

## Deneysel Ahşap Koruma Uygulamasında Numune Hazırlama İşlemleri ve Metodik Düzenlemelerin İstatistiki Yönden Değerlendirilmesi

İlker USTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye

✉: [iusta@hacettepe.edu.tr](mailto:iusta@hacettepe.edu.tr)  0000-0002-0470-5839

Geliş (Received): 06.08.2022

Düzeltilme (Revision): 15.04.2023

Kabul (Accepted): 30.04.2023

### ÖZ

İstatistiksel değerlendirme, deneysel araştırmalar önde gelmek üzere, gözlem ve ölçüm ile elde edilen nicel ve nitel verilere dayalı tüm araştırmaların merkezinde yer alan ve evrensel kabullere yaslanan kuramlarla pekiştirilmiş matematiksel formülasyon eşliğinde gerçekleştirilen muhtevalı bir inceleme faaliyeti olup bütün disiplinlerle bütünleşik halde, bir problemin açıklığa kavuşturulmasına dayanak teşkil eden yöntemler vasıtasıyla, karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşmak için yürütülen bir süreçtir. Bu perspektifte, bilimsel çalışmalarda istatistiksel düşüncenin önemine temellenmiş bu çalışma, deneysel araştırma sonuçlarının istatistiki bakış açısıyla değerlendirilerek çıkarımlar yapılmasını örneklendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, ahşap koruma (emprenye) alanında yapılması öngörülen bir deneysel uygulama öncesinde, numune hazırlama ve metodik düzenlemelere ilişkin olarak mevzubahis olan bazı konular, örnek bir problem dahilinde “numune boyutlarının normalliğinin belirlenmesi, yüzey örtme uygulamasına yönelik hipotezlerin test edilmesi, koruyucu emprenye maddesi çözelti konsantrasyonlarının varyans çözümlemesinin yapılması, sıvı ve kuru haldeki koruyucu madde absorpsiyonlarının regresyon denkleminin oluşturularak korelasyon katsayısının tespit edilmesi” temaları dahilinde, elle yapılan hesaplamalarla sıralı bir süreç olarak istatistiksel bakımdan incelenerek ortaya koyulmuş ve neden-sonuç ilişkisi zemininde kapsamlıca değerlendirilerek açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap, Emprenye Deneyi, Numune Hazırlığı, Metodik Düzenleyiş, İstatistiksel Değerlendirme

### Statistical Evaluation of Sample Preparation Procedures and Methodical Arrangements in Experimental Wood Protection Application

#### ABSTRACT

Statistical evaluation is a comprehensive study activity, which is at the center of all research based on quantitative and qualitative data obtained by observation and measurement, leading experimental research, and carried out with a mathematical formulation reinforced by theories based on universal acceptance, is a process carried out, integrated with all disciplines, to achieve comparable results through methods that form the basis of clarifying a problem. In this perspective, this study, which is based on the importance of statistical thinking in scientific studies, aims to exemplify making inferences by evaluating experimental research results from a statistical point of view. In this study, prior to an experimental application in the field of wood protection (impregnation), some of the issues related to sample preparation and methodical arrangements, within a representative problem, “determining the normality of sample sizes, testing hypotheses for surface coating application, protective analysis of the variance of the solution concentrations of the impregnating agent, determination of the correlation coefficient by creating the regression equation of the preservative absorptions in the liquid and dry state”, have been revealed by statistical analysis as a sequential process with manual calculations and comprehensively evaluated and explained on the ground of cause-effect relationship.

**Keywords:** Wood, Impregnation Test, Sample Preparation, Methodical Arrangement, Statistical Evaluation

#### GİRİŞ

Bilimsel çalışma, Wilson [1]'in açıkladığı gibi, kendine özgü doğası gereği, her zaman hep aynı şekilde yapılagelen alışıldık bir sürece indirgenemez, zira problem(ler)in çözümlenmesi bağlamında akılcı ve

yenilikçi düşünmeyi merkeze alan bilimsel yaklaşım, uygarlığın ilerleyişine eşlenik olarak sürekli değişimi ve gelişimi bünyesinde ihtiva eden bir içsellğe sahiptir. Bu noktada, Neuman [2], bilimsel çalışmanın, pozitivist yaklaşımın prensiplerine yaslanmak suretiyle, olguların derinlikli ve kapsamlı bir inceleme süreciyle

gözlemlenip betimlenerek gerçek durum(lar)la bağlantılandırılmasının belli kapsamda düzenlenen deneysel araştırma önceliğinde sağlandığına dikkat çekmiş ve neden-sonuç ilişkilendirmesini teminen, doğa bilimleri önde gelmek üzere, bütün uygulamalı alanlarda hipotez(ler)in sınanarak açıklığa kavuşturulması odağında, dünden bugüne çok sayıda değişik deneylerin yürütüldüğünü vurgulamıştır.

Yıldırım ve Şimşek [3]'e göre, istisnaların mevcut problemi aydınlayabilecek ipuçlarına sahip olabileceği göz önünde tutularak, çoğunluğu temsil edebilen görünürlükle normal dağılım sınırları içerisinde bulunan verileri merkeze alan bir uzlaşmaya varmak için, uygun yöntem ve araçlar kullanılarak yürütülen deneylerle değişken(ler)in mevcudiyeti ölçülerek ortaya koyulurken, bu ölçümlerin ifade ettiği mana (ve eğer birden fazla değişken var ise, bu değişkenlerin birbiriyle ilişkisi) matematiksel formüller eşliğinde gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirmelerle açıklanarak sunulur. Bu bağlamda, Mead ve arkadaşları [4], deneylerin planlanması ve deneysel verilerin analizi ile yorumlanması sürecinde, hangi yöntem(ler)in neden ve ne zaman kullanılması gerektiğine açıklık getiren istatistik ilkeleri hakkında bilim insanlarının net bir anlayışa sahip olması gerektiğini vurgulayarak, belli bir amaç için toplanan verilerin matematiksel formülasyona dayalı istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesi ve belirli kurallar nezdinde yorumlanarak takdim edilmesinde, irdelenen problemin veya konunun gerekçelendirilerek aydınlatılmasına imkan tanıyan içselliğiyle, istatistiksel düşüncenin derin ve kapsamlı düşünmeyi teşvik ettiğini belirtmiştir.

Bu açıklamalar ışığında gerçekleştirilen bu araştırmada, problemler demeti halinde örnek bir deneysel uygulama öncesinde öne çıkan işlemsel ve işletimsel konular, yapılan deneme çalışması nezdinde ölçümlerle elde edilen verilere ve gözlemlere dayalı bilgiye atfen, genelgeçer matematiksel formüller eşliğinde el yordamıyla yapılan hesaplamalarla istatistiksel yöntemle irdelenerek ortaya koyulmuş ve mevcut verilerin istatistiksel bakış açısıyla değerlendirilşi örneklenmiştir. Bu çalışma, içeriği itibarıyla sadece ahşap koruma alanında değil, numune hazırlama ve deney düzenleme süreçlerinde verilerin derlenmesi ve istatistiksel analizlerinin yapılarak anlamlandırılması ile uygulamaya aktarılması bağlamında, bir malzemenin belli özelliklerini belirlemeye yönelik kapsamlı incelemelerin söz konusu olduğu tüm disiplinler için de bir örnek teşkil etmektedir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, bir ahşap koruma (emprenye) deneyi öncesindeki numune hazırlama ve süreç düzenleme faaliyetlerinin kontrol ve muayene işlemleriyle gerçekleştirilen ölçümlere göre uygunluk durumu; normal dağılım, p-değerine göre hipotez(ler)i test etme, varyans çözümlemesi, regresyon (değişkenlerin bağlantısallığı) denklemi ve korelasyon (ilişkinlik) katsayısı ile gözden geçirilerek istatistiksel açıdan

değerlendirilmiştir. Söz konusu değerlendirme, dört aşamalı bir hazırlığı içeren örnek problem çerçevesinde yapılmıştır.

## Örnek Problem

Lif doygunluğu noktası deneyi için orta yoğunluktaki bir ahşap malzemeden 20x20x20 mm boyutlarında hazırlanması öngörülen numunelerin enine kesitinin rendeleme makinesinde 20x20 mm ebadında kalibre edilmiş vaziyette hazırlanmış olduğu halde, kesme makinesindeki boy ayarlama cetveli arızası yüzünden uzunluğunun ise tam ölçüde kesilemediği anlaşılmıştır. Bu noktada, bakım-onarım için olası bekleme zamanı kısıtına atfen, boy kesiminin hassasiyeti için gerekli olan aparatın hemen temin edilmesinin güçlüğünden ötürü, söz konusu deneyin mevcut deneklerin halihazırdaki uzunluklarıyla gerçekleştirilebilirliği hakkında bir karar vermek amacıyla, yığın içerisinde rastgele seçilen yirmi adet numune örnekleştirilmesiyle parçaların boylarının farklılıklarının normal dağılım gösterip göstermediklerinin belirlenmesine karar verilmiştir. Buna göre, söz konusu numunelerin (milimetre olarak 19.09, 20.02, 19.71, 19.35, 18.68, 20.00, 19.24, 21.12, 18.75, 18.06, 21.07, 19.23, 21.69, 19.50, 18.03, 20.46, 19.07, 20.62, 19.31, 20.08 biçiminde verilen) uzunluk ölçülerinin normal dağılım durumunun tespit edilmesi gerekmektedir.

Metodik bir yaklaşım olarak ahşap malzemenin geçirgenliğinin liflere dik (radyal ve teğet yönlerde) ve liflere paralel (boy yönünde) akış düzeyi bağlamında tespit edilmesinde, koruyucu sıvının iç güzergahta akışına imkân vermek üzere, deney numunelerinin bazı yüzeylerinin orta derecede bir viskoziteye sahip örtücü gereçle (sağlam bir katman oluşturularak) kapatılması gerekir. Bu perspektifte, daha önce 25x25x50 mm boyutlarında hazırlanmış ahşap numunelerin yüzeylerinde belli bir cıvıklığa sahip örtücü maddenin zıt yönlerde dörder kez fırça ile ilgili yüzeylere sürülerek gerçekleştirilen yüzey örtme işleminde (ortalama 0.35 mm kalınlıkta bir katman oluşturmayı teminen) örtücü gerecin  $\pm 5.02$  standart sapma ile deneklere ortalama 14 gram olarak uygulandığı göz önüne alındığında, aynı boyutlara sahip deney parçaları için, dıştan içe geçirmezlik eşiği olan 0.30 mm katman kalınlığından az olmamak koşuluyla, yüzey hazırlama uygulamasının süresini kısaltmak ve örtücü gerecin toplam tüketim maliyetini düşürmek suretiyle, yüzeylerin üçer defalık fırça sürme işlemiyle kapatılabileceği konusu değerlendirilmiş ve 32 adet parça kullanılarak gerçekleştirilen deneme çalışmasıyla numunelerin gerekli yüzeylerinin örtülmesi için ortalama 12 gram örtücü maddenin harcandığı belirlenmiştir. Bu çerçevede, işlem süresini kısaltmaya yönelik olası yansımaları ve örtücü gereç tüketim maliyetini azaltmaya dönük muhtemel kazanımları bağlamında, yeni uygulamanın önceki uygulamaya göre gerçekten daha iyi olup olmadığının istatistiksel açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ahşap malzeme içerisinde, anatomik yapının kesit ara yüzleri itibariyle, yönlere göre değişik normlarda gerçekleşen sıvı akışı farklılıklarının koruyucu maddenin derişim (konsantrasyon) miktarıyla ilişkilendirilmesine temellenmiş deneysel emprenye çalışmalarında, farklı konsantrasyonlarda bir çözelti olarak hazırlanmış koruyucunun kütleli olarak birim zamanda birim düzlem alanından geçen miktarına karşılık gelen difüzyon hızının (toplam sıvı içerilme miktarı itibariyle) hem absorpsiyon ve nüfuz derinliği hem de gerçekleştirilen koruma uygulamasının süresi üzerindeki etkileri irdelenir. Bu bağlamda, gerçekleştirilecek olan emprenye işlemindeki deneysel çözelti konsantrasyonunun, tüm yüzeyleri açık olmak suretiyle, altışarlı gruplar halinde hazırlanan ahşap numunelerin suda çözünen bir emprenye maddesinin %2.0, %2.5, %3.0, %3.5 derişimlerde tedarik edilen çözeltisi içerisinde sekizer saat bekletildikten sonra içerdiği koruyucu sıvı miktarının belirlenmesi kararlaştırılmıştır. Laboratuvar ortamında bu amaçla yapılan deneme çalışmasına göre, her denek grubu nezdinde gram olarak ölçülen sıvı içerilme miktarı; %2.0'de 3.80, 4.50, 3.92, 4.28, 3.91, 3.78; %2.5'da 3.96, 3.73, 3.82, 4.20, 3.89, 4.16; %3.0'de 3.72, 3.85, 3.61, 3.84, 3.70, 3.93 ve %3.5'da 3.45, 3.34, 3.48, 3.63, 3.41, 3.49 biçiminde belirlenmiş olup burada verilen değerlerin birim zamanda gerçekleşen difüzyon hızının bir göstergesi olduğu göz önüne alındığında, planlanan deneyde kullanılacak olan deneysel çözelti konsantrasyonunun tespiti için bu verilerin varyans çözümlemesinin yapılarak çözelti konsantrasyon farklılığının difüzyon hızı üzerinde bir farklılığa neden olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir.

Ahşabın kullanım yeri itibariyle kurgulanan olası değişkenler ve/veya koşullar çerçevesinde emprenye edilebilirliğinin değerlendirilmesi için, benzeşik yöntemler zemininde, işlem süresi önde gelmek üzere, koruyucu maddenin olabildiğince en yüksek miktarda ahşap malzemenin gözeneklerine yerleştirmek ve liflerine tutundurmak gayesiyle farklı operasyonel düzenlemelerle sağlanmış absorpsiyon sonuçlarının (uygulamanın ardından buharlaşan çözelti sıvısından sonra bir tortu olarak malzeme içinde kalan net koruyucu madde miktarı çerçevesinde) kıyaslanması genelgeçer bir ilkedir. Bu perspektifte, belli bir derişime sahip çözelti ile belli bir işlem süresi dahilinde gerçekleştirilen emprenye işlemi sonrasında, ahşap malzemenin öngörülen korunurluk düzeyinin uygunluğuna dayanak teşkil eden absorpsiyon miktarı ve net kuru koruyucu madde miktarı değişkenleri için bağlantısallık denkleminin oluşturulması ve ilişkinlik katsayısının hesaplanması amacıyla, (bir radyal, iki teğet, bir boyuna ve bir tripleks olmak üzere) farklı akış yönlerini ihtiva eden ahşap deney numuneleri 150 dakika süreli vakum (-0.85 bar veya 638 mmHg) işlemiyle üçer tekerrürlü beş gruptan oluşan deneme deseni uyarınca emprenye edilmiş ve işlem sonrasında numunelerin içerdiği koruyucu madde miktarı hem sıvı haldeki absorpsiyon miktarı (gr) olarak hem de çözelti tortusu hüviyetiyle ahşap malzemenin iç yapısında kalan

kuru madde miktarı ( $\text{kg m}^{-3}$ ) olarak tespit edilmiştir. Bu kapsamda, emprenye testiyle ahşap deney numunelerinin özümlediği sıvı absorpsiyon miktarı 2.2, 2.9, 3.3, 4.0, 4.4 gram ve bir metreküp malzeme içerisinde açığa çıkan kuru haldeki net koruyucu madde miktarı 2.8, 2.6, 3.1, 3.7, 4.9 kilogram olarak belirlenmiş olup bu veriler ışığında sıvı absorpsiyon miktarı ve net kuru koruyucu madde miktarı değişkenleri için regresyon denklemi ve korelasyon katsayısının (öngörülen uygulama süresi ve çözelti konsantrasyonu ile gerçekleştirilecek deneysel emprenye işleminin ahşabın geçirgenliğinin değerlendirilmesi açısından) hesaplanması zaruridir.

### Verilerin İstatistikî Açından Değerlendirilmesi

Örnek problemle bütünleşik halde dört aşamada ortaya koyulan deneysel verilerin istatistiksel yönden değerlendirilmesinde, Mead ve arkadaşları [4], Gülçür [5], Kobu [6], Turanlı ve Güriş [7], Demirhan ve Hamurkaroğlu [8] tarafından açıklanan hususlara göre, ilgili istatistik tabloları eşliğinde takdim edilen matematiksel formüller kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Verilerin bu şekilde değerlendirilerek yorumlanmasının, sonuçların şu tematik konular bakımından uygulamaya aktarılmasına altlık oluşturacağı göz önünde tutulmuştur; numune boyutlarının normallığı, yüzey örtme uygulaması için hipotez testi (hipotezin kurulması, istatistikî kıyas için p-değerinin hesaplanması,  $H_0$  hipotezinin değerlendirilmesi), çözelti konsantrasyonlarının varyans analizi, sıvı ve kuru madde absorpsiyonlarının regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı.

Buna göre, istatistiksel verilere dayalı çıkarımlar yapmak üzere, mevcut veriler şu şekilde irdelenmiştir; a) numune boyutlarının (uzunluk farklılıklarıyla birlikte kullanılabilmesi için) normallığı; ortalama, standart sapma, varyans ve değişim katsayısı ile standart hata eşliğinde, %5 yanılma olasılığı zemininde, serbestlik derecesine göre t-dağılımı tablosu kullanılarak tespit edilen güven aralığı ile birlikte ki-kare tablosu yordamıyla elde edilen değişimin güven seviyesini gösteren kritik değerler çerçevesinde belirlenmiştir, b) işlemsel açıdan numune yüzeylerinin örtülmesinde yeni uygulama ile eskisi arasında bir farklılığın olup olmadığına yaslanmış hipotezler, %5 önem seviyesine göre normal dağılım eğrisi gözetilerek, önceki ve şimdiki uygulamaların ortalamalarıyla son uygulamanın numune sayısı ve ilk uygulamanın standart sapması nezdinde hesaplanan z-değeri uyarınca z tablosundan elde edilen p-değeri (olasılık düzeyi) ile sınımlanmıştır, c) deneme çalışmasıyla (birim zamanda farklı çözelti konsantrasyonlarının etkisiyle) ortaya çıkan koruyucu sıvı absorpsiyonu verilerinin varyans analizi, çözelti konsantrasyonları ile ahşap numuneler bağlamında, kareler toplamı ve kareler ortalamasını esas alan F deneme değerinin %95 güvenlikle serbestlik derecesine bağlı F-tablosu değeriyle kıyaslanarak yapılmıştır, ç) farklı geçirgenlik yönleri nezdinde sıvı halde ve kuru madde miktarı olarak belirlenen deneysel absorpsiyon

sonuçlarına dayalı regresyon denklemi, ortalamadan ayrılış kareler toplamını merkeze alan en küçük kareler yöntemine göre, değişkenlerin bağlantısallığı itibariyle farkın en küçük olmasını sağlayan doğru denkleminin hesaplanmasıyla oluşturulurken, korelasyon katsayısı ise, her iki absorpsiyon verisinin birbiriyle olan ilişkisinin matematiksel bir ifadesi olarak ortalamadan ayrılış kareler toplamı odağında belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Deneme çalışmasıyla ortaya koyulan numune hazırlama ve süreç düzenleme faaliyetlerine ilişkin veriler, örnek problemin sorunsallığının istatistiksel metodolojiye göre tahlil edilerek aydınlatılması ve öngörülen deneysel uygulamanın işlemsel içeriğinin gözden geçirilerek kurgusallık değerlendirmesinin yapılması bağlamında, ilgili formüllerin kullanılması suretiyle, el yordamıyla yapılan sıralı hesaplamalar ile aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

### Numune Boyutlarının Normallığı

Her biri u olmak üzere, veri kümesini oluşturan 20 adet ahşap malzeme numunesinin mevcut uzunluk değerlerinin yoğun olarak hangi değer etrafında biriktiğini tespit etmek için, toplam numune sayısı (n) dahilinde küme verisinin aritmetik ortalaması

$$ao = (u_1 + \dots + u_{20}) / n \quad (1)$$

eşitliğiyle 19.68 olarak belirlendi. Kümedeki değerlerin, serbestiyet derecesi (n-1) uyarınca bir çoğunluk teşkil etmek üzere, küme ortalamasına ne kadar yakın veya uzak olduğunun değerlendirilmesi için standart sapma

$$ss = \sqrt{((u_1^2 + \dots + u_{20}^2) - ((u_1 + \dots + u_{20})^2 / n) / (n-1))} \quad (2)$$

eşitliğiyle 0.987 olarak hesaplandı. Verilerin birbirlerine göre değişim miktarını gösteren varyans (v), standart sapmanın karesi alınmak suretiyle 0.974 olarak tespit edilirken, standart sapmanın ortalamaya göre gösterdiği değişimin yüzdesi olan değişim katsayısı

$$dk = (ss / ao) \times 100 \quad (3)$$

eşitliğiyle 5.02 olarak hesaplandı. Bu noktada, yüzdesel olarak 0 ile 30 aralığı itibariyle dağılımın yaygınlık göstergesi olarak addedilen değişim katsayısının, Doane ve Seward [9] tarafından bahsedildiği gibi, 10'dan küçük olmasının dağılımın homojenliğine yönelik bir saptama olduğu düşünüldüğünde, belirlenen 5.02 değişim katsayısına atfen, uzunluk farklılıkları bakımından numunelerin birbirleriyle benzeşik bir kurguda olduğu kanısına varılmış ve devamında mevcut verilerin değişkenlik ihtimalini betimleyen standart hatanın

$$sh = ss / \sqrt{n} \quad (4)$$

eşitliğiyle 0.221 olarak belirlenmesine binaen, Barde ve Barde [10] tarafından açıklandığı üzere, standart hatanın sifıra yaklaşmasının homojen dağılıma ve yüksek güvenilirliğe işaret ettiği göz önüne alındığında, hesaplanan 0.221 standart hata değerinden ötürü, numune uzunluklarının esasen normal dağılıma sahip olduğu değerlendirilmiştir.

Numune boyutlarının normallığına istinaden, verilerin ortalamasına göre, uzunluk farklılıkları odağında, üst ve alt sınırlara yönelik güven aralığı tespiti yapılmıştır. Bu maksatla, %5 yanılma olasılığının, ortalamanın  $\pm 2.5$  üstü ve altı için, güven aralığının yüzdelik noktasının (100-2.5 ile) %97.5 anlamına geldiği dikkate alındığında, t-dağılımı tablosundan serbestlik derecesinin 19 ve yüzdelik noktanın 97.5 olduğu yatay ve dikey uzantıların kesişme yerinde bulunan 2.093 değeri, üst ve alt sınırlar için güven aralığının ortaya koyulmasını sağlayacak t-değeri olarak tanımlanarak, üst sınır güven aralığı

$$gü = ao + ((t \times ss) / n) \quad (5)$$

eşitliğiyle 19.76 olarak tespit edilirken, alt sınır güven aralığı

$$ga = ao - ((t \times ss) / n) \quad (6)$$

eşitliğiyle 19.55 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, veri kümesinin varyansı için güven sınırı (öngörülen güven seviyesinin doğruluk olasılığı mahiyetinde) ki-kare testiyle irdelenmiştir. Buna göre, %5 yanılma olasılığı bağlamında varyansın güven sınırının, Yates [11] tarafından açıklandığı gibi, ortalamanın altı için (0.05/2 ile) 0.025 ve ortalamanın üstü için (1-0.025 ile) 0.975 olasılığıyla belirlenmesi gerektiği göz önünde bulundurularak ki-kare değerleri eşliğinde varyans güven sınırını tespit etmek üzere ki-kare tablosundan (serbestlik derecesi 19 olan satır zemininde) alt sınır (ka) için yüzdelik noktanın 0.025 olduğu sütun kesişmesindeki 32.852 değeri ve üst sınır (kü) için yüzdelik noktanın 0.975 olduğu sütun kesişmesindeki 8.906 değeri uyarınca, alt güven sınırı

$$va = (n-1) \times v / ka \quad (7)$$

eşitliğiyle 0.563 olarak belirlenirken, üst güven sınırı

$$vü = (n-1) \times v / kü \quad (8)$$

eşitliğiyle 2.078 olarak tespit edilmiştir. Ki-kare tablosu yordamıyla belirlenen bu sınır değerleri ile veri kümesinin varyansı karşılaştırıldığında, Walck [12] tarafından bahsedildiği gibi, kümeye ilişkin varyans değerinin tablo değerleriyle temin edilen alt ve üst güven sınırları arasında bulunmasının dağılımın normallığını teminen verilerin birbirlerine yakın oluşunu vurguladığı değerlendirildiğinde, numunelerin uzunluk farklılıklarının istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüş ve halihazırdaki numune ebatlarının

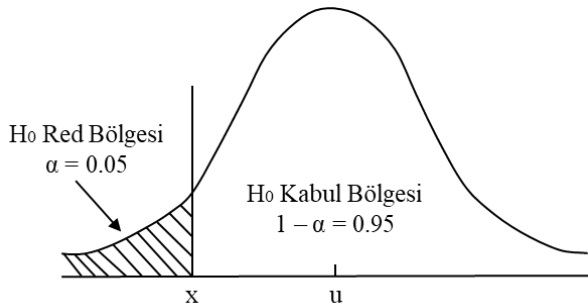
uzunluklar itibariyle birbirleriyle benzeşik ölçüde buldukları değerlendirilmiştir.

### Yüzey Örtme Uygulaması İçin Hipotez Testi

Verilerle ortaya koyulan bulguların istatistiksel anlamlılık durumunu ve ( $\leq 0.05$  ölçütüne göre) manidarlık düzeyini gösteren p-değeri [13], değişkenler arasında bir farklılık yoktur odağında kurulan sıfır hipotezinin güvenilirliğinin bir ölçüsü olup [14], ileri sürülen savların normal dağılım eğrisi nezdinde sınanarak makul önermenin açığa çıkarılmasını pekiştiren sayısal bir ifadelendirme biçimi olarak standart sapmanın bilinmesi ve numune sayısının 30'dan fazla olması halinde, z-tablosu yordamıyla tespit edildiği için [15], çalışmamızın ana teması gereği numune yüzeylerinin örtülmesi mahiyetinde takdim edilen yeni uygulamanın öncekine göre kıyaslanmasına yönelik hipotez testi, numune sayısının 32 adet olmasına atfen, z-tablosu eşliğinde (hipotezin kurulması, istatistiki kıyaslama için p-değerinin hesaplanması ve  $H_0$  olarak addedilen sıfır ya da yokluk hipotezinin kabul edilmesi veya reddedilmesi başlıkları altında yürütülen üç adımlı bir süreçle) gerçekleştirilmiştir.

### Hipotezin Kurulması

Önceki uygulamada örtücü gerecin 14 gram ortalama (u) ve 5.02 gram standart sapma (ss) ile tüketilmesine karşılık, bundan daha az bir miktarda harcanacağı öngörüsüyle 32 adet denekle takdim edilen yeni işlemle 12 gram ortalama (x) ile tüketildiğinin belirlenmesine istinaden, yeni uygulamanın eskisine kıyasen iyi oluşluğuna ilişkin değerlendirme,  $\alpha=0.05$  veya %5 önem seviyesi esas alınarak, ana kütle ortalamasından küçük olan değere göre gerçekleştirilmek üzere, verinin sınama alanı (Şekil 1'de görüldüğü gibi) normal dağılım eğrisinin tek kuyruğuna yerleştiği için, mukayese  $H_0$ :  $u \geq 14$  (yeni uygulama ile eskisi arasında bir farklılık yoktur) ve  $H_1$ :  $u < 14$  (yeni uygulama eskisinden daha iyidir) hipotezleri kurulmak suretiyle, kritik bölgesi sol tarafta bulunan tek kuyruklu hipotez testiyle yapılmıştır.



Şekil 1. İşleme ilişkin hipotezin kabul ve red bölgesi

### İstatistiki Kıyas İçin p-değerinin Hesaplanması

Kurulan hipotezin değerlendirilmesi için p-değeri kapsamında istatistiksel bir karşılaştırma yapılması

gerekmektedir. Bu bağlamda, Şekil 1'de gösterilen normal dağılım eğrisi çerçevesinde, standartlaştırma (standardizasyon) yapılmak suretiyle, z-değeri

$$z = (x - u) / (ss / \sqrt{n}) \quad (9)$$

eşitliği (veya standart hata  $[sh=ss/\sqrt{n}]$  zemininde,  $z=(x-u)/sh$  eşitliği ile) -2.25 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, p-değeri tanımlanmasıyla, örneklenen olayın gerçekleşme olasılığı,  $p(x \leq 12) = p(z \geq -2.25)$  önermesi uyarınca, z-tablosundan (-2.20 satırı ile 0.05 sütunu kesişmesinden) 0.012 olarak belirlenmiştir.

### $H_0$ Hipotezinin Değerlendirilmesi

Burada 0.012 olarak belirlenen p-değeri, esasen yaklaşık %1.5 değerine tekabül ettiğinden, eğer sıfır hipotezi ( $H_0$ ) doğru ise, 12 gram olarak gözlemlenmiş örtücü gerecin gerçekleşme olasılığının %1.5 olacağını ve (mevcut sayısal haliyle 0.05'den küçük olduğu için)  $H_0$  hipotezinin mantıksız veya anlamsız olduğu sonucuna varılarak  $H_1$  hipotezinin kabul edilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu perspektifte, tespit edilen 0.012 değeriyle %5 anlamlılık seviyesinin altında kalan bu p-değerinden ötürü,  $H_0$  hipotezi reddedilerek  $H_1$  hipotezi kabul edilmiş ve numune yüzeylerinin örtücü gerekle örtülmesi maksadıyla gerçekleştirilen yeni uygulamanın eskisinden daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### Çözümlü Konsantrasyonlarının Varyans Analizi

Varyans, bir grubu oluşturan öğelerin grubun ortalamasından sapması mahiyetinde gösterdikleri değişim veya değişiklik durumu olduğuna göre, Larson [16] tarafından açıklandığı gibi, nominal sınıflandırma değişkenleri hüviyetiyle ayrı faktörler tarafından belirlenen koşullar altında ölçülen bir rastgele değişken için olası değişikliği analiz etmek gayesiyle başvuru istatistiksel bir yöntem olan varyans analizi (ANOVA), gruplar arasındaki değişimi (tesadüfi hata öngörüsüyle) gruplar içindeki değişime göre karşılaştırarak mevcut unsurlar arasındaki eşitliğin test edilmesine imkan tanır. Bu çerçevede, çözümlü konsantrasyonuna yönelik ANOVA değerlendirmesi, Tablo 1'deki veriler uyarınca gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Koruyucu sıvı içerilme miktarı (gr)

No	Çözümlü Konsantrasyonu (%)				
	2.0	2.5	3.0	3.5	Ti
1	3.80	3.96	3.72	3.45	14.93
2	4.50	3.73	3.85	3.34	15.42
3	3.92	3.82	3.61	3.48	14.83
4	4.28	4.20	3.84	3.63	15.95
5	3.91	3.89	3.70	3.41	14.91
6	3.78	4.16	3.93	3.49	15.36
Tj	24.19	23.76	22.65	20.80	91.40

Ti; ahşap denek grubu verilerinin toplamı

Tj; çözümlü konsantrasyonu verilerinin toplamı

Mevcut deneysel verilere göre öngörülen emprenye uygulamasında koruyucu sıvının birim zaman itibariyle ahşap malzeme tarafından içerilmesinin dört çözelti konsantrasyonundan hangisine yüksek seviyede sağlanabileceği, (Tablo 1'de gösterildiği gibi) altı numune kümesi ile 6x4 deneme deseni bağlamında toplam 24 adet denemeyle elde edilen sonuçların varyans çözümlemesi yapılarak tespit edilmiştir.

Bu kapsamda, 4 adet çözelti konsantrasyonu ( $n_j$ ) ve 6 adet numune kümesi ( $n_i$ ) ile 24 adet deneme ( $n$ ) zemininde, kareler toplamı (KT) ve kareler ortalaması (KO) hesaplanarak Tablo 2'de gösterilen varyans çözümleme tablosu oluşturularak, verilerle hesaplanan F değeri (F-deneme) ile F dağılım tablosundan elde edilen kritik değer (F-tablo) karşılaştırmasına göre (F-deneme < F-tablo ise farklılık yoktur ve F-deneme > F-tablo ise fark vardır/önemlidir hipotezlerine dayalı irdelemeyle) değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre, kareler toplamı, çözelti konsantrasyonu için

$$KT = ((Tj1^2 + \dots + Tjn^2) / ni) - ((Ti + Tj)^2 / n) \quad (10)$$

eşitliğiyle tespit edilirken, ahşap denekler için

$$KT = ((Ti1^2 + \dots + Tin^2) / ni) - ((Ti + Tj)^2 / n) \quad (11)$$

eşitliğiyle belirlenmiş ve tüm denemeyi kapsayan genel toplam için

$$KT = (Tj1^2 + Ti1^2 + \dots + Tjn^2 + Tin^2) - ((Ti + Tj)^2 / n) \quad (12)$$

eşitliğiyle hesaplanırken, hata kareler toplamı ise

$$KThata = KT_{genel} - KT_{\text{çözeltiler}} - KT_{\text{denekler}} \quad (13)$$

eşitliğiyle belirlenmiştir. Ardından, kareler ortalaması ise, serbestlik derecesine bağlı bir değer olarak, mevcut her kaynak için

$$KO = KT / sd \quad (14)$$

eşitliğiyle tespit edilmiştir.

**Tablo 2.** Varyans çözümleme tablosu

Kaynaklar	sd	KT	KO	Fdh	Ftk
Çözeltiler	3	1.1444	0.3815	11.77	3.29
Denekler	5	0.2309	0.0462	1.43	2.90
Hata	15	0.4860	0.0324		
Genel	23	1.8613	0.4600		

Tablo 2'deki kısaltmaların anlamları şöyledir; sd; serbestlik derecesi ( $n-1$ ) olup hata için sd değeri çözeltiler ve denekler serbestlik derecesi çarpımıyla belirlenmiştir, Fdh; hesaplamayla elde edilen F değeri (F-deneme), Ft; F dağılım tablosundan alınan kritik değer (F-tablo). Ayrıca, tablodaki kaynakların açıklmaları şu şekildedir; çözeltiler için dört adet çözelti konsantrasyonu ve denekler için altı adet ahşap numune kümesi söz konusudur.

Deneme çalışmasıyla ortaya koyulan verilere ilişkin varyans çözümlemesi için gerekli olan kritik değer belirlenmesinde, F dağılım tablosundan yararlanılarak, %95 güvenlik öngörüsü önde gelmek üzere, serbestlik derecesi 15 olan satır ile çözeltiler için 3 sütunu ve denekler için 5 sütunu kesişiminde konuşlanan değerler F tablo değeri olarak alınmıştır. Buna göre, (Tablo 2 incelenecek olursa) çözelti konsantrasyonu için, F-deneme > F-tablo olduğundan, fark vardır hipotezi kabul edilirken, ahşap denek kümesi için, F-deneme < F-tablo olduğundan, farklılık yoktur hipotezi kabul edilmiştir. Dolayısıyla, eğer çözelti konsantrasyonu için Tablo 1'de verilen değerler birim zamandaki difüzyon hızı ile absorpsiyon miktarını gösteriyorsa; mevcut Tj verileri bağlamında, %3.5'lük konsantrasyonun deneysel uygulamada kullanılmasının ötelenmesinin fakat %3.0'lük konsantrasyonun kullanılabilirliğinin irdelenmesinin, %2.5'lük konsantrasyona kıyasla %2.0'lik konsantrasyonun ise öncelikli olarak kullanılmasının faydalı olacağı anlaşılmıştır. Diğer taraftan, Ti verilerine göre, ahşap denek kümesinin örneklenen çözelti konsantrasyonlarının verisel değişikliklerine hiç etki etmediği belirlendiğinden, ahşap numuneler için ayrı bir değerlendirme yapılmasının gerekmediği değerlendirilmiştir.

#### Sıvı ve Kuru Madde Absorpsiyonlarının Regresyon Denklemi ve Korelasyon Katsayısı

Şahinler [17] tarafından bahsedildiği gibi, en az iki değişken ihtiva eden bir konu hakkında istatistiki zeminde bir tahminde bulunmak amacıyla kurgulanan bir matematiksel model olan regresyon denklemi ile mevcut değişkenler arasında, pozitif (değişkenlerden birinin artmasıyla diğerinin artması) veya negatif (değişkenlerden birinin azalmasıyla diğerinin azalması) bağlamında, neden-sonuç bağdaştırması yapılarak konunun açıklığa kavuşturulması sağlanırken, öngörülen modelin değişkenlerin edilgenliğine yaslanan yetkinliğinin 0 ile [pozitif (+) veya negatif (-) olmak üzere] 1 arasında değişen (ve +1 ile -1 ölçeğinde 1 değerine yaklaştıkça değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğunu gösteren) bir değer olarak en küçük kareler yöntemiyle tespit edilen korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) ile ortaya koyulduğu göz önüne alındığında, 5 denek grubu ( $n$ ) vasıtasıyla gerçekleştirilen deneme çalışmasıyla tedarik edilen sıvı haldeki koruyucu madde absorpsiyon miktarı ( $x$ ) ile kuru haldeki net koruyucu madde miktarı ( $y$ ) için ( $x$ 'in  $y$ 'ye göre ve  $y$ 'nin  $x$ 'e göre) regresyon (değişkenlerin bağlantısallığı) denklemi oluşturulmuş ve  $x$  ile  $y$  arasındaki korelasyon (ilişkinlik) katsayısı belirlenerek, Şekil 2'de gösterilen saçılma diyagramı çizilmek suretiyle değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu çerçevede, değişkenlerin bağlantısallığına yönelik verilerle yapılan hesaplamalarla Tablo 3 oluşturulmuş ve bu aynı zamanda hem regresyon denkleminin açığa çıkarılmasına hem de korelasyon katsayısının belirlenmesine altlık oluşturmuştur. Buna göre,  $x$  ve  $y$  sütunlarının yanına  $xy$  çarpım sütunu

konuşlandırıldıktan sonra bunların yanına sırasıyla  $x^2$  ve  $y^2$  sütunları getirilmiş ve devamında her sütun için değerler toplamı belirlenirken, özellikle  $x$ ,  $y$  ve  $xy$  sütunu için ortalamadan ayrılış kareler toplamı (OAKT) hesaplanmış olup sadece  $x$  ve  $y$  değerlerinin ortalaması tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Değişkenlerin bağlantısallığına yönelik veriler

No	x	y	xy	$x^2$	$y^2$
1	2.2	2.8	6.2	4.8	7.8
2	2.9	2.6	7.5	8.4	6.8
3	3.3	3.1	10.2	10.9	9.6
4	4.0	3.7	14.8	16.0	13.7
5	4.4	4.9	21.6	19.4	24.0
Toplam	16.8	17.1	60.3	59.5	61.9
OAKT	3.1	3.4	2.8		
ort	3.4	3.4			

ort; ortalama

x; sıvı haldeki absorpsiyon miktarı (gr)

y; kuru haldeki net koruyucu madde miktarı ( $\text{kg m}^{-3}$ )

Hesaplanış farklılığından ötürü, ortalamadan ayrılış kareler toplamı, x için

$$\text{OAKT} = x^2 - ((x)^2 / n) \quad (15)$$

eşitliğiyle belirlenirken, y için

$$\text{OAKT} = y^2 - ((y)^2 / n) \quad (16)$$

eşitliğiyle tespit edilmiş ve xy için

$$\text{OAKT} = xy - ((x \times y) / n) \quad (17)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır. Regresyon denklemini (x ve y veri çifti için) veri noktalarına en iyi uyan doğru bağlamında belirleyebilmek için, en küçük kareler yöntemi ile hesaplamalar yapılmıştır. Bu çerçevede, x'in y'ye göre regresyon denklemi için  $y = a + bx$  eşitliğinde yer alan b değeri

$$b = xy\text{OAKT} / y\text{OAKT} \quad (18)$$

eşitliğiyle 0.83 olarak hesaplanırken, a değeri [ $a = x - by$ ] eşitliğiyle 0.53 olarak bulunmuş olup a ve b değerlerinin ( $x = a + by$  eşitliğine yerleştirilmesiyle) y'ye göre x regresyon denklemi  $x = 0.53 + 0.83y$  şeklinde oluşturulmuş ve (y = 1 birim için) x değeri 1.36 olarak belirlenmiştir. Sonrasında, y'nin x'e göre regresyon denklemi için  $y = a + bx$  eşitliğinde yer alan b değeri

$$b = xy\text{OAKT} / x\text{OAKT} \quad (19)$$

eşitliğiyle 0.93 olarak hesaplanırken, a değeri [ $a = y - bx$ ] eşitliğiyle 0.30 olarak bulunmuş olup a ve b değerlerinin ( $y = a + bx$  eşitliğine yerleştirilmesiyle) x'e göre y regresyon denklemi  $y = 0.30 + 0.93x$  şeklinde oluşturulmuş ve (x = 1 birim için) y değeri 1.23 olarak

belirlenmiştir. Bu hesaplamalar, (farkın en küçük olmasını sağlayan) en iyi uyan doğru denkleminin  $y = 1.23x$  eşitliği ile sağlandığını göstermiş olup korelasyon katsayısı y regresyon denklemi esas alınarak tespit edilmiştir. Buna göre, y regresyon denklemine göre her y verisi için y ortalaması farkının karesi alınarak sapmaların hatası

$$Q = (y_i - y)^2 \quad (20)$$

eşitliğiyle 3.43 olarak tespit edilirken, sapmaların varyansı serbestlik derecesi (n-2) alınmak suretiyle

$$S^2xy = Q / (n-2) \quad (21)$$

eşitliğiyle 1.14 olarak hesaplanmış ve sapmaların standart hatası

$$sH = \sqrt{S^2xy} \quad (22)$$

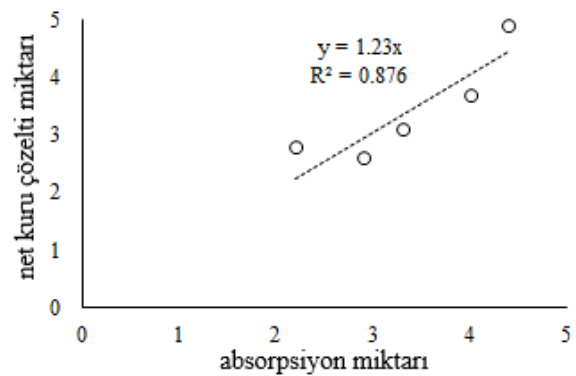
eşitliği ile (sapmaların varyansının karekökü alınarak) 1.07 olarak belirlenmiş ve devamında korelasyon katsayısı

$$R^2 = xy\text{OAKT} / \sqrt{(x\text{OAKT} \times y\text{OAKT})} \quad (23)$$

eşitliğiyle 0.876 olarak elde edilmiştir. Bu değer,

$$R^2 = (n \times xy) - (x \times y) / \sqrt{((n \times x^2) - (x^2)) \times ((n \times y^2) - (y^2))} \quad (24)$$

eşitliği ile Pearson çarpım işlemiyle kontrol edilerek doğrulanmıştır. Elde edilen regresyon denklemi ile korelasyon katsayısı, sıvı halinde çözelti absorpsiyon miktarı ve kuru haldeki net çözelti miktarı itibarıyla deneme çalışması verilerinin dağılımını ihtiva eden saçılma diyagramında gösterilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Saçılma diyagramı ve regresyon doğrusu

Şekil 2'de verisel konumlandırılmayla takdim edilen saçılma diyagramı,  $y = 1.23x$  regresyon denklemi odağında 0.876 olarak hesaplanan korelasyon katsayısının +1'e yaklaşım durumu değerlendirildiğinde, x ve y arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Bu meyanda, (x arttıkça y değeri arttığı için) sıvı haldeki koruyucu maddenin

ahşap malzeme tarafından içerilmesi miktarının ( $x$ ) artışının emprenye işlemi sonunda ahşabın gözeneklerine yerleşen ve liflerine tutunan kuru haldeki net çözelti miktarını ( $y$ ) doğrudan arttırdığı aşıkardır.

## SONUÇ

Bütüncül bir bakış açısıyla bakılacak olursa, “deneysel ahşap koruma uygulamasında numune hazırlama işlemleri ve metodik düzenlemelerin istatistiki yönden değerlendirilmesi” başlığıyla gerçekleştirilen bu çalışma, örnek problem odağında, bir araştırma sürecinde temin edilen deneysel verilerin, konu ve kavram ile bütünleşik formüller (veya eşitlikler) kullanılmak suretiyle, elle yapılan hesaplamalarla neden-sonuç örgüsüyle istatistiksel düzlemde değerlendirilişini örneklemiştir.

Çalışmanın özünü oluşturan tüm veriler, ontoloji-epistemoloji-metodoloji üçlemesiyle kıyasa dayalı bir içsellikle, bilgisayar ortamında Excel programında harmanlanıp işlenerek Minitab paket programıyla istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve el yordamıyla gerçekleştirilen bütün hesaplamaların bilgisayarla ortaya koyulan sonuçlarla birebir aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuç, bir araştırmanın planlanması ve yürütülmesi ile raporlanması aşamalarında, sıralı ve sürekli bir süreç olarak öne çıkan istatistiksel incelemenin, hedefi merkeze alan bakış açısıyla, her türlü yapılabileceğini göstermiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Wilson, E.B. An introduction to scientific research. McGraw-Hill Book Company, 1952.
- [2] Neuman, W.L. Toplumsal araştırma yöntemleri: Nitel ve nicel yaklaşımlar 2, Çeviren: Sedef Özge. Yayın Odası, 2006.
- [3] Yıldırım, A., Şimşek, H. Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Seçkin Yayıncılık, 2013.
- [4] Mead, R. Cumow, R.D., Hasted, A.M. Statistical methods in agriculture and experimental biology. Chapman and Hall, 1993.
- [5] Gülçür, F.K. İstatistik araştırma metodları. İstanbul İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını, Yayın No: 55, 1973.
- [6] Kobu, B. Endüstriyel kalite kontrolü. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3425/182, 1987.
- [7] Turanlı, M., Güriş, S. Temel istatistik. Der Yayınları, 2000.
- [8] Demirhan, H., Hamurkaroğlu, C. İstatistiksel yöntemlere giriş. Hacettepe Üniversitesi Basımevi, 2016.
- [9] Doane, D.P., Seward, L.E. Measuring skewness: A forgotten statistic? Journal of Statistics Education, 19:2 1-18, 2011.
- [10] Barde, M.P., Barde, P.J. What to use to express the variability of data: Standard deviation or standard error of mean? Perspectives in Clinical Research, 3:3 113-116, 2012.
- [11] Yates, F. Contingency tables involving small numbers and the  $\chi^2$  test. Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society, 1:2 217-235, 1934.

- [12] Walck, C. Hand-book on statistical distributions for experimentalists. University of Stockholm, Internal Report: SUF-PFY/96-01, 2007.
- [13] Kul, S. İstatistik sonuçlarının yorumu: P değeri ve güven aralığı nedir? Bulletin of Pleura / Plevra Bülteni, 8:1 11-13, 2014.
- [14] Bhattacharya, B., Habtzghi, D. Median of the p value under the alternative hypothesis. The American Statistician, 56:3 202-206, 2002.
- [15] Meier, K.J., Brudney, J.L., Bohte, J. Applied statistics for public and nonprofit administration. Cengage Learning, 2014.
- [16] Larson, M.G. Analysis of variance. Circulation, 117:1 115-121, 2008.
- [17] Şahinler, S. En küçük kareler yöntemi ile doğrusal regresyon modeli oluşturmanın temel prensipleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5:1-2 57-73, 2000.