. S., Redman, T., and Maguire, S. (2013). Green human resource management: A review and research agenda, *International Journal of Management Reviews*, 15(1), 1–14.
- Roman, A. V., Van Wart, M., Wang, X., Liu, C., Kim, S., and McCarthy, A. (2019). Defining e-leadership as competence in ICT-mediated communications: An exploratory assessment, *Public Administration Review*, 79(6), 853–866.
- Roscoe, S., Subramanian, N., and Jabbour, C. J. C. (2019). Green human resource management and the enablers of green organisational culture: Enhancing a firm's environmental performance for sustainable development, *Business Strategy and the Environment*, 28(5), 737–749.
- Santarius, T., Pohl, J., and Lange, S. (2020). Digitalization and the decoupling debate: Can ICT help to reduce environmental impacts while the economy keeps growing?, *Sustainability*, 12(18), 7496.
- Shafaei, A., Nejati, M., and Yusoff, Y. M. (2020). Green human resource management: A two-study investigation of antecedents and outcomes, *International Journal of Manpower*, 41(7), 1041–1060.
- Shah, I. A., Amjed, S., and Alkathiri, N. A. (2019). The economics of paper consumption in offices, *Journal of Business Economics and Management*, 20(1), 43–62.
- Strohmeier, S. (2020). Digital human resource management: A conceptual clarification, *German Journal of Human Resource Management*, 34(3), 345–365.
- Tashakkori, A. and Teddlie, C. (2010). SAGE handbook of mixed methods in social and behavioral research (2. baskı), SAGE Publications, Thousand Oaks, 912.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

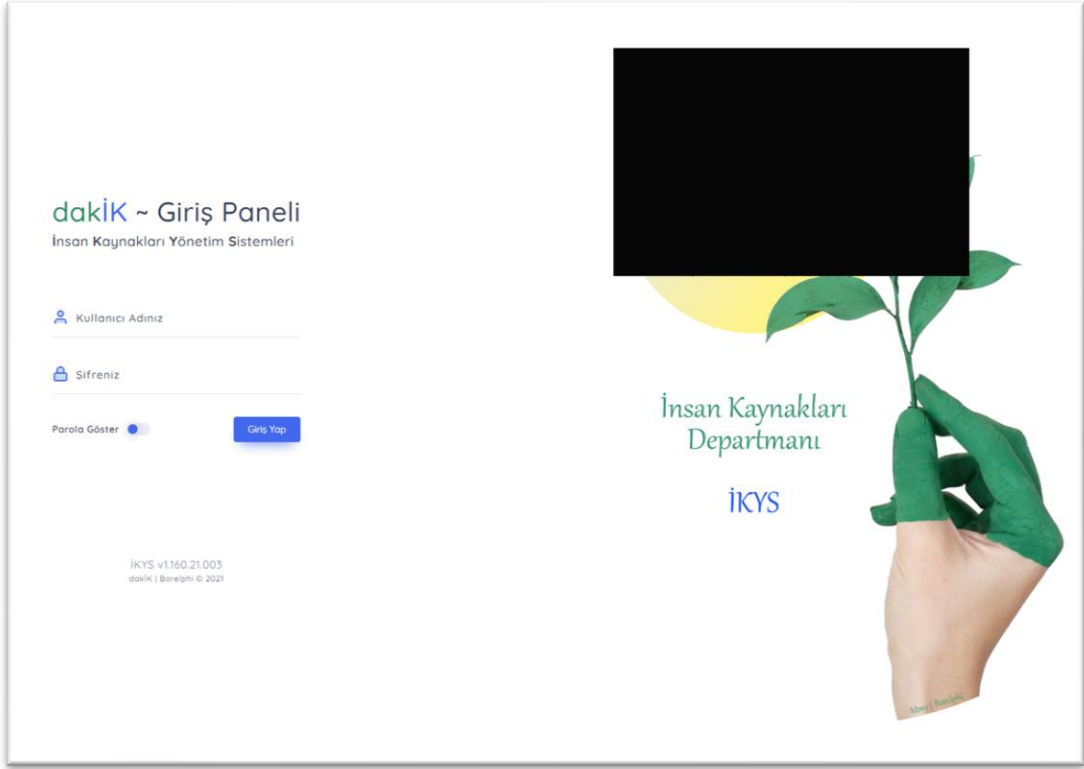
- T.C. Ticaret Bakanlığı (2021).** Yeşil Mutabakat Eylem Planı, T.C. Ticaret Bakanlığı, Ankara.
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., and Haenlein, M. (2021).** Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda, *Journal of Business Research*, 122, 889–901.
- Vial, G. (2019).** Understanding digital transformation: A review and a research agenda, *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Vrabcová, P. and Urbancová, H. (2021).** Use of human resources information system in agricultural companies in the Czech Republic, *Agricultural Economics*, 67(5), 173–180.
- Yin, R. K. (2018).** Case study research and applications: Design and methods (6. baskı), SAGE Publications, Thousand Oaks, 352.
- Yong, J. Y., Yusliza, M. Y., and Fawehinmi, O. (2020).** Green human resource management: A systematic literature review from 2007 to 2019, *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2005–2027.
- Yousufi, M. K. (2023).** Exploring paperless working: A step towards low carbon footprint, *European Journal of Sustainable Development Research*, 7(4), em0228.

EKLER

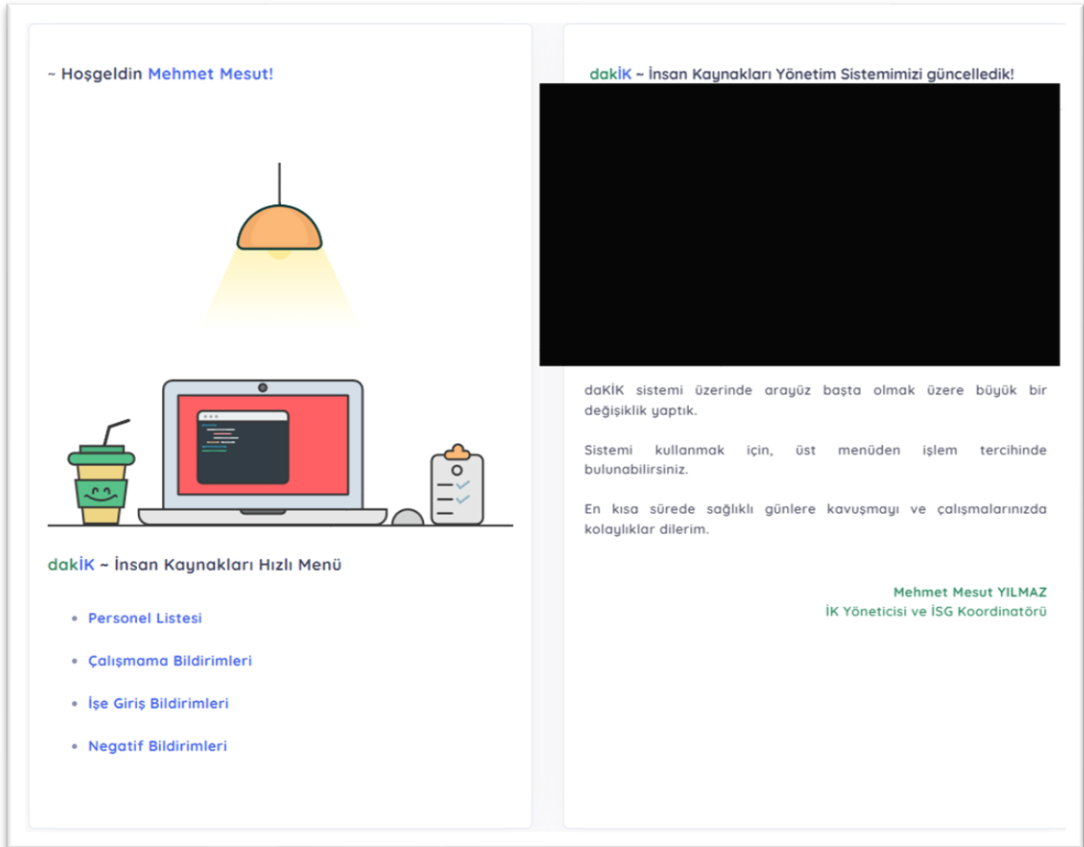
EKLER

EK A: DakİK Dijital İnsan Kaynakları Yönetim Sistemi Ekran Görüntüleri

Bu ekte, çalışma kapsamında geliştirilen DakİK dijital insan kaynakları yönetim sisteminin temel ekranları ve işlevleri gösterilmektedir. Aşağıdaki görüntülerde çalışanlara ait kişisel veriler ile firma adı/logoları gizlilik gereği maskelenmiştir.



Şekil A.1: DakİK sisteminin giriş ekranı



Şekil A.2: Sistemin ana sayfası ve insan kaynakları hızlı menüsü

Yeni Çalışmama Durum Bildirimi
(Bu ekran üzerinden çalışmama durum bildirimlerinizi gerçekleştirebilirsiniz.)

T.C. Kimlik No
(Çalışan T.C. Kimlik Numarası yazınız)

Durum Türü
(Durum Türü kasıtlarını görmek için seçim yapın.)

Başlangıç Tarihi

Gün Sayısı

Bitiş Tarihi

İş Başı Tarihi

☐ Sonraki Aya Sarkma
(İzin bitiş tarihi bir sonraki aya sarkıyor mu?)

Bildiriminiz hakkında bilgi vermek istiyorsanız, yazınız.

Formu Oluştur

dakik © Copyright 2021

Şekil A.3: Yeni çalışmama durum bildirimi formunun genel görünümü

Yeni Çalışmama Durum Bildirimi
(Bu ekran üzerinden çalışmama durum bildirimlerinizi gerçekleştirebilirsiniz.)

T.C. Kimlik No
(Çalışan T.C. Kimlik Numarası yazınız)

Durum Türü
(Durum Türü kasıtlarını görmek için seçim yapın.)

Başlangıç Tarihi

Gün Sayısı

Bitiş Tarihi

İş Başı Tarihi

☐ Sonraki Aya Sarkma
(İzin bitiş tarihi bir sonraki aya sarkıyor mu?)

Bildiriminiz hakkında bilgi vermek istiyorsanız, yazınız.

Formu Oluştur

dakik © Copyright 2021

Şekil A.4: T.C. kimlik numarası girildiğinde çalışan ve işletme bilgilerinin otomatik getirilmesi

Durum Türü

☒ Hafta Tatili: Pazar ☒ Resmi Tatiller

Babalık İzni (5 Gün) ▼

Başlangıç Tarihi

gg.aa.yyyy 

Gün Sayısı

5

Bitiş Tarihi

gg.aa.yyyy 

İş Başı Tarihi

gg.aa.yyyy 

Şekil A.5: Babalık izninde hafta tatili ve resmî tatil günlerinin izin süresinden sayılmaması

Durum Türü

☒ Hafta Tatili: Pazar ☒ Resmi Tatiller

Ücretsiz İzin ▼

Başlangıç Tarihi

gg.aa.yyyy 

Gün Sayısı

Bitiş Tarihi

gg.aa.yyyy 

İş Başı Tarihi

gg.aa.yyyy 

Şekil A.6: Ücretsiz izinde hafta tatili ve resmî tatil günlerinin izin süresine dâhil edilmesi

Ücretli (Yıllık) İzin		
ÇALIŞANIN BİLGİLERİ:		
Adı SOYADI	T.C. No	
Çalıştığı Şirket	Sicil No	
Departmanı	Mobil	
Unvanı	İMZA	
KULLANILACAK İZİN BİLGİLERİ:		
İzin Türü : Ücretli (Yıllık) İzin	Başlangıç Tarihi : 19.06.2026	
Dâhil Günler : Hafta Tatili ve Resmi Tatiller dâhil edilmez.	Bitiş Tarihi : 17.07.2026	
İzin Süresi : 25 gün	Kalan Bakiyesi : 45	
İş Başı Tarihi : 18.07.2026		
Not :	Buraya notunuz varsa yazabilirsiniz.	
İzinde Olunacak Adres Bilgisi :	Buraya adres bilgisi varsa yazabilirsiniz.	
19.06.2026 ile 17.07.2026 tarihleri arasında, Ücretli (Yıllık) İzin kullanmak istiyorum. Onayınıza arz ederim.		
TARİH :	Ad SOYAD / İMZA :	
TALEP / TEBLİĞ ONAY İŞLEMLERİ		
ÇALIŞANIN SORUMLUSUNUN ONAYI	İŞLETME YÖNETİCİSİ / YÖNETİM ONAYI	PERSONEL İŞLERİ / İNSAN KAYNAKLARI ONAYI
	XXXXX	Mehmet Mesut YILMAZ

Şekil A.7: “Formu Oluştur” işleviyle üretilen örnek dijital izin (talep) formu