

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİDE BİYO-EKO YAKLAŞIM BAĞLAMINDA GÖLGELEME ELEMANLARINA YÖNELİK
YENİ BİR MALZEME ÖNERİSİ: DENEYSEL KARAKTERİZASYON VE BİNA ÖLÇEKLİ
PERFORMANS SİMÜLASYONU

DOKTORA TEZİ

Sena Göknur KOÇ

EKİM 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**MİMARİDE BİYO-EKO YAKLAŞIM BAĞLAMINDA GÖLGELEME ELEMANLARINA
YÖNELİK YENİ BİR MALZEME ÖNERİSİ: DENEYSEL KARAKTERİZASYON VE BİNA
ÖLÇEKLİ PERFORMANS SİMÜLASYONU**

Sena Göknur KOÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
DOKTOR (MİMARLIK)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 / 09 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 15 / 10 / 2025

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA

Trabzon 2025

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mimarlık Anabilim Dalında

Sena Göknur KOÇ Tarafından Hazırlanan

**MİMARİDE BİYO-EKO YAKLAŞIM BAĞLAMINDA GÖLGELEME
ELEMENLARINA YÖNELİK YENİ BİR MALZEME ÖNERİSİ: DENEYSEL
KARAKTERİZASYON VE BİNA ÖLÇEKLİ PERFORMANS SİMÜLASYONU**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 25 /09 /2025 gün ve 2121 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

Üye : Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA

Üye : Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ

Üye : Prof. Dr. Tülin BALI

Üye : Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez kapsamında, biyoplastik filmlerin bina cephelerinde gölgeleme elemanı malzemesi olarak kullanım potansiyeli incelenmiş ve hem yeni hem de mevcut binalar için uygulanabilir bir prototip ortaya konmuştur.

Tez süreci boyunca benimle hayaller kuran, yaptıklarım ve yapabileceklerim konusunda bir an dahi tereddüt etmeyip bana güvenen; akademik kimliğimin gelişmesinde bana ilham veren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA'ya; süreç boyunca değerli katkılarıyla tez izleme jürimde yer alan Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ ve Prof. Dr. Tülin BALI'ye; savunma jürisine katılarak tezin gelişimine önemli katkılar sağlayan Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER ve Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, laboratuvar deneylerimi yürütmemde bana destek olan Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ve Öğr. Gör. Dr. Ergün GÜLTEKİN'e; mekanik testlerde desteklerini sunan Doç. Dr. Hüsnü YEL'e, Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'na ve burada testlerin yürütülmesinde bana yardımcı olan Hüseyin KUDUBAN, Serkan ÖZBEKTAŞ ve Akif USTAOĞLU'na; ısııl geçirgenlik testlerini gerçekleştirmemde destek sağlayan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KURU'ya teşekkürlerimi sunarım.

En büyük teşekkür ise, her zaman sonsuz sevgisini kalbimde hissettiğim; nasihatleri ve dualarıyla daha iyi bir insan olmamı sağlayan, bugünkü beni inşa etmemde her şeyini ortaya koymaktan çekinmeyen anneme... Ayrıca, doğduğu günden beri yüzünü her gördüğümde ve bana her “teyzeee” deyişinde bütün dertlerimi unutturan biricik yeğenim Zeynep Mihra'ya; süreç boyunca destek ve anlayışlarını esirgemeyen tüm aile üyelerime, Semiha SELİM, Gizem SEYMEN ve diğer tüm arkadaşlarıma gönülden teşekkür ederim.

Son teşekkürüm ise süreci hızlandırmam için en büyük motivasyon kaynağım olan ve beni her anlamda daha güçlü bir insan yapan Mavi'ye ve yaşadığı tüm zorluklara rağmen ayakta kalmayı başaran ve hiçbir koşulda vazgeçmeyen kendime...

Sena Göknur KOÇ

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Mimaride Biyo-Eko Yaklaşım Bağlamında Gölgeleme Elemanlarına Yönelik Yeni Bir Malzeme Önerisi: Deneysel Karakterizasyon ve Bina Ölçekli Performans Simülasyonu” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 15/10/2025

Sena Gökñur KOÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç, Kapsam ve Özgün Değer.....	5
1.3. Hipotez ve Araştırma Soruları	8
1.4. Gölgeleme Elemanı Bağlamında Malzeme Kullanımı	10
1.5. Sürdürülebilirlik ve Malzeme Seçimi	12
1.5.1. Eko Tasarım Yaklaşımı	12
1.5.1.1. Geri Dönüştürülmüş Plastik Şişeler ve Mimaride Kullanımı	13
1.5.2. Biyo Mimarlık Yaklaşımı.....	16
1.6. Biyoplastikler.....	23
1.6.1. Biyoplastiklerin Kapsamı ve Türleri	23
1.6.2. Biyoplastiklerin Kaynak Türlerine Göre Sınıflandırması	25
1.6.3. Biyoplastiklerin Küresel Üretimdeki Yeri	26
1.6.4. Biyoplastiklerle ilgili Literatürde Yürütülen Çalışmalar.....	28
1.6.4.1. Biyoplastiklerle ilgili Genel Literatür	30
1.6.4.2. Mimarlık ve Yapı Teknolojisi Alanında Yürütülen Çalışmalar.....	32
1.6.5. Biyoplastiklerin Üretim Yöntemleri.....	41
1.6.5.1. Çözelti Döküm Yöntemi	45
1.6.5.2. Kendin Yap Yöntemi	48
1.6.6. Biyoplastik Üretiminde Kullanılan Bileşenler	50
1.6.6.1. Biyopolimer.....	51
1.6.6.2. Plastikleştirici.....	76
1.6.6.3. Diğer Katkılar.....	81

1.6.7. Biyoplastik Filmlere Uygulanan Karakterizasyon Testleri	86
1.6.7.1. FTIR Testi	86
1.6.7.2. Mekanik Performans Testleri	89
1.6.7.3. Optik Testler	92
1.6.7.4. Isıl İletkenlik Testi	95
1.6.8. Biyoplastiklerin Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması İçin Gereklilikler..	96
1.7. Bölüm Sonu Değerlendirmesi	97
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	101
2.1. Yöntem	101
2.2. Deney	103
2.2.1. Biyoplastik Film Senaryoları	103
2.2.2. Uygulama Yöntem ve Adımları	104
2.2.3. Malzemeler	106
2.2.4. Biyoplastik Filmlerin Üretimi	106
2.2.4.1. Sınırlılıklar ve Önemli Detaylar	108
2.2.5. Karakterizasyon Testleri	111
2.2.5.1. FTIR Testi	111
2.2.5.2. Mekanik Performans Testleri	112
2.2.5.3. Işık Geçirgenliği ve Opaklık Analizi	114
2.2.5.4. Isıl İletkenlik Testi	115
2.3. Prototip Tasarımı	116
2.4. Simülasyon	118
2.4.1. İklimsel Veri	118
2.4.2. Ofis Modülüne Ait Girdiler	119
2.4.3. Senaryo Girdileri	121
2.4.4. Aktivite, Sistem ve Hesaplama Girdileri	125
2.4.5. Güneş Işığı Simülasyonu Girdileri	129
2.5. Maliyet Analizi	131
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	133
3.1. Karakterizasyon Test Sonuçları	133
3.1.1. FTIR Analizi	133
3.1.2. Mekanik Performans Analizi	135
3.1.3. Işık Geçirgenliği ve Opaklık Analizi	138
3.1.4. Isıl İletkenlik Analizi	141
3.2. Simülasyon Test Sonuçları	143

3.2.1. Enerji Simülasyon Sonuçları	143
3.2.2. Güneşli Simülasyonu Sonuçları	148
3.2.3. Optimizasyon.....	150
3.2.3.1. Pareto Analizi.....	154
3.2.4. Simülasyon Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi	155
3.3. Maliyet Analizi	156
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	158
5. KAYNAKLAR.....	163
6. EKLER	195
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

MİMARİDE BİYO-EKO YAKLAŞIM BAĞLAMINDA GÖLGELEME ELEMENLARINA YÖNELİK YENİ BİR MALZEME ÖNERİSİ: DENEYSEL KARAKTERİZASYON VE BİNA ÖLÇEKLİ PERFORMANS SİMÜLASYONU

Sena Göknur KOÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA

2025, 194 Sayfa, 143 Sayfa Ek

Günümüzde sürdürülebilirlik odaklı üretim yaklaşımları, fosil esaslı malzemelerin yerine çevre dostu ve düşük maliyetli alternatiflerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda biyobozunur biyoplastikler; biyoyumluluk, toksik olmama ve doğada parçalanabilirlik gibi avantajlarıyla birçok sektörde araştırılmaktadır. Ancak yapı malzemeleri olarak uygulamaları henüz sınırlıdır. Bu tez çalışmasında, ambalaj sektöründe yaygın olarak incelenen biyoplastik filmlerin bina cephelerinde gölgeleme elemanı olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Sodyum aljinat esaslı filmler, nano çinko oksit ile inorganik ve fotokromik pigment katkılarıyla üretilmiş; yapısal, mekanik, optik ve ısı özellikleri FT-IR, mekanik dayanım, ışık geçirgenliği ve ısı iletkenlik testleriyle analiz edilmiştir. Ardından bu filmlerden bir gölgeleme elemanı prototipi tasarlanmış; elde edilen malzeme verileri ve model, DesignBuilder yazılımında enerji ve güneş ışığı simülasyonlarına entegre edilerek farklı cam tipleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçları enerji ve güneş ışığı kriterleri üzerinden çok kriterli karar verme (MCDM) ve Pareto analizi yöntemiyle optimize edilmiştir. Sonuçlar, biyoplastik filmlerin güneş ışığı kontrolü ve enerji performansı açısından olumlu katkılar sunduğunu, çevresel ve ekonomik açıdan ise geleneksel sistemlere alternatif olabilecek nitelikte olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoplastik film, Fotokromik pigment, Gölgeleme elemanı, Enerji-güneş ışığı simülasyonu, Optik davranış

SUMMARY

NOVEL MATERIAL PROPOSAL FOR SHADING DEVICES IN THE CONTEXT OF BIO-ECO APPROACH IN ARCHITECTURE: EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION AND BUILDING-SCALE PERFORMANCE SIMULATION

Sena Göknur KOÇ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Department
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sibel MAÇKA KALFA
2025, 194 Pages, 143 Pages Appendix

Today, sustainability-oriented production approaches necessitate the development of environmentally friendly and cost-effective alternatives to fossil-based materials. In this context, biodegradable bioplastics have gained attention due to their advantages such as biocompatibility, non-toxicity, and biodegradability; however, their applications as building materials are still limited. In this thesis, the potential use of bioplastic films, commonly studied in the packaging sector, as facade shading devices was investigated. Sodium alginate-based films were produced with the addition of nano zinc oxide as well as inorganic and photochromic pigments, and their structural, mechanical, optical, and thermal properties were analyzed through FT-IR, mechanical strength, light transmittance, and thermal conductivity tests. Subsequently, a shading device prototype was designed using these films, and the obtained material data and model were integrated into energy and daylight simulations in DesignBuilder software for comparative evaluation with different glazing types. Simulation results were optimized using multi-criteria decision-making (MCDM) and Pareto analysis methods based on energy and daylight performance criteria. The results revealed that bioplastic films can offer significant advantages in terms of daylight control and energy performance, and that they have the potential to serve as environmentally and economically viable alternatives to conventional systems.

Key Words: Bioplastic film, Photochromic dye, Shading device, Energy-daylight simulation, Optical behaviour

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 1. People's Pavyonu: Geri dönüştürülmüş plastik malzemelerden üretilen karolarla inşa edilen cephe örneği	15
Şekil 2. Geri dönüştürülmüş plastiklerin farklı projelerdeki uygulama biçimlerine dair örnekler.....	16
Şekil 3. Farklı malzeme ve teknikler kullanılarak üretilen biyomalzeme/kompozit örnekleri.....	18
Şekil 4. Farklı biyomalzemelerin moda sektöründe kullanımına örnekler	18
Şekil 5. ArboSkin pavyonu	19
Şekil 6. Doku verici teknikler kullanılarak 3D baskı yöntemiyle üretilen biyoplastik film örnekleri	20
Şekil 7. Farklı biyo esaslı malzemeler kullanılarak yapılan sergi amaçlı inşa edilmiş bir ev örneği	21
Şekil 8. Biyoplastik membran ile kaplanması planlanan bir pavyona ait fikir projesi örneği	22
Şekil 9. Polimer kaynağı ve bozunma durumlarına göre biyoplastiklerin kapsamı.....	23
Şekil 10. Plastiklerin kullanılan kaynak türü ve bozunma durumlarına göre sınıflandırılması	24
Şekil 11. Biyoplastiklerin kaynak türlerine göre sınıflandırması	26
Şekil 12. Malzeme türüne göre küresel biyoplastik üretimi (2022-2027)	27
Şekil 13. Sektörel bazda biyoplastik üretim kapasitesi-2022 (solda), sektörlere göre plastik tüketim oranları (sağda)	28
Şekil 14. Biyoplastik konulu çalışmaların yıllara bağlı olarak artışı	30
Şekil 15. Biyoplastik malzemelerden üretilen farklı panel örnekleri.....	33
Şekil 16. Biyoplastik malzemelerde farklı boyama yöntemi ve boya türleri ile yapılan renklendirme örnekleri.....	37
Şekil 17. Farklı renk katmanları ve lazer kesim yöntemiyle elde edilen şeffaf biyoplastik üç boyutlu yüzey dokularındaki renk, ışık ve gölge etkileşimleri	38
Şekil 18. Sodyum aljinattan üretilen biyoplastik ipliklerin dokuma uygulamalarına örnekler	45
Şekil 19. Çözelti döküm yönteminin uygulama adımları	47
Şekil 20. Biyoplastik üretiminde kullanılan malzeme türleri, örnekleri ve amaçları.....	51

Şekil 21.	Harici ve dahili çapraz bağlama işlemlerinin yer aldığı aljinat film üretim adımları.....	55
Şekil 22.	Biyoplastik malzemelere eklenen katkı malzemelerinin katkı türü ve yapısal özelliklerine bağlı olarak sınıflandırması	81
Şekil 23.	FTIR karakteristik bant bölgeleri.....	88
Şekil 24.	Yöntem akışı.....	101
Şekil 25.	Deney iş akış şeması.....	105
Şekil 26.	Numunelerin tartımı (solda), sodyum aljinatın çözeltiye eklenmesi (ortada), ısıtıcıli karıştırıcıda işleme süreci (sağda).....	107
Şekil 27.	Numuneler ultrasonik banyoda (solda), teflon kaplamalı cam kalıba çözeltinin henüz dökümü yapılmış hali (sağda)	107
Şekil 28.	Kalsiyum klorür çözeltisiyle harici çapraz bağlama işlemi sonrasında numunelerin deformasyonuna dair görseller	109
Şekil 29.	Çözeltiye 0,1 g (kuru polimere göre ağırlıkça %2,5) nano katkı eklendiğinde biyoplastik filmin opaklık durumu.....	110
Şekil 30.	FTIR spektrometre (solda), numunenin ölçüm alanına yerleştirilmesi (sağda).....	111
Şekil 31.	Çekme test cihazı (solda), dijital mikrometre (sağda).....	113
Şekil 32.	Test aşamasından bazı görseller	113
Şekil 33.	UV-VIS-NIR Spektrofotometre (solda), numunenin entegre küre eklentisine yerleştirilmesi (sağda)	115
Şekil 34.	Isıl iletkenlik testleri test sırasında çekilen bazı görseller: numunenin yerleştirilmesi (solda) ve ölçüm yapılırken (sağda).....	116
Şekil 35.	Gölgeleme elemanı prototipi; montaj öncesi (solda), montaj sonrası (sağda).....	117
Şekil 36.	Ofis modülünün planı ve üç boyutlu görseli.....	120
Şekil 37.	Prototipin penceredeki konumu: üç boyutlu görsel (solda) ve kesit (sağda).....	122
Şekil 38.	Tüm senaryoların karşılaştırılmış FTIR spektrumları	133
Şekil 39.	Yıllık soğutma ve ısıtma yükleri ile aydınlatma enerji tüketimi karşılaştırması	144
Şekil 40.	Güneş ışığı analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	149
Şekil 41.	Pareto-optimum sonuçlar.....	155

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
Tablo 1. Biyo-Eko gölgeleme elemanın sağlaması beklenen avantajlar ile öngörölen risklerden kaynaklı olası dezavantajlar	8
Tablo 2. Biyoplastiklerin genel ve yapı sektöründe kullanımına ilişkin yapılan araştırmaların nicel analizi.....	29
Tablo 3. Biyoplastik üretiminde kullanılan polimerlerin kaynak türüne göre üretim yöntemleri.....	42
Tablo 4. Katkı türüne bağlı olarak literatürdeki biyoplastik film üretim prosedürünün analizi.....	70
Tablo 5. Nano çinko oksit ve boya katkılı sodyum aljinat esaslı biyoplastikler için örnek FTIR karakteristik bantları	87
Tablo 6. Biyoplastik film senaryoları	104
Tablo 7. Mekanik testler için boyutlandırılmış numuneler.....	112
Tablo 8. Optik testler için boyutlandırılmış numuneler.....	114
Tablo 9. Antalya ilinin soğutma sezonu ve yıllık ortalama değerleri (1930 - 2024).....	119
Tablo 10. Duvar, tavan ve döşeme konstrüksiyonlarının U-değerleri	120
Tablo 11. Gölgeleme elemanı ve pencere sisteminin temel simölasyon girdileri	121
Tablo 12. Cam tiplerinin solar-optik özellikleri ve boyutları	123
Tablo 13. Biyoplastik film senaryolarının solar-optik ve ısı özelliklerine ait simölasyon girdileri	124
Tablo 14. Simölasyon senaryo kodları.....	125
Tablo 15. Temel simölasyon girdileri	126
Tablo 16. Güneşli simölasyonu hesaplama yöntemine dair girdiler.....	130
Tablo 17. Güneşli metrikleri için standartlarda belirlenmiş minimum eşik değerler	131
Tablo 18. FTIR spektrum özeti.....	134
Tablo 19. Mekanik testlerde ölçölen numunelerin ortalama kalınlığı ile TS ve Eb sonuçları.....	136
Tablo 20. Tüm senaryolara ait çekme gerilmesi grafikleri	136
Tablo 21. Tüm senaryoların belirli dalga boylarındaki ışık geçirgenlik ve opaklık değerleri	139
Tablo 22. UV, görünür ve güneş enerjisi bölgeleri için geçirgenlik (T), yansıma (P) ve K/S değerleri	139
Tablo 23. Biyoplastik film senaryolarına ait ısı davranışlar	141

Tablo 24.	Senaryolara göre birim metrekare başına yıllık duyulur enerji yükleri, aydınlatma ve toplam enerji tüketimi	143
Tablo 25.	Senaryoların enerji tasarrufu açısından karşılaştırmaları	145
Tablo 26.	Güneşli metriklerine bağlı analiz sonuçları	148
Tablo 27.	Kriterler için belirlenen hedefler ve ağırlıklar	152
Tablo 28.	Optimum senaryo seçimi için oluşturulan karar matrisi	153
Tablo 29.	Biyoplastik film senaryolarına ait malzeme maliyet hesabı (2025)	157



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A:	Başlangıç kesit alanı
a:	Ağırlık
bl:	Mavi pigment boya
br:	Kahverengi pigment boya
BF:	Biyofilm
DBL:	Mavi renkli cam tipi
DBR:	Bronz renkli cam tipi
DCL:	Berrak cam tipi
DLW:	Low-E cam tipi
DIY:	Kendin yap yöntemi
d/dk:	Devir/dakika
Eb:	Kopma uzaması
F _{maks} :	Kopma anındaki maksimum kuvvet
G:	Gliserol
J:	Jul
K/S:	Kubelka-Munk oranı
L:	Kopma anında uzama
L ₀ :	Başlangıçtaki kavrama ayrımı
NIR:	Yakın kızılötesi
nm:	Nanometre
pc:	Fotokromik pigment boya
RH:	Bağıl nem
TS:	Gerilme mukavemeti
UV:	Ultraviyole
VIS:	Görünür bölge
Z:	Nano çinko oksit katkısı
λ :	Isı iletkenlik katsayısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerji ihtiyacı ve çevresel sorunlar, dünya genelinde güncelliğini daima koruyan kritik konular arasında yer almaktadır. Bu sorunlar, insanların ve diğer canlıların fiziksel ve zihinsel sağlığını, yaşam koşullarını ve genel yaşam kalitesini dolaylı olarak etkilemektedir. Küresel enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinin yapı sektöründen kaynaklandığı göz önünde bulundurulduğunda (Dean vd., 2016; Abergel vd., 2017), bu sektörlerin hem sorunun hem de çözümün merkezinde yer aldığı açıktır.

Karbon emisyonlarına bakıldığında, küresel enerjiye bağlı emisyonların yaklaşık %9'u binalarda doğrudan fosil yakıt kullanımından, %18'i binalardaki elektrik ve ısı tüketiminden, %10'u ise inşaat malzemelerinin üretiminden kaynaklanmaktadır (Abergel & Delmastro, 2021). Günümüzde birçok yapı malzemesi hâlâ fosil esaslı kaynaklara dayanmaktadır. Hatta yeni binalarda kullanılan yapı malzemelerinin üretiminden kaynaklanan gömülü karbon miktarı, çoğu zaman binanın işletim sürecindeki karbon emisyonlarını dahi aşmaktadır (Röck vd., 2020).

Son yıllarda, yapı çevredekı karbon emisyonlarının %75'lik kısmını oluşturan işletim karbonunun azaltılmasına yönelik çalışmalara yoğunlaşılmıştır. Ancak UNEP raporuna göre (2023), 2050 yılına kadar gömülü karbon miktarının, işletim aşamasındaki karbon emisyonlarıyla neredeyse eşit seviyeye ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, sadece binanın işletme aşamasındaki emisyonlarını azaltmanın yeterli olmadığını; aynı zamanda binayı oluşturan yapı bileşenlerinin seçimi, üretimi ve kullanımında da sürdürülebilirlik kriterlerinin gözetilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, binaların çevresel etkilerini azaltabilecek, toksik içermeyen ve biyo kütle temelli alternatif yapı malzemelerine yönelik araştırmalar son yıllarda artış göstermektedir (Zboinska vd., 2023).

Kalıcı çözüm arayışları, sürdürülebilir tasarım ilkeleri, teknolojik gelişmeler, uluslararası anlaşmalar (örneğin Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması) ile Avrupa Birliği'nin Enerji Performansı Direktifleri gibi yasal düzenlemeler doğrultusunda küresel ölçekte devam etmektedir. 6 Ekim 2021 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) tarafından onaylanan Paris Anlaşması'na göre (UNFCCC, 2015), 190 taraf ülkenin 21. yüzyılın ikinci

yarısına kadar sera gazı emisyonlarını azaltmak ve net sıfır emisyon hedefini gerçekleştirmek için somut adımlar atması beklenmektedir.

Benzer şekilde, AB Enerji Performansı yönetmeliklerinde (European Union, 2002; 2010; 2018) kısa, orta ve uzun vadeli hedeflerle karbon emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliğinin optimum maliyet çerçevesinde sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması yönünde politikalar benimsenmiştir. Bu bağlamda, 2019 yılında sunulan Avrupa Yeşil Anlaşması (European Commission, 2019), AB üyesi ülkeleri daha sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre için kapsamlı politikalar geliştirmeye yönlendirmiştir. Anlaşmaya göre, Avrupa'nın 2050 yılına kadar karbon nötr hale gelmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, inşaat ve renovasyon projelerinin de karbon emisyonunun sıfırlanması kapsamında binaların tasarımının her aşamada döngüsel ekonominin ihtiyaçlarına uygun olması, bina stoğunun daha fazla dijitalleştirilmesi ve iklime dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir.

Avrupa Yeşil Anlaşması'nın hedeflerini uygulamaya geçirmek amacıyla başlatılan Yeni Avrupa Bauhaus (NEB) girişimi, karbon nötrlüğü ve döngüsellik ilkeleri çerçevesinde biyo esaslı yapı malzemelerine odaklanmıştır (European Commission, 2023). Ancak bu girişimler henüz başlangıç aşamasında olup, uygulama düzeyinde yaygınlaşmamıştır.

Yapı malzemeleri bağlamında, çevreye en fazla zarar veren unsurlardan biri olan plastikler için de yeni düzenlemeler geliştirilmektedir. Avrupa Komisyonu'nun genel yaklaşımı, plastiklerin geri dönüştürülmesini teşvik etmek ve tek kullanımlık plastiklerin kullanımını kısıtlamaktır. Bu doğrultuda, Avrupa Parlamentosu 2019 yılında Tek Kullanımlık Plastikler (SUP) Direktifini (European Parliament and Council of the European Union, 2019) yayınlamış; bu direktif kapsamında plastik ambalajların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, oksobozunur plastiklerin yasaklanması, bazı ürünlerin etiketlenmesi ve tüketici bilincinin artırılması gibi stratejiler benimsenmiştir.

ABD, Çin, Güney Kore ve Japonya gibi diğer ülkelerde de plastik ürünlerin kullanımının aşamalı olarak azaltılmasına yönelik benzer uygulamalar yürürlüğe girmiştir (Jayakumar vd., 2023). Türkiye'de ise 2019 yılında uygulamaya alınan ücretli plastik poşet sistemi sonrasında, tek kullanımlık poşet tüketimi %77 oranında azalmış, yeniden kullanılabilir poşetlerin kullanımı artış göstermiştir. Ancak plastik atık yönetimi açısından Türkiye hâlen önemli yapısal sorunlarla karşı karşıyadır. Hem işlenmemiş plastik üreticisi hem de ithalatçısı olan Türkiye'de, üretilen plastiklerin yaklaşık %20'si yapı sektöründe kullanılmaktadır. Bu oran küresel ölçekte de benzer seviyededir (Plastic Europe & EPRO,

2022; Karasik, 2022). Bu durum, ambalaj sektöründen sonra yapı sektörünün en büyük plastik tüketicisi konumunda olduğunu göstermektedir.

Eurostat verilerine göre (2020) Türkiye, Avrupa Birliği'nden en fazla geri dönüştürülebilir plastik atık ithal eden ülke konumundadır. Ancak, üretilen veya ithal edilen yaklaşık 3,7 milyon ton plastik atığın yalnızca %6'sının geri dönüştürülebildiği tahmin edilmektedir (Karasik, 2022). Bu oran, mevcut atık yönetimi sisteminin yetersizliğine ve çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi bir soruna işaret etmektedir. Bahsi geçen girişimler ve istatistiki veriler, yapı sektöründe kullanılan yapı malzemelerinin çevresel etkisinin oldukça yüksek olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu alanda acil ve somut adımların atılması zorunludur. Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (UNDP, 2015) çerçevesinde belirlediği 17 hedeften biri olan 12. madde, "Sorumlu Üretim ve Tüketim" başlığı altında, daha sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarına geçişi teşvik etmektedir. Bu doğrultuda, yalnızca mevcut yapı malzemelerinin geri dönüştürülmesine yönelik çabalar yeterli olmayıp; aynı zamanda biyobozunur ve biyo esaslı alternatif malzemelerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik araştırmaların artırılması gerekmektedir. Bu yaklaşım, plastik temelli çevresel sorunun kökten çözümüne katkı sağlayabilecek niteliktedir.

Avrupa Birliği, son yıllarda yayımladığı eylem planlarında malzemeler ile çevre arasındaki etkileşimi optimize etmeyi hedefleyen "Döngüsel Ekonomi" kavramına sıkça vurgu yapmaktadır (Jones & Brischke, 2017). Döngüsel ekonomi modeline geçişte, biyo esaslı malzemelerin kullanımı önemli bir rol oynamakta; bu kapsamda, biyobozunur biyoplastikler, biyo ekonominin ayrılmaz ve stratejik bir parçası olarak öne çıkmaktadır.

Bu doğrultuda, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından hayata geçirilen "BioPreferred® Programı", biyo esaslı ürünlerin kullanımını artırmayı hedeflemektedir. Program kapsamında, bu ürünlerin federal alımlarda önceliklendirilmesi, sertifikalandırılması ve etiketlenmesi yoluyla:

- Petrole olan bağımlılığın azaltılması,
- Yenilenebilir tarımsal kaynakların daha etkin kullanılması,
- Çevresel ve sağlık temelli olumsuz etkilerin en aza indirilmesi,
- Ekonominin güçlendirilmesi,

amaçlanmaktadır (United States Department of Agriculture, 2021).

Çin, Güney Kore ve Japonya gibi ülkeler de benzer şekilde biyoplastik üretimi ve kullanımını teşvik eden politika ve programlar geliştirmektedir. Bu küresel eğilim

doğrultusunda, biyoplastik pazarı son yıllarda hızla büyüme eğilimi göstermektedir (Jayakumar vd., 2023). Konuyla ilgili detaylı bilgiler, Bölüm 1.6.3’de sunulmaktadır.

Özetle, çevresel sorunlara yönelik çözüm arayışlarında plastik kullanımının azaltılması ve yeniden kullanıma kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, plastiklerin geri dönüştürülmesi ve fosil esaslı plastiklerin yerine biyo esaslı ve biyobozunur plastiklerin kullanılması, öncelikli çözüm yolları arasında değerlendirilmektedir. Ambalaj sektöründen sonra en yüksek plastik tüketimine sahip olan yapı sektörü, bu dönüşümün merkezinde yer almaktadır. Yapı malzemelerinin kaynaklarının, üretim süreçlerinin ve kullanım şekillerinin dönüştürülmesi, çevresel etkilerin azaltılmasında kritik bir rol oynayacaktır.

Mimari alanda alınabilecek önlemler arasında, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir kaynakların kullanımı büyük önem arz etmektedir. Buna ek olarak, doğadan ilham alan bio-esinli ve morfogenetik tasarım yaklaşımları, sürdürülebilir mimarlıkta giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlar, doğanın yenilenme mekanizmalarının, fenomenlerinin ve işleyiş biçimlerinin derinlemesine anlaşılmasını ve bu süreçlerden ilham alınarak kaynakların verimli kullanımını hedeflemektedir. Bu bağlamda, tez kapsamında, doğanın en önemli enerji kaynaklarından biri olan güneş ışığından en etkili biçimde yararlanmak ve aynı zamanda aşırı güneş kazanımına karşı koruma sağlamak amacıyla, gölgeleme elemanlarının yapı malzemesi bağlamında yeniden yorumlanması önerilmektedir. Böylece hem malzeme kaynaklı çevresel yükün azaltılması hem de güneş kontrolü yoluyla enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir.

Güneşin, insan sağlığı ve yaşam sürdürülebilirliği üzerindeki etkisi uzun süredir bilinmektedir (Hausladen vd., 2008). Günışığı, yalnızca fiziksel ve görsel konfor koşullarını değil; aynı zamanda enerji tüketimi, sağlık ve mekânsal deneyim gibi pek çok faktörü etkileyerek bina yaşam döngüsü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle günışığı, mimari tasarımın merkezinde yer almakta ve çok sayıda araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

Cephe ve gölgeleme sistemleri (Hosseini vd., 2019; Chi vd., 2020; Fathy vd., 2020; Jakubowsky & Boer, 2022; Wonorahardjo vd., 2022), aydınlatma sistemlerinin tasarımı (Chen vd., 2020; Garcia-fernandez & Omar, 2022; Gentile vd., 2022; Liu vd., 2022) ve güneş enerjili ısıtma-soğutma çözümleri (Maurer vd., 2012; Agathokleous vd., 2019; Noaman vd., 2022) bu alandaki temel araştırma başlıkları arasında yer almaktadır. Bu çalışmalarda ortak amaç; çevresel zararı en aza indirmek, kullanıcıya fiziksel ve zihinsel açıdan sağlıklı bir

ortam sağlamak, görsel konforu artırmak ve enerji tüketimini minimum düzeye indirmek için günışığından en verimli şekilde yararlanmaktır. Bu alandaki araştırmalar, farklı çözüm önerilerine ve yeni tasarım yaklaşımlarına açık, dinamik bir alan olarak gelişmeye devam etmektedir.

Ancak yalnızca doğal kaynağa dayalı bir sistem tasarlamak yeterli değildir; bu sistemin üretimi, işletilmesi ve kullanım ömrü sonunda bertaraf edilme şekli de sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bir sistemin doğaya entegre olabilmesi için yaşam döngüsü boyunca çevreye zarar vermemesi, mümkünse geri dönüştürülebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir özellikler taşıması gerekir. Bu konu, Bölüm 1.5.1’de detaylı olarak ele alınmaktadır.

Bu bilgiler ışığında, bu tez çalışması kapsamında biyobozunur ve geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılarak tasarlanmış bir Biyo-Eko gölgeleme elemanı önerilmektedir. Tasarlanan bu elemanın, biyolojik ve ekolojik fayda sağlamasının yanı sıra erişilebilir, düşük maliyetli ve hafif olması hedeflenmiştir. Tasarım önerisinin performansı, bina düzeyinde enerji tüketimi ve günışığı erişimi üzerindeki etkileriyle değerlendirilmiştir. Böylece, yapı malzemesi seçimlerinin hem çevresel sürdürülebilirlik açısından hem de günışığı temelli görsel kalite açısından ne gibi katkılar sağlayabileceği ortaya konulmuştur.

1.2. Amaç, Kapsam ve Özgün Değer

Bu tez kapsamında, bina cephelerinde kullanılabilecek biyolojik ve ekolojik nitelikli bir iç gölgeleme elemanının geliştirilmesi ve bu elemanın bina enerji ve günışığı performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan bu Biyo-Eko gölgeleme elemanı ile, hem çevresel yönden sürdürülebilir malzemelerle üretilmesi hem de iç mekânda günışığı kontrolüne katkı sağlayarak görsel konforu iyileştirmesi yönüyle geleneksel sistemlere yenilikçi bir alternatif sunmak hedeflenmiştir. Ayrıca, bu gölgeleme elemanının yalnızca yeni bina projelerine değil mevcut yapı stoğuna da entegre edilebilir olması planlanmıştır.

Bu çalışmanın çıkış noktası, yapı elemanlarının yaşam döngüsü boyunca çevreye verdiği zararın azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılmasına yönelik sürdürülebilir tasarım arayışıdır. Yapı malzemelerinin yalnızca işlevsel görevlerini yerine getirmesinin ötesine geçerek, malzeme kaynaklı çevresel etkilerini en aza indirmesi günümüz mimarlığında giderek daha fazla önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, geleneksel gölgeleme

elemanlarına işlevlerini koruyarak, malzeme özelliklerinin yeniden yorumlanması yoluyla ekolojik çözüm yetenekleri kazandırılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, iç mekânda kullanılacak olan hareketli bir panel prototipi tasarlanmıştır. Prototipin ana gövdesinin sodyum aljinat esaslı biyoplastik filminden, taşıyıcı çerçevesinin ise geri dönüştürülmüş plastikten üretilmesi planlanmıştır. Böylece bu yapı elemanının, hem biyolojik olarak parçalanabilir bir ana malzemeye sahip olması hem de taşıyıcı sistem açısından atık malzemelerin yeniden değerlendirilmesiyle ekolojik tasarım ilkelerine katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

Biyoplastik film formülasyonlarının geliştirilmesinde çeşitli katkı maddeleri kullanılmıştır:

- Nano çinko oksit: Yapısal dayanım ve UV direncini iyileştirmek,
- İnorganik pigmentler: Optik performansı ve tasarım çeşitliliğini artırmak,
- Fotokromik pigmentler: Işığa duyarlı dinamik kontrol sağlayabilmek

amacıyla formülasyonlara dâhil edilmiştir.

Katkı oranları, literatür taramaları ve ön denemeler doğrultusunda belirlenmiştir. Üretilen filmler, FTIR, mekanik, optik ve ısı karakterizasyon testlerine tabi tutularak performans açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen ısı ve ışık geçirgenlik değerleri, sayısal modelleme ortamına entegre edilerek bina ölçeğinde enerji ve güneş ışığı performansı açısından analiz edilmiştir.

Simülasyon çalışmaları, sıcak-nemli iklim kuşağında yer alan Antalya (Türkiye) iklim verilerine göre gerçekleştirilmiştir. Modelleme kapsamında, merkezi çekirdekli bir ofis katında yer aldığı varsayılan ve yalnızca bir cephesi dış ortamla temas eden, güney cepheli $2,70 \times 5,00 \times 3,00$ m boyutlarında bir ara ofis modülü esas alınmıştır. Bina enerji ve güneş ışığı simülasyonları DesignBuilder yazılımı aracılığıyla yürütülmüştür.

Her bir biyoplastik film senaryosu için geliştirilen gölgeleme elemanları, dört farklı cam tipi ile birlikte test edilmiştir:

- Berrak cam,
- Solar kontrol özellikli düşük emisyonlu (Low-E) cam,
- Mavi renkli cam,
- Bronz renkli cam

Gölgeleme elemanı kullanılan ve kullanılmayan senaryolar enerji (ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimleri) ve güneş ışığı (mekânsal güneş ışığı otonomisi, faydalı güneş ışığı aydınlatması) performansları açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu

aşamadan sonra simülasyon sonuçları çok kriterli karar verme yöntemi (MCDM) ve Pareto analizi ile optimize edilmiştir. Kriter ağırlıkları tamamen veriye dayalı ve nesnel bir yaklaşım olan CRITIC yöntemi ile hesaplanmıştır.

Ayrıca malzeme maliyetlerine dayalı olarak ekonomik fizibilite değerlendirmesi yapılmış ve prototip, piyasada yaygın olarak kullanılan gölgeleme sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda, potansiyel olarak yaygınlaştırılabilir, düşük maliyetli ve “kendin yap” (DIY) nitelikli bir prototipin üretilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın bilimsel özgünlüğü aşağıdaki katkılarla tanımlanmaktadır:

- Gölgeleme elemanının çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve geri dönüştürülmüş malzemelerle üretilmesi; taşıyıcı çerçevenin geri dönüştürülmüş plastik ve gövde malzemesinin biyo esaslı ve biyobozunur özellikte olması,
- Biyoplastik film formülasyonlarının belirlenmesi ve gölgeleme elemanı olarak kullanılmalarına uygunluğunun yapısal, mekanik, optik ve ısı karakterizasyon testleri ile analiz edilmesi,
- Geliştirilen biyoplastik filmin iç gölgeleme elemanı prototipi olarak tasarlanması,
- Prototipin sayısal simülasyon ortamında modellenmesi ve farklı film formülasyonlarının ısı-optik özelliklerinin yazılıma tanıtılarak, bir ofis modülü düzeyinde dört farklı cam tipiyle birlikte bina enerji performansı ve güneşiği erişimi üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi,
- Çok kriterli karar verme yöntemi (MCDM) ve Pareto analizi ile enerji ve güneşiği performansı açısından optimum film ve cam tipi kombinasyonlarının belirlenmesi,
- Malzeme bazlı maliyet analizi ile sistemin ekonomik uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi

Özetle, biyoplastiklerin film formunda gölgeleme sistemlerinde daha önce kullanılmamış olması, elemanın özgün bir yapı bileşeni olarak değerlendirilmesini mümkün kılmakta; potansiyel avantajları ile birlikte ele alındığında tezin özgün değerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, tez kapsamında izlenen yöntemsel yaklaşım da tezin özgünlüğü desteklemekte; malzeme geliştirme, malzeme düzeyinde performans karakterizasyonu, prototip tasarımı, bina ölçeğindeki enerji-güneşiği simülasyon analizleri, optimizasyon çalışması ve basitleştirilmiş maliyet analizini bir araya getiren çok yönlü bir tasarım ve değerlendirme süreci sunmaktadır.

1.3. Hipotez ve Araştırma Soruları

Tez kapsamında, gölgeleme elemanlarında yaygın olarak kullanılan fosil esaslı malzemelerin yerine kullanılabilecek sürdürülebilir nitelikte malzemeler önerilmesi planlanmıştır. Bu doğrultuda geliştirilecek olan prototiplerin, gölgeleme elemanlarında halihazırda kullanılan malzemelerin yerine geçebilmesi için işlevsel, çevresel ve ekonomik açılardan geçerli avantajlar sunması gerekmektedir.

Tablo 1’de Biyo-Eko gölgeleme elemanının mevcut malzemelere kıyasla potansiyel avantajları ile deneysel niteliğinden kaynaklanabilecek muhtemel dezavantajlar sunulmuştur. Bu dezavantajların tez kapsamında tartışılması ve mümkünse giderilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 1. Biyo-Eko gölgeleme elemanının sağlaması beklenen avantajlar ile öngörülen risklerden kaynaklı olası dezavantajlar

Avantajlar	Dezavantajlar / Riskler
✓ Biyo esaslı ve biyobozunur malzeme kullanımı sayesinde çevresel etki azaltımı	× Mekanik dayanımın genel olarak fosil esaslı malzemelere göre düşük olması
✓ Geri dönüştürülmüş plastik kullanımı ile atık yönetimine katkı	× Geri dönüştürülmüş malzeme kalitesindeki değişkenliğin mekanik stabiliteyi etkileme riski
✓ Malzeme kaynaklı karbon ayak izinin düşük olması	× Yüksek sıcaklık, nem, UV gibi dış etkenlere uzun vadeli dayanımın sınırlı olması riski
✓ Enerji tüketimini ve soğutma yükünü azaltarak işletim karbonunu düşürmesi	× Endüstriyel üretime geçişte ölçeklenebilirlik sorunu
✓ Görsel konfor ve günışığı kontrolünü artırma potansiyeli	× Yeni bir ürün olması nedeniyle kullanıcı önyargısı sürecine takılması riski
✓ Kendin yap (DIY) niteliğiyle düşük maliyetli ve kullanıcı dostu kurulum olanağı	× Hammaddelerin temininde istikrarın olmaması durumunda maliyet artışı riski
✓ Mevcut iç cephe cam sistemlerine entegre edilebilme esnekliği	× Prototip bazlı çözüm olması nedeniyle standartlaşma ve sertifikasyon süreçlerinin eksikliği

Tezin hipotezi, üretilecek olan Biyo-Eko gölgeleme elemanının, iç mekânda kullanılan geleneksel gölgeleme sistemlerine kıyasla; daha sürdürülebilir, ekonomik, kolay üretilebilir, biyobozunur veya geri dönüştürülebilir, hafif, ışık geçirgenliği sağlayan, görsel konforu artıran, enerji tasarrufuna katkı sunan ve estetik değeri yüksek bir yapı bileşeni olabileceğidir.

Bu bağlamda, tez kapsamında gölgeleme elemanının gövdesinde kullanılması planlanan biyoplastik malzemelere öncelikli olarak odaklanılmıştır. Söz konusu hipotezi sınamak ve önerilen sistemin işlevsel, teknik, ekonomik ve çevresel uygunluğunu değerlendirmek amacıyla, tez kapsamında aşağıdaki temel sorulara yanıt aranması hedeflenmiştir:

Malzeme Geliştirme ve Karakterizasyon:

- Biyo esaslı ve biyobozunur özellikteki biyoplastik malzemeler, gölgeleme elemanı olarak kullanıma uygun mudur?
- Önerilen biyoplastik film, mekanik, ısı ve optik açıdan iç mekân uygulamaları için yeterli performans düzeyine ulaşabilir mi?
- Biyoplastik film formülasyonuna ne tür katkılar hangi amaçlarla eklenebilir?
- Bu katkı maddeleri malzemenin yapısal, mekanik ve ısı-optik özelliklerini nasıl etkiler?
- Üretilen biyoplastik filmler, ışık geçirgenliği ve manzara arasında dengeli bir performans sunabilir mi?

Enerji ve Güneş ışığı Performansı:

- Biyoplastik film esaslı gölgeleme elemanları, farklı cam tipleriyle birlikte uygulandığında, bina ölçeğinde enerji tüketimi ve güneş ışığı erişimi üzerinde nasıl bir etki yaratmaktadır?

Uygulama potansiyeli:

- Biyoplastik malzemelerin iç mekânda kullanımı yapısal, işlevsel ve görsel açıdan uygun mudur?
- Geliştirilen gölgeleme elemanı, iç cephede nasıl konumlandırılmalı ve bu konum binanın iç ortam koşullarını nasıl etkilemektedir?
- Gölgeleme elemanı, yapı elemanı olma kriterlerini (dayanım, bütünleşebilirlik vb.) karşılamakta mıdır?
- Önerilen sistem hem endüstriyel üretime hem de “kendin yap” (DIY) tipi üretime uygunluk gösterebilir mi?

Ekonomik Uygulanabilirlik:

- Geliştirilen biyoplastik film senaryolarının metrekaresi bazında üretim maliyeti nedir?
- Bu maliyetler, geleneksel iç gölgeleme sistemleriyle karşılaştırıldığında nasıl bir rekabet avantajı ya da dezavantaj sunmaktadır?

Sürdürülebilirlik ve Uygulama Potansiyeli:

- Biyo esaslı ve geri dönüştürülmüş içeriklere dayalı bu sistem, çevresel sürdürülebilirlik açısından mevcut malzemelere göre ne gibi avantajlar sağlar?
- Hafifliği, üretim kolaylığı ve modülerliği sayesinde geliştirilen prototip, yaygınlaştırılabilir ve farklı yapılar entegre edilebilir bir çözüm sunabilir mi?

Belirlenen bu araştırma sorularına, tezin ilerleyen bölümlerinde yürütülen kapsamlı literatür taraması ile birlikte, deneysel çalışmalar ve sayısal modelleme süreçleri doğrultusunda yanıt aranmıştır.

1.4. Gölgeleme Elemanı Bağlamında Malzeme Kullanımı

Binalarda iç mekânın ısı ve görsel konfor koşullarını sürdürülebilir şekilde sağlamak ve aynı zamanda bina enerji performansını iyileştirmek amacıyla gölgeleme elemanlarının kullanımı etkili bir çözümdür. Özellikle soğutma yükünün yüksek olduğu iklim bölgelerinde ve cam yüzey oranı fazla olan bina tipolojilerinde, güneş kaynaklı istenmeyen ısı kazancını azaltmak açısından bu sistemlerin kullanımı giderek daha kritik hale gelmektedir (Koç & Maçka Kalfa, 2021).

Ancak birincil işlevi ısı konforu desteklemek olan bu yapı elemanları, aynı zamanda iç mekâna ulaşan yararlı güneş ışığı miktarını sınırlayabilmekte ve bu durum, mekânın gerekli aydınlık düzeyine ulaşmasını engelleyebilmektedir (Lechner, 2014). Bu nedenle, gölgeleme elemanının yalnızca ısı kazancını sınırlaması değil, güneş ışığından da optimum düzeyde fayda sağlayacak şekilde tasarlanması elzemdir.

Bu amaçla, yarı saydam ya da seçici ışık geçirgenliğe sahip malzemelerin kullanımı gibi stratejiler; hem istenmeyen ısı kazanımını sınırlandırmakta hem de iç mekâna yeterli düzeyde doğal ışık girişini sağlayarak, aydınlatma ve soğutma enerji tüketimini azaltma potansiyeli sunmaktadır (Wankanapon, 2009; Cüce vd., 2019; İçemer & Terviel, 2022). Bu

noktada, gölgeleme elemanının malzeme seçimi, sistemin genel performansı açısından kritik bir karar parametresi haline gelmektedir.

Gölgeleme elemanının tasarımı; görsel ve ısı konfor gereksinimleri, cephe yönelimi, cam türü, iç mekân kullanım senaryosu ve yapının genel mimari bağlamı gibi çok sayıda parametreye bağlıdır (Koç & Maçka Kalfa, 2021). Bu parametrelerin her biri, doğrudan veya dolaylı olarak hem gölgeleme elemanının sistem tipini hem de malzeme özelliklerini belirlemektedir. Diğer bir ifadeyle, malzeme seçimi ile sistem tipi, bu çoklu parametre yapısı içinde karşılıklı etkileşim hâlinindedir ve tasarımın başarısını belirleyen başlıca faktörlerdendir.

Bu nedenle, gölgeleme sistemi tasarlanırken ilk adım olarak hem performans gereksinimlerini karşılayacak hem de yukarıda belirtilen parametrelere uyum sağlayabilecek malzeme ve sistem seçiminin titizlikle yapılması gerekmektedir. Uygun sistem seçimi; coğrafi konum, iklim, güncel teknolojik ve ekonomik koşullar, bina tipi, mimari form ve çevresel etki gibi değişkenler göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (Olgyay & Olgyay, 1957; Lechner, 2014).

Son yıllarda, yüksek teknolojiye sahip, dinamik, elektromekanik gölgeleme sistemlerine yönelik araştırmalar artmıştır (Mayhoub, 2014; Fiorito vd., 2016; Liu vd., 2020). Bu sistemler, beklendiği gibi enerji ve güneş ışığı denetimi açısından olumlu sonuçlar sağlıyor olsalar da yüksek maliyet, uzmanlık gereksinimi ve sınırlı yaygınlaşma potansiyeli gibi nedenlerle özellikle kısa vadede bu araştırmalara daha basit ve pasif sistemler eşlik etmeyi sürdürmelidir.

Gölgeleme sistemlerinin kolay uygulanabilir, düşük maliyetli ve geniş kullanıcı kitlesi tarafından erişilebilir olması, bu sistemlerin belirleyici rol oynar. Daha da önemlisi, giriş bölümünde bahsedildiği gibi küresel ölçekte hızla uygulanması gereken karbon nötr politikaları çerçevesinde, basit ve erişilebilir çözümlerle hızlı aksiyon alınabilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda, karmaşık teknolojilere kıyasla daha düşük maliyetli ve hızlı yayılabilir pasif sistemler, geçiş süreci açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Elbette, yüksek teknolojiye sahip yenilikçi sistemler enerji tüketiminin önemli ölçüde azaltılmasına ve güneş ışığından etkin şekilde yararlanılmasına olanak tanır. Ancak Bölüm 1.5.1’de bahsedileceği üzere, sistemlerin bütünüyle yaşam döngüsü boyunca çevre dostu özelliğini sürdürmediği sürece faydaları sorgulanabilir. Bu ekolojik bakış açısına göre yalnızca yerel iklimsel koşullara uyum sağlamak veya yalnızca enerji tüketimini azaltmak gibi tek yönlü yaklaşımlara odaklanmak yerine bütüncül bir yaklaşımla tüm üst ve alt

sistemlerin, üretim ve işletim süreçlerinin de benzer amaçlara hizmet etmesi gerekir. Aksi halde, sistemin bir bileşeni enerji verimliliği gibi olumlu bir çevresel katkı sunarken, bir diğer bileşeni kullanım süresi boyunca ya da ömrünün sonunda doğaya zarar verebilecek etkiler oluşturabilir.

Bu sebeple sistemle diğer tüm yapı sistemlerinde olduğu gibi gölgeleme sistemi de bütünüyle planlanmalıdır. Tasarlanan sistemde, herhangi bir elektromekanik alt yapıya ihtiyaç duymadan, kullanıcı için konforlu ve ekosistem için zararsız koşullar oluşturmaya çalışmak öncelikli amaç olmalıdır. Sistem kaynağını aldığı güneş gibi doğal; bütün üst ve alt sistemleriyle çevreye zararsız, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir olmalıdır (Yeang, 2008).

1.5. Sürdürülebilirlik ve Malzeme Seçimi

1.5.1. Eko Tasarım Yaklaşımı

Yapılı çevrenin tasarımı, inşası ve kullanımı, tüm yaşam döngüsü boyunca ekosistem üzerinde önemli etkiler yaratmakta; aynı zamanda çevresel koşullardan da doğrudan etkilenmektedir. Bu çift yönlü etkileşimin sürdürülebilir biçimde yönetilebilmesi için, tasarlanan yapıların tüm ana ve alt sistemleriyle birlikte çevresel performansının iyileştirilmesi gerekir. Bu noktada eko tasarım (ecodesign) kavramı karşımıza çıkmaktadır. Ürün geliştirme ve üretme alanında oldukça popüler olan bu terim mimarlık alanında da sürdürülebilir yaklaşımın yapı malzemelerine uygulanmasında karşılık bulabilir.

Yeang (2008) eko tasarımı cerrahi proteze benzetmekte; tasarlanan yapıların tıpkı bir protez gibi doğal sistemle fiziksel, zamansal ve sistemsal olarak tam uyum içinde bütünleşmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ancak bu kavram, çoğu zaman yanlış ya da eksik biçimde yorumlanmaktadır. Örneğin yalnızca yenilenebilir enerjiyle çalışan sistemlerin (ör. güneş kolektörleri, fotovoltaik paneller) ya da teknolojik çözümlerin (ör. akıllı camlar, hareketli cephe sistemleri) eko tasarım ürünü olarak değerlendirilmesi, sistemin çevresel bütünlüğünü göz ardı eden bir algı problemine işaret etmektedir.

Bu sorun büyük ölçüde mühendislik ve doğa ve çevre bilimlerinin farklı yaklaşım ve yöntemlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Mühendislikte bilgi; işlev, verimlilik, estetik ve dayanıklılık bağlamında işlenirken; doğa ve çevre bilimlerinde daha bütüncül, sentezleyici ve sistem odaklı bir yaklaşım uygulanır (Karlsson & Luttrupp, 2006). Bu

nedenle eko tasarımın mimarlık bağlamında sağlıklı biçimde uygulanabilmesi, yalnızca teknik verimliliği değil; doğaya uyum, yeniden kullanım, zararsızlık ve atık üretmemek gibi ilkeleri de içermelidir.

Eko tasarım yaklaşımı, tekil hedeflere (yalnızca enerji tasarrufu ya da yalnızca yerel iklime uyum) odaklanmak yerine, sistemin tüm bileşenleriyle birlikte ekosistem dostu bir bütünlük oluşturmasını hedefler. Doğal ekosistemlerde atık oluşmaması gibi, eko tasarım ilkelerine göre de tasarlanan sistemlerin yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir ya da doğaya zararsız olması beklenir (Yeang, 2008).

Bu yaklaşımı destekleyen örneklerden biri, Sharp vd. (2014) güneşli sistemleri üzerine yaptığı çalışmadır. Araştırmaya göre, güneşli aydınlatma sistemleri geri dönüştürülmüş plastik, cam veya metal malzemeler ile üretilebilir; bu da hem kullanım ömrü sonunda geri dönüşüm potansiyeli hem de üretim aşamasında çevresel etkiyi azaltma avantajı sağlar. Aynı şekilde, yaşam döngüsü boyunca çevresel etkiyi en aza indirmek için yenilenebilir veya geri dönüştürülmüş içerikler taşıyan, hafif, düşük hacimli ve enerji verimli malzemelerin kullanımı da eko tasarım kapsamına girer (Van Hemel, 1999).

Mimarlık pratiğinde “eko” kavramının yapı bileşenleri bağlamındaki ilk yansımalarından biri, eko tuğlalar olmuştur. Bu tuğlalar, başta plastik olmak üzere gibi atık malzemelerin yeniden işlenerek yapı malzemesine dönüştürülmesiyle üretilmektedir (Ramos Huarachi vd., 2020; Kulkarni vd., 2022). Bu durum, plastik atıkların mimari uygulamalarda yeniden değerlendirilme potansiyelini ve bu yolla çevresel etkilerin azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

Genel literatür incelendiğinde, “eko” teriminin ağırlıklı olarak geri dönüştürülmüş plastik içerikli uygulamalarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, tez kapsamında da çerçevesi geri dönüştürülmüş plastik şişe kapakları ile tasarlanacak olan prototip gölgeleme elemanları, çevresel etkisi düşük, yenilikçi bir çözüm olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla sistemin ismine “Biyo-Eko” ifadesi eklenmiş; böylece biyoplastik içerikli malzeme yapısı ve ekolojik tasarım anlayışı bu kavramsal çatı altında bir araya getirilmiştir.

1.5.1.1. Geri Dönüştürülmüş Plastik Şişeler ve Mimaride Kullanımı

Plastik kirliliği, ekosisteme, insan sağlığına zarar veren, iklim değişikliğine katkıda bulunan 21. yüzyılın en büyük çevresel sorunlarından biridir. OECD’nin (2022) raporuna

göre, plastiğe olan küresel talebin 2060 yılına kadar üç katına çıkması ve yalnızca beşte birinden azının geri dönüştürülmesi beklenmektedir.

2020 yılında dünya genelinde plastik üretimi, pandemiye rağmen artarak 367 milyon tona ulaşmıştır. Bu plastiklerin neredeyse yarısını tek kullanımlık ürünler oluşturmaktadır; bunların büyük bölümü ise orta ve yüksek gelirli ülkelerde tüketilmektedir (WWF, 2019; Plastics Europe & EPRO, 2021).

PET şişeler, yüksek mukavemet, kimyasal direnç, şeffaflık ve düşük maliyet gibi avantajları sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Caldicott, 1999; Crawford & Martin, 2020; Kumar vd., 2021). Isıyla eritilip yeniden şekillendirilebilmeleri, onları geri dönüşüm için uygun kılmaktadır (Raut vd., 2015). Kapaklarda kullanılan HDPE ise, toksisite yaymayan, dayanıklı ve kimyasallara dirençli bir polimerdir. Ancak, bu ürünler biyolojik olarak parçalanamamakta ve tüm yaşam döngüleri boyunca plastik sızıntısı, sera gazı emisyonları, kaynak kıtlığı, ekotoksisite ve asitlenme gibi ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadırlar (OECD, 2022). Geleneksel geri dönüşüm süreçlerinde yapılan yakma işlemleri de toksik salınlara yol açarak bu sorunu derinleştirmektedir (Verma vd., 2016).

Plastiklerin dünya genelinde bu kadar yaygın oranda üretimi ve tüketimi ve yaşam döngülerinin tüm ekosistemi etkiliyor oluşu geri dönüşümleri konusunda ciddi adımlar atması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yeni, yaratıcı ve sürdürülebilir geri kazanım stratejilerine ihtiyaç vardır.

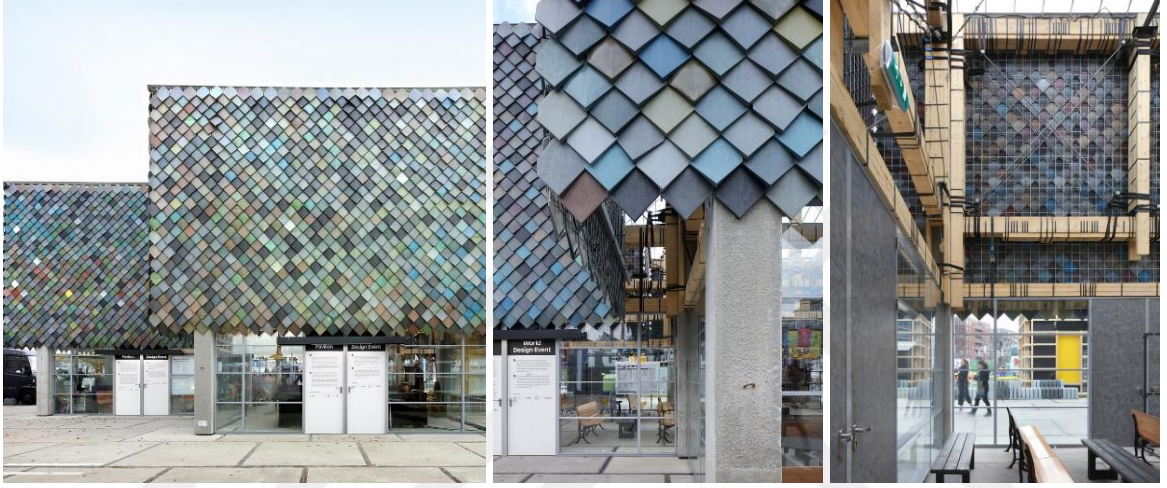
Birçok sektörde plastik kullanımı yaygındır. Sektör bazında bakıldığında 2021 verilerine göre AB yapı sektörünün %20.4'lük tüketim payıyla ambalaj endüstrisinden sonra en büyük ikinci plastik kullanıcısı haline geldiği görülmektedir (Plastics Europe & EPRO, 2021).

Çevreci politikaların ve kamuoyu bilincinin artmasıyla birçok sektör plastik ihtiyacını geri dönüştürülmüş plastiklerde karşılanmaya başlanmıştır. Yapı sektöründe de plastik atığın kullanım alanı artmıştır:

- Cephe kaplama malzemesi (Antico vd., 2017; Pons & Abt, 2020; Lamba vd., 2021; Maunahan & Adeba, 2021; Kumar vd., 2021),
- Çatı ve iç bölme duvar elemanları (Alaloul vd., 2020),
- Yalıtım malzemesi (Racolta vd., 2016),
- Agregası ve dolgu malzemesi (Needhidasan vd., 2020).

Bu örnekler, plastik atıkların yapı sektöründe çok yönlü ve işlevsel çözümlere dönüştürülebileceğini göstermektedir. Yapı malzemesi olarak plastik kullanımı, yalnızca

atık yönetimi açısından değil, hammadde tasarrufu ve malzeme performansı açısından da önemli avantajlar sunmaktadır (Kulkarni vd., 2022). Ayrıca bu malzemelerin cephede kullanımlarının tasarım yaklaşımlarına bağlı olarak oldukça ilgi çekici ve çarpıcı olduğu söylenebilir. Farklı doku, renk, kesim ve üç boyutlu kompozisyonlar zengin ve özgün bir tasarım esnekliğine yol açmaktadır. Ayrıca bu durumun kullanıldıkları yapıya çevreye duyarlı bir kimlik kazandırdığı da göz ardı edilemez. Bu yapıların prestijini artırmak amacıyla dahi gerçekleştirilebilir.



Şekil 1. People's Pavyonu: Geri dönüştürülmüş plastik malzemelerden üretilen karolarla inşa edilen cephe örneği (Pintos, 2019).

Şekil 1'de Bureau SLA mimarlık stüdyosu tarafından tasarlanan bir pavyon yapısına ait görseller görülmektedir. Bu yapı, Eindhoven çevresinden toplanan geri dönüştürülmüş plastik malzemelerle inşa edilmiştir. Görsellerden de anlaşılacağı üzere atık malzemeler belirli ölçülerde ve farklı renklerde üretilerek dış cephe kaplaması olarak kullanılmıştır. Dış cephede dikkat çekici bir karolaj oluşturulmuş, hatta bu kaplama iç mekanda da görünür kılınarak çarpıcı bir görünüm yakalanmıştır.

Şekil 2'de ise farklı projelerden şeffaf, opak, modüler ya da birleştirilmiş plastik panellerin yapı bileşeni olarak nasıl kullanıldığına dair örnekler sunulmaktadır.

Bu tür uygulamalar:

- Geri dönüşüm bilincine katkı sağlamakta,
- İnşaat maliyetlerini düşürmekte,
- Yaratıcı ve etkileyici tasarım çözümleri sunmaktadır.



Şekil 2. Geri dönüştürülmüş plastiklerin farklı projelerdeki uygulama biçimlerine dair örnekler (González, 2020; Walsh, 2022).

Artan plastik üretimi ve tüketimi göz önüne alındığında, bu tür mimari çözümlerin çevresel fayda yaratma potansiyeli büyüktür. Bu bağlamda, tasarımcıların ve yapı malzemesi üreticilerinin bu alandaki uygulamaları çeşitlendirmesi büyük önem taşımaktadır.

1.5.2. Biyo Mimarlık Yaklaşımı

Bina tasarımında malzeme geliştirme süreçlerine ilişkin olarak literatürde “biyo” ön ekiyle türetilmiş çok sayıda kavram yer almaktadır. Bunlar arasında biyo mimikri, biyomimetik, biyo ilham, biyo tasarım, biyo fabrikasyon ve biyo merkezci gibi terimler öne çıkmaktadır.

Biyo mimarinin kapsamının anlaşılabilmesi için özellikle son yıllarda oldukça ön plana çıkan biyo mimikri, biyomimetik ve biyo ilham yaklaşımı ve birçok disiplinde biyolojik tasarımın ana başlığı olan biyo tasarım yaklaşımından söz etmek gerekir.

Biyo mimikri yaklaşımında doğanın taklit edilmesi temeldir. Bu taklit organizma seviyesi ve davranış seviyesinde olabildiği gibi ekosistem seviyesinde de olabilir (Zari, 2018). Sürdürülebilirlik esastır. Biyomimetik de benzer bir yaklaşıma sahiptir. Ancak daha çok süreçlerin veya sistemlerin işlevsel ve teknik yönlerinin taklit edilmesini kapsar. Bu sebeple bu yaklaşım her durumda birebir doğal materyallerin kullanılmasını gerektirmez. Bu yönüyle sürdürülebilir olmayabilir (Cruz vd., 2021). Bazı durumlarda yalnızca davranış (Ör: bir çiçeğin güneş açtığında yapraklarını açması ve karanlık olduğunda kapaması gibi) temel alınabilir. Biyo ilham yaklaşımı ise doğayı taklit etmekten ziyade felsefesini yorumlamak üzerinedir ve birebir taklit içermez (Ripley & Bhushan, 2016).

Biyo tasarım, canlı organizmaları birebir tasarıma entegre eder; organizmaların moleküler düzeyde anlaşılması gerekir ki bu sebeple disiplinler-arası bir tasarım yaklaşımıdır (Edna W. Lawrence Nature Lab & Rhode Island School of Design, 2018). Biyo mimari yaklaşım ise mimarinin biyomimetik, biyo ilham ve biyo tasarım gibi temel yaklaşımlar ile bütünleşmesiyle (Ripley & Bhushan, 2016) canlı ve cansız tüm biyolojik oluşumları konu eder (Kırbaş Akyürek, 2021). Şekilsel olarak estetik amaçlı taklit değil (Biyomorfik, biyosüsleme gibi), doğanın canlıların yaşam ve konfor ihtiyaçları için barındırdığı algoritmaların, fiziksel ve kimyasal özelliklerin ve doğrudan canlı organizmaların ve doğal malzemelerin her ölçekte mimariye adapte edilmesi söz konusudur (Ripley & Bhushan, 2016).

“Biyo mimari, tıpkı eko tasarım gibi ancak bütüncül bir yaklaşımla başarıya ulaşabilecek bir tasarım anlayışıdır. Her yapı bileşeninin doğal olması, sistemlerin doğadan ilham alması ve yapıların biyobozunur nitelikte olması bu bütünlüğün temel şartlarıdır. Yani yapı doğal özelliklerle doğmalı, çevresel koşullara sağlıklı bir şekilde adaptasyon sağlamalı ve yaşam ömrü tamamlandığında da bütünüyle doğaya zarar vermeyecek şekilde bozunmalıdır.

Biyobozunmanın gerçekleşebilmesi için geleneksel malzemelerin yerine geçebilecek biyo esaslı yeni malzemelerin ve kompozitlerin kullanılması gerekmektedir. Son yıllarda bu anlamda mantar, bakteri ve mikro alg türleri gibi canlı organizmalarla ve doğal kaynaklarla malzeme üretimlerinin ve kullanım alanlarının yaygınlaştığı görülmektedir. Şekil 3’te farklı biyo esaslı malzemeler kullanılarak farklı tekniklerle üretilen biyomalzemelere/ kompozitlere örnekler verilmiştir.



Şekil 3. Farklı malzeme ve teknikler kullanılarak üretilen biyomalzeme/ kompozit örnekleri (Girard, 2019; Ribeaux, 2025).

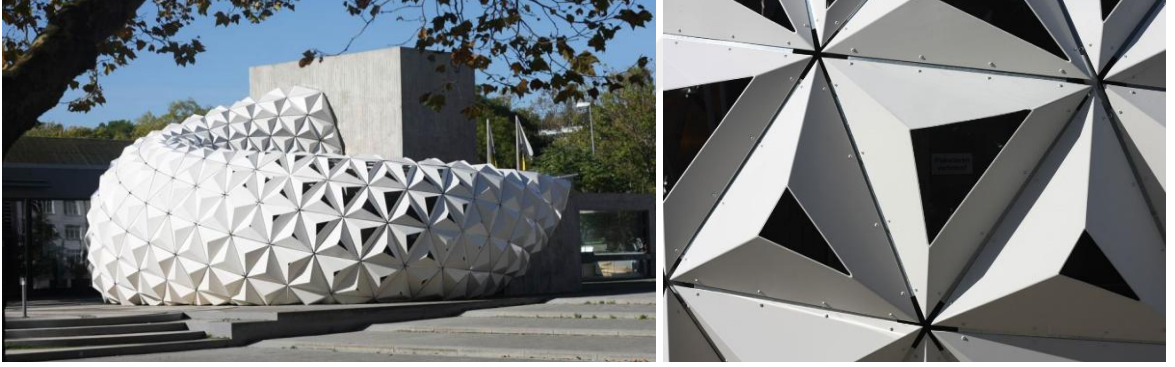
Biyomalzemeler günümüzde birçok sektörde kendini göstermektedir. Şekil 4'te moda sektöründeki örnekler yer almaktadır. Soldaki görselde, tasarım öğrencileri Lobke Beckfeld ve Johanna Hehemeyer-Cürten'in meyve Satıkları, pektin ve kısa selüloz lifleri kullanarak ürettikleri, suda çözünebilen ve kullanım süresi sonunda gübre olarak değerlendirilebilen yarı saydam çanta görülmektedir (Hahn, 2021). Ortadaki görselde, biyomalzeme inovasyon şirketi Modern Synthesis tarafından geliştirilen; genetiği değiştirilmiş bir organizma tarafından üretilen ve mikrobiyal dokuma teknolojisiyle oluşturulan, kendi kendini yok eden biyobirleştirilmiş bir malzemeden yapılmış ayakkabı prototipi yer almaktadır (Modern Synthesis, 2020). Sağdaki görselde ise tasarımcı Suzanne Lee tarafından yeşil çay, şeker, maya, yetiştirilmiş mikrobiyal selüloz ve doğal boyalar kullanılarak tasarlanmış bir ceket sunulmaktadır (Levitt, 2011).



Şekil 4. Farklı biyomalzemelerin moda sektöründe kullanımına örnekler (Levitt, 2011; Modern Synthesis, 2020; Hahn, 2021).

Bu ürünler, deney aşamasında olup henüz ticari üretime geçmemiştir. Ancak hâlihazırda kullanılan sentetik malzemelerin yerine geçebilmeleri için malzeme özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik araştırmalar güncel olarak devam etmektedir (Friedrich, 2021).

Yapı malzemesi alanına gelindiğinde ise biyomalzemelerin kullanımını araştırmalarının ve uygulamalarının sınırlı olduğu görülmüştür. Şekil 5'te PLA karışımli bir malzemenin mimari cephe uygulamasına dair örnek görülmektedir. Stuttgart Üniversitesi'ne bağlı Bina Strüktürü ve Strüktürel Tasarım Enstitüsü (ITKE) tarafından bilgisayar destekli tasarım yaklaşımıyla planlanan ArboSkin Pavyonu'nun cephe kaplaması; %90'ın üzerinde yenilenebilir içerikli PLA, lignin, nişasta, polyester, vaks gibi biyoplastiklerin hibrit karışımı ile üretilmiştir (Hebel & Heisel, 2017). ARBOBLEND® araştırma projesi kapsamında geliştirilen bu malzemenin geri dönüştürülebilir olduğu ve yapı malzemeleri için gerekli olan dayanıklılık ve yangın standartlarını karşıladığı belirtilmektedir (Dezeen, 2013).



Şekil 5. ArboSkin pavyonu (Say, 2019; UrbanNext, 2023).

Bir diğer ilgi çekici örnek Zboinska vd. (2023) tarafından yayımlanan bir araştırma makalesinde sunulmuştur. Bu çalışmada, selüloz nano fibril ve sodyum aljinat kullanılarak bir hidrojel üretilmiş; formülasyon, çeşitli su bazlı pigmentler ile renklendirilmiştir. Araştırmanın temel amacı, bu biyo esaslı bileşenlerle mimari alanda kullanılabilecek bir membran malzeme geliştirmektir.

Elde edilen malzeme, Şekil 6'da üst sıradaki görsellerde görülebileceği üzere, farklı yüzey dokuları oluşturmak üzere çeşitli doku verici teknikler kullanılarak 3 boyutlu (3D) baskı yöntemiyle üretilmiştir. Alt sıradaki görsellerde ise malzemenin ortam koşullarında kuruduktan sonraki görünümü yer almaktadır.

Her ne kadar çalışma sonucunda bazı deformasyonlar ve renk değişimleri gözlemlenmiş olsa da söz konusu araştırma, biyo esaslı malzemelerin mimarlıkta yapı bileşeni olarak kullanım potansiyeline işaret etmesi açısından son derece önemlidir. Ayrıca görseller, biyo esaslı malzemelerin yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda estetik açıdan da değer taşıdığını; farklı renk, doku ve yüzey özellikleriyle mimari tasarımlara çeşitlilik katabileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu tür deneysel çalışmalar hem sürdürülebilirlik hem de tasarım özgünlüğü açısından gelecekteki araştırmalar için ilham verici bir nitelik taşımaktadır.



Şekil 6. Doku verici teknikler kullanılarak 3D baskı yöntemiyle üretilen biyoplastik film örnekleri (Zboinska vd., 2023).

Bir diğer örnek olarak, Şekil 7’de tamamen biyo esaslı malzemeler kullanılarak birebir ölçekte inşa edilmiş bir sergi evi yer almaktadır. “The Exploded View Beyond Building” adıyla sunulan bu yapı, geleceğe yönelik vizyoner bir yaklaşımı temsil etmekte ve ilham verici bir sunum niteliği taşımaktadır.

Yapının döşeme, duvar, kaplama ve aydınlatma gibi birçok bileşeninde; miselyum, ahşap, mantar, bakteri gibi çeşitli doğal kaynaklardan elde edilen kompozit malzemeler kullanılmıştır. Sağdaki görselde ise alg esaslı biyoplastikten üretilmiş bir duvar kaplaması örneği görülmektedir.

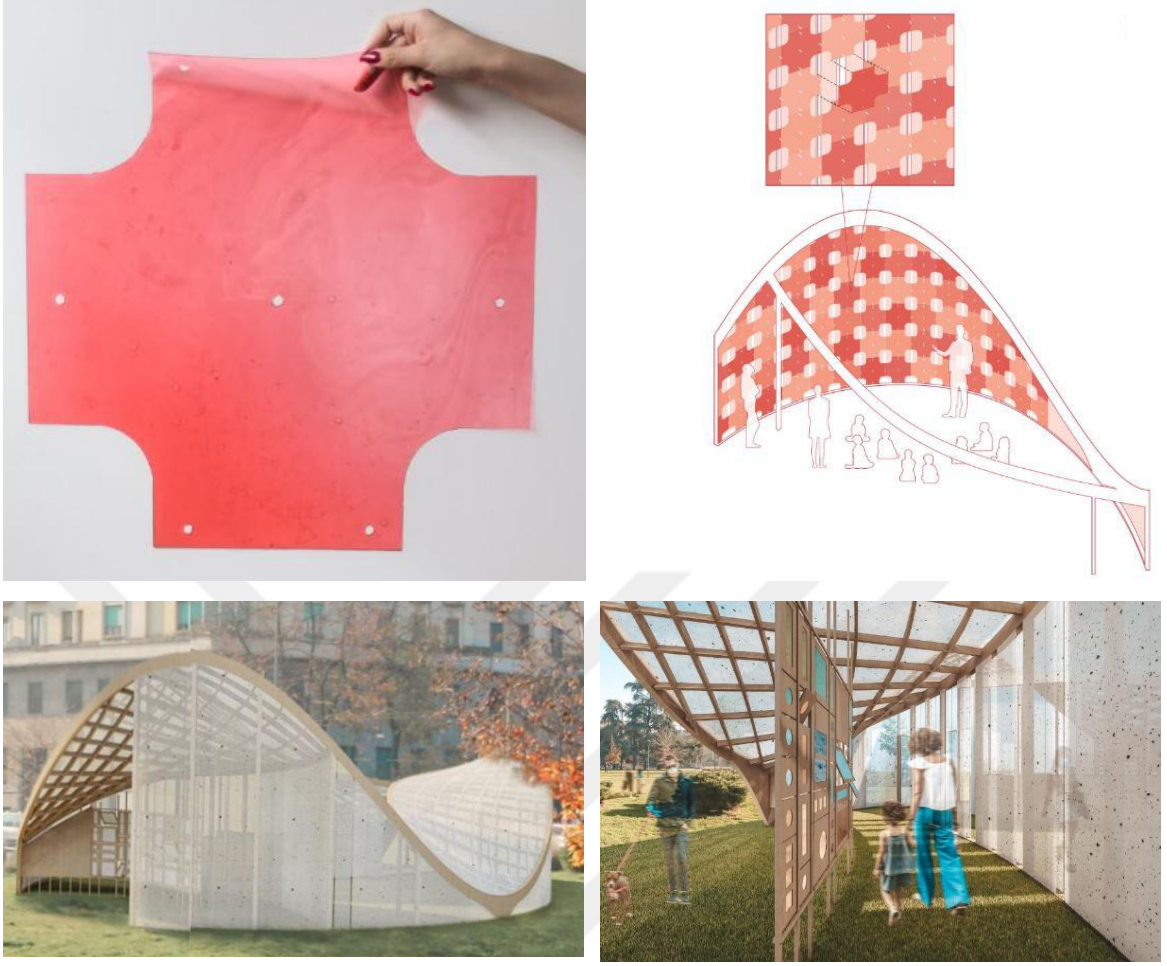


Şekil 7. Farklı biyo esaslı malzemeler kullanılarak yapılan sergi amaçlı inşa edilmiş bir ev örneği (Dezeen, 2021).

Son bir örnek olarak bir yüksek lisans tez çalışmasında (Bolivar vd., 2021) biyoplastik kaplama ile tasarlanması planlanan bir pavyon örneği verilebilir. Çalışmada çeşitli malzeme denemeleri sonucunda jelatin ve sodyum aljinat polimerlerinden bir biyoplastik membran üretilmiş ve bu membranın pavyonun dış cephesine uygulanması öngörülmüştür.

Biyoplastiklerin suya ve UV ışınlarına karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla balmumu türü katkı maddeleri değerlendirilmiş, ancak nihai reçeteye dahil edilmemiştir. Aljinatın, kalsiyum klorür ile hidrofobik hâle getirildiği belirtilmiştir. Tasarlanan sistemde, aljinat esaslı biyoplastik membran üstte, jelatin esaslı membran ise altta yer alacak şekilde bir kurgu planlanmış; montaj ve prototip görselleri Şekil 8’de sunulmuştur.

Ancak proje kapsamında nihai ürünün suya ve UV’ye maruz kalma koşullarındaki performansı test edilmemiştir. Bu nedenle söz konusu çalışma, biyoplastiklerin dış cephe uygulamalarındaki dayanıklılığına dair doğrudan bir teknik değerlendirme sunmamakla birlikte, fikir projesi olarak potansiyel bir yön göstermekte ve bu alanda farkındalık yaratmaktadır.



Şekil 8. Biyoplastik membran ile kaplanması planlanan bir pavyona ait fikir projesi örneği (Bolivar vd., 2021).

Verilen tüm örnekler değerlendirildiğinde, biyo mimari kapsamında biyo esaslı malzemelerin yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliği ve yapı geneline yayılabilme potansiyeli oldukça yüksektir. Tasarım esnekliği sağlamaları ve daha sürdürülebilir yapı ve çevrelerin oluşturulmasına sundukları katkı, mimarlığın gelecekteki yönelimlerinin bu doğrultuda şekillenmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

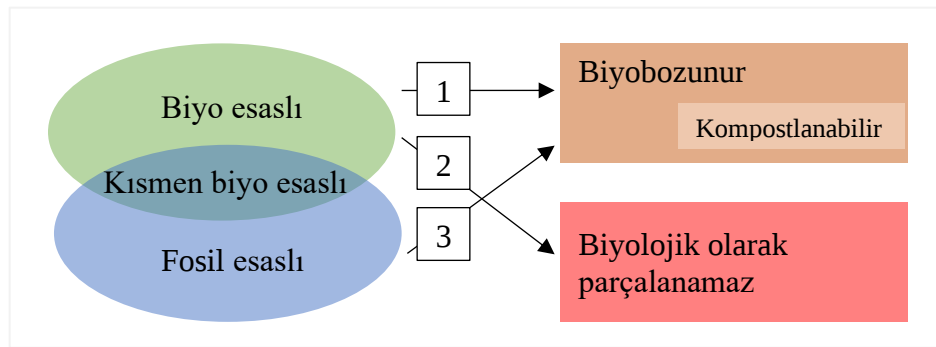
Hem eko tasarım hem de biyo mimari yaklaşımlar, sürdürülebilir yapı malzemesi geliştirme sürecinde önemli perspektifler sunmaktadır. Eko tasarım yaklaşımı daha çok ürünün çevresel etkisinin azaltılmasına odaklanırken, biyo mimarlık doğanın yapı, form ve süreçlerini doğrudan veya dolaylı olarak yapılı çevreye entegre etmeye çalışır. Bu yaklaşımda kullanılan malzemelerin doğadan elde edilmesi, canlı organizmalarla üretilebilmesi ya da kullanım ömrü sonunda doğada güvenle ayrışabilmesi temel önemdedir. Bu tezde önerilen biyoplastik film ise, doğal kaynaklardan elde edilmesi, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve mimari uygulamalara adapte edilebilirliği sayesinde biyo mimarlık

yaklaşımının malzeme temelli ilkeleriyle doğrudan örtüşmektedir. Aynı zamanda geri dönüştürülmüş bileşenlerle desteklenmesi ve düşük çevresel etki hedefiyle tasarlanmış olması, onu eko tasarım perspektifinden de değerli kılmaktadır. Bu yönüyle geliştirilen biyoplastik film malzemesi, her iki yaklaşımın birleşiminden doğan yenilikçi ve sürdürülebilir bir çözüm olarak değerlendirilmiştir.

1.6. Biyoplastikler

1.6.1. Biyoplastiklerin Kapsamı ve Türleri

Plastikler, ısı ve basınç altında şekil verilen, geleneksel olarak sentetik veya yarı-sentetik polimerlerden üretilen malzemelerdir (Vikipedi, 2022). Biyoplastikler ise biyo esaslı, kısmen biyo esaslı ya da fosil esaslı olabilen; biyobozunur özelliği ise yalnızca fosil-esaslı olması durumunda zorunlu olan (Şekil 9) bir polimer ailesidir (European Commission-DG Environment, 2011). Başka bir deyişle, bir plastiğin sadece biyo esaslı veya sadece biyobozunur özellik taşıyor olması biyoplastik olarak tanımlanması için yeterlidir. Biyo esaslı terimi Avrupa standardı EN 16575'e (2014) göre “biyo kütleden türetilen” anlamına gelmektedir. Buna göre, bir plastiğin biyo esaslı olması tamamen ya da kısmen biyo kütleden ve ayrıca organik atıklardan elde edildiği anlamına gelir (Di Bartolo vd., 2021). Bu tür plastikler, biyolojik olarak parçalanabilir veya parçalanamayabilir (European Commission-DG Environment, 2011).



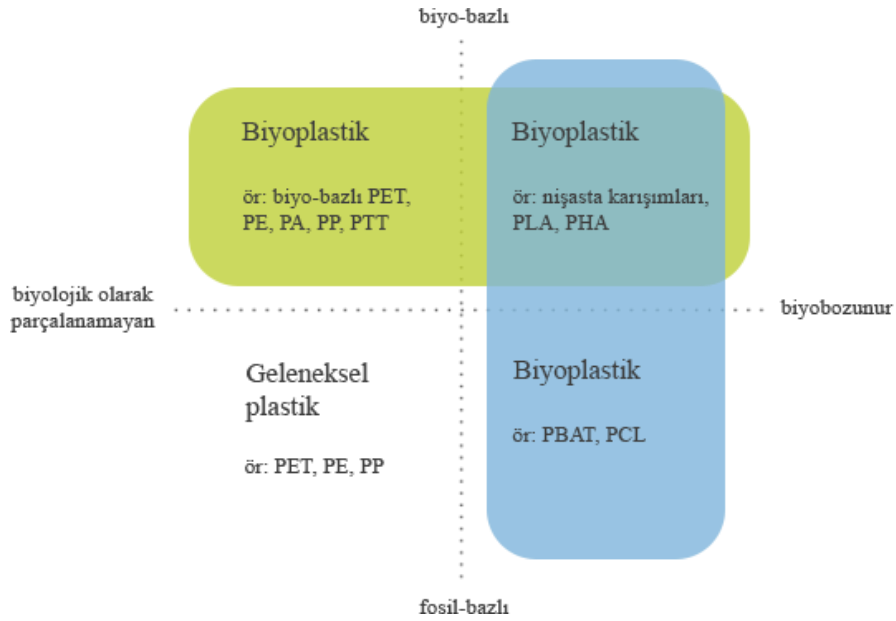
Şekil 9. Polimer kaynağı ve bozunma durumlarına göre biyoplastiklerin kapsamı

Biyobozunur olarak adlandırılan plastikler hem biyo esaslı hem de fosil esaslı olabilir. Biyobozunurluk, bir plastiğin yapay katkı maddelerine gerek duymaksızın,

mikroorganizmalar tarafından çevresel koşullara bağlı olarak (örneğin uygun sıcaklık, nem ve mikrobiyal yoğunluk gibi etkenler altında) önce daha küçük moleküllere, ardından da toksik olmayan son ürünlere (su, karbondioksit ve kompost gibi) dönüştürülebilme yeteneğini ifade eder. Bu dönüşüm genellikle 6 ay veya daha kısa sürede gerçekleşmelidir (Folino vd., 2020; BCC Research LLC, 2021).

Genel inanın aksine, tüm biyoplastikler doğaya bırakıldığında kendiliğinden ayrılmaz; çoğu zaman bozunmaları için kontrollü çevresel koşullar gerekir. Örneğin, ticari olarak yaygın şekilde kullanılan PLA gibi bazı biyoplastikler yalnızca kompostlama koşullarında parçalanabilir özellik gösterdiklerinden “kompostlanabilir” olarak değerlendirilir.

Kompostlanabilirlik, biyobozunur olmanın bir alt kümesidir. Bir başka deyişle, her kompostlanabilir malzeme biyobozunurdur; ancak her biyobozunur malzeme kompostlanabilir değildir (Nandakumar vd., 2021). ASTM standardı D6400 (2019)’a göre bir malzemenin kompostlanabilir kabul edilebilmesi için, termofilik koşulların sağlandığı evsel veya endüstriyel kompostlama tesislerinde, üç ay veya daha kısa sürede karbondioksit, su, inorganik bileşikler ve biyo kütleye dönüşerek biyolojik bozunmaya uğraması gerekmektedir. Ayrıca, kompostlama işlemi sonucunda çevrede toksik bir kalıntı bırakmamalıdır.



Şekil 10. Plastiklerin kullanılan kaynak türü ve bozunma durumlarına göre sınıflandırılması (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021).

Şekil 10’da üretimi yaygın olan plastiklerin kullanılan kaynak türü ve bozunma durumlarına göre sınıflandırılması görülmektedir. Biyopolietilen (bio-PE), biyopolietilen tereftalat (bio-PET), biyopoliamidler (bio-PAs), politrimetilen tereftalat (PTT), biyopolipropilen (bio-PP) ve polietilen furanoat (PEF) gibi bazı biyoplastikler, biyo esaslı olmalarına rağmen biyobozunur değildir. Öte yandan, polibütillen adipat tereftalat (PBAT) ve polikaprolakton (PCL) gibi bazı biyoplastikler ise fosil esaslı olmalarına rağmen biyolojik olarak parçalanabilirler.

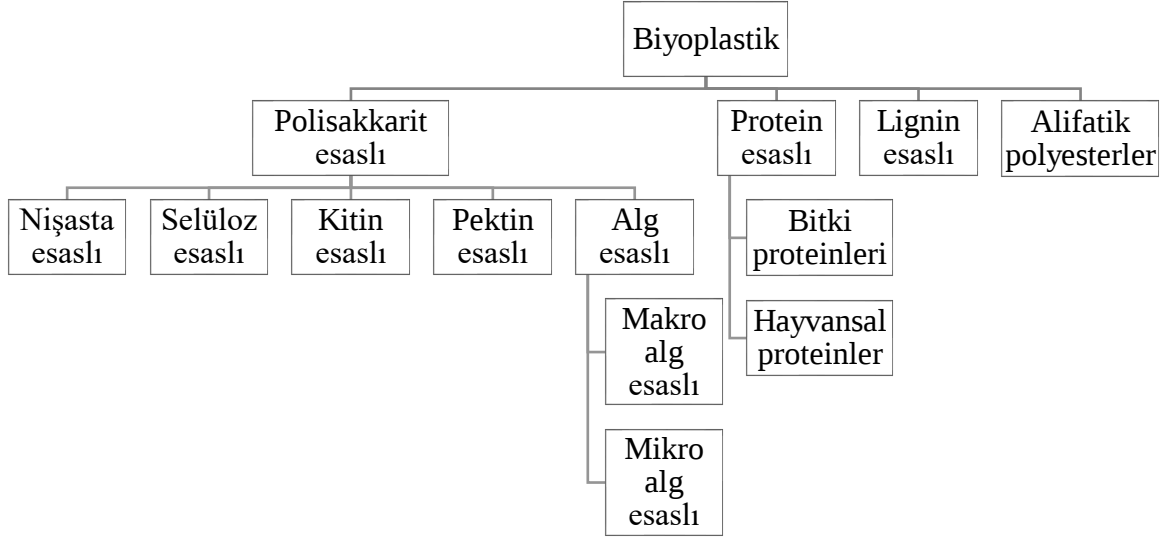
Her iki özelliği bir arada sağlayan biyoplastikler arasında polilaktik asit (PLA), polihidroksialkanoatlar (PHAs), nişasta, selüloz, lignin ve kitosan esaslı biyoplastikler yer almaktadır (Di Bartolo vd., 2021). Ayrıca, bazı durumlarda fosil esaslı polivinil alkol (PVA) gibi biyoplastiklere; nişasta, jelatin, buğday samanı ve meyve kabukları gibi biyo esaslı katkı maddeleri de eklenebilmektedir (Chiellini vd., 2004). Bu nedenle söz konusu plastikler, kısmen biyo esaslı olarak nitelendirilmektedir.

Biyoplastiklerin hem kaynakları bakımından biyolojik esaslı olması hem de kullanım ömrü sonunda biyobozunur özellik göstermesi, fosil esaslı malzemelere alternatif olarak değerlendirilmelerini anlamlı kılmaktadır. Zira yalnızca biyo esaslı olup biyobozunur olmayan bir malzemenin çevresel açıdan ne derece faydalı olduğu tartışmalıdır. Benzer şekilde, biyobozunur olsa bile üretiminde çevreye zarar veren kaynakların kullanılması da sürdürülebilirlik kriterlerini karşılamamaktadır. Bu nedenle, bu tez kapsamında hem biyo esaslı hem de biyobozunur özellik taşıyan biyoplastik malzemelere odaklanılmıştır.

1.6.2. Biyoplastiklerin Kaynak Türlerine Göre Sınıflandırması

Biyo esaslı biyoplastikler genellikle üretimlerinde kullanılan polimer kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır. Nandakumar vd. (2021), biyoplastik türlerini nişasta, selüloz, protein, lignin ve kitin-esaslı ve alifatik polyesterler olmak üzere altı ana kategoriye ayırmıştır. Bu çalışmada ise söz konusu sınıflandırma, literatürde sıkça karşılaşılan bazı biyopolimerleri de kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Şekil 11).

Nişasta, selüloz, kitin ve pektin gibi doğal polisakkarit kökenli polimerler; bu kapsamda “polisakkarit esaslı biyoplastikler” başlığı altında birleştirilmiştir. Ayrıca literatürde sıklıkla karşılaşılan ve deniz yosunlarından elde edilen biyoplastikler de “alg esaslı biyoplastikler” olarak sınıflandırmaya dahil edilmiştir. Protein, lignin ve alifatik polyester grupları ise ayrı başlıklar halinde ele alınmıştır.



Şekil 11. Biyoplastiklerin kaynak türlerine göre sınıflandırması

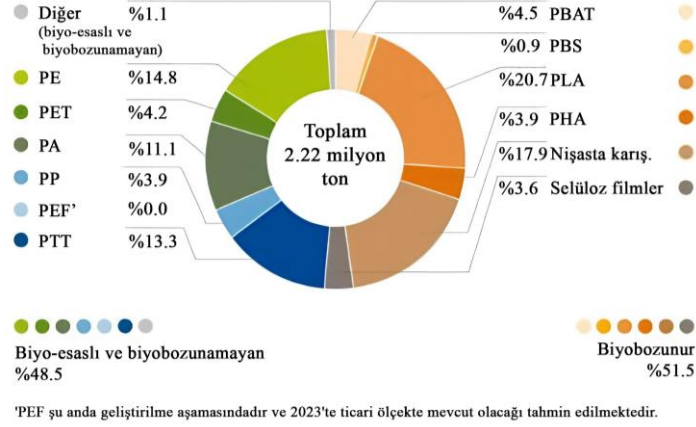
Biyoplastikler tek bir polimer kaynağından üretilebildikleri gibi farklı kaynakların aynı biyoplastik üretim sürecinde birlikte kullanılabilirdiği durumlar da oldukça yaygındır. Bu nedenle, tüm biyoplastikleri kapsayan katı ve kesin bir sınıflandırma sisteminden söz etmek her zaman mümkün değildir.

1.6.3. Biyoplastiklerin Küresel Üretimdeki Yeri

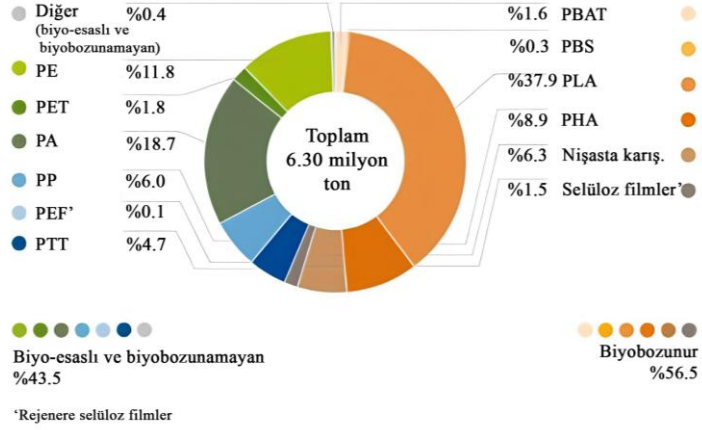
Günümüzde geleneksel plastikle yapılan çoğu uygulamanın biyoplastik alternatifi bulunmaktadır. Bu alternatifler çoğu durumda benzer performans özellikleri sergilemekle birlikte karbon ayak izini azaltma ve sürdürülebilir atık yönetimi gibi ek avantajlar sunmaktadır (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021).

Bununla birlikte, 2021 yılı verilerine göre (Plastic Europe & EPRO, 2022) dünya genelinde 390 milyon tondan fazla plastik üretilmesine karşın, biyoplastikler bu miktarın yalnızca %1'inden daha azını oluşturmaktadır. Avrupa Biyoplastik Derneği'nin (2021) yılı raporunda küresel biyoplastik üretim kapasitesi yaklaşık 2,23 milyon ton olarak bildirilmiş olup; bu kapasitenin 2027 yılında 2.8 kat artarak yaklaşık 6,3 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir.

Biyoplastiklerin küresel üretim kapasitesi/2022
(malzeme türüne göre)



Biyoplastiklerin küresel üretim kapasitesi/2027
(malzeme türüne göre)

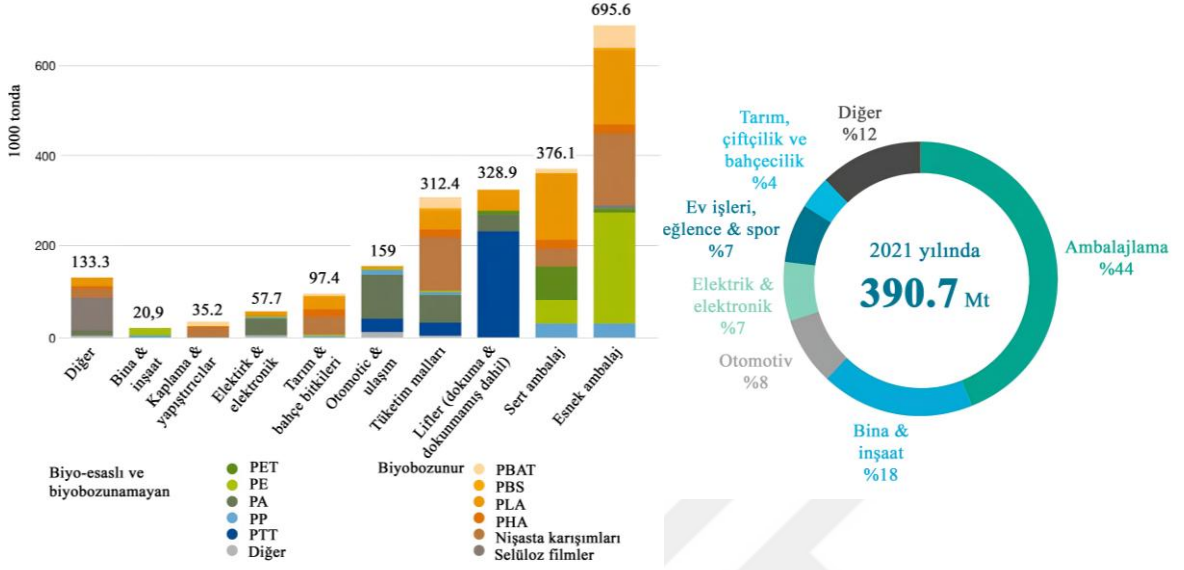


Şekil 12. Malzeme türüne göre küresel biyoplastik üretimi (2022-2027) (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021).

Şekil 12’de görüldüğü üzere, küresel biyoplastik pazarında en yüksek paya sahip üç malzeme türü sırasıyla (Polilaktik asit) PLA, nişasta esaslı karışımlar ve (Polietilen) PE’dir. PLA, Polihidroksialkanoat (PHA), nişasta esaslı karışımlar ve diğer biyobozunur plastikler birlikte değerlendirildiğinde, biyoplastik üretim kapasitesinin %51’inden fazlasını oluşturduğu görülmektedir.

2027 yılına yönelik projeksiyonlara göre, özellikle PLA’nın ve PHA’nın üretimlerinde dikkate değer bir artış beklenmektedir. Böylece, biyobozunur plastiklerin toplam üretim kapasitesinin yaklaşık 3,2 kat artarak 3,5 milyonun üzerine çıkacağı öngörülmektedir. Öte yandan, biyo esaslı olup biyobozunur olmayan plastikler ise mevcut durumda küresel biyoplastik üretiminin yaklaşık %48’ini temsil etmektedir. Her ne kadar bu oranın yüzde 44’e gerileyeceği öngörülsün de, 2027 yılına kadar bu grup içerisindeki üretim kapasitesinin

2,7 milyon tonun üzerine çıkması beklenmektedir (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021).



Şekil 13. Sektörel bazda biyoplastik üretim kapasitesi-2022 (solda) (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021), sektörlere göre plastik tüketim oranları (sağda) (Plastic Europe & EPRO, 2022).

Şekil 13'te görüldüğü üzere sektörel bazda incelendiğinde biyoplastikler en yaygın olarak ambalajlama alanında kullanılmakta olup, bu alan küresel plastik tüketiminin yaklaşık %18'ini oluşturmaktadır (Plastic Europe & EPRO, 2022). Buna karşın, plastik tüketiminde ikinci sırada yer alan yapı sektöründe biyoplastik kullanımının henüz yaygınlaşmadığı görülmektedir (Friedrich, 2022a). Bu sektörde biyo esaslı ve biyobozunur olmayan plastiklerin kullanımının baskın olduğu gözlemlenebilir. Bu durum, yapı malzemelerinde biyo esaslı ve biyobozunur plastiklerin kullanım potansiyeline işaret etmekte; sektörün çevresel sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla bu alandaki araştırmaların ve uygulamaların artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

1.6.4. Biyoplastiklerle ilgili Literatürde Yürütülen Çalışmalar

Biyoplastikler ambalaj, elektronik, otomotiv, tarım, oyuncak ve tekstil gibi birçok sektörde kullanılmakta olup farklı alanlarda da potansiyel taşımaktadır (European Bioplastics & Nova-Institute, 2021). Ancak mekanik dayanım ve çevresel direnç

sınırlılıkları ile yüksek üretim maliyetleri, fosil esaslı plastiklerin yerini tüm uygulamalarda almalarını engellemektedir (Li vd., 2022). Bununla birlikte, sürdürülebilirlik hedefleri biyo esaslı ve biyobozunur plastikler üzerine araştırmaları teşvik etmektedir.

Biyoplastiklere yönelik ilk deneyler 1860’larda başlamış, modern araştırmalar yirminci yüzyılın başında gelişmiş ve özellikle yirminci yüzyılın sonundan itibaren yeniden canlanmaya başlamıştır (Caferoğlu, 2021). Endüstriyel ölçekte ise 2000’lerden itibaren hız kazanmış ve son beş yılda büyük ivme göstermiştir (Şekil 14). Bu çalışmaları sektörel ve yapı malzemeleri bağlamında incelemek amacıyla Web of Science (WOS) veri tabanı temel kaynak olarak kullanılmıştır. Başlık alanı ile sınırlı olmak üzere Tablo 2’de verilen anahtar kelimelerle yapılan arama sonucunda; genel literatür kapsamında 273 adet derleme, 1774 adet araştırma (erken erişim dahil) ve bildiri makalesine ulaşılmıştır.

Tablo 2. Biyoplastiklerin genel ve yapı sektöründe kullanımına ilişkin yapılan araştırmaların nicel analizi

Anahtar kelimeler	Tarama yeri	Yıl aralığı	Veri tabanı	Derleme makalesi	Araştırma ve bildiri makalesi
((“Bio based” OR “Bio degrad”) AND plastics) OR bioplastic	Başlık	Tüm yıllar*	WOS	273	1774
		2020-2025*	WOS	210	1109
(((“Bio based” OR “Bio degrad”) AND plastics) OR bioplastic) AND	Başlık	Tüm yıllar*	WOS	3**	8**
(building OR facade OR architecture)) NOT block	Konu	2015-2025*	WOS	3**	27**

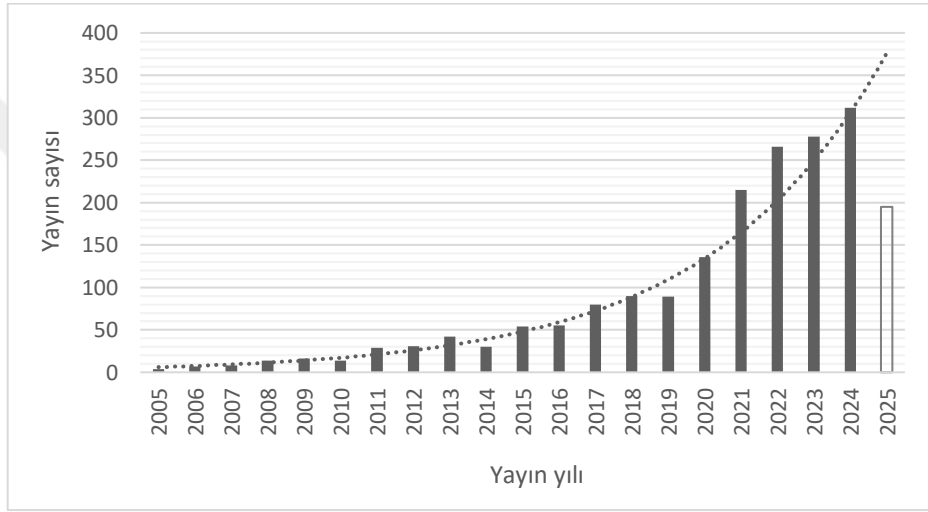
* Ağustos 2025’e kadar olan yayınlar taranmıştır.

**Konu dışı, farklı tür ve uzak ilişkili olduğu belirlenen yayınlar çıkarılmıştır.

Tarama sonucu elde edilen genel literatür verilerine ait yayın sayısı olduğu gibi sunulmakla birlikte, yapı malzemesi ile ilişkili çalışmalar titiz bir elemeyden geçirilmiş, konu ile bağlantısı olmadığı tespit edilen yayınlar sonuçlara dahil edilmemiştir. Sonuç olarak, yapı malzemesi alanında 3 adet derleme, 27 adet araştırma (erken erişim dahil) ve bildiri

makalesine ulaşılmıştır. Anahtar kelimeler, tarama sınırlamaları ve yayın türüne göre sonuç veriler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Şekil 14’te biyoplastiklerle ilgili yapılan tüm yayınların yıllara bağlı olarak dağılımı görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü üzere, biyoplastiklere yönelik bilimsel araştırmalarda yıllara bağlı olarak belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle 2020 yılı itibariyle yayın sayılarında dikkat çekici bir ivme kaydedilmiş; mevcut yayınların %60’ından fazlası 2020 yılı ve sonraki süreçte gerçekleştirilmiştir. Bu eğilim, konunun hem güncelliğini hem de bilimsel ve sektörel önemini açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 14. Biyoplastik konulu çalışmaların yıllara bağlı olarak artışı

Konu ile ilgili disiplinler arası çalışmalardaki artış eğilimine karşın, yapı malzemesi ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalar oldukça sınırlıdır. Bu durum, biyoplastiklerin yapı ve mimarlık uygulamalarına entegrasyonu konusunda önemli bir araştırma boşluğu bulunduğuna işaret etmektedir.

1.6.4.1. Biyoplastiklerle ilgili Genel Literatür

Biyoplastiklerle ilgili WOS veri tabanında yer alan ve tüm araştırma alanlarını kapsayan inceleme sonucunda, biyoplastiklere yönelik araştırmaların başta malzeme mühendisliği, polimer bilimi, çevre bilimleri ve mühendisliği, sürdürülebilir teknolojiler, kimya ve biyoteknoloji olmak üzere oldukça geniş bir disiplin yelpazesini kapsadığı görülmüştür.

Malzeme mühendisliği ve polimer bilimi alanındaki çalışmalar, biyo esaslı polimerlerin sentezi, modifikasyonu ve işlenebilirliği (Jost vd., 2014; Kulig vd., 2016; Hou vd., 2019; Franco-Bacca vd., 2021) üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu kapsamda, malzemelerin mekanik, ısı ve fonksiyonel performanslarını artırmak amacıyla farklı yenilenebilir hammaddeler (Ramakrishnan vd., 2018; Ismillayli vd., 2020; Kanagesan vd., 2022; Rizal vd., 2023) , farklı işleme teknikleri (Li vd., 2019; Faradina vd., 2024) ve çeşitli takviyeler (Huang vd., 2018; Júnior vd., 2021; Yuan & Solin, 2022) test edilmektedir. Uygulanan stratejiler, malzeme performansını artırırken aynı zamanda malzemenin biyobozunur olma özelliğini korumayı hedeflemektedir.

Çevre bilimi odaklı çalışmalar, biyoplastiklerin toprak, kompost, deniz ve anaerobik ortamlardaki bozunma süreçlerini ve bu süreci etkileyen çevresel faktörleri incelemek üzerinedir (Folino vd., 2020; Lomartire vd., 2022). Ayrıca, aerobik/anaerobik ayrımı, ekotoksisite, mikroplastik oluşumu ve yaşam döngüsü analizleri yapılmakta (Ruggero vd., 2019; Jayakumar vd., 2023), böylece biyoplastiklerin çevresel sürdürülebilirliği kapsamlı bir şekilde tartışılmaktadır.

Kimya alanındaki çalışmalar, biyoplastiklerin yenilenebilir hammaddelerden sentezi (Silva vd., 2009; Bierhalz vd., 2014), kimyasal yapılarının biyobozunma sürecine etkisi (Kanagesan vd., 2022) ve katalitik/enzimatik yollarla kimyasal geri dönüşümü (Lambert & Wagner, 2017) gibi konuları kapsamaktadır. Bu yaklaşımlar özetle, yüksek kaliteli monomer geri kazanımı ile döngüsel ekonomiye katkı sağlamayı hedefler.

Biyoteknoloji alanındaki çalışmalar ise, daha çok mikrobiyal yollarla biyoplastiklerin üretimi ve bozunması ile ilgili konulara odaklanmaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan PHA ve PHB üretimi için çeşitli teknikler geliştirilirken (Somleva vd., 2013; Park vd., 2024), belirli mikrobiyal türlerin enzimatik bozunma süreçlerindeki rolleri (García-Depraect vd., 2021) de araştırılmaktadır. Bu çalışmalardaki temel amaç, biyoplastiklerin yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilirliğini artırmaktır.

Literatür verileri sürdürülebilirlik odaklı çalışmalar kapsamında incelendiğinde, bu çalışmaların yalnızca teknik performansla sınırlı kalmayıp; aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri de kapsadığı görülmektedir. Yaşam döngüsü analizleri (LCA), biyoplastiklerin geleneksel plastiklere kıyasla daha düşük karbon ayak izine sahip olduğunu ortaya koyarken (Jayakumar vd., 2023); döngüsel ekonomi odaklı araştırmalar, geri dönüşüm, atık yönetimi ve politika desteğinin önemini vurgulamaktadır (Nandakumar vd., 2021; Sharma vd., 2025).

Biyoplastik araştırmaları, üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerini entegre eden bütüncül bir yaklaşım benimsemektedir. Bu sebeple, araştırma alanları arasında keskin ayrımlar bulunmamakla birlikte nüans farklılıklarından söz edilebilir. Abrha vd. (2022) 2002–2022 yılları arasında yayımlanan literatür verilerini inceleyerek biyo esaslı plastıklere yönelik araştırma yönelimlerini üç ana kategori altında toplamıştır:

- Biyo esaslı plastiklerin üretimi ve özelliklerinin iyileştirilmesi yoluyla pazarlanabilirliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar,
- Biyo esaslı plastiklerin yaşam döngüsü boyunca çevresel ve ekonomik etkilerini değerlendiren çalışmalar,
- Biyobozunma ve kompostlama koşullarının optimizasyonuna odaklanan çalışmalar.

Bu sınıflandırma, biyoplastik araştırmalarındaki disiplinler arası geçişkenliği gözler önüne sermektedir.

Disiplinler arası niteliğiyle öne çıkan biyoplastik çalışmalarını, bu alanın yalnızca mühendislik değil çevre, ekonomi ve politika gibi farklı disiplinlerle ortaklaşa yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. Her ne kadar biyoplastiklerin geliştirilmesi, işlenmesi, bozunması ve geri dönüşümüne yönelik önemli ilerlemeler sağlanmış olsa da laboratuvar başarılarının gerçek hayata uyarlanması için yüksek üretim maliyetlerinin, sınırlı ticari ölçeklenebilirliğin ve düzenleyici çerçevelerdeki eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir (Friedrich, 2022a). Bu sebeple, tüm disiplinlerin iş birliği içinde olması ve çalışmaların birbirini destekleyici nitelikte sürmesi bu malzemelerin gelişimini, ticari üretimini ve kullanım yaygınlığını sağlayan yenilikçi çözümler geliştirilebilmesi açısından kritik önemdedir.

1.6.4.2. Mimarlık ve Yapı Teknolojisi Alanında Yürütülen Çalışmalar

Mimaride parametrik tasarıma, farklı ve serbest geometrilere yönelim arttığından istenilen formun kolaylıkla elde edilebildiği plastik malzemelerin kullanımı da artış göstermiştir. Plastikler, kolay şekil alabilme özelliklerinin yanı sıra; hafiflikleri, korozyon dirençleri ve düşük ısı iletkenlikleri ile birçok tasarım için olumlu sayılabilecek özellikler sunmaktadır. Ancak fosil esaslı plastiklerin çevreye verdiği zarar bilinmektedir. Bu bağlamda, plastiğin üretiminde biyopolimerlerin kullanılması, söz konusu çevresel sorunun önüne geçerken plastiğin sağladığı avantajları sürdürülebilir ve verimli bir kaynak ile destekleme imkânı sunmaktadır (Köhler-Hammer vd., 2016).

Yapı sektöründe, diğer sektörlerde olduğu gibi malzeme dayanımı ve direnci kritik bir öneme sahiptir. Bu dayanımı çoğunlukla tek bir malzeme üzerinden elde etmek zordur. Bu sebeple, yapı malzemelerinde hem dayanım elde etmek hem de sürdürülebilirliğin artırılması amacıyla biyo esaslı malzemeler içeren yeni kompozit bileşikler üzerinde çalışmalara yoğunlaşılmaktadır (Friedrich, 2022a).

Biyoplastiklerin şekil ve renk açısından geniş bir yelpaze sunması, saydam özellikte üretilebilerek ışık geçirgenliği sağlaması, doğal lifler gibi katkıları eklenerek farklı dokular yaratılabilmesi ve CNC frezeleme, delme ve lazer gibi işlemlere uygun olması gibi avantajları bu malzemelerin mimarlık alanında kullanımını cazip hâle getirmektedir. Şekil 15'te biyoplastik malzemelerden üretilen farklı panel örnekleri görülmektedir. Bu örnekler biyoplastiklerin sağladığı tasarım esnekliğini, estetik potansiyelini ve ilham verici tarafını gözler önüne sermektedir.



Şekil 15. Biyoplastik malzemelerden üretilen farklı panel örnekleri (Köhler-Hammer vd., 2016).

Biyoplastikler, uygun katkı maddeleriyle birlikte kompozit hale getirildiğinde sahip oldukları olumsuz özellikler geliştirilebilmektedir. Literatürde, biyo kütle karışımı kompozit yapı malzemelerinin; iç mekân konforu açısından uygun ısı koşulların sağlanmasına katkı sunduğu (Arregi vd., 2020; Pujadas-Gispert vd., 2020), yüksek ses emilimi sağlayarak akustik performansı iyileştirdiği (Rubino vd., 2019), ayrıca alev geciktirici (Dahy, 2019) ve mukavemet artırıcı (Maraveas, 2020) özelliklerle üretilebildiği ortaya konulmaktadır.

WOS veri tabanında son on yılda yapı malzemesi alanında yapılan çalışmalar tarandığında ve sonuçlar konu ile doğrudan bağlantı kuran yayınlar filtrelemeden

geçirildiğinde, yalnızca 3 adet derleme makalesi ile 27 adet araştırma ve bildiri makalesine ulaşılmıştır (Tablo 2). Filtreleme öncesi incelenen derleme çalışmalarında biyoplastiklerin çoğunlukla dolaylı olarak ya da yalnızca alt başlık düzeyinde ele alındığı tespit edilmiştir (Friedrich, 2018a; Crini vd., 2020; Maraveas, 2020; Chen vd., 2022; Firoozi vd., 2024). Bu alanda yapı malzemelerinde biyoplastik kullanımı ile doğrudan ilişkili olan üç derleme çalışması ise Mousavi vd. (2025), Krivoschapko (2018) ve Rabbat vd. (2022) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Krivoschapko (2018), ince cidarlı plastiklerin ve kompozit polimer kabuklarının mimaride eğrisel kabuk formunda bina ana elemanları olarak uygulama olanaklarını; Rabbat vd. (2022) ise biyo kütle esaslı yalıtım malzemelerinin uygulamalarını ve sürdürülebilirlik potansiyelini araştırmıştır. Bu iki derleme kapsam bakımından Mousavi vd. (2025)'nin çalışmasına kıyasla daha spesifik konulara odaklanmaktadır.

Mousavi vd. (2025) ise biyoplastiklerle ilgili nispeten daha genel düzeyde bir derleme çalışması sunmuştur. Çalışmada, biyoplastiklerin termokimyasal işlenmesine yönelik teknolojik gelişmelerin, bu malzemelerin kullanımını ne ölçüde cazip hâle getirdiği tartışılmış; PLA (polilaktik asit) ve PHA (polihidroksialkanoat) gibi biyoplastiklerin yapı sektöründeki mevcut uygulamaları, fosil esaslı muadilleri ile çevresel ve ekonomik açıdan Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ve Teknik-Ekonomik Analiz (TEA) yöntemleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Bunlara ek olarak, biyoplastiklerin yapı malzemelerine entegrasyonundan doğan faydaların niceliksel olarak değerlendirilmesine yönelik yöntemsel gelişmelere yer verilmiş ve yenilenebilir, düşük karbonlu bir yapı çevresi oluşturulmasına katkı sunabilecek gelecekteki araştırma alanları tanımlanmıştır.

Ayrıca, Mousavi vd. (2025), tarama sonuçlarındaki yayın sayısının sınırlı oluşunu destekleyecek şekilde, yapı sektöründe biyomalzeme uygulamalarına dair literatürde önemli boşluklar olduğunu ortaya koymuştur. Bu eksikliğin özellikle, biyoplastiklerin binaların performansına yönelik çevresel ve ekonomik etkilerinin nicel olarak değerlendirilmesine dair çalışmaların yetersizliğinden kaynaklandığını vurgulamıştır.

Mousavi vd. (2025) mimarlık ve yapı sektöründe biyoplastiklerin binaların düşey ve yatay düzlemlerinde kaplama malzemesi, yalıtım elemanı, betonda katkı malzemesi, ve tesisat borusu olarak kullanıldığını belirtmektedir. Benzer şekilde, bu tez çalışmasında incelenen araştırma ve bildiri makalelerinde de biyoplastiklerin yapı malzemelerine entegrasyonuna ilişkin odak noktalarının şu şekilde olduğu görülmüştür:

- Başlıca kullanım alanları

- Ahşap-plastik kompozitler başta olmak üzere çeşitli kompozit kaplama ve paneller (Lupíšek vd., 2015; Friedrich & Luible, 2016a; 2016b; Oliver-ortega vd., 2018; Krivoschapko, 2018; Dahy, 2019; Mathis vd., 2019; Kalali vd., 2019; Friedrich, 2022b; Zhao vd., 2022; Liang vd., 2024; Abu-Saleem & Gattas, 2025; Awad & Desouki, 2025),
- Isı veya ses yalıtımı (Kairyte vd., 2018; Chomachayi vd., 2023; Liang vd., 2024),
- Örtü/membran uygulamaları (Andia & Peralta Gomez, 2025),
- Beton katkı malzemesi (Kulshreshtha vd., 2017; Gupta & Mahmood, 2022).
- Sıklıkla uygulanan karakterizasyon testleri
 - Yapısal analizler (Kulshreshtha vd., 2017; Kairyte vd., 2018; Oliver-ortega vd., 2018; Dahy, 2019; Kallbom vd., 2020; Friedrich, 2022b; Gupta & Mahmood, 2022; Zhao vd., 2022; Liang vd., 2024),
 - Mekanik performans testleri (Kulshreshtha vd., 2017; Kairyte vd., 2018; Oliver-ortega vd., 2018; Schulzke vd., 2018; Kalali vd., 2019; Zhao vd., 2022; Chomachayi vd., 2023; Liang vd., 2024; Awad & Desouki, 2025),
 - Isıl özellik testleri (Lupíšek vd., 2015; Kulshreshtha vd., 2017; Kairyte vd., 2018; Schulzke vd., 2018; Kalali vd., 2019; Mathis vd., 2019; J. Zhao vd., 2022; Chomachayi vd., 2023; Liang vd., 2024; Awad & Desouki, 2025),
 - Su ve neme karşı davranış (Mathis vd., 2019; Kallbom vd., 2020; Zhao vd., 2022; Chomachayi vd., 2023; Liang vd., 2024),
 - Fiziksel özellik testleri (Kairyte vd., 2018; Schulzke vd., 2018; Friedrich, 2022b; Liang vd., 2024),
 - Akustik performans (Lupíšek vd., 2015; Liang vd., 2024; Awad & Desouki, 2025),
 - Yanıcılık davranışı (Lupíšek vd., 2015; Dahy, 2019; Kalali vd., 2019),
 - Rüzgar emme kapasitesi (Friedrich & Luible, 2016b; 2016a),
 - Yaşlandırma testi (Friedrich, 2018b; Mathis vd., 2019).
- Diğer çalışma konuları
 - Hesaplamalı olarak tasarlanabilir ve dijital olarak üretilebilir bir malzeme olarak biyoplastiklerin potansiyelinin incelenmesi (Dahy, 2019; Kretzer & Mostafavi, 2020; Invernizzi vd., 2021; Klemmt vd., 2022; Andia & Peralta Gomez, 2025; Spyridonos vd., 2025),

- Farklı form verme tekniklerinin araştırılması (El-Gewely vd., 2018; Kretzer & Mostafavi, 2020; Klemmt vd., 2022; Tümerdem Gül, 2023; Andia & Peralta Gomez, 2025; Spyridonos vd., 2025),
- Biyoplastik seçiminde karar alma sürecine yönelik çalışmalar (Friedrich, 2022a),
- Biyoplastiklerin kullanım ömrü ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi (Lupíšek vd., 2015; Friedrich & Luible, 2016b; Kulshreshtha vd., 2017; Chomachayi vd., 2023).

Literatürdeki çalışmaların odaklandıkları konulardan anlaşılacağı üzere, mimari ve yapı sektöründe genel anlamda düşey ve yatay düzlemlerde uygulanabilen biyoplastik ve biyo kütle katkılı kompozit kaplama ve panellerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Yalıtım ve beton katkısı üzerine yapılan çalışmalar ise görece sınırlı sayıdadır. Bu araştırmalarda geliştirilen malzemelerin performansları, kullanım amacına bağlı olarak uygun karakterizasyon testleriyle değerlendirilmiştir. Ayrıca, yaşam döngüsü analizleri, kullanım ömrü ve sürdürülebilirlik açısından da kapsamlı incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Biyoplastiklerin film formunda kullanımına ilişkin çalışmalar ise nispeten daha sınırlıdır. Andia & Peralta Gomez (2025), sentetik biyolojinin yapı malzemelerine entegrasyonun potansiyelini inceledikleri çalışmalarında, biyoplastikleri programlanabilir yaklaşımlara uygun bir malzeme olarak değerlendirmiştir. Bu kapsamda, çalışmalarının bir bölümünde membran örtü malzemesi üretim konsepti kapsamında biyoplastik film üretimi gerçekleştirmiştir. Ancak bu üretim henüz erken tasarım aşamasında olup, formülasyonun ve üretim sürecinin geliştirilmesi ile detaylandırılması için gelecekte yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

El-Gewely vd. (2018) ise gıda atıklarından elde ettikleri malzemeleri kullanarak, iki boyutlu sac kalıplar aracılığıyla döküm yöntemiyle kendi kendine şekil alan, rijit, üç boyutlu ve çift eğimli hiperbolik parabolit formunda jelatin esaslı biyoplastik film paneller üretmiştir. Yazarlara göre, biyoplastikler bileşen seçimleri ve oranları ile istenildiği gibi programlanabilir ve eklemeli üretim için önemli potansiyel taşır. Ancak, üretilen biyoplastik paneller doğaları gereği çoğunlukla uzun ömürlü olmamasından kaynaklı olarak geçici mimari yapılarda kullanım potansiyeli sunmaktadır.

Çalışma alanı doğrudan yapı malzemeleri ile ilgili olmamakla birlikte, tasarım disiplinlerinin birbirleriyle olan yakın ilişkisi nedeniyle Kooroshnia vd. (2021) çalışması da incelenmiştir. Söz konusu çalışmada, tekstil yüzey tasarım yöntemleri kullanılarak,

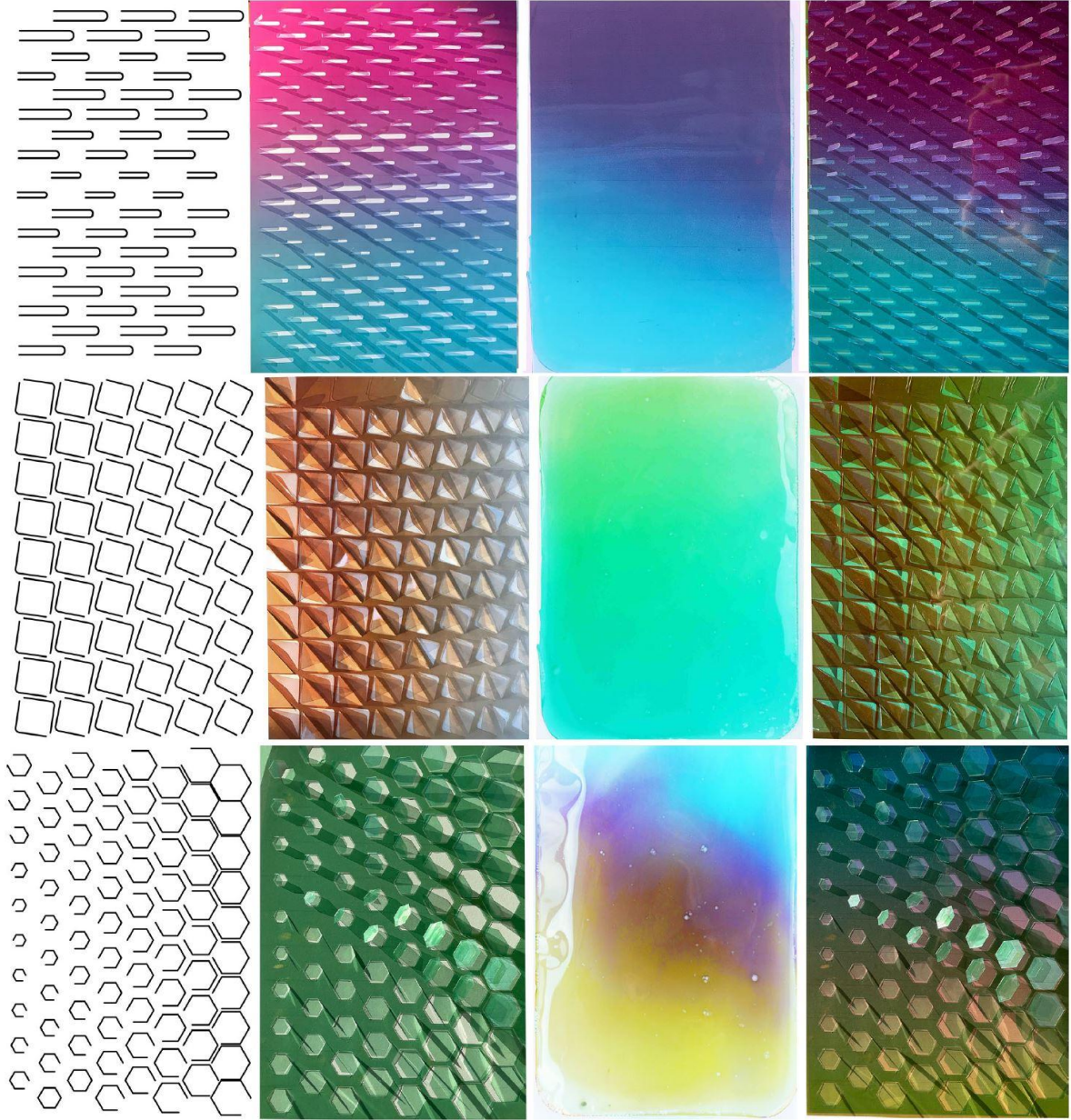
biyoplastik gibi biyomalzemeler aracılığıyla doku ve renkler arasındaki ilişkinin nasıl geliştirilebileceğini sorgulanmıştır. Dolaylı olarak, bu çalışmanın yapı malzemelerinin geliştirilmesine katkı sunma potansiyeli bulunmaktadır. Nitekim yazarlar, biyoplastik malzemelerin kinetik cephelerde veya iç mekân bölme elemanlarında karmaşık renk stratejilerinin uygulanmasıyla daha da geliştirilebileceğini, ışığın yönlendirilebileceğini ve farklı yüzey algılarının oluşturulabileceğini savunmaktadır.

Çalışmada “kendin yap yöntemi (DIY)” ile ve dijital araçlar birleştirilerek karmaşık yüzey tasarımlarını kolaylaştırabilen hibrit bir tasarım stratejisi sunulmuştur. Tek renk ile yapılan uygulamalarda reaktif, dispers, asit, gıda boyaları, tekstil pigment macunları, termokromik ve karanlıkta parlayan pigmentler gibi farklı boya türleri kullanılmış; ayrıca iki veya daha fazla rengin karıştırıldığı deneyler de gerçekleştirilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Biyoplastik malzemelerde farklı boyama yöntemi ve boya türleri ile yapılan renklendirme örnekleri (Kooroshnia vd., 2021).

Kullanılan boyaların elde edilen filmlerin şeffaflığı üzerindeki etkileri ile boyanın dağılımı gibi durumlar gözlemlenmiştir. Ayrıca, üç boyutlu şeffaf yüzey dokularında meydana gelen renk, ışık ve gölge etkileşimleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, biyoplastiklerde kullanılan renk kombinasyonlarının ve lazer kesim yöntemiyle oluşturulan yüzey dokularının, farklı algılar yaratabildiğini, dereceli görsel efektler oluşturabildiğini ve özgün tasarımlar üretme potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur (Şekil 17).



Şekil 17. Farklı renk katmanları ve lazer kesim yöntemiyle elde edilen şeffaf biyoplastik üç boyutlu yüzey dokularındaki renk, ışık ve gölge etkileşimleri (Kooroshnia vd., 2021).

Yapı malzemesi olmamakla birlikte yap malzemesi ile ilişkilendirilebilecek bir diğer çalışmada, Karali vd. (2019) kentsel bir alanda jelatin esaslı biyoplastik dolgu ve mantar çerçeveden oluşan çok sayıda sensör ve mikro denetleyici ile donatılmış modüller ve duyarlı bir aydınlatma tasarımı ve imalatı gerçekleştirmiştir. Makalede, "Biyo modüller" in oluşturulma sürecinde karşılaşılan zorluklar ve bu zorluklara getirilen çözümler ele alınmıştır. Biyoplastik dolgunun zamanla susuz kalarak büzülmesi ve mantar çerçeve ile olan bağlantısında bozulmalar meydana gelmesi üzerine, bu probleme yönelik çözüm arayışları geliştirilmiştir. Modüller arası bağlantılar da parametrik tasarım araçları

kullanılarak tasarlanmış ve yarı saydam PLA malzemesi ile 3D baskı yöntemiyle üretilmiştir. Bağlantı vidaları haricinde biyobozunur nitelikte üretilen bu aydınlatma tasarımı, yazarların da belirttiği üzere, jelatin esaslı biyoplastiklerin atmosferik koşullara dayanıklılığının sınırlı olması nedeniyle kullanım ömrü açısından araştırma gerektirmektedir.

Biyoplastiklerin bileşenlerinin ve oranlarının programlanabilir olması, bu malzemeleri parametrik tasarıma uygun hâline getirmektedir. Bu sebeple, yapı malzemelerinde kullanımları doğaya sağlayacakları pozitif katkıların yanı sıra mimaride oldukça önemli bir tasarım potansiyeli yaratmaktadırlar (El-Gewely vd., 2018). Ancak biyoplastiklerin biyobozunur olmaları, sürdürülebilirlik açısından avantaj sağlarken, uzun ömürlü ve dayanıklı malzeme üretimi bakımından dezavantaj oluşturmaktadır. Ayrıca, bazı polimerlerle birlikte kullanıldıklarında biyobozunurluk özelliklerini kaybedebilmektedirler (Meereboer vd., 2020). Bu nedenle, biyoplastik malzemelerin üretim yöntemleri ile içerik ve oranlarının, kullanım amacına uygun şekilde dikkatle planlanması gerekmektedir.

WOS veri tabanında indekslenen çalışmalara dayanarak biyo kütle kullanılarak üretilen yapı malzemelerinin; serbest biçimli cepheler, yapısal kompozitler, iç dekoratif elemanlar ve uyarlanabilir bina kaplamaları gibi farklı mimari uygulamalar için potansiyel taşıdığı görülmektedir. Ayrıca, biyo esaslı ve biyolojik olarak parçalanabilen biyoplastiklerin yapı malzemesi olarak evriminin bu tür malzemelerin gerek daha az kaynak, enerji ve maliyet gerektirmesi gerekse enerji tüketiminin azalmasına ve çeşitli konfor koşullarının geliştirilmesine katkıda bulunması, farklı koşullara karşı yüksek dayanım göstermesi ve bazılarının biyobozunur özelliklere sahip olmaları nedeniyle bu sektörlerde uzun vadede ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik sağlayacağı öngörülebilir.

Bu noktada, Friedrich (2022a) biyoplastik malzemelere karşı karar verici tutumlarını incelediği çalışmasında bu verileri desteklemekle birlikte bazı kritik noktalara işaret etmekte ve biyoplastiklerin yaygınlaşması için öneriler sunmaktadır. 2022 yılında yayımlanan bu makalede, biyoplastik malzeme kullanılan tekstillerden üretilmiş cephelerin, fosil kaynaklı plastiklerden hazırlanan cephelere kıyasla performans değerlendirmeleri ile karar vericilerin ödeme istekliliklerini ve tutumlarını belirlemek için cephe inşaatı alanındaki uzmanlarla yapılan anketlere dayanan bir araştırma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada verilen genel bilgilere göre, biyobozunur biyoplastikler, doğal kaynaklardan üretilmeleri ve kullanım ömürleri sonunda biyolojik olarak parçalanabilmeleri gibi avantajlarından ötürü jeotekstil ve membran gibi yapı ürünlerinde giderek daha fazla

tercih edilmektedir. Avrupa yapı sektörü, yıllık 10 milyon tondan fazla plastik tüketimiyle, sektörler arası toplam tüketimin %20,4'ünü oluşturmakta olup (Plastics Europe & EPRO, 2021) bu yüksek tüketim oranı biyoplastiklerin pazardaki potansiyelini açıkça göstermektedir. Ancak Friedrich (2022a), biyoplastiklerin yapı sektöründe verimli bir şekilde kullanılabilmesinin mümkün gözükmemesine karşın, mevcut literatür verilerinden hareketle karar vericilerin bu yeni malzemelerle ilgili çeşitli endişeler taşıdığını ve bunun piyasada yaygınlaşmasını zorlaştırdığını ortaya koymuştur.

Friedrich (2022a)'ın çalışmasının sonuçları ve önerileri şu şekilde özetlenebilir:

- Olumlu tutum ve yönelim: Çalışma kapsamında odaklanılan tekstil esaslı yapı malzemelerinde biyoplastik kullanımına, yapı sektörü uzmanlarının genel olarak saygılı ve istekli yaklaştığı belirlenmiştir. Buna istinaden tedarikçilerin yeni ürün geliştirme süreçlerinde mevcut plastikler yerine biyoplastiklere yönelmeleri önerilmektedir.
- Fiyat ve sürdürülebilirlik dengesi: Uzmanlar, yapı malzemelerinde özellikle bina kaplama amaçlı tekstil ürünlerinde, biyoplastikleri geleneksel plastiklere karşın daha yüksek maliyetlerine rağmen tercih etmeye isteklidir. Geliştiricilerin, uygun polimer seçiminde ikincil biyo kütle kullanımı ve geri dönüştürülebilirlik gibi sürdürülebilirlik özelliklerinden kaynaklanabilecek ek maliyetlerin, olası fiyat primleri ile dengelenip dengelenemeyeceğini dikkate almaları gerekmektedir.
- Performans beklentileri: Biyoplastik tekstil ürünlerinin performansının fosil esaslı plastiklere göre nispeten daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Bu sebeple geliştiricilerin biyoplastiklerin dayanıklılık, mukavemet, yangın direnci ve kullanım ömrü gibi teknik özellikleri hakkında karar vericilere somut kanıtlar ve güvence sunmaları önem arz etmektedir. Bu durum gerçekleşirse satın alma istekliliği artacaktır.
- Pazarlama ve farkındalık: Satın alma isteğinin, yapı sektöründeki geliştiricilerin farkındalık ve güveni artıran pazarlama stratejileriyle desteklenmesi hâlinde artacağı öngörülmektedir.

Özetle, biyoplastik malzemelerle ilgili teknik, ekonomik ve düzenleyici zorluklar devam etmekle birlikte, malzeme formülasyonu, yenilikçi işleme teknikleri ve dijital üretim yöntemlerindeki devam eden araştırmalarda ortaya konulan yenilikler ve iyileştirmeler biyoplastiklerin kullanımın yaygınlaşması yönündeki engelleri istikrarlı bir şekilde azaltacaktır. Bugüne değin yapı malzemesi alanında yürütülen çalışmalar, biyoplastiklerin

önümüzdeki yıllarda inşa edilecek yapı çevresinin dönüşümüne önemli ölçüde katkıda bulunmak için iyi bir konumda olduğunu göstermekle birlikte (De Corato, 2021) disiplinler arası araştırma ortamı, biyo esaslı ve biyolojik olarak parçalanabilir biyoplastiklerin mimari alana başarılı bir şekilde entegre edilmesinin bilim insanları, mühendisler, tasarımcılar ve politika yapıcılar arasında sürekli bir işbirliği gerektirdiğini ortaya koymaktadır (Özdamar & Ateş, 2018). Böylece, bu yenilikçi malzemelerin hem doğasında var olan sürdürülebilirlik faydalarından yararlanılır hem de yalnızca estetik açıdan ilgi çekici değil aynı zamanda çevre dostu binalar üretmek de mümkün olabilir (Yang vd., 2024).

Sonuç olarak, bu malzemelerin çevresel ve ekonomik etkilerinin analizi ve performans değerlendirme testleriyle desteklenen gelecekteki ar-ge projeleri, bu projeler sonucu üretilen deneysel prototiplerden yaygın olarak benimsenen ticari yapı ürünlerine geçiş sürecinde kritik bir rol oynayacaktır.

1.6.5. Biyoplastiklerin Üretim Yöntemleri

Bu bölümde biyoplastiklerin üretimlerinde kullanılan polimerlerin kaynak türüne göre sınıflandırılan üretim yöntemleri ile biyoplastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan tekniklere yer verilecektir.

Biyoplastiklerin üretiminde bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar, algler ve gıda atıkları gibi yenilenebilir kaynaklardan yararlanılır. Genel kapsamda, biyoplastiklerin üretiminde kullanılan polimerlerin üretim yöntemleri Tablo 3'te özetlenmiştir.

Bu yöntemler arasında doğal biyo kütleden ekstrakte edilen polimerlerin modifikasyonu; hem biyo esaslı hem de biyobozunur özellik gösteren plastiklerin üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Di Bartolo vd., 2021). Biyoplastiklerin, geleneksel plastiklere göre en önemli avantajı, biyolojik olarak parçalanabilirliklerinde yatmaktadır. Bu özelliklerinin, fosil kaynak kullanımının ve plastik atık miktarının azaltılmasına katkı sağladığı için iklim koruma ve karbon ayak izinin azaltılması üzerindeki etkisi büyüktür. Söz konusu yöntemde, nişasta, selüloz, kitosan ve aljinat gibi polisakkaritler ile soya proteini, glüten ve jelatin gibi proteinler, doğal biyopolimerlerden doğrudan işlenerek biyoplastik üretiminde kullanılmaktadır (BCC Research LLC, 2021).

Tablo 3. Biyoplastik üretiminde kullanılan polimerlerin kaynak türüne göre üretim yöntemleri (Reddy vd., 2013; Di Bartolo vd., 2021; Nandakumar vd., 2021).

Kaynak türü	Üretim yöntemi	Örnek
Biyo esaslı	Atıklardan veya doğal kaynaklardan ekstrakte edilen polimerlerin modifikasyonu	TPS, selülozik plastikler, Protein esaslı plastikler
	Biyo esaslı monomerlerin kimyasal polimerizasyonu	PLA, Biyo-PA'lar, Biyo-PET, Biyo-PE
	Mikroorganizmalar tarafından üretim	PHA'lar
Kısmen biyo esaslı plastikler	Biyo esaslı monomerler ile fosil esaslı monomerlerin kombinasyonu	Biyo-PTT, Biyo-PBT
Fosil esaslı biyoplastikler ¹	Fosil esaslı monomerlerin polimerizasyonu	PBAT ² , PCL ² , PBS ² , PVA ²
¹ Bu gruptaki bazı polimerlerin kısmen veya tamamen biyo esaslı versiyonları da üretilebilmektedir. ² PBAT, PCL ve PVA'nın kısmen biyo esaslı örnekleri; PBS'nin ise %100 biyo esaslı üretim girişimleri mevcuttur.		

Biyoplastiklerin şekillendirilmesinde ise, genel olarak plastik üretiminde kullanılan yöntemler yürütülebilmektedir. Plastikler, sıcaklık, basınç ve zaman gibi belirli koşullar altında şekillendirilebilir. Genellikle ilk adım ısıtma işlemidir; istenen viskozite derecesi elde edilene kadar ısıtılan karışım basınç altında şekillendirilir ve sonrasında yapısal bir sağlamlığa ulaşana kadar soğumaya tabi tutulur (Pouzada, 2017). Bu kapsamda, enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon, basınçlı kalıplama, termoform, döküm ve bazı yöntemlerin birlikte kullanımı gibi çeşitli teknikler mevcuttur. Bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi, robotik sistemlerin gelişmesiyle birlikte bu yöntemlere eklemeli üretim teknikleri de dahil edilebilir. Ayrıca daha çok moda sektöründe kullanımına rastlanan biyoplastikten iplik üretimi ve dokuma tekniği de bu tez kapsamında yenilikçi üretim yöntemleri kapsamında değerlendirilmiştir.

Biyoplastik şekillendirmesine dair bu üretim yöntemlerine ilişkin detaylı bilgiler aşağıda sunulmaktadır:

- Enjeksiyon kalıplama: bu yöntemde, malzeme yüksek sıcaklık ve basınç altında bir ekstrüder yardımıyla kapalı bir kalıba enjekte edilir. Daha sonra kalıp soğutulur ve

nihai ürün kalıptan çıkarılır. Bu teknikle plastik ürünler istenen boyut ve şekillerde kısa sürede yüksek hassasiyetle imal edilebilir (Leong vd., 2014; Rajak vd., 2019; Boey vd., 2022). Bu yöntemin dezavantajı kalıp üretme maliyetinin yüksek olmasıdır ancak seri üretimler için kullanımı uygundur (Franchetti & Kress, 20017).

- Ekstrüzyon: Bu işlem enjeksiyon kalıplama, üfleli film kalıplama, dökme film ve sıkıştırma kalıplama gibi diğer plastik işleme yöntemlerinden önce uygulanabilmektedir (Surendren vd., 2022). Biyopolimerlerden ve katkı maddelerinden oluşan biyoplastik karışım, istenen forma sokulmak üzere bir ekstrüderden geçirilir ve sabit, düzgün enine kesitli bir ürün elde edilir (Pouzada, 2017). Ancak, bu yöntem hidrofiliklik düzeyi yüksek olan nişasta gibi polimerik malzemeler için her zaman olumlu sonuç vermemektedir. Film üretiminde üfleli ekstrüzyon sırasında malzeme, plastikleştirici içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak yapışma eğilimi gösterebilmektedir (Harnkarnsujarit vd., 2021). Ekstrüzyon gibi ısı işlemlere dayanan kuru işleme yöntemleri, endüstride yaygın olarak kullanılmasına karşın laboratuvar ölçeğinde daha az tercih edilmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıkların uygulandığı bu yöntemde, biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerde geri dönüşü olmayan yapısal değişiklikler oluşabilmektedir (Shlush & Davidovich-Pinhas, 2022).
- Basınçlı kalıplama: Malzemenin iki metal kalıp arasında preslenmesini içeren geleneksel bir üretim tekniğidir. Bu yöntem, soğuk ve sıcak olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir. Soğuk işlemde yalnızca basınç uygulanırken, sıcak işlemde ise malzeme gereksinimlerine bağlı olarak, belirli bir süre boyunca hem yüksek sıcaklığa ve hem de basınca tabi tutulur (Balla vd., 2019).
- Çözelti döküm yöntemi: Bu yöntemde, bir polimer uygun bir çözücü içerisinde eritilir ve ardından gerekli görülen katkılar karışıma ilave edilir. Daha sonra bu çözelti bir kalıba dökülür ve çözücünün buharlaşması sağlanır. Bu adımdan sonra istenen özellikteki film elde edilmiş olur. Bu yöntem Bölüm 1.6.5.1’te ayrıntılı olarak ele alınmıştır.
- Eklemeli üretim: Eklemeli üretim malzemelerin katman katman birbirine eklenerek yüksek hassasiyetle nihai şekline ulaştığı bilgisayar destekli bir üretim şeklidir (Bandyopadhyay vd., 2011). Dijital tasarım ve robotik üretim teknolojilerindeki gelişmeler, bu alanda yenilikçi uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ancak yüksek maliyet, ölçeklendirme zorlukları, malzeme özelliklerine bağlı

sınırlamalar ve disiplinler arası iş birliği gerektirmesi gibi etkenler, eklemeli üretim yönteminin yaygın kullanımını sınırlamaktadır (Klemmt vd., 2022). Bu yöntem, doğrudan dijital bir modelden ve istenen hammaddeden karmaşık geometrilere sahip ürünlerin üretilmesine olanak tanır. Bununla birlikte, hammadde hazırlığı ve işlem sırasındaki stabilite; homojenlik, katkı maddelerinin dağılımı, baskı kalitesi ve genel ürün performansı açısından kritik öneme sahiptir (Balla vd., 2019). Hesaplamalı olarak tasarlanabilen ve dijital olarak üretilebilen bir malzeme olan biyoplastikler, eklemeli üretim yöntemleri için uygun bir seçenek oluşturmaktadır. Ancak bu yöntemde, malzemenin viskozitesi ve kuruma süresi ile makine içerisinde tıkanma riski gibi faktörler dikkatle kontrol edilmesi gereken önemli parametrelerdir (Klemmt vd., 2022). Literatürde, bu yöntemin en önemli avantajı farklı dokular ve sınırsız tasarım olanağı sunmasıdır (Kooroshnia vd., 2021). Ancak, büyük boyutlu üretimlerde sınırlılıklar barındırması nedeniyle, mimari uygulamalarda ölçeklenebilirlik konusu, diğer yöntemlerde olduğu gibi bu yöntemde de bir soru işareti olarak varlığını sürdürmektedir.

- İplik üretimi ve dokuma: Biyoplastiklerden iplik üreterek ve bu iplikleri dokuma yöntemiyle işleyerek, amaca bağlı olarak istenilen ölçülerde ve özelliklerde ürünler elde edilebilmektedir. Biyoplastiklerden farklı yöntemlerle iplik üretilebilmektedir. Bunlardan biri, halihazırda üretilmiş olan biyoplastik malzemelerin veya kompozitlerin çeşitli tekniklerle ipliklere dönüştürülmesidir. Bu yöntem, ekstrüzyon gibi diğer üretim teknikleri ile benzerlik göstermektedir. Bir diğer yöntem ise biyoplastik malzemenin doğrudan iplik şeklinde üretilmesidir. Literatürde, bu yaklaşıma örnek olarak, deniz yosunundan elde edilen bir polisakkarit olan sodyum aljinatın kalsiyum klorür ile etkileşimi gösterilebilir. Bu yöntemle özellikle moda sektöründe son zamanlarda ilgi çekici tasarımlar ortaya konulmaya başlanmıştır. Şekil 18’de verilen örnek görsellerden anlaşılabileceği üzere, doğal renk katkılarının kullanılmasıyla tasarım çeşitliliği artırılabilir.

Bahsedilen yaygın yöntemler, farklı üretim teknikleri ile birleştirilebilir. Bu yöntemlerle üretilen biyoplastik malzemeler, basit biçimlendirme araçları veya lazer kesim gibi yüksek hassasiyetli makineler kullanılarak, istenilen nihai forma sonradan da dönüştürülebilir.



Şekil 18. Sodyum aljinattan üretilen biyoplastik ipliklerin dokuma uygulamalarına örnekler (Karastathi, 2019; 2020).

Biyoplastik malzemelerin ve ürünlerin üretiminde hangi yöntem ya da yöntemlerin kullanılacağı; işleme adımları ve süresi, üretim maliyeti ve nihai ürün tasarımı gibi faktörlere bağlıdır. Diğer bir taraftan, farklı yöntemlerin çevresel etkileri ve ürün özellikleri de farklılık gösterebilir (Rosentrater & Otieno, 2006). Eğer üretim sürecinde lif eklenmesi planlanıyorsa, sıcaklık, basınç, hız ve nem gibi parametreler yöntemin seçiminde etkili olmaktadır. Ayrıca, seçilen yöntem lif dağılımını ve yönelimini de etkileyeceğinden, nihai ürünün mekanik performansı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir (Shahzad, 2017; Boey vd., 2022).

Tüm yöntemler arasında, bu çalışmanın odak noktasını oluşturan biyoplastik film üretiminde yaygın olarak tercih edilen çözelti döküm yöntemi öne çıkmaktadır ve bir sonraki başlıkta ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1.6.5.1. Çözelti Döküm Yöntemi

Biyoplastik filmlerin üretim sürecinde çözelti döküm yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi döküm yönteminin film üretiminde birçok avantaj sağlamasıdır.

Öne çıkan avantajlar şu şekilde özetlenebilir:

- Basit uygulama ve düşük ekipman maliyeti: Gerekli ekipmanların kolay erişilebilir olması ve basit işlem adımları sayesinde ekonomik üretim imkânı sağlar (Chen vd., 2008; Abe vd., 2021; Westlake vd., 2023).
- Kolay gözlem ve yüksek tekrarlanabilirlik: Küçük ölçekli laboratuvar deneylerinde süreç adımlarının kolayca izlenebilir ve deneyler yüksek oranda tekrarlanabilir (Ayala vd., 2024).
- Homojen film oluşumu ve kalınlık kontrolü: Çözeltinin homojen dağılımı kolaylıkla takip edilebilir ve döküm sırasında film kalınlığı hassas biçimde ayarlanabilir (Sivakumar vd., 2025).
- Katkı maddeleri ekleme ve çok katmanlı yapı üretme esnekliği: Fonksiyonel katkılar ve polimer karışımları kolayca çözeltiye eklenebilir ve dahası çok katmanlı filmler üretilebilir (La Fuente Arias vd., 2023).
- Çok yönlülük: Farklı polimer tipleri ve katkı maddeleri ile uyumlu çalışır (La Fuente Arias vd., 2023).

Yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar;

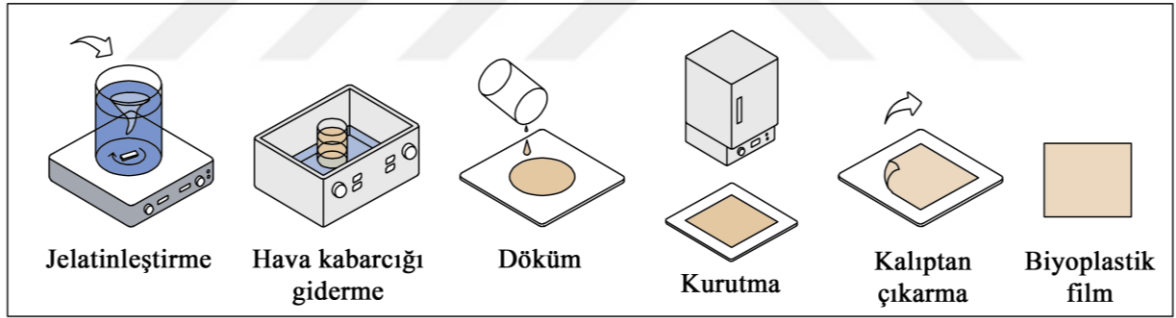
- Uzun işleme süresi: 48-72 saati bulabilen uzun kuruma süreci sebebiyle enerji tüketim yükü artar. Birim maliyet olarak gerekli enerji miktarı diğer yöntemlere göre daha yüksek olabilir (Darie-Niță & Râpă, 2021; La Fuente Arias vd., 2023).
- Ölçekleme sorunu: Endüstriyel ölçekte geniş yüzeyli film üretimi sınırlıdır, büyük boyutlu üretim henüz yaygın değildir (Darie-Niță & Râpă, 2021; La Fuente Arias vd., 2023).
- Kalınlık sınırlaması: Bu yöntem film kalınlığına sınırlılıklar getirebilmektedir (Gao vd., 2017a; Jeevahan vd., 2020).

Avantaj ve dezavantajlar dikkate alındığında, çözelti döküm yönteminin daha çok laboratuvar ölçeğinde deneysel çalışmalar için tercih edilmesi uygundur. Bununla birlikte, endüstriyel üretimde daha yaygın olarak kullanılan ekstrüzyon yöntemine kıyasla önemli avantajları bulunmaktadır (Jayarathna vd., 2022). Örneğin Melo vd. (2011) çalışmasında, döküm yöntemiyle üretilen termoplastik nişasta filmlerin, ekstrüzyon yöntemiyle üretilenlere kıyasla daha düşük su buharı geçirgenliği ve daha yüksek kopma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir. Aynı çalışmanın sonuçlarına göre, döküm yöntemiyle daha homojen ve pürüzsüz filmler elde edilebilmekte, bu da filmlerin ışık geçirgenliğinin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca döküm yöntemi, yüksek şeffaflık ve iyi esneklik özelliklerine sahip filmler üretme açısından da avantaj sunmaktadır (Cui vd., 2021). Yine de

endüstriyel ölçekli üretimde kullanılabilmesi için hızlı kurutma, düşük maliyet ve yüksek verimliliğin sağlanmasına yönelik parametrelerin araştırılması ve optimize edilmesi gerekmektedir (Jeevahan vd., 2020).

Prototip üretimi ve formülasyon optimizasyonu çalışmalarına elverişli olması nedeniyle çözelti döküm yöntemi, küçük ölçekli laboratuvar uygulamalarında literatürde sıklıkla tercih edilmekte olup, bu tez çalışmasında da üretim yöntemi olarak seçilmiştir. Yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle gerekli ekipmanların ve üretilecek formülasyona uygun malzemelerin hazır olması gerekir.

Çözelti döküm işlemi temel olarak jelatinleştirme, hava kabarcığı giderme, döküm ve kurutma olmak üzere 4 ana adımdan oluşmaktadır (Şekil 19). Jelatinleştirme adımında öncelikle formüldeki malzemeler hassas şekilde tartılarak hazırlanır. Çözücü (genellikle saf su) ısıya dayanıklı bir kaba eklenir ve kap ısıtıcılı karıştırıcıya yerleştirilir. Formülasyona bağlı olarak, önceden belirlenen sırayla bileşenler çözeltilmeye dâhil edilir. Isıtma ve karıştırma sırasında sıcaklık, ısı probu ile sürekli kontrol altında tutulur. Karışım, tüm bileşenler homojen şekilde dağılıncaya kadar belirlenen sıcaklık ve hızda karıştırılır.



Şekil 19. Çözelti döküm yönteminin uygulama adımları

Ardından, ultrasonik banyo uygulaması veya bir süre bekletme gibi işlemlerle çözeltideki hava kabarcıkları giderilir. Hazırlanan çözelti önceden hazırlanmış yapışmaz özellikte ve temiz bir kalıba dökülür. Son adımda, çözücünün tamamen buharlaşması ve filmin sabit ağırlığa ulaşması için belirli sıcaklık ve nem koşullarında kurutma yapılır. Kurutma tamamlandığında film kalıptan dikkatlice çıkarılır ve belirli sıcaklık ile bağl nem koşullarında şartlandırılarak analiz veya uygulama aşamasına hazırlanır.

Çözelti döküm yönteminin diğer yöntemlere göre nispeten daha basit araç ve ekipman gerektirmesi, düşük maliyetli ve erişilebilir bir üretim yaklaşımı olan “kendin yap”

yöntemine de uyarlanabilmesine imkan tanımaktadır. Bu doğrultuda, bir sonraki bölümde iki yöntem arasındaki ilişki ve uygulama olanakları irdelenecektir.

1.6.5.2. Kendin Yap Yöntemi

Kendin yap yöntemi; bir araştırmacının veya tasarımcının, kişiselleştirilmiş çözümler üretme isteği ile mevcut bir malzemeyi ya da ürünü deneme-yanılma yoluyla yeniden tasarlaması veya tamamen yeni bir malzeme/ürün geliştirmesi sürecini ifade eder. Bu süreçte, erişilebilir üretim olanaklarını en üst düzeyde kullanmak amaçlanır.

Kendin yap yaklaşımında araştırmacı, genellikle bir malzeme ve/veya yöntem icat eder veya açık kaynaklardan öğrendiği mevcut bir yöntemi geliştirir. Süreç içerisinde, araştırmacı tamamen yeni malzemeler kullanabilir veya mevcut malzemelerin bir veya birden fazlasını farklı bir malzemeyle değiştirebilir. Böylece, yöntem amaca bağlı olarak kişiselleştirilmiş ve özelleştirilmiş ürünler üretmeye olanak sunar (Rognoli vd., 2015).

Yöntemde genellikle biyo kütle, organik ve inorganik atıklar, geri dönüştürülmüş malzemeler veya farklı bileşenler yaratıcı bir üretim sürecine dahil edilir. Son yıllarda, üç boyutlu yazıcıların yaygınlaşmasıyla birlikte, kendin yap sürecine dijital üretim teknolojilerinin entegre edilmesi de oldukça yaygınlaşmıştır. Bu durum, biyoplastiklerin küçük ölçekli üretimden deneysel prototip geliştirmeye kadar pek çok farklı alanda araştırılmasına olanak tanır.

Kendin yap yöntemiyle, bireyler kendi ihtiyaçlarına yönelik olarak çözümler geliştirmek için, bir ürünü satın almak yerine ürünü kendi imkanlarıyla üretmeye çalışırlar. Ancak bazı durumlarda özel ekipman, belirli düzeyde eğitim ve uzmanlık bilgisi gerekebilmektedir. Böyle durumlarda, ilgili alanlardaki uzman kişilerin gerekli bilgi ve prosedürleri erişilebilir kılması ile süreç kolaylaşmaktadır. Bu duruma, biyoteknoloji alanında gelişen “DIYBio” hareketi örnek olarak gösterilebilir (Kuznetsov vd., 2015; Bell vd., 2022).

Biyo esaslı malzemeler, günümüzde DIY hareketinin odak noktasındadır. Biyoplastik üretimi ile ilgili birçok açık kaynaklı yayın bulunması da bu durumu kanıtlar niteliktedir. Bu yayınlara “Bioplastic Cook Book” (Dunne, 2018), “Bio-Plastic Handbook: Chemical Structure Formula” (Kwong, 2011), “Green Tea Bioplastics” (FabTextiles, 2021), “The Secrets of Bioplastic” (FabTextiles, 2017), gibi eserler örnek gösterilebilir.

Kendin yap üretim yaklaşımı, sürdürülebilir bir gelecek için acil çözümler gerektiren ancak çözüm üretme hızının görece düşük olduğu sektörlerle kıyasla, daha hızlı ve esnek sonuçlar sunabilir. Çünkü, artan sayıda araştırmacı (bilim adamları, profesyoneller ve amatörler) tasarım sürecine ve/veya üretime doğrudan katılabilmekte ve böylece özelleştirilmiş çözüm ihtiyaçlarına hızlı şekilde cevap verilebilmektedir (Rognoli vd., 2015).

Endüstriyel ölçekte üretim ise genellikle yavaş ilerleyen, çok sayıda ayrıntı ve yüksek düzeyde uzmanlık gerektiren bir süreç olup çoğu zaman genelleştirilmiş sorunlara standart çözümler sunmaya odaklanılır. Oysa özellikle yapı sektörü birçok özelleştirme gerektiren parametreye sahiptir. Yapı malzemeleri onlardan optimum fayda elde edilebilmesi için bulundukları konum, iklim, işlev, kültürel bağlam, sağlık, ekonomik olanaklar vb. birçok veri dikkate alınarak tasarlanmalı ve bu veriler ışığında sonuçlar optimize edilmelidir. Kendin yap yaklaşımı ile yapı malzemesi üretimi ve geliştirilmesine yönelik girişimlerde bu optimizasyon sürecine hızlı ve esnek bir katkı sağlanabilir. Böylece endüstriyel sürecin kısıtlamalarından uzak bir şekilde yerel ihtiyaç ve koşullara uyumlu yenilikçi çözümler hızlıca hayata geçirilebilir.

Kendin yap yöntemiyle standart ve “mükemmel” üretilen üretim anlayışının yerine benzersiz tasarımlar üretilebilir. Bu da ürünün ve uygulandığı alanın özgünlüğünü ve estetik değerini artırır. Her ne kadar yöntem başarısızlığa daha yatkın olarak görülse de aynı durum yaratıcılığa ve estetik geliştirmelere de kapı açmaktadır.

Çevreye zararsız malzemelerle ve kasıtlı olarak ‘kusurlu’ olarak tasarlanan ürünlerin estetiği ‘sürdürülebilirliğin estetiği’ (Rognoli & Karana, 2014) ve ‘çevreye duyarlı ürünlerin estetiği’ (Walker, 1995) gibi isimlerle anılan bir yaklaşım ile açıklanmaktadır. Rognoli vd.’ne (2014) göre kusurluluk, kullanıcıların deneyimlerini daha zengin ve daha kalıcı kılabilir. Bu da standartlardan ve mükemmel üretimden uzaklaşmanın çok fazla korkutucu olmadığı anlamına gelir.

Sonuç olarak, doğal malzemeler kullanılmaya yönelinen bir yöntemde tıpkı doğadaki gibi mükemmel olmayan asimetric, pürüzlü, homojen olmayan sonuç ürünler elde etmek kaçınılmazdır ve bu durum ezberlenmiş bir bakış açısını kırmak için bir fırsat yaratabilir.

Kendin yap yönteminin bir diğer avantajı, ekonomik risklerin ve çevresel etkisinin düşük olmasıdır. Bugüne değin plastik malzemelere odaklanan pek çok kendin yap projesi, düşük teknolojiye veya tamamen teknolojisiz araçlara dayanmaktadır (Rognoli vd., 2015). Biyoplastik malzemelerin üretiminde de benzer bir yaklaşım izlenebilir; tercih edilen biyo

kütlenin, doğal atıkların ve geri dönüştürülmüş kaynakların kullanılması ile basit araç ve tekniklerin tercih edilmesi bu durumu desteklemektedir.

Özetle, biyoplastik üretiminde kendin yap yaklaşımından yararlanma potansiyeli olduğu açıktır. Dahası, bu yaklaşım tasarım ve üretim süreçlerine yenilikçi bakış açıları sağlayabilir. Özellikle, işlevsel gerekliliklere bağlı olarak biyoplastik formülasyonunun belirlenmesinde esnek ve deneysel bir çerçeve sunması bakımından dikkate değerdir.

Formülasyona işleve ve estetik amaçlara bağlı olarak birçok katkı eklenebilir ve endüstriyel üretime göre nispeten basit alet ve ekipmanlarla üretimi yapılabilir. Çözelti döküm yöntemiyle ısıtıcılı bir karıştırıcı ile temiz ve yapıştırmaz bir kalıp, kurutma için uygun oda şartları birçok ön deneyin hızlıca yürütülebilmesi için yeterlidir. Ön deneyler sonucu karar verilen formülasyonlar için bir ileri aşamada karakterizasyon testleri yürütülecekse kurutma ve şartlandırma koşullarının sağlanması için inkübatör veya iklimlendirme kabineye ihtiyaç duyulur. Tüm bu bilgiler ışığında çalışma yönteminin kendin yap yaklaşımına yakın olduğu söylenebilir. İlerleyen başlıklarda bileşen, alet-ekipman ve kullanılan yöntemlerle ilgili detaylı bilgilere yer verilmektedir.

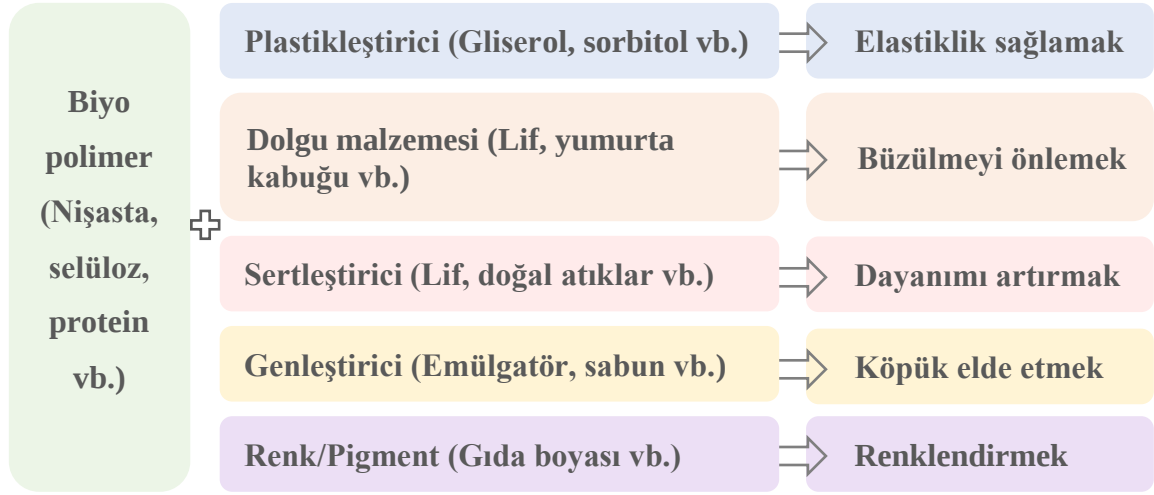
1.6.6. Biyoplastik Üretiminde Kullanılan Bileşenler

Biyoplastikler genel olarak fosil esaslı plastiklerle benzer bir üretim formülüne sahiptir. Temel fark, biyoplastik üretiminde kullanılan polimerlerin biyo esaslı olmasıdır. Ayrıca kullanılan diğer bileşenlerin de biyoplastiklerin araştırma amacına uygun olarak mümkün mertebe doğaya zararlı özellikler taşınamaması beklenir. Üretimde kullanılan tek bir bileşenin dahi biyo esaslı ve/veya biyobozunur olmaması, tüm malzemenin çevresel etkisini değiştirebilir. Ancak bilindiği üzere bazı biyoplastik türlerinde malzeme özelliklerinin geliştirilebilmesi için Bölüm 1.6.1’de de bahsedildiği gibi bu bahisten farklı yaklaşımlar sergilenebilmektedir.

Biyoplastik üretiminde Formül (1)’de görüldüğü üzere biyopolimer, plastikleştirici ve farklı işlevlere yönelik katkılar kullanılmaktadır:

$$Biyo(plastik) = (Biyo)polimer(ler) + (Biyo)plastikleştirici(ler) (+Diğer katkılar) \quad (1)$$

Şekil 20’de biyoplastik formülünde yer alan bileşenler ile bu bileşenlerin örnekleri ve kullanım amaçları sunulmaktadır.



Şekil 20. Biyoplastik üretiminde kullanılan malzeme türleri, örnekleri ve amaçları (Raspanti, 2020).

Biyoplastikler temel olarak ana polimer ve çözücü ile üretilebilmektedir. Ancak elastiklik kazandırmak, büzülmeyi önlemek, dayanımı artırmak, farklı yapısal formlar elde etmek ve renklendirme gibi amaçlarla çeşitli katkıları isteğe bağlı şekilde formülasyona eklenebilmektedir. Alt başlıklarda temel ve isteğe bağlı olan bu bileşenlerin temel özellikleri ve literatürdeki kullanımları ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

1.6.6.1. Biyopolimer

Biyoplastik üretiminde Bölüm 1.6.2’de de söz edildiği gibi nişasta, selüloz, kitosan, pektin ve aljinat gibi birçok biyopolimer türü kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında ise, biyoplastik film üretiminde sunduğu avantajlardan ötürü sodyum aljinat esaslı biyopolimer incelenmiştir. Bu polimerin seçilmesiyle ilgili gerekçeler ve detaylar alt başlıklarda yer almaktadır.

I. Aljinat Esaslı Biyoplastikler

Sodyum aljinat, deniz makro algisi olan kahverengi deniz yosunundan ve bazı bakterilerin hücre zarından elde edilen doğal bir polisakkarittir (Akbar vd., 2023). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2021), 2019 yılında dünya çapında deniz yosunu üretiminin yaklaşık 35,8 milyon tona ulaştığını açıklamıştır. Bu üretimin yaklaşık

%0.16'sını mikro algler; %47,65'ini ise kahverengi deniz yosunları ise oluşturmaktadır. Elde edilen aljinatın büyük bir kısmı, sodyum aljinat formunda kullanılmaktadır (Grand View Research, 2020; Lim vd., 2021).

Bakterilerden elde edilen aljinatlar yüksek maliyetleri nedeniyle çoğunlukla araştırmalarda değerlendirilirken, ticari ölçekte daha çok kahverengi deniz yosunu tercih edilmektedir (Sutherland, 1991; Goh vd., 2012). Sodyum aljinat; jelleşme, viskozite ve dengeleyici özellikleri sayesinde gıda, kozmetik, ilaç, tekstil ve kâğıt endüstrilerinde geniş kullanım alanı bulmakta (Pereira ve Cotas, 2020), son yıllarda atık su arıtımı ve çevre koruma alanlarında da yaygınlaşmaktadır (Abdul Khalil vd., 2017; Reddy, 2021) Yanı sıra, fosil esaslı plastik eşdeğerlerinin yerini alabilecek sürdürülebilir malzemelerin üretilmesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır (Lim vd., 2021).

Biyoplastik üretiminde kullanılan bitkisel kaynaklar, verimli toprak, tatlı su, gübre ve uzun yetiştirme süresi gerektirdiğinden, gelecekte gıda ve yakıt üretimi ile rekabet edebilir (Colwill vd., 2012). Buna karşın deniz makro algleri, doğal ortamlarında kolay ve hızlı yetişir, tarım alanı kullanmaz, yıl boyunca hasat edilebilir ve fotosentez yoluyla CO₂ emisyonlarını azaltır (Lim vd., 2021). Ayrıca dünya oksijeninin %50'sine kadarını üretebilme ve sulu ortamda önemli rol oynama gibi ekolojik katkılar sunar (Kılınç vd., 2013). Yüksek biyo kütle verimi, hızlı büyüme, kolay muhafaza edilebilme ve antimikrobiyal potansiyel, onları biyoplastik üretimi için cazip kılar (Rocha vd., 2018; Lomartire vd., 2022).

Makro alglerden elde edilen sodyum aljinat biyobozunur, biyo uyumlu, biyoaktif, toksik olmayan, suda çözünebilen ve film oluşturabilen bir polimerdir (Otari & Jadhav, 2021). Film performansını artırmak için çoğunlukla kalsiyum klorür eklenir (Zdiri vd., 2022).ve uyumlu polimer veya katkılarla fiziksel, termal, mekanik, antioksidan ve UV direnç özellikleri geliştirilebilir (Mohammed vd., 2023).

Aljinat filmlerin uygulanmalarını sınırlayan ana dezavantajı hidrofilik özelliğe sahip olmalarıdır. Bu özellik, aljinatla elde edilecek olan ürünlerin mekanik ve bariyer özelliklerini büyük ölçüde etkiler (Paixão vd., 2019). Bu özellikleri iyileştirmek amacıyla kalsiyum, çinko, magnezyum, mangan, alüminyum ve demir gibi iki değerlikli katyonlarla çapraz bağlama yapılabilir (Li vd., 2015; Abdul Khalil vd., 2017; Lim vd., 2018).

Hidrofilik dezavantajlarının yanı sıra aljinat filmler plastikleştirilmediği takdirde yüksek sertlik ve kırılabilirlik davranışı sergilerler. Bu sebeple, filmlere esneklik kazandırmak için matrise sorbitol, gliserol ve polietilen glikol gibi plastikleştiriciler ilave edilir; ancak

bunlar katkılar da filmlerin hidrofilitikliklerini artırabilir. Bu olumsuz etkiyi azaltmak amacıyla diğer plastikleştiricilerle karışabilen tributil sitrat (Paixão vd., 2019) ve sitrik asit (Liu vd., 2020) gibi toksik olmayan ve hidrofobikliği artıran katkılar tercih edilebilmektedir.

Günümüzde fosil esaslı plastiklerin üretim maliyeti, biyoplastiklere kıyasla hala daha düşüktür ve bu durum alg türevlerinden elde edilen biyoplastikler için de geçerli olduğundan alg esaslı biyoplastiklerin ticarileştirilmesinde zorluk teşkil etmektedir. Doğal ortamında kolay ve hızlı büyüyen deniz makro alglerinin büyük ölçekli üretimde kullanılmasının, uygun maliyetli ve sürdürülebilir bir yaklaşım sağlayacağı öngörülmektedir (Gomaa, 2023). Ancak Dang vd. (2022), alglerin düşük maliyetli bir kaynak olarak ifade edilmesine karşın; yetiştirme, toplama, ön işlem, fizyokimyasal ekstraksiyon ve diğer ilgili süreçlerin sonucunda elde edilen alg türevlerinin genellikle yüksek maliyetli olduğunu belirtmektedir.

Alg esaslı biyoplastiklerin fosil esaslı plastiklerin yerini alabilmesi için, üretim süreçlerinin hem düşük maliyetli hem de çevresel etkileri azaltacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Gomaa, 2023). Bununla birlikte, algal polimerlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması sırasında çeşitli kimyasallar kullanılır ve bu süreçte enerji tüketilir. Bu durum, yaşam döngüsü açısından ekolojik dezavantajlar yaratabilmektedir. Sonuç olarak, verilen detaylı bilgilerden hareketle biyoplastik film üretiminde sodyum aljinat kullanımının avantaj ve dezavantajları şu şekilde özetlenebilir:

Avantajlar;

- Doğal ve sürdürülebilir kaynak: Deniz makro alglerinden elde edilmesi, tarım alanı ve tatlı su kullanımı gerektirmemesi,
- Yüksek biyo kütle verimi: Doğal ortamda hızlı ve kolay yetiştirilmesi, yıl boyu hasat imkânı sunması,
- Çevresel katkı: CO₂ emisyonlarını azaltması ve yüksek oksijen üretimi sağlaması,
- Biyobozunur: Toksik olmaması ve doğal çevre koşullarında bozunabilmesi,
- Film oluşturma yeteneği: Suda çözünürlüğü sayesinde kolay işlenebilir olması,
- Geliştirilebilir özellikler: Kalsiyum klorür, polimerler ve katkılar ile fiziksel, termal, mekanik, antioksidan ve UV direncinin artırılabilmesi,
- Endüstriyel çeşitlilik: Gıda, kozmetik, ilaç, tekstil, kâğıt ve çevre mühendisliği gibi çok sayıda sektörde kullanımı.

Dezavantajlar;

- Hidrofilik yapı: Düşük su ve nem direnci, sınırlı bariyer özellikleri göstermesi,

- Mekanik özellik: Plastikleşme olmadığında yüksek sertlikte ve kırılğan bir yapı sergilemesi,
- Üretim maliyeti: Yetiştirme, toplama, ön işlem ve ekstraksiyon adımlarından oluşan toplam üretim maliyetlerinin yüksek olması,
- Çevresel etki: Ekstraksiyon ve saflaştırma sırasında enerji tüketimi ve kimyasal kullanımı; bu aşamalarda sera gazı (CO₂, CH₄) salımı potansiyeli taşıması,
- Ticarileşme engelleri: Fosil esaslı plastiklere kıyasla maliyet dezavantajı ve süreç optimizasyonu ihtiyacı göstermesi.

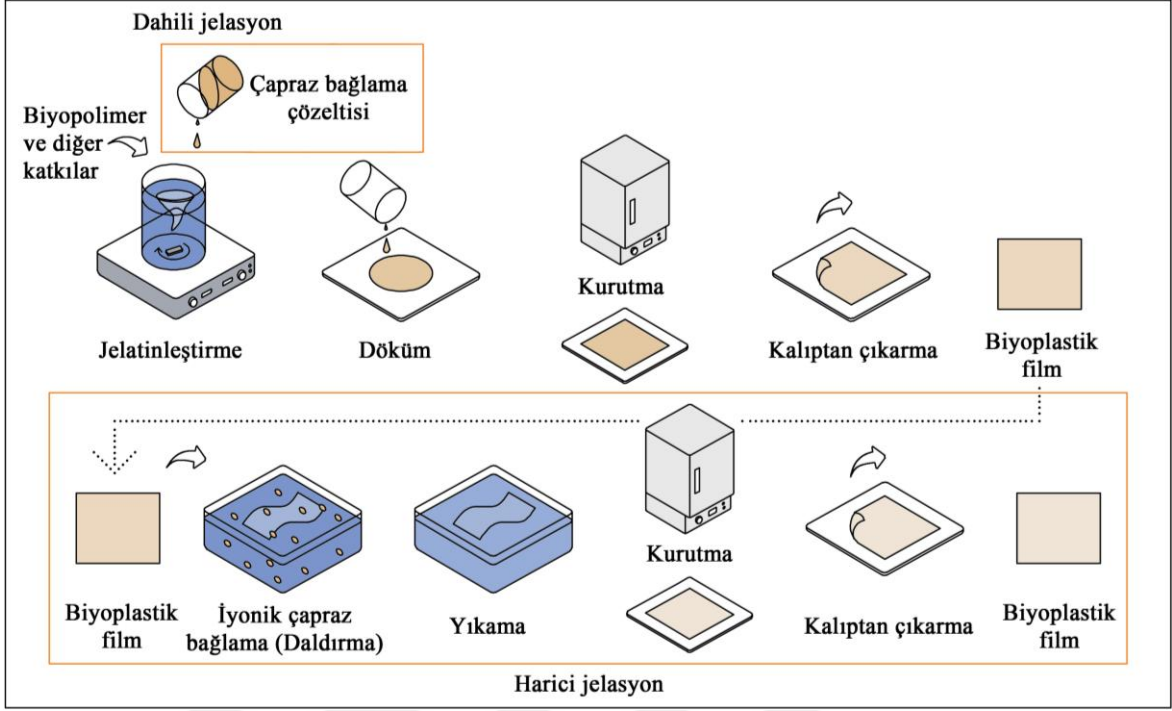
Sodyum aljinatın biyoplastik üretiminde ana polimer olarak kullanımı, tüm parametreler bütüncül bir şekilde değerlendirildiği takdirde olumlu sonuçlar verecektir (Gomaa, 2023). Literatürde bu polimer kullanılarak biyoplastik film üretilmiş çok sayıda çalışma bulunması da bu değerlendirmeyi destekler niteliktedir.

i. Aljinat Esaslı Biyoplastik Filmlerin Üretimi

Aljinat biyoplastik filmlerin üretiminde genellikle çözelti döküm yöntemi kullanılır (Gomaa, 2023). Farklı plastikleştiricilerin, polimerlerin ve katkıların kullanıldığı film oluşturma süreci; genellikle birleştirme ve homojenleştirme (jelatinleştirme), döküm ve çapraz bağlama olmak üzere üç adımda tamamlanır (Şekil 21).

Bu adımlar tamamlandıktan sonra, üretim süreci filmin su içeriğinin yaklaşık %20-30'a düşürüldüğü bir kurutma adımıyla son bulur (Ayala vd., 2023). Kurutma işlemi; oda koşullarında veya belirli sıcaklık ve bağıl nem koşullarının sağlandığı cihazlar yardımıyla gerçekleştirilebilir. Bazı durumlarda ise film, fırında belirli bir süre kontrollü sıcaklıkta tutulabilmektedir (Aristizabal-Gil vd., 2019; Hou vd., 2019; Júnior vd., 2021; Marangoni Júnior vd., 2022).

Çapraz bağlama adımı isteğe bağlıdır. Bu adım, doğrudan karıştırma, dahili jelasyon, arayüzey jelasyonu ve harici jelasyon gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Ancak yaygın olarak dahili ve harici jelasyon yöntemi kullanılmaktadır. Dahili jelasyon yönteminde, çapraz bağlama çözeltisinin doğrudan karışıma ilavesi hızlı jel oluşumuna neden olarak karıştırma ve döküm aşamalarında homojenliği zorlaştırabilir; bu nedenle ilave işlemi kontrollü veya yavaş şekilde yapılmalıdır (Rhim, 2004; Li vd., 2015).



Şekil 21. Harici ve dahili çapraz bağlama işlemlerinin yer aldığı aljinat film üretim adımları

Harici jelasyonda ise kurutulmuş filmler çapraz bağlama çözeltisine daldırılır veya yüzeyine püskürtülür, ardından distile su ile yıkanır. Bu yöntemde çapraz bağ yoğunluğu daha eşit dağıldığından, fiziksel, mekanik ve su emme özellikleri dahili jelasyona göre daha tutarlıdır ve endüstriyel-biyoteknolojik uygulamalarda sıklıkla tercih edilir (Rhim, 2004; Gomaa, 2023).

Aljinat biyoplastik üretiminde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, aljinatın molekül ağırlığı ile yapısındaki M/G oranının (M: β -D- mannuronik asit, G: α -L- guluronik asit), farklı uygulamalardaki etkinliğini belirleyen kritik parametreler olmasıdır. G blokları jel oluşturma yeteneğini artırırken, M blokları esneklik sağlar (Adhikari vd., 2021). Düşük M/G oranına sahip aljinat, suda çözünürlüğü düşük, sert ve yoğun jellerin oluştururken; yüksek M bloğu varlığında da esnek ve gözenekli jellerin oluşumuna yol açar. Bu özellikler, daha önce de bahsedildiği gibi, çapraz bağlamada kullanılan kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu ile daha da optimize edilebilir (Costa vd., 2018; Jayakody vd., 2022).

Üretim sürecinde dikkate alınması gereken diğer önemli hususlar; aljinat konsantrasyonu, karıştırma sıcaklığı, hızı ve süresi ile kurutma ortam koşulları ve kurutma süresidir. Bu parametreler, aljinat filmlerin işlenebilirliği ve nihai özellikleri üzerinde

doğrudan etkilidir (Xiao vd., 2015; Xie vd., 2024). Çözeltide kullanılan aljinat konsantrasyonu, vizkozite ve reolojik özellikleri etkileyerek filmin mekanik performansı ve su direncinde belirleyici rol oynar. Literatürde, aljinat konsantrasyonunun %1-2 (a/a) aralığında optimum sonuç verdiği bildirilmektedir (Wang vd., 2007; Xie vd., 2024).

Bir diğer önemli parametre olan çözelti karıştırma sıcaklığı hem çözeltinin vizkozitesini hem de mol kütesini etkilemektedir. 50°C'yi aşan sıcaklıkta işlenen çözeltilerin sıcaklık artışıyla birlikte vizkozitelerinde kademeli bir azalma görülebilmekte ve uzun süreler boyunca yüksek sıcaklığa maruz kalan çözeltilerde depolimerizasyon meydana gelebilmektedir (McHugh, 1987). Bununla birlikte, yüksek vizkoziteye sahip sodyum aljinat çözeltilerinin sıcaklığa direnci daha yüksektir ve böylece daha yüksek sıcaklıklarda işlemeye izin verir (Marcos vd., 2016). Marcos vd. (2016), 70 °C'ye kadar ısıtılan aljinat çözeltilerinde belirgin bir viskozite kaybı gözlenmediğini ve bu sıcaklıkta işlenen yüksek vizkoziteli çözeltilerin, daha düşük sıcaklıklarda işlenenlere kıyasla mekanik performanslarının arttığını rapor etmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde (Tablo 4), aljinat çözeltilerin işleme sıcaklığının 25°C ila 95°C aralığında değiştiği görülmektedir.

Aljinat biyoplastik üretiminde karıştırma hızı, çözeltinin vizkozitesiyle ilişkilendirilmektedir. Aljinat çözeltilerinde kesme hızı arttıkça viskozite azalmaktadır (Marcos vd., 2016). Inoue vd. (2002), yüksek hızlı karıştırmanın daha yüksek mukavemet sağladığını bildirmiş ve bu durumu, hızlı karıştırılan çözeltide daha az oranda hava kabarcığı oluşmasına bağlamıştır. Benzer şekilde, Marcos vd. (2016) de daha yüksek karıştırma hızlarında elde edilen aljinat filmlerinde gözlenen jel mukavemetindeki artışı, hava kabarcıklarının azalmasıyla oluşan daha kompakt yapıya atfetmiştir. Literatürde (Tablo 4) çözelti karıştırma hızının 100 d/dk ile 10000 d/dk aralığında oldukça değişken olduğu görülmektedir.

Karıştırma süresinin mekanik performansa etkisi karışımdaki malzeme konsantrasyonuna bağlıdır (Savić Gajić vd., 2023). Marcos vd. (2016) çapraz bağlı kalsiyum aljinat filmleri için 60 dakikalık karıştırma süresinin, daha düşük kısa işleme sürelerine kıyasla yüksek konsantrasyonlu aljinat filmlerde az da olsa daha iyi mekanik performans sağladığını bildirmiştir. Literatürdeki verilere göre (Tablo 4) çözelti konsantrasyonu, işleme sıcaklığı ve karıştırma hızı gibi faktörlere bağlı olarak karıştırma süreleri oldukça değişkenlik göstermektedir.

Son olarak, aljinat biyoplastik üretiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer parametre kurutma koşulları ve hızıdır. Çözeltinin bileşimi, miktarı ve kullanılan kalıbın ölçüleri; ıslak

döküm kalınlığı, kurutma sıcaklığı ve bağıl nem gibi faktörler aracılığıyla kurutma süresini doğrudan etkiler (da Silva vd., 2012; Sperling, 2015). Çalışmalar oda sıcaklığında yürütülebildiği gibi inkübatör, etüv veya iklimlendirme kabini gibi cihazlar belirli sıcaklık ve nem koşullarının sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Literatürde, kurutma sıcaklığı açısından geniş bir aralıkta değerler rapor edilmiştir. Bazı çalışmalarda ortam koşullarında (Rhim, 2004; Wang & Rhim, 2015; Shankar vd., 2016; 2018; Liu vd., 2016; Ismillayli vd., 2020; Liu vd., 2021), bazılarında ise 25-40°C (Olivas & Barbosa-Cánovas, 2008; Silva vd., 2009; Bierhalz vd., 2014; Li vd., 2015; 2018; Liling vd., 2016; Kulig vd., 2016; Gao vd., 2017b; Costa vd., 2018; Aristizabal-Gil vd., 2019; Llorens-Gámez vd., 2020; Satria vd., 2020; Sun vd., 2021; Júnior vd., 2021; Abdel Aziz & Salama, 2022; Anugrah vd., 2023; Zhong vd., 2023; Wang vd., 2024), 41-60°C (Hou vd., 2018; 2019; Giz vd., 2020; Marangoni Júnior vd., 2022; Wu vd., 2024) ve 61-80°C (Ashikin vd., 2010) sıcaklık değerleri arasında kurutma işlemini gerçekleştirilmiştir.

Kurutma işlemi sırasında 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çok fazla miktarda plastikleştirici kaybı gözlemlenebilmektedir (da Silva vd., 2012). Da Silva vd. (2012), aljinat film üretiminde kurutma için 30°C fırın koşullarının uygun olduğunu belirtmektedir. Yazarlara göre, yüksek derecelerde kurutulan filmler, daha düşük derecelerde kurutulanlara kıyasla önemli ölçüde daha ince olabilmekte ve dahası daha düşük nem içeriğine sahip olup ve daha az esneklik göstermektedir. Bunun yanı sıra, yüksek sıcaklık çözücü konsantrasyonunu çok hızlı bir şekilde düşürdüğünden, filmde oluşacak olan moleküller arası etkileşimler sınırlanabilir (Sperling, 2015). Bu nedenle, polimer film çözeltilisinin hızlı kurutulmasından kaçınılması gerekir.

Bagheri vd. (2019), 25-90°C aralığında kurutma sıcaklığının aljinat filmlerinin performansına etkisini incelemiştir. Mekanik özellikler açısından değerlendirildiğinde, sıcaklık arttıkça gerilme mukavemeti yükselmiş; gerilme mukavemeti ise 35 °C'ye kadar artmış, ancak 57 °C'de azalmaya başlamış ve daha yüksek sıcaklıklarda düşüşünü sürdürmüştür. Gliserol oranı da 37°C'nin üzerinde dramatik bir düşüş göstermiştir. Bu sonuçlar, da Silva vd. (2012)'nin bulgularıyla uyumludur.

Mekanik testlerin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için filmlerin bekleme koşulları kritik öneme sahiptir. ASTM D882 (2012)'ye göre test numunelerinin testten önce en az 40 saat boyunca 23±2°C ve %50±10 bağıl nem koşulunda şartlandırılması gerekmektedir. Ayrıca, çapraz bağlama adımı uygulanmışsa, test öncesinde ikinci bir kurutma işlemi yapılmalıdır. Bu sebeple, birçok çalışmada (da Silva vd., 2009; Arzate-Vázquez vd., 2012;

Bierhalz vd., 2014; Jost vd., 2014; Li vd., 2015; Wang & Rhim, 2015; Shankar vd., 2016; 2018; Aristizabal-Gil vd., 2019; Satriaji vd., 2020; Zhong vd., 2023; Wu vd., 2024) ikinci bir kurutma adımına rastlanılmaktadır. Detaylı olarak kurutma değerleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Aljinat biyoplastik üretiminin geliştirilebilmesi için literatürdeki çalışmaların yöntemleri ve kullandıkları oranlar ve bunlara bağlı elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak incelenmelidir. Bu nedenle, izleyen iki bölümde söz konusu konular detaylı biçimde ele alınmıştır.

ii. Aljinatın Film Üretiminde Kullanıldığı Çalışmalar

Aljinat esaslı biyoplastiklerin düşük su bariyeri ve düşük UV bariyeri gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (Aziz & Salama, 2022). Birçok araştırma, çeşitli plastikleştiriciler, çapraz bağlama ajanları, farklı biyopolimerler, nano bileşenler kullanılarak modifiye edilmiş aljinat filmlerin zayıf mekanik ve bariyer özelliklerinin geliştirilebileceğini göstermiştir. Aşağıda, farklı bileşenlerin sodyum aljinat filmlerin performansına etkisine odaklanan çalışmalar, her bir bileşen için ayrı madde başlıkları altında irdelenmiştir.

• Plastikleştirici Katkısının Etkisini Araştıran Çalışmalar

Aljinat filmlerinin üretiminde, zincirler arası boşluğu artırarak ve moleküller arası etkileşimleri azaltarak malzemenin esnekliğini ve işlenebilirliğini geliştirmek amacıyla plastikleştiricilerden yararlanılır. Gliserol, sorbitol, mannitol ve ksilitol gibi farklı plastikleştiricilerin yanı sıra, bunların çözeltideki oranlarının aljinat filmlerin özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar literatürde mevcuttur.

Santana & Kieckbusch (2013), farklı plastikleştiriciler kullanarak aljinat filmler üretmiş ve performanslarını karşılaştırmıştır. Çalışmada, gliserol ve ksilitol benzer sonuçlar vermiş ve bu plastikleştiricilerin kullanıldığı aljinat filmler mannitol ile plastikleştirilen filmlere göre daha yüksek higroskopik davranış sergilemiştir. Ksilitol, gliserole göre kopma anında daha yüksek bir gerilme mukavemeti sağlamıştır. En düşük su buharı geçirgenlik değerleri mannitol ile elde edilmiştir. Ca^{2+} çapraz bağlı mannitol filmleri kopma anında en yüksek gerilme mukavemetini (>140 MPa) ve en düşük uzama değerlerini göstermiştir.

Ancak, suda çözünürlüğü düşük olan mannitolün kullanımının sınırlı olduğunu da belirtmek gerekir.

Gao vd. (2017b) gliserol/aljinat oranını ağırlıkça %0'dan %50'ye kadar değiştirerek termo-mekanik karıştırma yöntemiyle aljinat filmler hazırlamıştır. Tüm numunelerde su/aljinat oranı ağırlıkça %35 olarak ayarlanmıştır. Termomekanik karıştırma öncesinde, belirlenen oranlarda aljinat gliserol ve deiyonize su ile manuel olarak karıştırılmıştır. Ardından karışımlar, ön testler sonucunda optimize edilen parametreler doğrultusunda (Gao vd., 2017a) 80 °C'de, 100 d/dk hızda 15 dakika süreyle dahili karıştırıcıda işlenmiştir. Elde edilen malzemeler, hidrolik bir dikey pres kullanılarak kalınlığı 0,5 mm olacak şekilde tabakalar halinde sıkıştırılarak kalıplanmıştır. Kalıplama sonrası numuneler, 14 gün boyunca 25°C'de %57 bağıl nemde saklanmış ve ardından karakterizasyon test süreci başlamıştır.

Test sonuçlarına göre, gliserol oranı arttıkça filmlerin su içeriği de artmış, gerilme mukavemeti ise azalma eğilimi göstermiştir. Kopma uzaması, gliserol içeriği ağırlıkça %30'un altında olduğunda artmış, bu oranın üstünde ise moleküller arası ve molekül içi hidrojen bağlarının azalması nedeniyle düşüş eğilimine girmiştir. Ayrıca, termomekanik karıştırma yöntemiyle elde edilen ve aynı gliserol içeriğine sahip termoplastik nişasta veya kitosan filmleriyle karşılaştırıldığında, aljinat filmler daha yüksek modül ve gerilme mukavemeti sergilemiş; ancak kopma anında daha düşük uzama yüzdesi ortaya koymuştur.

Aynı yazarların bir diğer çalışmasında (Gao vd., 2017a), farklı konsantrasyonlarda gliserol ve sorbitol ve bunların karışımları ile plastikleştirilmiş aljinat filmler, çözelti-döküm ve termomekanik karıştırma yoluyla hazırlanmıştır ve plastikleştiricilerin aljinatın morfolojisi ve özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre, sorbitol ile karşılaştırıldığında gliserol, daha küçük molekül boyutuna ve daha yüksek hidrofilik karaktere sahip olmasından dolayı aljinat filmlerinin daha yüksek esnekliğe sahip olmasını sağlamıştır. Ek olarak, gliserolle plastikleştirilmiş aljinat filmler, sorbitolle plastikleştirilmiş aljinat filmlerle karşılaştırıldığında daha düşük mekanik (mukavemet ve elastisite modülü) ve termal özellikler ile daha yüksek su duyarlılığı ve şeffaflık göstermiştir. Gliserol-sorbitol karışımları ise optimum sonuçları vermiştir. Çözelti döküm yöntemiyle üretilen plastikleştirilmiş numuneler, termomekanik karıştırma yöntemiyle üretilenlere kıyasla elastisite modülü ve gerilme mukavemeti açısından daha iyi mekanik özellikler sergilerken, kopmada uzama yüzdeleri genel olarak daha düşük bulunmuştur.

Jost vd. (2014), döküm yoluyla hazırlanan aljinat filmlerde gevrek kırılma olmaksızın yeterli esneklik sağlayan en uygun plastikleştirici konsantrasyonlarının, kuru aljinata göre

ağırlıkça gliserol için %20-40, sorbitol için %30-50 aralığında olduğunu bildirmektedir. Bu sonuç Gao vd. (2017a)' nin çalışma sonuçlarıyla da uyumludur. Analizlere göre, yüksek miktarda gliserol kullanımı, filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliğinde önemli bir artışa yol açmaktadır. Buna karşılık, sorbitol aljinat ağına daha iyi uyum sağladığı ve filmin nem içeriğini azalttığı için bariyer özelliklerinin korunmasına katkıda bulunmuştur.

En yüksek gerilme mukavemeti, %25 gliserol içeren numunede (63.5 ± 2.8 MPa) sağlanırken, bunu %30 sorbitol içeren numune (50.7 ± 3.5 MPa) takip etmiştir. Ama, bu numuneler diğer numunelere kıyasla en düşük kopma uzaması yüzdelelerini göstermiştir.

Literatür verilerinden elde edilen bulgular, farklı plastikleştiricilerin aljinat filmlerin mekanik, bariyer ve optik vb. özellikleri üzerinde farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Genel olarak gliserol sodyum aljinat filmlere esnek kazandırmasıyla ön plana çıkarken; sorbitol filmlerin bariyer özelliklerinin korunmasında ve nem içeriğinin azaltılmasında etkili olmuştur. Gliserol-sorbitol karışımlarının ise filmlerin genel performansı açısından daha dengeli sonuçlar sunduğu görülmüştür.

- Çapraz Bağlama Ajanlarının Etkisini Araştıran Çalışmalar

Aljinat filmler daha önce de bahsedildiği üzere, çapraz bağlama yöntemiyle üretilirler. Birçok çalışmada, filmlerin mekanik ve bariyer performansını geliştirmek amacıyla bu yöntem kullanılmıştır. Kolay uygulanabilirliği nedeniyle, çalışmalarda yaygın olarak iyonik çapraz bağlama yöntemi kullanılmaktadır. Aljinat polimer zincirlerinin G blokları, çok değerlikli katyonlarla iyonik bağlar oluşturarak hızlı ve verimli bir şekilde çapraz bağlanabilmektedir. Bu süreç; polimer konsantrasyonu, katyon konsantrasyonu, çapraz bağlanma süresi, sıcaklık ve nem gibi çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. G bloklarının katyonlarla iyonik olarak çapraz bağlanması sonucunda, aljinat filmler suda çözünmez hâle gelmektedir (Doderö vd., 2019).

Rhim (2004) aljinat filmlerde çapraz bağlamayı doğrudan karıştırma ve daldırma yöntemleriyle uygulamıştır. Doğrudan karıştırma yönteminde, 0,12 g'dan fazla kalsiyum klorür (CaCl_2) eklendiğinde çözeltinin, film üretimi için dökülemeyecek kadar güçlü bir jel oluşturduğu belirtilmiştir. Buna karşılık, daldırma yönteminde böyle bir sınırlama ile karşılaşılmaamıştır. CaCl_2 çözeltisine batırılan filmler çapraz bağlama uygulanmayan filmlerden çok daha hızlı kurumuştur ve hafif yarı saydam, süt beyazı renkte ve sert yapıda aljinat filmler elde edilmiştir. Film kalınlığı, doğrudan karıştırma yöntemiyle üretilen

filmlerde en yüksek, daldırma yöntemiyle elde edilenlerde ise en düşük seviyede ölçülmüştür. Ancak, daldırma yöntemiyle üretilen filmlerde CaCl_2 çözeltisinin konsantrasyonu arttıkça aljinat filmlerinin çözünmezlik derecesi yükselmiş ve buna bağlı olarak film kalınlığı da artmıştır. Mekanik testler, CaCl_2 uygulamasının gerilme mukavemetini artırırken kopma uzamasını azalttığını göstermiştir. Bu durum, aljinatın karboksil grupları ile Ca^{2+} iyonları arasında gelişen çapraz bağlanma yapısının güçlenmesinden kaynaklanmaktadır. Daldırma yöntemiyle üretilen filmlerin gerilme mukavemeti doğrudan karıştırma yapılan filmlere oranla yaklaşık 2 kat daha yüksektir, buna karşılık kopma uzaması değerleri diğerlerine göre daha düşük seviyelerdedir. Suda çözünürlük değerleri de benzer şekilde daldırma yöntemiyle hazırlanan filmlerde en düşük seviyededir. Özellikle 3 g/100 ml CaCl_2 çözeltisine daldırılarak hazırlanan aljinat filmler, ortam koşullarındaki distile su içerisinde beş ay sonrasında dahi bozulmamıştır. Suyu karşı dirençteki bu artış, aljinat filmlerin yüzeyinde karboksil gruplarına kalsiyum iyonlarının çapraz bağlanmasından kaynaklanmıştır. Buna karşılık, iyonik bağlama adımı uygulanmayan filmler, su temasında hızlı bir şekilde çözünmüşlerdir.

Giz vd. (2020), gliserol (%0–30, a/a) ve CaCl_2 (%0–2, a/a) konsantrasyonlarını değiştirerek toplam yirmi farklı aljinat film üretmiş ve özelliklerini incelemiştir. %1 (a/a) aljinat çözeltisi hazırlandıktan sonra petri kaplarında dökülerek 60°C 'de kurutulmuş, ardından filmler üç farklı CaCl_2 çözeltisine (etanol, etanol–su, su) her iki yüzeyden 15'er dakika daldırılarak çapraz bağlama işlemi uygulanmıştır. Etanol ilavesi, filmlerin şişme derecesini azaltarak kalınlık, yüzey homojenliği ve mekanik özellikleri iyileştirmiştir. %20 gliserol–%1,5 CaCl_2 kombinasyonu 189,8 MPa ile en yüksek gerilme mukavemetini sağlamıştır. Çapraz bağlama işlemi, tüm filmlerin termal direncini artırmış, bozunma sıcaklığını yükseltmiş ve yüksek UV absorpsiyonu kazandırmıştır. Bulgular, gliserol ve Ca^{2+} etkilerinin doğrusal olmadığını, bu nedenle yalnızca bir parametre değiştirilerek film performansının öngörülemediğini göstermiştir.

Li vd. (2015), çözelti döküm yöntemiyle ürettikleri aljinat filmlerde, kalsiyum klorür (CaCl_2) çözeltisine yardımcı çözücü olarak farklı oranlarda etanol ekleyerek iyonik çapraz bağlama işlemi uygulamıştır. Etanol ilavesi ile birlikte filmlerin fiziksel görünümü, kalınlığı, yüzey homojenliği ve mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Bu durumun, çapraz bağlama işlemi sırasında filmlerin şişme derecesinin azalmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu bulgu, Giz vd. (2020)'nin sonuçlarıyla da uyumludur. Ancak etanol oranı %30 (h/h) seviyesini aştığında, Ca^{2+} çapraz bağlanma derecesinde azalma gözlenmiştir. Çalışma genel

olarak, kalsiyum aljinat film üretiminde fiziksel ve mekanik performansı artırabilecek, yeşil, verimli ve basit bir teknik ortaya koymaktadır.

Fazilah vd. (2011), sago nişastası ve aljinatı birlikte kullandıkları çalışmalarında, çapraz bağlama işlemi ile ilgili yüksek kalsiyum içeriğine sahip filmlerde, kalsiyum iyonları ve aljinat polimerleri arasında daha fazla çapraz bağlantıya sahip olacağını, dolayısıyla daha yüksek gerilme mukavemetine sahip filmler üretilbileceğini aktarmıştır. Araştırmada, kalsiyum iyonlarının yaklaşık 1 dakikalık daldırma süresinden sonra film matrisindeki neredeyse tüm aljinat polimerleriyle çapraz bağlandığını ve daldırma süresinin artırılmasının filmlerdeki kalsiyum içeriğini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir. Ayrıca, daha yüksek aljinat oranı kullanımının daha yüksek kalsiyum oranı sağlayabileceği ve böylece daha gelişmiş mekanik özellikler elde edilebileceği tahmin edilmiştir. Çalışmada, daldırma süresinin artırılmasının filmin suda çözünürlüğünü önemli ölçüde artırmadığı da analiz sonuçlarına eklenmiştir.

Aljinatın iyonik çapraz bağlanmasının bir başka şekli, kitosan gibi organik bileşiklerle birlikte kullanılmasıdır. Nişasta, lipit, protein esaslı filmlere kıyasla, aljinat-kitosan esaslı filmler iyi bariyer ve mekanik özellikler gösterirler (Nair vd., 2020). Literatürde, kitosanın aljinat filmlere dahil edilmesinin termal, kimyasal, mekanik özellikleri ve stabilizeyi iyileştirdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Arzate-Vázquez vd., 2012; Kulig vd., 2016; Ismillayli vd., 2020). İyonik etkileşimler sayesinde, kitosan-aljinat karışımı filmler stabil bir polimerik yapı oluşturmaktadır (Kulig vd., 2016). Kitosan suda çözünmediğinden, film üretiminde genellikle seyreltik asetik asit veya hidroklorik asit çözeltileri kullanılmaktadır. Ancak kitosan, tıpkı kalsiyum iyonu gibi aljinatla karıştırıldığında anında çapraz bağlanma ve jelleşme meydana getireceğinden homojenizasyon işlemi dikkatli yapılmalıdır (Gomaa, 2023). Arzate-Vázquez vd. (2012) kitosan/aljinat filmlerin yüzey morfolojisini niceliksel olarak değerlendirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre kitosan ve aljinat karışımı kullanılarak hazırlanan filmler herbirinin tek başına kullanıldığı filmlere göre daha pürüzlü bir yapı göstermiştir.

Bir başka dikkat çekici çalışma, sodyum aljinat filme alev geciktirici özellik kazandırılması üzerine gerçekleştirilmiştir. Hou vd. (2018) farklı konsantrasyonlarda borik asiti agar ve sodyum aljinat içeren matrise ekleyerek çapraz bağlama filmler hazırlamıştır. Toksik olmayan ve çevre dostu bir bileşik olarak bilinen borik asitin eklenmesiyle oluşan bağlar neticesinde sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) artmıştır. Sonuç olarak, ağırlıkça %5'in

üzerinde borik asit takviyesi alev geciktiriciliği ve termal stabiliteyi iyileştirdiği ortaya koyulmuştur.

Liu vd. (2016), döküm yöntemiyle ürettikleri aljinat filmlerin alev geciktirici özelliklerini artırmak amacıyla katkı maddesi olarak baryum kullanmıştır. %5 (a/a) sodyum aljinat çözeltisi oda sıcaklığında dört saat karıştırılmış, LOI ve UL-94 test standartlarına uygun boyutlarda dökülerek üç günden fazla süreyle kurutulmuştur. Kuruyan filmler, 5 mol/L baryum klorür çözeltisinde iki saat bekletilmiş, ardından deiyonize su ile yıkanarak 24 saat vakumlu kurutma uygulanmıştır. Test sonuçları, baryum aljinat filmlerin sodyum aljinata kıyasla daha yüksek alev geciktiricilik ve termal stabilite sunduğunu; baryum iyonlarının özellikle düşük sıcaklıklarda yanıcı gaz salınımını azalttığını göstermiştir.

Literatür bulgularından hareketle, çapraz bağlama ajanlarının, sodyum aljinat filmlerin mekanik dayanımını, suya karşı direncini, termal kararlılığını ve alev geciktiriciliğini artırdığı söylenebilir. Kalsiyum iyonları yüksek mukavemet ve düşük çözünürlük sağlarken, etanol ilavesi bu etkiyi güçlendirebilmektedir. Borik asit ve baryum, filmlere alev geciktiricilik ve termal stabilite kazandırırken, kitosan filmlerin hem mekanik hem bariyer özelliklerini iyileştirmektedir. Dolayısıyla, sodyum aljinat film üretiminde çapraz bağlama adımı uygulanacaksa, kullanılacak ajan seçimi ve işlem koşullarının optimize edilmesinin filmlerin hedef uygulamalara uygun özellikler kazanmasında kritik rol oynadığı göz önüne alınmalıdır.

- Nanomalzeme Katkısının Etkisini Araştıran Çalışmalar

Plastikleştirme ve çapraz bağlama ajanlarının yanı sıra, biyonanokompozitlerin üretiminde nano boyutlu dolgu malzemelerinin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bir matris malzemesine nano partikül eklenmesiyle nanokompozit filmler elde edilmektedir (Sampaio vd., 2022). Bu amaçla, çoğu durumda oldukça düşük miktarlarda nano partikül ilavesi yeterli olmaktadır (Sorrentino vd., 2007). Ancak katkı oranı arttıkça, polimerik matris ile hidrojen bağı etkileşimleri azalmakta; bu durum ise daha sert ve kırılğan film yapılarının oluşmasına yol açabilmektedir (Aristizabal-Gil vd., 2019). Benzer şekilde, nano partikül boyutunun artması, polimer zincirlerine nüfuz etme kabiliyetini azaltarak malzeme etkileşimini sınırlandırmaktadır. Bu sebeple, moleküler boyutu küçük nano partiküllerin kullanılması, daha pürüzsüz yüzey morfolojisine ve güçlü polimer-dolgu etkileşimlerine olanak sağlamaktadır (Genecya vd., 2023).

Nanodolgu malzemesinin özelliklerine bağlı olarak, üretilecek filmlerin mekanik mukavemeti, termal stabilitesi, bariyer ve optik özellikleri geliştirilebilmektedir (Yadav vd., 2019). Bu kapsamda polimer özelliklerini iyileştirmek amacıyla nanokil ile nano metal ve metal oksitler gibi farklı nano partikül türleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Özellikle gümüş, SiO₂, TiO₂, CuO ve ZnO gibi nano metal veya metal oksitlerin, biyopolimer matrislerde takviye dolgu maddesi olarak kullanımı son yıllarda dikkat çekici şekilde artmıştır (Kanmani & Rhim, 2014).

Çinko oksit nanopartikülleri (ZnO-NP'ler), biyopolimer filmlerin antimikrobiyal ve UV ışık bariyeri özelliklerini geliştirmesi ile öne çıkmaktadır. Ngo vd. (2018), pektin/aljinat esaslı bir filme ZnO-NP ilave ederek malzeme özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ZnO-NP katkısı ile filmin gerilme mukavemeti %191,4, kopma uzaması ise %169,8 oranında artmıştır. Bunun yanı sıra, antimikrobiyal aktivite belirgin şekilde gelişmiş; buna karşılık film çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, nem emilimi, ultraviyole ışık geçirgenliği ve oksijen geçirgenliği azalmıştır. Özellikle, ZnO-NP konsantrasyonunun 5 g/100 g harmanlanmış polimer olduğu durumda bu iyileştirmeler maksimum seviyeye ulaşmıştır (Ngo vd., 2018).

ZnO-NP'lerin güvenli ve düşük toksisiteye sahip oldukları kabul edilmektedir. Ek olarak, diğer metalik nano partiküllere kıyasla daha düşük maliyetle ve geniş ölçekte sentezlenebilmektedir (Espitia vd., 2012; Kanmani & Rhim, 2014). Bu özellikleri ile ZnO-NP'ler özellikle biyoplastik film tabanlı gıda ambalajları, koruyucu kaplamalar ve hatta gölgeleme malzemeleri uygulamaları için cazip bir katkı malzemesi haline gelmektedir.

Motelica vd. (2021) sitronella (limon otu) esansiyel yağı (CEO) ve ZnO nanopartikülleri ile takviye edilmiş aljinat filmler geliştirmiştir. Basit bir aljinat filmle karşılaştırıldığında, antibakteriyel özellikleri bulunan, daha iyi UV ışık bariyeri ve daha düşük su buharı geçirgenliği (WVP) sunan filmler elde edilmiştir. Çalışmada, en düşük miktarda ZnO eklenen film (0.05gr/15ml), görünür bölgede en yüksek ışık geçirgenliği göstermiştir (400 nm'de ~%45, 800 nm'de ise ~%88'e ulaşmaktadır). ZnO miktarı arttıkça filmin rengi ZnO nano partikülleri ve CEO arasındaki etkileşimden dolayı şeffaftan açık sarıya dönüşmüştür. Bu durum, filmlerin güçlü bir UV koruma performansı sunacağına bir göstergedir. Ayrıca takviye ile opaklıkta artış eğilimi gözlene de hesaplanan opaklık değerleri filmlerin hala daha oldukça şeffaf kabul edilebilecek aralıkta olduğunu göstermektedir.

Motelica vd. (2021) aynı yıl yayımlamış oldukları başka bir çalışmada, gümüş nano partikülleri ve CEO'yu aljinat filmlere takviye olarak kullanmış ve benzer sonuçlara ulaşmıştır. Bu çalışmaya göre, takviyeli filmler 30°C'de ve ışık varlığında kararmaya eğilimlidirler.

Júnior vd. (2021), sodyum aljinat esaslı filmlerin özelliklerine düşük konsantrasyonlarda (%0,5, %1,0 ve %1,5) nano-SiO₂ takviyesinin etkisini araştırmıştır. Çalışmada, ağırlıkça %3 sodyum aljinat ve aljinata oranla ağırlıkça %30 gliserol ile film çözeltileri hazırlanmış ve farklı oranlarda SiO₂ partikülleri eklenmiştir. Sonuçlar, %0,5'ten fazla takviyenin mekanik özellikleri olumsuz etkilediği görülmüştür. Buna karşın, aljinat filmlerde %0,5 nano-SiO₂'nin kullanımının, mekanik özellikleri önemli ölçüde azaltmadan termal stabiliteyi artıran kolay ve ekonomik bir yol olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, bu takviyenin filmlerin UV ve görünür ışığın Emilimini veya yansımalarını ise etkilemediği belirtilmiştir.

Film performansını artırmak için yaygın olarak kullanılan bir diğer nanodolgu malzemesi nanokildir. Alboofetileh vd. (2014), nanokilin aljinat matrisi içerisinde homojen bir şekilde dağıldığını ve ek olarak CaCl₂ ile çapraz bağlama işlemi uygulanmasıyla elde edilen filmlerin mekanik özelliklerinde önemli iyileşmeler sağlandığını bildirmiştir. Yanı sıra, bu işlem sonucunda filmlerin suda çözünürlüğü ve su buharı geçirgenliği azalmıştır. Filmlerin şeffaflığında bir miktar azalma gözlenmiş olsa da bu düşüş belirgin düzeyde olmamıştır. Bununla birlikte, filmlerin UV aralığında düşük ışık iletimine sahip olması, potansiyel koruyucu bariyer özellikleri açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Llorens-Gámez vd. (2020), aljinata takviye olarak karbon nano fiber (CNF) kullanımını araştırmıştır. Çalışmada, çözeltiye CaCl₂ ile hem dahili olarak hem de harici olarak çapraz bağlama işlemi uygulanmıştır. Analizler sonucunda aljinata minimum miktarlarda yapılan takviyelerin dahi su Emilimini önemli düzeyde azalttığı; %2 oranında kullanılan CNF'nin gerilme ve basınç mukavemetini sırasıyla üç ve altı kata kadar arttırdığı görülmüştür. Bununla birlikte, %0,1'in üzerindeki CNF ilavelerinin filmlerin opaklığını artırdığı belirtilmiştir.

Benzer şekilde Aristizabal-Gil vd. (2019) de, nanokompozit filmlerin saf aljinat filmlere kıyasla daha yüksek opaklığa sahip olduğunu rapor etmiştir. Bu davranış, polimer matris içerisindeki nano partiküllerin ışık geçişini sınırlayan ışık saçılım etkisiyle ilişkilendirilmektedir. Işık saçılımı hem nano partikül konsantrasyonuna hem de parçacık

boyutuna bağlıdır. Konsantrasyon arttıkça opaklık arttığı gibi, parçacık boyutu arttıkça da ışık saçılımı güçlenir. Aynı zamanda bu durum beyazlık indeksinin de artışına yol açar (Vejdan vd., 2016).

Xu vd. (2023), cam, PVC, PET vb. çeşitli yüzeylere uygulanabilen, en az %82 saydamlık sağlayan, kendi kendini iyileştirme ve kendi kendini temizleme özelliklerine sahip, UV koruması sunan, tatmin edici mekanik ve kimyasal stabilite gösteren, ticari potansiyele sahip uzun ömürlü buğulanma önleyici bir kaplama malzemesi geliştirmiştir. İçerik olarak distile su, polivinil alkol, sodyum aljinat, nano titanyum dioksit (TiO_2 NP) ve gliserol kullanılmıştır. Sonuç olarak, üretilen kaplamanın hem mükemmel ısı direncine hem de TiO_2 NP'lerin eklenmesi sayesinde UV direncine sahip olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, çevre dostu yapısı ve enerji tasarrufu sağlama potansiyeli, bu kaplamayı sürdürülebilir uygulamalar açısından avantajlı kılmaktadır.

Nitekim, nano partikül katkılarının sodyum aljinat esaslı filmlerin performansını çok boyutlu şekilde geliştirdiği anlaşılmaktadır. ZnO nano partikülleri, sodyum aljinat filmlere güçlü UV bariyeri sağlaması, mekanik mukavemeti ve kopma uzamasını önemli ölçüde iyileştirmesi bakımından öne çıkmaktadır. Ayrıca ZnO katkısının birçok bariyer özelliğini iyileştirerek filmlerin hem koruyucu hem de uzun ömürlü olmasına katkı sağladığı görülmüştür. Bahsi geçen diğer nanodolgu malzemeleri de termal stabilite, mekanik dayanım, buğulanma önleme, UV koruması ve yüzey fonksiyonelliği gibi spesifik avantajlar sunmaktadır. Ancak genel olarak çok yönlülüğü, düşük maliyetli oluşu ve geniş ölçekli üretim potansiyeli sayesinde ZnO nano partikülleri, biyopolimer tabanlı filmlerde öne çıkan en etkili katkı malzemelerinden biri olarak değerlendirilebilir.

- Polimer Harmanlama ile ilgili Çalışmalar

Kompozit filmler üretmek için farklı polimerlerin harmanlanması, film özelliklerini geliştirmede etkili ve sıklıkla tercih edilen bir stratejidir. Aljinatla harmanlanan polimerlere başta kitosan olmak üzere nişasta, selüloz, kolajen, bakteriyel selüloz, aloe vera, polivinil alkol ve pektin örnek verilebilir (Barzic, 2022).

Sago nişastası aljinatla yüksek uyumluluğu sebebiyle birçok çalışmada değerlendirilmiştir (Fazilah vd., 2011; Lim vd., 2018; Mohammed vd., 2023). Benzer şekilde, patates nişastası (Siddaramaiah vd., 2008), manyok nişastası (Weerapoprasit & Prachayawarakorn, 2015) ile ilgili de çalışmalar mevcuttur. İkincil polimer olarak nişasta

kullanımı tek başına aljinat kullanılan filmlere kıyasla su direncini artırmakta, ancak gerilme mukavemetini ve kopma uzaması yüzdesini azaltmaktadır. Bununla yanı sıra, karışım filmler CaCl_2 çözeltisine daldırıldığında gerilme mukavemetinde ek bir artış sağlanmaktadır (Fazilah vd., 2011). Fazilah vd. (2011), 4:1 (sago nişastası:aljinat) oranına sahip filmlerin, yalnızca nişasta içeren filmlere (1:0) kıyasla gerilme mukavemetini anlamlı düzeyde artırdığını bildirmiştir. Yani aljinatın varlığının mekanik performansı geliştirdiği, nişastanın varlığının ise suya direnci artırdığı söylenebilir.

Ayrıca, Siddaramaiah vd. (2008), %70 sodyum aljinat ile %30 nişasta oranına kadar olan karışımlarda moleküller arasında uyum ve güçlü fiziksel etkileşim olduğunu gözlemlemiş; bu oranın üzerindeki nişastanın filmin yapısında bozulmaya yol açtığını bildirmiştir.

Jelatin (Xiao vd., 2001), aloe vera (Pereira vd., 2011), pektin (Galus & Lenart, 2013) ve lignin (Aadil vd., 2016) gibi katkıların yanı sıra; kitosan (Arzate-Vázquez vd., 2012; Kulig vd., 2016; Ismillayli vd., 2020), agar ve karragenan (Fathiraja vd., 2022; Jayakody vd., 2022) gibi diğer deniz yosunu türlerinden elde edilen ekstraktların kullanıldığı çalışmalarda yapılan karakterizasyon testleri, bu ikincil biyopolimer takviyelerin aljinat filmlerin ısı ve mekanik özelliklerinin artmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Genel olarak, bu takviyeler film renginde değişimlere yol açsa da şeffaflığı olumsuz yönde belirgin ölçüde etkilememektedir. Genellikle eşit oranlarda veya bu orana yakın kompozisyonlarda kullanıldıklarında hem fizikokimyasal hem de mekanik performansta belirgin iyileşmeler kaydedilmektedir.

Tüm bu bulgular ışığında, aljinat film üretiminde tıpkı diğer türlerdeki biyoplastik üretimlerinde olduğu gibi en uygun içeriğin seçilmesi, optimum konsantrasyonların belirlenmesi, tüm bileşenlerin birbirleriyle uyumlu çalışması ve uygun işleme yöntemi ile üretim adımlarının uygulanması, hedeflenen işlevlere bağlı olarak yeterli performans gösteren biyoplastiklerin geliştirilmesini mümkün kılar.

iii. Aljinat Film Üretiminde Uygulanan Prosedürler:

Aljinat biyoplastik film üretimi üzerine literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel anlamda analiz edildiğinde, film performansına farklı katkı türlerinin etkilerinin araştırıldığı görülmektedir. Söz konusu katkılar, bir önceki bölümde detaylandırıldığı gibi, plastikleştiriciler, çapraz bağlayıcılar, nano malzemeler ve polimer

harmanlama olarak dört ana kategoride sınıflandırılabilir. Bunların yanı sıra, atık malzemeler, lipitler, lifler ve renklendiriciler gibi katkı malzemeleri ise diğer katkılar başlığı altında beşinci kategori olarak değerlendirilebilir.

Bu doğrultuda, Science Direct veri tabanında gelişmiş arama bölümü kullanılarak, katkı kategorilerine göre anahtar kelime taramaları yapılmıştır.

- Plastikleştirici katkı kategorisi için, literatürde en yaygın kullanılan katkılar olan gliserol ve sorbitol ile sınırlı olmak üzere başlık, özet ve anahtar kelime kapsamında şu arama yapılmıştır:
“alginate AND (film OR bioplastic) AND (glycerol OR sorbitol)”
- Çapraz bağlayıcı katkı kategorisi için, konunun birçok özetinde yer alabilecek kadar geniş bir kapsama sahip olması nedeniyle yalnızca başlık alanında arama yapılmış; anahtar kelime ise şu şekilde belirlenmiştir:
“alginate AND (film OR bioplastic) AND (CaCl OR calcium OR crosslinking OR gelation)”
- İkincil polimer katkı kategorisi için, aljinatla birlikte en yaygın kullanılan polimer olan kitosan seçilmiş ve başlık alanında şu arama yapılmıştır:
“alginate AND (film OR bioplastic) AND chitosan”
- Nano malzeme katkı kategorisi için, anahtar kelimeler UV koruma ile ilişkili olacak şekilde belirlenmiştir. Literatürde, çalışmaların yaklaşık yarısında yer alan çinko oksit anahtar kelimeye dahil edilmiştir. Ayrıca, biyopolimer filmlerde sıkça kullanılan gümüş, silikon, titanyum ve grafen gibi diğer yaygın nano malzemeler de anahtar kelimeye eklenerek arama kriterleri sınırlandırılmıştır. Kapsamı başlık, özet ve anahtar kelimeler olmak üzere şu arama yapılmıştır:
“alginate AND (film OR bioplastic) AND (nano OR zinc OR titanium OR silicon OR silver OR graphene) AND UV”

Aramalar, 2000-Ağustos 2025 tarih aralığında yayımlanmış ilgili araştırma makaleleri ile sınırlandırılmıştır. Tarama sonucu elde edilen genel literatür verileri üzerinde analiz yapılarak ilişkili çalışmalar titiz bir elemeyden geçirilmiş, konu ile doğrudan bağlantısı olan başlıca yayınlar incelenmek üzere seçilmiştir. Diğer katkılar kategorisi ise oldukça geniş kapsamlı olması nedeniyle bu çalışma kapsamındaki tabloya dahil edilmemiştir.

İkincil polimer kategorisi için aljinatla birlikte yürütülen çalışmaların yaklaşık yarısında tercih edilen kitosan polimeri seçilmiş ve arama anahtar kelimesi buna göre özelleştirilmiştir. Ancak, genellikle çapraz bağlama ajanları ve nano katkılarının da bu

alışmalara dahil edildiği görülmüştür. Dolayısıyla, polimer harmanlama kategorisi diğer kategorilerin çoğunlukla arakesitinde kalmıştır.

Çalışma konusu yapı malzemeleriyle ilgili olduğu için, yangın dayanımı da önemli bir performans kriteri olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, başlık, zet ve anahtar kelimeler kapsamında “alginate AND (film OR bioplastic) AND (flame OR fire)” anahtar kelimesiyle ek bir arama yapılmış; elde edilen sonuçlarda, söz konusu özelliğin baryum klorür, borik asit, çinko klorür ve demir klorür gibi çapraz bağlama ajanlarıyla sağlandığı görülmüştür. Bu alışmalar tabloya, “alev geciktirici katkılar” başlığı altında ayrı bir kategori olarak eklenmiştir. Arama sonuçlarında elde edilen tüm makaleler içerik olarak kontrol edildikten sonra biyoplastik film üretim sürecini detaylıca açıklayan, tez araştırması kapsamına, seçili kategoriye ve nispeten DIY yöntemine en uygun makaleler belirlenmiş ve detaylı olarak incelenmiştir.

Tabloya dahil edilmeyen diğer katkılar kategorisine yönelik olarak, biyoplastik üretiminde kullanılan farklı katkı türlerini belirlemek amacıyla genel kapsamlı bir literatür incelemesi yapılmıştır. Bu amaçla, başlık, zet, anahtar kelimeler kapsamında yapılan aramada;

- “Title, abstract, keywords: alginate AND (bioplastic OR film) AND (fiber OR waste OR color OR oil) NOT (tissue OR drug)”
- “Title, abstract, keywords: alginate AND (bioplastic OR film) AND (thermochromic OR photochromic OR color)”

anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Bu inceleme sonucunda, çeşitli bitki, sebze ve meyve atıkları ile ekstratlarının, sakız çeşitlerinin ve lipidlerin aljinat matrisine dahil edildiği çalışmalar tespit edilmiştir. Akıllı kolorimetrik gıda tazelik göstergelerinde kullanılan doğal renklendiriciler dışında, yalnızca renklendirme amacı taşıyan gıda boyası veya renklendirici katkı maddelerini içeren çalışmalara ise bu arama sonuçlarında rastlanmamıştır.

Bu sebeple, Google Akademik veri tabanında “bioplastic photochromic” ve “bioplastic coloring” anahtar kelimeleri kullanılarak ek bir araştırma daha yapılmıştır. Ancak, elde edilen sonuçların aljinat kapsamı dışında kalan genel çalışmalardan oluştuğu görülmüştür. Bu sebeple, bu araştırma sonuçları ile ilgili bilgiler Bölüm 1.6.6.3’te sunulmuştur.

Tablo 4’te incelenen makaleler; plastikleştirici katkısı, çapraz bağlayıcı katkı, alev geciktirici katkı, nano malzeme katkısı ve polimer harmanlama başlıkları altında

gruplanmıştır. Her çalışma için kullanılan içerikler ve oranları, jelatinleştirme koşulları, kurutma koşulları, üretim yöntemleri, dökümü yapılan çözelti miktarı, kalıp özellikleri, film kalınlıkları özetlenmiştir.

Tablo 4. Katkı türüne bağlı olarak literatürdeki biyoplastik film üretim prosedürünün analizi

Ref.	İçerik	Karıştırma süresi, sıcaklığı ve hızı	Kurutma süresi ve koşulları	Yöntem	Çözelti miktarı/ Kalıp	Film kalınlığı (≈ mm)
PLASTİKLEŞTİRİCİ KATKI						
(Avella vd., 2007)	S. aljinat: %50, %55, %67 ve %100 (a/a) Gliserol: %33, %45 ve %50 (a/a)	70-75°C,	48 sa + %48 RH	Çözelti döküm	20 cm ² PMMA	0.04-0.05
(Silva vd., 2009)	S. aljinat: %0.75, Pektin: %0.75 Pektin, Gliserol: 0.6 gr Dahili jelasyon: CaCl ₂ ·2H ₂ O: 0.02 gr, 0.04 g Harici jelasyon: Gliserol: %1, %3, %5, %7, %10, %12 ve %15 (h/h) CaCl ₂ : %3 (50 mL) (a/h)	1 sa, 1000 d/dk, + Dahili çapraz bağlama: 30 dk, 70°C, 1 mL/dk + 30 dk (daldırma)	40°C, 20 sa + Oda sıcaklığı, 6 sa, >%60 RH + 3 gün, oda sıcaklığı, %52 RH	Çözelti döküm + Dahili jelasyon + Harici jelasyon	70 gr, 14 cm çaplı petri kabı	0.045- 0.07
(Jost vd., 2014)	S. aljinat: %7.5 (a/a) Gliserol: %0, %20, %25, %30 ve %40 (a/a) Sorbitol: %0, %30, %40, %45 ve %50 (a/a)	90°C, 15 dk, 300 d/dk + Ultrasonik banyo: 80°C, 15 dk, 7 kHz	23°C, %50 RH	Çözelti döküm	12×12 cm ² petri kabı	0.1 mm
(Gao vd., 2017a)	S. aljinat: %1.5 (a/a) Gliserol: 80/20, 75/25, 70/30, 60/40 ve 50/50 (a/a) Sorbitol: 80/20, 75/25, 70/30, 60/40 ve 50/50 (a/a) Gliserol-sorbitol kombinasyonu: %25 (75/17.5, 75/12.5, 75/7.5, 7.5/75, 12.5/75 ve 17.5/75)	Çözelti döküm yöntemi için: 25°C, 12 sa	25°C, 4 gün	Çözelti döküm	-	0,15
		Termo-mekanik işlem: 80°C, 15 dk, 100 d/dk	120°C, 15 dk, 160 bar	Basınçla kalıplama		0,5
(Giz vd., 2019)	S. aljinat: %1 (a/a) Gliserol: %10, %20, %30 ve %40	Oda sıcaklığı, 3 saat	60°C, Gece boyu	Çözelti döküm	30 gr, 8,5 cm çaplı petri kabı	0.042

Tablo 4.'ün devamı

(Wang vd., 2024)	S. aljinat: %2 (a/a) Gliserol, trigliserol, dekalgliserol: %30, %50 ve %100 (a/a) Harici jelasyon: CaCl ₂ : %1.5 (a/a), (6:4 Etanol/D.Su)	60°C, 4-5 sa + 1 sa (daldırma)	24 sa, 40 °C + 48 sa, 25 °C, %75 RH	Çözelti döküm + Harici jelasyon	30 g, 12 cm çaplı petri kabı	0.037-0.047
ÇAPRAZ BAĞLAYICI KATKI						
(Giz vd., 2020)	S. aljinat: %1 (a/a) Gliserol: %0, %10, %20 ve %30 (a/a) Harici jelasyon: CaCl ₂ : % 0.5, %1, %1.5, %2 (a/a), Etanol: %100 ve %50 Distile su: %100	2 sa + 30 dk (daldırma)	Bir gece boyunca, 60°C + 24 °C, %38 ± 1 RH	Çözelti döküm + Harici jelasyon	30 gr, 8,5 cm çaplı petri kabı	0.029-0.04
(Li vd., 2015)	S. aljinat: %2 (a/a) Harici jelasyon: CaCl ₂ : 1.5 gr Distile su: 100 ml, 90 ml, 80 ml, 70 ml ve 60 ml Etanol: 0 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml ve 40 ml	25°C, 6 sa, 400 d/dk + 1 sa (daldırma)	35°C, 24 sa + 25°C, 48 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	-	0,076-0,226
(Zhong vd., 2023)	S. aljinat: %1 (a/h) Gliserol: %1 (h/h), Tween-80: %1 (h/h) Dahili jelasyon: CaCl ₂ : 0,09 mM Putresin: 0.01, 0.05 ve 0.10 mM Harici jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: %2 (a/h)	60°C + 15 dk (daldırma) 15 dk (yıkama)	25°C, 12 sa + 24 sa, 25°C, %60 RH	Çözelti döküm + Dahili jelasyon + Harici jelasyon	30 mL, 14x14 cm ² akrilik plaka	0.015-0.031
(Costa vd., 2018)	S. aljinat: %1 (a/h) Gliserol: %0,5 (a/h) Harici jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: %1, %1,25 ve %1,5 (a/h)	Oda sıcaklığı, 18 sa, 350 d/dk + Oda sıcaklığı, 12 sa, 350 d/dk + 5 dk (daldırma)	30°C, 48 sa + Oda sıcaklığı, 16 sa + 20°C, %53 RH	Çözelti döküm + Harici jelasyon	Petri kabı	0.04-0.06
(Liling vd., 2016)	S. aljinat: %1 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) Harici jelasyon: Mn ²⁺ , Zn ²⁺ ve Ca ²⁺ , Al ³⁺ çözeltileri: %2 (a/h) Ca ²⁺ çözeltileri: %1, %2, %3, %4 ve %5 (a/h)	65°C, 30 dk + 30 dk vakum + 3 sa, 60°C + 1, 2, 4, 6 dk (daldırma)	25 °C, an az 7 gün, %50 RH	Çözelti döküm + Harici jelasyon	30 gr, 15 cm çaplı akrilik cam plaka	0.008-0.013

Tablo 4.'ün devamı

(Bierhalz vd., 2014)	S. aljinat: %1.5 (a/h) Gliserol: 0,6 g (a/a) Natamisin: %4 (a/a) Ca-Ca film: Dahili jelasyon: Ca ²⁺ :0,27 gr/100 mL Harici jelasyon: Ca ²⁺ : 0,12 gr/100 mL. Gliserol: %3 Ca-Ba film: Dahili jelasyon: Ca ²⁺ : 0,27 gr/100 mL Harici jelasyon: Ba ²⁺ : 0,06 gr/100 mL, Gliserol: %3 Ba-Ca film: Dahili jelasyon:Ba ²⁺ : 0,12 gr/100 mL Harici jelasyon: Ca ²⁺ : 0,06 gr/100 mL, Gliserol: %3	40°C, 20 sa + 10 dk (daldırma)	25±1°C, 5 sa + Oda sıcaklığı, 3 gün, %52 RH	Çözelti döküm + Dahili jelasyon + Harici jelasyon	50 gr, 225 cm ² PMMA	0.036
(Olivas & Barbosa-Cánovas, 2008)	S. aljinat: ≈ %1.7 (a/a) PEG-8000: %40 Gliserol: %40 (a/a) Fruktoz: %40 (a/a) Sorbitol: %40 (a/a) Harici jelasyon: CaCl ₂ / D.Su: 1:9 (a/a)	10°C (buzdolabı), gece boyu + 20 dk (vakum) + 0, 1, 3, 5, 10 ve 20 dk (daldırma)	36.1°C, 3 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	15 gr, plastik Petri plaka	0.049 mm
ALEV GECİKTİRİCİ KATKILAR						
(Hou vd., 2018)	S. Aljinat: %1 (a/a) Agar: %1 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) Borik asit: %2.5, %5, %10 ve %15 (a/a)	30 dk, 95°C	50°C, 32 sa	Çözelti döküm + Dahili jelasyon	20 gr, 10 cm çaplı petri kabı	0.046-0.050
(Liu vd., 2016)	S. Aljinat: %5 (a/a) Harici jelasyon: Baryum klorür çözeltisi: 5 mol/L	4 sa + 2 sa (daldırma)	Oda sıcaklığı, 3 gün + 24 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	-	2.0 ± 0.2
(Liu vd., 2016)	S. Aljinat: %5 (a/a) Harici jelasyon: Çinko klorür çözeltisi: 5 mol/L	4 sa + 0.5, 1, 2, 3 ve 4 sa (daldırma)	Oda sıcaklığı, 3 gün + 24 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	-	0.2
(Liu vd., 2016)	S. Aljinat: %5 (a/a) Harici jelasyon: Demir klorür çözeltisi: 5 mol/L	4 sa + 2 sa (daldırma)	Oda sıcaklığı, 3 gün + 24 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	-	-

Tablo 4.'ün devamı

POLİMER HARMANLAMA						
(Kulig vd., 2016)	S. aljinat: %0.5 (a/h) Kitosan: %0.5 (a/h) Laktik asit çözeltisi: %1 (a/h) S. Aljinat/ Kitosan: 3:15, 4:15, 3:10, 5:15, 4:10, 5:10, 3:5, 4:5, 5:5, 1:0 ve 0:1 (h/h) Gliserol: %30 (a/a)	24 sa, 350 d/dk + 1 dk (Gliserol ilavesi ile) + Sonifikasyon	25 °C, 48 sa, %60 RH	Çözelti döküm	80 cm ³ , 8x20 cm ² Teflon plaka	-
(Arzate-Vázquez vd., 2012)	S. aljinat: %1 (a/h) Gliserol: %60 (a/a) / Asetik asit çözeltisi: %1 (a/h) Kitosan: %1 (a/h) Gliserol: %60 (a/a)/ S. Aljinat/ Kitosan: 1:1	1 sa + 20 dk (Gliserol ilavesi ile) / 12 sa, 80°C + 20 dk (Gliserol ilavesi ile) / 30 dk	60°C + Ortam sıcaklığı, %57 RH	Çözelti döküm	15 gr, 6x 1.5 cm ² cam petri kap	0.05-0.06
(Ismillayli vd., 2020)	S. aljinat: %4 (a/h) / Buzlu asetik asit: 20 mL Kitosan: %1 (a/h) / S. Aljinat/ Kitosan: 1:1 HCl: %32 (a/h) NaOH: %10 (a/h)	12 sa, 400 d/dk / 12 sa, 400 d/dk / 25°C, 90 dk (HCL ilavesi ile) + 25°C, 90 dk (NaOH ilavesi ile)	Oda sıcaklığı, 72 sa	Çözelti döküm	Cam plaka	-
NANO MALZEME KATKISI						
(Anugrah vd., 2023)	S. aljinat: %2 (a/h) Gliserol: %6 (h/h) ZnO NPs: 0.01 (a/h) Kırmızı lahana antosiyaninleri (RCA): 0.04 g/mL / S.aljinat/ RCA: 4:1 S.aljinat+ZnO/ RCA: 4:1 Harici jelasyon: CaCl ₂ : %5 (a/h)	5 dk (sonikasyon) + 5 dk (daldırma)	25°C, sabit ağırlığa kadar, %60 RH	Çözelti döküm + Harici jelasyon	Petri kabı	0.53-0.54
(Abdel Aziz & Salama, 2022)	S. aljinat: 1, 2 ve 3 g Gliserol: %40 (h/h) Aloe-Vera: 1, 2 ve 3 g ZnO-NPs: %1, %3 ve %5 Harici jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: %1 (a/h)	Oda sıcaklığı, 2 sa + 2 sa (daldırma)	40°C, 24 sa	Çözelti döküm + Harici jelasyon	10 cm çaplı petri kabı	-

Tablo 4.'ün devamı

(Aristizabal-Gil vd., 2019)	S. aljinat: %4 (a/a) Gliserol: %50 (a/a) ZnO-NPs: 0, 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 g/L ZnO/CaO NPs: 0, 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 g/L Dahili jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: %2 (a/a), 1 g/L	50°C, 2 sa, 600 d/dk + 30°C, 30 dk, 900 d/dk / 25°C, 2 sa, 600 d/dk + 30°C, 30 dk, 900 d/dk	25°C, 19 sa + 25°C, %60 RH	Çözelti döküm + Dahili jelasyon	20 gr, 8.1 cm çaplı petri kabı	0.23-0.28
(Satriaji vd., 2020)	S. aljinat: %2, %2.6 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) Dahili jelasyon: CaSO ₄ : %0.5, %1 ve %2 (a/a) ZnO NPs: %0, %0.5, %1, ve %2 (a/a)	12 sa, 300 rpm + Oda sıcaklığı, 24 sa / 10 dk (sonikasyon) + 24 sa	30°C, 48 sa + 25°C, 48 sa, %50 RH	Çözelti döküm + Dahili jelasyon	20x15 cm ² teflon kaplı cam plaka	0.09- 0.1
(Marangoni Júnior vd., 2022)	S. aljinat: %4 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) PE: %3 (a/a) SiO ₂ : %5 ve %10 (a/a)	5 dk, 7000 d/dk + 80°C, 15 dk + 45°C / 10 dk, 7000 d/dk + 15 dk (ultrason banyosu)	50°C, 20 sa + 25°C, %75 RH	Çözelti döküm	50 gr, 14 cm çaplı petri kabı	0.131-0.143
(Shankar vd., 2016)	S. aljinat: 4 gr Gliserol: 1.2 gr Metalik gümüş, gümüş zeolit, sitratla indirgenmiş AgNP'ler ve lazerle yok edilmiş AgNP'ler: 1 mM, 150 mL	30 dk + 20 dk + 90°C	Oda sıcaklığı, 48 sa + 25°C, 48 sa, %50 RH	Çözelti döküm	24x30 cm ² teflon film kaplı cam levha	0.046-0.065
(Sun vd., 2021)	S. aljinat: %2 (a/h) Ag@PE NP'ler: 0, 1, 2 ve 4 mg, Ultra saf su: 10 mL	15 dk (sonikasyon)	25°C, 48 sa, %50±3 RH + 3 gün	Çözelti döküm	9 cm çaplı petri kabı	0.175-0.275
(Shankar vd., 2018)	S. aljinat: %2 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) AT-Hal/ZnONP: %1, %3, %5 ve %7 (a/a)	15 dk (sonikasyon) + 10 dk, 10000 d/dk + 90°C, 30 dk	Oda sıcaklığı, 48 sa + 25°C, 48 sa, %50 RH	Çözelti döküm	24x30 cm ² teflon film kaplı cam levha	0.035-0.039

Tablo 4.'ün devamı

(Hou vd., 2019)	S. aljinat: %1 (a/a) Agar: %1 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) Nano-SiO ₂ : %2.5, %5, %7.5 ve %10 (a/a)	95°C, 30 dk, 600 d/dk / 95°C, 30 dk, 600 d/dk + 1 sa (sonikasyon) + 95°C, 15 dk, hareketsiz	50°C, 32 sa + 20°C, 48 sa, %60 RH	Çözelti döküm	20 ± 0,2 gr, 10 cm çaplı petri kabı	0.046-0.05
(Júnior vd., 2021)	S. aljinat: %3 (a/a) Gliserol: %30 (a/a) Nano-SiO ₂ /SA: %0.5, %1.0 ve %1.5 (a/a)	80°C, 20 dk + 15 dk (ultrason banyosu)	40°C, 20 sa + 25°C, %75 RH	Çözelti döküm	40 gr, 14 cm çaplı petri kabı	0.09-0.1
(Llorens-Gámez vd., 2020)	S. aljinat: %1.1 (a/a) Karbon nanofiber: %0, %0.1, %0.5, %1, %2 (a/a) Dahili jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: 0.0159 gr, 10 mL D.Su Harici jelasyon: CaCl ₂ çözeltisi: %2 (a/h)	Ortam sıcaklığı (26 ± 0,5 °C), 1 sa + 10 dk + 2 sa (daldırma)	37 ± 0,5 °C, 24 sa + 60 ± 0,5°C	Çözelti döküm + Dahili jelasyon + Harici jelasyon	Petri kabı	-

Tablodan elde edilen genel sonuçlara göre, aljinat biyoplastik film üretimine yönelik çalışmaların ortak eğilimleri şu şekilde özetlenebilir:

- Üretim yöntemi: Literatürde baskın olarak çözelti döküm yöntemi kullanılmaktadır.
- Sodyum aljinat çözeltisi: Sodyum aljinat çoğunlukla distile suda ağırlıkça %1,5-%2,0 oranında çözündürülmektedir. Oran, her çalışmada net şekilde belirtilmemekle birlikte; bazı çalışmalarda (Olivas & Barbosa-Cánovas, 2008; Liling vd., 2016) çözeltiye ağırlıkça oran olarak, bazı çalışmalarda ise (Rhim, 2004; Li vd., 2015; Wang & Rhim, 2015; Aristizabal-Gil vd., 2019; Hou vd., 2019; Li vd., 2019; Wang vd., 2024) distile suya göre ayarlanmıştır.
- Plastikleştirici katkıları: En yaygın kullanılan plastikleştirici gliseroldür. Bir veya daha fazla plastikleştirici kullanıldığında toplam plastikleştirici miktarı toplam kuru polimere göre ağırlıkça %20-50 aralığında değişmektedir. Ancak, genellikle ağırlıkça %30 oranı gliserol için optimum olarak kabul edilmektedir. İkincil olarak en yaygın kullanılan plastikleştirici sorbitoldür. Gliserol-sorbitol kombinasyonu, tekil kullanıldıkları durumlara nazaran daha yüksek performans göstermektedir; optimum kombinasyon oranı ağırlıkça 1:1'dir.

- Çapraz bağlayıcı ajanlar: Kalsiyum klorür çözeltisi çapraz bağlama ajanı olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Harici jelasyon yöntemiyle genellikle %1,5–%2’lik çözeltilerde daldırma uygulanmakta, daldırma süresi çalışmadan çalışmaya geçmekle birlikte 1 dakika ile 2 saat arasında olmaktadır.
- Alev geciktirici katkıları: Borik asit, baryum klorür, çinko klorür ve demir klorür gibi bileşikler, dahili veya harici çapraz bağlama işlemlerinde alev geciktirici amaçla kullanılmaktadır.
- Nano katkıları: Toplam kuru polimere göre ağırlıkça %0,1 ila %10 aralığında kullanılmaktadır. Düşük oranlarda dahi performansta belirgin artışlar elde edilirken, yüksek oranlı nano katkıları film performansını düşürebilmektedir.
- Karıştırma koşulları: Karıştırma sıcaklığı 25°C-95°C arasında, süresi 5 dk-24 saat aralığında ve hızı cihaz kapasitesine bağlı olarak 100-10000 d/dk arasında değişmektedir. Kullanılan ekipman, mekanik veya manyetik karıştırıcı olabilmektedir. Özellikle nano katkı içeren çalışmalarda çözelti homojenliğini sağlamak amacıyla ultrasonik homojenizasyon veya sonikasyon işlemi uygulanmaktadır.
- Kurutma koşulları: Kurutma, oda sıcaklığında veya etüvde ortamında gerçekleştirilmekte olup 24-72 saat arasında sürmektedir. Bazı çalışmalarda kurutma iki adımlı olarak yürütülmekte film ilk işlemde sabit ağırlığa ulaştıktan sonra bir desikatörde veya iklimlendirme kabiniinde belirli sıcaklık ($\approx 20^{\circ}\text{C}$ - 25°C) ve bağıl nem koşullarında (≈ 50 - 75 RH) bekletilmektedir. Daldırma işlemi sonrasında da fırın, desikatör, iklimlendirme kabini veya inkübatör kullanımı yaygındır.
- Kalıp özellikleri: Literatür verilerinden elde edilen ortalama hesaba göre, yaklaşık 10 g’lık bir çözelti alanı 20–60 cm² arasında değişen kalıplara dökülmektedir. Kalıp olarak genellikle petri kabı, teflon kaplı cam plaka veya akrilik plaka kullanıldığı tespit edilmiştir.

1.6.6.2. Plastikleştirici

Polimerlerin işlenebilirliğini ve dayanıklılığını geliştiren, düşük moleküler ağırlıklı, nispeten uçucu olmayan organik moleküllerin bir sınıfı olan plastikleştiriciler 1800’lerin

başından beri polimerlerin modifikasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Tyagi & Bhattacharya, 2019). Birçok plastikleştirici, farklı sayıda hidroksil grubundan oluşur ve polimer zincirleri ile hidrojen bağları oluşturarak çeşitli seviyelerde hacim kazandırır; bu sayede polimerin esnekliğini artırır (Sothornvit & Krochta, 2005). Plastikleştiriciler, yalnızca malzemelere esneklik ve işlenebilirlik sağlamakla kalmaz, aynı zamanda polimerde doğal olarak bulunmayan özellikler katabilir veya zayıf özelliklerini iyileştirebilir (Tyagi & Bhattacharya, 2019). Bu katkılar, biyoplastik üretiminde de benzer amaçlarla kullanılmaktadır.

Plastikleştirme işlemi, genel olarak biyopolimerin mekanik ve termal özelliklerinde aşağıdaki değişiklikleri sağlamak amacıyla uygulanır:

- Oda sıcaklığında elastikiyetin artırılması,
- Cam geçiş sıcaklığının (T_g) düşürülmesi (Yüksek miktarda enerji gerekmeksizin istenen elastikiyetin elde edilebildiği sıcaklığa ulaşılması),
- Oda sıcaklığında kopma uzamasının iyileştirilmesi,
- Gerilme mukavemetinin artırılması (Sothornvit & Krochta, 2005; Tyagi & Bhattacharya, 2019).

Plastikleştiriciler, biyoplastik üretiminde yüksek sıcaklık ve kesme kuvveti altında biyopolimerin moleküler yapısını kısmen bozarak, polimer zincir bölümlerinin serbestçe hareket etmesine izin verir (Kumar & Sekhon, 2002; Das & Kalyani, 2022). Genellikle yüksek kaynama noktasına sahip ve düşük molekül ağırlıklı olan bu katkılar, biyoplastiğe esneklik kazandırarak kırılgenliği azaltır ve işlenebilirliğini artırır (Das & Kalyani, 2022). Ayrıca cam geçiş sıcaklığını ve erime hızını da düşürürler (Sperling, 2015). Cam geçiş sıcaklığının düşük olması genellikle gerilme mukavemetinde ve elastisite modülünde azalmaya yol açarken, kopma uzamasında artışa neden olur (Ben vd., 2022).

Biyopolimere bağlı olarak plastikleştiricilerin türü ve konsantrasyonu sonuç ürünün plastisite derecesi ve performansında belirleyici rol oynar (Vieira vd., 2011). Ayrıca, plastiğin şeffaflığını, dayanıklılığını, sertliğini ve ısı özelliklerini de etkiler (Rahardiyan vd., 2023). Birden fazla plastikleştirici kullanılarak plastikleştirme performansı artırılabilen ve retrogradasyon (malzemede geri çekilme/büzülme) eğilimi önlenmektedir (Surendren vd., 2022). Plastikleştirici seçilirken; biyopolimer ile kimyasal ve fiziksel uyumlu olmasına, düşük uçuculukta olmasına, toksik olmamasına, aromasız olmasına (Sothornvit & Krochta, 2005), biyopolimerin işleme sıcaklığından daha yüksek bir kaynama noktasına sahip

olmasına, hidrofilik özellik göstermesine ve küçük moleküler boyuta sahip olmasına dikkat edilmelidir (Surendren vd., 2022).

Plastikleştiricilerin moleküler ağırlığı ve moleküler yapısı, polimer filmlerin nem içeriğini doğrudan etkiler. Küçük moleküller, polimer zincirleri arasına daha kolay nüfuz ederek hidrojen bağlarını bozar ve su emilimini artırır (Majeed vd., 2023). Yüksek difüzyon kapasiteleri sayesinde verimlilikleri artar; ancak yüksek uçuculukları ve düşük difüzyon dirençleri, göç etme ve sızıntı sorunlarına yol açabilir (Sothornvit & Krochta, 2005; Ben vd., 2022). Bu nedenle plastikleştirici seçiminde çok sayıda çelişkili parametre birlikte değerlendirilmelidir.

Biyoplastik üretiminde biyobozunurluğu negatif yönde etkilememek adına “yeşil plastikleştiriciler” tercih edilmelidir. Yeşil plastikleştiricilerin başlıca özellikleri şunlardır (Bocqué vd., 2016):

- Metabolitleri açısından toksik olmama,
- Polimerle iyi bir karışabilirlik,
- En az güncel kullanılan plastikleştiriciler kadar yüksek verimlilik,
- Sızma ve migrasyona karşı yüksek direnç,
- Nispeten düşük maliyet.

Plastikleştirici miktarı, diğer katkı türlerinde olduğu gibi, kullanılan biyopolimerin yapısına ve varsa diğer plastikleştiricilerin oranı ile özelliklerine bağlıdır (Sothornvit & Krochta, 2005). Karışıma <%12 gibi düşük miktarda plastikleştirici katıldığında plastikleştirici işlevini yerine getiremez; hatta antiplastikleştirici etki gösterebilir. Buna karşılık >%50 gibi çok fazla bir oranlarda katıldığında ise polimerin amorf bölgeleri çok fazla nem çekerek şişer, sünek bir yapı oluşur ve biyoplastığın dokusu yapışkan hale gelir (Ben vd., 2022). Literatürde yer alan çalışmalara göre, verimli bir plastikleştirme işlemi genel olarak yaklaşık %20-30 oranında gerçekleşmektedir. Ancak biyopolimer filmin bileşimine ve uygulanan karakterizasyon testlerine bağlı olarak optimum değerler %15–50 aralığında değişebilmektedir. Jost vd. (2014), aljinat filmler için optimum konsantrasyonun gliserol için aljinat ağırlığının %20-40’ı, sorbitol için ise %30-50’si olduğunu bildirmiştir.

Avella vd. (Avella vd., 2007), plastikleştirici etkisini filmde kullanılan sodyum aljinatın mikroyapısal özellikleriyle birlikte değerlendirmiştir. Yazarlar, yüksek mannuronik asit içeriğine sahip aljinat filmlerin yüksek guluronik asit içeriğine sahip filmlere göre daha esnek olduğunu aktarmış ve buna ek olarak plastikleştirici katkı olarak gliserolün oranının farklı M/G (Mannuronik asit/Guluronik) içeriğine sahip sodyum aljinat esaslı filmlerin

kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde etkisini değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, daha düşük moleküler ağırlığa sahip düşük guluronik asit içerikli sodyum aljinat filmlerde yüksek moleküler ağırlıklı yüksek guluronik asit içerikli filmlere nazaran benzer plastikleştirici etkinin elde edilmesi için daha yüksek gliserol ilavesi gerekmiştir. Örneğin, yüksek guluronik asit içerikli aljinat filmlerde %33 oranındaki gliserol katkısı belirgin bir plastikleştirici etki gösterirken, daha düşük guluronik asit içerikli filmlerde aynı etki %50 oranındaki gliserol katkısı ile elde edilmiştir.

Biyoplastiklerin üretiminde başta su ve gliserol olmak üzere (Das & Kalyani, 2022) polioller, glikoller, sorbitol, fruktoz, süktroz, mannoz, palmitat ve miristat yağ asitleri veya bunların kombinasyonları yaygın olarak kullanılmaktadır (Shah vd., 2021). Özellikle yenilebilir film ve kaplamalarda su, önemli bir plastikleştirici olarak karşımıza çıkmaktadır. Su, polimer zincirlerinin hareketliliğini artırarak elastikiyet kazandırır; ancak düşük sıcaklıklarda hızlı buharlaşma eğiliminde olması, daha az uçucu plastikleştiricilerin kullanımını da gerekli kılar (Gao vd., 2017b; Agarwal, 2021).

Biyoplastik üretiminde literatürde yaygın olarak kullanılan gliserol, sorbitol ve bu ikisinin kombinasyonuna ait özellikler şu şekilde özetlenebilir:

Gliserol;

- Literatürde su ile birlikte biyoplastik üretiminde en yaygın kullanılan plastikleştiricilerden biridir (Das & Kalyani, 2022).
- Üç hidroksil grubuna sahip basit bir poliol olup, güçlü moleküller arası ve molekül içi hidrojen bağları kurma kapasitesi sayesinde yüksek viskozite ve yüksek kaynama noktası gösterir (Bocqué vd., 2016).
- Yenilenebilir kaynaklardan üretilebildiği için sürdürülebilir bir katkı maddesi olarak değerlendirilir (Ben vd., 2022).
- Biyoplastiklere yüksek esneklik ve şeffaflık kazandırır; ayrıca sorbitolden daha hidrofilik özellik gösterir (Anugrahwidya vd., 2021).
- Isı ve retrogradasyon direnci görece düşüktür (Surendren vd., 2022).
- Yalnızca plastikleştirici olarak değil, aynı zamanda uyumlaştırıcı olarak da işlev görebilmektedir (Podshivalov vd., 2017).
- Daha küçük molekül boyutu sayesinde polimer zincirleri arasındaki etkileşimleri daha kolay bozar; bu durum su bağlama kapasitesiyle birleştiğinde, gliserolün sorbitolle plastikleştirilmiş filmlere kıyasla daha yüksek su duyarlılığı ve şeffaflık,

ancak daha düşük mekanik performans sergilemesine neden olabilir (Gao vd., 2017a).

- Gliserolden türetilen poligliseroller (ör. trigliserol, dekagliserol) daha uzun zincir yapıları ve daha fazla hidroksil grubu sayesinde daha iyi plastikleştirici performans gösterebilir ve sızıntı sorununu azaltabilir (Wang vd., 2024).

Sorbitol;

- Polioller grubunda yer alan, aktif hidroksil gruplarına sahip bir plastikleştiricidir (Das & Kalyani, 2022).
- Polimer zincirleri arasındaki esnekliği ve mesafeyi artırır (Majeed vd., 2023).
- Düşük uçuculuğu sayesinde karışımdaki plastikleştirici kaybı gliserole kıyasla daha azdır ve yüksek sıcaklıklarda buhar basıncındaki artış daha düşüktür. Bu sebeple gliserole kıyasla fiziksel, mekanik ve termal özelliklerde daha belirgin iyileşme sağlayabilir (Li & Huneault, 2011).
- Işık geçirgenliği ise gliserole göre daha düşüktür (Lim vd., 2020).
- Daha hidrofobik davranışı sayesinde suda çözünme eğilimi gliserolden daha azdır (Gao vd., 2017a).

Gliserol-Sorbitol kombinasyonu;

- Hibrit plastikleştirme, retrogradasyonu önlemek, göçü azaltmak ve plastikleştirme etkinliğini artırmak amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır.
- Gliserol ve sorbitol kombinasyonu, farklı moleküler boyutlara sahip plastikleştiricilerin birlikte kullanılması sayesinde film yapısında daha sıkı bağlar kurulmasını ve daha iyi karışabilirlik sağlanmasını mümkün kılar (Krogars vd., 2003). Bu durum biyoplastiklerin daha dengeli termomekanik özellikler sergilemesine katkı sağlar (Esmaeili vd., 2017).
- Literatürde (Krogars vd., 2003; Sanyang vd., 2015; Lim vd., 2020) genellikle 1:1 oranındaki kullanımının optimum sonuç verdiği görülmektedir. Bu orandaki filmler, daha homojen bir yapı ve yumuşak bir yüzey morfolojisi gösterebilmektedir (Gao vd., 2017a).

Özetle, polimer matris ile uyumlu plastikleştirici türünü seçmek ve optimum konsantrasyonda kullanmak, istenen biyoplastik performansını elde etmede kritiktir. Plastikleştiricilerin biyoplastik filmlerin işleve bağlı performansında oldukça önemli bir rolü vardır. Ancak karışımda kullanılan biyopolimerlerin ve diğer katkıların özelliklerine bağlı olarak verimlilikleri değişkenlik gösterebileceğinden genelleme yapmak pek mümkün

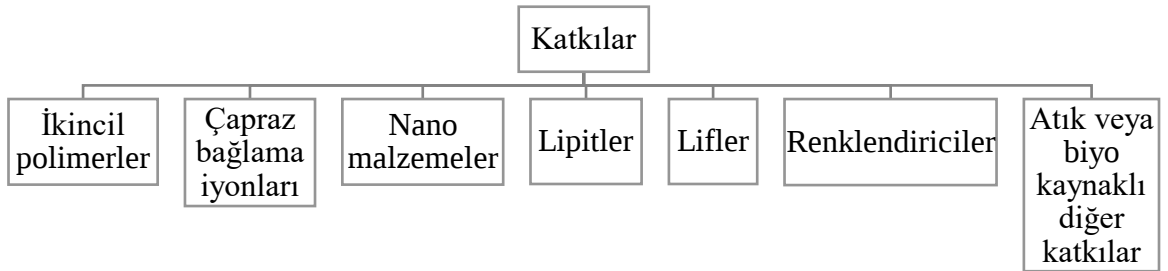
değildir. Film geçirgenliği, mekanik dayanım ve termal özellikler hem polimere hem de plastikleştiriciye bağlı olarak farklılık göstermektedir (Sothornvit & Krochta, 2005).

Bu bağlamda literatür, gliserolün biyoplastiklere yüksek esneklik ve şeffaflık sağlamakla birlikte su duyarlılığını artırma eğilimi gösterdiğini; sorbitolün ise daha düşük uçuculuk ve nem hassasiyeti sayesinde biyoplastiklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu plastikleştiricilerin birlikte kullanımı ise, her birinin avantajlarını birleştirerek dengeli termomekanik özellikler elde etme açısından avantaj sağlamaktadır.

Dolayısıyla, yapılacak çalışmalarda optimum oranların belirlenmesi, literatürde bildirilen değerlerin ışığında gerçekleştirilmeli; plastikleştirici türlerinin birleştirilmesi ise performans optimizasyonu ve dezavantajların dengelenmesi açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmelidir. Özetle, plastikleştiricilerin uyumluluk, maliyet ve toksik olup olmama durumlarının temel seçim kriterleri olduğu söylenebilir.

1.6.6.3. Diğer Katkılar

Biyoplastik formülasyonu, en basit haliyle biyopolimer ve plastikleştiriciden oluşmaktadır. Ancak, fosil esash plastiklerle yarışabilmesi ve onların yerini alabilmesi için biyoplastiklerin performansının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, matrise çeşitli katkılar ilave edilmekte ve bu sayede biyo kompozit malzemeler üretilmektedir. Bu katkılar literatürdeki çalışmalar temel alınarak katkıların türlerine ve malzeme yapısal özelliklerine dayalı olarak Şekil 22’de sunulan şekilde kategorize edilmiştir.



Şekil 22. Biyoplastik malzemelere eklenen katkı malzemelerinin katkı türü ve yapısal özelliklerine bağlı olarak sınıflandırması

Biyoplastik matrisinde polimerlerin harmanlanması, literatürde en sık karşılaşılan katkı stratejilerinden biridir (Siddaramaiah vd., 2008; Fazilah vd., 2011; Weerapoprasit & Prachayawarakorn, 2015; Jayakody vd., 2022; Mohammed vd., 2023). Genel olarak malzemenin su emiciliğini gidermek, termal ve mekanik performansını artırmak amacıyla birbirlerine kimyasal açıdan uyum gösteren ve birbiriyle karışabilirliği olan malzemelerin birlikte kullanımı tercih edilmektedir.

Biyoplastik formülasyonlarında kullanılan bir diğer katkı grubu ise, benzer şekilde malzemenin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek amacıyla eklenen çapraz bağlama iyonlarıdır. Aljinat biyoplastikleri ile ilgili verilen literatürde de bahsedildiği üzere, bu iyonlar doğrudan matrise eklenebildiği gibi kuruma işleminden sonra da daldırma ve püskürtme gibi yöntemlerle biyoplastik malzemeye entegre edilebilmektedir (Gomaa, 2023).

Biyoplastiklerin performansını iyileştirmek amacıyla son yıllarda kullanımı hızla artan bir diğer katkı türü ise nano malzemelerdir. Bu durum, nano malzemelerin biyo esaslı malzemelerin teknik özelliklerini ve rekabet gücünü artırmada yenilikçi ve etkili bir araç olmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan çinko oksit (ZnO), silikon dioksit (SiO₂), titanyum dioksit (TiO₂), kalsiyum karbonat (CaCO₃), nanokiller, nanoselülozlar, karbon nanotüpler ve nano fibriller UV geçirgenliğini azaltma, yanıcılığı düşürme, antioksidan özellik ve gaz bariyeri sağlama, mekanik mukavemet ve suya dayanımı artırma ve morfolojik özellikleri iyileştirme gibi çok yönlü işlevleriyle öne çıkmaktadır (Liu vd., 2016; Abdul Khalil vd., 2017; Anugrahwidya vd., 2021; Motelica vd., 2021).

Lipitler, yağ asitleri, türevleri ve benzer biyo sentetik yapıya sahip bileşiklerdir. Hidrokarbon veya aromatik solventlerde çözünür, ancak suda çözünmezler (Coles, 2013). Tween-80 gibi emülgatörlerle sulu biyopolimer çözeltilerine karıştırılarak matris uyumu sağlanabilir (Abdul Khalil vd., 2017). Genellikle hidrofobik yapıda olan lipitler, biyoplastiklere esneklik ve mekanik performans artışı kazandırır (Li vd., 2022). Doğal kaynaklı olmaları önemli bir avantajdır; ancak hayvansal yağlar tedarik ve maliyet sorunları nedeniyle sınırlı kullanılmaktadır. Bu nedenle üretimde çoğunlukla hindistan cevizi, kenevir, keten tohumu, yer fıstığı, soya ve ayçiçeği gibi bitkisel trigliseritler tercih edilir. Yağ asidi bileşimlerindeki farklılıklar, farklı polimer mimarilerinin tasarlanmasına imkân tanır (Coles, 2013). Ayrıca lipitler, filmlere antimikrobiyal, antibakteriyel ve antifungal özellikler kazandırabilir (Abdul Khalil vd., 2017).

Liflerin de birçok kompozit malzemede kullanıldığı gibi biyoplastiklerle de kullanımı sıklıkla araştırılmaktadır. Lif takviyeli kompozitlerde matris yapıştırıcı/bütünleyici işlev görürken, lifler mukavemeti artırır (Mohanty vd., 2005). Doğal, yarı sentetik ve sentetik türleri bulunur (Karimah vd., 2021); çevresel avantajları nedeniyle biyoplastiklerde genellikle doğal lifler tercih edilir. Doğal lifler düşük yoğunluk, maliyet ve enerji tüketimi ile yüksek özgül mukavemet sunar (Asim vd., 2015); cam elyafı ile karşılaştırılabilir spesifik mukavemete sahip olabilir (Mohanty vd., 2005).

Ana bileşenleri selüloz ve lignin olup hidrofiliktirler (Mohanty vd., 2005). Avantajları arasında bol bulunabilirlik, yenilenebilirlik, biyobozunurluk, CO₂ emisyonlarını azaltma ve mekanik/termal iyileştirme yer alır (Fragassa, 2017; Anugrahwidya vd., 2021; Karimah vd., 2021). Kompozit performansı; lifin kesit alanı (Munawar vd., 2007), en-boy oranı, matris uyumu ve arayüzey etkileşimi ile doğrudan ilişkilidir. Uyum için ön işlem uygulanması gerekir (Bismarck vd., 2005). Optimum lif içeriği genellikle %30'a kadar performans artışı sağlar; bu oran aşıldığında ise düşüş gözlenir (Mohanty vd., 2005; Tao vd., 2009; Jaafar vd., 2018). Doğal lifler hafiflik, sürdürülebilirlik ve ekonomiklik gibi avantajlar sunarken; düşük ömür, nem emme, zayıf yapışma gibi dezavantajlarının giderilmesi için uygun takviyeler, teknolojiler ve üretim yöntemleri gereklidir (Karimah vd., 2021).

Bir diğer biyoplastik katkısı renklendiricilerdir. Renklendiriciler, biyoplastiklerde estetik, cezbetme veya belirli işlevlere yönelik olarak kullanılan katkılardır ve üretim sürecinde pişirme veya kalıplama sırasında eklenebilir (Bell vd., 2022). Ancak, renklendirme işleminin malzemenin ısı ve ışık geçirimsizliğini etkileyecek olması üretim öncesinde göz önüne alınmalıdır.

Renklendiriciler organik veya inorganik kökenli olup, boya ve pigment olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Aralarındaki fark, boyaların genellikle uygulama ortamında çözünmesi, pigmentlerin ise ilaveten bir çözücüye ihtiyaç duymasısıdır (Danie Kingsley vd., 2020). Biyoplastik üretiminde gıda boyaları, termokromik ve fotokromik pigmentler kullanılabilir (Kooroshnia vd., 2021; Bell vd., 2022). Gıda boyaları kalıcı renk değişimi sağlarken; termokromik pigmentler sıcaklık, fotokromik pigmentler ise ışık etkisiyle renk değiştirerek malzemeye işlevsel ve yaratıcı kullanım imkânları sunar.

Khankhuan vd. (2023), matris olarak PLA ve iki farklı termokromik katkı maddesi (kırmızı ve sarı renkler) kullanarak ekstrüzyon yöntemiyle termokromik kompozit filamentler üretmiştir. Elde edilen numuneler, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak renk değiştirme özelliği göstermiştir. Termokromik tozların farklı oranlarda eklenmesi, renk

yoğunluğunu ve renk değişiminin belirginliğini artırmıştır. Ayrıca, katkı maddesi ilavesi uzama değerlerinde hafif bir artışa yol açarken, gerilme mukavemetinde azalma meydana getirmiştir.

Nasihin vd. (2020), taze zerdeçal ve ejder meyvesi kullanarak nanoselüloz biyoplastiği renklendirmiştir. Çalışmanın sonucuna göre hem ejder meyvesi hem de zerdeçal ekstraktı konsantrasyonundaki artış, biyoplastiğin kırmızı ve sarı renk yoğunluğunu artırmıştır.

Kooroshnia vd. (2021) ise kendin yap (DIY) yaklaşımını, ve tekstil yüzey tasarım yöntemlerinin dijital araçlarıyla birleştirerek karmaşık yüzey tasarımlarını kolaylaştırabilen hibrit bir tasarım stratejisi sunmuştur. Çalışmada biyomalzemelerle doku ve renk arasındaki ilişkinin nasıl geliştirilebileceğini sorgulanmıştır. Doğru boya ve pigment türlerini bulmak amacıyla reaktif, dispers, asit, gıda, tekstil pigment macunu, termokromik ve karanlıkta parlayan pigment gibi farklı boya türleri kullanarak şeffaflık ve dağılım testleri yapmışlardır. Bulgular, boyaların çoğunun parlak renkler ve şeffaf yüzeyler oluşturduğunu, pigment esaslı boyaların ise (termokromik veya karanlıkta parlayan pigmentler) daha donuk ve opak yüzeyler verdiğini göstermiştir. Ayrıca, farklı renk kombinasyonlarıyla gradyan geçişler elde edilmiş ancak biyoplastik yapısı nedeniyle bu geçişlerin yumuşak olmadığı, sarı ve kırmızı gibi renklerin sert sınırlar oluştururken, mavi ve yeşil tonlarının daha yumuşak geçişler sağladığı tespit edilmiştir. Kesim teknikleri, ışık ve gölge oyunları ile biyoplastiklere derinlik kazandırılmış; renk kombinasyonları ve lazer kesimle elde edilen dokuların farklı algılar yaratarak dereceli efektler oluşturabildiğini ve özgün tasarım potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur.

Farias vd. (2020), aljinattan gıda ambalaj filmi üretmeyi amaçlamış ve renklendirici olarak aljinat ile uyumlu, antioksidan özelliklere sahip doğal bir karotenoid olan norbiksini kullanmıştır. Norbiksin katkısı, elde edilen filmin ultraviyole ve görünür ışıktaki altındaki opaklığını değiştirerek kırmızı-sarı renk yoğunluğunu artırmış, ayrıca çapraz bağlı sodyum aljinat filmin genel bariyer özelliklerini iyileştirmiştir.

Literatürdeki renklendirme çalışmalarının bulgularından hareketle, renklendiricilerin yalnızca estetik ve algısal çeşitlilik sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda biyoplastik filmlerin performansını da artırma potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

Renklendirme amacıyla eklenen malzemelerin yanı sıra, çeşitli doğal ekstratlar, nano malzemeler ve lipitler gibi diğer katkı malzemeleri de renk değişimine sebep olabilmektedir. Her ne kadar bu katkıların temel amacı filmin mikro strüktürel yapısını, bariyer özelliklerini, mekanik performansını ve antioksidan kapasitesini geliştirmek olsa da, ortaya çıkan renk

değişiminin optik ve ısı geçirgenlik üzerinde de etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Kanmani & Rhim, 2014; Shankar vd., 2018; Santos vd., 2021).

Son olarak biyoplastik matrislerine zaman zaman dahil edilen atık veya biyo esaslı diğer katkılardan söz edilebilir. Kahve atığı tozu (Rizal vd., 2023), yumurta kabuğu tozu (Villanueva vd., 2023), meyve kabukları, çekirdekleri ve posaları, çaylar (Maraveas, 2020) gibi malzemeler bu kategoriye dahil edilebilir. Bu katkılar eğer polimer matrisle mükemmel uyumluluk sağlar ve homojen dağılırsa filmin fiziksel, ısı ve mekanik performans gibi özelliklerini geliştirebilmektedir (Rizal vd., 2023).

Katkı maddesinin oranı da polimer matrise etkisi açısından önemli bir parametredir. Örneğin, Fantini & Costa (2009), %0.25 ila %6 arasında organik boya katkısı ile çözelti döküm yöntemiyle oluşturulan veya boyanan polimer filmlerde, katkı oranındaki %0.5 civarındaki bir artışın dahi optik özelliklerde belirgin değişime yol açabildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, bir başka çalışmada (Wang vd., 2018), melanin nano parçacıklarının %1 gibi düşük bir oranda nanokompozit filmlere eklenmesiyle 340 nm'nin altındaki çoğu ultraviyole ışığın engellendiği, buna karşın görünür spektrumda yüksek şeffaflığın (%83) korunduğu belirtilmiştir. Ayrıca, melanin katkısının polimer nanokompozitlerin fotostabilite özelliklerini de önemli ölçüde artırdığı vurgulanmıştır. Polimer matrisinde nano boyutlu pigmentler kullanıldığında, düşük katkı seviyelerinin bile etkili olabildiği bildirilmektedir (Mohan vd., 2023).

Biyoplastik film üretiminde kullanılan birçok katkının, yalnızca tasarlanan işlevi yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda malzemenin mekanik, termal, bariyer, optik ve fotostabilite gibi özelliklerinde de amaç dışı ancak anlamlı iyileştirmeler sunabildiği anlaşılmaktadır. Katkı oranı, türü, parçacık boyutu ve kimyasal uyum gibi parametreler, elde edilecek nihai ürünün performansı üzerinde belirleyicidir. Bu nedenle biyoplastik formülasyonlarında katkı seçimi, hedef işlevle uyumlu olacak şekilde, söz konusu parametreler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Böylelikle biyoplastiklerin teknik yeterlilikleri artırılabilir; aynı zamanda farklı katkı kombinasyonlarıyla elde edilen özgün estetik görünümüler sayesinde malzemenin görsel cazibesi de güçlendirilebilir.

1.6.7. Biyoplastik Filmlere Uygulanan Karakterizasyon Testleri

Biyoplastik filmlerin geleneksel plastiklerle rekabet edebilmesi için, performanslarının bu plastiklerle karşılaştırılabilir düzeyde olması gerekmektedir. Bu nedenle, üretim amacına bağlı olarak çeşitli karakteristik testler uygulanabilmektedir.

Filmlerin kimyasal yapısı, katkı maddeleri ile matris arasındaki etkileşimlerin incelendiği Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) yöntemiyle analiz edilmektedir. Mekanik performans, gerilme mukavemeti, kopma uzaması ve elastisite modül gibi parametrelerle belirlenmektedir. Optik testler kapsamında ise filmlerin opaklık ve ışık geçirgenliği özellikleri incelenmektedir.

Isıl özelliklerin belirlenmesine yönelik çalışmalarda literatürde ısı dayanım kontrolü öne çıkarken, bu tezde ısı iletkenlik öncelikli değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır. Sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmler üzerine yapılan çalışmalarda, ısı iletkenlik testine yalnızca tek bir örnekte rastlanmıştır.

Öte yandan, literatürde yaygın biçimde uygulanan ancak bu çalışma kapsamında değerlendirme dışı bırakılan bazı test yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar arasında, film morfolojisinin SEM ve XRD teknikleriyle analiz edilmesi, su ile etkileşim sonucu ortaya çıkan fiziksel davranışların (çözünürlük, su buharı geçirgenliği, şişme oranı gibi) incelenmesi, gaz bariyer özelliklerinin ve alev geciktiricilik performansının test edilmesi ile biyobozunurluk, antioksidan ve antimikrobiyal kapasitelerin belirlenmesine yönelik çalışmalar sayılabilir.

Bu tez kapsamında, yapı malzemesi olarak gölgeleme elemanı tasarımında kullanılması amaçlanan biyoplastik filmler için öncelikli olarak FTIR, mekanik, optik ve ısı iletkenlik analizlerine odaklanılmıştır. Bu nedenle, ilerleyen bölümlerde söz konusu karakterizasyon testleri detaylı şekilde ele alınacaktır.

1.6.7.1. FTIR Testi

Polimerik filmlerin kimyasal yapısı ve fonksiyonel grupları hakkında bilgi edinmek için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ölçümleri yapılır. FTIR tekniğinde, ışığın tüm frekansları aynı anda numune üzerine gönderilir ve elde edilen spektral bilgi, Fourier dönüşümü adı verilen matematiksel işlemle IR spektrumuna dönüştürülür (Munaweera & Madhusa, 2023).

FTIR spektroskopisi, bir numunedeki moleküler titreşimleri başlatmak için gerekli enerjiyi ölçer ve bu sayede numunenin içerdiği fonksiyonel gruplar hakkında bilgi sağlar. Çoğu durumda bir maddenin varlığını veya konsantrasyonunu belirlemek için kullanılır. Bu amaçla, bilinmeyen bir numuneden elde edilen IR spektrumu, literatürde kayıtlı çok sayıda bilinen bileşiğe ait IR spektrumları ile karşılaştırılır.

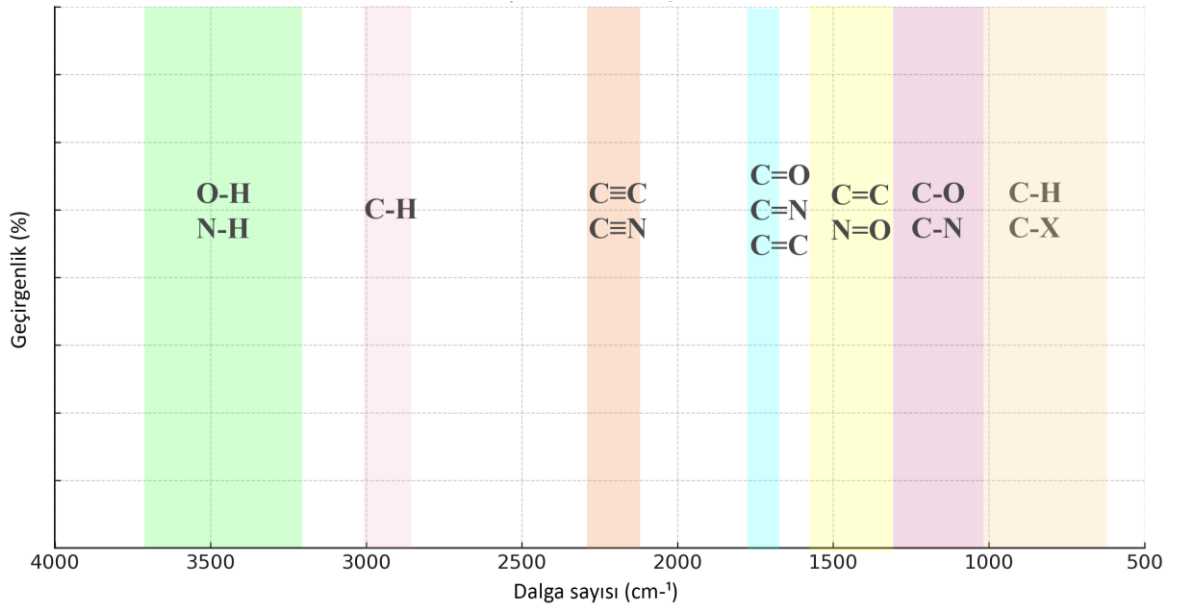
Tablo 5. Nano çinko oksit ve boya katkılı sodyum aljinat esaslı biyoplastikler için örnek FTIR karakteristik bantları

Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Fonksiyonel Grup / Titreşim Türü	Yorum
3600–3200	–OH, –NH (gerilme titreşimi)	Aljinat, gliserol ve hidrofilik bileşenleri gösterir.
2950–2850	Alifatik C–H (gerilme)	Organik yapıların, özellikle gliserolün varlığını gösterir.
1750–1600	C=O veya COO ⁻ (karboksil / ester grubu)	Biyopolimer tuzları veya katkıların karakteristiğidir.
1600–1400	COO ⁻ bükülme, aromatik C=C	Aljinat tuzları ve boya katkılarına ait sinyalleri gösterir.
1300–1000	C–O, C–O–C, Zn–O gerilmeleri	Polimer zinciri, gliserol ve ZnO katkılarına işaret eder.
900–650	Aromatik halkalar, metal-oksit bağları (Zn–O vb.)	ZnO ve pigment katkılarının bulunduğu bölgedir.

Her bileşiğin oldukça karakteristik ve kendine özgü bir IR spektrumu olduğundan, ölçülen spektrum bilinenlerden biriyle örtüştüğünde, ilgili bileşiğin varlığı doğrulanabilir (Munaweera & Madhusa, 2023). Tablo 5’te bu durumu örnekleyecek şekilde biyoplastik temelli kompozitlerde sıklıkla karşılaşılan fonksiyonel grupların FTIR spektrumlarında gözlemlendiği karakteristik dalga sayısı aralıkları özetlenmiştir. Özellikle bu çalışma kapsamına uygun olarak sodyum aljinat, gliserol, ZnO ve pigment katkıları içeren biyopolimer filmler için genel geçer değerlere yer verilmiştir. Bu dalga sayısı aralıklarına göre numunelerin FTIR spektrumları yorumlanabilir.

Şekil 23’te FTIR karakteristik bant bölgeleri görülmektedir. Bu spektrumda x eksen, 2.5-25 µm IR dalga boyu aralığına karşılık gelen dalga sayısını göstermektedir. Dalga

sayısının büyük olması (daha kısa dalga boyları), daha yüksek frekans ve dolayısıyla daha yüksek enerji ile ilişkilidir. Y eksenine ise ışık geçirgenliği yüzdesini ifade eder. %100 geçirgenlik, ilgili frekansta hiçbir absorpsiyon olmadığı anlamına gelirken daha düşük geçirgenlik değerleri malzemenin enerjinin bir kısmını absorbe ettiğini gösterir. IR absorpsiyon bantları olarak adlandırılan pikler, hangi dalga sayısı aralıklarında soğurma olduğunu ve incelenen malzemede hangi bağların bulunduğunu gösterir. Moleküller çeşitli kovalent bağlara sahip olup her bağ farklı titreşim modları sergiler; bu nedenle bir bileşiğin IR spektrumu genellikle birden fazla absorpsiyon bandı içerir (Liu, 2021).



Şekil 23. FTIR karakteristik bant bölgeleri

IR spektrumlarındaki emilim bantları, polaritelerine bağlı olarak genellikle güçlü, orta, zayıf, geniş veya keskin şeklinde sınıflandırılan farklı yoğunluklarda görülmektedir. Yüksek polariteye sahip bağlar daha güçlü emilim bantları sergilerken, emilimden sorumlu bağların sayısının artması da bant yoğunluğunu artırmaktadır (Liu, 2021).

Biyoplastik filmlerin FTIR analizinde zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) tekniğinin kullanılması uygundur. Bu yöntemde ince film numuneler doğrudan ATR kristal yüzeyine yerleştirilir. Belirli spektral çözünürlükte ve dalga sayısı aralığında, her numune için belirli sayıda tarama alınarak spektrumlar kaydedilir. Elde edilen spektrumlar üzerinden karakteristik emilim bantları tanımlanır ve numunelerin kimyasal yapısına ilişkin değerlendirmeler yapılır.

1.6.7.2. Mekanik Performans Testleri

Polimerik filmlerin çevresel strese karşı bütünlüğünü ne ölçüde koruduğu mekanik testler ile belirlenir. Bu kapsamda, filmlerin dayanım özelliklerini değerlendirmek için, gerilme mukavemeti (TS), esnekliklerini incelemek için kopma uzaması (Eb) ve sertliklerini belirlemek için elastisite modülü (Em) testleri uygulanır (Shankar vd., 2016).

Gerilme mukavemeti (TS): Bir filmin zincirler arasındaki yapışma kuvvetlerinden kaynaklanan mekanik direncine bağlı olarak (Galus & Lenart, 2013) kırılmadan önce gerilme altında dayanabileceği maksimum strestir (Lomartire vd., 2022). Maksimum yükün (F_{maks}) test edilen numunenin minimum kesit alanına (A) bölünmesiyle hesaplanır ($TS = F_{maks} \cdot A^{-1}$). Sonuç, birim alan başına kuvveti verir ve megapaskal (MPa) cinsinden ifade edilir (ASTM International, 2012).

Kopma uzaması (Eb) %: Bir filmin başlangıç uzunluğuna kıyasla, kopma noktasına kadar ne kadar uzayabildiğini gösterir (Kanagesan vd., 2022). Bu test, filmin kopmadan önceki plastisite kapasitesini ve doğal polimer matrisin çatlak oluşmadan şekil değişimine direncini ortaya koyar (Galus & Lenart, 2013; Lomartire vd., 2022). Kopma uzaması, numunenin kopma anındaki uzamasının (L) başlangıçtaki kavrama ayırımına (L_0) bölünmesi ile hesaplanır ve yüzde cinsinden ifade edilir ($EB = (L / L_0) \times 100$) (ASTM International, 2012).

Elastisite modülü (Em): Bir filmin yük altında elastik deformasyona karşı gösterdiği sertliği ifade eder. Bu değer ne kadar yüksekse numunenin sertliği ve dolayısıyla kalıcı şekil değişimine uğramadan dayanabileceği kuvvet o kadar fazladır (Ben vd., 2022). Elastisite modülü, çekme gerilimine (σ) karşılık gelen gerinime (ϵ) bölünerek hesaplanır ($Em = \sigma / \epsilon$) (ASTM International, 2012). Gerilme birim alan başına düşen kuvveti; gerinim ise uygulanan kuvvet sonucu oluşan uzunluk değişiminin numunenin başlangıçtaki boyuna oranını ifade eder (Aydemir vd., 2019). Birimi megapaskal (MPa)'dır (ASTM International, 2012).

İnce polimerik filmlerin mekanik testleri genellikle ASTM D882 test yöntemine (2012) göre yürütülmektedir. Bu yöntem kalınlığı 1,0 mm'den az olan ince tabaka ve film formundaki plastiklerin gerilme özelliklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Test sırasında, düzgün kesitli numuneler mekanik bir test cihazı aracılığıyla gerilim altında yüklenir ve eş zamanlı olarak kuvvet-uzama değerleri kaydedilir. Bu yöntemle birlikte malzemenin gerilme mukavemeti, kopma uzaması ve elastisite modülü gibi temel mekanik özellikleri hesaplanır (ASTM International, 2012).

ASTM D882 test yöntemi (2012) kapsamında numunelere, kırılma gerçekleşene kadar gerilim uygulanır. Standartta, mekanik özelliklerin güvenilir şekilde ölçülebilmesi için bir dizi koşul tanımlamaktadır:

- Numune boyutları: Numunelerin nominal genişliği 5,0 mm ile 25,4 mm arasında olmalıdır. Genişliğin kalınlığa oranı en az 8 olmalıdır. Numuneler, kavrama ayırımından en az 50 mm daha uzun olacak şekilde hazırlanmalı ve eşit genişlik ile kalınlığa sahip şeritlerden oluşmalıdır.
- Numune kalınlığı: Kalınlığı 0,25 mm veya daha az olan numuneler için, kavrama elemanları arasındaki bölgede kalınlık değişimi en fazla %10 olmalıdır. 0,25–1,00 mm kalınlıktaki numunelerde ise bu oran %5'tir.
- Ölçüm uzunluğu: Gerilme mukavemeti ve elastisite modülü tayini için standart numune ölçüm uzunluğu 250 mm'dir. Ancak bu durum mümkün değilse, sonuçları etkilemeyecek şekilde ayarlandığı sürece minimum 100 mm'lik numune uzunluğu (50 mm ölçüm uzunluğu) kabul edilebilir. Ancak 250 mm'den daha kısa numunelerin test hızı, gerilme hızının standart numuneninkine eşit olacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Şartlandırma: Numuneler testten en az 40 saat önce $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%50\pm 10$ bağıl nem koşullarında şartlandırılmalıdır. Test sırasında da aynı koşullar geçerlidir. Toleranslar $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $\pm \%5$ bağıl nemdir.
- Numune sayısı: Eğer numune izotropik bir yapıya sahipse, her numune türü için en az beş örnek üzerinde test yapılmalıdır. Ancak, numunenin anizotropik özellik göstermesinden şüpheleniliyorsa, testler beşi uzun eksen boyunca, beşi ise muhtemel anizotropi yönünde olacak şekilde en az on örnek üzerinde gerçekleştirilmelidir. Ek olarak, bir test için kullanılan numuneler diğer modül ve çekme testlerinde tekrardan kullanılamaz. Bu nedenle, tüm mekanik özelliklerin sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için yeterli sayıda numunenin üretilmesi gerekir.
- Test hızı: Test hızı, boşta (yüksüz) çalışırken test makinesinin kavrama elemanlarının ayrılma hızıdır. Bu hız, tam kapasite yük altında çalışırken yüksüz değerlerin %5'i dahilinde tutulmalıdır. Test hızı şu Formül (2) ile hesaplanır:

$$A = BC \quad (2)$$

A: Kavrama ayrılma hızı, mm (veya inç)/dk,

B: Kavrama elemanları arasındaki başlangıç mesafesi (mm veya inç)

C: Başlangıç gerinim hızı, mm/mm.dk (veya inç/inç.dk).

Numunelerin mekanik davranışları hem dışsal hem de yapısal faktörlerden etkilenmektedir. Dışsal faktörler; test ve kullanım koşullarıyla ilişkili olarak zaman, sıcaklık, nem, uygulanan gerilim/gerinim büyüklüğü ve çift eksenlilik derecesi gibi değişkenleri kapsar. Yapısal faktörler ise matris bileşenleri ile bunlar arasındaki etkileşimlere bağlıdır. Bu bağlamda; moleküler ağırlık, dallanma, çapraz bağlanma, kopolimerizasyon, plastikleşme, kristallik, kristalit morfolojisi, moleküler yönelim ve blok kopolimerizasyon gibi parametreler öne çıkar (Nielsen & Landel, 1993). Dolayısıyla, molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerin yoğunluğu ve dağılımı, mekanik performansı doğrudan belirler (Hou vd., 2019).

Yapısal etkilerin anlaşılmasında plastikleştiriciler önemli bir örnektir. Polimer matrise esneklik kazandırmak amacıyla eklenen bu katkılar, moleküller arası kuvvetleri zayıflatarak zincir hareketliliğini artırır; bu da genellikle gerilme mukavemeti ve elastisite modülünün düşmesine, kopma uzamasının ise artmasına neden olur (Sothornvit & Krochta, 2005; Vieira vd., 2011; Ben vd., 2022). Buna karşın, çapraz bağlayıcılar zincirler arası kompakt bir yapı oluşturarak hareketliliği sınırlar ve mekanik dayanımı artırır (Costa vd., 2018; Satria vd., 2020). Benzer şekilde, nano katkılar da konsantrasyonlarına bağlı olarak zincirlerde güçlü bağlar oluşturarak benzer etkiler gösterir (Aristizabal-Gil vd., 2019).

Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli husus bileşenlerin matristeki konsantrasyonlarıdır. Uygun oranlarda katkılar homojen dağılım ve etkin bağlanma sağlarken; yüksek konsantrasyonlarda etkileşim zayıflar ve sızmalar görülebilir, düşük konsantrasyonlarda ise hedeflenen performansa ulaşamayabilir (Aristizabal-Gil vd., 2019). Ancak katkıların mekanik özellikler üzerindeki etkileri çoğu zaman doğrusal değildir. Örneğin, Giz vd. (2020), gliserol (plastikleştirici) ve kalsiyum iyonu (çapraz bağlayıcı) içeren aljinat filmlerde bu iki katkının sinerjik etkiler gösterdiğini ve sabit konsantrasyonla yapılan testlerle sonuçların öngörülemediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, optimum konsantrasyonların belirlenmesi, katkı oranlarının birlikte değiştirildiği geniş kapsamlı parametrik çalışmaları gerektirmektedir (Bkz. Tablo 4).

Özetle, polimerik filmlerin yapısal doğasından dolayı, genellikle yüksek gerilme mukavemetine sahip filmler yüksek elastisite modülü değerleri verirken kopmada düşük

uzama gösterir. Bu nedenle, söz konusu mekanik testlerin yapılması ve sonuçların hedeflenen işlev doğrultusunda, istenen film özellikleri göz önünde bulundurularak analiz edilmesi gerekmektedir.

1.6.7.3. Optik Testler

Polimerik filmlerin spektral geçirgenlik, yansımaya, opaklık ve renk gibi özelliklerinin tespiti için çeşitli testler yürütülmektedir. Bu testlerde, UV, görünür ışık ve yakın kızılötesi dalga boylarında ışık iletimi ile renk koordinatlarının ölçümü yapılabilmektedir. Ölçümlerde genellikle spektrofotometreler ile kolorimetre/kromametre cihazları kullanılmaktadır. Ayrıca, MacOS dijital renk ölçer (Anugrah vd., 2023) gibi yazılımlar da renk ölçümünde kullanılabilmektedir.

Optik analizlerde kullanılacak cihaz türü, ölçüm yapılacak dalga boyu aralığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. UV-Vis cihazlar, yaklaşık olarak 200 ila 1000 nm arasında ölçüm yaparken, UV-VIS-NIR cihazlar ise yakın kızılötesi ışınımaları da kapsayacak şekilde ölçüm aralığını yaklaşık 2500 nm'ye kadar genişletebilmektedir. Renk ölçümleri ise görünür ışık bölgesinde (380-780 nm) gerçekleştirilir.

Biyoplastik filmlerle ilgili optik analizler genellikle UV (280-400 nm) ve görünür ışık bölgesi (380-780 nm) üzerinde yapılır. Bu ölçümler için, ASTM E903-20 (2020) ve ASTM E1164-23 (2023) test yöntemleri kullanılabilir. Eğer NIR bölgesi dahil edilecekse, en az 300-2500 nm aralığında tarama yapabilen bir UV-VIS-NIR spektrofotometre tercih edilmelidir.

Testlerde farklı dalga boyu adım aralıkları kullanılabilmektedir. Ancak ASTM E1164-23 (2023) standardında yüksek doğruluk için 1 nm (maksimum 5 nm) aralıklarla ölçüm yapılması önerilir. Her bir dalga boyuna ait iletim ve yansımaya değerleri elde edildikten sonra, görünür ışık, solar ve NIR bölgelerine ait iletim ve yansımaya değerlerinin belirlenmesi için ortalama hesaplaması yapılmalıdır.

Bununla birlikte, ışık kaynakları tüm dalga boylarını eşit yoğunlukta yaymadıkları için aritmetik ortalama hesabı ile doğru bir sonuç elde edilemez. Bu sebeple, ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmalıdır. Ağırlıklı ortalama hesabı ile, ölçüm yapılan ışığın spektral dağılımı dikkate alınır ve daha anlamlı bir sonuç elde edilir. Görünür ışık (380-780 nm) geçirgenlik, yansımaya ve absorpsiyon hesabı için CIE D65 spektrumu, solar (300-2500 nm) geçirgenlik, yansımaya ve absorpsiyon hesabı için AM1.5 spektrumu (ASTM G173) kullanılabilir. Bu bölgelere ait ortalama değerler şu formül (3) ile hesaplanır:

$$X_{avg} = \frac{\sum_{\lambda} X(\lambda) \cdot S(\lambda)}{\sum_{\lambda} S(\lambda)} \quad (3)$$

$X(\lambda)$: Geçirgenlik için $T(\lambda)$, yansıma için $R(\lambda)$ ve absorpsiyon için $A(\lambda)$ olarak alınır.

$S(\lambda)$: Görünür ışık aralığı için $S_{D65}(\lambda)$, solar ışınım için $S_{AM\ 1.5}(\lambda)$ olarak alınır.

λ : Dalga boyu (nm)

Absorbansın (A) tespiti için optik enerji korunumu ilkesinden yararlanılır. Buna göre bir yüzeye ulaşan ışığın bir kısmı iletilir, bir kısmı yansır bir kısmı ise emilir. Dolayısıyla gelen ışık değerinden ışık geçirgenliği ve yansıma değeri çıkarıldığında absorbans elde edilir (Formül 4).

$$A = 1 - T - R \quad (4)$$

Ancak özellikle yarı saydam ve renkli malzemeler için ışığın ne kadar absorplandığı bilgisi yeterli olmayabilir; bu malzemelerde ışığın ne kadar saçıldığı (S) bilgisi de kritiktir. Bu nedenle, malzemenin optik davranışının daha kapsamlı değerlendirilebilmesi için Kubelka–Munk teorisine dayanan K/S oranı (absorpsiyon katsayısı/saçılma katsayısı) kullanılır.

- UV bölgesi için K/S değerinin artması malzemenin UV ışığının büyük bir kısmını absorbe ettiğini gösterir. Bu durum, malzemenin UV filtreleme özelliğini artırarak biyostabilitesini yükseltir.
- Görünür bölge için K/S değeri, filmin renk yoğunluğu ve şeffaflık düzeyi ile ilgili bilgi sağlar. Yüksek K/S değeri, filmin daha koyu ve opak, düşük K/S değeri ise daha şeffaf ve renksiz olduğunu gösterir.
- Solar bölge için K/S değeri, ısı kazancı ile doğrudan ilişkilidir. Yüksek K/S değeri, malzemenin güneş enerjisini yüksek oranda absorbe ederek iç ortamın ısı kazancını artırabileceğine işaret eder. Buna karşılık, düşük K/S değeri, güneş ışığının yansıtıldığını ve dolayısıyla ısı kazancının azaldığını gösterir (Levinson vd., 2005; Schabbach vd., 2018; Bols vd., 2024).

Filmlerin opaklığı da biyoplastik filmlerin değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Polimerik filmlerin opaklığı aşağıdaki formülle (5) hesaplanır (Han & Floros, 1997):

$$\text{Opaklık} = -\log T \cdot x^{-1} \quad (5)$$

T : İlgili nm'deki ışık geçirimsliliği (Biyoplastik filmler için genellikle 600 nm alınır.)

x : Filmin kalınlığı (mm)

Hesaplama sonucu birim kalınlık başına ışık zayıflaması elde edilir. Elde edilen değer, malzemenin ışığı ne kadar soğurduğuna dair sayısal bir ölçüdür. Birimi mm^{-1} olarak ifade edilir.

Polimerik filmlerin optik davranışları, uygulama amaçları doğrultusunda kullanımının uygunluğunu belirlemede oldukça önem taşır (Tsilingiris, 2003). Örneğin, gölgeleme elemanı tasarımında seçici geçirgenlik amaçlanır. Görünür ışık geçirgenliği maksimum düzeyde istenirken, UV geçirimsliliği zarar verici özelliklerinden dolayı istenmez (de Almeida Rocha vd., 2020). Kızılötesi ışınlar ise, ısı enerjisi istenip istenmediği duruma göre değerlendirilir (Goia vd., 2012).

Absorbe edilen radyasyon enerjisi oranının moleküller arasındaki bağları parçalayacak kadar yüksek olduğu durumlarda (plastikler için genellikle 280-400 nm dalga boyu aralığındaki UV ışığı) plastikler üzerinde yaşlanma etkisi oluşabilir (Eyerer vd., 2005; Köhler-Hammer vd., 2016). Bu durum, uygun katkılarla azaltılabilir. Örneğin, ZnO nano katkısının, katkı içermeyen filmlere göre UV ışık geçirgenliğini azaltırken görünür ışık geçirgenliğini nispeten daha az oranda azalttığı bildirilmiştir (Shankar vd., 2018). Benzer şekilde Wu vd. (2024), uygun içerikteki nano katkıların görünür ışık geçirgenliğini bozmadan filmin UV koruma özelliğini önemli ölçüde artırdığını rapor etmiştir. Bu dalga boyu seçilimi sıcak iklimlerde gölgeleme elemanı tasarımında avantajlı bir durum yaratır.

Polimerik filmlerin bileşenlerine bağlı olarak oluşan moleküler ve morfolojik yapı dalga boylarının iletim oranında temel faktördür. Örneğin, berrak bir biyoplastiğe eklenen çapraz bağlama ajanı ve nano malzeme katkıları moleküller arası etkileşimleri artırarak daha kompakt bir yapı oluşturur. Bu durum, malzemenin rengini değiştirebilmekte, opaklığını artırabilmekte ve ışık geçirimsliliğini azaltabilmektedir (Rhim, 2004; Köhler-Hammer vd., 2016; Aristizabal-Gil vd., 2019; Abdel Aziz & Salama, 2022; Zhong vd., 2023).

1.6.7.4. Isıl İletkenlik Testi

İnce biyoplastik filmlerin ısı iletkenlik testlerinde filmlerin ısı iletme kabiliyeti değerlendirilir. Bu amaçla, en yaygın kullanılan iki yöntem kararlı durum yöntemi ve geçici ısı akışı yöntemi (TPS)'dir. Biyoplastik filmlerin çok ince yapılı olmaları ve anizotropik ısı iletim davranışları göstermeleri, uygun test yönteminin seçimini kritik hale getirmektedir (Zhao vd., 2016).

Kararlı durum yöntemi, sabit bir ısı akışı altında numuneye uygulanan ısıнын geçişi ve buna bağlı olarak oluşan sıcaklık farklarının ölçülmesi esasına dayanır. Ancak bu yöntem; parazitik ısı kayıpları, sensör-temas direncine bağlı hatalar ve kararlı sıcaklık farkının oluşması için gereken uzun bekleme süresi gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir. Buna karşın geçici ısı akışı yöntemleri, kısa süreli, periyodik veya darbeli ısı kaynağı kullanımıyla bu dezavantajları büyük ölçüde ortadan kaldırır (Zhao vd., 2016). Bu çalışmada, geçici ısı akışı yöntemlerinden en yaygın kullanılan TPS (Geçici Düzlem Kaynağı) yöntemi detaylı biçimde incelenmiştir.

TPS yöntemi, ince film numunelerle uyumludur ve hızlı ölçüm süresi avantajı sunar. Ölçümler genellikle oda sıcaklığında gerçekleştirilir. Yöntemde, film numunesine periyodik bir ısı darbesi uygulanır ve sensör aracılığıyla elde edilen geçici sıcaklık yanıtı izlenerek ısı iletkenlik hesaplanır (Zhao vd., 2016).

TPS yöntemi, ISO 22007-2 (2022) ve ISO 22007-7 (2023) standartları kapsamında yürütülür. Bu standartlar; geçici düzlem ısı kaynağı prensibine dayanan, plastiklerin ısı iletkenlik, ısı yayılım ve ısı efüzyon özelliklerini değerlendirmeye yönelik kapsamlı ve standartlaştırılmış bir prosedür sunar. Testte sensör malzemenin iki özdeş numunesi arasına yerleştirilir. Sensör kısa süreli bir ısı darbesi yayar ve oluşan sıcaklık değişimi zamana bağlı olarak kaydedilir.

Özellikle ince film örneklerinde temas direncinden kaynaklanabilecek ölçüm hatalarını en aza indirmek amacıyla düzenlenmiş analiz prosedürlerinin kullanılması önerilmektedir (Ahadi vd., 2016). Ayrıca, malzemedeki yerel heterojenliklerin etkisini azaltmak ve ölçüm güvenilirliğini artırmak adına farklı bölgelerden birden fazla ölçüm yapılması önem taşır (Hwang vd., 2024).

Literatürde, sodyum aljinat esaslı filmlerin ısı dayanımına ilişkin çok sayıda test yürütülmüş olmakla birlikte, doğrudan ısı iletkenlik değerlerinin ölçüldüğü çalışmalara nadiren rastlanmaktadır. Bu sebeple, bu tez kapsamında standart test prosedürlerinin

kullanımı önceliklidir. Standart test yöntemlerinin uygulanması, ölçüm tutarlılığını artırarak malzeme karakterizasyonu ve kalite kontrol süreçlerinde güvenilir veri elde edilmesini sağlar (Zhao vd., 2016).

1.6.8. Biyoplastiklerin Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması İçin Gereklilikler

Yapı malzemelerinin binalarda kullanıma uygun olup olmadığı işlevine bağlı temel gereksinimlere ve belirli kriterlere bağlıdır. 2011 yılında kabul edilen AB Yapı Malzemeleri Yönetmeliği ile (2011) yapı malzemelerinin piyasada yer alması, ilgili belgelerin düzenlenmesi ve CE işareti alabilmesi için gereklilikler düzenlemiştir (Barylka, 2022).

Yönetmelikte, yapı malzemeleri; çeşitli inşaat işlerine veya bunların bir bölümünde kalıcı olarak kullanılmak üzere üretilen ve inşaat işlerinin performansını etkileyen ürünler olarak tanımlanmaktadır ve bu yönetmeliğe göre yapı malzemeleri mekanik dayanım ve stabilite, yangın güvenliği, hijyen, sağlık ve çevre gerekliliklerine uyum, erişilebilirlik ve kullanım güvenliği, gürültüye karşı koruma, enerji tasarrufu ve ısı yalıtımı ile doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı konusunda değerlendirilmelidir (European Parliament, 2011; Köhler-Hammer vd., 2016).

Nisan 2024'te yönetmelik revize edilerek kapsamı genişletilmiş, döngüsel bir ekonomi teşvik edilerek sürdürülebilir inşaat ürünlerine geçişi güçlendirmek başlıca hedefler arasında gösterilmiştir. Bu değişikliklerle birlikte, üreticilerin piyasaya sunacakları yapı ürünlerinin yaşam döngüsü boyunca çevresel sürdürülebilirlik performansını beyan etmeleri zorunlu hale gelmiştir (European Parliament, 2024).

Biyo esaslı malzemelerin döngüsel ekonomiye katkı sağlayacak ve yaşam döngüsü boyunca çevresine fosil esaslı malzemelerden daha az zarar verecek olmaları bakımından yapı sektöründe ileriye dönük olarak daha çok tercih edilmeye başlanacağı söylenebilir. Ancak, bu malzemelerin yapı malzemesi olarak kullanımında fosil esaslı malzemelerin yerini alabilmeleri için onlara eşdeğer özellik sergilediklerinin veya işlevsel açıdan gereken minimum sınırlılıkları karşıladıklarının kanıtlanması gerekir. Kullanım alanına bağlı olarak, karşılanması gereken hem genel hem de özel kriterler bulunabilmektedir. Bu sebeple, yeni ürünler eğer mevzuatta öngörülmüşse, bu kriterlerden birini, birkaçını veya tümünü uygun bir güvenilirlik derecesinde karşılamalıdır (Barylka, 2022).

Biyo esaslı malzemeleri değerlendiren başlıca sertifikasyon kuruluşları arasında TÜV AUSTRIA (Belçika), DIN CERTO (Almanya) ve BPI (Kuzey Amerika) yer almaktadır. Bu

kuruluşlar, mevcut ürünlerin test edilmesinde yaygın olarak kullanılan standart ve yöntemleri uygulamaktadır. Ancak mevcut standart ve yöntemler, biyo esaslı malzemelerin yapı malzemesi olarak kullanımının değerlendirilmesinde tam olarak yeterli değildir. Özellikle, biyoplastikler gibi yeni veya düzenlemeye tabi olmayan yapı malzemelerinin kullanımdan önce uygulamaya uygun olduğu kanıtlanmalıdır.

Biyo esaslı malzemelerin araştırma geliştirme sürecinde oluşu ve henüz yaygınlaşmamış olması bu malzemelerin seçiminde tereddüt yaratabilir. Bu sebeple, gerekli standartları karşılamaları, belirli test yöntemlerinden geçmeleri ve ilgili sertifikalara sahip olmaları; bu malzemelere olan güveni artırarak tercih edilmelerini ve yaygınlaşmalarını önemli ölçüde destekleyecektir (Vrins, 2018). Bu bağlamda, Avrupa Teknik Onayı (ETA) bu tür standart dışı ürünlerin Avrupa iç pazarına girişi için uygunluk beyanı sağlamaktadır.

AB Yapı Ürünleri Yönetmeliği tüm yapı ürünleri için geçerli olduğundan, biyo esaslı malzemelerin hem iç hem de dış mekanda kullanılabilmesi için temel olarak düşük yanıcılık, stabilite ve mekanik dayanıklılık özelliklerinin garanti altına alınması gerekmektedir. Çoğu polimer yanıcı olduğu için biyo esaslı malzemeye alev geciktirici katkıları eklenerek yangın davranışı iyileştirilebilir (Köhler-Hammer vd., 2016). Ek olarak, belirli uygulama gereksinimlerinin güvenle karşılanabilmesi ve uzun süre dayanım gösterebilmeleri için yapılan ön testlere bağlı olarak gerekli durumlarda mekanik veya çevresel direnci artırıcı katkıları eklenebilir.

Mimari kullanımlarda, işlevsel ve yapısal gereksinimlerin yanı sıra estetik ve dokunsal faktörler de önem taşır. Parlaklık-matlık, pürüzsüzlük-pürüzlülük, şeffaflık-opaklık, renkler ve renk değişimleri gibi özellikler bir mecburiyet gerektirmese de biyo esaslı malzemelerin yapı malzemesi olarak tercih edilmesinde etkili olabilir. Bu fiziksel özellikler aynı zamanda malzemenin ışık geçirgenliği ile ilişkilidir (Köhler-Hammer vd., 2016). Işık geçirgenliği arzu edilen yerlerde bu fiziksel özellikler dikkate alınmalıdır.

1.7. Bölüm Sonu Değerlendirmesi

Tezin ilk bölümünde, öncelikle bina ve yapı sektörüne sürdürülebilirlik çerçevesinden yaklaşmıştır. Bu sektör, sürdürülebilir bir yapıyı çevre oluşturma bağlamında birçok parametreden etkilenmektedir. Bu parametreler arasında, çevresel etkisi doğrudan gerçekleşen yapı malzemeleri en önemli unsurlardan biridir. Sektörün birçok alandaki payının büyüklüğü göz önüne alındığında, sürdürülebilir yaklaşımların uygulanmasıyla elde

edilecek çevresel etkinin boyutu da daha net anlaşılmaktadır. Ancak, bugüne dek bu sektörün taşıdığı büyük potansiyele rağmen, henüz bütüncül ölçekte somut gelişmelerin elde edildiği söylenemez. Bu sebeple, birçok parametrenin etkilediği mimaride sürdürülebilirlik konusu, bu çalışmada temel problem olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda eko tasarım ve biyo mimarlık yaklaşımlarının bir arada ele alınıp yapı malzemelerine uygulanması, söz konusu problemin çözüm önerisi olarak bu tezin hipotezini oluşturmaktadır.

Bölümün devamında, uygulanması planlanan sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının, yapı malzemeleri ile kesişebileceği noktalar ele alınmıştır. Daha sonra, bu yaklaşımların uygulanmasının planlandığı yapı elemanı olan gölgeleme elemanları tasarımına ilişkin bilgiler özetlenmiştir. Tezin ilerleyen kısmında, bu tasarımın amacına uygun olarak gövde malzemesi olarak kullanılması planlanan, biyo esaslı bir malzeme olan biyoplastikler merceğe alınmış ve detaylıca aktarılmaya çalışılmıştır.

İlk olarak biyoplastiklerin tanımı, kapsamı, türleri ve bu türlerin küresel tüketimdeki payları aktarılmıştır. Ardından, biyoplastiklerin üretim yöntemleri ve üretimde kullanılan bileşenler hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan geniş kapsamlı literatür taraması sonucunda, ana biyopolimer kaynağı olarak sodyum aljinat seçilmiş ve ilerleyen başlıklarda aljinat ile ilgili literatür bulgularına odaklanılmıştır. Gölgeleme elemanına uygulanması bakımından biyoplastik, film formu üzerinden araştırılmıştır.

Aljinat biyoplastik filmler üzerine gerçekleştirilen bu araştırmalarda uygulanan yöntemler ve araçlar, karakterizasyon testleri başlığı altında açıklanmıştır. Son olarak, biyoplastiklerin yapı malzemesi olarak kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar ve bu konudaki güncel durum aktarılmıştır.

Tüm veriler ışığında öne çıkan bilgiler şu şekilde özetlenebilir:

- Mimaride parametrik tasarım ve serbest geometrilere yönelim artmasıyla, istenilen formun kolaylıkla elde edilebildiği plastik malzemelerin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Plastikler; hafifliği, korozyon direnci ve düşük ısı iletkenliği gibi birçok tasarım için olumlu olabilecek özellikler sunmaktadır. Ancak fosil esaslı plastikler doğada geri dönüştürülemediği ve yaşam döngüleri boyunca ciddi miktarda karbon salınımına sebep olduğu için çevresel açıdan sorun oluşturmaktadır. Bu bağlamda, plastiğin üretiminde biyopolimerlerin kullanımıyla bu sorunun önüne geçilerek plastiğin sahip olduğu avantajlar sürdürülebilir ve verimli bir kaynak ile desteklenebilir.

- Küresel plastik tüketiminde %18’lik ciddi bir payla ikinci sırada yer alan (Plastics Europe & EPRO, 2021) mimarlık ve yapı sektöründe, fosil esaslı malzemelerin yerine biyo esaslı malzemelerin kullanılması, AB’nin son yıllarda benimsediği döngüsel ekonomiye geçişe ciddi katkı sağlayacaktır.
- Biyoplastikler biyobozunur olmasalar dahi biyo esaslı olmaları durumunda “biyo” ön ekiyle tanımlanmaktadır. Ancak bu durumda çevre için maksimum faydadan söz edilemez. Bina ve yapı sektöründe ise, biyo esaslı fakat biyobozunur olmayan plastiklerin kullanımının baskın olduğu görülmektedir. Sürdürülebilir bir yaklaşım için, fosil esaslı malzemelerin yerini alabilecek hem biyo esaslı hem de biyobozunur malzemelere yönelmek büyük önem taşımaktadır.
- Biyo esaslı plastiklerin, fosil esaslı muadillerinin yerini alabilmesi için temel problem benzer dayanım ve performans gösterip gösteremeyecekleridir. Bu sebeple, araştırmalar biyoplastiklerin çeşitli katkı maddeleriyle desteklenerek işlevin gerektirdiği ihtiyaca bağlı olarak performansının geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bu teori olumlu sonuç vermekte ve biyoplastiklerin kompozit bir yapıya getirilmesi ile sahip olduğu olumsuz özellikler geliştirilebilmektedir.
- Biyoplastikler temel olarak polimer ve plastikleştiriciden oluşur. Ancak, malzeme ile uyumlu çalışabilecek ve bir amaca hizmet edecek her türlü katkı formüle eklenebilir. Formülasyona dahil edilen her bir bileşen, kimyasal yapısına ve kullanım oranına bağlı olarak nihai ürünün fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini doğrudan etkiler.
- Biyoplastiklerin bileşenlerinin ve oranlarının programlanabilir olması sebebiyle tasarım kolaylığı ve özgünlüğü açısından oldukça önemli fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca, bileşenlerinin toksik olmaması ve kendin yap yöntemiyle kolaylıkla üretilebilmeleri, kullanıcıların yapım sürecine bina yaşam döngüsünün herhangi bir diliminde dahil olmaları konusunda önemli bir potansiyel sunmaktadır.
- Biyobozunur plastiklerin kullanıldıkları diğer sektörlerde, hızlı bir şekilde biyobozunma göstermeleri genellikle istenen bir durumdur. Ancak yapı malzemeleri yönetmelikleri yapı sektöründe uzun ömürlülüğü esas alır. Buna karşın, biyo esaslı malzemelere uygun olarak yeni bir düzenleme henüz uygulamaya konmadığı göz önüne alınmalıdır. Kar-zarar optimizasyonu açısından bu malzemelerin kullanılacağı amaca bağlı olarak yeni değerlendirmelerin

yapılması elzemdir. Biyoplastiklerin direncini ve çeşitli performanslarını iyileştirmek için eklenen bazı çapraz bağlayıcılar, alev geciktiriciler ve nano katkıları biyobozunurluğu güçleştirebilmektedir. Ancak, yapı malzemelerinde uzun ömürlülük beklentisi dikkate alındığında, bu durum olumlu bir özellik olarak değerlendirilebilir.

Özetle, biyobozunur biyoplastikler, yapı malzemesi alanında genellikle kompozit formda kullanılmaktadır. Ancak hem yapı malzemesi hem de gölgeleme elemanı malzemesi olarak biyoplastiklerin film formunda kullanımına henüz rastlanmamıştır. Bu tez kapsamında, bu boşluğu doldurmak ve yapı malzemelerinin sürdürülebilir alternatiflerine yenisini eklemek amacıyla bu konuya odaklanılmıştır. Bir sonraki bölümde, farklı formülasyonlarla biyoplastik malzemeler üretilmiş; bu malzemelerin gölgeleme elemanı olarak genişliği ve enerji performansına sağladığı faydalar ile potansiyel dezavantajlar irdelenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu tez çalışması altı adımda gerçekleştirilmiştir (Şekil 24): Veri toplama, deney, prototip tasarımı, simülasyon, optimizasyon ve maliyet analizi.



Şekil 24. Yöntem akışı

Veri toplama aşamasında kitaplar, kitap bölümleri ve bilimsel makaleler için Web of Science ve Science Direct veri tabanları; ulusal tezler için Ulusal Tez Merkezi, uluslararası tezler için ise Proquest başlıca kaynaklar olarak kullanılmıştır. Araştırmaya geniş kapsamlı olarak mimaride güneş ışığı tasarımı ve enerji performansı konuları ile başlanmış ve ardından sürdürülebilir tasarım yaklaşımları arakesitinde gölgeleme elemanı tasarımına odaklanılmıştır. Bu noktada, gölgeleme elemanlarının işlevselliği kadar sürdürülebilir malzemelerle üretilmesi gerektiği vurgulanmış ve malzeme seçimi önemli bir parametre olarak öne çıkmıştır. Yapılan incelemeler, birçok sektörde biyo esaslı ve/veya biyobozunur

biyoplastik malzemelerin araştırıldığını, ancak yapı malzemeleri alanında bu çalışmaların oldukça sınırlı kaldığını göstermiştir. Özellikle biyoplastiklerin film formunda kullanımına rastlanmamıştır. Sonuç olarak, gölgeleme elemanı tasarımında sürdürülebilir bir malzeme olarak biyoplastik filmlerden yararlanılabileceği hipotezi ortaya konmuş ve bu araştırmanın özgün değeri bu yaklaşıma dayandırılmıştır.

Literatür araştırması ‘biyoplastikler’ çerçevesine daraltıldıktan sonra; biyoplastiklerin tanımı ve türleri, küresel üretim ve tüketimdeki güncel durumu ile geleceğe yönelik tahminler, kimyasal özellikleri, uygulama alanları, üretim formülasyonları, yöntemleri ve işlevsel amaca bağlı reçeteleri üzerine kapsamlı bir tarama yapılmış ve elde edilen bilgiler tezin ilk bölümünde aktarılmıştır. Mimarlık disiplini ile kesişim noktasında yapılan çalışmaların daha çok yalıtım malzemeleri, ahşap-kompozitler ve beton katkılarına odaklandığı görülmüş; biyoplastiklerin film formunda kullanımına ise rastlanmamıştır. Bu nedenle, film üretimine ilişkin araştırma verileri büyük ölçüde diğer bilim alanlarından derlenmiştir.

Ardından bu verilere dayanarak gölgeleme elemanının gövde malzemesine yönelik senaryoların reçeteleri oluşturulmuş, üretim yöntemleri ve adımları ilgili literatür ve standartlar doğrultusunda belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra, uygun laboratuvar ve cihazlar seçilerek numuneler hazırlanmış; boyutlandırma, yapısal, mekanik, optik ve ısı testler için öngörülen standart sınır değerlerine göre yapılmıştır. Numuneler ilgili testlere tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Sonraki aşamada biyoplastik filmlerin pencere camına gölgeleme elemanı olarak uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir prototip geliştirilmiştir. Prototip, ısı ve optik karakterizasyon testlerinden elde edilen verilerle birlikte DesignBuilder simülasyon programına entegre edilerek varsayımsal bir ofis modülünde enerji performansı ve güneşiği etkileri analiz edilmiştir. Son olarak, biyoplastik film senaryolarının toplam malzeme maliyetleri hesaplanmış ve yaygın olarak kullanılan iç gölgeleme elemanlarının maliyetleriyle karşılaştırılmıştır. Tüm bu aşamalara ilişkin ayrıntılı bilgiler ilerleyen başlıklarda sunulmaktadır.

2.2. Deney

2.2.1. Biyoplastik Film Senaryoları

Literatür aşamasında elde edilen veriler doğrultusunda, doğaya verdiği zararın diğer biyoplastik türlerine kıyasla daha az olması nedeniyle biyobozunur biyoplastiklere odaklanılmıştır. Bu kapsamda, literatürde ana biyopolimer olarak çoğunlukla nişasta ve sodyum aljinatın kullanıldığı görülmüştür. Sodyum aljinat, sahip olduğu avantajlar nedeniyle bu çalışmada biyopolimer kaynağı olarak seçilmiştir. Literatür verilerinde belirtildiği üzere aljinatın optimum kullanım oranı genellikle distile suya ağırlıkça %1,5–%2 (a/a) olarak ifade edilmektedir. Bu tez kapsamında ise aljinat oranı %2 (a/a) olarak belirlenmiştir.

Aljinat ve diğer biyoplastik film üretimlerinde en yaygın kullanılan plastikleştirici katkılardan biri gliseroldür. Bu çalışmada gliserol (G) oranı, literatürde önerilen optimum değer olan kuru polimer kütesine göre ağırlıkça %30 olarak belirlenmiştir. Tablo 6’da bu formülasyona dayalı referans senaryo BF-30G ile, aynı reçeteye farklı katkıların eklenmesiyle oluşturulan diğer senaryolara ait tüm reçeteler sunulmaktadır. BF-30GZ senaryosu, 0,25 g/L (%1,25 a/a) nano çinko oksit (18 nm) katkısı ile hazırlanmıştır. Diğer senaryolarda ise nano çinko oksite ek olarak farklı boya türleri kullanılmıştır: BF-30GZ-bl senaryosunda mavi inorganik pigment (%0,5 a/a), BF-30GZ-br senaryosunda kahverengi inorganik pigment (%0,5 a/a) ve BF-30GZ-pc senaryosunda fotokromik pigment (%5 a/a) yer almaktadır. Tüm katkı oranları tabloda detaylandırılmıştır.

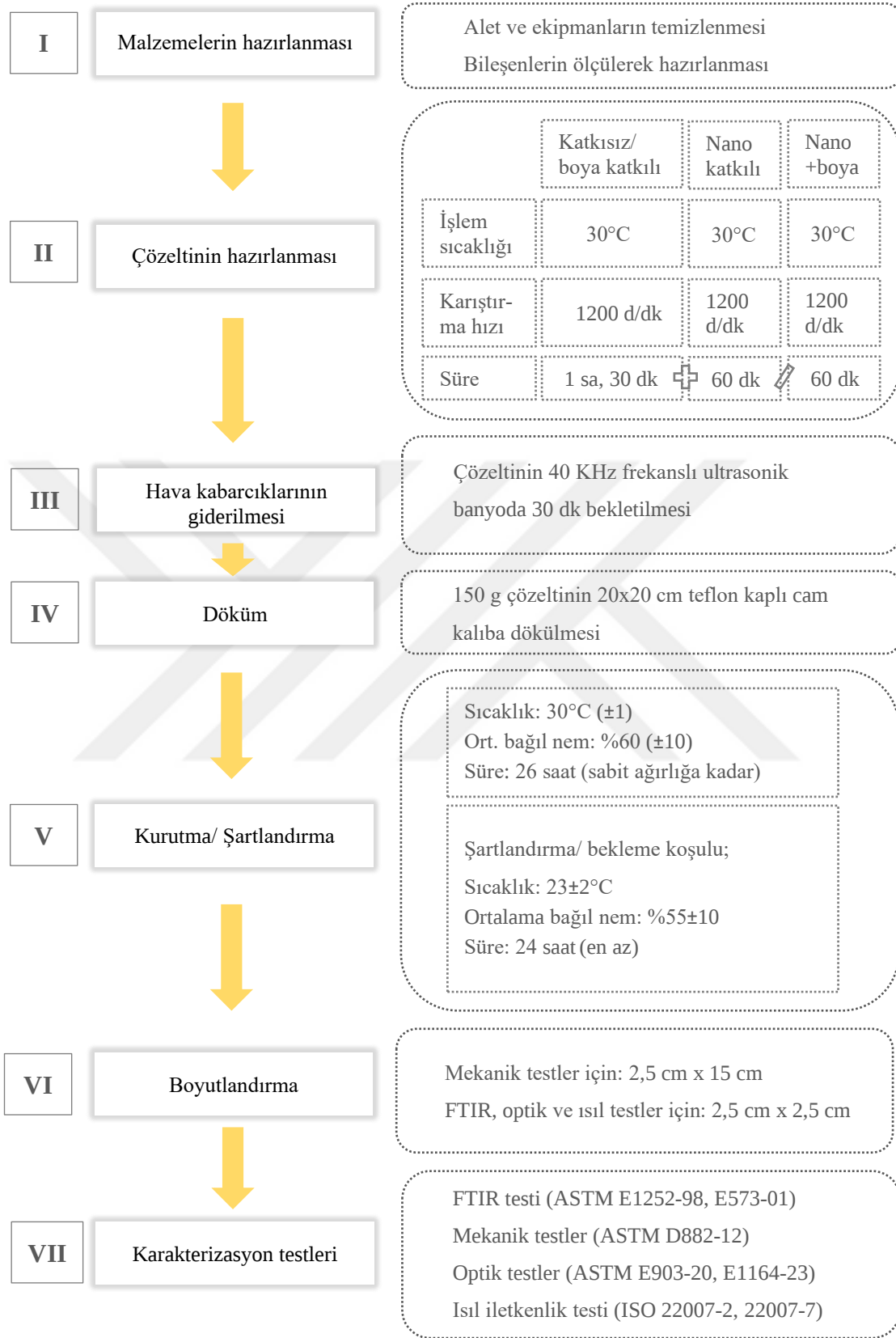
Bu senaryolarda filmlerin fiziksel, termal, mekanik performansını ve UV dayanımını artırmak amacıyla nano boyutlu çinko oksit katkısı (Z); filmlerin ışık geçirimsizliğinin etkisini inceleyebilmek ve mimari anlamda olası estetik çeşitlilik sağlamak için mavi (bl) ve kahverengi (br) renkte toz pigment boyalar kullanılmıştır. Ayrıca, beyazdan maviye dönüşebilen fotokromik pigment (pc) ile de ışık koşullarına uyumlu bir görsel etki hedeflenmiştir. Renk seçimleri, mimari camlarda yaygın olarak kullanılan renkler göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Tablo 6. Biyoplastik film senaryoları

Kod	Bf-30G	Bf-30GZ	Bf-30GZ-bl	Bf-30GZ-br	Bf-30GZ-pc
Formül	200 mL Distile su, %2 Sodyum Aljinat (4 g), %30 Gliserol (1,2 g)	200 mL Distile su, %2 Sodyum Aljinat (4 g), %30 Gliserol (1,2 g) Nano çinko oksit (0,05 g)	200 mL Distile su, %2 Sodyum Aljinat (4 g), %30 Gliserol (1,2 g) Nano çinko oksit (0,05 gr) Mavi pigment boya (0,02 g)	200 mL Distile su, %2 Sodyum Aljinat (4 g), %30 Gliserol (1,2 g) Nano çinko oksit (0,05 g) Kahverengi pigment boya (0,02 g)	200 mL Distile su, %2 Sodyum Aljinat (4 g), %30 Gliserol (1,2 g) Nano çinko oksit (0,05 g) Fotokromik pigment boya (0,2 g)
Not: Sodyum aljinat (Distile suya göre, a/a) ve plastikleştirici (kuru polimere göre, a/a)					

2.2.2. Uygulama Yöntem ve Adımları

Deneyler için belirlenen senaryoların uygulanmasına yönelik iş akışı Şekil 25'te özetlenmiştir. İzlenen adımlar sırasıyla; malzemelerin hazırlanması, çözeltinin hazırlanması, hava kabarcıklarının giderilmesi, döküm, kurutma/ şartlandırma, boyutlandırma ve karakterizasyon testleridir. Deney öncesinde malzeme hazırlama aşaması, gerekli malzeme, alet, ekipman ve cihazların temini ile bunların temizlenmesi, çalışırılıklarının kontrolü ve kalibrasyonunu kapsamaktadır. Bu aşamada tüm malzeme ve ekipmanların uygun koşullarda saklanması önemlidir. Çözelti hazırlama adımının hemen öncesinde ise bileşenler hassas teraziyle tartılarak hazırlanır. Çözelti hazırlama, ısıtıcı karıştırıcı çalışır duruma getirilmesi ile başlatılır; karışım kabına formülasyonda yer alan malzemelerin önceden belirlenen koşullarda ekleme sırasına göre karıştırılarak homojen hale getirilmesiyle tamamlanır.



Şekil 25. Deney iş akış şeması

Ardından, çözelti ultrasonik cihazda bekletilerek hava kabarcıklarından arındırılır. Bu aşamayı çözelti dökümü izler; kullanılacak kalıp hassas teraziye yerleştirilir ve belirli miktarda çözelti kalıba dökülür. Döküm işlemi tamamlanan kalıplar kurutma için inkübatöre yerleştirilir ve önceden belirlenen koşullarda çözücü tamamen buharlaşana kadar bekletilir. Kurutma tamamlandıktan sonra, ilgili karakterizasyon testlerinin gerektirdiği numuneler boyutlandırılır. Boyutlar kullanılacak cihaz sınırlılıkları ile ilgili standartlara göre belirlenir. Son olarak, numuneler uygun koşullarda şartlandırılır ve ardından ilgili karakterizasyon testlerine tabi tutulur. Bu adımların sonunda deney aşaması tamamlanmış olur. Tüm adımlarla ilgili detaylı bilgiler alt başlıklarda yer almaktadır.

2.2.3. Malzemeler

Deneylerde, distile su (18,02 g/mol, Tekkim), sodyum aljinat (CAS 9005-38-3, $\leq$ %100, 5,0-40,0 cps, Isolab), D-Sorbitol (CAS 50-70-4, $\geq$ %98, Sigma Aldrich), gliserol (CAS 56-81-5, $\geq$ %99.5, Tekkim), nano çinko oksit (18 nm, $\geq$ %99.5, Molchem) kullanılmıştır. Ayrıca, mavi ve kahverengi pigment boyalar (Toz formda, inorganik mineralli, 40 nm) ve fotokromik boya (Toz formda, tersinir beyaz-mavi, 10-30 nm) yerel firmalardan temin edilmiştir.

2.2.4. Biyoplastik Filmlerin Üretimi

Formülasyonlara uygun malzemeler temin edilerek uygun koşullarda depolanmıştır. Numune üretimi için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarı kullanılmış; deney öncesinde cihazların kalibrasyonu kontrol edilmiş, alet ve ekipmanlar ise sterilize edilmiştir. Biyoplastik filmler çözelti döküm yöntemiyle üretilmiş, malzemeler senaryolara ait formülasyonlara göre hassas teraziyle tartılarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda, 200 ml distile su 250 ml cam behere alınmış, ısıtıcılı manyetik karıştırıcı 30 °C ve 1200 d/dk'ya ayarlanmıştır. Ardından %2 (a/a) oranında sodyum aljinat yavaş yavaş eklenerek 1 saat karıştırılmış, daha sonra gliserol (%30) ilave edilip 30 dakika daha karıştırma yapılmıştır. Böylece nano katkı ve boya içermeyen çözelti hazırlanmıştır. Şekil 26 ve Şekil 27'de deney sürecine ait işlem adımları görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 26. Numunelerin tartımı (solda), sodyum aljinatın çözeltiye eklenmesi (ortada), ısıtıcıli karıştırıcıda işleme süreci (sağda)

Nano katkılar ve renklendirme pigmentlerin kullanılacağı senaryolarda, ilk adım tamamlandıktan sonra çözeltinin üçte biri ayrı bir behere aktarılmıştır. Reçetede belirtilen miktarlarda nano çinko oksit ve/veya pigment boyalar bu çözeltiye eklenmiş, ardından el tipi homojenizatör yardımıyla 10 dk boyunca homojenleştirilmiştir. Elde edilen karışım yavaşça ana çözeltiye eklenmiş ve karıştırma işlemi 1200 d/dk hızda 1 saat daha sürdürülmüştür.



Şekil 27. Numuneler ultrasonik banyoda (solda), teflon kaplamalı cam kalıba çözeltinin henüz dökümü yapılmış hali (sağda)

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra hem nano katkı içeren hem de içermeyen çözeltiler hava kabarcıklarının giderilmesi amacıyla ultrasonik banyoda 30 dakika bekletilmiştir. Yüzeyde kalan kabarcıklar ise spatül yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Ardından 150 g çözelti, 20x20 cm boyutlarında teflon kaplı cam kalıba dökülmüş ve numuneler inkübatörde 30 °C (± 1) sıcaklık ve %60 (± 10) bağıl nem koşullarında yaklaşık 26 saat kurumaya bırakılmıştır. Kurutma tamamlandıktan sonra elde edilen film dikkatlice kalıptan çıkarılmış, ardından uygulanacak karakterizasyon testlerinin standart ve cihaz gerekliliklerine uygun şekilde boyutlandırılmıştır (Detaylar için bkz: Bölüm 2.2.5).

Biyoplastik film üretimiyle ilgili tüm prosedür Ek 1’de verilmiştir. Bu rehber yardımıyla yapılan işlemler sırasıyla ve kontrollü olarak yürütülebilir.

2.2.4.1. Sınırlılıklar ve Önemli Detaylar

Deneylerde kullanılacak hız ve beher hacmi ön testlerle belirlenmiştir. Manyetik karıştırıcılar düşük viskoziteli çözeltiler için daha uygun olduğundan, sodyum aljinat ve diğer katkıların çözelti viskozitesini artırması karıştırma performansını etkilemiştir. Viskozitesi yüksek çözeltilerde manyetik balık sıçrama yapabildiği için karıştırıcılar istenilen hızı sağlayamayabilmektedir. Bu durum cihaz özelliklerine göre değişim gösterebilir. Bu çalışmada kullanılan ısıtıcılı manyetik karıştırıcı (DLAB MS-H280-Pro, 200-1.500 d/dk, 3 L) ile yapılan ön denemelerde 250 ml ve 400 ml beher karşılaştırılmış, en uygun homojenleştirme 250 ml beher ile elde edilmiştir. Ayrıca, manyetik balık şeklinin de sıçramada etkili olduğu görülmüştür. Bu boyuttaki beher için seçilen manyetik balık ise 40 mm x15 mm ölçülerinde oval şekilli manyetik balıktır. Çünkü oval balık, silindirik ve artı biçimli balığa göre daha yüksek hızlarda karışım işlemine izin vermiştir. Uzun süreli homojenleştirmeyi sıçrama olmadan sağlayabilmesi ve literatürde benzer hızların yeterli bulunduğu görülmesi nedeniyle 1.200 d/dk karıştırma hızı seçilmiştir. Sıçrama olmayacak bir ekipman kullanılıyorsa daha yüksek hızlarda da işlem yapılabilir.

Karıştırma hızı istenilen seviyeye yaklaşırken, sodyum aljinat suyun girdap bölgesinin kenarından yavaş yavaş eklenmelidir. Aksi halde ani ekleme topaklanmaya neden olarak homojenizasyonu güçleştirebilir. 250 ml kısa form beherde 1.200 d/dk hızda distile suda sıçrama görüldüğünden, aljinat ekleme işlemi yaklaşık 900 d/dk’da başlatılmalıdır. Aljinat eklenirken karışımın viskozitesi hızla arttığından, ekleme süresince karıştırma hızı da kademeli olarak artırılabilir.

Nano katkıların ana çözeltiye eklenmesi için ara bir homojenizasyon adımı uygulanmalıdır. Bu malzemeler toz formda oldukları için dispersiyon işlemi gerekir. Bunun için ayrı bir çözelti hazırlanabilir ancak bu çalışmada reçetedeki oranların daha hassas bir şekilde sağlanabilmesi için ana çözeltinin bir kısmı ayrı bir behere alınarak nano katkıları ve/veya pigment boyalar eklenmiş ve 10 dk boyunca homojenizatör yardımıyla karıştırılmıştır. Bu işlemden sonra elde edilen homojen çözelti ana çözeltiye ilave edilmiş ve karıştırma işlemine 1 saat daha devam edilmiştir. Nano katkıların ve pigment boyaların doğrudan tüm çözeltiye ilave edilmemesinin temel nedeni, hava kabarcığı oluşumunu azaltmaktır. Çünkü homojenizatör kullanımı çözeltideki hava kabarcık oluşumunu önemli ölçüde artırmaktadır.

Her senaryo için kaç adet numune hazırlanacağı da önemli bir konudur. Karakterizasyon testleri için ilgili standartta verilen numune sayısı kontrol edilmelidir. Ek olarak, test sırasında oluşacak sorunlar öngörülerek daha fazla numune hazırlanması önerilir. Numune boyutu için de ilgili standartlara başvurulmalıdır. Boyutlarla ilgili bir ölçü aralığı verilmişse bu aralığa uyulmalıdır; bir sınır belirtilmemişse kullanılacak cihazın sınırlılıkları kontrol edilmelidir.

Ön deneylerde farklı malzemeler ile reçetede kullanılan bileşenlerin farklı oranları da test edilmiştir. Referans filme (BF-30G) %2 CaCl_2 çözeltisiyle harici jelasyon işlemi uygulanmıştır; 5 dk daldırma-5 dk yıkama ve 1 dk daldırma-1 dk yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 28. Kalsiyum klorür çözeltisiyle harici çapraz bağlama işlemi sonrasında numunelerin deformasyonuna dair görseller

Ancak, kurutma işlemi sonucunda filmlerin Şekil 28’de görüldüğü gibi ciddi deformasyon geçirdiği gözlenmiştir. Bu işlem için gelecek çalışmalarda daha fazla testler yapılabilir veya bu yöntem yerine dahili jelasyon yöntemi tercih edilebilir. Tez kapsamında ise, bu işlemler yerine hem mekanik hem de optik dayanım sağlaması öngörülen nano katkılara yönelinmiştir.

Başka bir ön testte, nano çinko oksit 0,05 ve 0,1 g oranlarında çözeltiye dahil edilmiştir. Sonuçlar, 0,1 g katkıyla hazırlanan filmin opaklığının 0,05 g katkıya kıyasla gözle görülür biçimde daha fazla olduğunu göstermiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Çözeltiye 0,1 g (kuru polimere göre ağırlıkça %2,5) nano katkı eklendiğinde biyoplastik filmin opaklık durumu

Benzer eğilim pigment boya katkılarında da gözlenmiştir. Mavi ve kahverengi pigment boyalar 0,02 ve 0,05 g olarak ayrı çözeltilere eklenmiştir. 0,05 g boya kullanılan numune oldukça koyu ve opak bir görünüm sergilemiştir. Bu sebeple oranlar nano çinko oksit için 0,05 g (kuru polimere göre ağırlıkça %1,25) ve renkli pigment boyalar için ise 0,02 g ((kuru polimere göre ağırlıkça %0,5) olarak belirlenmiştir. Fotokromik pigmentlerde ise 0,02 g, 0,05 g ve 0,1 g oranlarında yapılan ön denemelerde UV altında belirgin bir renk değişimi elde edilememiştir. Bu nedenle fotokromik pigment katkısı reçetelere 0,2 g olarak dahil edilmiştir.

2.2.5. Karakterizasyon Testleri

2.2.5.1. FTIR Testi

Biyoplastik film senaryolarında her bileşenin karakteristik IR bantları üzerinden yapısal katkılarını değerlendirmek için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (Shimadzu IR Prestige-21, Kyoto, Japonya) ve ZnSe kristalli, tek yansımalı PIKE MIRacle ATR aksesuarı kullanılarak FTIR analizi gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) tekniğiyle alınmış; ince film numuneler doğrudan ATR kristal yüzeyine yerleştirilmiştir (Şekil 30).



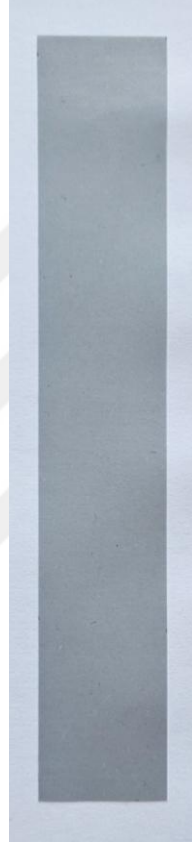
Şekil 30. FTIR spektrometre (solda), numunenin ölçüm alanına yerleştirilmesi (sağda)

ASTM E1252-98 (2013) ve ASTM E573-01 (2013) standartları esas alınarak FTIR spektrumları, $4,0 \text{ cm}^{-1}$ spektral çözünürlükte ve $4000\text{--}600 \text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında, her numune için 10 tarama biriktirilerek kaydedilmiştir. Elde edilen spektrumlar üzerinden karakteristik emilim bantları tanımlanmış ve değerlendirilmiştir.

2.2.5.2. Mekanik Performans Testleri

Mekanik performans testleri için tüm numuneler 2,5 x 15 cm² ölçülerinde hazırlanmıştır. Tablo 7’de numunelerin görselleri sunulmuştur.

Tablo 7. Mekanik testler için boyutlandırılmış numuneler

				
BF-30G	BF-30GZ	BF-30GZ-bl	BF-30GZ-br	BF-30GZ-pc

Filmlerin gerilme mukavemeti (TS) ve kopma uzaması (Eb) ASTM D 882-12 (2012) standart test yöntemine göre universal test cihazı (Instron 5967, 30 kN) (Şekil 31) ile 23±2 °C ve %50±10 bağıl nem koşullarında test edilmiştir.

Çekme deneyi öncesi film kalınlıkları bir dijital mikrometre (0.1 µm hassasiyet, Mitutoyo Co., Japonya) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 31). Her bir film için beş adet rastgele ölçüm alınmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması film kalınlığı olarak kabul edilmiştir. Başlangıç kavrama ayırımı 50 mm'ye ve çapraz kafa hızı 50 mm.dk⁻¹'ya ayarlanmıştır.



Şekil 31. Çekme test cihazı (solda), dijital mikrometre (sağda)

Şekil 32’de çekme deneyi uygulaması aşamasında çekilen bazı fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 32. Test aşamasından bazı görseller

TS ve Eb (%) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplandı:

$$TS = F_{max} \cdot A^{-1} \quad (6)$$

F_{maks} , film kopma anındaki maksimum kuvvet (N) ve A, numunenin başlangıç kesit alanı (mm^2) ve,

$$Eb (\%) = (L \cdot L_0^{-1}) \cdot 100 \quad (7)$$

L_0 , numunenin başlangıç ölçüm uzunluğu (50 mm) ve L ise kopma anındaki uzama miktarıdır (Δl mm). Her senaryo için 5 adet numune test edilmiştir. Gerilme mukavemeti (TS) ve kopma uzaması (Eb) sırasıyla MPa ve yüzde olarak elde edilmiştir.

2.2.5.3. Işık Geçirgenliği ve Opaklık Analizi

Optik testler için tüm numuneler $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ ölçülerinde hazırlanmıştır. Tablo 8’de numunelerin görselleri sunulmuştur.

Tablo 8. Optik testler için boyutlandırılmış numuneler

				
BF-30G	BF-30GZ	BF-30GZ-bl	BF-30GZ-br	BF-30GZ-pc

Biyoplastik numunelerin ışık bariyeri özellikleri ASTM E903-20 (2020) ve ASTM E1164 (2023) test yöntemlerine göre 300–2500 nm tarama aralığında tarama yapabilen bir UV-VIS-NIR spektrofotometre (UV-3600, Shimadzu Co., Kyoto, Japonya) ile entegre küre eklentisi kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 33).



Şekil 33. UV-VIS-NIR Spektrofotometre (solda), numunenin entegre küre eklentisine yerleştirilmesi (sağda)

Ölçüm basamağı 1 nm ve tarama hızı orta (240 nm.min^{-1}) seçilmiştir. Numune boyutları $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ idi. Testler sonucunda görünür ışık geçirgenlik-yansıtma (380-780 nm) ve solar geçirgenlik-yansıtma (300–2500 nm) ve K/S verileri listelenmiştir.

2.2.5.4. Isıl İletkenlik Testi

Biyoplastik film senaryolarının ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Geçici Düzlem Kaynak (Transient Plane Source (TPS)) yöntemi kullanılarak Thermtest MP-V (Kanada) cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Bu yöntem ve cihaz özellikle düşük iletkenliğe sahip ince film ve köpük gibi malzemelerin karakterizasyonu için uygundur. Şekil 34’de ölçüm sırasında çekilen bazı görseller sunulmuştur. Sağdaki şekilde cihazın standart yükleme bloğu görülmekte olup, bu blok ölçüm esnasında temas basıncını sabitlemek amacıyla kullanılmıştır. Soldaki şekilde numunenin test düzeneğine yerleştirildiği, sensörün iki katman arasında konumlandırıldığı test konfigürasyonu görülmektedir. Bu konfigürasyonda, düzlemsel TPS sensörü numunenin ortasında yer almakta ve ısı akışı yüzey boyunca dairesel olarak yayılmaktadır. Bu düzenek sayesinde, temas direnci ve ısı kayıpları minimize edilmiştir.



Şekil 34. Isıl iletkenlik testleri test sırasında çekilen bazı görseller: numunenin yerleştirilmesi (solda) ve ölçüm yapılırken (sağda).

Ölçümler oda sıcaklığında yürütülmüştür. Test sırasında, ısıtıcı ve sensör birimini içeren TPS düzeneği, numunenin iki yüzeyi arasına yerleştirilmiş ve ısıl yanıt zamana bağlı olarak kaydedilmiştir. Cihazın yazılımı üzerinden yapılan hesaplamalarda, 3D Disk Source modeli kullanılmıştır. Ölçüm doğruluğunu artırmak amacıyla analiz sırasında güç dengeleme prensibi, yaklaşık halka modeli ve temas düzeltmesi yöntemi uygulanmıştır; böylece sensör ile numune arasındaki temas yüzeyindeki ısı kayıpları ve geometrik sapmalar minimize edilmiştir. 4. saniyeden testin sonuna kadar olan pencere içinde yapılan analiz sonucunda; numunenin ısı iletkenliği, ısıl yayılım katsayısı, ısıl efüzyon ve hacimsel özgül ısı kapasitesi belirlenmiştir.

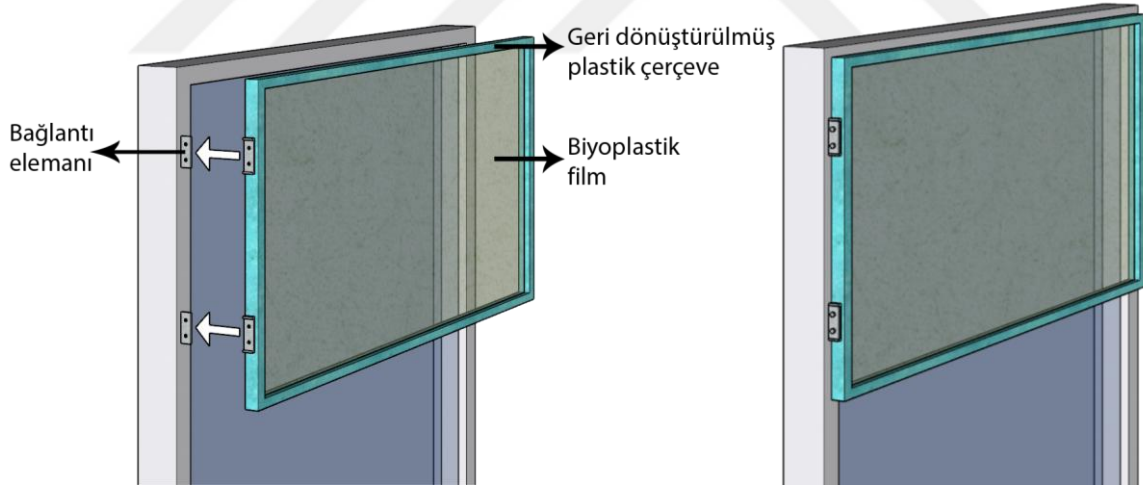
2.3. Prototip Tasarımı

Tez kapsamında biyoplastik filmler mimari bir yapı malzemesi olarak önerilmektedir. Filmlerin gösterdiği optik davranışlar cam sistemine entegre edilecek bir iç gölgeleme elemanı olarak önerilmesi için uygun bulunmuştur. Biyoplastik filmlerin atmosferik koşullara ve suya dayanımı genel olarak düşüktür (Aristizabal-Gil vd., 2019; Roy & Rhim,

2020; Kabachkov vd., 2024). Bu sebeple, iki cam arası veya iç gölgeleme elemanı olarak önerilmeleri daha uygundur. Bu tez kapsamında suya dayanım, ömür ve yaşlandırma vb. testler yürütülmediği için filmlerin öncelikli olarak iç gölgeleme elemanı olarak önerilmesi tercih edilmiştir.

Buradan hareketle prototip tasarımı aşamasında önerilecek gölgeleme elemanının mekanizması, saydam cephedeki konumu ve boyutları belirlenmiştir. Filmin, görsel konforun, simülasyon programının ve seçilen modülün sınırlılıkları bu seçimlerde önemli rol oynamaktadır.

Filmlerin opaklığı yüksek olduğu ve bu nedenle dış manzarayı önemli ölçüde engelleyecekleri için çıkarılıp takılabilen hareketli bir modül olarak ile tasarlanmaları kullanıcı açısından işlevsel olacaktır. Aynı zamanda iki cam arası üretilen ürünler fabrikasyon üretim gerektirir. Oysa, bu tezin amaçlarından biri olan üretimde kolaylık ve mümkünse DİSY üretim yönteminin kullanılabilirliği olduğu için filmlerin basit ve hareketli bir iç gölgeleme elemanı olarak üretilmesine karar verilmiştir. Şekil 35'te tasarlanan prototipin montaj öncesi ve sonrası görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 35. Gölgeleme elemanı prototipi; montaj öncesi (solda), montaj sonrası (sağda)

Biyoplastik filmlerin pencere iç yüzeyine çerçeveli olarak sabitlenen difüz (ışık dağıtıcı) bir gölgeleme paneli olarak tasarımı planlanmıştır. Filmler yarı-saydam oldukları için gölgeleme elemanı olarak tüm pencere yüzeyine uygulandıkları koşulda manzarayı engellemeleri söz konusudur. Bu durumda kullanıcının sürekli olarak gölgeleme elemanını çıkarma ihtiyacı doğabilir. Buna önlem olarak elemanın tüm pencereyi kaplamadan, göz

hizasının üzerinde konumlandırılmasında karar verilmiştir. Gölgeleme elemanının pencerenin üst kısmında kullanımının tercih edilmesinin avantajları şu şekildedir:

- Soğutma sezonunda yüksek açıyla gelen güneş ışınımına engel olmak,
- Öğle ve öğleden sonra (12:00–15:00) yüksek açıyla ve etkili gelen güneş ışınımına engel olmak,
- Dış mekanla iç mekanın görsel sürekliliğini büyük oranda korumak.

Gölgeleme elemanı göz hizasından aşağıda olacak şekilde konumlandırılırsa dik açıyla gelen güneş ışığını engellemede çok başarılı olamaz. Dolayısıyla camın üst kısmına film uygulamak güneşten ısı kazanımını azaltmak açısından oldukça etkilidir.

2.4. Simülasyon

Bir önceki adımda prototip tasarımı yapılan Biyo-Eko gölgeleme elemanının mimari kullanımının test edilmesi en kritik adımlardan biridir. Bu test simülasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuç verileri ile karakterizasyon testleri tamamlanan tüm senaryoların bir ofis modülünün enerji tüketimine ve güneşiği kullanımına etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Simülasyon veri sonuçlarının güvenilir olması açısından literatürde güvenilirliği kanıtlanmış olan enerji analizleri için EnergyPlus ve güneşiği analizleri için de Radiance hesaplama motorunu kullanan DesignBuilder programı kullanılmıştır. Varsayımsal olarak tek bir modül modellenmiş ve işlevi ofis olarak belirlenmiştir. Çalışmanın konumu gölgeleme elemanı amacına uygun olarak yıl bazında güneşten ısı kazancının istenmediği bir yer olması amaçlanarak sıcak-nemli iklim özellikleri gösteren Antalya, Türkiye olarak seçilmiştir. Simülasyon girdileri ile ilgili detaylar alt başlıklarda verilmiştir.

2.4.1. İklimsel Veri

Enerji ve güneşiği simülasyonları için konum olarak güneş ısı kazancı yüksek olan ve dolayısıyla gölgeleme elemanı/sisteminin kullanımı gerekli olan bir yer belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, Türkiye'nin güney kıyılarında yer alan Antalya ili (36,87°N, 30,73°E) seçilmiştir. Tablo 9'da bu ile ait soğutma sezonu için ve yıllık iklimsel yıllık ortalama değerler verilmiştir.

Tablo 9. Antalya ilinin soğutma sezonu ve yıllık ortalama değerleri (1930 - 2024) (MGM, 2025).

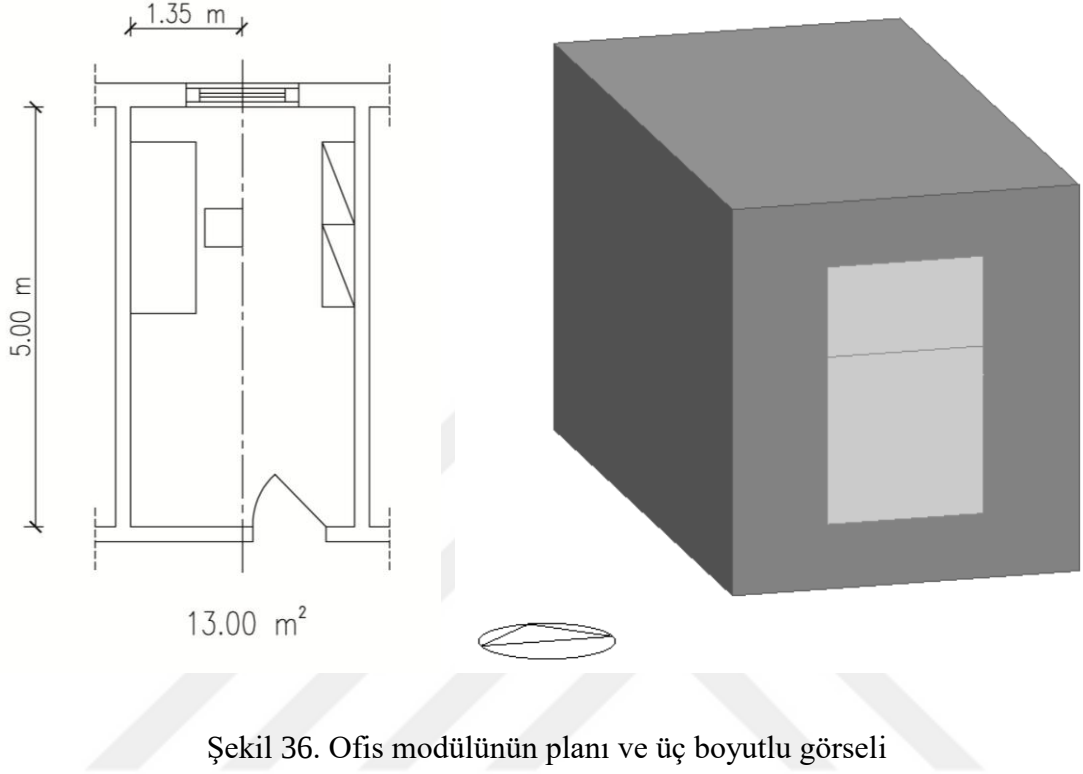
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	16,4	20,7	25,4	28,6	28,4	25,3	20,6	18.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	21,4	25,7	30,8	34,2	34,1	31,2	26,7	24.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	11,3	15,3	19,7	22,9	22,8	19,5	15,4	13.8
En yüksek sıcaklık (°C)	36,4	41,7	44,8	45,0	44,6	42,5	41,2	45,0
En düşük sıcaklık (°C)	1,4	6,7	11,1	14,8	13,6	10,3	4,9	-4,6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	7,9	9,7	11,1	11,7	11,1	9,7	7,8	8.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	6,44	5,20	2,55	0,55	0,56	1,72	5,38	73.2

Antalya sıcak-nemli iklime sahiptir ve Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kent, Akdeniz iklim özellikleri (Csa) göstermektedir. Sıcaklıklar yıl boyu 0°C üzerinde seyretmektedir. 1930-2024 ölçüm periyodu yıllık sıcaklık ortalaması 18,9°C olup, Mayıs-Ekim ayları arasında ortalama sıcaklık 20°C'nin üzerindedir. Haziran-Eylül ayı arasında ise sıcaklık ortalaması 25°C-28,6°C aralığındadır. Minimum sıcaklık ise ocak ayında ortalama 10,1°C ile görülmektedir. Ölçülen en yüksek sıcaklık 45°C ile temmuz ayında, şimdiye kadar soğutma sezonunda yaşanan en düşük sıcaklık ise 4,9°C ile ekim ayında ölçülmüştür. Ortalama güneşlenme süresi 8.1 saattir. Temmuz ayında bu süre 11,7 saat ile en yüksek değerine, aralık ayında ise 4,8 saat ile en düşük değerine ulaşmaktadır. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı ise 73.2'dir, temmuz ayında 0,55'lere kadar gerilemektedir.

2.4.2. Ofis Modülüne Ait Girdiler

Simülasyonlar için varsayımsal bir ofis modülü modellenmiştir. Modülün ölçüleri 2,70 m x 5,00 m x 3,00 m'dir. Bu ölçüler MOSP'ta (Mroczek vd., 2020) verilen 1,35 m grid

ölçülerine göre tek kişilik bir ofis için belirlenmiştir. Şekil 36’da modülün planı ve üç boyutlu görseli sunulmuştur.



Şekil 36. Ofis modülünün planı ve üç boyutlu görseli

Modülün tek bir duvarının dış atmosfer koşullarına açık olduğu varsayılmış ve güneye yönlendirilmiştir. Diğer duvarlar iç duvar kategorisinde olup adiyabatik olarak özelliklendirilmiştir. Dış cephede ofis bina tipinin minimum gereklilikleri göz önüne alınarak %30 saydırlık oranında pencere önerilmiştir. Dış cephenin karşında yer alan iç duvarda ahşap bir kapı yer almaktadır.

Atmosferik koşullara maruz kalan dış duvar konstrüksiyonu TS 825 standardında (2024) verilen sınır değere ($0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) göre belirlenmiştir. İnfiltrasyon değeri 0.7’dir. Diğer konstrüksiyonlar adiyabatik olduğundan sınır değeri bulunmamaktadır.

Tablo 10. Duvar, tavan ve döşeme konstrüksiyonlarının U-değerleri

	Kesit boyutu (cm)	U-değeri ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Dış duvar ($\text{W/m}^2\text{K}$)	32	0,42
İç duvar ($\text{W/m}^2\text{K}$)	14	2,06
Ara kat döşemesi ($\text{W/m}^2\text{K}$)	14	2,17

Tüm bu bilgiler ışığında ofis modülünün dış duvar, iç duvar ve ara kat döşemesi U değerleri Tablo 10'daki gibi belirlenmiştir. Dış duvar kalınlığı 32 cm, iç duvar kalınlığı ve ara kat döşemeleri 14 cm'dir. Dış duvarda yalıtım olarak EPS tercih edilmiştir.

2.4.3. Senaryo Girdileri

Simülasyonlarda berrak ve güneş kontrol özellikli düşük emisyonlu (solar Low-E) cam tipine uygulanan biyoplastik film senaryolarıyla oluşturulan gölgeleme elemanları ile gölgeleme elemanı kullanılmayan berrak (DCL), düşük emisyonlu (DLW), mavi (DBL) ve bronz renkli (DBR) olmak üzere 4 cam tipinin performansları karşılaştırılmıştır. Gölgeleme elemanı ve pencere sistemine ilişkin simülasyon girdileri Tablo 11'de yer almaktadır.

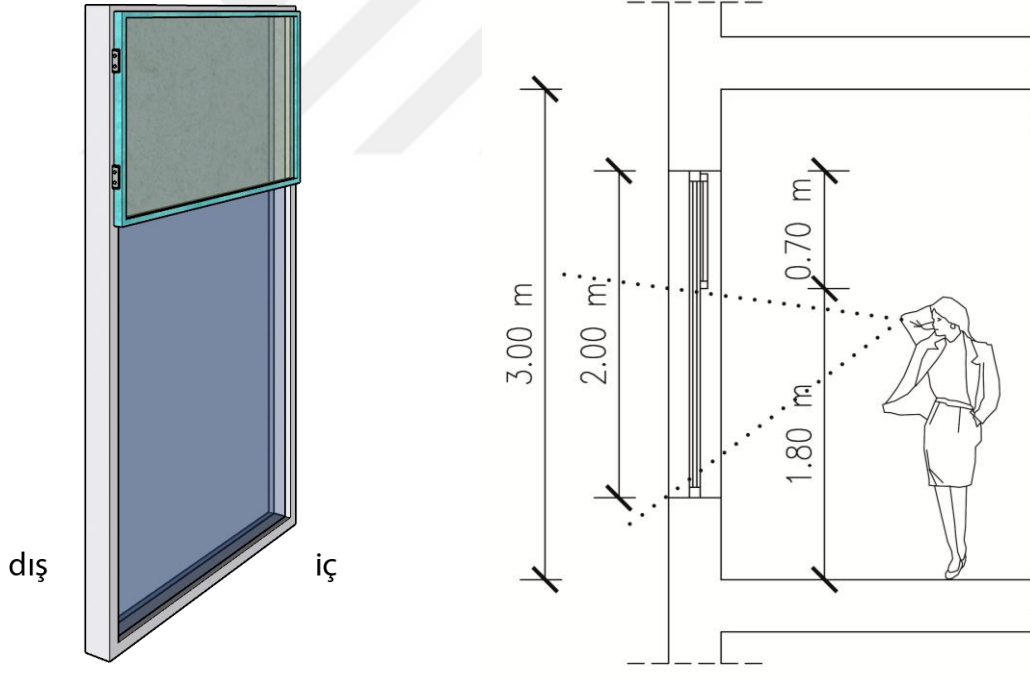
Tablo 11. Gölgeleme elemanı ve pencere sisteminin temel simülasyon girdileri

Sistem	Özellik	Girdi
Gölgeleme elemanı	Tip	Yayıcı (difüz) gölgeleme paneli
	Konum	İç ortam-pencere sistemine paralel
	Hareket edebilirlik	Hareketli (El ile-tak-çıkart)
	Gölgeleme oranı	%35
	Çerçeve	Geri dönüştürülmüş plastik (0,01 m)
	Filmin cam yüzeyine olan mesafesi (m)	0,02
	Kullanım süreci	Soğutma sezonu (Nisan-Ekim)
	Tabaka Sayısı	Çift tabaka
Pencere	Ölçü (mm)	6/12/6
	Boşluk Gazı	Hava
	Cam Tipleri	Berrak cam (DCL) Low-E#2 cam (DLW) Mavi renkli cam (DBL) Bronz renkli cam (DBR)
	Saydamlık oranı	%30
	Çerçeve	Isı tutuculu alüminyum (0,068 m)
	Camın çerçevenin iç yüzeyine olan mesafesi (m)	0,02

Biyoplastik filmler yarı-saydam oldukları için pencerenin tamamına uygulandıklarında kullanıcı için olumsuz bir durum yaratacaktır. Benzer şekilde, elemanın göz hizasının altında konumlandırılması, dik açıyla gelen güneş ışığının engellenmesinde yetersiz kalacaktır. Bu sebeple göz hizasından yukarıda olacak şekilde kullanılması planlanmıştır. Pencerenin yukarısında kullanımın tercih edilmesinin avantajları şu şekildedir:

- Soğutma sezonunda yüksek açıyla gelen güneş ışınımını etkili şekilde engellemek,
- Öğle ve öğleden sonra (12:00–15:00) yüksek açıyla ve etkili gelen güneş ışınımını sınırlamak,
- Dış mekan ile iç mekanın görsel sürekliliğini büyük oranda korumak.

Çalışmada modellenen pencere eni 1,215 m, yüksekliği 2,0 m' dir. Yerden yüksekliği ise 50 cm olup duvarda ortalanmıştır. Biyoplastik gölgeleme paneli ise pencerenin üstten 70 cm'lik bölümüne, pencere eniyle aynı genişlikte olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 37. Prototipin penceredeki konumu: üç boyutlu görsel (solda) ve kesit (sağda)

Şekil 37'de görüldüğü gibi gölgeleme elemanı, iç gölgeleme elemanı olarak pencere çerçevesine montajlanmaktadır. Bu sebeple üst, sağ ve sol kenarda boşluk bulunmamaktadır. Alt kısımda ise camın iç çerçeve yüzeyi ile gölgeleme filminin dış çerçeve yüzeyi arasındaki

mesafe kadar boşluk kalmaktadır. Ancak gölgeleme elemanının çerçevesine ilişkin bilgiler simülasyon programına tanımlanamadığından, hesaplama hatası oluşmaması için biyoplastik filmin pencere çerçevesi ile kendi çerçevesi arasında kaldığı varsayılmış ve cam ile arasındaki mesafe 0,02 m olarak girilmiştir.

Gölgeleme elemanının hareketli olmasından ötürü yalnızca soğutma sezonunda kullanılması ısıtma sezonunda ise çıkarılması planlanmıştır. Gölgeleme elemanının performansı, ortalama günlük güneşlenme süresi 7 saatten fazla olan aylar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu kritere göre Antalya ikliminde soğutma sezonu Nisan–Ekim dönemi olarak belirlenmiştir.

Tablo 12’de senaryolarda kullanılan tüm cam tiplerinin boyutları ve solar-optik özellikleri yer almaktadır. Cam tipleri DesignBuilder kütüphanesinden seçilmiştir. Tüm senaryolarda ısı tutuculu alüminyum çerçeve kullanılmıştır.

Tablo 12. Cam tiplerinin solar-optik özellikleri ve boyutları

Cam tipleri	Ölçü (mm)	g (SHGC)	T _{vis} [0-1]	T _{sol} [0-1]	U-değeri (W/m ² K)
Berrak-çift cam	6-12 (hava)-6	0,703	0,781	0,604	2,685
Low-E cam	6-12 (hava)-6	0,571	0,745	0,468	1,774
Mavi renkli cam	6-12 (hava)-6	0,497	0,505	0,373	2,685
Bronz renkli cam	6-12 (hava)-6	0,498	0,473	0,375	2,685

Pencere sistemi %60 saydırlık oranının altında kaldığı için TS 825 (2024)’e göre $U_p \leq 2,4$ W/m²K olması yeterlidir. Tablodan görüldüğü üzere cam tiplerinden yalnızca Low-E cam bu sınır değeri karşılamaktadır. Ancak, en az %60 saydırlık oranının tercih edildiği yapılarda $U_p \leq 1,6$ W/m²K şartı arandığında, özellikle mevcut yapılarda gölgeleme elemanı olmaksızın bu değere ulaşmanın güç olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yalnızca standartta 1. bölgede yer alan Antalya için değil, diğer beş bölge için de geçerlidir. Tüm bölgelerde %60 saydırlık oranı aşıldığında $U_p \leq 1,6$ W/m²K koşulu sağlanmalıdır. Dolayısıyla, bu değeri karşılayamayan mevcut yapılar için hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımı kaçınılmaz hale gelmektedir.

Tablo 13’te biyoplastik film senaryolarının karakterizasyon testleri sonucu elde edilen solar-optik ve termal özelliklerine ait veriler yer almaktadır. Bu veriler ile simülasyon programında gölgeleme elemanı senaryoları oluşturulmuştur.

Tablo 13. Biyoplastik film senaryolarının solar-optik ve ısı özelliklerine ait simülasyon girdileri

Kod	Isıl iletkenlik	Görünür ışık		Güneş enerjisi		Uzun dalga	
	HT	VLT	VLR	ST	SR	LWT	LWE
	(W/mK)	T _v [0-1]	P _v [0-1]	T _e [0-1]	P _e [0-1]	T _e [0-1]	P _e [0-1]
Bf-30G	0,0284	0,838	0,072	0,852	0,070	0,00	0,93
Bf-30GZ	0,0484	0,760	0,103	0,792	0,094	0,00	0,93
Bf-30GZ-bl	0,0489	0,684	0,100	0,738	0,093	0,00	0,93
Bf-30GZ-br	0,0515	0,447	0,107	0,556	0,106	0,00	0,93
Bf-30GZ-pc	0,0439	0,690	0,145	0,730	0,132	0,00	0,93

Biyoplastik filmler için tabloda belirtilen uzun dalga iletim (LWT) ve emisivite (LWE) değerleri literatür verileri baz alınarak belirlenmiştir. Literatürde polimer film araştırmalarında genel olarak UV-Vis bölgelerine odaklanılsa da uzun dalga boyu iletimi ile ilgili nadir de olsa veriye rastlanabilmektedir.

Adhikari vd. (2016) ve Schettini vd. (2008) sodyum aljinat kullanarak hazırladıkları filmler için LWT'yi yaklaşık olarak %0,03 olarak raporlamıştır. Oldukça düşük olan bu değer, filmlerin neredeyse tüm uzun dalga kızılötesi radyasyonu engellediğine işaret etmektedir. LWE'ye gelince, mevcut literatürde sodyum aljinat esaslı filmler için doğrudan sayısal bir değere rastlanmamıştır.

Ancak optik ve termal özellikler arasında gözlemlenen temel prensiplere göre bu değer yorumlanabilir. Buna göre, çok düşük LWT termal radyasyonun büyük çoğunluğunun absorbe edilip sonrasında yeniden yayıldığını gösterir (Vox & Schettini, 2007). Bu sebeple çok düşük LWT genel olarak yüksek bir LWE'ye işaret eder. FTIR analiz sonuçları (Bölüm 3.1.1) da bu verileri desteklenmektedir. FTIR spektrumda 2500–400 cm⁻¹ arasında birçok güçlü absorpsiyon bulunmaktadır. Bu durum malzemenin uzun dalga radyasyonunu geçirmediğini destekler. Film NIR bölgesinde yüksek geçirgenliğe sahip olduğu için muhtemel olarak 2.5 µm sonrasında geçirgenliği azalacaktır.

Literatürde CMC, CNC ve CNF gibi farklı biyopolimerlerden üretilen film sistemlerinde LWIR bölgesinde ise neredeyse sıfır iletim ve 0.9'un üzerinde emisyon özellikleri görülmektedir (De La Cruz vd., 2018; Chowdhury vd., 2021; Badry vd., 2023).

Bu durum farklı malzemelerden üretilen biyopolimer filmlerin benzer optik ve termal özelliklere sahip olabileceğini desteklemektedir. Bu bağlamda, literatürdeki benzer polimerler de göz önüne alınarak LWT değerinin 0.0-0.3 aralığında, LWE değerinin ise 0,9–0,95 aralığında alınabileceği belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada LWT 0.0, LWE ise 0,93 olarak simülasyona tanımlanmıştır.

Son olarak, cam tipleri ve biyoplastik gölgeleme elemanlarının kombinasyonları ile oluşturulan senaryolar kodlandırılmıştır (Tablo 14).

Tablo 14. Simülasyon senaryo kodları

	DCL	DLW	DBL	DBR
Gölgeleme yok	NS-DCL	NS-DLOWE	NS-DBL	NS-DBR
BF-30G	BF-30G-DCL	BF-30G-DLW	-	-
BF-30GZ	BF-30GZ-DCL	BF-30GZ-DLW	-	-
BF-30GZ-bl	BF-30GZ-bl-DCL	BF-30GZ-bl-DLW	-	-
BF-30GZ-br	BF-30GZ-br-DCL	BF-30GZ-br-DLW	-	-
BF-30GZ-pc	BF-30GZ-pc-DCL	BF-30GZ-pc-DLW	-	-

Cam tiplerinden yalnızca DCL ve DLW senaryolarında gölgeleme elemanı uygulanmıştır. Gölgeleme elemanı bulunmayan DBL ve DBR cam tipleri hem diğer cam tipleriyle hem de kendi renkleriyle uyumlu biyoplastik film senaryolarıyla karşılaştırılacaktır. Buna göre DBL cam tipi mavi biyoplastik film senaryolarıyla, DBR cam tipi ise kahverengi biyoplastik film senaryolarıyla karşılaştırılmıştır.

2.4.4. Aktivite, Sistem ve Hesaplama Girdileri

DesignBuilder enerji simülasyonu kapsamında; konum, model, aktivite, konstrüksiyon, açıklıklar, aydınlatma, HVAC sistemine ait tüm girdiler ile hesaplama yöntemine dair bilgiler Tablo 15’te özetlenmiştir.

Tablo 15. Temel simülasyon girdileri

Kapsam	Girdi türü	Veri
Konum	İl	Antalya (36,87°N, 30,73°E)
	Yönlenme	Güney (0°)
	İklim verisi	Saatlik, .epw
	Saat dilimi	GMT +02:00
Model	Ölçü (en-boy-yükseklik) (m)	2,7 x 5,0 x 3,0
	Kullanıcı sayısı	1
	Kullanım yoğunluğu (kişi/m ²)	0,074
	Taban alanı (m ²)	13,5
	Hacim (m ³)	40,5
	Kullanıcı çalışma saatleri	08:00-12.00 & 12:00-18:00
	Metabolik faktör	0,9
	Kıyafet	Kış (clo) 1,0 Yaz (clo) 0,5
	Isıtma	Kullanımda ayar sıcaklığı(°C) 20 Kullanılmadığında ayar sıcaklığı(°C) 18
	Soğutma	Kullanımda ayar sıcaklığı(°C) 26 Kullanılmadığında durumda ayar sıcaklığı(°C) 28
Aktivite	Havalandırma	Doğal havalandırma Yok Mekanik havalandırma Var Temiz hava (l/s·kişi) 10 Alan başına mekanik havalandırma (l/s·m ²) 2,5
	Minimum temiz hava	Temiz hava (l/s·kişi) 10 Alan başına mekanik havalandırma (l/s·m ²) 2,5
	Aydınlatma	Hedef aydık düzeyi (lüks) 500
	Araç ve ekipman	Isıl kazanç (W/m ²) Bilgisayar (1 adet): 10 Ofis ekipmanları: 5
	Dış duvar, iç duvarlar ve ara kat döşemeleri	Bknz: Tablo 10
	Hava sızdırmazlık (ac/h)	0,5
	İç duvar ve ara kat döşemeleri	Adiyabatik
	Pencere	Bknz: Tablo 11

Tablo 15'in devamı

	Gölgeleme elemanı	Bknz: Tablo 11
	Kapı	3,5 cm ahşap (U=2.823 W/m ² K)
Aydınlatma	Aydınlatma ve armatür tipi	LED / Yüzeye monte
	Normalleştirilmiş güç yoğunluğu (W/m ²)	12.5
	Işınım Oranı	0,72
	Görünür Işık Oranı	0,18
	Kullanım saatleri	08:00-12.00 & 12:00-18:00
	Çalışma düzlemi yüksekliği (cm)	76
	Kontrol tipi	Doğrusal
	Maksimum kamaşma indeksi	19
HVAC	Sistem	VAV, Hava Soğutmalı Soğutucu Grup, an Destekli Yeniden Isıtmalı Paralel İndüksiyon Ünitesi (PIU)
	Kullanım saatleri	07:00-17.00
	Isıtma	Yakıt Mevsimsel performans (CoP)
		Doğal gaz 0,9
	Soğutma	Yakıt Mevsimsel performans (CoP)
		Elektrik 2,80
	Su ısıtma sistemi	Yakıt Kullanım sıcaklığı (°C) Tüketim oranı (l/m ² -gün) DHW CoP
		Elektrik 65 0,002 1,0
Hesaplama yöntemleri	Hesaplama motoru	EnergyPlus
	İç konveksiyon algoritması	TARP
	Dış konveksiyon algoritması	DOE-2
	İletim algoritması	Sonlu farklar (Chrank-Nicholsan)
	Hesap yöntemi	ASHRAE Isıl Denge Yöntemi
	Zaman adımı sayısı	4
	Simülasyon süreci	Yıllık
	Gölgeleme hesap yöntemi	Polygon Clipping
	Polygon Clipping algoritması	Convex Weiler–Atherton

Programa Maçka (2014)'nın çalışmasındaki Antalya iline ait saatlik iklim verisi dosyası tanımlanmıştır. Modelin penceresinin bulunduğu duvar güneye yönlendirilmiştir. Ofis kullanıcı sayısı 1 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla $13,5 \text{ m}^2$ olarak tasarlanan ofis modülü için kullanım yoğunluğu $0,074 \text{ (kişi/m}^2\text{)}$ 'dir. Kullanıcı çalışma saatleri 08:00-12.00 & 12:00-18:00 olarak tanımlanmıştır.

Metabolik faktör değeri kadın ve erkek için ortalama 0,9 alınmış, kıyafet (clo) değerleri ise ısıtma sezonu için 1,0; soğutma sezonu için 0,5 olarak programa girilmiştir. Bu değerler programda varsayılan ayarlar ile uyumludur. Isıtma ve soğutma ayar sıcaklıkları EN 16798-1 standardında (CEN, 2019) ofisler için tanımlanan iç ortam konfor şartlarına uygun olarak belirlenmiştir. Simülasyonlarda doğal havalandırma kapalı tutulmuş, taze hava ihtiyacı yalnızca mekanik havalandırma ile karşılanmıştır. Temiz hava için kişi başına 10 l/s , alan başına $2,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ değerleri esas alınmıştır. Aydınlatmada 500 lüks hedefi, EN 12464-1 standardındaki (2021) ofis bina tipi için gerekli sınır değere göre belirlenmiştir. Ofiste ısı kazancı 10 W/m^2 olan 1 adet bilgisayar tanımlanmış, diğer ofis ekipmanları için ise toplam ısı kazancı 5 W/m^2 olarak girilmiştir.

Ofis modülüne ait dış duvar, iç duvar ve ara kat döşemelerine ait konstrüksiyon bilgileri detaylı olarak Tablo 10'da yer almaktadır. Programa iç duvar ve ara kat döşemeleri adiyabatik olarak tanımlanmış, dış duvar hava sızdırmazlık değeri ise $0,5 \text{ ac/h}$ olarak belirlenmiştir.

Açıklıklar kategorisinde kapı, pencere ve gölgeleme elemanı ile bilgiler yer almaktadır. Pencere ve gölgeleme elemanı ile simülasyon girdileri Bölüm 2.4.3'te detaylı olarak verilmiştir. Kapı, ahşap olup $3,5 \text{ cm}$ kesit ölçüsüne sahiptir.

Aydınlatma kategorisi hem aydınlatma için harcanan enerji hesabında, hem de günışığı analizleri için kullanılmaktadır. Yüzeye monte LED armatürler ($12,5 \text{ W/m}^2$) tercih edilmiş; ışıyım oranı 0,72, görünür ışık oranı ise 0,18 olarak tanımlanmıştır. Hedef aydınlık seviyesi 500 lüks, kamaşma sınırı 19 UGR'dir. Aydınlatma kontrol tipi doğrusaldır. Çalışma düzlemi yüksekliği $0,76 \text{ m}$ 'dir. Bu veriler EN 12464-1 standardı (2021) ile uyumludur. Aydınlatma kullanımı kullanıcı çalışma saat aralığı ile çakıştırılmıştır.

HVAC sistemi, DesignBuilder veri tabanında yer alan VAV, hava soğutmalı soğutucu grup ve fan destekli yeniden ısıtmalı paralel indüksiyon ünitesi olarak seçilmiştir. Sistemin çalışma saatleri, kullanıcıların giriş-çıkış zamanlarından birer saat öncesini kapsayacak şekilde 07:00-17:00 olarak belirlenmiştir. Isıtma sistem yakıtı doğal gaz (CoP: 0,9), soğutma

(CoP: 2,8) ve su ısıtma sistemi (CoP: 1,0) için şebeke elektriğidir. Su kullanım sıcaklığı 65°C ve tüketim oranı 0,002 olarak ayarlanmıştır.

Son olarak, simülasyon hesaplamalarında kullanılacak yöntem ve algoritmalar programa tanımlanmıştır. Hesaplamalarda dıştan dışa esaslı (outer-based) alan ve hacim hesaplama yaklaşımı tercih edilmiş olup, bu yöntem ASHRAE 90.1 standardı (ASHRAE, 2022) ile uyumludur. DesignBuilder programı enerji analizleri için EnergyPlus motorunu, günışığı analizleri için Radiance motorunu kullanmaktadır. Enerji analizleri için literatürde kabul gören ASHRAE ısıl denge yöntemi seçilmiştir. Simülasyonlar 4 zaman adımı ile yıllık bazda uygulanmıştır. İç konveksiyon algoritması için TARP, dış konveksiyon algoritması için DOE-2 ve iletim algoritması sonlu farklar (Chrank-Nicholsan) olarak ayarlanmıştır. Gölgeleme hesaplamalarında, pencereye paralel ve iç yüzeye yakın yerleştirilen gölgeleme panellerinin etkisinin hassas olarak modellenenebilmesi için gölgeleme yöntemi olarak “Polygon Clipping” tercih edilmiş, kesişim analizinde daha yüksek doğruluk sağlayan Convex Weiler–Atherton algoritması kullanılmıştır.

2.4.5. Günışığı Simülasyonu Girdileri

Enerji simülasyonu tamamlanan senaryoların mekana günışığı erişimini nasıl etkilediğine dair kapsamlı bir analiz yapmak için günışığı simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon kapsamında; hesaplamaları doğrudan etkileyen konum, model, kullanım süreci, konstrüksiyon, açıklıklar (pencere ve gölgeleme), aydınlatma sistemine dair ait tüm girdiler enerji simülasyonunun girdilerine dair hazırlanan Tablo 15’te yer almaktadır. Bu verilere ek olarak, günışığı simülasyonuna dair hesaplama yöntemine dair bilgiler Tablo 16’da sunulmuştur.

Analiz, ofis kullanım saatleri (08:00-12:00 & 13:00-18:00) ile sınırlandırılmış olup yıllık bazda yapılmıştır. Simülasyonlarda hedef aydınlık düzeyi 500 lüks olarak alınmıştır. Bu değer EN 12464-1 standardındaki (2021) ofis bina tipi için gerekli sınır değere göre belirlenmiştir. Böylece, sDA500lüks sonuçları ile mekanın doğal aydınlatma performansı kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Tablo 16. Güneşli simülasyonu hesaplama yöntemine dair girdiler

Girdi türü	Veri	
Detay şablonu	Yüksek kalite	
Çalışma düzlemi yüksekliği (m)	0,76	
Maksimum grid boyutu (m)	0,05 x 0,05	
Zemin düzlemi uzatma mesafesi (m)	30	
Kapsanan süre	Yıllık	
Yıllık simülasyon için hesaplanan saat aralığı	08:00-12:00 & 13:00-18:00 (Haftada 6 gün)	
sDA alt aydınlatma eşiği (lüks)	500	
UDI alt aydınlatma eşiği (lüks)	100	
UDI üst aydınlatma eşiği (lüks)	2000	
Hesaplama motoru	Radiance	
Işın izleme algoritması	Monte Carlo rastgele örnekleme	
Monte Carlo parametreleri	Dolaylı aydınlatma sıçrama sayısı	7
	Dolaylı aydınlatma hesaplama hassasiyeti	0,1
	Dolaylı aydınlatma çözünürlüğü	1024
	Dolaylı aydınlatma örnekleme sayısı	4096
	Ek dolaylı aydınlatma örnekleri	2048
	Gökyüzü bölümlendirme sayısı	6-5185
	Güneş disk bölümlendirme sayısı	6-5185
	Maks. kullanılabilir işlemci çekirdeği	0

Mekânsal güneşli otonomisi (sDA) ve faydalı güneşli aydınlatmasına (UDI) dair eşik değerleri ANSI/IES LM-83-23 standardına (IESNA, 2023) göre; kullanışlı güneşli aydınlık düzeyine (UDI) dair alt ve üst eşik değerleri ise CIBSE LG10 rehberine (2014) göre belirlenmiştir. Güneşli metrikleri için tüm eşik değerler Tablo 17’de özetlenmiştir.

Tablo 17. Güneşliği metrikleri için standartlarda belirlenmiş minimum eşik değerler

Metrik	Ölçüm hedefi	Eşik	İlgili Standart
sDA	Mekânsal güneşliği otonomisi	300 lüks, %50 yıl	IES LM-83
UDI	Faydalı güneşliği aydınlatması	100–2000 lüks	CIBSE LG10

Mekansal güneşliği otonomisi (sDA), bir mekanda belirli bir aydınlatma sıcaklığının yılın en az %50'sinde, kayıtlı ne kadarının bu eşik değerini aştığını gösteren bir metriktir ve minimum 300 lüks olmalıdır (IESNA, 2023). Ancak bu çalışmada ofis bina tipi için hedef aydınlık düzeyi 500 lüks olarak belirlendiği için bu metrik için de alt eşik olarak bu değer seçilmiştir. Bu metrik, doğal ışığın yetersiz kaldığı durumlarda enerji tüketiminin artmasını önlemek ve çalışma konforunu korumak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Faydalı güneşliği aydınlatması (UDI), bir çalışma düzlemindeki aydınlatmanın ofis görevleri için görsel konforu sağlayan uygun bir aralıkta bulunduğu yıllık kullanım saatlerinin yüzde olarak ifadesidir. Ofis ortamlarındaki kullanıcı davranışlarına ilişkin incelemelerde, görsel görevleri desteklemek için gereken minimum eşik değeri olarak 100 lüktür. Bu değer altındaki aydınlatma seviyeleri yapılan iş için yeterli olmamakta ve bu nedenle yapay aydınlatma ihtiyacı doğmaktadır. Buna karşın, aydınlatma seviyesi 2000 lüksü aştığında kamaşma, görsel konforun azalması ve gölgeleme elemanlarına ihtiyacın artması gibi riskler söz konusu olmaktadır (CIBSE, 2014).

DesignBuilder güneşliği simülasyon hesaplamalarında Radiance motorunu kullanmaktadır. Işın izleme yöntemi olarak gerçeğe yakın sonuçlar elde edebilmek için yüksek çözünürlüklü ve gürültü azaltılmış veriler sağlayan Radiance'ın gelişmiş ışık izleme algoritması olan Monte Carlo rastgele örnekleme yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, ışığın yüzeyler arasında gerçekleşen çoklu yansımalarını ve saçılmalarını olasılıksal olarak modelleyerek, özellikle karmaşık iç mekân geometrilerinde ve heterojen malzeme dağılımlarında yüksek doğruluk sağlamaktadır. İlgili seçim sonuçların gerçeğe yakınlığını artırmakla birlikte simülasyon süresini de uzatmaktadır.

2.5. Maliyet Analizi

Biyo esaslı malzemelerin fosil kaynaklı malzemelerin yerini alabilmesi için yalnızca fiziksel, kimyasal, ısı-optik ve mekanik performanslarının değerlendirilmesi yeterli

değildir. Bu malzemelerin ekonomik olarak da uygulanabilir olması ve fosil esaslı alternatiflerine kıyasla daha ulaşılabilir hale gelmesi gerekmektedir. Ancak biyo esaslı malzemeler genellikle henüz yaygınlaşmamış, tüketici tarafından yeterince tanınmayan ve üretim süreçleri tam anlamıyla optimize edilmemiş ürünler oldukları için maliyet açısından daha yüksek değerlere sahip olabilmektedir.

Bu tez kapsamında, gölgeleme elemanında gövde malzemesi olarak kullanılacak biyoplastik filmlerin, formülasyonlarında yer alan hammaddelere bağlı olarak toplam malzeme maliyetleri hesaplanacaktır. Elde edilen bu maliyet verileri, piyasada yaygın olarak kullanılan halihazırda yaygın olarak kullanılan fosil esaslı iç gölgeleme elemanlarının birim alan maliyetleriyle karşılaştırılarak, biyoplastik temelli sistemlerin potansiyel ekonomik avantajları ve sınırlılıkları değerlendirilecektir.

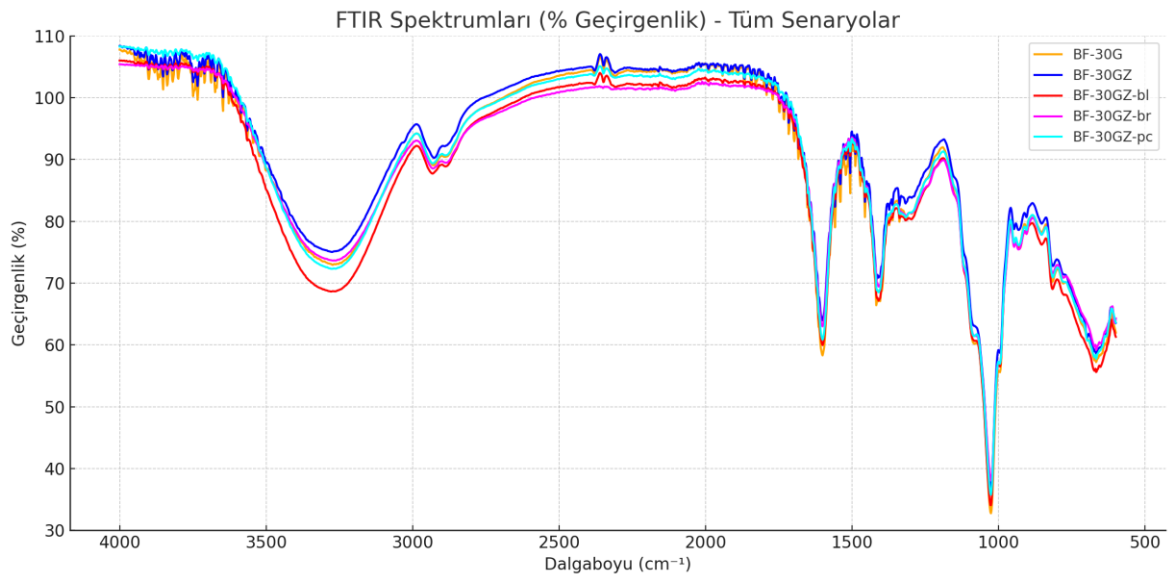
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Karakterizasyon Test Sonuçları

Bu bölümde FTIR spektrumları ile mekanik, optik ve ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen karakterizasyon testlerinin sonuçları ayrıntılı olarak raporlanmaktadır.

3.1.1. FTIR Analizi

Sodyum aljinat, gliserol, nano çinko oksit (ZnO), inorganik boyalar ve fotokromik boya içeren beş farklı biyoplastik film numunesinin FTIR spektrum analizine dayalı karakterizasyonu yapılmıştır. Amaç, her bileşenin karakteristik IR bantları üzerinden yapısal katkılarını değerlendirmektir. Şekil 38’de tüm senaryoların çakıştırılmış FTIR spektrumları yer almaktadır. Tüm senaryolara ait spektrumlar ise ayrı ayrı olarak Ek 2’de ’de verilmiştir. 2300–2500 cm^{-1} aralığında görülen zayıf sinyaller cihaz kaynaklıdır ve değerlendirmeye dahil edilmemiştir.



Şekil 38. Tüm senaryoların çakıştırılmış FTIR spektrumları

FTIR spektrumundan tüm malzemelerin benzer formülasyona dayandığı ve benzer fonksiyonel gruplara sahip olduğu gözlemlenebilir. Tablo 18’de her bir numuneye ait karakteristik IR bantlarının genel bir özeti sunulmuştur.

Tablo 18. FTIR spektrum özeti

Kod	–OH Bandı (3200-3300 cm^{-1})	Zn–O Bağı (~620-650 cm^{-1})	Boya Etkisi (1500-600 cm^{-1})	Öne Çıkan Pik(ler)
BF-30G	Geniş	Yok	Yok	3253, 1600, 1400, 1026 cm^{-1}
BF-30GZ	Geniş	Belirgin	Yok	3261, 1600, 1400, 1226, 621 cm^{-1}
BF-30GZ-bl	Daha geniş	Belirgin	Belirgin (mavi pigment)	3279, 1226, 934, 904, 651 cm^{-1}
BF-30GZ-br	Geniş	Belirgin	Belirgin (kahverengi pigment)	2742, 2590, 1600, 1400, 651 cm^{-1}
BF-30GZ-pc	Geniş	Belirgin	Belirgin (fotokromik yapı katkısı)	1226, 1083, 1026, 669, 634 cm^{-1}

FTIR spektrumlarında 3279–3253 cm^{-1} aralığında gözlenen geniş bant hem aljinat hem de gliserol kaynaklı –OH gerilme titreşimlerine karşılık gelmektedir. Bu bant tüm senaryolarda mevcut olmakla birlikte, BF-30GZ-bl senaryosunda daha da geniş bir profile sahip olması, gliserolün hidroksil içeriği ve katkıların su tutma kapasitesi üzerindeki etkisini işaret etmektedir. 2929 ve 2889 cm^{-1} bölgelerindeki zayıf bantlar, alifatik C–H gerilmelerine işaret eder. 1600 ve 1400 cm^{-1} civarındaki bantlar, aljinat yapısındaki karboksilat gruplarına ait asimetrik ve simetrik COO^- gerilmelerini temsil etmektedir. ZnO katkılı senaryolarda bu bantlar daha keskin bir profile sahip olmuş, bu da COO^- grupları ile Zn^{2+} iyonları arasında iyonik etkileşimlerin gerçekleştiğini düşündürmektedir. Ayrıca, 1026 ve 995 cm^{-1} civarındaki güçlü pikler, polimer zincirindeki C–O–C ve C–O gerilmelerine karşılık gelmektedir ve bu bölge tüm senaryolarda yapının omurgasını oluşturan glikozidik bağları temsil eden tipik bir işarettir.

Temel spektral profile ek olarak, her katkı maddesi spektrumda kendine özgü değişimlere yol açmıştır. ZnO katkısı, düşük frekans bölgesinde (~620–650 cm^{-1}) gözlenen Zn–O gerilme titreşim bantları ile tespit edilebilmiştir. İnorganik boya katkıları, özellikle

1500–600 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan yeni bantlar ile FTIR spektrumunda belirgin hale gelmiş; bu bantlar genellikle pigmentlerin içerdiği aromatik halkalar, N–O ve C–N gerilmeleri ile metal içeren kompleks yapılardan kaynaklanmaktadır. BF-30GZ-br senaryosunda 2742 ve 2590 cm^{-1} civarında gözlenen ek bantlar uzun zincirli alifatik yapılarla ilişkili olabilir. Bu bölgelerdeki piklerin, pigmentle birlikte gelen yardımcı bileşenlerden veya üretim sürecinde oluşmuş olası yan ürünlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Fotokromik boya katkısı ise, özellikle 1226 cm^{-1} , 1083 cm^{-1} ve 634–669 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan yeni bantlarla tanımlanmakta ve bu yapıların matrise kimyasal olarak entegre olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, FTIR spektrumlarında gözlemlenen değişimler, katkı maddelerinin aljinat–gliserol matrisi ile farklı düzeylerde etkileşim kurduğunu göstermektedir. ZnO katkısı, COO^- grupları ile olası iyonik koordinasyon bağları oluştururken, fotokromik boya katkısı, özellikle 1226 cm^{-1} ve 634–669 cm^{-1} aralığında ortaya çıkan yeni bantlarla, matrisle daha doğrudan kimyasal bağlar kurmuş olabileceğini göstermektedir. Diğer katkı maddeleri ise FTIR’da belirgin değişikliklere yol açmakla birlikte, bu etkileşimlerin daha çok fiziksel tutunma veya kompleks oluşumu düzeyinde gerçekleştiği değerlendirilmektedir.

Spektral yapının genel hatlarıyla korunmuş olması, ana matrisin yapısal bütünlüğünün devam ettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, katkı maddelerinin büyük oranda dolgu fazı gibi davrandığı söylenebilir. Bu durum filmlerin mekanik performansında kısmi zayıflıklar göstermesine yol açabilirken, özellikle UV filtreleme kapasitesi başta olmak üzere optik özelliklerde belirgin iyileşmeler sağlayabilir.

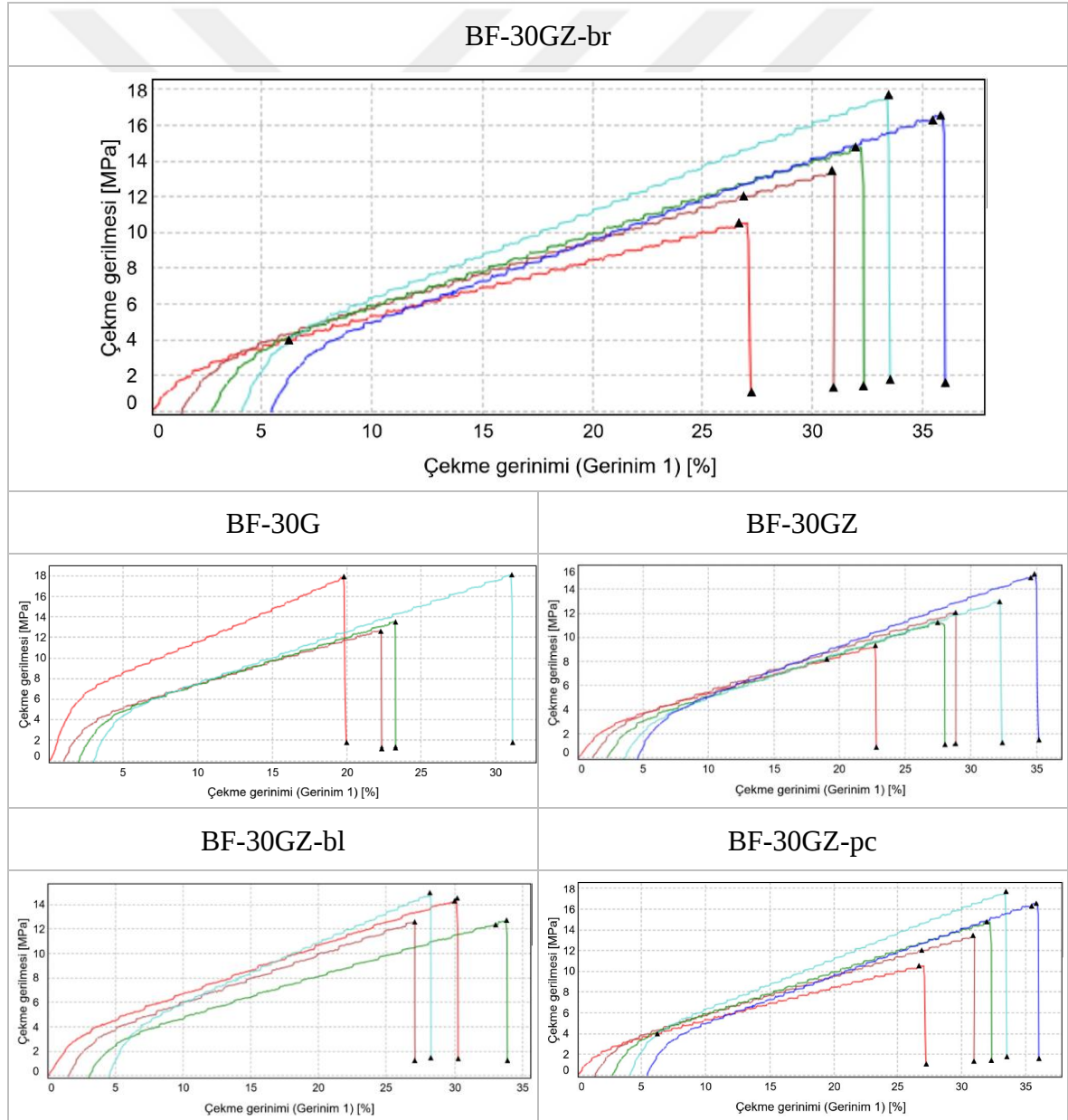
3.1.2. Mekanik Performans Analizi

Tablo 19’da tüm senaryoların mikrometrede ölçülen ortalama kalınlıkları (mm), mekanik testler sonucu elde edilen gerilme mukavemeti (TS, MPa) ve uzama yüzdeleri (EB, %) verilmiştir. Tablo 20’de ise senaryoların ölçüm yapılan tüm numunelerine ait çekme gerilmesi grafikleri sunulmuştur.

Tablo 19. Mekanik testlerde ölçülen numunelerin ortalama kalınlığı ile TS ve Eb sonuçları

Kod	Ort. kalınlık (mm)	TS (MPa)	Eb (%)
BF-30G*	0,076	15.58	22.50
BF-30GZ	0,081	12.18	27.40
BF-30GZ-bl	0,081	12.68	25.20
BF-30GZ-br	0,076	14.64	29.40
BF-30GZ-pc	0,088	9.00	25.00

Tablo 20. Tüm senaryolara ait çekme gerilmesi grafikleri



BF-30G senaryosu en yüksek gerilme mukavemetine sahip olmasına karşın diğer senaryolara göre daha düşük uzama yüzdesi sergilemesiyle daha kırılgan bir yapı ortaya koymaktadır. Bu durum, bu senaryonun tüm formülasyonlar içinde en sert ve en kırılgan yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

BF-30GZ ve BF-30GZ-bl senaryoları orta seviyede ve dengeli bir mekanik performans sunmaktadır. ZnO katkısı gerilme mukavemetinde bir miktar düşüşe sebep olurken, mavi boya katkısı ile bu değerde kısmi bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, tek başına ZnO partiküllerinin polimer matris içerisinde yeterince homojen dağılmaması veya matrisle yeterli bağ oluşturmaması ile açıklanabilir. Ancak mavi boya katkısı ile birlikte ZnO'nun dağılımının iyileştiği ve matris içinde daha sinerjik bir etkileşim sağlandığı düşünülmektedir.

Benzer formülasyona dayanan Aristizabal-Gil vd. (2019)'da, nano ZnO katkısını 0.1-5 g/L aralığında test edilmiş ve 0.5 g/L'ye kadar olan katkı oranlarında gerilme mukavemetinde yaklaşık %5 artış, uzama yüzdesinde ise %47'ye varan artış elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca söz konusu çalışmada, kullanılan gliserolün kurupolimere oranı %50 (a/a) olarak belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında ise opaklığın çok fazla artması istenmediği için ZnO katkısı 0.25 g/L ile sınırlandırılmıştır ve gliserol oranı %30'da tutulmuştur. Bu durum dikkate alındığında, ZnO oranının daha düşük olması ve gliserol oranının önceki çalışmaya göre daha az olması, özellikle gerilme mukavemetinde gözlemlenen düşüşü açıklayan önemli faktörler arasında değerlendirilebilir. ZnO'nun daha düşük oranda kullanılması, polimer matris içerisinde yeterli takviye etkisi oluşturmamasına neden olabilirken, gliserol oranı da bu çalışmaya göre zincir hareketliliğini sınırlandırarak matrisin sünekliğini azaltmış olabilir. Dolayısıyla, literatürde, ZnO'nun belirli oranlara kadar gerilme mukavemetini artırdığı rapor edilmesine karşın, bu çalışmada gözlenen düşüş, katkı oranının yetersizliğine bağlı olarak bilimsel açıdan tutarlı ve öngörülebilir bir sonuçtur. Bu bulgu FTIR analizleri ile de desteklenmektedir. BF-30GZ spektrumunda gözlenen yaklaşık 621 cm^{-1} civarındaki pik, ZnO'nun polimer yapıya fiziksel olarak dahil olduğunu, ancak matrise kimyasal bağlanma yerine büyük ölçüde fiziksel etkileşimler (örneğin hidrojen bağları) ile entegre olduğunu göstermektedir. Spektral yapının genel olarak korunmuş olması, ZnO katkı miktarının sınırlı fakat yapısal bozulmaya yol açmayacak düzeyde olduğunu da desteklemektedir.

Uzama açısından değerlendirildiğinde, ZnO katkısının uzamayı artırdığı, buna karşın mavi boya katkısının uzama değerini azalttığı görülmektedir. Bu durum, ZnO'nun düşük

oranda eklendiğinde polimer zincirleri arasında belirli bir hareket serbestliği sağlayarak yapıya esneklik kazandırdığı, buna karşılık mavi boya partiküllerinin zincirler arasında dolgu görevi görerek bu hareketliliği kısıtladığı şeklinde yorumlanabilir.

BF-30GZ-br senaryosu ise hem yüksek gerilme mukavemeti hem de yüksek uzama yüzdesi ile mekanik performans açısından en üstün formülasyon olarak öne çıkmaktadır. Bu çift yönlü olumlu etkinin olası sebebi, metal oksit esaslı kahverengi pigmentlerin zincir hareketliliğini kısıtlamaması ve ZnO ile birlikte yapıya katkı sağlaması olabilir. Ayrıca, katkı maddelerinin matris içerisinde homojen dağılmış olması ve aljinat–gliserol sistemi ile fiziksel (örneğin hidrojen bağları üzerinden) etkileşim kurmuş olması, yapının mekanik sürekliliğini artırarak bütünlüğünü korumasına katkı sağlamış olabilir.

BF-30GZ-pc senaryosu ise en düşük dayanımını göstermiştir. Bu dramatik düşüş fotokromik boya katkısının düşük miktarda eklenmesinden kaynaklanıyor olabilir. Düşük oranlı katkılar, özellikle matris içinde yeterince homojen dağılmadığında, etkin bir ara faz oluşturamamakta ve bu durum mekanik performansta belirgin zayıflamalara yol açabilmektedir. Bu bulgu, Mogharbel vd. (2024) tarafından yürütülen çalışmayla da paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, farklı oranlarda fotokromik katkılar test edilmiş; en düşük katkı oranı olan %0,5 (a/a) 'in, referans matris ile karşılaştırıldığında gerilme mukavemetini azalttığı, ancak daha yüksek katkı oranlarında dayanımın yeniden artış gösterdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, aşırı boya katkısı da faz ayrılmasına veya pıhtılaşmaya yol açarak mekanik performansta düşüşe yol açabilmektedir (Al-Qahtani vd., 2024). Edwards (2023), fotokromik boya katkısının mekanik performans üzerindeki etkisinin formülasyon ve film mimarisine oldukça duyarlı olduğunu vurgulamaktadır. Ek olarak, mekanik özelliklerin yalnızca boyanın içsel özelliklerine değil, aynı zamanda dağılımına, bağlanma moduna ve sodyum aljinat matrisiyle genel uyumluluğuna da bağlı olduğunu belirtmektedir.

Sonuç olarak, BF-30GZ-br senaryosu mekanik performans açısından üstündür. Ancak, biyoplastik filmler gölgeleme elemanı olarak kullanılacağı için ısı ve ışık geçirgenliği de optimum film seçiminde önemli bir parametredir.

3.1.3. Işık Geçirgenliği ve Opaklık Analizi

Tüm senaryoların UV (300-380 nm), görünür ışık (380-780 nm) ve güneş enerjisi (300-2500 nm) değerleri her bir dalga boyu için elde edilmiştir. Ek 3'te tüm senaryoların 1

nm dalga boyu aralıklarıyla tüm geçirgenlik, yansıtma ve K/S verileri yer almaktadır. Tablo 21’de belirli dalga boyları için tüm senaryoların ışık geçirgenlik ve opaklık değerleri özetlenmiştir.

Tablo 21. Tüm senaryoların belirli dalga boylarındaki ışık geçirgenlik ve opaklık değerleri

Kod	Işık geçirgenliği (0-1)				Opaklık	
	300 nm	380 nm	600 nm	780 nm	300 nm	600 nm
BF-30G*	0,308	0,645	0,870	0,893	6,72	0,79
BF-30GZ	0,164	0,422	0,813	0,855	9,70	1,11
BF-30GZ-bl	0,101	0,337	0,684	0,831	12,95	2,14
BF-30GZ-br	0,042	0,144	0,533	0,662	18,08	3,60
BF-30GZ-pc	0,076	0,254	0,762	0,815	12,70	1,34
*Referans senaryo						

Sonrasında Bölüm 1.6.7.3’de ayrıntılı olarak bahsedildiği gibi görünür bölge için CIE 65 spektrumu, UV ve güneş enerjisi bölgesi için AM 1.5 (ASTM G173) spektrumu kullanılarak ağırlıklı ortalamalar elde edilmiştir. Sonuçlar tüm bölgelerindeki ışık geçirgenliği, yansıtma ve absorpsiyon (K/S) değerleri ile Tablo 22’de özetlenmiştir.

Tablo 22. UV, görünür ve güneş enerjisi bölgeleri için geçirgenlik (T), yansıtma (P) ve K/S değerleri

Kod	UV			Görünür ışık			Güneş enerjisi		
	Tuv [0-1]	Ruv [0-1]	K/S	Tvis [0-1]	Rvis [0-1]	K/S	Tsol [0-1]	Rsol [0-1]	K/S
BF-30G*	0,541	0,057	7,470	0,838	0,072	5,975	0,852	0,070	6,175
BF-30GZ	0,296	0,052	8,262	0,760	0,103	3,920	0,792	0,094	4,518
BF-30GZ-bl	0,202	0,051	8,580	0,684	0,100	4,109	0,738	0,093	4,627
BF-30GZ-br	0,090	0,047	9,270	0,447	0,107	4,241	0,556	0,106	4,239
BF-30GZ-pc	0,164	0,052	8,276	0,690	0,145	2,596	0,730	0,132	3,100
*Referans senaryo									

Referans senaryo olan BF-30G, %54,1 oranında UV geçirmekte ve bu haliyle oldukça zayıf bir koruma sergilemektedir. BF-30GZ ve BF-30GZ-bl senaryoları, UV geçirgenliğini

belirgin şekilde azaltırken (sırasıyla %29,6 ve %20,2), yansıma özellikleri düşük olduğu için korumayı esas olarak soğurma yoluyla sağladıkları anlaşılmaktadır. BF-30GZ-br, sadece %9 geçirgenlik değeri ile UV filtreleme açısından en başarılı senaryodur. BF-30GZ-pc ise %16,4 geçirgenlikle nispeten orta seviyede koruma sağlamaktadır. K/S ve Tuv ile birlikte değerlendirildiğinde bu değerler desteklenmektedir. Hem UV geçirgenliği hem K/S açısından değerlendirildiğinde en iyi sonucu veren senaryo BF-30GZ-br'dir. BF-30GZ-pc senaryosu düşük UV geçirgenliği açısından en iyi ikinci senaryo olmasına karşın ikinci en yüksek K/S değerini BF-30GZ-bl sağlamaktadır. Sonuç olarak UV filtreleme açısından en iyiden en kötüye doğru senaryolar sırasıyla BF-30GZ-br, BF-30GZ-bl, BF-30GZ-pc, BF-30GZ, BF-30G'dir.

Görsel konfor açısından bakıldığında BF-30G referans senaryosu, %83,8 oranındaki ışık geçirgenliğiyle en şeffaf film olarak karşımıza çıkmaktadır. BF-30GZ (%76) ve BF-30GZ-bl (%68,4), doğal ışığı yeterli oranda geçirirken parlama ve sıcaklık kontrolünde daha dengeli davranış sergilemektedir. BF-30GZ-br, sadece %44,7 geçirgenlik değeri ile en düşük ışık geçirgenliğini sağlayan senaryodur. BF-30GZ-pc, %69 ışık geçirgenliği sağlamasıyla birlikte %14,5 yansıtma oranı ile en yüksek yansıtma özelliğine sahip senaryodur. Yüksek K/S daha fazla renk/soğurma ve dolayısıyla opak ve koyu görünüme neden olurken, düşük K/S açık, renksiz, şeffafa yakın yapı sergiler. Bu durumda malzemenin kullanım amacı optimum seçenek belirlerken önemlidir. Eğer maksimum şeffaflık ve renksizlik isteniyorsa, düşük K/S'li malzeme daha uygundur. Bu da BF-30GZ-pc senaryosunu optimum kılar. Eğer doğal ışığı yüksek oranda geçirirken hafif bir ton, kontrast ve estetik algı amaçlanıyorsa, BF-30G gibi yüksek K/S değerleri avantajlıdır.

Toplam güneş enerjisi açısından BF-30G, %85,2 geçirgenlikle en yüksek ısı kazancına yol açar. BF-30GZ (%79,2) ve BF-30GZ-bl (%73,8), daha kontrollü ısı geçişi sağlar ve bu sayede enerji verimliliğini artırabilir. En etkili güneş kontrolü BF-30GZ-br (%55,6) ile sağlanmaktadır. BF-30GZ-pc, BF-30GZ ve BF-30GZ-bl senaryolarına yakın bir seviyede (%73) bir geçirgenlik sunarken aynı zamanda diğer senaryolardan daha yüksek yansıma yapmaktadır.

Özetle, UV koruması açısından en iyi senaryo BF-30GZ-br'dir, ancak görünür ışık geçirgenliği diğer senaryolara kıyasla düşük olduğundan günışığı ihtiyacının yoğun olduğu mekanlarda dezavantajlı olabilir. En yüksek ışık geçirgenliğini BF-30G referans senaryosu sağlamaktadır ancak onun da UV koruması diğer senaryolara göre nispeten düşük ve ısı kontrolü zayıftır. BF-30GZ, BF-30GZ-bl ve BF-30GZ-pc senaryoları benzer ve nispeten

dengeli sonuçlar vermektedir. BF-30GZ-pc senaryosu diğer iki senaryoya göre hem görsel hem termal olarak daha yansıtıcı bir yüzeye sahiptir. Bu durum iç mekanda gelen ışığın bir kısmı camın iç yüzeyinden tekrar kullanıcıya doğru yansıtılacağı için ekran yansımaları problemine neden olabilir. Ayrıca dış cephede de parlamaya yol açabilir. Ancak ısı kontrolü açısından yansımanın yüksek olması olumlu değerlendirilir.

3.1.4. Isıl İletkenlik Analizi

Biyoplastik film senaryolarına ait ısı iletkenlik, ısı yayılım katsayısı, ısı efüzyon ve hacimsel özgül ısı kapasitesi verileri Tablo 23'te sunulmuştur. Tüm senaryolara ilişkin Geçici Düzlem Kaynak (Transient Plane Source, TPS) yöntemine dayalı zaman-sıcaklık eğrileri Ek 4'te verilmiştir.

Tablo 23. Biyoplastik film senaryolarına ait ısı davranışlar

Kod	Isıl iletkenlik (W/m·K)	Isıl yayılım katsayısı (mm ² /s)	Isıl efüzyon (W√s/(m ² K))	Hacimsel özgül ısı kapasitesi (MJ/m ³ ·K)
BF-30G*	0,0284	0,2539	56,45	0,112
BF-30GZ	0,0484	0,0360	255,3	1,346
BF-30GZ-bl	0,0489	0,0367	255,1	1,331
BF-30GZ-br	0,0515	0,0334	281,7	1,542
BF-30GZ-pc	0,0439	0,0368	228,6	1,191
*Referans senaryo				

Referans senaryo olan BF-30G, 0.0284 W/m·K ile oldukça düşük bir ısı iletkenlik sergileyerek güçlü bir yalıtım özelliği göstermiştir. Nano ZnO içeren BF-30GZ senaryosunda ise bu değer 0.0484 W/m·K'e yükselmiş; böylece ZnO katkısının ısı iletimini artırıcı etkisi net biçimde gözlemlenmiştir. Bu artış, ZnO'nun ısıyı daha iyi ileten bir dolgu fazı gibi davranarak matriste ısı iletken yollar oluşturduğunu göstermektedir. Aynı senaryoda, hacimsel özgül ısı değerinin de yüksek çıkması, bu yapının aynı zamanda ısıyı daha fazla depolayabildiğini ortaya koymaktadır.

Mavi pigment katkılı BF-30GZ-bl senaryosunda ısı iletkenlik değeri 0.0489 W/m·K ile ZnO katkılı referansla oldukça benzer düzeyde kalmıştır. Bu, mavi pigmentin düşük

oranda kullanımı nedeniyle ısı özelliklerinde belirgin bir değişim yaratmadığını göstermektedir. Buna karşılık, kahverengi pigment katkısı içeren BF-30GZ-br senaryosunda iletkenliğin artarak $0.0515 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 'e ulaştığı görülmüştür. Aynı zamanda hacimsel özgül ısı da en yüksek değerlerden birini göstermektedir. Bu durum, kahverengi pigmentin ZnO ile sinerji oluşturarak hem ısı iletkenliğini hem de ısı depolama kapasitesini artırdığına işaret etmektedir. Fotokromik boya katkılı BF-30GZ-pc senaryosu $0.0439 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ değeri ile ZnO katkılı senaryolar arasında en düşük ısı iletkenlik değerini vermiştir. Buna rağmen bu değer, referans senaryonun yaklaşık iki katıdır.

Isı iletkenliğindeki bu artışların, katkılarının matrise ısı iletim yolları eklemesi veya faz dağılımını değiştirmesiyle ilişkilendirilebilir. Diğer yandan, hacimsel özgül ısı ($\text{MJ/m}^3\cdot\text{K}$) ve ısı yayılım katsayısı (mm^2/s) gibi tamamlayıcı parametreler de senaryolar arasında değişkenlik göstermiştir.

Literatürde, sodyum aljinat esaslı filmlerin ısı dayanımına dair çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, doğrudan ısı iletkenlik değerlerine nadiren rastlanmaktadır. Sodyum aljinat, selüloz ve aktif karbondan elde edilen köpük kompozitlere dair bir çalışmada (Ergün vd., 2024) ısı iletkenlik değerleri $0,0275\text{--}0,0883 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ aralığında raporlanmıştır. Film bileşimine ve işleme koşullarına bağlı olarak bu değer değişebildiği gibi, katkı maddelerine göre de artış gösterdiği bildirilmektedir (Tan vd., 2022). Franco-Bacca vd. (2021), manyok nişastası biyopolimerlerinde boraks ilavesinin etkisini incelediği çalışmada $0,31\text{--}0,82 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ aralığında değerler elde etmiştir. Daha ileri düzey katkılarla (örneğin karbon nanotüpler veya yüksek iletkenlikli dolgu fazları), bu değerler teorik olarak $5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ düzeyine kadar çıkarılabilmektedir (Cataldi vd., 2020). Bu da biyoplastiklerin ısı performans yönünden işlevsel olarak optimize edilebilir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Isı iletkenlik karakterizasyonu ile elde edilen tüm veriler, literatürde bildirilen aralıklarla uyumludur. Bu bulgular, biyoplastik filmlerin oldukça düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğunu ve bu özelliğiyle güneş kaynaklı ısı kazançlarını sınırlandırabileceğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, biyoplastik filmlerin pasif ısı kontrolüne katkı sağlayan potansiyel bir gölgeleme malzemesi olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

3.2. Simülasyon Test Sonuçları

Bu bölümde, DesignBuilder ortamında gerçekleştirilen enerji ve güneş ışığı simülasyonu çıktıları raporlanmaktadır. Her iki başlık için sonuç verileri ayrı ayrı değerlendirildikten sonra enerji ve güneş ışığı performansını birlikte maksimize eden optimum senaryoların belirlenmesine yönelik analiz gerçekleştirilmiştir.

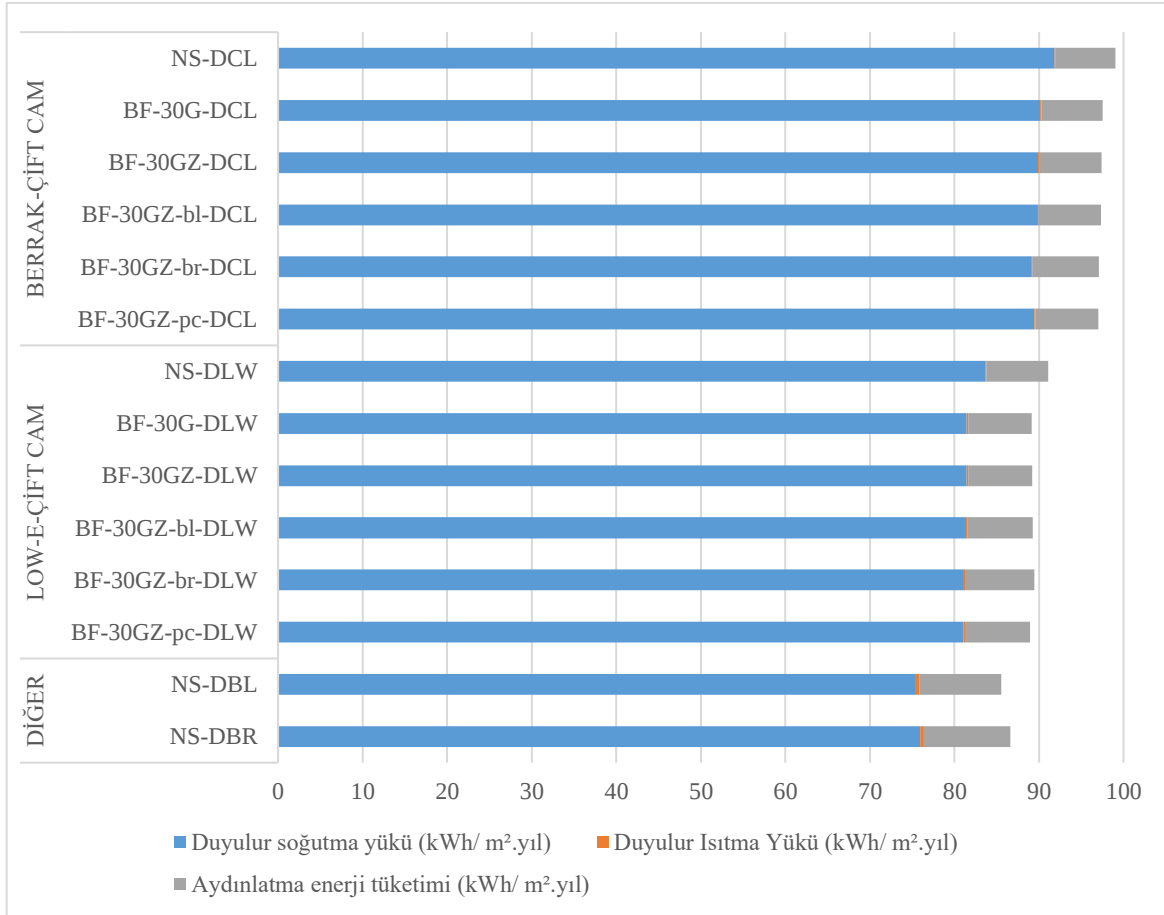
3.2.1. Enerji Simülasyon Sonuçları

Bölüm 2.4.3’de ayrıntılı olarak açıklanan 14 senaryoya ait enerji simülasyon sonuçları Tablo 24’te özetlenmiştir.

Tablo 24. Senaryolara göre birim metrekare başına yıllık duyulur enerji yükleri, aydınlatma ve toplam enerji tüketimi

	Kod	Duyulur soğutma yükü (kWh/m ² .yıl)	Duyulur Isıtma Yükü (kWh/m ² .yıl)	Aydınlatma enerji tüketimi (kWh/m ² .yıl)	Toplam enerji tüketimi (kWh/m ² .yıl)
BERRAK-ÇİFT CAM	NS-DCL	91,83	0,168	7,06	99,06
	BF-30G-DCL	90,13	0,172	7,24	97,54
	BF-30GZ-DCL	89,92	0,172	7,34	97,43
	BF-30GZ-bl-DCL	89,74	0,172	7,46	97,37
	BF-30GZ-br-DCL	89,05	0,172	7,89	97,11
	BF-30GZ-pc-DCL	89,44	0,173	7,44	97,05
LOW-E-ÇİFT CAM	NS-DLW	83,62	0,18	7,27	91,07
	BF-30G-DLW	81,46	0,19	7,47	89,12
	BF-30GZ-DLW	81,45	0,19	7,58	89,22
	BF-30GZ-bl-DLW	81,38	0,185	7,71	89,27
	BF-30GZ-br-DLW	81,1	0,184	8,17	89,45
	BF-30GZ-pc-DLW	81,09	0,185	7,68	88,95
DİĞER	NS-DBL	75,42	0,465	9,69	85,57
	NS-DBR	75,93	0,454	10,24	86,62

Tabloda birim metrekare başına ofis modülünün yıllık duyulur enerji yükleri, aydınlatma ve toplam enerji tüketimi yer almaktadır. Toplam enerji tüketimi ($\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{yıl}$), yıllık duyulur ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimi değerlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır. Şekil 39’da sonuçların grafiksel karşılaştırması görülmektedir.



Şekil 39. Yıllık soğutma ve ısıtma yükleri ile aydınlatma enerji tüketimi karşılaştırması

İlk olarak gölgeleme elemanı kullanılmayan yalnızca cam tipi değiştirilen senaryolar kendi aralarında karşılaştırılmış; daha sonra, gölgeleme elemanı kullanılan berrak cam tipi ile gerçekleştirilen enerji tüketimi analizlerinde gölgeleme kullanılmayan referans NS-DCL senaryosu ile; gölgeleme elemanı kullanılan Low-E cam tipi ile gerçekleştirilen enerji tüketimi analizlerinde gölgeleme kullanılmayan referans NS-DLW senaryosu ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Son olarak, mavi ve kahverengi gölgeleme elemanı kullanılan tüm senaryolar gölgeleme kullanılmayan mavi ve bronz renkli cam tipinin kullanıldığı referans senaryolarla karşılaştırılmıştır.

Tablo 25. Senaryoların enerji tasarrufu açısından karşılaştırmaları

	Kod	Yıllık duyulur soğutma yükü-Fark (%)	Yıllık duyulur ısıtma yükü-Fark (%)	Yıllık aydınlatma enerji tüketimi- Fark (%)	Toplam yıllık enerji tüketimi- Fark (%)
GÖLGELEMESİZ	NS-DCL*	0,00	0,00	0,00	0,00
	NS-DLW	-8,94	+7,14	+2,97	-8,06
	NS-DBL	-17,87	+176,79	+37,25	-13,61
	NS-DBR	-17,31	+170,24	+45,04	-12,55
BERRAK/ ÇİFT CAM	NS-DCL*	0,00	0,00	0,00	0,00
	BF-30G-DCL	-1,85	+2,38	+2,55	-1,53
	BF-30GZ-DCL	-2,08	+2,38	+3,97	-1,64
	BF-30GZ-bl-DCL	-2,28	+2,38	+5,67	-1,7
	BF-30GZ-br-DCL	-3,03	+2,38	+11,76	-1,96
	BF-30GZ-pc-DCL	-2,61	+2,98	+5,38	-2,02
LOW-E/ ÇİFT CAM	NS-DLW*	0,00	0,00	0,00	0,00
	BF-30G-DLW	-2,58	+5,56	+2,75	-2,14
	BF-30GZ-DLW	-2,60	+5,56	+4,26	-2,03
	BF-30GZ-bl-DLW	-2,68	+2,78	+6,05	-1,97
	BF-30GZ-br-DLW	-3,01	+2,22	+12,38	-1,77
	BF-30GZ-pc-DLW	-3,03	+2,78	+5,64	-2,32
DİĞER	NS-DBL*	0,00	0,00	0,00	0,00
	BF-30GZ-bl-DCL	+18,98	-63,01	-23,01	+13,78
	BF-30GZ-bl-DLW	+7,89	-60,22	-20,46	+4,32
	NS-DBR*	0,00	0,00	0,00	0,00
	BF-30GZ-br-DCL	+17,28	-62,12	-22,93	+12,11
	BF-30GZ-br-DLW	+6,80	-59,47	-20,22	+3,27

*Referans senaryo

Karşılaştırmalar metrekare başına yıllık soğutma, ısıtma, aydınlatma ve toplam enerji tüketimi farkları (%) üzerinden yapılmıştır. Tüm karşılaştırma verileri referans senaryolara göre artış ve azalış olarak yüzdesi olarak Tablo 25' te tanımlanmıştır.

- Gölgeleme elemanı kullanılmayan senaryolar:

Berrak cam tipine göre diğer cam tipleri güneş ışıınımını sınırlayarak tüm senaryolarda soğutma yükünün azalmasına neden olmuştur. En yüksek azalma NS-DBL senaryosunda %17,87 oranında gerçekleşmiştir. Toplam enerji tüketiminde de en yüksek azalma bu senaryo ile gerçekleşmiştir. Ancak, ısıtma ve aydınlatma enerji ihtiyacı için durum tam tersidir. Duyulur ısıtma yükündeki ve aydınlatma enerji tüketimindeki en düşük artış NS-DLW senaryosunda sırasıyla %7,14 ve %2,97 olurken; en yüksek artış NS-DBL ve NS-DBR senaryoları için benzer düzeylerde gerçekleşmiş sırasıyla yaklaşık ortalama %173 ve %41 olmuştur.

- Berrak cam tipi ile oluşturulan senaryolar:

Berrak cam tipi ile gerçekleştirilen enerji tüketimi analizlerinde, referans senaryoya kıyasla, tüm biyoplastik film katkılı senaryoların duyulur soğutma yükünde anlamlı oranda azalma sağladığı gözlemlenmiştir. Soğutma yükünde en yüksek azalma %3,03 ile kahverengi boya katkılı BF-30GZ-br-DCL senaryosunda görülmüştür. Isıtma yükünde ise genel olarak tüm senaryolarda referans senaryoya kıyasla ihmal edilebilir düzeyde küçük bir artış kaydedilmiştir.

Aydınlatma enerji tüketiminde en yüksek artış görünür ışık geçirgenliği en düşük senaryo olan BF-30GZ-br-DCL senaryosunda %11,76 ile gerçekleşmiştir. En düşük artış %2,55 ile BF-30G-DCL senaryosunda görülürken, BF-30GZ-pc-DCL senaryosu %5,38'lik artışla dengeli bir performans sergilemiştir. Aydınlatma yükündeki artışın sebebi opaklığın artışıdır. Bu artış ile birlikte iç mekana ulaşan günışığı miktarında azalma olmakta bu da günışığı kullanılan saatleri azaltarak yapay aydınlatma kullanımını artırmaktadır.

Toplam enerji tüketimi açısından değerlendirildiğinde en verimli senaryonun BF-30GZ-pc-DCL olduğu söylenebilir. Hem soğutma yükündeki azalma hem de orta düzeydeki aydınlatma yükü artışı sayesinde toplam enerji tüketimi açısından %2,03 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır.

- Düşük emisyonlu cam tipi (Low-E) ile oluşturulan senaryolar:

Gölgeleme elemanı kullanılan tüm senaryolarda referans senaryo ile karşılaştırıldığında özellikle duyulur soğutma yüklerinde anlamlı düşüşler sağlandığı gözlemlenmiştir. Berrak cam tipi ile oluşturulan senaryolarda olduğu gibi Low-E cam tipiyle

oluşturulan senaryolar içinde de öngörülebileceği gibi en yüksek azalma %3,01 ile kahverengi boya katkılı BF-30GZ-br-DLW senaryosunda elde edilmiştir.

Isıtma yükleri açısından değerlendirildiğinde ise tüm senaryolarda %2 ila %5,5 aralığında artışlar tespit edilmiştir, ancak bu farklar genel enerji dengesinde ihmal edilebilir düzeyde kalmıştır. Aydınlatma enerji tüketimi açısından ise film katkıları ile birlikte artış eğilimi dikkat çekmektedir. Özellikle BF-30GZ-br-DLW senaryosunda %12,38'lik belirgin bir artış gözlenmiştir. Mavi pigment boya (BF-30GZ-bl-DLW) ve fotokromik boya (BF-30GZ-pc-DLW) katkılı senaryolarda ise bu artış daha sınırlı düzeydedir.

Toplam enerji tüketimi açısından diğer gölgeleme senaryoları toplam tüketimde %2'ye kadar tasarruf sağlarken, en yüksek azalma %2,32 oranında BF-30GZ-pc-DLW senaryosuyla elde edilmiştir.

- Diğer senaryolar:

Tüm değerlendirmelere ek olarak, mavi renkli gölgeleme elemanı kullanılan senaryolar mavi renkli cam tipi kullanılan senaryo ile; kahverengi gölgeleme elemanı kullanılan senaryolar bronz renkli cam tipi kullanılan senaryo karşılaştırılmıştır.

Gölgelemesiz mavi renkli cam tipi (NS-DBL) senaryosu gölgeleme kullanılan senaryolara göre daha düşük soğutma yükü sağlaması açısından avantajlıdır. BF-30GZ-bl-DCL senaryosu soğutma yükünde %18,98'lik bir artış sağlarken, BF-30GZ-bl-DLW senaryosu %7,89'la nispeten daha düşük bir artışa sebep olmuştur. Aynı zamanda bu senaryolar ısıtma yükünü sırasıyla %63,01 ve %60,22 oranında, aydınlatma enerji tüketimini %%23,01 ve %20,46 oranında düşürmüştür.

Benzer durum bronz renkli cam ile yapılan karşılaştırmalarda görülmüştür. Gölgeleme varlığına rağmen cam tipi farklılıkları sonuçları oldukça etkilemiştir. BF-30GZ-br-DCL senaryosu gölgeleme varlığına rağmen NS-DBR senaryosundan daha fazla soğutma yüküne (%17,28) sebep olmuştur. BF-30GZ-br-DLW senaryosu nispeten daha az bir artışa (%6,80) sebep olmuştur. Bu senaryolar ısıtma yüklerinde sırasıyla %62,12 ve %59,47'lik, aydınlatma enerji tüketiminde ise sırasıyla %22,93 ve %20,22'lik bir azalma göstermişlerdir. Soğutma yükündeki artışın, ısıtma yükünde ve aydınlatma enerji tüketimindeki bu ciddi düşüşün asıl sebebi gölgeleme elemanından ziyade cam tipidir denilebilir.

Gölgelemesiz NS-DBL ve NS-DBR, yaz aylarında serinlik açısından avantaj sağlarken, ısıtma sezonu ve görsel konfor açısından zayıf kalmıştır. BF-30GZ-bl-DCL ve BF-30GZ-br-DCL, ısıtma ve aydınlatmada ciddi tasarruf sunsa da toplam enerji tüketiminde

yüksek kalmaktadır. BF-30GZ-bl-DLW ve BF-30GZ-br-DLW daha dengeli senaryolar olup görsel konforu artırırken, toplam enerjide sadece sırasıyla %4,32 ve %3,27 artış göstermiştir.

3.2.2. Güneşli Simülasyonu Sonuçları

Güneşli simülasyonu kapsamında gölgeleme-cam tipi kombinasyonlarıyla hazırlanan senaryoların DesignBuilder programından elde edilen çıktıları, mekânsal güneşli otonomisi (sDA) ve faydalı güneşli aydınlatması (UDI) metrikleri özelinde Tablo 26’da güneşli haritaları ise Ek 5’te sunulmuştur.

Tablo 26. Güneşli metriklerine bağlı analiz sonuçları

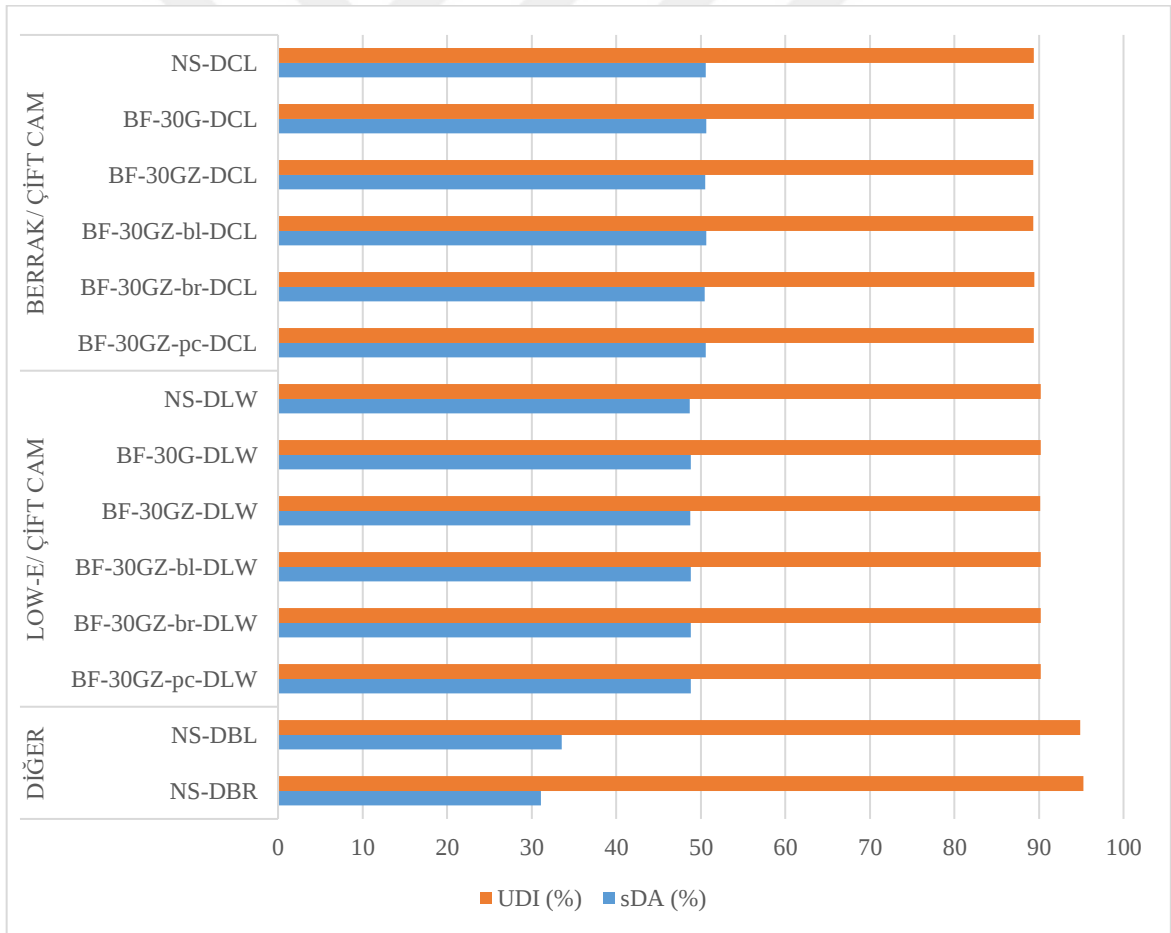
	Kod	sDA (%)	UDI (%)
GÖLGELEMESİZ	NS-DCL*	50,620	89,387
	NS-DLW	48,676	90,22
	NS-DBL	33,562	94,851
	NS-DBR	31,098	95,258
BERRAK/ ÇİFT CAM	NS-DCL*	50,620	89,387
	BF-30G-DCL	50,639	89,368
	BF-30GZ-DCL	50,528	89,350
	BF-30GZ-bl-DCL	50,658	89,331
	BF-30GZ-br-DCL	50,491	89,461
	BF-30GZ-pc-DCL	50,602	89,405
LOW-E/ ÇİFT CAM	NS-DLW*	48,676	90,22
	BF-30G-DLW	48,805	90,22
	BF-30GZ-DLW	48,750	90,128
	BF-30GZ-bl-DLW	48,842	90,22
	BF-30GZ-br-DLW	48,824	90,239
	BF-30GZ-pc-DLW	48,805	90,202

Tablo 26.'nın devamı

DİĞER	NS-DBL*	33,562	94,851
	BF-30GZ-bl-DCL	50,658	89,331
	BF-30GZ-bl-DLW	48,842	90,22
	NS-DBR*	31,098	95,258
	BF-30GZ-br-DCL	50,491	89,461
	BF-30GZ-br-DLW	48,824	90,239

*Referans senaryo

Şekil 40'da günışığı analiz sonuçlarının grafiksel karşılaştırması verilmiştir.



Şekil 40. Günışığı analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Günişliği simülasyon sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- sDA (%): Özellikle gölgeleme elemanı mevcut olan berrak cam tipi ile oluşturulan senaryolar en yüksek günişliği yeterliliği sunmaktadır. En yüksek sDA değerlerini veren senaryolar; BF-30GZ-bl-DCL (50,658), BF-30G-DCL (50,639), BF-30GZ-pc-DCL (50,602), NS-DCL (50,620)'dır. Buna karşılık, en düşük sDA değerleri gölgelemesiz renkli cam senaryolarında NS-DBR (31,098) ve NS-DBL (33,562) hesaplanmıştır.
- UDI (%): En yüksek UDI değerleri renkli cam tipleri kullanılan senaryolarda elde edilmiştir: NS-DBR (95,258) ve NS-DBL (94,851). Bu senaryolar düşük sDA değerlerine sahip olduklarından mekâna yeterli düzeyde günişliği sağlayamamaktadır; ancak sağlanan ışık, büyük ölçüde konforlu sınırlar içinde kaldığı için UDI değerleri yüksek çıkmıştır.

Özetle, gölgelemesiz senaryolar, her ne kadar yüksek UDI vermiş olsa da, %50 oranı altındaki sDA değerlerinden ötürü dezavantajlı bir konumdadır. Buna karşılık gölgelemenin mevcut olduğu senaryolarda, berrak cam tipinde sDA değeri %50 sınırını aşmış, Low-E cam tipinde ise %48 ile bu değere oldukça yaklaşmıştır. IES LM-83 standardının öngördüğü eşik 300 lux olmakla birlikte (IESNA, 2023), bu çalışmada hedef aydınlık düzeyi 500 lux olarak belirlendiğinden, küçük farklılıkların kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

3.2.3. Optimizasyon

Tüm simülasyon senaryoları arasında en düşük enerji ihtiyacı yaratan ve en yüksek günişliği katkısı sunan senaryonun belirlenebilmesi amacıyla optimizasyon adımı uygulanmıştır. Bu aşamada, enerji (ısıtma, soğutma ve aydınlatma) ve günişliği (sDA, UDI) performans göstergeleri birlikte değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde herhangi bir uzman görüşüne başvurulmamış, tamamen veriye dayalı ve nesnel bir yaklaşım olan CRITIC yöntemi (Diakoulaki vd., 1995) kullanılmıştır. Bu yöntemde, her bir kriterin varyansı ve diğer kriterlerle olan korelasyonu birlikte ele alınır. Böylece, bilgi içeriği en yüksek olduğu belirlenen kriterlere daha fazla ağırlık atanır. Bu sayede enerji ve günişliği performansı açısından en dengeli çözüm objektif bir biçimde seçilebilir.

Optimizasyon iki kademeli olarak yürütülmüştür. İlk aşamada ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimi 'Enerji Performansı İndeksi (EP)' altında; sDA ve UDI ise 'Günişliği Performansı İndeksi (DP)' altında toplanmıştır. Her iki indeks için de ayrı ayrı

ağırlıklandırma yapılmıştır. İkinci aşamada, EP ve DP değerleri yine CRITIC yöntemiyle üst düzeyde ağırlıklandırılmış ve tüm senaryoların nihai Global Skor değerleri buna göre hesaplanmıştır. Son olarak, enerji–günüşığı performans dengesinin daha kapsamlı değerlendirilebilmesi amacıyla Pareto analizi uygulanmış ve baskın (Pareto-optimum) çözümler belirlenmiştir. Böylece karar sürecine herhangi bir sübjektif önceliklendirmeden kaçınılmış hem enerji tüketimi hem de günüşığı konforu açısından baskın çözümler objektif olarak ortaya konulmuştur.

Bu amaçla ilk olarak tüm kriterler 0–1 aralığına normalize edilmiştir. EP (SET, IET, AET) için düşük değerlerin daha iyi olması nedeniyle ters min–max normalizasyon (Formül 8); DP (sDA, UDI) için de yüksek değerlerin daha iyi olması nedeniyle min–max normalizasyon (Formül 9) uygulanmıştır.

$$X'_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (8)$$

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (9)$$

i : Senaryo indeksi

j : Kriter indeksi

X_{ij} : Kritere ait ilgili senaryo verisi

X'_{ij} : Kritere ait ilgili senaryo verisinin normalize değeri

X_{max}, X_{min} : İlgili kriterin maksimum ve minimum değerleri

Ardından her bir kriterin ayırt ediciliğini belirlemek için kriterin normalize edilmiş dağılımı üzerinden o kritere ait standart sapma (σ_j) hesaplanmıştır. Sonraki aşamada kriterler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları (r_{jk}) hesaplanarak bir kriterin diğer kriterlerle yüksek korelasyona sahip olup olmadığı belirlenmiştir. Yüksek korelasyon, kriterlerin benzer bilgi taşıdığını; düşük korelasyon ise bağımsız olduklarını göstermektedir. Daha sonra, her kriter için varyans (σ) ve diğer kriterlerle olan korelasyon ilişkileri birlikte değerlendirilmiş ve bilgi içeriği (C_j) değeri şu formülle hesaplanmıştır:

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (10)$$

Bilgi içeriği katsayısı hesaplandıktan sonra bu değerin normalize edilmesiyle kriter ağırlıkları (w_j) elde edilmiştir:

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k} \quad (11)$$

Tablo 27’de uygulanacak olan iki aşamalı optimizasyon için kriterler bazında hedefler ve CRITIC yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar özetlenmiştir.

Tablo 27. Kriterler için belirlenen hedefler ve ağırlıklar

	ENERJİ			GÜNEŞİĞİ	
	SET	IET	AET	sDA (%)	UDI (%)
Hedef	Minimizasyon			Maksimizasyon	
Ağırlıklar	0.5061	0.2640	0.2299	0.4976	0.5024
	0.5344			0.4655	

Kriter ağırlıkları elde edildikten sonra her bir senaryonun performansını temsil eden bileşik skor değerleri hesaplanmıştır. Bu işlem, öncelikle EP ve DP için ayrı ayrı uygulanmış, ardından bu iki grubun birleşimiyle genel sıralama elde edilmiştir. Böylece senaryolar, toplam skorlarına göre en yüksekten en düşüğe sıralanmıştır. En yüksek skor en uygun (optimum) senaryoyu temsil eder. Tablo 28’de bu yöntemin mevcut senaryolara uygulanmasıyla elde edilen karar matrisi görülmektedir.

BF-30G-DLW senaryosu optimum enerji ve güneşiği dengesi sunmaktadır. Bu senaryoyu BF-30GZ-bl-DLW, BF-30GZ-pc-DLW ve BF-30GZ-br-DLW senaryoları izlemektedir. İlk 6 senaryo Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryolardan oluşmaktadır. Bu cam tipini sırasıyla mavi cam (DBL), bronz cam (DBR) ve berrak cam (DCL) takip etmektedir. Bu sonuçlar, Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryoların, diğer cam tiplerine göre daha dengeli bir enerji-güneşiği performansı sağladığını ortaya koymaktadır.

Yıllık toplam enerji tüketimi açısından ilk beş senaryo karşılaştırıldığında, en düşük tüketim değeri BF-30GZ-pc-DLW senaryosunda elde edilmiştir. Bu sonuç yalnızca bu grup içinde değil, tüm senaryolar arasında da en düşük toplam enerji tüketimi değerini temsil etmektedir. Bu yönüyle, fotokromik katkılı ve Low-E cam tipiyle oluşturulan bu senaryo, enerji verimliliği açısından en avantajlı çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 28. Optimum senaryo seçimi için oluşturulan karar matrisi

Kod	Enerji			Güneş ışığı		Skor		
	SET	IET	AET	sDA (%)	UDI (%)	EP	DP	Global
BF-30G-DLW	81,46	0,19	7,47	48,81	90,22	0,765	0,526	0,934
BF-30GZ-bl-DLW	81,38	0,19	7,71	48,84	90,22	0,754	0,527	0,926
BF-30GZ-pc-DLW	81,09	0,19	7,68	48,81	90,20	0,765	0,524	0,915
BF-30GZ-br-DLW	81,1	0,18	8,17	48,82	90,24	0,730	0,528	0,895
NS-DLW	83,62	0,18	7,27	48,68	90,22	0,721	0,523	0,805
BF-30GZ-DLW	81,45	0,19	7,58	48,75	90,13	0,757	0,517	0,796
NS-DBL	75,42	0,47	9,69	33,56	94,85	0,546	0,531	0,568
BF-30GZ-pc-DCL	89,44	0,17	7,44	50,60	89,41	0,536	0,502	0,170
BF-30GZ-br-DCL	89,05	0,17	7,89	50,49	89,46	0,516	0,504	0,157
BF-30G-DCL	90,13	0,17	7,24	50,64	89,37	0,530	0,500	0,129
NS-DBR	75,93	0,45	10,24	31,10	95,26	0,500	0,502	0,101
BF-30GZ-bl-DCL	89,74	0,17	7,46	50,66	89,33	0,526	0,498	0,086
NS-DCL	91,83	0,17	7,06	50,62	89,39	0,494	0,501	0,073
BF-30GZ-DCL	89,92	0,17	7,34	50,53	89,35	0,529	0,496	0,069

Berrak cam tipi kullanılan senaryolarda ise optimum sonucu BF-30GZ-pc-DCL senaryosu vermiştir. Buna istinaden fotokromik boya katkısı kullanılan senaryoların hem ısı kazançlarını azaltmada hem de güneş ışığı ile yeterli aydınlık sağlamada başarılı bir denge kurduğu söylenebilir. Bu bulgu, fotokromik boyanın ışık geçirgenliğini koşullara bağlı olarak değiştirebilme özelliği sayesinde enerji ve optik performans arasında etkin bir denge kurabildiğini göstermektedir.

Nano çinko katkılı filmlerle oluşturulan gölgeleme senaryolarında referans senaryoya göre performans düşüşü gözlemlenmiş olsa da bu durumun özellikle mavi, kahverengi ve

fotokromik boya katkısıyla bir miktar iyileştiği görülmüştür. Kullanılan pigmentlerin performansları cam tiplerine göre değişim göstermiştir. DLW için en iyi performansı mavi pigment katkısı en iyi sonucu verirken, DCL cam tipinde fotokromik katkı daha iyidir.

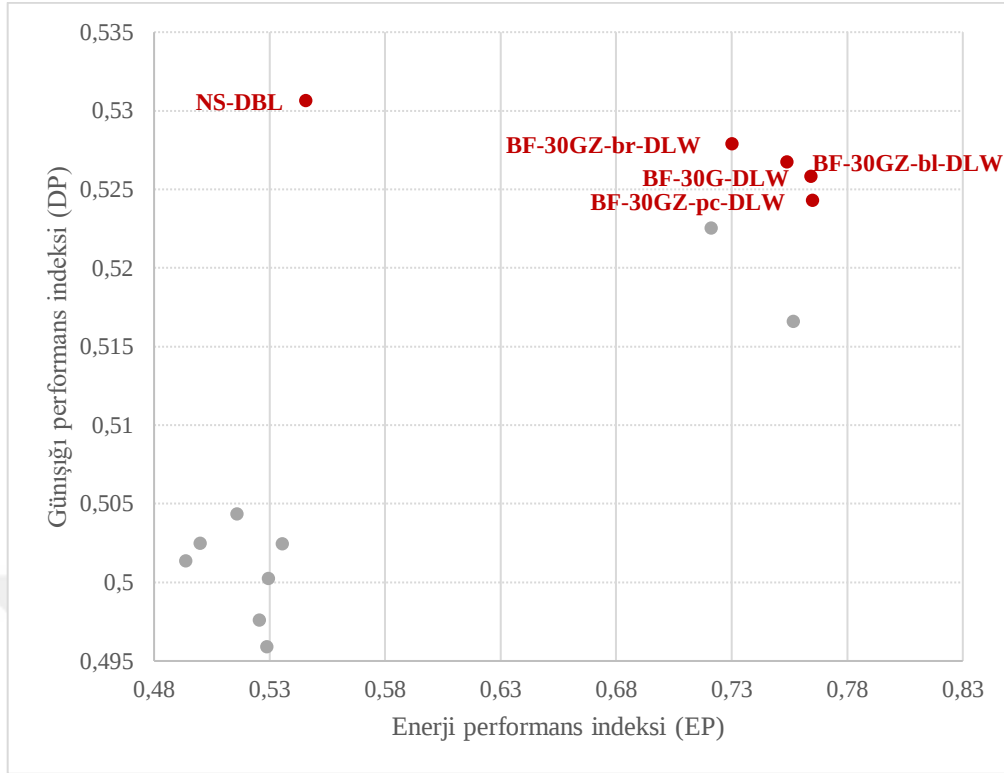
Elde edilen veriler cam tipi seçiminin sonuçlar üzerindeki belirleyici etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır. Örneğin, gölgeleme elemanı kullanılmamasına karşın NS-DLW ve NS-DBL senaryoları, berrak cam tipinde gölgeleme kullanılan senaryolardan daha başarılı sonuçlar sağlamıştır. NS-DBR senaryosu da sırasıyla BF-30GZ-bl-DCL, NS-DCL ve BF-30GZ-DCL senaryolarından daha yüksek skora sahiptir.

BF-30GZ-DLW ve BF-30GZ-DCL senaryolarının kendi cam tiplerine ait senaryolar arasında en düşük skoru vermesi de dikkat çekicidir. Buna göre boya katkısı kullanılmayan nano çinko oksit katkılı gölgeleme senaryoları gölgeleme kullanılmayan duruma göre daha kötü sonuç vermektedir. Buna göre, boya katkılarının enerji ve güneşliği dengesi kurmada daha etkili olduğu söylenebilir.

3.2.3.1. Pareto Analizi

Çok kriterli karar verme (MCDM) süreci sonucunda elde edilen enerji (EP) ve güneşliği (DP) performans indeksleri, çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı kapsamında Pareto analiziyle karşılaştırılmış, böylece enerji ve güneşliği performansları arasındaki dengeyi sağlayan baskın (Pareto-optimum) senaryolar nesnel biçimde tanımlanmıştır (Şekil 41). Her senaryo, enerji performansı indeksi (EP) ve güneşliği performansı indeksi (DP) koordinat düzleminde konumlandırılmıştır.

Grafikte kırmızı renk ile ifade edilen Pareto-optimum çözümler, hiçbir senaryo tarafından aynı anda hem daha yüksek enerji hem de güneşliği performansı ile domine edilemeyen alternatifleri ifade etmektedir. Bu senaryolar enerji tüketimini azaltma ve güneşliği erişimini artırma açısından birbirlerine göre farklı öncelik dengeleri sunmaktadır. İki hedef birlikte ele alındığında daha zayıf bir alternatif tarafından geçilememektedir. Ayrıca, tek bir optimum sonuç elde etmek yerine, farklı kriterler arasındaki dengeye göre karar vericinin önceliklerine bağlı olarak uygun senaryonun seçilmesine olanak tanınmaktadır.



Şekil 41. Pareto-optimum sonuçlar

Verilen grafikten de okunabileceği üzere enerji ve güneşli performans açısından elde edilen Pareto-optimum senaryolar sıralamasız olarak; NS-DBL, BF-30GZ-br-DLW, BF-30GZ-bl-DLW, BF-30G-DLW, BF-30GZ-pc-DLW'dir. Bu durum, CRITIC yöntemiyle ağırlıklandırılan ve global skor sıralamasıyla elde edilen sonuçların, çok amaçlı (enerji–güneşli) karar uzayında elde edilen bulgularla tutarlı olduğunu göstermektedir.

3.2.4. Simülasyon Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Senaryolarda cam tipi değişimi, gölgeleme elemanı kullanımına kıyasla enerji ihtiyacı ve güneşli kullanımı üzerinde daha belirgin etkilere neden olmuştur. Cam tipi sabit tutularak yalnızca gölgeleme elemanı değiştirildiğinde:

- Soğutma yükündeki değişim: %1,85 ila %3,03,
- Isıtma yükündeki değişim: %2,22 ila %5,56,
- Aydınlatma enerji tüketimindeki değişim: %2,55 ila %12,38,

Buna karşın, gölgeleme elemanı kullanılmayan senaryolarda yalnızca cam tipinin değişmesi:

- Soğutma yükünde: %8,94 ila %17,87,
- Isıtma yükünde: %7,14 ila %176,79,
- Aydınlatma enerji tüketiminde: %2,97 ila %45,04,

Bu bulgular, Low-E camların daha dengeli ve istikrarlı performans gösterdiğini; renkli camların ise özellikle ısıtma yükü, aydınlatma tüketimi ve güneş ışığı metrikleri üzerinde görece daha büyük etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Cam tipi sabit tutularak yalnızca gölgeleme elemanı senaryoları değiştirildiğinde, biyoplastik film formülasyonundaki katkı maddelerine bağlı olarak enerji performansında farklılıklar gözlenmiştir.

Soğutma yükündeki azalmalar, film katkılarının güneş ışınımını sınırlayarak iç mekândaki ısı kazancını düşürme potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Bu durumla tutarlı şekilde, ısıtma yükü ve aydınlatma enerji tüketiminde benzer oranlarda artış gözlenmiştir. Bu sonuç, katkı maddelerinin güneş ısısını sınırlayıcı bir gölgeleme etkisi yarattığını ortaya koymaktadır.

Her ne kadar tüm parametrelerdeki yüzdesel artış ve azalışlar benzer düzeylerde seyretse de mutlak (kWh cinsinden) değişimlerdeki farklar çok daha belirgindir. Örneğin, soğutma yükü, ısıtma yüküne kıyasla yaklaşık 474 kat daha yüksek gerçekleşmiş; aydınlatma enerji tüketimi ise ısıtma yükünün yaklaşık 42 katına ulaşmıştır. Bu durum, soğutma yükü ile aydınlatma enerji tüketiminin enerji performansı açısından öncelikli parametreler olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Tüm senaryolar içinde en yüksek (NS-DCL: 99,06 kWh/ m².yıl) ve en düşük (NS-DBL: 85,57 kWh/ m².yıl) yıllık enerji tüketim farkı ise 13,5 kWh/ m².yıl'dır. Gölgeleme elemanı kullanılan senaryolarda ise en yüksek tüketim: 97,54 kWh/ m².yıl ile BF-30G-DCL senaryosu ile, en düşük tüketim ise 88.95 kWh/ m².yıl ile BF-30GZ-pc-DLW senaryosuyla elde edilmiştir.

3.3. Maliyet Analizi

Bu bölümde, gölgeleme elemanında gövde malzemesi olarak kullanılan biyoplastik filmlerin, formülasyonlarında yer alan hammaddelere bağlı olarak toplam malzeme maliyetleri hesaplanmıştır. Film senaryolarına ait metrekaşe başına malzeme maliyetleri, Türk Lirası (TL) ve Amerikan Doları (\$) cinsinden Tablo 29'da sunulmaktadır. Bu hesaplamalarda yalnızca hammaddelerin alım fiyatları dikkate alınmış olup, film üretimi

sırasında harcanan elektrik enerjisi ve geri dönüştürülmüş çerçeve sistemine ait malzeme ile işçilik maliyetleri değerlendirme dışında bırakılmıştır.

Tablo 29. Biyoplastik film senaryolarına ait malzeme maliyet hesabı (2025)

Kod	TL/m ²	\$/m ²
BF-30G*	343,90	8,47
BF-30GZ	367,62	9,06
BF-30GZ-bl	367,89	9,07
BF-30GZ-br	367,89	9,07
BF-30GZ-pc	402,62	9,92
*Referans senaryo		

BF-30G referans senaryosu 8,47 \$ ile en düşük maliyete üretilen senaryo olmuştur. Nano ZnO katkısı ilk yatırım maliyetini yaklaşık %7 oranında artırmıştır. İnorganik boya katkısı maliyeti cüzi oranda artırırken, fotokromik boya katkısı maliyeti yaklaşık %9 artırmıştır.

Alternatif olarak, piyasada yaygın biçimde kullanılan iç mekân gölgeleme elemanlarının 2025 yılına ait metrekare başına ortalama fiyat aralıkları şu şekildedir:

- Stor perde ~285-395 TL/m²,
- Ahşap jaluzi ~1250-2200 TL/m²,
- Alüminyum/metal jaluzi yaklaşık ~590-1350 TL/m²,
- PVC / Ahşap Görünümlü Jaluzi ~1185-1600 TL/m².

Bu sonuçlara göre, biyoplastik filmler çerçeve sistemleri ve üretim süreci hariç tutulmasına karşın mevcut iç gölgeleme sistemlerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır. Kullanılan basit maliyet analiz yöntemi sınırlı olmakla birlikte, biyoplastik malzemelerin ekonomik açıdan umut vadeden bir alternatif oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, daha kapsamlı ve çok bileşenli maliyet analizlerine ihtiyaç duyulduğu da açıktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, bina cephelerinde kullanılabilecek biyolojik ve ekolojik nitelikli bir iç gölgeleme elemanının geliştirilmesi ve bu elemanın bina enerji ve güneş ışığı performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi üzerine araştırmalar yürütülmüştür. Bu doğrultuda, geleneksel gölgeleme elemanlarının işlevlerini korurken, bu elemanların yalnızca ısı ve ışık kontrolü sağlamasının ötesine geçecek şekilde malzeme özelliklerini yeniden yorumlayarak çevresel bağlamda sürdürülebilir bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Çalışmanın yöntemi altı ana adımdan oluşmaktadır: veri toplama, deney, prototip tasarımı, simülasyon, optimizasyon ve maliyet analizi. Veri toplama adımında, ilk olarak gölgeleme elemanlarında kullanımı uygun olacak sürdürülebilir malzeme arayışına gidilmiş, bu doğrultuda geniş çaplı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu tarama sonucunda, önerilen gölgeleme elemanının “biyo” ön ekini temellendirecek biyoplastik film; çerçevesinin ise “eko” ön ekini karşılayacak şekilde geri dönüştürülmüş plastik malzemelerden üretilmesine karar verilmiştir.

Çerçeve malzemesi öneri düzeyinde bırakılmakla birlikte, biyoplastik malzemeler detaylıca araştırılmıştır. Araştırmanın odak konusu sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmler ile sınırlandırılmıştır ve bu malzemelerin üretim yöntemleri, bileşim oranları ve uygulanan karakterizasyon testleri incelenerek literatür bölümünde sistematik biçimde sunulmuştur.

Tezin ikinci bölümü olan yapılan çalışmalar kısmında ise ana kurgu;

- Gölgeleme elemanı gövde malzemesi olan sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmlerin farklı formülasyonlarla üretilmesi ve karakterizasyonu,
- Gölgeleme elemanının prototip tasarımı ve detaylandırılması,
- Farklı cam tipi ve biyoplastik filmlerle hazırlanan gölgeleme elemanı senaryolarının bina ölçeğindeki etkilerinin enerji ve güneş ışığı simülasyonları ile incelenmesi,
- Bulguların enerji ve güneş ışığı performans kriterleri açısından ele alınarak optimum senaryoların belirlenmesi adımlarından oluşmaktadır.
- Son adımda, yalnızca malzeme maliyetlerini esas alan ve işçilik, faiz/iskonto etkilerini kapsam dışı bırakan basit bir maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması sonucunda geliştirilen “Biyo-Eko” gölgeleme elemanına ilişkin bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Yapısal analiz: FTIR analiz sonuçlarına göre, farklı formülasyonlarla üretilen sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmlerde spektral yapın genel hatlarıyla korunmuştur. Bu bağlamda, nano çinko oksit, inorganik ve fotokromik pigment katkılarının büyük oranda dolgu fazı gibi davrandığı söylenebilir. Bu durum filmlerin mekanik performansında kısmi zayıflıklar göstermesine yol açarken, özellikle UV filtreleme kapasitesi başta olmak üzere optik özelliklerde belirgin iyileşmeler sağlamıştır.
- Mekanik performans: Sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmlerin gerilme mukavemeti 9,00-15,58 MPa ve kopma uzaması %22,50-%29,40 değerleri arasında ölçülmüştür. BF-30GZ-br senaryosu (Nano çinko oksit ve kahverengi pigment katkılı) en yüksek gerilme mukavemeti ve uzama yüzdesini vermiştir. BF-30GZ-pc senaryosu ise en düşük dayanımını göstermiştir. Bu durum, fotokromik boya katkısının düşük miktarda eklenmesi ile ilişkili olabilir.
- Optik performans: UV koruması açısından en iyi senaryo BF-30GZ-br’dir, ancak görünür ışık geçirgenliği diğer senaryolara kıyasla düşük olduğundan günışığı ihtiyacının yoğun olduğu durumlar için dezavantaj gösterir. En yüksek görünür ışık geçirgenliğini BF-30G referans senaryosu sağlamaktadır ancak onun da UV koruması diğer senaryolara göre nispeten düşük ve ısı kontrolü zayıftır. BF-30GZ, BF-30GZ-bl ve BF-30GZ-pc senaryoları benzer ve nispeten dengeli sonuçlar vermektedir. UV koruması açısından yeterli düzeyde olan, görsel konfor açısından en şeffaf ve renksiz yapıyı sunan ve solar enerji kontrolünde yüksek yansıtıcılığıyla öne çıkan BF-30GZ-pc senaryosunun, genel optik davranış açısından en dengeli seçenek olduğu söylenebilir.
- Isıl iletkenlik: Sodyum aljinat esaslı biyoplastik filmlerin ısı iletkenlik değerleri 0,0284-0,0515 W/m·K arasındadır. En yüksek ısı iletkenlik kahverengi pigment katkısı içeren BF-30GZ-br senaryosunda 0,0515 W/m·K ile, en düşük ısı iletkenlik ise BF-30G senaryosunda 0,0284 W/m·K ile elde edilmiştir.
- Soğutma yükü: Berrak ve Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryolarda gölgelemesiz referans senaryoya göre soğutma yükünde en yüksek azalma kahverengi boya katkılı film kullanılan gölgeleme senaryolarında kaydedilmiştir. Tüm gölgeleme senaryoları referans senaryoya göre soğutma yükünde %1,85 ila

%3,03 aralığında bir azalmaya sebebiyet vermiştir. Nano çinko oksit ve renk pigmentlerinin kullanıldığı senaryolarda bu azalma daha fazladır. Bu sonuç, katkı maddelerinin güneşten kaynaklı ısı kazancını sınırlayıcı bir gölgeleme etkisi yarattığını ortaya koymaktadır. Gölgelemesiz renkli cam senaryolarının berrak ve Low-E cam tipiyle gölgeleme kullanılarak oluşturulan senaryolara göre daha düşük soğutma yükü sağlaması açısından dikkat çekicidir. Bu durum cam tipinin soğutma yükünü düşürmedeki etkisini gözler önüne sermektedir.

- Isıtma yükü: Gölgeleme kullanılan tüm senaryolarda referans senaryoya göre ısıtma yüklerinde %2,22 ila %5,56 aralığında artışlar tespit edilmiştir. Ancak bu farklar enerji tüketimi mutlak değer olarak çok düşük olduğu için genel enerji dengesinde ihmal edilebilir düzeyde kalmıştır.
- Aydınlatma enerji tüketimi: Aydınlatma enerji tüketimi açısından ise gölgeleme elemanı kullanımı ile birlikte hem berrak hem Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryolarda sırasıyla %2,55-%11,76 ve %2,75-%12,38'lik bir artış kaydedilmiştir. Bu artış en fazla kahverengi boya katkılı film kullanılan gölgeleme senaryolarında gerçekleşmiştir. Mavi pigment boya ve fotokromik boya katkılı senaryolarda ise bu artış daha sınırlı düzeydedir.
- Toplam enerji tüketimi: Soğutma ve ısıtma yükü ile aydınlatma enerji tüketimi parametrelerindeki yüzdesel artış ve azalışlar benzer düzeylerde seyretse de mutlak (kWh cinsinden) değişimlerdeki farklar çok daha belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, toplam enerji tüketimini en fazla etkileyen parametren en yüksek değerlere sahip olan soğutma yükü olmuştur. Tüm senaryolar arasında gölgelemesiz renkli cam kullanılan senaryolar yüksek soğutma enerjisi tasarrufu sağlamalarından dolayı NS-DBL ve NS-DBR en düşük toplam enerji tüketim değerini vermiştir. Ancak, bu senaryolarda günışığı performansı diğer senaryolara oranla oldukça düşmüştür. Gölgeleme elemanı kullanılan senaryolarda hem berrak hem de Low-E cam tipinde toplam enerji tüketimindeki en yüksek düşüş fotokromik katkılı senaryolar ile sırasıyla %2,02 ve %2,32 değerleri ile elde edilmiştir.
- Mekânsal günışığı otonomisi (sDA): Gölgeleme elemanı mevcut olan berrak cam tipi ile oluşturulan senaryolar en yüksek günışığı yeterliliğini sunmaktadır. Renkli camların sDA değeri hem gölgeleme mevcut olan hem de gölgelemesiz senaryolara kıyasla yaklaşık %20 daha düşüktür. Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryolarda

ise berrak cam tipi ile oluşturulan senaryolara kıyasla bu değer %2 daha düşüktür. En yüksek sDA değerlerini veren senaryo %50,66 ile BF-30GZ-bl-DCL'dir.

- **Faydalı günışığı aydınlatması (UDI):** En yüksek UDI değerleri renkli cam tipleri kullanılan NS-DBR ve NS-DBL senaryolarda elde edilmiştir. Bu senaryolar düşük sDA değerlerine sahip olduklarından mekâna yeterli düzeyde günışığı sağlayamamaktadır; ancak sağlanan ışık, büyük ölçüde konforlu sınırlar içinde kaldığı için UDI değerleri yüksektir. Buna karşılık gölgelemenin mevcut olduğu senaryolarda UDI değeri yaklaşık %90 düzeylerinde seyretmekle birlikte berrak cam tipinde sDA değeri %50 sınırını aşmış, Low-E cam tipinde ise %48 ile bu değere oldukça yaklaşmıştır.
- **Çok kriterleri karar verme:** En düşük enerji ihtiyacı yaratan ve en yüksek günışığı katkısı sunan senaryonun seçilebilmesi için yapılan optimizasyon sonucunda Low-E cam tipiyle oluşturulan senaryolar öne çıkmıştır. Buna göre ilk 3 senaryo sırasıyla şu şekildedir: BF-30G-DLW, BF-30GZ-bl-DLW, BF-30GZ-pc-DLW. Berrak cam tipiyle oluşturulan senaryolarda ise optimum sonucu BF-30GZ-pc-DCL vermiştir. Bu sonuçlara istinaden yalnızca nano çinko oksit katkılı senaryoların enerji ve günışığı performansı açısından yeterli denge kuramadığı, mavi renkli boya katkısı ile fotokromik katkının bu dengeyi iyileştirdiği görülmüştür. Fotokromik boya katkısı kullanılan senaryolarda fotokromik boyanın ışık geçirgenliğini koşullara bağlı olarak değiştirebilme özelliği sayesinde enerji ve günışığı performansı açısından başarılı bir denge kurulduğu söylenebilir.
- **Pareto analizi:** Enerji ve günışığı performansları arasındaki dengeyi sağlayan Pareto-optimum senaryolar, sıralama olmaksızın NS-DBL, BF-30GZ-br-DLW, BF-30GZ-bl-DLW, BF-30G-DLW ve BF-30GZ-pc-DLW olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşım, tek bir optimum sonucu tanımlamak yerine, karar vericinin kriterler arasındaki önceliklerine bağlı olarak en uygun senaryoyu bu alternatifler arasından seçmesine olanak tanımaktadır.
- **Maliyet:** Biyoplastik filmlerin, formülasyonlarında yer alan hammaddelere bağlı olarak toplam malzeme maliyetleri hesaplanmıştır. BF-30G referans senaryosu 8,47 \$ ile en düşük maliyete üretilen senaryo olmuştur. Nano ZnO katkısı ilk yatırım maliyetini yaklaşık %7 oranında artırmıştır, en yüksek artış %9 ile fotokromik boya katkısı ile görülmüştür. Biyoplastik filmler çerçeve sistemleri ve üretim süreci hariç tutulması ile ticari olarak mevcut iç gölgeleme sistemlerine kıyasla önemli ölçüde

daha düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır. Kullanılan basit maliyet analiz yöntemi sınırlı olmakla birlikte, biyoplastik malzemelerin ekonomik açıdan umut vadeden bir alternatif oluşturduğunu göstermektedir.

Özetle, tez kapsamında önerilen Biyo-Eko gölgeleme elemanı, enerji ve güneş ışığı performansı açısından olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir malzemelerle üretilmesi ve iç mekânda güneş ışığı kontrolüne katkı sağlayarak görsel konforu iyileştirmesi sayesinde, geleneksel sistemlere yenilikçi bir alternatif sunmaktadır. Bununla birlikte, çalışma uygulanan karakterizasyon testleri, kullanılan cihazlar ve simülasyon programının sınırları ile kısıtlıdır. Gelecek araştırmalarda, bu filmlerin yapı malzemesi olarak kullanım potansiyelinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilebilmesi için yaşam döngüsü analizlerinin, detaylı maliyet çalışmalarının, farklı katkı malzemeleri ve oranları ile performans iyileştirmelerinin yanı sıra morfolojik, su dayanımı, ısıl dayanım ve biyobozunurluk gibi ileri karakterizasyon testlerinin yapılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca, biyo esaslı malzemelerin yaygınlaşmasının önündeki engeller dikkate alındığında, gelecekteki çalışmaların yalnızca teknik iyileştirmeleri değil, aynı zamanda tüketici davranışları ve politika boyutlarını da kapsayan daha bütüncül ve disiplinler arası yaklaşımlar benimsemesi gerekmektedir. Bu bağlamda, tez kapsamında yürütülen çalışma, biyoplastik filmlerin gölgeleme elemanlarında kullanımına yönelik literatürdeki ilk öneri niteliğini taşımakta ve bu yönüyle hem alanın özgünlüğünü ortaya koymakta hem de gelecekte yapılacak araştırmalar için güçlü bir başlangıç noktası oluşturmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Aadil, K. R., Prajapati, D. & Jha, H. (2016). Improvement of physico-chemical and functional properties of alginate film by Acacia lignin. *Food Packaging and Shelf Life*, 10, 25–33. doi:10.1016/j.fpsl.2016.09.002
- Abdel Aziz, M. S. & Salama, H. E. (2022). Development of alginate-based edible coatings of optimized UV-barrier properties by response surface methodology for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 212(March), 294–302. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.05.107
- Abdul Khalil, H. P. S., Saurabh, C. K., Tye, Y. Y., Lai, T. K., Easa, A. M., Rosamah, E., Fazita, M. R. N., Syakir, M. I., Adnan, A. S., Fizree, H. M., Aprilia, N. A. S. & Banerjee, A. (2017). Seaweed based sustainable films and composites for food and pharmaceutical applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(January), 353–362. doi:10.1016/j.rser.2017.04.025
- Abdul Khalil, H. P. S., Tye, Y. Y., Saurabh, C. K., Leh, C. P., Lai, T. K., Chong, E. W. N., Nurul Fazita, M. R., Mohd Hafiidz, J., Banerjee, A. & Syakir, M. I. (2017). Biodegradable polymer films from seaweed polysaccharides: A review on cellulose as a reinforcement material. *EXPRESS Polymer Letters*, 11(4), 244–265. doi:10.3144/expresspolymlett.2017.26
- Abe, M. M., Martins, J. R., Sanvezzo, P. B., Macedo, J. V., Branciforti, M. C., Halley, P., Botaro, V. R. & Brienzo, M. (2021). Advantages and disadvantages of bioplastics production from starch and lignocellulosic components. *Polymers*, 13(15), 2484. doi:10.3390/polym13152484
- Abergel, T., Brown, A., Cazzola, P., Dockweiler, S., Dulac, J., Fernandez Pales, A., Gorner, M., Malischek, R., Masanet, E. R., McCulloch, S., Munera, L., Remme, U., Schuitmaker, R., Stanley, T., Teter, J. & West, K. (2017). *Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations*. OECD / IEA.
- Abergel, T. & Delmastro, C. (2022, July 30). Tracking Buildings 2021: Retrieved from <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021>
- Abrha, H., Cabrera, J., Dai, Y., Irfan, M., Toma, A., Jiao, S. & Liu, X. (2022). Bio-Based Plastics Production, Impact and End of Life: A Literature Review and Content Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 14(8). doi:10.3390/su14084855
- Abu-Saleem, M. & Gattas, J. M. (2025). Timber-Cardboard Web-Core Sandwich panels for lightweight housing applications. *Structures*, 73(March), 108315. doi:10.1016/j.istruc.2025.108315
- Adhikari, J., Perwez, M. S., Das, A. & Saha, P. (2021). Development of hydroxyapatite reinforced alginate–chitosan based printable biomaterial-ink. *Nano-Structures & Nano-Objects*, 25, 100630. doi:10.1016/j.nanoso.2020.100630

- Adhikari, R., Bristow, K. L., Casey, P. S., Freischmidt, G., Hornbuckle, J. W. & Adhikari, B. (2016). Preformed and sprayable polymeric mulch film to improve agricultural water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 169, 1–13. doi:10.1016/j.agwat.2016.02.006
- Agarwal, S. (2021). Major factors affecting the characteristics of starch based biopolymer films. *European Polymer Journal*, 160(September), 110788. doi:10.1016/j.eurpolymj.2021.110788
- Agathokleous, R., Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., Kalogirou, S. A. & Palombo, A. (2019). Building façade integrated solar thermal collectors for air heating: experimentation, modelling and applications. *Applied Energy*, 239, 658–679. doi:10.1016/j.apenergy.2019.01.020
- Ahadi, M., Andisheh-Tadbir, M., Tam, M. & Bahrami, M. (2016). An improved transient plane source method for measuring thermal conductivity of thin films: Deconvoluting thermal contact resistance. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 96, 371–380. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.01.037
- Akbar, M., Yaqoob, A., Ahmad, A. & Luque, R. (2023). Sodium alginate: an overview. *Sodium Alginate-Based Nanomaterials for Wastewater Treatment* (pp. 1–17). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-823551-5.00012-4
- Al-Qahtani, S. D., Al-Senani, G. M., Alrasheedi, M. & Mohammed, A. E. M. (2024). Multi-Stimuli Responsive Viologen-Imprinted Polyvinyl Alcohol and Tricarboxy Cellulose Nanocomposite Hydrogels. *Sensors*, 24, 6860. doi:10.3390/s24216860
- Alaloul, W. S., John, V. O. & Musarat, M. A. (2020). Mechanical and Thermal Properties of Interlocking Bricks Utilizing Wasted Polyethylene Terephthalate. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 14(1), 24. doi:10.1186/s40069-020-00399-9
- Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hosseini, H., & Abdollahi, M. (2014). Effect of nanoclay and cross-linking degree on the properties of alginate-based nanocomposite film. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1622–1631. doi:10.1111/jfpp.12124
- Andia, A. & Peralta Gomez, N. (2025). SynBio architecture: From lab-grown materials to bio-programmable infrastructures. *International Journal of Architectural Computing*, 1–16. doi:10.1177/14780771251352947
- Antico, F. C., Wiener, M. J., Araya-Letelier, G. & Retamal, R. G. (2017). Eco-bricks: A sustainable substitute for construction materials. *Revista de la Construcción*, 16(3), 518–526. doi:10.7764/RDLC.16.3.518
- Anugrah, D. S. B., Darmalim, L. V., Sinanu, J. D., Pramitasari, R., Subali, D., Prasetyanto, E. A. & Cao, X. T. (2023). Development of alginate-based film incorporated with anthocyanins of red cabbage and zinc oxide nanoparticles as freshness indicator for prawns. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251(August), 126203. doi:10.1016/j.ijbiomac.2023.126203
- Anugrahwidya, R., Armynah, B. & Tahir, D. (2021). Bioplastics Starch - Based with

- Additional Fiber and Nanoparticle: Characteristics and Biodegradation Performance : A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(11), 3459–3476. doi:10.1007/s10924-021-02152-z
- Aristizabal-Gil, M. V., Santiago-Toro, S., Sanchez, L. T., Pinzon, M. I., Gutierrez, J. A. & Villa, C. C. (2019). ZnO and ZnO/CaO nanoparticles in alginate films. Synthesis, mechanical characterization, barrier properties and release kinetics. *LWT*, 112, 108217. doi:10.1016/j.lwt.2019.05.115
- Arregi, B., Garay-Martinez, R., Astudillo, J. & Ramos, J. C. (2020). Monitoring and thermal performance evaluation of two building envelope solutions in an apartment building. *12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2020)*, 172(25002). doi:10.1051/e3sconf/202017225002
- Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Calderón-Domínguez, G., Terres-Rojas, E., Garibay-Febles, V., Martínez-Rivas, A. & Gutiérrez-López, G. F. (2012). Microstructural characterization of chitosan and alginate films by microscopy techniques and texture image analysis. *Carbohydrate polymers*, 87(1), 289–299. doi:10.1016/j.carbpol.2011.07.044
- Ashikin, W. H. N. S., Wong, T. W. & Santagata, G. (2010). Plasticity of hot air-dried mannuronate- and guluronate-rich alginate films. *Carbohydrate Polymers*, 81(1), 104–113. doi:10.1016/j.carbpol.2010.02.002
- ASHRAE. (2022). Energy Standard for Sites and Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (I-P Edition), *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2022*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M. R. & Hoque, M. E. (2015). A review on pineapple leaves fibre and its composites. *International Journal of Polymer Science*, 950567. doi:10.1155/2015/950567
- ASTM International. (2012). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, *ASTM D882-12*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2013a). Standard practice for general techniques for obtaining infrared spectra for qualitative analysis, *ASTM E1252-98(2013)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2013b). Standard practices for internal reflection spectroscopy, *ASTM E573-01(2013)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2019). Standard specification for labeling of plastics designed to be aerobically composted in municipal or industrial facilities, *ASTM D6400-19*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2020). Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres, *ASTM E903-20*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2023). Standard Practice for Obtaining Spectrometric Data for Object-

- Color Evaluation, *ASTM E1164-23*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Avella, M., Pace, E. Di, Immirzi, B., Impallomeni, G., Malinconico, M. & Santagata, G. (2007). Addition of glycerol plasticizer to seaweeds derived alginates: Influence of microstructure on chemical-physical properties. *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 503–511. doi:10.1016/j.carbpol.2007.01.011
- Awad, H. H. & Desouki, M. (2025). Multifunctional performance assessment of waste-based bioplastic wall panels for acoustic thermal and structural efficiency in interior architecture. *Scientific Reports*, 15(1), 15708. doi:10.1038/s41598-025-98326-z
- Awad, H. H. & Desouki, M. (2025). Multifunctional performance assessment of waste-based bioplastic wall panels for acoustic thermal and structural efficiency in interior architecture. *Scientific Reports*, 15(1), 15708. doi:10.1038/s41598-025-98326-z
- Ayala, M., Arlov, Ø., Nøkling-Eide, K., Sæther, M., Dore, C., Vidal, J., Zhou, Q., Wang, S., Michalak, L., Kyvik, A., Jolain, B., Aubel, L., Jacobsen, S. S. & Pizzol, M. (2024). A supply-chain perspective on producing and upscaling bioplastic from cultivated brown seaweed. *Journal of Cleaner Production*, 444, 141248. doi:10.1016/j.jclepro.2024.141248
- Ayala, M., Thomsen, M. & Pizzol, M. (2023). Life Cycle Assessment of pilot scale production of seaweed-based bioplastic. *Algal Research*, 71, 103036. doi:10.1016/j.algal.2023.103036
- Aydemir, B., Elmas, B. S. & Ayan, E. (2019). Çekme Deneyinde Elastisite Modülü Hesap Yöntemleri ve Hata Kaynakları, *4th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2019)*, s. 25-27. Alanya, Antalya.
- Aziz, M. S. A. & Salama, H. E. (2022). Development of alginate-based edible coatings of optimized UV-barrier properties by response surface methodology for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 212, 294–302. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.05.107
- Badry, R., El-Nahass, M. M., Nada, N., Elhaes, H. & Ibrahim, M. A. (2023). UV filters and high refractive index materials based on carboxymethyl cellulose sodium and CuO@ZnO core/shell nanoparticles. *Scientific Reports*, 13, 21159. doi:10.1038/s41598-023-48345-5
- Bagheri, F., Radi, M. & Amiri, S. (2019). Drying conditions highly influence the characteristics of glycerol-plasticized alginate films. *Food Hydrocolloids*, 90, 162–171. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.12.001
- Balla, V. K., Kate, K. H., Satyavolu, J., Singh, P. & Tadimet, J. G. D. (2019). Additive manufacturing of natural fiber reinforced polymer composites: Processing and prospects. *Composites Part B: Engineering*, 174, 106956. doi:10.1016/j.compositesb.2019.106956
- Bandyopadhyay, A., Balla, V. K., Bernard, S. A. & Bose, S. (2011). Micro-Layered Manufacturing. In M. Koç ve T. Özel (Ed.), *Micro-Manufacturing: Design and Manufacturing of Micro-Products* (First., pp. 97–158). John Wiley & Sons, Inc.:

Hoboken, New Jersey. doi:10.1002/9781118010570.ch5

- Baryłka, A. (2022). Issues related to construction products regulations. *Modern Engineering*, 1, 9–19. <https://bibliotekanauki.pl/articles/24202382>.
- Barzic, A. I. (2022). An Introduction to Engineering Applications of Bioplastics. I. T. Altalhi, (Ed.), *Handbook of bioplastics and biocomposites engineering applications* (pp. 1–174). John Wiley & Sons, Inc.
- BCC Research LLC. (2021). *Global Markets and Technologies for Bioplastics*. Boston, MA: BCC Research LLC.
- Bell, F., Al Naimi, L., McQuaid, E. & Alistar, M. (2022). Designing with Alganyl: A hands-on exploration of biodegradable plastics. *Sixteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, (pp. 1-14). doi:10.1145/3490149.3501308
- Ben, Z. Y., Samsudin, H. & Yhaya, F. M. (2022). Glycerol : Its properties , polymer synthesis, and applications in starch based films. *European Polymer Journal*, 175(May), 111377. doi:10.1016/j.eurpolymj.2022.111377
- Bierhalz, A. C. K., da Silva, M. A., Braga, M. E. M., Sousa, H. J. C. & Kieckbusch, T. G. (2014). Effect of calcium and/or barium crosslinking on the physical and antimicrobial properties of natamycin-loaded alginate films. *LWT-Food science and technology*, 57(2), 494–501. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.021
- Bismarck, A., Mishra, S. & Lampke, T. (2005). Plant fibers as reinforcement for green composites. In A. K. Mohanty, M. Misra, & L. T. Drzal (Eds.), *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites* (pp. 37–108). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- Bocqué, M., Voirin, C., Lapinte, V., Caillol, S. & Robin, J. J. (2016). Petro-based and bio-based plasticizers: chemical structures to plasticizing properties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 54(1), 11–33. doi:10.1002/pola.27917
- Boey, J. Y., Lee, C. K. & Tay, G. S. (2022). Factors Affecting Mechanical Properties of Reinforced Bioplastics : A Review. *Polymers*, 14(18), 3737. doi:10.3390/polym14183737
- Bolivar, K., Routsis, R. & Sadowska, M. (2021). *Bioplastic Pavilion: A Conscious Approach Towards Material Design*. Milano, Italy: Politecnico di Milano.
- Bols, M. L., Ma, J., Rammal, F., Plessers, D., Wu, X., Navarro-Jaén, S., Heyer, A. J, Sels, B. F., Solomon, E. I. & Schoonheydt, R. A. (2024). In Situ UV–Vis–NIR Absorption Spectroscopy and Catalysis. *Chemical Reviews*, 124(5), 2352–2418. doi:10.1021/acs.chemrev.3c00602
- Caferoğlu, M. (2021). Yenilikçi ve Sürdürülebilir Yaklaşımla Biyoplastik Malzemelerin Ambalaj Tasarımında Kullanımı. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences (JOSHAS)*, 7(46), 2305–2319. doi:10.31589/JOSHAS.813

- Caldicott, R. J. (1999). The basics of stretch blow molding PET containers. *Plastics engineering*, 55(1), 35–39.
- Cataldi, P., Steiner, P., Raine, T., Lin, K., Kocabas, C., J. Young, R., Bissett, M., Kinloch, I. A. & Papageorgiou, D. G. (2020). Multifunctional Biocomposites based on Polyhydroxyalkanoate and Graphene/Carbon-Nanofiber Hybrids for Electrical and Thermal Applications. *ACS Applied Polymer Materials*, 2(8), 3525–3534. doi:10.1021/acsapm.0c00539
- CEN. (2014). Bio-based products-Vocabulary, *EN 16575:2014*. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization (CEN).
- CEN. (2019). Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, *EN 16798-1:2019*. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization (CEN).
- CEN. (2021). Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, *EN 12464-1:2021*. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization (CEN).
- Chen, L., Huang, L., Hua, J., Chen, Z., Wei, L., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., Dong, L. & Yap, P. S. (2022). *Green construction for low - carbon cities : a review*. *Environmental Chemistry Letters* Springer International Publishing. doi:10.1007/s10311-022-01544-4
- Chen, Q., Roether, J. A. & Boccaccini, A. R. (2008). Tissue engineering scaffolds from bioactive glass and composite materials. *Topics in tissue engineering*, 4(6), 1–27.
- Chen, X., Zhang, X. & Du, J. (2020). The potential of circadian lighting in office buildings using a fibre optics daylighting system in Beijing. *Building and Environment*, 182, 107118. doi:10.1016/j.buildenv.2020.107118
- Chi, F., Wang, R., Li, G., Xu, L., Wang, Y. & Peng, C. (2020). Integration of sun-tracking shading panels into window system towards maximum energy saving and non-glare daylighting. *Applied Energy*, 260(November 2019), 114304. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114304
- Chiellini, E., Cinelli, P., Chiellini, F. & Imam, S. H. (2004). Environmentally degradable bio-based polymeric blends and composites. *Macromolecular Bioscience*, 4, 218–231. doi:10.1002/mabi.200300126
- Chomachayi, M. D., Blanchet, P., Hussain, A. & Pepin, S. (2023). Vapor barrier membranes based on polylactic acid and cellulose microfibers for the building envelope application. *Journal of Polymers and the Environment*, 31(12), 5309–5325. doi:10.1007/s10924-023-02946-3
- Chowdhury, F. I., Xu, Q., Sinha, K. & Wang, X. (2021). Cellulose-upgraded polymer films for radiative sky cooling. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 272, 107824. doi:10.1016/j.jqsrt.2021.107824

- CIBSE. (2014). *Daylighting-A Guide for Designers, LG10*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Coles, S. (2013). Bioplastics from Lipids. In S. Kabasci (Ed.), *Bio-Based Plastics: Materials and Applications* (pp. 117–135). John Wiley & Sons, Inc.
- Colwill, J. A., Wright, E. I., Rahimifard, S. & Clegg, A. J. (2012). Bio-plastics in the context of competing demands on agricultural land in 2050. *International Journal of Sustainable Engineering*, 5(1), 3–16. doi:10.1080/19397038.2011.602439
- Costa, M. J., Marques, A. M., Pastrana, L. M., Teixeira, J. A., Sillankorva, S. M. & Cerqueira, M. A. (2018). Physicochemical properties of alginate-based films: Effect of ionic crosslinking and mannuronic and guluronic acid ratio. *Food hydrocolloids*, 81, 442–448. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.03.014
- Crawford, R. J. & Martin, P. J. (2020). *Plastics engineering*. Elsevier, Butterworth Heinemann.
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G. & Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 1451–1476. doi:10.1007/s10311-020-01029-2
- Cruz, E., Hubert, T., Chancoco, G., Naim, O., Chayaamor-Heil, N., Cornette, R., Menezes, C., Badarnah, L., Raskin, K. & Aujard, F. (2021). Design processes and multi-regulation of biomimetic building skins: A comparative analysis. *Energy & Buildings*, 246, 111034. doi:10.1016/j.enbuild.2021.111034
- Cruz, J. A. D. La, Liu, Q., Senyuk, B., Frazier, A. W., Peddireddy, K. & Smalyukh, I. I. (2018). Cellulose-Based Reflective Liquid Crystal Films as Optical Filters and Solar Gain Regulators. *ACS Photonics*, 5(6), 2468–2477. doi:10.1021/acsp Photonics.8b00289
- Cüce, P. M., Güçlü, T., Beşir, A. B. & Cuce, E. (2019). Enerji Verimli Binalar İçin Sürdürülebilir Ve Çevre Dostu Pencere Ve Cam Teknolojileri: Son Gelişmeler Ve Uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(3), 503–522. doi:10.17482/uumfd.562173
- Cui, C., Ji, N., Wang, Y., Xiong, L. & Sun, Q. (2021). Bioactive and intelligent starch-based films: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 854–869. doi:10.1016/j.tifs.2021.08.024
- da Silva, M. A., Bierhalz, A. C. K. & Kieckbusch, T. G. (2012). Influence of drying conditions on physical properties of alginate films. *Drying Technology*, 30(1), 72–79. doi:10.1080/07373937.2011.620727
- Dahy, H. (2019). Efficient Fabrication of Sustainable Building Products from Annually Generated Non-wood Cellulosic Fibres and Bioplastics with Improved Flammability Resistance. *Waste and Biomass Valorization*, 10(5), 1167–1175. doi:10.1007/s12649-017-0135-3

- Dang, B., Bui, X., Tran, D. P. H., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hoang, T., Nguyen, P., Nguyen, H. H., Vo, T., Lin, C., Lin, K. Y. A. & Varjani, S. (2022). Bioresource Technology Current application of algae derivatives for bioplastic production : A review. *Bioresource Technology*, 347(January), 126698. doi:10.1016/j.biortech.2022.126698
- Danie Kingsley, J., Ghosh, K., Bhattacharya, T., Biswas, A. & Mandal, R. (2020). Eco-Friendly Bioplastics from Natural Raw Materials. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(11), 1680–1691.
- Darie-Niță, R. N. & Râpă, M. (2021). Processing of Commercially Available Bioplastics. In M. Kuddus (Ed.), *Bioplastics for sustainable development* (pp. 103–136). Springer: Singapore.
- Das, S. & Kalyani, M. I. (2022). From trash to treasure : review on upcycling of fruit and vegetable wastes into starch based bioplastics. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1–15. doi:10.1080/10826068.2022.2158470
- de Almeida Rocha, A. P., Reynoso-Meza, G., Oliveira, R. C. & Mendes, N. (2020). A pixel counting based method for designing shading devices in buildings considering energy efficiency, daylight use and fading protection. *Applied energy*, 262, 114497. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114497
- De Corato, U. (2021). Bioplastics from winemaking by-products in the buildings sector: a feasibility study on the main opportunities, barriers and challenges. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 1313–1333. doi:10.1007/s43615-021-00048-7
- de Farias, Y. B., Coutinho, A. K., Assis, R. Q. & Rios, A. O. (2020). (2020). Biodegradable sodium alginate films incorporated with norbixin salts. *Engineering*, 43(2), *Journal of Food Process*, 43(2), e13345. doi:10.1111/jfpe.13345
- Dean, B., Dulac, J., Petrichenko, K., Graham, P. (2016). *Towards zero-emission efficient and resilient buildings. Global Status Report*. Paris, France: Global Alliance for Buildings and Construction (GABC), United Nations Environment Programme (UNEP).
- Dezeen. (2023, March 17). *ArboSkin pavilion made from bioplastic by ITKE*: Retrieved from <https://www.dezeen.com/2013/11/09/arboskin-spiky-pavilion-with-facademade-from-bioplastics-by-itke/>
- Dezeen. (2021, March 17). House built from 100 different plant-based materials unveiled at Dutch Design Week: Retrieved from <https://www.dezeen.com/2021/10/20/biomaterials-house-dutch-design-week-biobased-creations/>
- Di Bartolo, A., Infurna, G. & Dintcheva, N. T. (2021). A review of bioplastics and their adoption in the circular economy. *Polymers*, 13, 1229. doi:10.3390/polym13081229
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & operations research*, 22(7), 763–770. doi:10.1016/0305-0548(94)00059-H

- Dodero, A., Pianella, L., Vicini, S., Alloisio, M., Ottonelli, M. & Castellano, M. (2019). Alginate-based hydrogels prepared via ionic gelation: An experimental design approach to predict the crosslinking degree. *European Polymer Journal*, 118, 586–594. doi:10.1016/j.eurpolymj.2019.06.028
- Dunne, M. (2018). *Bioplastic Cook-Book*. Barcelona, Spain: FabTextiles, Fab Lab Barcelona, Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC).
- E. Schettini, G. Vox, A. Candura, M. Malinconico & B. Immirzi, G. S. (2008). Starch-Based Films and Spray Coatings as Biodegradable Alternatives to LDPE Mulching Films. *Acta Horticulturae*, 801, 171–180. doi:10.17660/ActaHortic.2008.801.14
- Edna W. Lawrence Nature Lab & Rhode Island School of Design (2018). Biodesign Exhibition Catalog. *Biodesign: From Inspiration to Integration*. Providence, RI: Rhode Island School of Design.
- Edwards, K. E. K. (2023). *The Development of Photo-Reversible Materials using Azo Dyes and Natural Polymers*, McGill University, Doctoral Thesis, Montreal, QC, Canada.
- El-Gewely, N., Wong, C., Tayef, L., Markopoulou, A., Chronis, A. & Dubor, A. (2018). Programming Material Intelligence Using Food Waste Deposition to Trigger Automatic Three-Dimensional Formation Response in Bioplastics. *Proceedings of the 36th eCAADe Conference*, (pp. 271-278). doi:10.52842/conf.ecaade.2018.2.271
- Ergün, M. E., Kurt, R., Can, A., Özlüsoylu, İ. & Ersoy Kalyoncu, E. (2024). Optimized eco-friendly foam materials: a study on the effects of sodium alginate, cellulose, and activated carbon. *Polymers*, 16(17), 2511. doi:10.3390/polym16172511
- Esmaili, M., Pircheraghi, G. & Bagheri, R. (2017). Optimizing the mechanical and physical properties of thermoplastic starch via tuning the molecular microstructure through co-plasticization by sorbitol and glycerol. *Polymer international*, 66(6), 809–819. doi:10.1002/pi.5319
- Espitia, P. J. P., Soares, N. D. F. F., Coimbra, J. S. D. R., de Andrade, N. J., Cruz, R. S. & Medeiros, E. A. A. (2012). Zinc oxide nanoparticles: synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. *Food and bioprocess technology*, 5,, 5, 1447–1464. doi:10.1007/s11947-012-0797-6
- European Bioplastics & Nova-Institute. (2023, January 20). *Bioplastic materials*: Retrieved from <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- European Commission-DG ENV. (2011). *BIO Intelligence Service, Plastic Waste in the Environment-Final Report*. Brussels, Belgium: European Commission, Directorate-General for Environment.
- European Commission. (2019). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal*. Brussels, Belgium.
- European Commission. (2023). *Report from the Commission to the European Parliament*,

the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: New European Bauhaus Progress Report. Brussels, Belgium.

European Parliament and the Council of the European Union. (2011). Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council Laying Down Harmonized Conditions for the Marketing of Construction Products and Repealing Council Directive 89/106/EEC. Official Journal of the European Union, L 88, 5–43.

European Parliament. (2024). Legislative resolution of 10 April 2024 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised conditions for the marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011 (COM(2022)0144-C9-0129/2022-2022/0094(COD)). Brussels, Belgium: European Parliament.

European Parliament and Council of the European Union. (2019). Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L 155, 1–19.

European Union. (2002). Directive 2002/65/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union, L 1, 65–71. doi:10.5040/9781782258674.0021

European Union. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, L 153, 13–35.

European Union. (2018). Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L 156, 75–91.

Eurostat. (2023, March 20). *Türkiye: main destination for EU's waste.*: Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200416-1>

Eyerer, P., Elsner, P. & Hirth, T. (2005). *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften* (6th ed.). Berlin, Germany: Springer.

FabTextiles (2017). *The Secrets of Bioplastic*. Barcelona, Spain: Fab Lab Barcelona, Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC).

FabTextiles. (2021). *Green tea bioplastics* (I. M. B. Araneda, Ed.). Barcelona, Spain: FabTextiles, Fab Lab Barcelona, Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC).

Fantini, D., Costa, L. (2009). Dye, fluorophores and pigment coloration of nanofibers produced by electrospinning. *Polymers for advanced technologies*, 20(2), 111–121. doi:10.1002/pat.1283

FAO. (2021). *Global seaweeds and microalgae production, 1950–2019*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Faradina, S., Sedayu, B. B., Nur, M., Fransiska, D. & Syamani, F. A. (2024). Properties of agar/cassava starch films manufactured by hot-melt extrusion method. *Green Materials*, 12(3), 183–191. doi:10.1680/jgrma.23.00049
- Fathiraja, P., Gopalrajan, S., Karunanithi, M., Nagarajan, M., Obaiah, M. C., Durairaj, S. & Neethirajan, N. (2022). Response surface methodology model to optimize concentration of agar, alginate and carrageenan for the improved properties of biopolymer film. *Polymer Bulletin*, 79(8), 6211–6237. doi:10.1007/s00289-021-03797-5
- Fathy, F., Mansour, Y., Sabry, H., Refat, M. & Wagdy, A. (2020). Conceptual framework for daylighting and facade design in museums and exhibition spaces. *Solar Energy*, 204(May), 673–682. doi:10.1016/j.solener.2020.05.014
- Fazilah, A., Maizura, M., Abd Karim, A., Bhupinder, K. & Rajeev, B. (2011). Physical and mechanical properties of sago starch-alginate films incorporated with calcium chloride. *International Food Research Journal*, 18(3), 1027–1033.
- Fiorito, F., Sauchelli, M., Arroyo, D., Pesenti, M., Imperadori, M., Masera, G. & Ranzi, G. (2016). Shape morphing solar shadings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 863–884. doi:10.1016/j.rser.2015.10.086
- Firoozi, A. A., Firoozi, A. A., Oyejobi, D. O., Avudaiappan, S. & Flores, E. S. (2024). Emerging trends in sustainable building materials: Technological innovations, enhanced performance, and future directions. *Results in Engineering*, 24(September), 103521. doi:10.1016/j.rineng.2024.103521
- Folino, A., Karageorgiou, A., Calabrò, P. S. & Komilis, D. (2020). Biodegradation of Wasted Bioplastics in Natural and Industrial Environments: A Review. *Sustainability*, 12(15), 1–37. doi:10.3390/su12156030
- Fragassa, C. (2017). Marine Applications of Natural Fibre-Reinforced Composites: A Manufacturing Case Study. In E. Pellicer, J. M. Sort, S. Barbieri, & S. Pelemis (Eds.), *Advances in applications of industrial biomaterials*, (pp. 121–146). Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-62767-0_2
- Franchetti, M., Kress, C. (20017). An economic analysis comparing the cost feasibility of replacing injection molding processes with emerging additive manufacturing techniques. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88, 2573–2579. doi:10.1007/s00170-016-8968-7
- Franco-Bacca, A. P., Cervantes-Alvarez, F., Macías, J. D., Castro-Betancur, J. A., Pérez-Blanco, R. J., Giraldo Osorio, O. H., Arias Duque, N. P., Rodríguez-Gattorno, G. & Alvarado-Gil, J. J. (2021). Heat transfer in cassava starch biopolymers: Effect of the addition of borax. *Polymers*, 13(23), 4106. doi:10.3390/polym13234106
- Friedrich, D. (2018a). Welfare effects from eco-labeled crude oil preserving wood-polymer composites: A comprehensive literature review and case study. *Journal of Cleaner Production*, 188, 625–637. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.318
- Friedrich, D. (2018b). An analytic algorithm-based method to assess the long term structural

- performance of wood-polymer composites. *Journal of Building Engineering*, 20(May), 367–376. doi:10.1016/j.jobe.2018.08.011
- Friedrich, D. (2021). What makes bioplastics innovative for fashion retailers? An in-depth analysis according to the Triple Bottom Line Principle. *Journal of Cleaner Production*, 316(August 2020), 128257. doi:10.1016/j.jclepro.2021.128257
- Friedrich, D. (2022a). How building experts evaluate the sustainability and performance of novel bioplastic-based textile façades : An analysis of decision making. *Building and Environment*, 207. doi:10.1016/j.buildenv.2021.108485
- Friedrich, D. (2022b). Post-process hot-pressing of wood-polymer composites : Effects on physical properties. *Journal of Building Engineering*, 46(December 2021), 103818. doi:10.1016/j.jobe.2021.103818
- Friedrich, D. & Luible, A. (2016a). Measuring the wind suction capacity of plastics-based cladding using foil bag tests: A comparative study. *Journal of Building Engineering*, 8(October), 152–161. doi:10.1016/j.jobe.2016.10.009
- Friedrich, D. & Luible, A. (2016b). Bio-based plastics-composites for sustainable building skins: Life expectancy of cladding derived from wind suction tests. *Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference*, Zurich. doi:10.3218/3774-6
- Galus, S. & Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 459–465. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.03.006
- Gao, C., Pollet, E. & Avérous, L. (2017a). Innovative plasticized alginate obtained by thermo-mechanical mixing: Effect of different biobased polyols systems. *Carbohydrate polymers*, 157, 669–676. doi:10.1016/j.carbpol.2016.10.037
- Gao, C., Pollet, E. & Avérous, L. (2017b). Properties of glycerol-plasticized alginate films obtained by thermo-mechanical mixing. *Food Hydrocolloids*, 63, 414–420. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.09.023
- García-Depraect, O., Bordel, S., Lebrero, R., Santos-Beneit, F., Börner, R. A., Börner, T. & Muñoz, R. (2021). Inspired by nature: Microbial production, degradation and valorization of biodegradable bioplastics for life-cycle-engineered products. *Biotechnology Advances*, 53, 107772. doi:10.1016/j.biotechadv.2021.107772
- Garcia-fernandez, B. & Omar, O. (2022). Integrated innovative solar lighting system for optimization of daylight utilization for public library in Alexandria , Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 101819. doi:10.1016/j.asej.2022.101819
- Genecya, G., Adhika, D. R., Sutrisno, W. & Wungu, T. D. K. (2023). Characteristic Improvement of a Carrageenan-Based Bionanocomposite Polymer Film Containing Montmorillonite as Food Packaging through the Addition of Silver and Cerium Oxide Nanoparticles. *ACS Omega*, 8(42), 39194–39202. doi:10.1021/acsomega.3c04575
- Gentile, N., Lee, E. S., Osterhaus, W., Altomonte, S., Naves, C., Amorim, C. N. D., Ciampi,

- G., Garcia-Hansen, V., Maskarenj, M., Scorpio, M. & Sibilio, S. (2022). Evaluation of integrated daylighting and electric lighting design projects : Lessons learned from international case studies. *Energy & Buildings*, 268, 112191. doi:10.1016/j.enbuild.2022.112191
- Girard, T. (2025, August 2). Colorful Compostable Bioplastics: Retrieved from <https://design-milk.com/colorful-compostable-bioplastics/>
- Giz, A. S., Berberoglu, M., Bener, S., Aydelik Ayazoglu, S., Bayraktar, H., Alaca, B. E. & Catalgil-Giz, H. (2020). A detailed investigation of the effect of calcium crosslinking and glycerol plasticizing on the physical properties of alginate films. *International journal of biological macromolecules*, 148, 49–55. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.01.103
- Giz, Ayşe Su, Aydelik Ayazoglu, S., Catalgil-Giz, H., Bayraktar, H. & Erdem Alaca, B. (2019). Stress relaxation and humidity dependence in sodium alginate-glycerol films. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 100(April), 103374. doi:10.1016/j.jmbbm.2019.103374
- Goh, C. H., Heng, P. W. S. & Chan, L. W. (2012). Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications. *Carbohydrate Polymers*, 88(1), 1–12. doi:10.1016/j.carbpol.2011.11.012
- Goia, F., Zinzi, M., Carnielo, E. & Serra, V. (2012). Characterization of the optical properties of a PCM glazing system. *Energy Procedia*, 30, 428–437. doi:10.1016/j.egypro.2012.11.051
- Gomaa, M. (2023). Biodegradable Plastics Based on Algal Polymers: Recent Advances and Applications. In G. A. M. Ali ve A. S. H. Makhoulf (Ed.), *Handbook of biodegradable materials* (pp. 501–531). Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-031-09710-2_20
- González, M. F. (2023, March 12). How to Make a Facade with Recycled Materials: 21 Notable Examples: Retrieved from https://www.archdaily.com/896930/how-to-make-a-facade-with-recycled-materials-16-notable-examples?ad_medium=gallery
- Grand View Research. (2023, August 17). Alginate Market Size, Share & Growth Analysis Report, 2028: Report Overview: Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/alginate-market#>.
- Gupta, S. & Mahmood, A. H. (2022). A multi-method investigation into rheological properties, hydration, and early-age strength of cement composites with admixtures recovered from inorganic and bio-based waste streams. *Construction and Building Materials*, 347, 128529. doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.128529
- Hahn, J. (2022, October 6). Sonnet155 is a “temporary handbag” made from discarded fruit peels: Retrieved from <https://www.dezeen.com/2021/04/27/sonnet155-lobke-beckfeld-johanna-hehemeyer-curten/>
- Han, J. H. & Floros, J. D. (1997). Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *Journal of Plastic Film & Sheeting*,

13(4), 287–298. doi:10.1177/875608799701300405

- Harnkarnsujarit, N., Wongphan, P., Chatkitanan, T., Laorenza, Y. & Srisa, A. (2021). Bioplastic for sustainable food packaging. *Sustainable food processing and engineering challenges* (pp. 203–277). Cambridge, MA: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-822714-5.00007-3
- Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P. & Sager, C. (2008). *Climate Design, Solution for Buildings that Can Do More with Less Technology*. Birkhäuser: Basel.
- Hebel, D. E. & Heisel, F. (2017). *Cultivated building materials: Industrialized natural resources for architecture and construction*. Birkhäuser: Basel.
- Hosseini, S. M., Mohammadi, M. & Guerra-Santin, O. (2019). Interactive kinetic façade : Improving visual comfort based on dynamic daylight and occupant's positions by 2D and 3D shape changes. *Building and Environment*, 165(June), 106396. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106396
- Hou, X., Xue, Z. & Xia, Y. (2018). Preparation of a novel agar/sodium alginate fire-retardancy film. *Materials Letters*, 233, 274–277. doi:10.1016/j.matlet.2018.09.026
- Hou, X., Xue, Z., Xia, Y., Qin, Y., Zhang, G., Liu, H. & Li, K. (2019). Effect of SiO₂ nanoparticle on the physical and chemical properties of eco-friendly agar/sodium alginate nanocomposite film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 1289–1298. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.09.109
- Huang, C., Qian, X. & Ronggui, Y. (2018). Thermal conductivity of polymers and polymer nanocomposites. *Materials Science & Engineering R*, 132, 1–22. doi:10.1016/j.mser.2018.06.002
- Hwang, J., Kim, Y., Park, J. & Rie, D. (2024). No TitleA Study on the Evaluation of Thermal Insulation Performance of Cellulose-Based Silica Aerogel Composite Building Materials. *Polymers*, 16(13). doi:10.3390/polym16131848
- İçemer, S. P. & Terviel, C. (2022). Mimarlık-Seramik İlişkisi Özelinde Oluşturulan Modüler Seramik Güneş Kırıcılar. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 1169–1182. doi:10.7816/ulakbilge-10-78-06
- IESNA. (2023). Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), *ANSI/IES LM-83-23*. New York, NY: Illuminating Engineering Society.
- Inoue, K., Song, Y. X., Kamiunten, O., Oku, J., Terao, T. & Fujii, K. (2002). Effect of mixing method on rheological properties of alginate impression materials. *Journal of oral rehabilitation*, 29(7), 615–619. doi:10.1046/j.1365-2842.2002.00726.x
- Invernizzi, S., Bertetto, A. M., Ciaccio, F. & Nicola, P. (2021). Design of a modular exhibition structure with additive manufacturing of eco-sustainable. *Curved and Layered Structures*, 8(1), 196–209. doi:10.1515/cls-2021-0019
- Ismillayli, N., Hadi, S., Dharmayani, N. K. T., Sanjaya, R. K. & Hermanto, D. (2020).

- Characterization of alginate-chitosan membrane as potential edible film. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 833(1), 012073. Bristol, UK: IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/833/1/012073
- ISO. (2022). Plastics-Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity-Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method, *ISO 22007-2:2022*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO. (2023). Plastics-Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity-Part 7: Transient measurement of thermal effusivity using a plane heat source, *ISO 22007-7:2023*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jaafar, J., Siregar, J. P., Oumer, A. N., Hamdan, M. H. M., Tezara, C. & Salit, M. S. (2018). Experimental investigation on performance of short pineapple leaf fiber reinforced tapioca biopolymer composites. *BioResources*, 13(3), 6341–6355.
- Jakubowsky, M. & Boer, J. De. (2022). Façade elements for room illumination with integrated microstructures for daylight redirection and LED lighting. *Energy & Buildings*, 266, 112106. doi:10.1016/j.enbuild.2022.112106
- Jayakody, M. M., Vanniarachchy, M. P. G. & Wijesekara, I. (2022). Seaweed derived alginate, agar, and carrageenan based edible coatings and films for the food industry: A review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(2), 1195–1227. doi:10.1007/s11694-021-01277-y
- Jayakumar, A., Radoor, S., Siengchin, S., Shin, G. H. & Kim, J. T. (2023). Recent progress of bioplastics in their properties, standards, certifications and regulations: A review. *Science of the Total Environment*, 878(February), 163156. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.163156
- Jayarathna, S., Andersson, M. & Andersson, R. (2022). Recent advances in starch-based blends and composites for bioplastics applications. *Polymers*, 14(21), 4557. doi:10.3390/polym14214557
- Jeevahan, J. J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S. P., Sriram, V., Joseph, G. B., Mageshwaran, G. & Durairaj, R. B. (2020). Trends in Food Science & Technology Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 210–222. doi:10.1016/j.tifs.2020.04.014
- Jones, D. & Brischke, C. (2017). *Performance of Bio-Based Building Materials*. Woodhead Publishing, Elsevier Science & Technology.
- Jost, V., Kobsik, K., Schmid, M. & Noller, K. (2014). Influence of plasticiser on the barrier, mechanical and grease resistance properties of alginate cast films. *Carbohydrate Polymers*, 110, 309–319. doi:10.1016/j.carbpol.2014.03.096
- Júnior, L. M., da Silva, R. G., Anjos, C. A. R., Vieira, R. P. & Alves, R. M. V. (2021). Effect of low concentrations of SiO₂ nanoparticles on the physical and chemical properties of sodium alginate-based films. *Carbohydrate Polymers*, 269, 118286. doi:10.1016/j.carbpol.2021.118286

- Kabachkov, E. N., Baskakov, S. A. & Shulga, Y. M. (2024). Degradation of polymer films of sodium alginate during prolonged irradiation with X-ray under ultra-high vacuum. *Polymers*, 16(14), 2072. doi:10.3390/polym16142072
- Kairyte, A., Kirpluks, M., Ivdre, A., Cabulis, U., Vejelis, S. & Balciunas, G. (2018). Paper Waste Sludge Enhanced Eco-Efficient Polyurethane Foam Composites : Physical-Mechanical Properties and Microstructure. *Polymer Composites*, 39(6), 1852–1860. doi:10.1002/pc.24138
- Kalali, E. N., Zhang, L., Shabestari, M. E., Croyal, J. & Wang, D. (2019). Flame-retardant wood polymer composites (WPCs) as potential fire safe bio-based materials for building products: Preparation, flammability and mechanical properties. *Fire Safety Journal*, 107(December 2017), 210–216. doi:10.1016/j.firesaf.2017.11.001
- Kallbom, S., Lillqvist, K., Spoljaric, S., Seppala, J., Segerholm, K., Rautkari, L., Hughes, M. & Walinder, M. (2020). Effects of water soaking–drying cycles on thermally modified spruce wood–plastic composites. *Wood and Fiber Science*, 52(1), 2–12. doi:10.22382/wfs-2020-002
- Kanagesan, K., Abdulla, R., Derman, E., Sabullah, M. K., Govindan, N. & Gansau, J. A. (2022). A sustainable approach to green algal bioplastics production from brown seaweeds of Sabah, Malaysia. *Journal of King Saud University - Science*, 34(7), 102268. doi:10.1016/j.jksus.2022.102268
- Kanmani, P. & Rhim, J. W. (2014). Properties and characterization of bionanocomposite films prepared with various biopolymers and ZnO nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 106, 190–199. doi:10.1016/j.carbpol.2014.02.007
- Karali, P. F., Grisiute, A. & Werner, L. C. (2019). Bio-modules: Cyber-physical modular responsive variations for dark urban areas using biodegradable materials. In *Proceedings of the eCAADe SIGraDi 2019: Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution* (pp. 317–324). Porto Alegre, Brazil: eCAADe & SIGraDi.
- Karasik, R. (2023, August 9). *Plastic pollution policy country profile: Turkey*. Durham, NC: Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University: Retrieved from <https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/projects/Plastic-Pollution-Policy-Country-Profile-Turkey.pdf>
- Karastathi, N. (2023, April 29). Eco_plexis: Retrieved from https://www.instagram.com/p/B2oKzG_Jf5R/
- Karimah, A., Ridho, M. R., Munawar, S. S., Adi, D. S., Damayanti, R., Subiyanto, B., Fatriasari, W. & Fudholi, A. (2021). A review on natural fibers for development of eco-friendly bio-composite: characteristics, and utilizations. *Journal of materials research and technology*, 13, 2442–2458. doi:10.1016/j.jmrt.2021.06.014
- Karlsson, R. & Luttrupp, C. (2006). EcoDesign : what’s happening ? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. *Journal of Cleaner Production*, 14, 1291–1298. doi:10.1016/j.jclepro.2005.11.010
- Khankhuan, A., Sukthavorn, K., Nootsuwan, N., Veranitisagul, C. & Laobuthee, A. (2023).

- Preparation of thermochromic bioplastic composite filaments for 3D printing process. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 1–14. doi:10.1002/vnl.22077
- Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H. & Kuru, E. (2013). Seaweeds for Food and Industrial Applications. In I. Muzzalupo (Ed.), *Food Industry*, IntechOpen. doi:10.5772/53172
- Kırbaş Akyürek, B. (2021). *In-Between Living and Manufactured: An Exploratory Study on Biobuilding Components for Building Design* Yıldız Technical University, Doctoral dissertation, İstanbul.
- Klemmt, C., Aghaei Meibodi, M., Beaucage, G. & Mcgee, W. (2022). Large-scale Robotic 3D Printing of Plant Fibre and Bioplastic Composites. *eCAADe 2022 Co-creating the Future: Inclusion in and through Design*, Ghent, Belgium.
- Koç, S. G. & Maçka Kalfa, S. (2021). The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions. *Journal of Building Engineering*, 44. doi:10.1016/j.jobbe.2021.102653
- Köhler-Hammer, C., Knippers, J. & Hammer, M. R. (2016). Bio-based plastics for building facades. *Start-up creation: The Smart Eco-Efficient Built Environment* (pp. 329–346). Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-08-100546-0.00013-3
- Kooroshnia, M., Dumitrescu, D. & Rijkers, J. (2021). The influence of colour mixtures on the textural perception of surface design: Deciphering textile methodology in the field of bioplastic design. *Color Research & Application*, 46(3), 546–556. doi:10.1002/col.22648
- Kretzer, M. & Mostafavi, S. (2020). Robotic Fabrication with Bioplastic Materials Digital design and robotic production of biodegradable objects. In *38th Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe)*, eCAADe and University of Ljubljana, Faculty of Architecture: Slovenia.
- Krivoshapko, S. N. (2018). The perspectives of application of thin-walled plastic and composite polymer shells in civil and industrial architecture. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 37(4), 217–229. doi:10.1177/0731684417740770
- Krogars, K., Heinämäki, J., Karjalainen, M., Niskanen, A., Leskelä, M. & Yliruusi, J. (2003). Enhanced stability of rubbery amylose-rich maize starch films plasticized with a combination of sorbitol and glycerol. *International journal of pharmaceutics*, 251(1–2), 205–208. doi:10.1016/S0378-5173(02)00585-9
- Kulig, D., Zimoch-Korzycka, A., Jarmoluk, A. & Marycz, K. (2016). Study on alginate-chitosan complex formed with different polymers ratio. *Polymers*, 8(5), 167. doi:10.3390/polym8050167
- Kulkarni, P., Ravekar, V., Rama Rao, P., Waigokar, S. & Hingankar, S. (2022). Recycling of waste HDPE and PP plastic in preparation of plastic brick and its mechanical properties. *Cleaner Materials*, 5(June), 100113. doi:10.1016/j.clema.2022.100113
- Kulshreshtha, Y., Schlangen, E., Jonkers, H. M., Vardon, P. J. & Van Paassen, L. A. (2017).

- CoRncrete CoRncrete : A corn starch based building material. *Construction and Building Materials*, 154(411–423). doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.07.184
- Kumar, M. & Sekhon, S. S. (2002). Role of plasticizer's dielectric constant on conductivity modification of PEO–NH₄F polymer electrolytes. *European Polymer Journal*, 38(7), 1297–1304. doi:10.1016/S0014-3057(01)00310-X
- Kumar, R., Kumar, M., Kumar, I. & Srivastava, D. (2021). A review on utilization of plastic waste materials in bricks manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*, 46, 6775–6780. doi:10.1016/j.matpr.2021.04.337
- Kuznetsov, S., Doonan, C., Wilson, N., Mohan, S., Hudson, S. E. & Paulos, E. (2015). DIYbio things: open source biology tools as platforms for hybrid knowledge production and scientific participation. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, (CHI '15)*, (pp. 833–842). New York, NY: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/2702123.2702235
- Kwong, O. Y. (2011). *Bio-Plastic Handbook: Chemical structure formula*. Issuu.
- La Fuente Arias, C. I., Kubo, M. T. K., CeciliaTadini, C. & Augusto, P. E. D. (2023). Bio-based multilayer films: A review of the principal methods of production and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(14), 2260–2276. doi:10.1080/10408398.2021.1973955
- Lamba, P., Kaur, D. P., Raj, S. & Sorout, J. (2021). Recycling/reuse of plastic waste as construction material for sustainable development: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–24. doi:10.1007/s11356-021-16980-y
- Lambert, S. & Wagner, M. (2017). Environmental performance of bio-based and biodegradable plastics: the road ahead. *Chemical Society Reviews*, 46(22), 6855–6871. doi:10.1039/C7CS00149E
- Lechner, N. (2014). *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects* (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Leong, Y. W., Thitithanasarn, S., Yamada, K. & Hamada, H. (2014). Compression and injection molding techniques for natural fiber composites. *Natural Fibre Composites* (pp. 216–232). Woodhead Publishing Limited. doi:10.1533/9780857099228.2.216
- Levinson, R., Berdahl, P. & Akbari, H. (2005). Solar spectral optical properties of pigments- Part I : model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 89(4), 319–349. doi:10.1016/j.solmat.2004.11.012
- Levitt, K. (2022, October, 6). Suzanne Lee Grows Her Own BioCouture Bomber Jackets: Retrieved from <https://www.vice.com/en/article/xyvjpa/suzanne-lee-grows-her-own-biocouture-bomber-jackets>
- Li, H. & Huneault, M. A. (2011). Comparison of sorbitol and glycerol as plasticizers for thermoplastic starch in TPS/PLA blends. *Journal of Applied Polymer Science*,

119(4), 2439–2448. doi:10.1002/app.32956

- Li, Haoxin, Zhou, M., Mohammed, A. E. G. A. Y., Chen, L. & Zhou, C. (2022). From fruit and vegetable waste to degradable bioplastic films and advanced materials: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30(October), 100859. doi:10.1016/j.scp.2022.100859
- Li, J., He, J., Huang, Y., Li, D. & Chen, X. (2015). Improving surface and mechanical properties of alginate films by using ethanol as a co-solvent during external gelation. *Carbohydrate polymers*, 123, 208–216. doi:10.1016/j.carbpol.2015.01.040
- Li, J., Ma, J., Chen, S., He, J. & Huang, Y. (2018). Characterization of calcium alginate/deacetylated konjac glucomannan blend films prepared by Ca²⁺ crosslinking and deacetylation. *Food Hydrocolloids*, 82, 363–369. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.04.022
- Li, K., Zhu, J., Guan, G. & Wu, H. (2019). Preparation of chitosan-sodium alginate films through layer-by-layer assembly and ferulic acid crosslinking: Film properties, characterization, and formation mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 485–492. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.188
- Liang, H., Shi, Z., Dan, R., Chen, Q., Liang, F., Feng, X., Tang, C., Shang, X., Zhang, D. & Hu, Y. (2024). Waste-wool/ polyurethane foam composites with stratified structure for potential sound absorption applications. *Journal of Building Engineering*, 98. doi:10.1016/j.jobbe.2024.111238
- Liling, G., Di, Z., Jiachao, X., Xin, G., Xiaoting, F. & Qing, Z. (2016). Effects of ionic crosslinking on physical and mechanical properties of alginate mulching films. *Carbohydrate Polymers*, 136, 259–265. doi:10.1016/j.carbpol.2015.09.034
- Lim, C., Yusoff, S., Ng, C. G., Lim, P. E. & Ching, Y. C. (2021). Bioplastic made from seaweed polysaccharides with green production methods. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(June). doi:10.1016/j.jece.2021.105895
- Lim, J., Hii, S., Chee, S. & Wong, C. (2018). Sargassum siliculosum J . Agardh extract as potential material for synthesis of bioplastic film. *Journal of Applied Phycology*, 30, 3285–3297. doi:10.1007/s10811-018-1603-2
- Lim, W. S., Ock, S. Y., Park, G. D., Lee, I. W., Lee, M. H. & Park, H. J. (2020). Heat-sealing property of cassava starch film plasticized with glycerol and sorbitol. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100556. doi:10.1016/j.fpsl.2020.100556
- Liu, X., Shen, C. & Wang, J. (2022). Investigation on the lighting / heating performance of tubular daylighting devices (TDDs) based on nanofluids. *Energy and Buildings*, 263, 112028. doi:10.1016/j.enbuild.2022.112028
- Liu, D., Sun, Y., Wilson, R. & Wu, Y. (2020). Comprehensive evaluation of window-integrated semi-transparent PV for building daylight performance. *Renewable Energy*, 145, 1399–1411. doi:10.1016/j.renene.2019.04.167
- Liu, M., Arshadi, M., Javi, F., Lawrence, P., Davachi, S. M. & Abbaspourrad, A. (2020).

- Green and facile preparation of hydrophobic bioplastics from tea waste. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123353. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123353
- Liu, S., Du, K., Huang, W., Wen, K., Amini, F. & Li, L. (2021). Improvement of erosion-resistance of bio-bricks through fiber and multiple MICP treatments. *Construction and Building Materials*, 271, 121573. doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.121573
- Liu, X. (2021). *Organic Chemistry I*. Surrey, BC: Kwantlen Polytechnic University.
- Liu, Y., Zhang, C. J., Zhao, J. C., Guo, Y., Zhu, P. & Wang, D. Y. (2016). Bio-based barium alginate film: Preparation, flame retardancy and thermal degradation behavior. *Carbohydrate polymers*, 139, 106–114. doi:10.1016/j.carbpol.2015.12.044
- Liu, Yun, Wang, J. S., Zhu, P., Zhao, J. C., Zhang, C. J., Guo, Y. & Cui, L. (2016). Thermal degradation properties of biobased iron alginate film. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 119, 87–96. doi:10.1016/j.jaap.2016.03.014
- Liu, Yun, Zhao, X. R., Peng, Y. L., Wang, D., Yang, L., Peng, H., Wang, D., Yang, L., Peng, H., Zhu, P. & Wang, D.-Y. (2016). Effect of reactive time on flame retardancy and thermal degradation behavior of bio-based zinc alginate film. *Polymer Degradation and Stability*, 127, 20–31. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2015.12.024
- Llorens-Gámez, M., Salesa, B. & Serrano-Aroca, Á. (2020). Physical and biological properties of alginate/carbon nanofibers hydrogel films. *International journal of biological macromolecules*, 151, 499–507. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.02.213
- Lomartire, S., Marques, J. C. & Gonçalves, A. M. (2022). An overview of the alternative use of seaweeds to produce safe and sustainable bio-packaging. *Applied Sciences*, 12(6), 3123. doi:10.3390/app12063123
- Lupíšek, A., Bureš, M., Volf, M., Hodková, J., Nováček, J., Hejtmánek, P. & Tywoniak, J. (2015). Development and testing of environmentally friendly envelope for energy efficient buildings in the Czech Republic. *Energy Procedia*, 78, 285–290. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.639
- Maçka Kalfa, S. (2014). *Türkiye İklim Bölgelerinde Konut Binaları için Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Majeed, T., Dar, A. H., Pandey, V. K., Dash, K. K., Srivastava, S., Shams, R., Jeevarathinam, G., Singh, P., Echegaray, N. & Pandiselvam, R. (2023). Role of additives in starch-based edible films and coating: A review with current knowledge. *Progress in Organic Coatings*, 181, 107597. doi:10.1016/j.porgcoat.2023.107597
- Marangoni Júnior, L., Jamróz, E., Gonçalves, S. de Á., da Silva, R. G., Alves, R. M. V. & Vieira, R. P. (2022). Preparation and characterization of sodium alginate films with propolis extract and nano-SiO₂. *Food Hydrocolloids for Health*, 2(September), 100094. doi:10.1016/j.fhfh.2022.100094
- Maraveas, C. (2020). Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes. *Materials*, 13(2), 262. doi:10.3390/ma13020262

- Marcos, B., Gou, P., Arnau, J. & Comaposada, J. (2016). Influence of processing conditions on the properties of alginate solutions and wet edible calcium alginate coatings. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 271–279. doi:10.1016/j.lwt.2016.07.054
- Mathis, D., Blanchet, P., Landry, V. & Lagi, P. (2019). Thermal characterization of bio-based phase changing materials in decorative wood-based panels for thermal energy storage. *Green Energy & Environment*, 4, 56–65. doi:10.1016/j.gee.2018.05.004
- Maunahan, B. & Adeba, K. (2021). Production of Hollow Block Using Waste Plastic and Sand. *American Journal of Science, Engineering and Technology*, 6(4), 127–143. doi:10.11648/j.ajset.20210604.15
- Maurer, C., Pflug, T., Di Lauro, P., Hafner, J., Knez, F., Jordan, S., Hermann, M. & Kuhn, T. E. (2012). Solar heating and cooling with transparent façade collectors in a demonstration building., 30, 1035–1041. doi:10.1016/j.egypro.2012.11.116
- Mayhoub, M. S. (2014). Innovative daylighting systems' challenges: A critical study. *Energy & Buildings*, 80, 394–405. doi:10.1016/j.enbuild.2014.04.019
- McHugh, D. J. (Ed.). (1987). *Production and utilization of products from commercial seaweeds. FAO Fisheries Technical Paper* (No. 288, p. 189). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations <https://www.fao.org/fishery/en/publications/12221>.
- Meereboer, K. W., Misra, M. & Mohanty, A. K. (2020). Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites. *Green Chemistry*, 22(17), 5519–5558. doi:10.1039/d0gc01647k
- Melo, C. P. B., Grossmann, M. V. E., Yamashita, F., Youssef, E. Y., Dall'Antônia, L. H. & Mali, S. (2011). Effect of manufacturing process and xanthan gum addition on the properties of cassava starch films. *Journal of Polymers and the Environment*, 19, 739–749. doi:10.1007/s10924-011-0325-1
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025, Temmuz 23). Resmi İklim İstatistikleri: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> adresinden alınmıştır.
- Modern Synthesis. (2022, October 6). Korvaa Shoes: Retrieved from https://www.instagram.com/modern_synthesis/
- Mogharbel, A. T., Ashour, G. R. S., Alkhamis, K., Al-bonayan, A. M., Abualnaja, M. M., Qurban, J., Katouah, H. A. & El-Metwaly, N. M. (2024). Preparation of Self-Healing Anthocyanidin-Containing Thermochromic Alginate Ink for Authentication Purposes. *ACS Omega*, 9, 1562–1572. doi:10.1021/acsomega.3c07874
- Mohammed, A., Gaduan, A., Chaitram, P., Pooran, A., Lee, K. Y. & Ward, K. (2023). (2023). Sargassum inspired, optimized calcium alginate bioplastic composites for food packaging. *Food Hydrocolloids*, 135, 108192. doi:10.1016/j.foodhyd.2022.108192
- Mohan, C., Kumari, P., Kumari, N. & Negi, A. (2023). Fabrication of Colored Polymeric

- Membrane Using Clay-Based Nano Pigments of Safranin O (SO) Dye. *Membranes*, 13(7), 619. doi:10.3390/membranes13070619
- Mohanty, A. K., Tummala, P., Liu, W., Misra, M., Mulukutla, P. V. & Drzal, L. T. (2005). Injection molded biocomposites from soy protein based bioplastic and short industrial hemp fiber. *Journal of Polymers and the Environment*, 13, 279–285. doi:10.1007/s10924-005-4762-6
- Mohanty, Amar K., Misra, M., Drzal, L. T., Selke, S. E., Harte, B. R. & Hinrichsen, G. (2005). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites: An introduction. In A. K. Mohanty, M. Misra, & L. T. Drzal (Eds.), *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites* (pp. 1–36). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- Motelica, L., Fikai, D., Oprea, O. C., Fikai, A., Ene, V. L., Vasile, B. S., Andronesu, E. & Holban, A.-M. (2021). Antibacterial Biodegradable Films Based on Alginate with Silver Nanoparticles and Lemongrass Essential Oil–Innovative Packaging for Cheese. *Nanomaterials*, 11(9), 2377. doi:10.3390/nano11092377
- Motelica, L., Fikai, D., Oprea, O., Fikai, A., Trusca, R. D., Andronesu, E. & Holban, A. M. (2021). Biodegradable alginate films with ZnO nanoparticles and citronella essential oil—A novel antimicrobial structure. *Pharmaceutics*, 13(7), 1020. doi:10.3390/pharmaceutics13071020
- Mousavi, S., Brown, T. & Malmsheimer, R. W. (2025). Sustainable bioplastic products for building applications : recent trends and future opportunities – A systematic review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. doi:10.1002/bbb.70005
- Mroczek, J., Steer, J., Kłedkiewicz, Ł., Greves, I., Sęczkowski, M., Gajewska, K., Pawlak, R. & Pawłowski, L. (2020). *MOSP 2020 – Modern Office Standards Poland*. Warsaw, Poland: CBRE & Rolfe Judd.
- Munawar, S., Umemura, K. & Kawai, S. (2007). Characterization of the morphological, physical, and mechanical properties of seven nonwood plant fiber bundles. *Journal of Wood Science*, 53, 108–113. doi:10.1007/s10086-006-0836-x
- Munaweera, I. & Madhusa, M. L. C. (2023). *Characterization techniques for nanomaterials*. Boca Raton, FL: CRC Press. doi:10.1201/9781003354185
- Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W. & Kumar, M. (2020). Enhancing the functionality of chitosan-and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 304–320. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083
- Nandakumar, A., Chuah, J. A. & Sudesh, K. (2021). Bioplastics: A boon or bane?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147(May), 111237. doi:10.1016/j.rser.2021.111237
- Nasihin, Z. D., Masruri, M., Warsito, W. & Srihardyastutie, A. (2020). Preparation of nanocellulose bioplastic with a gradation color of red and yellow. In (Vol. 833, No. 1, p.). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing.

doi:10.1088/1757-899X/833/1/012078

- Needhidasan, S., Ramesh, B. & Joshua Richard Prabu, S. (2020). Experimental study on use of E-waste plastics as coarse aggregate in concrete with manufactured sand. *Materials Today: Proceedings*, 22, 715–721. doi:10.1016/j.matpr.2019.10.006
- Ngo, T. M. P., Dang, T. M. Q., Tran, T. X. & Rachtanapun, P. (2018). Effects of zinc oxide nanoparticles on the properties of pectin/alginate edible films. *International Journal of Polymer Science*, 2018. doi:10.1155/2018/5645797
- Nielsen, L. E. & Landel, R. F. (1993). *Mechanical Properties of Polymers and Composites: Second Edition, revised and expanded*. CRC press, Taylor & Francis Group, LLC. doi:10.1201/b16929
- Noaman, D. S., Moneer, S. A., Megahed, N. A. & El-Ghafour, S. A. (2022). Integration of active solar cooling technology into passively designed facade in hot climates. *Journal of Building Engineering*, 56(May), 104658. doi:10.1016/j.jobbe.2022.104658
- OECD. (2022). *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*. Paris, France: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>
- Olgyay, A., Olgyay, V. (1957). *Solar control and shading devices*. Princeton University Press: Princeton, New Jersey.
- Olivas, G. I. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2008). Alginate-calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT*, 41(2), 359–366. doi:10.1016/j.lwt.2007.02.015
- Oliver-ortega, H., Chamorro-trenado, M. À., Soler, J., Mutjé, P., Vilaseca, F. & Espinach, F. X. (2018). Macro and micromechanical preliminary assessment of the tensile strength of particulate rapeseed sawdust reinforced polypropylene copolymer biocomposites for its use as building material. *Construction and Building Materials*, 168, 422–430. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.02.158
- Otari, S. V. & Jadhav, J. P. (2021). Seaweed-based biodegradable biopolymers, composites, and blends with applications. In D. Pant, S. K. Gupta, & A. Giri (Eds.), *Bioremediation using weeds* (pp. 121–149). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-33-6552-0_6
- Özdamar, E. G. & Ateş, M. (2018). Rethinking sustainability: A research on starch based bioplastic. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 3(3), 249–260. doi:10.29187/jscmt.2018.28
- Paixão, L. C., Lopes, I. A., Barros Filho, A. K. D. & Santana, A. A. (2019). Alginate bio films plasticized with hydrophilic and hydrophobic plasticizers for application in food packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(48), 48263. doi:10.1002/app.48263
- Park, H., He, H., Yan, X., Liu, X., Scrutton, N. S. & Chen, G. Q. (2024). PHA is not just a bioplastic!. *Biotechnology Advances*, 71, 108320. doi:10.1016/j.biotechadv.2024.108320

- Pereira, L. & Cotas, J. (2020). Introductory chapter: Alginates-A general overview. In L. Pereira (Ed.), *Alginates-Recent uses of this natural polymer* (pp. 3–18).
- Pereira, R., Tojeira, A., Vaz, D. C., Mendes, A. & Bártolo, P. (2011). Preparation and Characterization of Films Based on Alginate and Aloe Vera. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 16(7), 449–464. doi:10.1080/1023666X.2011.599923
- Pintos, P. (2023, March 12). People's Pavilion / bureau SLA + Overtreders W.: Retrieved from <https://www.archdaily.com/915977/peoples-pavilion-bureau-sla-plus-overtreders-w>
- Plastic Europe & EPRO. (2022). *Plastics – the Facts 2022: An analysis of European plastics production, demand, conversion and end-of-life management*. Brussels, Belgium: Plastic Europe & EPRO. Retrieved from <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
- Plastics Europe & EPRO. (2021). *Plastics – the Facts 2021*. Brussels, Belgium: Plastics Europe & EPRO. Retrieved from <https://plasticseurope.org/>.
- Podshivalov, A., Zakharova, M., Glazacheva, E. & Uspenskaya, M. (2017). Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1162–1172. doi:10.1016/j.carbpol.2016.10.079
- Pons, O. & Abt, T. (2020). Evaluation of household waste materials for façade components in primary educational workshops. Mechanical and fire properties. *Journal of Building Engineering*, 29(May 2019), 101202. doi:10.1016/j.jobbe.2020.101202
- Pouzada, A. S. (2017). Processing, Design, and Performance of Plastics Products. *Brydson's Plastics Materials* (pp. 205–246). Butterworth-Heinemann. doi:10.1016/B978-0-323-35824-8.00009-8
- Pujadas-Gispert, E., Alsailani, M., van Dijk, K. C. A., Rozema, A. D. K., ten Hoope, J. P., Korevaar, C. C. & Moonen, S. P. G. (2020). Design, construction, and thermal performance evaluation of an innovative bio-based ventilated façade. *Frontiers of Architectural Research*, 9(3), 681–696. doi:10.1016/j.foar.2020.02.003
- Rabbat, C., Awad, S., Villot, A., Rollet, D. & Andr, Y. (2022). Sustainability of biomass-based insulation materials in buildings: Current status in France, end-of-life projections and energy recovery potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111962. doi:10.1016/j.rser.2021.111962
- Racolta, A., Milincu, C. & Giurea, D. (2016). The analysis of PET bottle reuse as a roof thermal insulation component. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM*, Sofia.
- Rahardiyana, D., Moko, E. M., Shun, T. J. & Keong, L. C. (2023). Thermoplastic starch (TPS) bioplastic, the green solution for single-use petroleum plastic food packaging—A review. *Enzyme and microbial technology*, 110260. doi:10.1016/j.enzmictec.2023.110260

- Rajak, D. K., Pagar, D. D., Menezes, P. L. & Linul, E. (2019). Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, properties, and applications. *Polymers*, 11(10), 1667. doi:10.3390/polym11101667
- Ramakrishnan, N., Sharma, S., Gupta, A. & Alashwal, B. Y. (2018). Keratin based bioplastic film from chicken feathers and its characterization. *International journal of biological macromolecules*, 111, 352–358. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.01.037
- Ramos Huarachi, D. A., Gonçalves, G., de Francisco, A. C., Canteri, M. H. G. & Piekarski, C. M. (2020). Life cycle assessment of traditional and alternative bricks: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, 80(April 2019), 106335. doi:10.1016/j.eiar.2019.106335
- Raspanti, C. (2023, May 5). Biofabricatin Materials/ Lecture Notes: Retrieved from <https://class.textile-academy.org/classes/2020-21/week06/#materials>
- Raut, A., Patel, M. S., Jadhwar, N. B., Khan, U. & Dhengare, S. W. (2015). Investigating the Application of Waste Plastic Bottle as a Construction Material: A Review. *Journal of Advance Research in Mechanical & Civil Engineering*, 2(3), 86–99. doi:10.53555/nmmce.v2i3.362
- Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K. & Mohanty, A. K. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38, 1653–1689. doi:10.1016/j.progpolymsci.2013.05.006
- Reddy, S. G. (2021). Alginates-A seaweed product: Its properties and applications. In I. Deniz, E. Imamoglu, & T. Keskin Gündoğdu (Eds.), *Properties and Applications of Alginates* (pp. 19–38). London, UK: IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.98831
- Rhim, J. W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food science and technology*, 37(3), 323–330. doi:10.1016/j.lwt.2003.09.008
- Ribeaux, T. (2025, August 2). Bioplastic Cookbook for Ritual Healing from Petrochemical Landscapes: Retrieved from <https://bioplastic-cookbook.schloss-post.com/gelatin.html>
- Ripley, R. L. & Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture : bioinspired art and architecture — a perspective. *Philosophical Transactions A*, 374(20160192). doi:10.1098/rsta.2016.0192
- Rizal, S., Abdul Khalil, H. P. S., Hamid, S. A., Ikramullah, I., Kurniawan, R., Hazwan, C. M., Muksin, U., Aprilia, S. & Alfatah, T. (2023). Coffee Waste Macro-Particle Enhancement in Biopolymer Materials for Edible Packaging. *Polymers*, 15(2). doi:10.3390/polym15020365
- Rocha, M. da, Souza, M. M. de & Prentice, C. (2018). Biodegradable Films: An Alternative Food Packaging. *Food Packaging and Preservation* (pp. 307–342). doi:10.1016/B9780-12-811516-9.00009-9

- Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. & Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings—The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258, 114107. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114107
- Rognoli, V., Bianchini, M., Maffei, S. & Karana, E. (2015). DIY materials. *Materials and Design*, 86, 692–702. doi:10.1016/j.matdes.2015.07.020
- Rognoli, V. & Karana, E. (2014). Toward a New Materials Aesthetic Based on Imperfection and Graceful Aging. *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design* (pp. 145–154). Butterworth-Heinemann. doi:10.1016/B978-0-08-099359-1.00011-4
- Rosentrater, K. A. & Otieno, A. W. (2006). Considerations for Manufacturing Bio-Based Plastic Products. *Journal of Polymers and the Environment*, 14, 335–346. doi:10.1007/s10924-006-0036-1
- Roy, S. & Rhim, J.-W. (2020). Effect of CuS reinforcement on the mechanical, water vapor barrier, UV-light barrier, and antibacterial properties of alginate-based composite films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 37–44. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.07.092
- Rubino, C., Bonet Aracil, M., Gisbert-Payá, J., Liuzzi, S., Stefanizzi, P., Zamorano Cantó, M. & Martellotta, F. (2019). Composite eco-friendly sound absorbing materials made of recycled textile waste and biopolymers. *Materials*, 12(23), 4020. doi:10.3390/ma12234020
- Ruggero, F., Gori, R. & Lubello, C. (2019). Methodologies to assess biodegradation of bioplastics during aerobic composting and anaerobic digestion: A review. *Waste Management and Research*, 37(10), 959–975. doi:10.1177/0734242X19854127
- Sampaio, W. R. V., Serra, P. L. C., Dantas, N. O., de Sousa, R. R. M. & Silva, A. C. A. (2022). Nanocomposites Thin Films: Manufacturing and Applications. In A. Sharma (Ed.), *Nanocomposite Materials for Biomedical and Energy Storage Applications* (pp. 77–90). London, UK: IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.103961
- Santana, A. A. & Kieckbusch, T. G. (2013). Physical evaluation of biodegradable films of calcium alginate plasticized with polyols. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 30, 835–845. doi:10.1590/S0104-66322013000400015
- Santos, L. G., Silva, G. F. A., Gomes, B. M. & Martins, V. G. (2021). A novel sodium alginate active films functionalized with purple onion peel extract (*Allium cepa*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, 102096. doi:10.1016/j.bcab.2021.102096
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R. & Sahari, J. (2015). Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch. *Polymers*, 7(6), 1106–1124. doi:10.3390/polym7061106
- Satriaji, K. P., Garcia, C. V., Kim, G. H., Shin, G. H. & Kim, J. T. (2020). Antibacterial bionanocomposite films based on CaSO₄-crosslinked alginate and zinc oxide

- nanoparticles. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(October 2019), 100510. doi:10.1016/j.fpsl.2020.100510
- Savić Gajić, I. M., Savić, I. M. & Svirčev, Z. (2023). Preparation and characterization of alginate hydrogels with high water-retaining capacity. *Polymers*, 15(12), 2592. doi:10.3390/polym15122592
- Say, A. (2024, February 14). ArboSkin Pavilion made by ITKE: Retrieved from <https://parametric-architecture.com/arboskin-pavilion-made-by-itke/>
- Schabbach, L. M., Marinoski, D. L., Güths, S., Bernardin, A. M. & Fredel, M. C. (2018). Pigmented glazed ceramic roof tiles in Brazil : Thermal and optical properties related to solar reflectance index. *Solar Energy*, 159(May 2017), 113–124. doi:10.1016/j.solener.2017.10.076
- Schulzke, T., Iakovleva, A., Cao, Q., Conrad, S., Zabelkin, S. & Grachev, A. (2018). Polyurethane foams produced from pyrolysis oil-Production and possible application. *Biomass and Bioenergy*, 115(April), 195–202. doi:10.1016/j.biombioe.2018.04.006
- Shah, M., Rajhans, S., Pandya, H. A. & Mankad, A. U. (2021). Bioplastic for future: A review then and now. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 9(2), 56–67. doi:10.30574/wjarr.2021.9.2.0054
- Shahzad, A. (2017). Mechanical properties of lignocellulosic fiber composites. *Lignocellulosic Fibre and Biomass-Based Composite Materials* (pp. 193–223). Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-08-100959-8.00011-1
- Shankar, S., Kasapis, S. & Rhima, J.-W. (2018). Alginate-based nanocomposite films reinforced with halloysite nanotubes functionalized by alkali treatment and zinc oxide nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 1824–1832. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.07.026
- Shankar, S., Wang, L.-F. & Rhim, J.-W. (2016). Preparations and characterization of alginate/silver composite films: Effect of types of silver particles. *Carbohydrate Polymers*, 146, 208–216. doi:10.1016/j.carbpol.2016.03.026
- Sharma, S., Kumar, G., Bhardwaj, S. K., Chauhan, A., Rathi, A., Kumar, J., Sahil, K. & Vishvamitera, S. (2025). Bioplastics as next-generation eco-friendly materials: a comprehensive review. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1–19. doi:10.1007/s10098-025-03214-9
- Sharp, F., Lindsey, D., Dols, J. & Coker, J. (2014). The use and environmental impact of daylighting. *Journal of Cleaner Production*, 85, 462–471. doi:10.1016/j.jclepro.2014.03.092
- Shlush, E. & Davidovich-Pinhas, M. (2022). Bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 125, 66–80. doi:10.1016/j.tifs.2022.04.026
- Siddaramaiah, Mruthyunjaya Swamy, T. M., Ramaraj, B. & Lee, J. H. (2008). Sodium alginate and its blends with starch: thermal and morphological properties. *Journal of*

- Applied Polymer Science*, 109(6), 4075–4081. doi:10.1002/app.28625
- Silva, M. A. da, Bierhalz, A. C. K. & Kieckbusch, T. G. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers*, 77(4), 736–742. doi:10.1016/j.carbpol.2009.02.014
- Sivakumar, S. R., Suresh, S. N., Winifrida, K., Subramani, R. & Pushparaj, C. (2025). Converting vegetable and fruit mixture waste into eco-friendly bioplastic sheets and films using a solution casting method. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(7), 10015–10025. doi:10.1007/s13399-024-05723-x
- Somleva, M. N., Peoples, O. P. & Snell, K. D. (2013). PHA bioplastics, biochemicals, and energy from crops. *Plant biotechnology journal*, 11(2), 233–252. doi:10.1111/pbi.12039
- Sorrentino, A., Gorrasi, G. & Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in food science & technology*, 84(2), 84–95. doi:10.1016/j.tifs.2006.09.004
- Sothornvit, R. & Krochta, J. M. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. In Jung H. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging, Food Science and Technology* (pp. 403–433). San Diego, CA: Academic Press. doi:10.1016/B978-012311632-1/50055-3
- Sperling, L. H. (2015). *Introduction to physical polymer science (4th ed.)*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. doi:10.1002/0471757128
- Spyridonos, E., Costalonga, V., Petrš, J., Kerekes, G., Schwieger, V. & Dahy, H. (2025). Enhancing construction accuracy with biocomposites through 3D scanning methodology: Case studies applying Pultrusion, 3D Printing, and Tailored Fibre Placement. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04499. doi:10.1016/j.cscm.2025.e04499
- Sun, X., Zhang, H., Wang, J., Dong, M., Jia, P., Bu, T., Wang, Q. & Wang, L. (2021). Sodium alginate-based nanocomposite films with strong antioxidant and antibacterial properties enhanced by polyphenol-rich kiwi peel extracts bio-reduced silver nanoparticles. *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100741. doi:10.1016/j.fpsl.2021.100741
- Surendren, A., Mohanty, A. K., Liu, Q. & Misra, M. (2022). A review of biodegradable thermoplastic starches, their blends and composites: recent developments and opportunities for single-use plastic packaging alternatives. *Green Chemistry*, 24, 8606–8636. doi:10.1039/d2gc02169b
- Sutherland, I. W. (1991). Alginates. In D. Byrom (Ed.), *Biomaterials: Novel materials from biological sources* (pp. 307–331). London: Palgrave Macmillan. doi:10.1007/978-1-349-11167-1_7
- Tan, S. X., Ong, H. C., Andriyana, A., Lim, S., Pang, Y. L., Kusumo, F. & Ngoh, G. C. (2022). Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film. *Polymers*, 14(2), 278. doi:10.3390/polym14020278

- Tao, Y. U., Yan, L. I. & Jie, R. E. N. (2009). Preparation and properties of short natural fiber reinforced poly (lactic acid) composites. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 19(3), 651–655. doi:10.1016/S1003-6326(10)60126-4
- TSE. (2024). Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı, TS 825:2024. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- Tsilingiris, P. T. (2003). Comparative evaluation of the infrared transmission of polymer films. *Energy and Conversion & Management*, 44, 2839–2856. doi:10.1016/S0196-8904(03)00066-9
- Tümerdem, D. & Gül, L. F. (2023). Temporalities of a DIY biocomposite through material exploration. *The Design Journal*, 26(6), 900–918. doi:10.1080/14606925.2023.2257534
- Tyagi, V. & Bhattacharya, B. (2019). Role of plasticizers in bioplastics. *MOJ Food Processing & Technology*, 7(4), 128–130. doi:10.15406/mojfpt.2019.07.00231
- UNDP. (2024, February 9). What are the Sustainable Development Goals?: Retrieved from https://www.undp.org/sustainable-development-goals?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAt5euBhB9EiwAdkXWO1CmGestbL_s8hdlof8_iMj2r7-YnCBBzR5qNCsP5aSYGLAz9xFpNxoCascQAvD_BwE.
- UNEP & Yale CEA. (2023). Building materials and the climate: Constructing a new future. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.
- UNFCCC. (2015). Adoption of the Paris Agreement: Draft decision –/CP.21: Proposal by the President. In Report of the Conference of the Parties to the UNFCCC (21st session).
- United States Department of Agriculture. (2024, February 9). BioPreferred Program: Retrieved from file:///C:/Users/sena/Downloads/508_RD_BioPreferred_FS.pdf
- UrbanNext. (2023, March 23). ArboSkin Bioplastic Façade: Retrieved from <https://urbannext.net/arboskin-bioplastic-facade/>.
- Van Hemel, C. G. (1999). *EcoDesign empirically explored: Design for environment in Dutch small and medium-sized enterprises*, Delft University of Technology, Delft University of Technology Repository, Doctoral dissertation, Delft, Netherlands.
- Vejdan, A., Ojagh, S. M., Adeli, A. & Abdollahi, M. (2016). Effect of TiO₂ nanoparticles on the physico-mechanical and ultraviolet light barrier properties of fish gelatin/agar bilayer film. *LWT-Food science and technology*, 71, 88–95. doi:10.1016/j.lwt.2016.03.011
- Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M. & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic pollutants from plastic waste-a review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708. doi:10.1016/j.proenv.2016.07.069
- Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O. & Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films : A review. *European Polymer Journal*, 47(3),

254–263. doi:10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011

- Vikipedi. (2023, Ocak 21). Plastik: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Plastik> adresinden alınmıştır.
- Villanueva, V., Valdés, F., Zúñiga, R. N., Villamizar-Sarmiento, M. G., Soto-Bustamante, E., Romero-Hasler, P., Riveros, A. L., Tapia, J., Lisoni, J., Oyarzun-Ampuero, F. & Valenzuela, C. (2023). Development of biodegradable and vermicompostable films based on alginate and waste eggshells. *Food Hydrocolloids*, 142(May), 108813. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.108813
- Vox, G. & Schettini, E. (2007). Evaluation of the radiometric properties of starch-based biodegradable films for crop protection. *Polymer Testing*, 26(5), 639–651. doi:10.1016/j.polymertesting.2007.03.010
- Vrins, M. (2018). Standards and regulations for the bio-based industry: STAR4BBI – Work Package 4. Brussels, Belgium: STAR4BBI Consortium.
- Walker, S. (1995). The environment, product aesthetics and surface. *Design issues*, 11(3), 15–27.
- Walsh, N. P. (2023, MARCH 12). Recycled plastic blocks designed to hold similar properties to concrete: Retrieved from <https://archinect.com/news/article/150296352/recycled-plastic-blocks-designed-to-hold-similar-properties-to-concrete>
- Wang, L. F. & Rhim, J. W. (2015). Preparation and application of agar/alginate/collagen ternary blend functional food packaging films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 80, 460–468. doi:10.1016/j.ijbiomac.2015.07.007
- Wang, L. Z., Liu, L., Holmes, J., Kerry, J. F. & Kerry, J. P. (2007). Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. *International journal of food science & technology*, 42(9), 1128–1138. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01440.x
- Wang, X., Zhang, H., Zhang, X., Shen, C., Liu, M., Liu, S., Han, Y. & He, T. (2024). A comparison study on effects of polyglycerols on physical properties of alginate films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127879. doi:10.1016/j.ijbiomac.2023.127879
- Wang, Y., Wang, X., Li, T., Ma, P., Zhang, S., Du, M., Dong, W. & Chen, M. (2018). Effects of Melanin on Optical Behavior of Polymer: From Natural Pigment to Materials Applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(15), 13100–13106. doi:10.1021/acsami.8b02658
- Wankanapon, P. (2009). *The impact of translucent fabric shades and control strategies on energy savings and visual quality.*, The Pennsylvania State University, Doctoral Dissertation, University Park, PA (Pennsylvania).
- Weerapoprasit, C. & Prachayawarakorn, J. (2015). Properties of biodegradable thermoplastic cassava starch/sodium alginate composites prepared from injection molding. *Polymer Composites*, 37(12), 3365–3372. doi:10.1002/pc.23534

- Westlake, J. R., Tran, M. W., Jiang, Y., Zhang, X., Burrows, A. D. & Xie, M. (2023). Biodegradable biopolymers for active packaging: demand, development and directions. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 50–72. doi:10.1039/D2FB00004K
- Wonorahardjo, S., Sutjahja, I. M., Mardiyati, Y., Andoni, H., Achsani, R. A., Steven, S., Thomas, D., Tunçbilek, E., Arıcı, M., Rahman, N. & Tedja, S. (2022). Effect of different building façade systems on thermal comfort and urban heat island phenomenon : An experimental analysis. *Building and Environment*, 217(January), 109063. doi:10.1016/j.buildenv.2022.109063
- Wu, D., Wang, J., Zhao, Y., Li, S., Yang, H., Tan, R. & Zhang, T. (2024). Bio-Inspired Seaweed-Based nanocomposite materials with excellent degradability and multifunctional barrier properties for green packaging. *Chemical Engineering Journal*, 479, 147285. doi:10.1016/j.cej.2023.147285
- WWF – World Wide Fund for Nature. (2019). *Solving Plastic pollution through accountability*. Gland, Switzerland: WWF.
- Xiao, C., Liu, H., Lu, Y. & Zhang, L. (2001). Blend films from sodium alginate and gelatin solutions. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 38(3), 317–328. doi:10.1081/MA-100103352
- Xiao, Q., Tong, Q., Zhou, Y. & Deng, F. (2015). Rheological properties of pullulan-sodium alginate based solutions during film formation. *Carbohydrate polymers*, 130, 49–56. doi:10.1016/j.carbpol.2015.04.069
- Xie, F., Gao, C. & Avérous, L. (2024). Alginate-based materials: Enhancing properties through multiphase formulation design and processing innovation. *Material Science & Engineering R*, 159, 100799. doi:10.1016/j.mser.2024.100799
- Xu, X., Zhu, T., Zheng, W., Xian, C., Huang, J., Chen, Z., Cai, W., Zhang, W. & Lai, Y. (2023). A robust and transparent hydrogel coating for sustainable antifogging with excellent self-cleaning and self-healing ability. *Chemical Engineering Journal*, 451, 137879. doi:10.1016/j.cej.2022.137879
- Yadav, M., Liu, Y. K. & Chiu, F. C. (2019). Fabrication of cellulose nanocrystal/silver/alginate bionanocomposite films with enhanced mechanical and barrier properties for food packaging application. *Nanomaterials*, 9(11), 1523. doi:10.3390/nano9111523
- Yang, B., Wang, Q. & Man, S. S. (2024). Sustainable material innovation design for building construction: Exploring bio-based alternatives. *Design Studies and Intelligence Engineering*, 81–87. doi:10.3233/FAIA231427
- Yeang, K. (2008). Ecodesign and the Transition of the Built Environment. *Urban Energy Transition* (pp. 381–385). Elsevier.
- Yuan, Y. & Solin, N. (2022). Water Processable Bioplastic Films from Functionalized Protein Fibrils. *Advanced Materials Interface*, 9(27), 2200926. doi:10.1002/admi.202200926

- Zari, M. P. (2018). *Regenerative urban design and ecosystem biomimicry*. New York, NY: Routledge.
- Zboinska, M. A., Sämfors, S. & Gatenholm, P. (2023). Robotically 3D printed architectural membranes from ambient dried cellulose nanofibril-alginate hydrogel. *Materials and Design*, 236(June), 112472. doi:10.1016/j.matdes.2023.112472
- Zdiri, K., Cayla, A., Elamri, A., Erard, A. & Salaun, F. (2022). Alginate-Based Bio-Composites and Their Potential Applications. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(3), 117. doi:10.3390/jfb13030117
- Zhao, D., Qian, X., Gu, X., Jajja, S. A. & Yang, R. (2016). Measurement Techniques for Thermal Conductivity and Interfacial Thermal Conductance of Bulk and Thin Film Materials. *Journal of Electronic Packaging*, 138(4), 040802. doi:10.1115/1.4034605
- Zhao, J., Li, Y., Fang, X., Sun, J., Zhang, W., Wang, B., Xu, J., Lu, Y. & Guo, H. (2022). High interface compatibility and phase change enthalpy of heat storage wood plastic composites as bio-based building materials for energy saving. *Journal of Energy Storage*, 51(March), 104293. doi:10.1016/j.est.2022.104293
- Zhong, Y., Yang, M., Chen, J., Mi, H., Ge, Y., Lv, J. & Li, J. (2023). Pre-crosslinking with putrescine improves mechanical and thermal properties of alginate film. *Journal of Food Engineering*, 340(September 2022), 111314. doi:10.1016/j.jfoodeng.2022.111314

6. EKLER

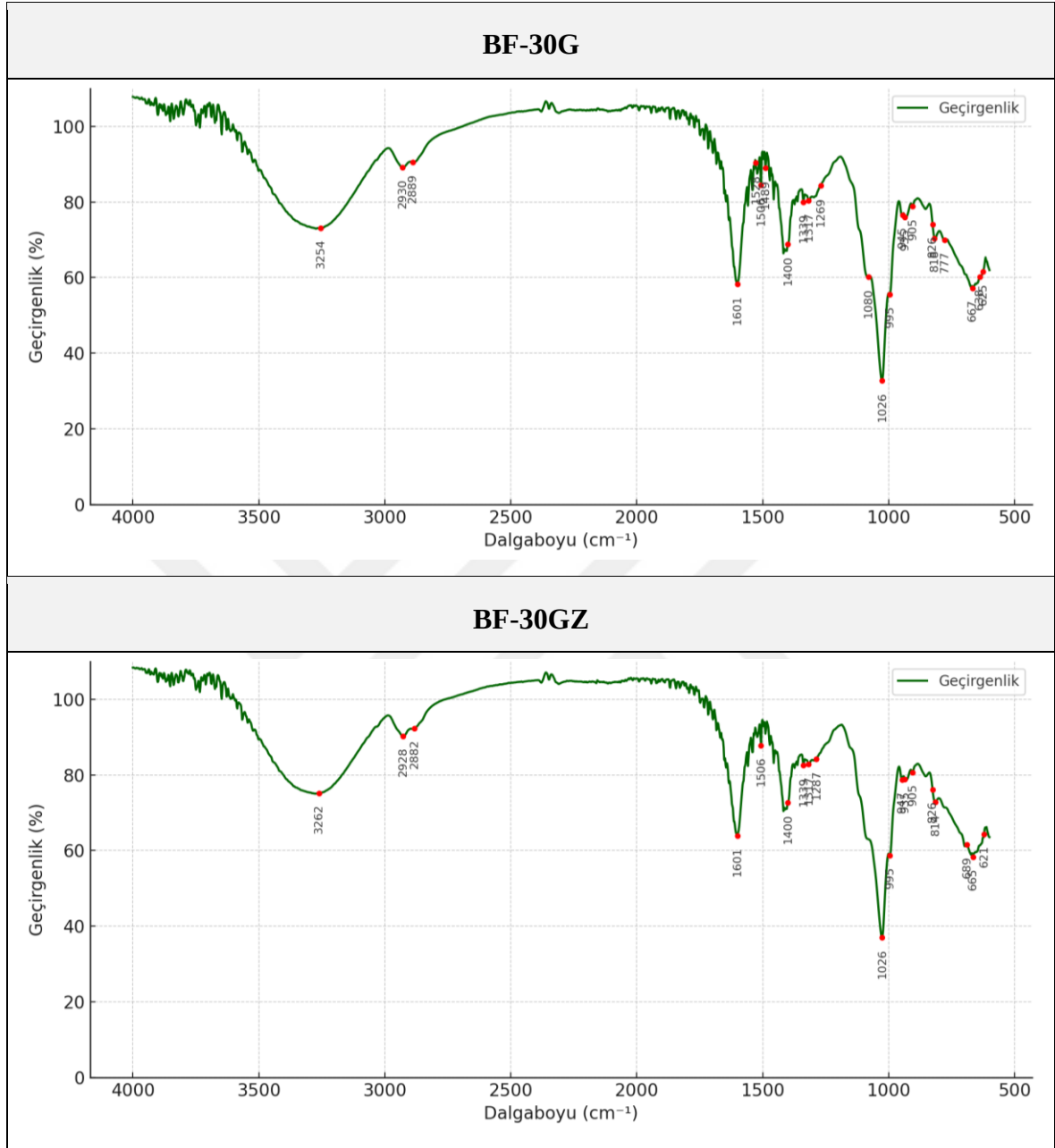
Ek 1. Aljinat esaslı biyoplastik film üretim prosedürü sıralı kontrol tablosu

Durum	Eylem
☐	Malzemeler temin edilir ¹ ve uygun koşullarda depolanır.
☐	Cihazların kalibrasyonu yapılır ¹ .
☐	Ekipman sterilizasyonu yapılır. Cihazların çalışıp çalışmadıkları kontrol edilir.
☐	Deney yapılacak ortam temizlenir. Deney ortam koşulları (23 ± 2 °C ve $\%50\pm 10$ RH) sağlanır ve değerler not edilir.
☐	Tüm malzemeler hassas terazi yardımıyla tartılarak hazırlanır. Hava teması kesilecek şekilde bekletilir. Eğer ortam koşullarından etkilenecek bir katkı maddesi kullanılacaksa çözeltiye eklenmeden hemen öncesinde tartılmalıdır.
☐	Isıtıcı karıştırıcı çalıştırılır. Isıtıcı modu ve karıştırma hızı için gerekli değerler ayarlanır (30°C ve 1200 d/dk) ve ikisi de kapalı (OFF) konumda bekletilir.
☐	Kullanılacak behere uygulanacak senaryonun yazılı olduğu bir etiket yapıştırılır.
☐	Distile su eklenen beher ısıtıcı karıştırıcıya koyulur, ısı probu içine yerleştirilir. Oval biçimli ve uygun boyutlu bir manyetik balık da içine koyulur. Sıcaklık ve karıştırma hızı açık (ON) konumuna alınır.
☐	Aljinat dökülmeye başlanmadan başlangıç saati not alınır. Sodyum aljinat yavaş yavaş suyun girdap yaptığı yerin kenarına doğru dökülür.
☐	Çözelti ayar sıcaklığına ulaştığında 1 saat sonrası için alarm kurulur ve aljinatin homojenleşmesi beklenir. Sıçrama olması ihtimaline karşı deney sürekli olarak takip edilmelidir.
☐	Süre sonunda plastikleştirici katkısı/ katkıları eklenir ve 30 dk boyunca aynı hız ve sıcaklıkta karıştırma işlemi sürdürülür.
☐	Süre sonunda nano katkı ve / veya pigment boyalar eklenecekse çözeltinin yaklaşık 3'te biri başka bir behere dökülür. Bu behere katkılar eklenir. Bir homojenizatör yardımıyla 10 dk dispersiyon işlemi uygulanır. Bu esnada ana çözelti sıcaklık kapalı (OFF) konumuna alınıp karıştırılmaya devam edilir.

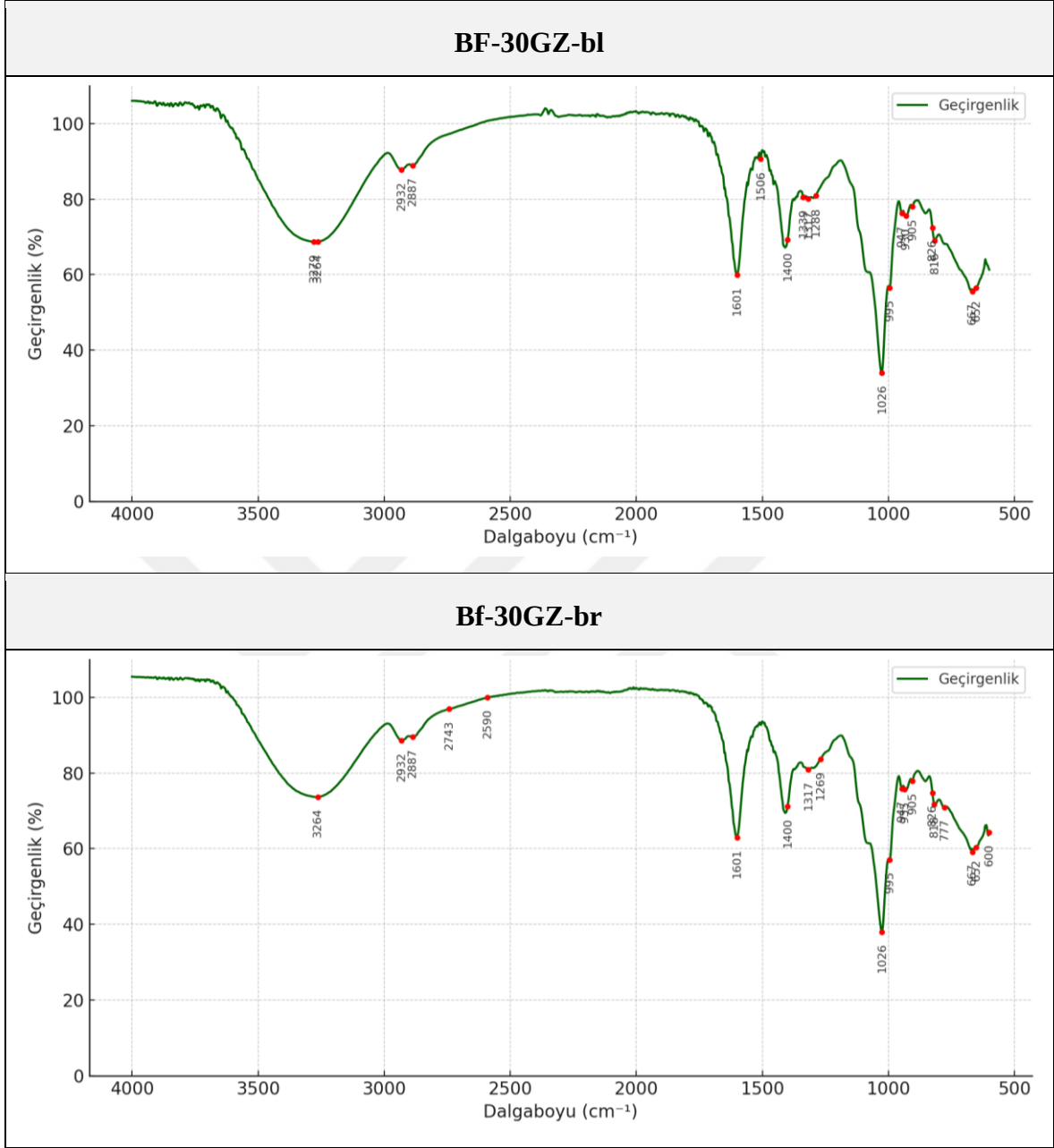
Ek 1.'in devamı

☐	Homojenizatör adımımdan sonra elde edilen çözelti ana çözeltiliye sıcaklık kapalı (OFF) konumda ve karıştırma hızı başlangıç hızında iken yavaş yavaş eklenir. Ekleme işlemi tamamlandıktan sonra 1 saat daha karıştırmaya devam edilir.
☐	Çözeltinin homojenize olup olmadığı kontrol edildikten sonra bir manyetik tutucu aracılığıyla manyetik balık çıkarılır. Ardından çözeltideki hava kabarcıklarını gidermek için beher ultrasonik banyoya aktarılır. Bu işlem 30 dk boyunca sürdürülür.
☐	Ultrasonik banyo adımı aşamasında iken inkübatör çalıştırılır, sıcaklık ve nem ayarlanır (30°C ve %60 RH).
☐	Deneyde kullanılacak kalıp uygulanan senaryo koduyla etiketlenir ve kalıp inkübatöre yerleştirilip sabit sıcaklığa gelmesi sağlanır.
☐	Ultrasonik işlem bittikten sonra yüzeyde kalan baloncuklar steril bir spatül yardımıyla uzaklaştırılır.
☐	Kalıp hassas teraziye yerleştirilir. Çözeltinin 150 gr'ı 20x20 cm ölçülerindeki teflon kaplı cam kalıba yavaşça dökülür.
☐	Kalıp inkübatöre yerleştirilir. Yerleştirilen saat not alınır. Çözücünün buharlaşması için gerekli sürenin sonunda (yaklaşık 26 saat) inkübatörden çıkartılır.
☐	Kuru film kalıptan dikkatlice çıkarılır ve yapılacak karakterizasyon testinin gerekliliklerine göre boyutlandırılıp uygun koşullarda (23±2 °C ve %50±10 RH) deney yapılacak zamana kadar en az 48 saat sürecek şekilde bekletilir.
(1): Her deney için tekrarlanması gerekmez. İlk deneye başlamadan yapılır ve gerektiğinde tekrarlanır.	

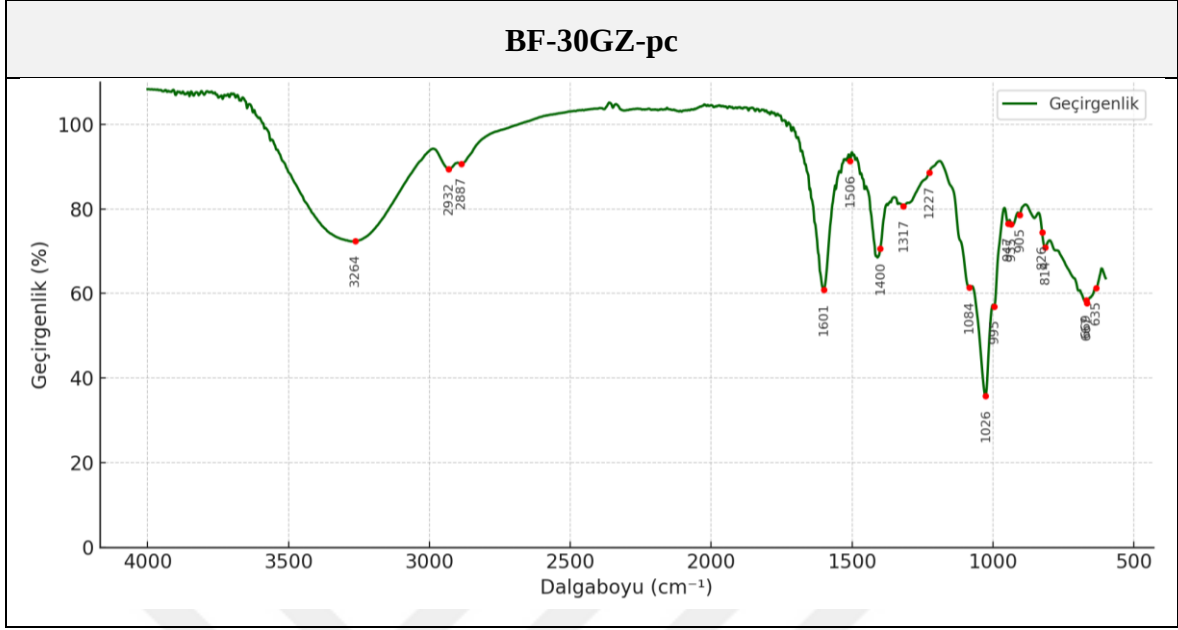
Ek 2. Tüm senaryoların FTIR spektrumları



Ek 2.'nin devamı



Ek 2.'nin devamı



Ek 3. Tüm senaryoların ışık geçirgenlik, yansıma ve K/S verileri (300-2500 nm)

IŞIK GEÇİRGENLİĞİ (T) (0-1)					
Dalga boyu (nm)	BF-35G	BF-35GZ	BF-35GZ-bl	BF-35GZ-br	BF-35GZ-pc
300	0,3083	0,16364	0,10069	0,04224	0,07625
301	0,3116	0,16532	0,10191	0,04277	0,07745
302	0,316	0,1674	0,10357	0,04344	0,07893
303	0,3214	0,16995	0,10551	0,04428	0,08077
304	0,326	0,17227	0,10724	0,04499	0,08239
305	0,3308	0,1746	0,10893	0,04564	0,08411
306	0,3355	0,17668	0,11059	0,04642	0,08579
307	0,3398	0,17887	0,11216	0,04718	0,08734
308	0,3439	0,18096	0,11374	0,04775	0,08888
309	0,3487	0,18329	0,11554	0,04844	0,09064
310	0,3531	0,18565	0,11711	0,0492	0,0921
311	0,3578	0,18825	0,11902	0,05001	0,09362
312	0,3626	0,19078	0,12072	0,05068	0,0953
313	0,3674	0,19323	0,12268	0,0516	0,09709
314	0,3722	0,19561	0,12432	0,0524	0,09866
315	0,377	0,19783	0,12622	0,05324	0,10032
316	0,3814	0,20006	0,12787	0,05394	0,10204
317	0,3859	0,20247	0,1297	0,05487	0,10365
318	0,3906	0,2051	0,13135	0,05571	0,10527
319	0,395	0,20767	0,13327	0,05659	0,10686
320	0,3997	0,21041	0,13515	0,05748	0,10875
321	0,4045	0,21333	0,13711	0,05851	0,11053
322	0,4093	0,2161	0,13918	0,05946	0,11253
323	0,4142	0,21879	0,14122	0,06041	0,1145
324	0,419	0,22167	0,14319	0,06142	0,11645
325	0,4238	0,22453	0,14526	0,06235	0,1183
326	0,4285	0,22714	0,14729	0,06329	0,12037
327	0,4331	0,22977	0,14917	0,0643	0,1223
328	0,4378	0,23275	0,15123	0,06536	0,12425
329	0,4426	0,23546	0,15336	0,06629	0,12635
330	0,4476	0,23849	0,15532	0,06737	0,1285
331	0,452	0,24137	0,15732	0,06839	0,13041
332	0,4571	0,24431	0,15959	0,06945	0,13244
333	0,4618	0,24728	0,16168	0,07053	0,13428
334	0,4667	0,25023	0,16366	0,07167	0,13616
335	0,4713	0,25279	0,16562	0,07277	0,13789
336	0,4763	0,25555	0,16753	0,07376	0,13961
337	0,4807	0,25836	0,16934	0,07475	0,14123
338	0,4854	0,2608	0,17116	0,07572	0,14298
339	0,4898	0,26332	0,17289	0,07666	0,14458
340	0,4939	0,26575	0,17463	0,07753	0,14619
341	0,4985	0,26834	0,17638	0,07854	0,14777
342	0,5031	0,27085	0,17808	0,07945	0,14941
343	0,5073	0,27323	0,17963	0,08033	0,15085
344	0,5115	0,2756	0,18132	0,08126	0,15226
345	0,5159	0,27797	0,18301	0,08217	0,15358
346	0,5201	0,28012	0,18459	0,08292	0,1549
347	0,5241	0,28205	0,18594	0,08371	0,15595
348	0,5284	0,28419	0,18739	0,08446	0,15713
349	0,5326	0,28618	0,18866	0,08509	0,15824
350	0,5369	0,28815	0,18994	0,08574	0,15933
351	0,5407	0,29007	0,19104	0,08636	0,16021
352	0,5448	0,29195	0,19226	0,0869	0,16125

Ek 3.'ün devamı

353	0,5481	0,2934	0,19311	0,08743	0,1621
354	0,5519	0,29515	0,19412	0,08797	0,1629
355	0,5555	0,29672	0,19502	0,08848	0,16367
356	0,5594	0,29821	0,19595	0,08903	0,16438
357	0,563	0,29956	0,19671	0,08945	0,16496
358	0,5667	0,30109	0,19768	0,0899	0,16556
359	0,5704	0,30241	0,19849	0,09041	0,16621
360	0,5742	0,30386	0,19933	0,09082	0,16684
361	0,5776	0,30516	0,20035	0,09125	0,16749
362	0,5815	0,30678	0,20149	0,09183	0,16826
363	0,5855	0,30838	0,20275	0,09245	0,16893
364	0,589	0,30992	0,20409	0,09302	0,16976
365	0,5925	0,3116	0,20565	0,09375	0,17077
366	0,5959	0,31331	0,20751	0,09459	0,17187
367	0,5993	0,31548	0,20979	0,09558	0,17331
368	0,6028	0,31805	0,21276	0,09675	0,17522
369	0,6063	0,32116	0,21659	0,09831	0,17744
370	0,6096	0,32505	0,22132	0,10022	0,18015
371	0,6134	0,33028	0,22742	0,10259	0,18387
372	0,6169	0,33643	0,23483	0,10549	0,1884
373	0,6203	0,34382	0,24365	0,10897	0,19389
374	0,6239	0,35252	0,25409	0,11301	0,20051
375	0,6276	0,36237	0,26596	0,1175	0,20811
376	0,6311	0,37336	0,27898	0,12253	0,21652
377	0,6347	0,38504	0,29305	0,12785	0,22562
378	0,638	0,39727	0,3077	0,13338	0,23502
379	0,6412	0,40971	0,32249	0,13891	0,24465
380	0,6447	0,42203	0,33698	0,14444	0,25413
381	0,6478	0,43354	0,35073	0,14967	0,26316
382	0,6511	0,44444	0,36364	0,15459	0,2716
383	0,6545	0,45448	0,37564	0,15907	0,27955
384	0,6578	0,46352	0,38629	0,16317	0,28665
385	0,6609	0,47156	0,39597	0,16696	0,29311
386	0,664	0,47883	0,40467	0,17038	0,29893
387	0,6668	0,48528	0,41242	0,17353	0,30428
388	0,6698	0,49131	0,41925	0,17651	0,30919
389	0,6729	0,497	0,42576	0,17931	0,31392
390	0,6757	0,50239	0,43178	0,1819	0,31854
391	0,6784	0,50748	0,43743	0,18443	0,32306
392	0,6812	0,5123	0,44278	0,18681	0,32733
393	0,6839	0,51693	0,44791	0,18917	0,33155
394	0,6864	0,52142	0,45294	0,19135	0,3357
395	0,689	0,52571	0,45776	0,19359	0,33983
396	0,6917	0,52994	0,46242	0,19569	0,34394
397	0,6944	0,53427	0,46703	0,19787	0,3481
398	0,6971	0,53854	0,47167	0,20004	0,3524
399	0,6997	0,54259	0,47612	0,2022	0,35674
400	0,7023	0,54672	0,48061	0,20428	0,36116
401	0,7047	0,55071	0,485	0,20638	0,36564
402	0,7071	0,55455	0,4893	0,20841	0,37016
403	0,7095	0,5582	0,49347	0,21035	0,37468
404	0,7118	0,56176	0,49761	0,21229	0,3793
405	0,714	0,5651	0,5015	0,21418	0,38387
406	0,7164	0,56837	0,50525	0,21597	0,38838
407	0,7186	0,57164	0,50897	0,21778	0,39298

Ek 3.'ün devamı

408	0,7208	0,57476	0,51249	0,21954	0,39771
409	0,7227	0,57767	0,51579	0,22125	0,40233
410	0,7246	0,58073	0,51915	0,22293	0,407
411	0,7266	0,58394	0,5225	0,22466	0,41193
412	0,7283	0,58667	0,52572	0,22631	0,41691
413	0,73	0,58959	0,52897	0,22797	0,42193
414	0,7319	0,59252	0,53216	0,22964	0,42713
415	0,7339	0,59532	0,53536	0,23132	0,43253
416	0,7356	0,59809	0,53856	0,23303	0,43797
417	0,7378	0,60111	0,54178	0,23471	0,44364
418	0,7395	0,60383	0,5449	0,23641	0,44924
419	0,7414	0,60661	0,54807	0,23809	0,45502
420	0,7431	0,60934	0,55117	0,23979	0,46094
421	0,745	0,61196	0,55429	0,24144	0,46702
422	0,7467	0,61452	0,55721	0,24307	0,47292
423	0,7486	0,61722	0,5603	0,24474	0,479
424	0,7504	0,61987	0,56326	0,24648	0,48496
425	0,752	0,6224	0,56611	0,2481	0,4906
426	0,7534	0,62478	0,56881	0,24982	0,49603
427	0,755	0,62731	0,57158	0,25148	0,50145
428	0,7566	0,62961	0,57425	0,25311	0,5068
429	0,7581	0,632	0,57692	0,2548	0,51209
430	0,7598	0,63443	0,57961	0,25655	0,51738
431	0,7613	0,63689	0,58237	0,25827	0,5224
432	0,763	0,63913	0,58521	0,26007	0,52734
433	0,7647	0,64153	0,58788	0,26187	0,53205
434	0,7663	0,64383	0,5904	0,26361	0,53647
435	0,7679	0,64595	0,59285	0,26538	0,54059
436	0,7694	0,64808	0,59527	0,26716	0,54474
437	0,7706	0,65016	0,59752	0,26886	0,54863
438	0,7719	0,65229	0,59979	0,27072	0,5524
439	0,7733	0,65429	0,60218	0,27254	0,55606
440	0,7745	0,65644	0,60461	0,27431	0,55958
441	0,7758	0,6585	0,60703	0,27605	0,56292
442	0,7774	0,66073	0,60941	0,27789	0,56619
443	0,7786	0,66267	0,61173	0,27962	0,5692
444	0,7798	0,66455	0,61399	0,28133	0,57209
445	0,7812	0,66647	0,61629	0,2831	0,57497
446	0,7826	0,66844	0,61846	0,28488	0,57781
447	0,7838	0,67042	0,62081	0,28666	0,58064
448	0,7852	0,67258	0,62303	0,2884	0,58346
449	0,7864	0,67469	0,62526	0,29008	0,58615
450	0,7876	0,6766	0,62744	0,29178	0,58868
451	0,7887	0,67843	0,62948	0,29336	0,59116
452	0,79	0,68009	0,63138	0,29492	0,59347
453	0,791	0,68155	0,63333	0,29633	0,59562
454	0,7922	0,68333	0,63537	0,29789	0,59792
455	0,7935	0,68512	0,63723	0,29931	0,6002
456	0,7948	0,68699	0,63924	0,30082	0,60248
457	0,7959	0,68867	0,64114	0,30227	0,60457
458	0,797	0,69045	0,64309	0,30379	0,60676
459	0,7982	0,69201	0,64492	0,30513	0,60871
460	0,7991	0,69361	0,64663	0,30649	0,61072
461	0,8001	0,69504	0,64833	0,30776	0,61261
462	0,8009	0,6967	0,65006	0,30899	0,61463

Ek 3.'ün devamı

463	0,802	0,69845	0,65179	0,31032	0,6167
464	0,803	0,70004	0,65337	0,31165	0,61871
465	0,8039	0,70162	0,6551	0,31289	0,62068
466	0,8047	0,7032	0,65654	0,31414	0,62253
467	0,8057	0,70457	0,65793	0,31533	0,62429
468	0,8065	0,7058	0,65918	0,31643	0,6259
469	0,8074	0,70715	0,66039	0,31756	0,62759
470	0,8083	0,70839	0,66161	0,31873	0,62929
471	0,8092	0,70965	0,66287	0,31987	0,63092
472	0,8102	0,71104	0,66415	0,32112	0,63262
473	0,8111	0,71237	0,66553	0,32228	0,63442
474	0,812	0,71353	0,66687	0,32342	0,63616
475	0,8129	0,7149	0,66806	0,32461	0,63777
476	0,8137	0,71627	0,66942	0,32579	0,63954
477	0,8143	0,71746	0,67061	0,32691	0,64115
478	0,8149	0,71873	0,67165	0,3281	0,64271
479	0,8157	0,72007	0,67274	0,32924	0,64425
480	0,8166	0,72135	0,67399	0,33049	0,64596
481	0,8175	0,72269	0,67512	0,33175	0,64762
482	0,8183	0,72397	0,6761	0,33296	0,64929
483	0,8193	0,72534	0,67729	0,33419	0,65097
484	0,8202	0,72665	0,67832	0,33554	0,65273
485	0,8209	0,72802	0,67918	0,33681	0,65435
486	0,8215	0,72919	0,67988	0,33798	0,65584
487	0,8224	0,73053	0,68089	0,33926	0,6575
488	0,8232	0,73176	0,68172	0,34055	0,65907
489	0,8239	0,73304	0,68253	0,34177	0,66057
490	0,8247	0,73405	0,68324	0,34297	0,66208
491	0,8256	0,73519	0,68404	0,34427	0,66365
492	0,8262	0,73634	0,68464	0,34554	0,66504
493	0,8268	0,73735	0,68507	0,34675	0,6663
494	0,8274	0,73843	0,68559	0,34802	0,66771
495	0,8281	0,73951	0,68607	0,34929	0,66906
496	0,8288	0,74067	0,68653	0,35064	0,67033
497	0,8292	0,74158	0,68684	0,35193	0,67159
498	0,8299	0,74271	0,68733	0,3534	0,67326
499	0,8306	0,74378	0,68771	0,35485	0,6746
500	0,8312	0,74479	0,68804	0,35624	0,67588
501	0,8319	0,74604	0,68835	0,35765	0,67748
502	0,8326	0,7473	0,68859	0,35917	0,67894
503	0,8332	0,74823	0,68869	0,36047	0,68
504	0,8339	0,74922	0,68884	0,36177	0,68121
505	0,8344	0,75025	0,68897	0,36314	0,68251
506	0,835	0,75099	0,68909	0,36455	0,68362
507	0,8356	0,75187	0,68917	0,3659	0,68479
508	0,8364	0,75297	0,68917	0,36727	0,68605
509	0,837	0,75377	0,68912	0,36864	0,6874
510	0,8376	0,75483	0,68911	0,37003	0,68861
511	0,838	0,75581	0,68903	0,37139	0,68982
512	0,8384	0,75671	0,68897	0,37264	0,69108
513	0,8392	0,75782	0,68903	0,37418	0,69264
514	0,8398	0,759	0,68885	0,37567	0,69388
515	0,8405	0,75992	0,68851	0,37703	0,69506
516	0,8411	0,76095	0,68827	0,3784	0,69611
517	0,8418	0,76195	0,68815	0,37994	0,69732

Ek 3.'ün devamı

518	0,842	0,76261	0,6878	0,38123	0,69815
519	0,8425	0,76357	0,68772	0,38256	0,69924
520	0,8432	0,7645	0,68771	0,38396	0,70049
521	0,8436	0,76532	0,68743	0,38529	0,70179
522	0,844	0,76619	0,6871	0,38656	0,70286
523	0,8443	0,76692	0,68677	0,38778	0,70378
524	0,8447	0,7677	0,6864	0,38912	0,7048
525	0,8451	0,76851	0,68609	0,39054	0,70581
526	0,8457	0,76922	0,68563	0,39173	0,70665
527	0,8464	0,76995	0,6853	0,393	0,70755
528	0,8469	0,77076	0,68491	0,39433	0,70873
529	0,8473	0,77163	0,68449	0,39579	0,70986
530	0,8477	0,77241	0,68413	0,39713	0,71091
531	0,8481	0,77318	0,68395	0,39866	0,71207
532	0,8486	0,77395	0,68355	0,40008	0,7131
533	0,849	0,77463	0,68323	0,40147	0,71394
534	0,8495	0,7752	0,68294	0,40264	0,71472
535	0,8498	0,77589	0,68244	0,4038	0,71544
536	0,8503	0,77662	0,68204	0,40513	0,71624
537	0,8505	0,77737	0,68163	0,4065	0,71714
538	0,8511	0,77822	0,68141	0,40793	0,71816
539	0,8515	0,7788	0,68093	0,40926	0,7189
540	0,852	0,7795	0,68066	0,4108	0,71986
541	0,8523	0,78022	0,6803	0,41222	0,72073
542	0,853	0,78086	0,68015	0,41368	0,72166
543	0,8532	0,78156	0,67971	0,4151	0,72236
544	0,8537	0,78233	0,6795	0,41665	0,72327
545	0,8539	0,78302	0,67915	0,41815	0,72413
546	0,8545	0,7839	0,67901	0,41976	0,72509
547	0,8547	0,78464	0,67869	0,42139	0,72586
548	0,8552	0,78537	0,67861	0,42304	0,72688
549	0,8556	0,78607	0,6784	0,4247	0,72778
550	0,856	0,78662	0,67827	0,42645	0,72857
551	0,8563	0,78708	0,67801	0,42821	0,72925
552	0,8566	0,78751	0,67775	0,42997	0,73012
553	0,8571	0,78812	0,6775	0,43189	0,73077
554	0,8574	0,78851	0,67728	0,43378	0,73142
555	0,8576	0,78913	0,67696	0,43567	0,73214
556	0,858	0,78983	0,67675	0,43759	0,73296
557	0,8585	0,79072	0,67674	0,43971	0,73376
558	0,8587	0,79123	0,67645	0,44175	0,73455
559	0,859	0,79198	0,67636	0,44398	0,73549
560	0,8594	0,79259	0,67634	0,44623	0,73626
561	0,8597	0,793	0,67627	0,44851	0,73685
562	0,8597	0,79334	0,67599	0,45075	0,73744
563	0,86	0,79385	0,676	0,45318	0,73815
564	0,8604	0,79449	0,67591	0,45556	0,73869
565	0,8608	0,79505	0,67584	0,45803	0,73941
566	0,8612	0,79585	0,67594	0,46063	0,74033
567	0,8617	0,79641	0,676	0,46315	0,74108
568	0,8621	0,79713	0,67615	0,46564	0,74176
569	0,8624	0,79758	0,67623	0,46824	0,74251
570	0,8625	0,79804	0,67623	0,47083	0,74315
571	0,8627	0,79833	0,67617	0,47335	0,74373
572	0,863	0,79893	0,67619	0,4759	0,74434

Ek 3.'ün devamı

573	0,8633	0,79941	0,67609	0,47857	0,745
574	0,8636	0,79994	0,67603	0,48109	0,74561
575	0,8639	0,80052	0,67607	0,48349	0,74616
576	0,8643	0,80113	0,67628	0,486	0,74677
577	0,8645	0,80155	0,67638	0,48842	0,74741
578	0,8647	0,80196	0,6765	0,49076	0,74798
579	0,865	0,80249	0,67668	0,49322	0,74871
580	0,8656	0,8032	0,67709	0,49566	0,74952
581	0,8658	0,80363	0,67718	0,49794	0,75009
582	0,8661	0,80421	0,6773	0,50018	0,75078
583	0,8665	0,8048	0,67762	0,50238	0,75151
584	0,8669	0,80529	0,67799	0,50445	0,75208
585	0,8671	0,80574	0,67821	0,50658	0,75285
586	0,8673	0,80623	0,67842	0,50864	0,75347
587	0,8676	0,80662	0,67881	0,51073	0,75422
588	0,8677	0,80715	0,679	0,51278	0,75477
589	0,8678	0,80766	0,67909	0,51481	0,75529
590	0,8679	0,80788	0,67931	0,51655	0,75569
591	0,8683	0,80834	0,67969	0,51834	0,75637
592	0,8687	0,80898	0,68005	0,52015	0,75701
593	0,869	0,80933	0,68052	0,52177	0,75757
594	0,8693	0,80972	0,68099	0,5234	0,75832
595	0,8697	0,81035	0,68139	0,52519	0,75903
596	0,8698	0,81075	0,68175	0,52679	0,75952
597	0,8698	0,81116	0,68214	0,52836	0,75998
598	0,8701	0,81172	0,68274	0,53002	0,76078
599	0,8703	0,81221	0,68318	0,53143	0,76122
600	0,8704	0,81263	0,6836	0,53279	0,76172
601	0,871	0,81328	0,68405	0,5343	0,76247
602	0,8714	0,81361	0,68449	0,5356	0,76287
603	0,8715	0,81396	0,68469	0,53684	0,76313
604	0,8718	0,81438	0,68523	0,53815	0,76364
605	0,8719	0,81477	0,68575	0,53936	0,76399
606	0,8721	0,81501	0,68638	0,54057	0,76444
607	0,8721	0,81549	0,68692	0,54182	0,76495
608	0,8724	0,8157	0,68743	0,54292	0,76549
609	0,8726	0,81587	0,68784	0,54407	0,76604
610	0,8729	0,8162	0,68826	0,54529	0,76648
611	0,8731	0,8165	0,68869	0,5464	0,76677
612	0,8732	0,81686	0,68936	0,54751	0,76733
613	0,8735	0,81735	0,68995	0,5488	0,76794
614	0,8738	0,81797	0,69071	0,54997	0,7685
615	0,8738	0,81832	0,69138	0,55107	0,76912
616	0,8739	0,81872	0,69192	0,55207	0,76962
617	0,8743	0,81913	0,69252	0,55309	0,76999
618	0,8744	0,81939	0,6932	0,55408	0,77029
619	0,8743	0,81959	0,69371	0,55498	0,77066
620	0,8747	0,82009	0,69457	0,55595	0,77123
621	0,8751	0,82054	0,69548	0,55695	0,77181
622	0,8751	0,82081	0,69615	0,55791	0,77232
623	0,8754	0,82113	0,6969	0,55873	0,77286
624	0,8758	0,82154	0,69774	0,55975	0,77351
625	0,876	0,82166	0,69825	0,56059	0,77382
626	0,8763	0,82196	0,6991	0,56167	0,77437
627	0,8766	0,8224	0,69999	0,56272	0,77496

Ek 3.'ün devamı

628	0,8768	0,82293	0,70087	0,56357	0,77545
629	0,8771	0,82346	0,70168	0,56457	0,77569
630	0,8773	0,82385	0,70261	0,56561	0,77623
631	0,8773	0,82427	0,70321	0,56629	0,77645
632	0,8775	0,8246	0,70395	0,56702	0,77675
633	0,8777	0,82502	0,70474	0,56808	0,77718
634	0,8778	0,82516	0,70558	0,56885	0,77772
635	0,878	0,82558	0,70645	0,56979	0,77817
636	0,8784	0,82591	0,70746	0,57068	0,77875
637	0,8786	0,82623	0,70852	0,57168	0,77924
638	0,8786	0,82645	0,70932	0,57245	0,77964
639	0,8788	0,82688	0,71013	0,5733	0,77996
640	0,8789	0,82725	0,71109	0,574	0,7803
641	0,8789	0,82755	0,71214	0,5749	0,78077
642	0,879	0,82786	0,71302	0,57566	0,7811
643	0,8793	0,82817	0,71411	0,57656	0,78135
644	0,8795	0,82835	0,71538	0,57741	0,78164
645	0,8795	0,82855	0,71649	0,57827	0,78201
646	0,8797	0,8288	0,71756	0,57917	0,78235
647	0,8797	0,82908	0,71865	0,58	0,78283
648	0,8798	0,82944	0,71991	0,58071	0,78345
649	0,8801	0,82995	0,72097	0,58147	0,78399
650	0,8805	0,83023	0,72201	0,58232	0,78433
651	0,8807	0,83045	0,72322	0,5832	0,78469
652	0,8809	0,83088	0,72449	0,58413	0,7851
653	0,8812	0,83123	0,72581	0,58496	0,78544
654	0,8813	0,83128	0,72699	0,58578	0,78565
655	0,8814	0,83176	0,72826	0,58649	0,78601
656	0,8815	0,83209	0,72946	0,58724	0,78631
657	0,8817	0,83205	0,73059	0,58796	0,78653
658	0,8817	0,83209	0,73158	0,58871	0,78674
659	0,8818	0,83229	0,73273	0,58947	0,78728
660	0,8818	0,83223	0,73384	0,59021	0,78745
661	0,8818	0,83259	0,73491	0,59078	0,78776
662	0,882	0,83302	0,736	0,59132	0,78806
663	0,882	0,83325	0,73705	0,59193	0,78812
664	0,8819	0,83338	0,73815	0,59269	0,78825
665	0,8821	0,83362	0,7393	0,59338	0,78871
666	0,8822	0,83374	0,74038	0,59402	0,78896
667	0,8821	0,8338	0,74146	0,59476	0,78924
668	0,8822	0,834	0,74278	0,59563	0,78964
669	0,8826	0,83443	0,74416	0,59624	0,79006
670	0,8827	0,83477	0,74554	0,59702	0,79041
671	0,8828	0,83498	0,74694	0,59791	0,79073
672	0,8831	0,83518	0,74853	0,59877	0,7909
673	0,8832	0,83562	0,74992	0,59971	0,79143
674	0,8832	0,83564	0,75129	0,60053	0,79179
675	0,8834	0,83594	0,7527	0,60148	0,79202
676	0,8836	0,83612	0,75413	0,6021	0,79222
677	0,8837	0,83651	0,75556	0,60285	0,79283
678	0,8838	0,83666	0,75703	0,60347	0,79308
679	0,8839	0,83697	0,75843	0,60417	0,7931
680	0,8839	0,83696	0,76004	0,60478	0,7933
681	0,8837	0,83709	0,76146	0,60557	0,79351
682	0,8839	0,83723	0,76285	0,60633	0,79345

Ek 3.'ün devamı

683	0,8844	0,8378	0,76454	0,6072	0,79385
684	0,8848	0,83802	0,76593	0,60805	0,79425
685	0,8852	0,83869	0,76733	0,60889	0,7946
686	0,8855	0,8391	0,76907	0,60977	0,79518
687	0,8857	0,83938	0,77044	0,61046	0,79556
688	0,8855	0,83917	0,77161	0,61127	0,79578
689	0,8856	0,83976	0,77325	0,61215	0,79624
690	0,8858	0,83989	0,77467	0,61293	0,7967
691	0,8858	0,84012	0,77585	0,61369	0,79693
692	0,8859	0,84061	0,77728	0,61456	0,79749
693	0,8861	0,84114	0,77879	0,6152	0,79786
694	0,8858	0,84102	0,77986	0,61564	0,79775
695	0,8857	0,841	0,78098	0,61619	0,79783
696	0,886	0,84144	0,78216	0,61687	0,79807
697	0,8858	0,84144	0,78345	0,61762	0,79817
698	0,8859	0,8412	0,78442	0,61822	0,79806
699	0,8865	0,84171	0,78589	0,61927	0,79868
700	0,8869	0,84241	0,78736	0,62045	0,79894
701	0,887	0,84281	0,78884	0,62127	0,79931
702	0,8876	0,84316	0,79013	0,62204	0,79974
703	0,8879	0,84353	0,79157	0,62276	0,80013
704	0,8877	0,8435	0,79242	0,62324	0,80026
705	0,8876	0,84344	0,79349	0,62338	0,8005
706	0,8873	0,84311	0,79424	0,6237	0,8005
707	0,8872	0,84302	0,79522	0,62422	0,80062
708	0,887	0,8431	0,79602	0,62477	0,80091
709	0,8872	0,84368	0,79721	0,62573	0,80128
710	0,8874	0,84385	0,79806	0,62643	0,80153
711	0,8876	0,84416	0,79925	0,62725	0,80204
712	0,8878	0,84461	0,80025	0,62799	0,80215
713	0,8882	0,84515	0,80155	0,62884	0,80256
714	0,8882	0,84491	0,80231	0,62919	0,80258
715	0,8881	0,84519	0,80307	0,6298	0,80303
716	0,8881	0,84513	0,80395	0,63029	0,80292
717	0,8883	0,84533	0,80513	0,63097	0,80369
718	0,8886	0,84531	0,80585	0,6316	0,80381
719	0,889	0,84595	0,80722	0,63251	0,80435
720	0,8895	0,84609	0,8086	0,63346	0,80455
721	0,8893	0,8463	0,80882	0,63408	0,80457
722	0,8895	0,84666	0,80982	0,63482	0,80489
723	0,8897	0,84682	0,81074	0,63552	0,8051
724	0,89	0,84718	0,81154	0,63633	0,80542
725	0,8901	0,84737	0,81222	0,637	0,80548
726	0,8901	0,84766	0,81298	0,63764	0,80573
727	0,8901	0,84773	0,81357	0,63822	0,80588
728	0,8901	0,84791	0,81408	0,63879	0,80606
729	0,8901	0,84805	0,81465	0,6393	0,80618
730	0,8902	0,84825	0,81528	0,63994	0,8064
731	0,8904	0,84848	0,81582	0,64052	0,80662
732	0,8905	0,84864	0,81633	0,64106	0,80679
733	0,8905	0,84868	0,81684	0,64161	0,80697
734	0,8907	0,84889	0,81741	0,64222	0,80717
735	0,8906	0,84903	0,81786	0,64272	0,80736
736	0,8907	0,84924	0,8184	0,64319	0,80758
737	0,8908	0,84944	0,81884	0,64373	0,80779

Ek 3.'ün devamı

738	0,8909	0,84965	0,81929	0,64422	0,80801
739	0,891	0,84979	0,81983	0,64474	0,80819
740	0,891	0,84998	0,82027	0,64526	0,80845
741	0,8911	0,85015	0,82067	0,6458	0,80867
742	0,8911	0,85028	0,82114	0,64628	0,80889
743	0,8911	0,85044	0,8216	0,64678	0,8091
744	0,8913	0,85065	0,82201	0,64727	0,80929
745	0,8912	0,85079	0,82234	0,64773	0,80948
746	0,8914	0,85098	0,82278	0,64827	0,8097
747	0,8914	0,85107	0,82304	0,64872	0,80983
748	0,8915	0,8511	0,82335	0,64915	0,80995
749	0,8916	0,8512	0,82366	0,64962	0,81006
750	0,8917	0,8514	0,824	0,65016	0,81028
751	0,8917	0,85152	0,82432	0,65063	0,8104
752	0,8916	0,8515	0,82458	0,65096	0,81047
753	0,8917	0,85162	0,82485	0,65143	0,81058
754	0,8917	0,85175	0,82509	0,65186	0,81067
755	0,8918	0,85193	0,82537	0,65231	0,8109
756	0,8918	0,85197	0,82567	0,65274	0,81098
757	0,8918	0,85206	0,82594	0,65315	0,81117
758	0,8918	0,85213	0,82618	0,65357	0,81127
759	0,8919	0,85231	0,82652	0,65404	0,81145
760	0,892	0,85248	0,82683	0,65453	0,8117
761	0,892	0,85259	0,82704	0,65491	0,81186
762	0,8921	0,85268	0,82726	0,65532	0,81201
763	0,8922	0,8529	0,82755	0,6558	0,8122
764	0,8923	0,85309	0,82777	0,6562	0,81237
765	0,8924	0,85323	0,82807	0,65668	0,81259
766	0,8924	0,85329	0,82829	0,65702	0,81274
767	0,8924	0,85343	0,8285	0,65749	0,81294
768	0,8925	0,85351	0,82864	0,65789	0,81307
769	0,8926	0,85367	0,82885	0,65832	0,81324
770	0,8926	0,85379	0,82905	0,65873	0,81339
771	0,8926	0,85385	0,82921	0,65904	0,8135
772	0,8926	0,85394	0,82943	0,65943	0,81357
773	0,8927	0,85407	0,82964	0,65982	0,81375
774	0,8928	0,8542	0,82982	0,66019	0,81395
775	0,8928	0,85424	0,83002	0,66055	0,81408
776	0,8928	0,85439	0,83026	0,6609	0,8143
777	0,8929	0,85455	0,83042	0,66136	0,81445
778	0,8929	0,85472	0,83052	0,6617	0,8146
779	0,893	0,8549	0,8307	0,66206	0,81475
780	0,893	0,85511	0,83095	0,66244	0,81499
781	0,8931	0,85524	0,83115	0,66277	0,81516
782	0,8931	0,85537	0,83131	0,66315	0,81519
783	0,8932	0,85549	0,83142	0,66345	0,81537
784	0,8932	0,85564	0,83166	0,66382	0,81556
785	0,8933	0,85573	0,83184	0,66416	0,81567
786	0,8934	0,85593	0,83203	0,66454	0,81587
787	0,8935	0,85599	0,83216	0,66487	0,81596
788	0,8935	0,85609	0,83237	0,66516	0,81607
789	0,8936	0,85623	0,83267	0,6655	0,81621
790	0,8937	0,85632	0,83292	0,66581	0,81634
791	0,8937	0,85637	0,83305	0,66615	0,81641
792	0,8937	0,85648	0,83319	0,66651	0,81655

Ek 3.'ün devamı

793	0,8938	0,85654	0,83338	0,66685	0,81674
794	0,8938	0,85668	0,83361	0,66722	0,81689
795	0,8938	0,85678	0,83369	0,6675	0,81697
796	0,8939	0,85687	0,83388	0,6678	0,8171
797	0,8939	0,85694	0,83404	0,66814	0,81719
798	0,8939	0,85707	0,83417	0,66848	0,81735
799	0,894	0,85717	0,83428	0,6688	0,81746
800	0,8939	0,85723	0,83432	0,66911	0,81751
801	0,894	0,85731	0,83442	0,66943	0,81762
802	0,894	0,85734	0,83458	0,66966	0,81775
803	0,894	0,85737	0,83473	0,66994	0,81791
804	0,8941	0,85753	0,8349	0,67025	0,8181
805	0,894	0,85758	0,83497	0,67055	0,81818
806	0,8941	0,85769	0,83513	0,67088	0,81838
807	0,8941	0,85779	0,83526	0,67124	0,81852
808	0,8941	0,85786	0,83541	0,67152	0,81858
809	0,894	0,85798	0,83556	0,67179	0,8187
810	0,8941	0,85812	0,83574	0,67211	0,81885
811	0,8942	0,85821	0,83592	0,67242	0,81902
812	0,8943	0,85837	0,83605	0,67273	0,81914
813	0,8942	0,85843	0,83614	0,67307	0,81921
814	0,8944	0,85857	0,83623	0,67339	0,81932
815	0,8944	0,85866	0,83637	0,67365	0,81947
816	0,8945	0,8588	0,83658	0,67397	0,81959
817	0,8945	0,85889	0,83675	0,67433	0,81966
818	0,8945	0,85896	0,83684	0,67455	0,81974
819	0,8947	0,85907	0,83699	0,67486	0,81994
820	0,8948	0,85915	0,83712	0,67517	0,82002
821	0,8948	0,85921	0,83728	0,67546	0,82015
822	0,8948	0,85933	0,83743	0,67576	0,82028
823	0,8948	0,85938	0,83758	0,67602	0,8204
824	0,8949	0,85958	0,83777	0,6763	0,82055
825	0,8949	0,85965	0,83793	0,67655	0,82063
826	0,898	0,86319	0,84273	0,67871	0,82286
827	0,9029	0,86179	0,84286	0,68295	0,82341
828	0,9044	0,86093	0,843	0,6832	0,82475
829	0,9055	0,85952	0,84355	0,68527	0,82248
830	0,9069	0,85706	0,84379	0,68602	0,81776
831	0,9106	0,8589	0,8439	0,68666	0,81789
832	0,9136	0,86279	0,84666	0,68673	0,81815
833	0,9123	0,85976	0,84934	0,68608	0,81365
834	0,9132	0,85779	0,8474	0,68523	0,80961
835	0,9157	0,85775	0,84609	0,68512	0,80694
836	0,9165	0,86017	0,84661	0,68676	0,8079
837	0,9125	0,85772	0,83873	0,68617	0,80328
838	0,9074	0,85788	0,83984	0,68391	0,80113
839	0,9061	0,8574	0,83834	0,68344	0,79667
840	0,9006	0,85858	0,83556	0,68154	0,79528
841	0,8987	0,86078	0,8319	0,68401	0,7963
842	0,897	0,85916	0,83254	0,68478	0,79727
843	0,8948	0,85647	0,83027	0,68757	0,79627
844	0,8955	0,8583	0,82707	0,68894	0,79762
845	0,8958	0,86053	0,82935	0,69091	0,80011
846	0,8951	0,85978	0,83181	0,69247	0,80305
847	0,8954	0,85685	0,82898	0,69123	0,79905

Ek 3.'ün devamı

848	0,8956	0,85428	0,83025	0,69265	0,79869
849	0,8981	0,85595	0,82853	0,69065	0,79934
850	0,9021	0,85868	0,83042	0,69282	0,80333
851	0,9086	0,85922	0,83279	0,69368	0,80557
852	0,9087	0,85691	0,83569	0,69241	0,80639
853	0,9085	0,8549	0,83444	0,69299	0,80425
854	0,9128	0,85424	0,83438	0,69316	0,80654
855	0,9125	0,85328	0,8318	0,69314	0,80841
856	0,9142	0,85551	0,833	0,69487	0,8112
857	0,913	0,85629	0,82967	0,6941	0,80807
858	0,9121	0,858	0,83129	0,69419	0,80962
859	0,9131	0,85812	0,83241	0,69117	0,81282
860	0,914	0,85772	0,83236	0,69416	0,81286
861	0,9101	0,85548	0,83017	0,69212	0,81078
862	0,91	0,8568	0,83108	0,6932	0,81091
863	0,9106	0,85927	0,83273	0,693	0,81419
864	0,91	0,8622	0,83276	0,69215	0,81453
865	0,9068	0,86073	0,83019	0,69209	0,81198
866	0,9085	0,86269	0,83219	0,69295	0,81233
867	0,9063	0,86081	0,83058	0,69183	0,81041
868	0,906	0,85971	0,83296	0,69278	0,81125
869	0,9097	0,85982	0,83622	0,69639	0,81272
870	0,912	0,86144	0,83861	0,69876	0,81189
871	0,9096	0,86417	0,84037	0,69851	0,81135
872	0,9113	0,86525	0,84297	0,69969	0,8123
873	0,9124	0,8641	0,84247	0,69928	0,81301
874	0,912	0,8652	0,84108	0,69814	0,81178
875	0,9136	0,86588	0,84149	0,69968	0,8119
876	0,911	0,86704	0,84252	0,69775	0,81093
877	0,9125	0,86864	0,84459	0,69762	0,81035
878	0,9132	0,86807	0,84509	0,69665	0,81058
879	0,9131	0,86926	0,84443	0,69609	0,81109
880	0,9102	0,86834	0,83996	0,6914	0,80877
881	0,9076	0,86903	0,83893	0,68986	0,8079
882	0,9064	0,86464	0,8367	0,68803	0,80763
883	0,9049	0,86591	0,83734	0,68846	0,80846
884	0,9031	0,8661	0,83714	0,68815	0,80932
885	0,9043	0,86652	0,83795	0,68952	0,80972
886	0,9002	0,86326	0,83502	0,68683	0,80815
887	0,9018	0,86406	0,83665	0,68775	0,80863
888	0,9002	0,86245	0,83527	0,68771	0,80908
889	0,9002	0,8629	0,83496	0,68839	0,80866
890	0,902	0,86271	0,83506	0,68915	0,80992
891	0,903	0,86306	0,83742	0,6927	0,81126
892	0,9036	0,86367	0,83777	0,69442	0,81235
893	0,9046	0,86532	0,83901	0,69488	0,81259
894	0,9038	0,86408	0,83682	0,69448	0,81028
895	0,9029	0,86387	0,83674	0,69458	0,80933
896	0,9028	0,86319	0,83641	0,69432	0,80866
897	0,9066	0,86532	0,8406	0,69684	0,80986
898	0,9059	0,86434	0,83935	0,69659	0,81054
899	0,9052	0,86528	0,83926	0,69737	0,80967
900	0,9049	0,86569	0,83991	0,69811	0,81015
901	0,9038	0,86691	0,84151	0,6981	0,80938
902	0,9024	0,86678	0,84053	0,69734	0,8092

Ek 3.'ün devamı

903	0,903	0,86646	0,84009	0,69701	0,80892
904	0,903	0,8673	0,84137	0,69816	0,80974
905	0,9038	0,86768	0,84272	0,69896	0,80999
906	0,9039	0,86895	0,84227	0,69943	0,81037
907	0,9033	0,8691	0,84221	0,69977	0,81002
908	0,9017	0,86903	0,84133	0,69918	0,81047
909	0,9018	0,86923	0,84271	0,69977	0,81044
910	0,9023	0,86949	0,84371	0,69956	0,81126
911	0,9031	0,86989	0,84405	0,69972	0,81158
912	0,9023	0,86848	0,84285	0,69942	0,81081
913	0,9028	0,86845	0,84459	0,69936	0,81156
914	0,9016	0,86776	0,84353	0,69917	0,81093
915	0,9013	0,86756	0,8427	0,69817	0,81095
916	0,9012	0,86715	0,84278	0,69813	0,81173
917	0,9012	0,86598	0,84361	0,69796	0,81117
918	0,901	0,86611	0,84463	0,69778	0,81097
919	0,9001	0,86583	0,84489	0,69731	0,81012
920	0,9009	0,86623	0,84501	0,69662	0,80977
921	0,901	0,86571	0,84507	0,69641	0,80942
922	0,8984	0,86434	0,84377	0,69544	0,8077
923	0,8989	0,86501	0,84454	0,69573	0,80817
924	0,8974	0,86508	0,84303	0,69485	0,80738
925	0,8975	0,86486	0,84409	0,69533	0,80769
926	0,8982	0,86489	0,84435	0,69658	0,80768
927	0,8978	0,86376	0,84378	0,6966	0,80649
928	0,8988	0,86406	0,84397	0,69691	0,80651
929	0,8989	0,86357	0,84276	0,69703	0,80689
930	0,899	0,86322	0,842	0,69735	0,80719
931	0,8976	0,86337	0,84187	0,69751	0,80691
932	0,8974	0,86347	0,842	0,69762	0,80745
933	0,8992	0,86417	0,84308	0,69875	0,80827
934	0,8988	0,86389	0,8424	0,69897	0,80824
935	0,8994	0,86349	0,84304	0,69995	0,80805
936	0,9003	0,86433	0,84313	0,70049	0,80825
937	0,8997	0,86427	0,84214	0,70008	0,80832
938	0,8993	0,86558	0,84185	0,70039	0,8088
939	0,8976	0,86486	0,84136	0,70088	0,80841
940	0,8984	0,86552	0,84225	0,70137	0,8086
941	0,8982	0,86583	0,84269	0,70104	0,80839
942	0,8989	0,86568	0,84252	0,70189	0,80887
943	0,8984	0,86521	0,8422	0,7022	0,80865
944	0,8977	0,86556	0,84186	0,7017	0,80836
945	0,8972	0,86594	0,8418	0,7025	0,80886
946	0,8969	0,86573	0,8419	0,70223	0,80905
947	0,8967	0,86489	0,84189	0,70223	0,8082
948	0,8963	0,86478	0,8424	0,70265	0,80781
949	0,8971	0,86522	0,84341	0,70283	0,808
950	0,8971	0,8655	0,8435	0,70207	0,80767
951	0,8966	0,86496	0,84318	0,70197	0,80801
952	0,8966	0,86475	0,84322	0,70257	0,80804
953	0,8968	0,86481	0,84345	0,7029	0,80828
954	0,8974	0,86543	0,84377	0,70348	0,80884
955	0,8977	0,86587	0,84425	0,70476	0,80983
956	0,8977	0,86554	0,84447	0,70437	0,80927
957	0,8981	0,86633	0,84444	0,7047	0,80928

Ek 3.'ün devamı

958	0,8979	0,86699	0,84463	0,70452	0,80992
959	0,8988	0,867	0,84515	0,70451	0,81003
960	0,899	0,8668	0,84463	0,70501	0,81001
961	0,8994	0,86676	0,84488	0,70612	0,81058
962	0,8994	0,86719	0,84554	0,70686	0,8103
963	0,8999	0,86734	0,84605	0,70738	0,81048
964	0,9007	0,86803	0,8469	0,70757	0,81112
965	0,9007	0,86785	0,84693	0,70741	0,81101
966	0,9003	0,86735	0,84629	0,70664	0,81028
967	0,901	0,86763	0,84705	0,70708	0,81066
968	0,9011	0,86745	0,84787	0,70748	0,81059
969	0,901	0,86752	0,84801	0,70795	0,81092
970	0,9003	0,86784	0,84788	0,70811	0,81105
971	0,8996	0,86772	0,84789	0,70791	0,81127
972	0,9002	0,86852	0,84816	0,70807	0,81153
973	0,8999	0,86793	0,84764	0,7079	0,81137
974	0,8999	0,86826	0,84765	0,70834	0,81131
975	0,8989	0,86775	0,84685	0,70815	0,81074
976	0,8983	0,86718	0,84688	0,70835	0,81057
977	0,8983	0,86675	0,84692	0,70848	0,8106
978	0,898	0,86646	0,84666	0,70862	0,81048
979	0,8973	0,86668	0,84631	0,7088	0,81091
980	0,8971	0,86623	0,84618	0,70873	0,81072
981	0,8972	0,86588	0,84591	0,70883	0,81054
982	0,8973	0,86609	0,84609	0,709	0,81062
983	0,8966	0,86537	0,84568	0,70892	0,81046
984	0,8967	0,86545	0,84562	0,70905	0,8106
985	0,8964	0,86537	0,84549	0,70897	0,81092
986	0,8962	0,86517	0,84566	0,70929	0,81096
987	0,8968	0,86587	0,84623	0,70986	0,81111
988	0,8973	0,86622	0,84655	0,71021	0,8117
989	0,8974	0,86642	0,84638	0,71	0,81172
990	0,8979	0,86646	0,84644	0,71036	0,81167
991	0,8979	0,86684	0,84703	0,71034	0,81137
992	0,8976	0,8671	0,84727	0,71086	0,81147
993	0,8973	0,86675	0,84755	0,71103	0,81131
994	0,8975	0,86723	0,84769	0,7115	0,81109
995	0,8979	0,86742	0,84813	0,71169	0,81148
996	0,8981	0,8676	0,8483	0,71185	0,81111
997	0,8979	0,86751	0,84823	0,71195	0,81059
998	0,8977	0,86766	0,84773	0,71186	0,81045
999	0,8974	0,86728	0,84731	0,71192	0,80972
1000	0,8977	0,86745	0,84767	0,71244	0,80976
1001	0,8979	0,8671	0,84751	0,71227	0,80978
1002	0,8974	0,86678	0,84667	0,71247	0,8098
1003	0,8974	0,86677	0,84659	0,71217	0,80975
1004	0,8979	0,86678	0,84649	0,71215	0,80969
1005	0,8978	0,86698	0,847	0,71222	0,81002
1006	0,897	0,86628	0,84673	0,71223	0,80962
1007	0,8967	0,86611	0,84699	0,71234	0,80957
1008	0,8965	0,86578	0,84671	0,712	0,80958
1009	0,8965	0,86586	0,84693	0,71208	0,80932
1010	0,8964	0,86581	0,84739	0,7123	0,80956
1011	0,8962	0,86579	0,84725	0,71217	0,81005
1012	0,8964	0,86626	0,8476	0,71266	0,81043

Ek 3.'ün devamı

1013	0,8967	0,86661	0,84774	0,71273	0,81039
1014	0,8968	0,86668	0,84784	0,71277	0,81053
1015	0,8967	0,86723	0,84833	0,71333	0,81118
1016	0,8971	0,86723	0,84845	0,71359	0,81108
1017	0,8976	0,86787	0,84869	0,71376	0,81114
1018	0,8976	0,86795	0,84842	0,7142	0,81168
1019	0,898	0,86821	0,84861	0,71463	0,81181
1020	0,8979	0,86812	0,84872	0,71472	0,81201
1021	0,8981	0,86828	0,84885	0,71508	0,81188
1022	0,8976	0,86831	0,84881	0,71531	0,81142
1023	0,8973	0,86799	0,84843	0,71533	0,81108
1024	0,8975	0,86772	0,84861	0,71538	0,81089
1025	0,8976	0,86764	0,84875	0,71581	0,81074
1026	0,8978	0,8675	0,84867	0,71588	0,81048
1027	0,8975	0,86734	0,84846	0,71592	0,81054
1028	0,8978	0,86737	0,84851	0,7161	0,81042
1029	0,8981	0,8677	0,84866	0,71623	0,81061
1030	0,8981	0,86791	0,84875	0,71623	0,81054
1031	0,8982	0,86789	0,8487	0,71617	0,81063
1032	0,8982	0,86791	0,84878	0,71626	0,81074
1033	0,8981	0,86805	0,84881	0,71648	0,81076
1034	0,8983	0,86837	0,84922	0,71688	0,81098
1035	0,8984	0,86852	0,84932	0,71725	0,81121
1036	0,8985	0,86868	0,84959	0,7175	0,81129
1037	0,8983	0,86877	0,84933	0,71786	0,81104
1038	0,8981	0,86893	0,84934	0,71791	0,81122
1039	0,8977	0,86903	0,84907	0,71822	0,81114
1040	0,8979	0,86907	0,84905	0,7186	0,81116
1041	0,8978	0,86918	0,8493	0,71902	0,81131
1042	0,898	0,86917	0,84941	0,7196	0,8111
1043	0,8981	0,86952	0,84935	0,71964	0,81105
1044	0,8987	0,86989	0,84964	0,71982	0,81126
1045	0,8985	0,86987	0,84976	0,71977	0,81134
1046	0,8988	0,87011	0,85027	0,72005	0,81164
1047	0,8987	0,87002	0,8501	0,71997	0,81176
1048	0,8991	0,87018	0,8504	0,71993	0,81218
1049	0,8993	0,86997	0,85055	0,72009	0,81209
1050	0,8995	0,87006	0,85103	0,72004	0,81234
1051	0,8991	0,86976	0,85122	0,71972	0,81196
1052	0,8989	0,86975	0,85101	0,7197	0,81181
1053	0,8986	0,87006	0,85112	0,71977	0,81207
1054	0,8985	0,87012	0,85146	0,7201	0,81213
1055	0,8986	0,87016	0,8519	0,72041	0,81256
1056	0,8985	0,87022	0,85173	0,72036	0,81222
1057	0,8981	0,86994	0,85149	0,72038	0,81202
1058	0,898	0,87018	0,85181	0,72069	0,81203
1059	0,8976	0,86995	0,85182	0,72093	0,81186
1060	0,8976	0,87023	0,85196	0,72101	0,81199
1061	0,8978	0,87045	0,85206	0,72143	0,81214
1062	0,8979	0,87077	0,8522	0,72168	0,8126
1063	0,8981	0,87081	0,8524	0,72185	0,81286
1064	0,8984	0,87073	0,85268	0,72218	0,81307
1065	0,8983	0,87085	0,85262	0,72233	0,81315
1066	0,8982	0,87064	0,85243	0,72243	0,81302
1067	0,8983	0,87064	0,85271	0,72285	0,81333

Ek 3.'ün devamı

1068	0,8984	0,87079	0,85266	0,72294	0,81344
1069	0,8986	0,87088	0,85242	0,72314	0,81344
1070	0,8989	0,87125	0,8526	0,72339	0,81377
1071	0,899	0,8714	0,85265	0,72382	0,8138
1072	0,8987	0,87136	0,85264	0,72398	0,81365
1073	0,8989	0,87172	0,8526	0,72438	0,81393
1074	0,8991	0,87203	0,85296	0,72474	0,81428
1075	0,8991	0,8724	0,85296	0,72472	0,81426
1076	0,8992	0,87217	0,85293	0,72452	0,81417
1077	0,899	0,87221	0,85273	0,72446	0,81373
1078	0,899	0,87208	0,8525	0,72466	0,81368
1079	0,8991	0,87233	0,85294	0,72514	0,81381
1080	0,8989	0,87224	0,85298	0,72518	0,81394
1081	0,8987	0,87213	0,85293	0,72528	0,8138
1082	0,8985	0,87195	0,85294	0,72535	0,81378
1083	0,8987	0,87197	0,85304	0,72537	0,81368
1084	0,8984	0,87182	0,85283	0,72523	0,81331
1085	0,8983	0,87177	0,85279	0,72511	0,81314
1086	0,8983	0,87166	0,85252	0,72535	0,81319
1087	0,8984	0,87193	0,85283	0,72565	0,81348
1088	0,8986	0,87211	0,85282	0,72582	0,81373
1089	0,8984	0,87209	0,85305	0,72567	0,81364
1090	0,8984	0,87208	0,85294	0,72568	0,81367
1091	0,8985	0,87252	0,8535	0,72633	0,81395
1092	0,8983	0,87249	0,85337	0,72629	0,81389
1093	0,8985	0,87252	0,85346	0,72627	0,81388
1094	0,8982	0,87233	0,85329	0,7263	0,81389
1095	0,8983	0,8722	0,85364	0,72652	0,81399
1096	0,8984	0,87219	0,85379	0,72707	0,81416
1097	0,898	0,87195	0,85393	0,72697	0,81407
1098	0,8979	0,87184	0,85385	0,72712	0,814
1099	0,8977	0,87168	0,85413	0,7273	0,81396
1100	0,8982	0,87197	0,85454	0,72762	0,81421
1101	0,8983	0,87195	0,85458	0,72778	0,81418
1102	0,8983	0,87169	0,8546	0,72748	0,8141
1103	0,8984	0,8719	0,85478	0,72756	0,81416
1104	0,8986	0,87198	0,85491	0,72756	0,81441
1105	0,8988	0,87216	0,8549	0,72779	0,81448
1106	0,8991	0,87252	0,85521	0,72803	0,81493
1107	0,8988	0,87254	0,85493	0,72807	0,81468
1108	0,899	0,87283	0,85504	0,72824	0,81482
1109	0,8991	0,87307	0,85511	0,72845	0,81503
1110	0,8991	0,8733	0,85524	0,72864	0,81535
1111	0,8989	0,87316	0,85496	0,72869	0,81543
1112	0,8989	0,87333	0,85497	0,72889	0,81566
1113	0,8988	0,87346	0,85486	0,72921	0,81562
1114	0,8988	0,87355	0,85496	0,72938	0,81579
1115	0,8987	0,87352	0,85488	0,72971	0,81581
1116	0,8986	0,87381	0,85531	0,7299	0,81618
1117	0,8985	0,8737	0,85528	0,73017	0,81595
1118	0,899	0,87402	0,85567	0,73028	0,81656
1119	0,8989	0,87394	0,85557	0,73038	0,81648
1120	0,8988	0,87378	0,85564	0,73057	0,81645
1121	0,8987	0,87371	0,85559	0,7308	0,81636
1122	0,8988	0,87398	0,85584	0,731	0,81652

Ek 3.'ün devamı

1123	0,8986	0,87385	0,85589	0,73082	0,81646
1124	0,8988	0,87387	0,85608	0,73095	0,81667
1125	0,8987	0,87373	0,85613	0,73118	0,81646
1126	0,8988	0,87407	0,85645	0,73143	0,81673
1127	0,8987	0,87394	0,85628	0,73142	0,81668
1128	0,8988	0,87396	0,85634	0,73139	0,81682
1129	0,8984	0,87351	0,85617	0,73118	0,81624
1130	0,8985	0,87361	0,85613	0,73139	0,81638
1131	0,8983	0,87344	0,85593	0,73155	0,81639
1132	0,8989	0,87388	0,85624	0,73174	0,81671
1133	0,8986	0,87379	0,85607	0,73179	0,81644
1134	0,8988	0,87395	0,8559	0,73186	0,81646
1135	0,8989	0,87395	0,85592	0,73194	0,8164
1136	0,8992	0,8741	0,85614	0,73221	0,81689
1137	0,8991	0,87367	0,85597	0,73226	0,81675
1138	0,8992	0,87351	0,85599	0,73234	0,8167
1139	0,8988	0,87316	0,85579	0,7323	0,81666
1140	0,899	0,87363	0,85608	0,73264	0,81707
1141	0,8992	0,87377	0,85631	0,7329	0,81731
1142	0,8992	0,87401	0,85637	0,73289	0,81751
1143	0,8987	0,87371	0,85611	0,73272	0,81726
1144	0,8988	0,87365	0,85602	0,73278	0,81725
1145	0,8987	0,87359	0,85612	0,73303	0,8174
1146	0,8985	0,87347	0,85575	0,73301	0,81722
1147	0,8982	0,87327	0,85561	0,73286	0,81701
1148	0,8983	0,87344	0,85561	0,73289	0,81696
1149	0,8982	0,87346	0,85551	0,73294	0,81692
1150	0,8983	0,87379	0,8555	0,73308	0,81695
1151	0,8983	0,87368	0,85547	0,73321	0,81716
1152	0,8982	0,87363	0,85554	0,73328	0,81729
1153	0,8984	0,87364	0,85574	0,73324	0,81718
1154	0,8985	0,87364	0,85576	0,73348	0,81748
1155	0,8986	0,87376	0,85579	0,73367	0,81777
1156	0,8986	0,87374	0,85588	0,73379	0,81772
1157	0,8985	0,87384	0,85589	0,73387	0,8179
1158	0,8986	0,87388	0,85593	0,73415	0,81806
1159	0,8985	0,87395	0,85592	0,73434	0,81819
1160	0,8985	0,87418	0,85636	0,73477	0,81851
1161	0,8988	0,87434	0,85666	0,73513	0,81864
1162	0,8987	0,87425	0,85651	0,73505	0,81865
1163	0,8983	0,87406	0,85645	0,73484	0,8184
1164	0,8981	0,87405	0,85631	0,73505	0,81864
1165	0,8979	0,87393	0,85618	0,73507	0,81832
1166	0,8978	0,87401	0,85641	0,7352	0,81834
1167	0,8976	0,87378	0,85641	0,7352	0,81844
1168	0,8975	0,87358	0,85643	0,73513	0,81833
1169	0,8975	0,87356	0,85631	0,73513	0,81845
1170	0,8973	0,87333	0,8562	0,735	0,81822
1171	0,8971	0,87326	0,85595	0,73471	0,81831
1172	0,8965	0,87286	0,85568	0,73446	0,81804
1173	0,8967	0,87287	0,85597	0,73458	0,81794
1174	0,8966	0,87279	0,85609	0,73478	0,81807
1175	0,8965	0,87257	0,85617	0,73478	0,81789
1176	0,8966	0,87266	0,85614	0,73485	0,81802
1177	0,8965	0,8724	0,85594	0,73476	0,81803

Ek 3.'ün devamı

1178	0,8964	0,87258	0,85588	0,73488	0,81795
1179	0,8962	0,87251	0,85594	0,73489	0,81794
1180	0,896	0,87253	0,85615	0,7349	0,81783
1181	0,896	0,87251	0,85592	0,73492	0,81774
1182	0,896	0,87249	0,85604	0,73518	0,81752
1183	0,8964	0,87269	0,85621	0,73549	0,81771
1184	0,896	0,87251	0,85587	0,73547	0,81746
1185	0,8958	0,87234	0,85545	0,73539	0,81704
1186	0,896	0,87259	0,85555	0,73545	0,81724
1187	0,8958	0,87242	0,85535	0,73531	0,8172
1188	0,8959	0,87249	0,85538	0,7354	0,81698
1189	0,8959	0,87242	0,85524	0,7353	0,81687
1190	0,8962	0,87238	0,85526	0,73558	0,81682
1191	0,8961	0,87229	0,85511	0,73563	0,81665
1192	0,8961	0,87246	0,85514	0,73573	0,81671
1193	0,8958	0,87215	0,85473	0,73544	0,81642
1194	0,8955	0,87216	0,85448	0,73531	0,81633
1195	0,8957	0,87235	0,85464	0,73565	0,81654
1196	0,8959	0,87263	0,85471	0,73583	0,81666
1197	0,8958	0,8725	0,85468	0,73596	0,81659
1198	0,8958	0,87263	0,85512	0,73617	0,81659
1199	0,896	0,87289	0,85525	0,73641	0,81673
1200	0,896	0,87295	0,85531	0,73665	0,81677
1201	0,8956	0,87293	0,85508	0,7364	0,81681
1202	0,8956	0,873	0,855	0,73642	0,81687
1203	0,896	0,87293	0,85546	0,73643	0,81712
1204	0,8963	0,87324	0,85586	0,7368	0,81726
1205	0,8963	0,87314	0,85585	0,73678	0,81724
1206	0,8965	0,87319	0,85577	0,73675	0,81731
1207	0,8963	0,87303	0,85566	0,73657	0,81757
1208	0,8961	0,87295	0,85553	0,73652	0,81747
1209	0,8965	0,87313	0,8555	0,7368	0,81757
1210	0,8963	0,87287	0,85523	0,73654	0,81747
1211	0,8962	0,87268	0,85526	0,73648	0,81746
1212	0,8964	0,87288	0,85544	0,73672	0,8175
1213	0,8967	0,87292	0,85564	0,73695	0,8176
1214	0,8963	0,87283	0,85511	0,73697	0,81736
1215	0,8964	0,87299	0,85529	0,7371	0,81762
1216	0,8965	0,8733	0,85542	0,73745	0,81803
1217	0,8962	0,87319	0,8554	0,73747	0,81783
1218	0,8965	0,8734	0,85589	0,73774	0,81785
1219	0,8969	0,87393	0,85609	0,73807	0,81792
1220	0,8966	0,87397	0,85612	0,73801	0,81801
1221	0,8966	0,87415	0,85623	0,73837	0,81785
1222	0,8968	0,87454	0,85631	0,73872	0,81792
1223	0,8971	0,87476	0,85663	0,73899	0,81793
1224	0,8968	0,87463	0,85624	0,739	0,8179
1225	0,8969	0,87476	0,8564	0,73927	0,81807
1226	0,8968	0,87468	0,85631	0,7394	0,81798
1227	0,8968	0,87456	0,85645	0,73938	0,81771
1228	0,8967	0,8746	0,85645	0,73947	0,8178
1229	0,8967	0,87464	0,85656	0,73974	0,81778
1230	0,8967	0,87458	0,85661	0,73981	0,81788
1231	0,8964	0,87442	0,85641	0,73981	0,81768
1232	0,8964	0,87418	0,85639	0,73978	0,81777

Ek 3.'ün devamı

1233	0,896	0,87405	0,85658	0,73982	0,81791
1234	0,8961	0,87405	0,8565	0,73982	0,81819
1235	0,8961	0,87423	0,85694	0,7399	0,81818
1236	0,8964	0,87461	0,85745	0,74021	0,81846
1237	0,8964	0,87462	0,85745	0,74022	0,81845
1238	0,8967	0,87491	0,85762	0,74037	0,81853
1239	0,8969	0,87508	0,85782	0,74053	0,81875
1240	0,8967	0,87503	0,85752	0,74071	0,81876
1241	0,8968	0,87488	0,85756	0,74067	0,81887
1242	0,8971	0,87502	0,85781	0,74085	0,81899
1243	0,8972	0,87542	0,85807	0,74116	0,81937
1244	0,8973	0,87527	0,85811	0,74122	0,81931
1245	0,8974	0,87538	0,85828	0,74155	0,81953
1246	0,8973	0,87553	0,85826	0,7417	0,81975
1247	0,8972	0,8754	0,85806	0,74166	0,81955
1248	0,8972	0,8753	0,85797	0,74177	0,81955
1249	0,8971	0,87537	0,85816	0,74194	0,81981
1250	0,8972	0,87521	0,85822	0,74212	0,81974
1251	0,8971	0,8755	0,85847	0,74215	0,81988
1252	0,897	0,87547	0,85848	0,74232	0,81972
1253	0,897	0,87569	0,85862	0,74254	0,81979
1254	0,8971	0,87576	0,85897	0,74267	0,81985
1255	0,8974	0,87611	0,85897	0,74283	0,82019
1256	0,8973	0,87597	0,85906	0,74276	0,81994
1257	0,8974	0,876	0,85921	0,74302	0,81994
1258	0,8977	0,87629	0,85949	0,74343	0,82023
1259	0,8976	0,87642	0,85963	0,74354	0,82029
1260	0,8975	0,87634	0,85926	0,74371	0,82005
1261	0,8977	0,87659	0,85932	0,74386	0,82029
1262	0,8979	0,87644	0,85943	0,74392	0,82026
1263	0,898	0,87667	0,8596	0,74404	0,82057
1264	0,898	0,87663	0,85968	0,74413	0,82062
1265	0,8979	0,87635	0,85936	0,74398	0,82055
1266	0,8978	0,87656	0,85945	0,74422	0,82046
1267	0,8978	0,87668	0,85915	0,74429	0,82055
1268	0,8976	0,87677	0,85909	0,7443	0,82053
1269	0,8975	0,87644	0,85902	0,74399	0,82032
1270	0,8974	0,87639	0,85921	0,74425	0,82055
1271	0,8975	0,87629	0,85957	0,74446	0,82079
1272	0,897	0,87624	0,85947	0,74432	0,82043
1273	0,8969	0,87638	0,85947	0,74456	0,82038
1274	0,8972	0,87626	0,85939	0,74482	0,8204
1275	0,8974	0,8763	0,85956	0,74499	0,82061
1276	0,8976	0,87667	0,85976	0,74538	0,82079
1277	0,8976	0,8763	0,8597	0,74526	0,82063
1278	0,8977	0,87629	0,8599	0,74533	0,8206
1279	0,8979	0,87617	0,85998	0,74528	0,82077
1280	0,8979	0,8765	0,86015	0,74555	0,82101
1281	0,8981	0,87673	0,86028	0,74556	0,82101
1282	0,8982	0,87671	0,86013	0,74538	0,82083
1283	0,8984	0,87672	0,86022	0,74549	0,82096
1284	0,8983	0,87662	0,86025	0,74559	0,8211
1285	0,8981	0,87657	0,86024	0,74536	0,82086
1286	0,8982	0,87678	0,86041	0,74571	0,82106
1287	0,898	0,8766	0,86028	0,74562	0,82072

Ek 3.'ün devamı

1288	0,8981	0,87673	0,86035	0,74587	0,82088
1289	0,8982	0,87687	0,86033	0,74605	0,82106
1290	0,8982	0,87722	0,8605	0,74646	0,82124
1291	0,8982	0,8772	0,86062	0,74667	0,82112
1292	0,8985	0,87733	0,86056	0,74683	0,82115
1293	0,8985	0,87775	0,86096	0,74732	0,82152
1294	0,8985	0,87801	0,86113	0,74748	0,82177
1295	0,8986	0,87824	0,86093	0,74762	0,82169
1296	0,8984	0,87846	0,86112	0,74788	0,82172
1297	0,898	0,87835	0,86095	0,74768	0,82164
1298	0,8981	0,87866	0,86124	0,74806	0,82213
1299	0,8979	0,87899	0,8614	0,74812	0,82216
1300	0,8978	0,87894	0,8615	0,74816	0,82203
1301	0,8976	0,87882	0,86133	0,74813	0,82181
1302	0,8974	0,87886	0,86094	0,74822	0,82183
1303	0,8971	0,87873	0,86101	0,74824	0,82191
1304	0,897	0,87859	0,86056	0,74805	0,82159
1305	0,8972	0,87873	0,86056	0,74824	0,82159
1306	0,8973	0,87855	0,86093	0,74814	0,82186
1307	0,8975	0,87886	0,86096	0,74824	0,82231
1308	0,8974	0,87864	0,86092	0,74829	0,82231
1309	0,8974	0,87842	0,86082	0,74809	0,82223
1310	0,8974	0,87826	0,86082	0,74808	0,82244
1311	0,8976	0,87825	0,86106	0,74828	0,82256
1312	0,8976	0,87813	0,86123	0,74821	0,82262
1313	0,8976	0,87806	0,86127	0,74794	0,82259
1314	0,8977	0,87823	0,86114	0,74807	0,82265
1315	0,8979	0,87812	0,8615	0,74823	0,82302
1316	0,8981	0,87813	0,86167	0,74855	0,82335
1317	0,898	0,87815	0,86169	0,74864	0,82339
1318	0,898	0,87776	0,86177	0,74883	0,82316
1319	0,8981	0,87794	0,86179	0,74897	0,82313
1320	0,8983	0,87815	0,8619	0,74912	0,82334
1321	0,8986	0,87832	0,86215	0,74937	0,82359
1322	0,8985	0,87827	0,86186	0,74953	0,82361
1323	0,8987	0,87845	0,86216	0,74993	0,82385
1324	0,8988	0,87861	0,86239	0,75042	0,82416
1325	0,8989	0,87884	0,86279	0,75056	0,82436
1326	0,8989	0,87875	0,86279	0,75067	0,82447
1327	0,8988	0,87858	0,86284	0,75051	0,8246
1328	0,8989	0,87854	0,86252	0,75085	0,82465
1329	0,8987	0,87881	0,86261	0,75077	0,82474
1330	0,899	0,8789	0,86264	0,75087	0,82513
1331	0,8987	0,87891	0,86272	0,75099	0,82509
1332	0,8987	0,87866	0,86274	0,75117	0,82527
1333	0,8986	0,87888	0,86282	0,75119	0,82545
1334	0,8985	0,87894	0,86263	0,75117	0,82548
1335	0,8985	0,87881	0,86284	0,75108	0,82572
1336	0,898	0,8783	0,86273	0,7509	0,82579
1337	0,898	0,87836	0,86253	0,75088	0,82579
1338	0,8977	0,87833	0,86249	0,75084	0,82565
1339	0,8972	0,87815	0,86253	0,75061	0,82539
1340	0,8973	0,87799	0,86229	0,75067	0,8257
1341	0,897	0,87791	0,86244	0,75079	0,82563
1342	0,897	0,87747	0,86224	0,75091	0,82556

Ek 3.'ün devamı

1343	0,8971	0,87784	0,8623	0,75084	0,82534
1344	0,8976	0,87793	0,86256	0,75132	0,82554
1345	0,8975	0,87787	0,8625	0,7512	0,82523
1346	0,8974	0,87777	0,86234	0,75118	0,82511
1347	0,8976	0,87802	0,86231	0,75146	0,82528
1348	0,8973	0,878	0,8624	0,7513	0,82529
1349	0,8973	0,8779	0,86229	0,75146	0,8254
1350	0,898	0,87809	0,86255	0,75153	0,8259
1351	0,8982	0,87816	0,8626	0,75149	0,82577
1352	0,8985	0,87831	0,8626	0,75145	0,82588
1353	0,8982	0,87844	0,86244	0,75115	0,826
1354	0,8977	0,87819	0,86185	0,75111	0,82592
1355	0,8971	0,8779	0,86167	0,75051	0,82572
1356	0,8971	0,87777	0,86132	0,75066	0,82619
1357	0,897	0,87797	0,86146	0,75087	0,82646
1358	0,8969	0,87786	0,86113	0,75067	0,8261
1359	0,8968	0,87794	0,86092	0,75091	0,82622
1360	0,8968	0,87779	0,86064	0,75054	0,82597
1361	0,8964	0,87786	0,86053	0,75069	0,82593
1362	0,8962	0,87804	0,86062	0,751	0,82607
1363	0,8957	0,87754	0,8605	0,75105	0,82612
1364	0,8955	0,87718	0,86047	0,75104	0,82596
1365	0,8955	0,8771	0,86078	0,75123	0,82626
1366	0,8955	0,87704	0,86067	0,75127	0,82628
1367	0,8951	0,87666	0,86072	0,75109	0,82604
1368	0,8952	0,87635	0,86035	0,7507	0,82582
1369	0,8951	0,87672	0,86048	0,75087	0,82633
1370	0,8949	0,87613	0,86041	0,75064	0,82607
1371	0,8953	0,87635	0,86071	0,75119	0,82665
1372	0,8952	0,87636	0,86081	0,75145	0,82681
1373	0,8944	0,8755	0,86038	0,75101	0,82663
1374	0,8948	0,87576	0,86021	0,75075	0,82691
1375	0,8947	0,87598	0,86036	0,75087	0,82743
1376	0,8949	0,87587	0,86016	0,75072	0,82775
1377	0,8947	0,87566	0,86024	0,75073	0,82812
1378	0,8951	0,87585	0,86025	0,75118	0,82882
1379	0,8951	0,87554	0,86	0,75112	0,82905
1380	0,8949	0,87478	0,8597	0,75113	0,82911
1381	0,8952	0,87515	0,85979	0,75127	0,82963
1382	0,8944	0,87481	0,8593	0,75103	0,82934
1383	0,8943	0,8743	0,85898	0,75052	0,82942
1384	0,8947	0,87466	0,85926	0,75081	0,83006
1385	0,8944	0,87447	0,85921	0,75116	0,83028
1386	0,8944	0,8742	0,85907	0,75121	0,83066
1387	0,8939	0,87384	0,85895	0,75123	0,8306
1388	0,8941	0,87374	0,85902	0,75118	0,83092
1389	0,8937	0,87375	0,85885	0,75083	0,83076
1390	0,8934	0,87348	0,85887	0,75093	0,831
1391	0,8931	0,87325	0,85851	0,75063	0,83097
1392	0,8927	0,87272	0,85822	0,75049	0,83093
1393	0,892	0,87229	0,85803	0,74998	0,83094
1394	0,8916	0,87228	0,85759	0,75	0,83088
1395	0,8914	0,87165	0,85695	0,74963	0,83077
1396	0,8906	0,87104	0,85628	0,74898	0,83048
1397	0,8901	0,87063	0,85594	0,74876	0,83002

Ek 3.'ün devamı

1398	0,8897	0,87047	0,85526	0,74793	0,82957
1399	0,889	0,86975	0,85415	0,74744	0,82922
1400	0,8884	0,86867	0,85338	0,74685	0,82908
1401	0,8876	0,86822	0,85264	0,74624	0,82855
1402	0,8867	0,86763	0,85211	0,74576	0,82826
1403	0,8856	0,86708	0,85145	0,74498	0,82742
1404	0,8853	0,86675	0,851	0,74476	0,82739
1405	0,8848	0,86593	0,85034	0,74388	0,82709
1406	0,8837	0,86528	0,84957	0,74306	0,8266
1407	0,8836	0,86504	0,84929	0,74285	0,82644
1408	0,8826	0,86425	0,84819	0,74163	0,82576
1409	0,8819	0,86313	0,84723	0,74124	0,82549
1410	0,8811	0,86214	0,84643	0,74036	0,82469
1411	0,8806	0,86183	0,84607	0,73966	0,8241
1412	0,8802	0,86122	0,84525	0,73891	0,82409
1413	0,8798	0,86054	0,8444	0,73797	0,82384
1414	0,8795	0,85945	0,84343	0,73736	0,82359
1415	0,8784	0,85833	0,84182	0,73599	0,82258
1416	0,8777	0,85727	0,84112	0,73532	0,82213
1417	0,8767	0,85645	0,8405	0,7344	0,82136
1418	0,8754	0,85495	0,839	0,7328	0,82013
1419	0,8747	0,85401	0,83795	0,73197	0,81956
1420	0,8735	0,85341	0,83739	0,73092	0,81895
1421	0,8724	0,85268	0,83618	0,7295	0,81818
1422	0,8711	0,85169	0,83506	0,72867	0,81736
1423	0,8698	0,85032	0,8338	0,72743	0,81615
1424	0,8688	0,8492	0,83289	0,72639	0,81538
1425	0,8682	0,84866	0,83209	0,72569	0,81514
1426	0,8678	0,84772	0,83178	0,72477	0,81437
1427	0,8673	0,84719	0,83081	0,72371	0,81339
1428	0,8667	0,84596	0,82957	0,72273	0,81272
1429	0,8655	0,84517	0,82836	0,7216	0,812
1430	0,8652	0,84437	0,82784	0,72132	0,81173
1431	0,8645	0,84294	0,82666	0,72013	0,81096
1432	0,8637	0,84223	0,82596	0,71984	0,81047
1433	0,8631	0,84084	0,82507	0,71836	0,80938
1434	0,8627	0,84038	0,82473	0,71792	0,80884
1435	0,8623	0,84004	0,82389	0,71718	0,80794
1436	0,8613	0,839	0,82317	0,71602	0,807
1437	0,8605	0,83839	0,82261	0,71547	0,80674
1438	0,8596	0,83786	0,82196	0,7148	0,8067
1439	0,8588	0,83693	0,82101	0,71404	0,80571
1440	0,8588	0,83594	0,82085	0,71367	0,80513
1441	0,8573	0,83496	0,81959	0,71242	0,80363
1442	0,8568	0,83485	0,81883	0,71194	0,8029
1443	0,8564	0,83431	0,81844	0,71129	0,80206
1444	0,8555	0,83368	0,81744	0,71033	0,80194
1445	0,8545	0,83298	0,81679	0,7094	0,80132
1446	0,8536	0,83202	0,81585	0,7091	0,80092
1447	0,8527	0,83122	0,81459	0,70814	0,80008
1448	0,8524	0,8306	0,81373	0,70774	0,80006
1449	0,851	0,82961	0,81264	0,70672	0,79878
1450	0,8509	0,82993	0,81253	0,70646	0,7989
1451	0,8499	0,8295	0,81167	0,70589	0,79835
1452	0,8504	0,82999	0,81209	0,70587	0,79881

Ek 3.'ün devamı

1453	0,8501	0,82961	0,81174	0,70531	0,79825
1454	0,8499	0,82957	0,81142	0,70515	0,79839
1455	0,8499	0,8302	0,81164	0,70568	0,79843
1456	0,85	0,82993	0,81119	0,7058	0,79794
1457	0,8497	0,82974	0,81103	0,70519	0,79731
1458	0,8496	0,82977	0,81115	0,7053	0,79704
1459	0,8488	0,8293	0,81011	0,70501	0,79609
1460	0,8485	0,82945	0,80991	0,70514	0,79606
1461	0,8484	0,82907	0,80991	0,70523	0,79527
1462	0,8482	0,82909	0,81008	0,70522	0,79503
1463	0,8472	0,82862	0,80929	0,70512	0,7949
1464	0,8469	0,82815	0,80899	0,70542	0,79485
1465	0,8468	0,82812	0,80849	0,70545	0,79471
1466	0,8467	0,82751	0,8081	0,70529	0,79398
1467	0,8466	0,82712	0,80792	0,705	0,7937
1468	0,8467	0,82678	0,80799	0,70473	0,79329
1469	0,8469	0,82731	0,80812	0,70506	0,79368
1470	0,8467	0,82711	0,80853	0,7051	0,79336
1471	0,8469	0,82657	0,80833	0,70474	0,79309
1472	0,847	0,82694	0,80824	0,70495	0,79357
1473	0,8473	0,82725	0,80838	0,70506	0,79405
1474	0,8483	0,82735	0,80907	0,70479	0,79386
1475	0,8488	0,82737	0,80941	0,70471	0,79411
1476	0,8482	0,82694	0,80944	0,70436	0,79379
1477	0,8479	0,82649	0,80958	0,70426	0,79393
1478	0,8478	0,82687	0,80966	0,7041	0,79396
1479	0,848	0,82754	0,81017	0,70512	0,79435
1480	0,848	0,82741	0,8103	0,70535	0,79409
1481	0,849	0,82802	0,81091	0,70583	0,79433
1482	0,8498	0,82883	0,81169	0,70663	0,79463
1483	0,8501	0,82897	0,81188	0,70663	0,79458
1484	0,8506	0,82963	0,81223	0,7073	0,79482
1485	0,8504	0,82946	0,81178	0,70731	0,79457
1486	0,8511	0,83048	0,81273	0,70796	0,79473
1487	0,8514	0,83103	0,81307	0,70844	0,7944
1488	0,8516	0,83157	0,81277	0,70829	0,79402
1489	0,8522	0,832	0,8131	0,7089	0,79435
1490	0,8526	0,83236	0,81322	0,70908	0,79456
1491	0,8529	0,83249	0,81357	0,70921	0,79457
1492	0,8531	0,83307	0,81399	0,70932	0,79513
1493	0,8529	0,83287	0,81401	0,70946	0,7953
1494	0,8524	0,833	0,81419	0,70969	0,79561
1495	0,8527	0,83272	0,81442	0,70975	0,79546
1496	0,8526	0,83321	0,81449	0,71019	0,79555
1497	0,8515	0,83262	0,81329	0,71001	0,795
1498	0,8522	0,8328	0,81399	0,71018	0,79594
1499	0,8528	0,83345	0,81497	0,71095	0,79635
1500	0,8527	0,83342	0,81484	0,71115	0,79635
1501	0,8527	0,83306	0,81478	0,711	0,7962
1502	0,8527	0,8333	0,81476	0,71099	0,79651
1503	0,8527	0,83354	0,81512	0,71145	0,79669
1504	0,8529	0,83361	0,81502	0,71173	0,79666
1505	0,8537	0,8333	0,81508	0,71181	0,79667
1506	0,8534	0,83363	0,81525	0,71207	0,79642
1507	0,8536	0,83408	0,81577	0,71231	0,79666

Ek 3.'ün devamı

1508	0,8543	0,8344	0,81656	0,71259	0,79644
1509	0,8541	0,83448	0,81623	0,71276	0,79615
1510	0,8541	0,83463	0,81648	0,71331	0,79608
1511	0,8552	0,83561	0,81768	0,71389	0,79685
1512	0,8552	0,83618	0,81782	0,71428	0,79697
1513	0,8548	0,83663	0,81764	0,71442	0,79677
1514	0,855	0,8365	0,81758	0,71454	0,7964
1515	0,8555	0,83719	0,81826	0,7151	0,79641
1516	0,8556	0,83797	0,81882	0,71537	0,79637
1517	0,8557	0,83811	0,81899	0,71562	0,79682
1518	0,8561	0,83802	0,81896	0,71609	0,79673
1519	0,857	0,83854	0,81957	0,7165	0,79771
1520	0,8573	0,8387	0,81994	0,71677	0,79753
1521	0,8578	0,83912	0,82012	0,7174	0,79821
1522	0,8575	0,83861	0,81998	0,71736	0,7977
1523	0,8575	0,83906	0,82059	0,71759	0,79796
1524	0,8584	0,83909	0,82072	0,71765	0,79773
1525	0,8581	0,83909	0,8203	0,71753	0,79718
1526	0,8581	0,83925	0,8201	0,71735	0,79738
1527	0,8581	0,83935	0,82019	0,71775	0,79744
1528	0,8582	0,83926	0,82038	0,71785	0,79693
1529	0,8583	0,83975	0,82097	0,71797	0,79707
1530	0,8581	0,83968	0,82086	0,71815	0,79687
1531	0,8584	0,84019	0,82132	0,71858	0,79694
1532	0,8579	0,83942	0,82082	0,71785	0,79579
1533	0,858	0,83954	0,8206	0,71783	0,7958
1534	0,8581	0,83934	0,82059	0,71791	0,79612
1535	0,8579	0,83933	0,82097	0,71786	0,79645
1536	0,8582	0,83943	0,82095	0,71801	0,79701
1537	0,8581	0,83924	0,82147	0,71826	0,79699
1538	0,8577	0,83849	0,82108	0,71787	0,79648
1539	0,8579	0,83838	0,82099	0,71812	0,79654
1540	0,8572	0,83749	0,82054	0,71801	0,796
1541	0,8574	0,83824	0,82102	0,71807	0,79618
1542	0,8574	0,83794	0,82077	0,71782	0,79641
1543	0,8576	0,83858	0,82138	0,7185	0,79675
1544	0,8567	0,83871	0,82114	0,71847	0,79608
1545	0,8572	0,83905	0,82153	0,71888	0,79592
1546	0,8572	0,83875	0,82171	0,71962	0,7959
1547	0,8572	0,83906	0,82189	0,71983	0,79541
1548	0,8574	0,8392	0,82159	0,71956	0,795
1549	0,8581	0,84017	0,82185	0,71982	0,79477
1550	0,8582	0,8406	0,82157	0,71946	0,79477
1551	0,8585	0,84131	0,82174	0,71953	0,79502
1552	0,858	0,84071	0,82146	0,71948	0,79473
1553	0,8578	0,8406	0,82125	0,7194	0,79448
1554	0,8579	0,84074	0,82133	0,71928	0,79466
1555	0,8583	0,8406	0,82168	0,71945	0,79467
1556	0,8579	0,8405	0,82128	0,71925	0,79432
1557	0,8574	0,84078	0,82114	0,71839	0,79398
1558	0,8574	0,84047	0,82173	0,71854	0,794
1559	0,8571	0,8401	0,82169	0,71862	0,79376
1560	0,8568	0,83974	0,82146	0,7188	0,79428
1561	0,8565	0,83936	0,82145	0,7187	0,79402
1562	0,8565	0,83932	0,82178	0,7191	0,7936

Ek 3.'ün devamı

1563	0,8564	0,8392	0,82171	0,71905	0,79307
1564	0,8569	0,83917	0,82212	0,71923	0,79292
1565	0,8567	0,83901	0,82156	0,71868	0,79302
1566	0,8563	0,83892	0,82141	0,71882	0,79287
1567	0,8563	0,83857	0,8215	0,71816	0,79244
1568	0,8564	0,83838	0,82149	0,71857	0,79259
1569	0,8562	0,83851	0,82123	0,71813	0,79265
1570	0,8566	0,83866	0,82138	0,71825	0,79247
1571	0,8566	0,83869	0,82175	0,71818	0,79197
1572	0,8564	0,83893	0,82174	0,71834	0,79199
1573	0,8565	0,8388	0,82141	0,71792	0,79189
1574	0,8561	0,83876	0,82124	0,71778	0,79178
1575	0,8555	0,83879	0,82062	0,71789	0,79168
1576	0,8561	0,83854	0,82102	0,71822	0,79152
1577	0,8565	0,83896	0,82088	0,71813	0,79215
1578	0,8566	0,83933	0,82094	0,71874	0,7926
1579	0,8562	0,83917	0,82054	0,71903	0,79226
1580	0,8562	0,83897	0,82054	0,71934	0,79172
1581	0,8563	0,83964	0,82067	0,72	0,79214
1582	0,8558	0,83954	0,82045	0,71985	0,79217
1583	0,8563	0,8398	0,82069	0,72014	0,79224
1584	0,8564	0,83973	0,82087	0,72104	0,79309
1585	0,8571	0,83993	0,8208	0,72104	0,79311
1586	0,8574	0,84017	0,82111	0,72105	0,79294
1587	0,8572	0,84018	0,82097	0,72069	0,79273
1588	0,8575	0,84048	0,82151	0,72113	0,79285
1589	0,8575	0,84019	0,82107	0,72068	0,7924
1590	0,8585	0,8405	0,82152	0,72086	0,7924
1591	0,8589	0,84101	0,82175	0,72142	0,79291
1592	0,8591	0,84061	0,82168	0,72115	0,79292
1593	0,8598	0,84079	0,82224	0,72174	0,79295
1594	0,8598	0,84068	0,82243	0,72197	0,79326
1595	0,8598	0,84125	0,82279	0,72153	0,79306
1596	0,8598	0,842	0,82362	0,72223	0,79359
1597	0,8598	0,84193	0,82429	0,7228	0,794
1598	0,8595	0,84283	0,8244	0,7234	0,79467
1599	0,8594	0,84269	0,82425	0,72365	0,79434
1600	0,8596	0,84313	0,82469	0,724	0,79459
1601	0,8597	0,84353	0,82486	0,72457	0,7948
1602	0,86	0,8437	0,82502	0,72462	0,79494
1603	0,86	0,8439	0,82529	0,72465	0,79489
1604	0,8596	0,844	0,82539	0,72478	0,79527
1605	0,8595	0,84404	0,82503	0,72445	0,79502
1606	0,8597	0,84418	0,82487	0,72444	0,79495
1607	0,8604	0,84435	0,82477	0,72476	0,79525
1608	0,8611	0,84466	0,82484	0,72467	0,79552
1609	0,8617	0,8446	0,82532	0,72536	0,79545
1610	0,8612	0,84435	0,82573	0,72496	0,79517
1611	0,8609	0,8443	0,82537	0,72522	0,79516
1612	0,8611	0,84433	0,82577	0,72538	0,79578
1613	0,8608	0,84444	0,82554	0,72515	0,79589
1614	0,8609	0,84517	0,82581	0,72568	0,79639
1615	0,8609	0,84496	0,82539	0,72549	0,7962
1616	0,8616	0,84572	0,82659	0,72645	0,79678
1617	0,8618	0,84575	0,82753	0,72683	0,79707

Ek 3.'ün devamı

1618	0,862	0,84554	0,82779	0,72673	0,79718
1619	0,8614	0,84573	0,82776	0,72708	0,7973
1620	0,8618	0,84578	0,82778	0,727	0,7972
1621	0,8624	0,84663	0,82792	0,72787	0,79812
1622	0,863	0,8467	0,82828	0,72839	0,79803
1623	0,8635	0,84721	0,82876	0,729	0,79813
1624	0,8636	0,84717	0,82896	0,72939	0,79815
1625	0,8637	0,84677	0,82908	0,72955	0,79783
1626	0,8647	0,84753	0,82939	0,73024	0,79871
1627	0,8646	0,84721	0,82899	0,73	0,79893
1628	0,8651	0,84752	0,82883	0,73054	0,79925
1629	0,8642	0,84756	0,82868	0,73062	0,79895
1630	0,8649	0,8481	0,82922	0,73101	0,79953
1631	0,8646	0,84843	0,82958	0,73177	0,79971
1632	0,8644	0,84773	0,82935	0,73212	0,79965
1633	0,8649	0,84802	0,82956	0,73283	0,80042
1634	0,8646	0,84791	0,82941	0,73274	0,80058
1635	0,8654	0,84841	0,83032	0,733	0,80129
1636	0,8656	0,84938	0,83083	0,73357	0,80199
1637	0,866	0,85022	0,83185	0,73427	0,80227
1638	0,8657	0,85042	0,83194	0,73453	0,80147
1639	0,8654	0,85094	0,83211	0,73487	0,80134
1640	0,8667	0,85108	0,83258	0,73533	0,80252
1641	0,8661	0,85085	0,83234	0,73535	0,80165
1642	0,8664	0,8511	0,83281	0,73546	0,80173
1643	0,8662	0,85167	0,83293	0,73548	0,80208
1644	0,8659	0,85196	0,83345	0,73564	0,80227
1645	0,8668	0,85262	0,83416	0,73647	0,80276
1646	0,8676	0,85274	0,83426	0,73707	0,80261
1647	0,8674	0,8521	0,834	0,73667	0,80227
1648	0,8675	0,85208	0,83424	0,73709	0,80269
1649	0,8685	0,85246	0,83482	0,73782	0,80321
1650	0,8685	0,85228	0,8348	0,73801	0,80356
1651	0,868	0,8522	0,83512	0,73859	0,80283
1652	0,8689	0,85256	0,83588	0,739	0,80383
1653	0,8693	0,85303	0,83545	0,73891	0,80439
1654	0,8705	0,85347	0,83601	0,73932	0,80461
1655	0,8706	0,85333	0,83592	0,73955	0,80468
1656	0,8705	0,85265	0,83625	0,7392	0,80454
1657	0,87	0,85262	0,83607	0,73917	0,80456
1658	0,8705	0,85369	0,83648	0,74023	0,80516
1659	0,8697	0,85325	0,83614	0,73963	0,80413
1660	0,8698	0,85398	0,83684	0,73982	0,8046
1661	0,8705	0,85401	0,83724	0,73963	0,8043
1662	0,8705	0,85411	0,83707	0,73929	0,80405
1663	0,8705	0,85465	0,83719	0,73942	0,80379
1664	0,8705	0,85497	0,83795	0,73995	0,80377
1665	0,8702	0,8552	0,83837	0,73958	0,80304
1666	0,8708	0,85568	0,83929	0,7395	0,80338
1667	0,8707	0,8562	0,83931	0,73945	0,80307
1668	0,8716	0,85709	0,84026	0,7402	0,8038
1669	0,8722	0,85655	0,84114	0,74015	0,80402
1670	0,8727	0,85664	0,84095	0,74023	0,80377
1671	0,873	0,85634	0,84089	0,74034	0,80381
1672	0,873	0,85705	0,8411	0,74072	0,80387

Ek 3.'ün devamı

1673	0,8739	0,85797	0,84212	0,74146	0,80483
1674	0,8743	0,85802	0,84246	0,74219	0,80516
1675	0,8742	0,85786	0,84192	0,74215	0,80488
1676	0,8752	0,8582	0,8419	0,74286	0,8057
1677	0,8753	0,85805	0,84158	0,74266	0,8054
1678	0,8753	0,85781	0,84106	0,74275	0,8058
1679	0,8741	0,85769	0,8405	0,74227	0,80513
1680	0,874	0,85715	0,8396	0,74201	0,80514
1681	0,8739	0,85678	0,83925	0,74202	0,80538
1682	0,8729	0,85678	0,83882	0,74132	0,80426
1683	0,8726	0,8564	0,8386	0,74096	0,80494
1684	0,8724	0,85642	0,83838	0,74098	0,80493
1685	0,8723	0,85608	0,83728	0,73993	0,80439
1686	0,8721	0,85531	0,83704	0,73968	0,80435
1687	0,8717	0,85484	0,83718	0,73915	0,80424
1688	0,8706	0,8544	0,83675	0,73908	0,80349
1689	0,8705	0,85482	0,83651	0,73898	0,80344
1690	0,8704	0,85398	0,8359	0,739	0,80303
1691	0,8702	0,8547	0,83652	0,73892	0,80302
1692	0,8698	0,85474	0,8367	0,73814	0,80268
1693	0,8702	0,85478	0,83643	0,73856	0,80343
1694	0,87	0,85439	0,83589	0,73836	0,8027
1695	0,87	0,85375	0,83494	0,73818	0,80241
1696	0,8696	0,85272	0,83481	0,73791	0,80291
1697	0,8695	0,85283	0,83403	0,7372	0,80264
1698	0,8683	0,85209	0,83324	0,73714	0,80209
1699	0,8689	0,85276	0,83363	0,73732	0,80266
1700	0,8683	0,85223	0,83368	0,73733	0,80191
1701	0,8682	0,85275	0,83335	0,73732	0,80197
1702	0,8677	0,852	0,83309	0,73708	0,80211
1703	0,8678	0,85097	0,83335	0,73727	0,80217
1704	0,8675	0,85019	0,8325	0,73661	0,80191
1705	0,8673	0,84994	0,83211	0,73678	0,8019
1706	0,866	0,84958	0,83163	0,73551	0,80104
1707	0,8653	0,84986	0,83165	0,7357	0,80049
1708	0,8654	0,85	0,83242	0,73613	0,80094
1709	0,8656	0,85052	0,83232	0,7368	0,80155
1710	0,8646	0,84968	0,83143	0,73632	0,80013
1711	0,8643	0,84924	0,83026	0,73553	0,80008
1712	0,8641	0,84897	0,83069	0,73536	0,80036
1713	0,8645	0,84918	0,83065	0,73583	0,80042
1714	0,8661	0,85085	0,83104	0,73684	0,80184
1715	0,8662	0,85125	0,83182	0,73754	0,80235
1716	0,8662	0,852	0,83192	0,73729	0,80224
1717	0,8671	0,85243	0,83215	0,73821	0,8023
1718	0,8684	0,85287	0,83246	0,73936	0,80251
1719	0,8685	0,85268	0,83174	0,73896	0,80271
1720	0,8684	0,85177	0,83196	0,73804	0,80249
1721	0,8686	0,85099	0,83138	0,73741	0,80356
1722	0,869	0,85158	0,83217	0,73744	0,80342
1723	0,87	0,85073	0,83274	0,73697	0,80342
1724	0,869	0,84988	0,8319	0,73618	0,80295
1725	0,8679	0,84924	0,83146	0,73567	0,80194
1726	0,8673	0,84941	0,83106	0,73487	0,80145
1727	0,867	0,84814	0,83104	0,73471	0,80137

Ek 3.'ün devamı

1728	0,8664	0,84756	0,83011	0,73487	0,80187
1729	0,8657	0,8472	0,82992	0,73467	0,80204
1730	0,8655	0,84683	0,83085	0,73449	0,8014
1731	0,8658	0,84747	0,83099	0,73486	0,80093
1732	0,8658	0,84755	0,83211	0,73555	0,80089
1733	0,8652	0,8467	0,83216	0,73608	0,80143
1734	0,864	0,84632	0,83069	0,73601	0,801
1735	0,8642	0,84637	0,83033	0,73595	0,80011
1736	0,8634	0,84529	0,8292	0,73451	0,80008
1737	0,8631	0,84475	0,82902	0,7351	0,80068
1738	0,8643	0,84525	0,82902	0,73621	0,80091
1739	0,865	0,84573	0,83005	0,73583	0,80168
1740	0,8645	0,84615	0,82998	0,73502	0,80242
1741	0,8644	0,8465	0,8302	0,73607	0,80317
1742	0,8652	0,84711	0,83025	0,73628	0,80399
1743	0,866	0,84726	0,83005	0,73648	0,80427
1744	0,8659	0,84689	0,82864	0,73547	0,80324
1745	0,866	0,84777	0,82883	0,7349	0,80375
1746	0,8656	0,84842	0,82926	0,73534	0,80528
1747	0,8659	0,84943	0,82963	0,73662	0,80519
1748	0,8663	0,84921	0,83004	0,73623	0,80454
1749	0,8651	0,84904	0,8304	0,73593	0,80426
1750	0,8645	0,8485	0,83009	0,73616	0,80389
1751	0,8647	0,84777	0,83014	0,73533	0,80267
1752	0,8635	0,84759	0,82921	0,73467	0,80202
1753	0,863	0,84785	0,82861	0,73439	0,80185
1754	0,8614	0,84829	0,82796	0,73414	0,80177
1755	0,862	0,8486	0,82842	0,73495	0,8022
1756	0,861	0,84807	0,82866	0,73535	0,80156
1757	0,8605	0,84729	0,82831	0,73528	0,80047
1758	0,8605	0,84771	0,82825	0,73533	0,80041
1759	0,861	0,84815	0,82786	0,73598	0,80165
1760	0,8617	0,84778	0,82796	0,73543	0,80238
1761	0,8624	0,8483	0,82822	0,73536	0,80195
1762	0,8622	0,84845	0,82801	0,73632	0,80231
1763	0,8631	0,84745	0,82813	0,73662	0,80285
1764	0,8616	0,84606	0,82727	0,7358	0,80153
1765	0,863	0,84604	0,8281	0,73527	0,80148
1766	0,8636	0,84716	0,82896	0,73625	0,80247
1767	0,8648	0,84781	0,82935	0,73644	0,80372
1768	0,8663	0,84937	0,83082	0,73718	0,80487
1769	0,8664	0,84938	0,83126	0,7376	0,8054
1770	0,8651	0,84968	0,8311	0,73713	0,8049
1771	0,8639	0,85005	0,83043	0,73635	0,80429
1772	0,8635	0,84938	0,8303	0,73591	0,80471
1773	0,8632	0,84942	0,83023	0,73524	0,80462
1774	0,8627	0,84964	0,83046	0,73484	0,80485
1775	0,8629	0,84961	0,83103	0,73537	0,80627
1776	0,8641	0,85124	0,83094	0,73694	0,80735
1777	0,8648	0,85206	0,83213	0,73689	0,80819
1778	0,8649	0,8526	0,83205	0,73874	0,80807
1779	0,864	0,85118	0,83055	0,73749	0,80801
1780	0,8638	0,85119	0,83065	0,73713	0,80755
1781	0,8644	0,85127	0,83173	0,73656	0,80767
1782	0,8651	0,85033	0,83142	0,73695	0,80735

Ek 3.'ün devamı

1783	0,8652	0,85088	0,83074	0,73739	0,80782
1784	0,8659	0,85187	0,83107	0,73849	0,80882
1785	0,867	0,85222	0,83136	0,7394	0,80944
1786	0,8682	0,85388	0,83166	0,74044	0,80978
1787	0,866	0,852	0,83185	0,73969	0,80945
1788	0,8649	0,85107	0,83095	0,74007	0,80892
1789	0,865	0,84982	0,83101	0,73932	0,80839
1790	0,8647	0,84965	0,83247	0,74054	0,80775
1791	0,8648	0,84872	0,83331	0,74129	0,80858
1792	0,866	0,84902	0,833	0,74259	0,80911
1793	0,8663	0,85059	0,83457	0,7436	0,81068
1794	0,8656	0,85012	0,83459	0,74325	0,80996
1795	0,8654	0,84928	0,83432	0,74289	0,8095
1796	0,8645	0,84987	0,83514	0,74314	0,80935
1797	0,8653	0,8489	0,83559	0,74307	0,80982
1798	0,8667	0,84949	0,83542	0,7433	0,80983
1799	0,8661	0,85	0,83539	0,74287	0,81044
1800	0,8667	0,85143	0,83622	0,74243	0,81247
1801	0,8678	0,85237	0,8357	0,74236	0,81373
1802	0,8685	0,85306	0,83481	0,7417	0,8141
1803	0,8679	0,85243	0,83455	0,74198	0,81375
1804	0,8681	0,85111	0,83346	0,7415	0,81387
1805	0,8682	0,85112	0,83501	0,74179	0,81482
1806	0,868	0,85158	0,83484	0,74156	0,81389
1807	0,8683	0,85136	0,83428	0,74143	0,81418
1808	0,8671	0,8504	0,83433	0,74085	0,81252
1809	0,8665	0,85102	0,83472	0,74138	0,81253
1810	0,8667	0,85017	0,83415	0,74064	0,81163
1811	0,8658	0,84913	0,83318	0,74089	0,81013
1812	0,8654	0,84846	0,83253	0,74148	0,81034
1813	0,8646	0,84843	0,83296	0,74241	0,80899
1814	0,8659	0,84886	0,83395	0,7427	0,81028
1815	0,865	0,84888	0,83394	0,74177	0,80906
1816	0,866	0,84915	0,83321	0,74173	0,80905
1817	0,8664	0,84922	0,83407	0,74235	0,81026
1818	0,8675	0,85019	0,83424	0,74271	0,81105
1819	0,8686	0,85111	0,83432	0,74316	0,81328
1820	0,869	0,85129	0,83517	0,74325	0,81477
1821	0,8698	0,85237	0,83654	0,7443	0,8152
1822	0,8707	0,85432	0,83863	0,74559	0,81655
1823	0,8715	0,8564	0,83944	0,74573	0,81581
1824	0,8721	0,85717	0,84122	0,74601	0,81731
1825	0,8709	0,85673	0,84077	0,7452	0,81599
1826	0,8716	0,85823	0,84119	0,74723	0,8174
1827	0,8722	0,85912	0,8414	0,74854	0,81791
1828	0,8732	0,8597	0,84224	0,74961	0,8199
1829	0,8724	0,85918	0,84233	0,75003	0,81966
1830	0,8723	0,85992	0,84221	0,75065	0,81918
1831	0,8721	0,8597	0,84135	0,75061	0,81807
1832	0,8712	0,85837	0,84138	0,75013	0,81854
1833	0,8722	0,85818	0,84007	0,74918	0,81844
1834	0,8714	0,8564	0,84046	0,74807	0,81907
1835	0,8725	0,85723	0,83992	0,74845	0,81965
1836	0,8727	0,85817	0,8395	0,74938	0,82095
1837	0,8729	0,85812	0,84028	0,75018	0,82219

Ek 3.'ün devamı

1838	0,8731	0,85811	0,84049	0,74989	0,82176
1839	0,8731	0,85775	0,84027	0,75001	0,8203
1840	0,874	0,85793	0,84017	0,75019	0,82065
1841	0,8733	0,85706	0,84107	0,75112	0,82007
1842	0,874	0,85728	0,84233	0,75213	0,82088
1843	0,8752	0,8594	0,84318	0,75365	0,8203
1844	0,8752	0,85853	0,84382	0,75417	0,8192
1845	0,8765	0,85964	0,84484	0,75658	0,81919
1846	0,8753	0,85906	0,84449	0,75683	0,81883
1847	0,8763	0,85972	0,84628	0,75786	0,81908
1848	0,877	0,86019	0,84685	0,75846	0,81951
1849	0,8771	0,86058	0,84715	0,75843	0,82071
1850	0,8761	0,86146	0,84752	0,75885	0,82139
1851	0,8749	0,86205	0,84723	0,75859	0,82077
1852	0,8736	0,8631	0,8466	0,75795	0,82105
1853	0,8742	0,8636	0,84537	0,75809	0,82125
1854	0,8753	0,86324	0,84599	0,75737	0,82259
1855	0,8744	0,86282	0,84542	0,75721	0,8225
1856	0,8755	0,86289	0,84581	0,75729	0,82342
1857	0,8781	0,86284	0,84658	0,75741	0,82487
1858	0,877	0,86087	0,84565	0,75756	0,824
1859	0,8762	0,8594	0,84444	0,75718	0,8225
1860	0,8774	0,85966	0,8463	0,75819	0,82336
1861	0,8788	0,85927	0,84677	0,75797	0,82428
1862	0,8795	0,86074	0,84881	0,75811	0,826
1863	0,8819	0,86076	0,85141	0,75981	0,82889
1864	0,8834	0,8618	0,85337	0,76041	0,83141
1865	0,8832	0,86188	0,85223	0,76168	0,83195
1866	0,8829	0,86234	0,85309	0,76285	0,83333
1867	0,8814	0,86279	0,85168	0,7614	0,8334
1868	0,8791	0,86233	0,84948	0,7605	0,83203
1869	0,8821	0,86344	0,84902	0,76004	0,8345
1870	0,8816	0,86505	0,84894	0,76045	0,83608
1871	0,8792	0,86518	0,84749	0,76086	0,83617
1872	0,8783	0,8641	0,84599	0,76087	0,83663
1873	0,8776	0,86224	0,84526	0,76045	0,8355
1874	0,8775	0,86208	0,84372	0,76012	0,83533
1875	0,8747	0,8594	0,84202	0,7584	0,83453
1876	0,8726	0,85732	0,84082	0,75693	0,83491
1877	0,8717	0,85743	0,84057	0,75561	0,83675
1878	0,871	0,85606	0,84051	0,75557	0,838
1879	0,8706	0,85478	0,84067	0,75493	0,84027
1880	0,8673	0,85362	0,84031	0,75293	0,83796
1881	0,8666	0,85186	0,84006	0,75179	0,83847
1882	0,8677	0,85072	0,83814	0,75166	0,83878
1883	0,8655	0,84933	0,83651	0,74936	0,83813
1884	0,8647	0,8477	0,83392	0,74894	0,83929
1885	0,8635	0,84641	0,83186	0,74383	0,83884
1886	0,8631	0,84714	0,82996	0,74434	0,83916
1887	0,8627	0,84791	0,8302	0,74462	0,84103
1888	0,8597	0,84477	0,82621	0,74277	0,83974
1889	0,8578	0,84183	0,82369	0,739	0,83806
1890	0,8551	0,84098	0,82189	0,73686	0,83636
1891	0,8537	0,83847	0,81899	0,7356	0,8371
1892	0,8543	0,83719	0,81666	0,73271	0,83688

Ek 3.'ün devamı

1893	0,8497	0,83182	0,81541	0,72831	0,83547
1894	0,8476	0,82994	0,81279	0,72637	0,83247
1895	0,8446	0,82624	0,80933	0,72199	0,82959
1896	0,84	0,82089	0,80693	0,72006	0,82745
1897	0,8357	0,81494	0,80268	0,71536	0,8241
1898	0,8326	0,81109	0,79974	0,71174	0,82197
1899	0,8303	0,80782	0,79678	0,70756	0,81931
1900	0,826	0,80542	0,79304	0,70463	0,8194
1901	0,8246	0,80091	0,79144	0,70128	0,81895
1902	0,8199	0,79671	0,78827	0,69809	0,8183
1903	0,815	0,79356	0,78573	0,6946	0,81482
1904	0,8134	0,79358	0,78305	0,6924	0,81384
1905	0,8094	0,78888	0,77862	0,68871	0,81351
1906	0,8087	0,78915	0,77714	0,68721	0,81446
1907	0,8064	0,78772	0,77225	0,68476	0,81281
1908	0,8019	0,78292	0,76865	0,68102	0,80853
1909	0,7974	0,77739	0,76268	0,67772	0,80541
1910	0,7934	0,77234	0,75781	0,67514	0,80233
1911	0,79	0,76968	0,75353	0,67388	0,79886
1912	0,7883	0,76865	0,74792	0,6728	0,79684
1913	0,786	0,76442	0,74481	0,66728	0,79358
1914	0,7838	0,76105	0,73835	0,66411	0,79349
1915	0,7784	0,75382	0,73202	0,6571	0,78979
1916	0,7779	0,75204	0,73072	0,65577	0,78985
1917	0,7708	0,74292	0,72523	0,65024	0,78548
1918	0,768	0,73862	0,72007	0,64639	0,77991
1919	0,7656	0,73752	0,71441	0,64062	0,78031
1920	0,7627	0,73442	0,71109	0,63472	0,77787
1921	0,762	0,73407	0,70929	0,63299	0,77866
1922	0,7622	0,72958	0,70837	0,62876	0,77654
1923	0,757	0,72516	0,70491	0,62342	0,77392
1924	0,7535	0,72583	0,7	0,6249	0,77137
1925	0,7507	0,72301	0,69914	0,62057	0,7679
1926	0,7512	0,72218	0,69997	0,62188	0,7658
1927	0,7464	0,71792	0,69439	0,61622	0,75831
1928	0,7451	0,72036	0,69389	0,61647	0,76162
1929	0,742	0,72152	0,69514	0,61713	0,76306
1930	0,7403	0,72309	0,69677	0,61955	0,76239
1931	0,7399	0,72416	0,69578	0,62069	0,76064
1932	0,7374	0,72424	0,69558	0,61937	0,75746
1933	0,7368	0,72475	0,69426	0,62126	0,75798
1934	0,7369	0,72434	0,69466	0,62064	0,75646
1935	0,7391	0,72075	0,69805	0,61808	0,7571
1936	0,7417	0,71989	0,69806	0,61962	0,7593
1937	0,7434	0,72091	0,69407	0,61608	0,76019
1938	0,7428	0,72247	0,6962	0,61513	0,76464
1939	0,7458	0,7189	0,69417	0,61497	0,76013
1940	0,7491	0,71872	0,69639	0,61273	0,76007
1941	0,7518	0,71408	0,69534	0,61224	0,75994
1942	0,7547	0,71408	0,69657	0,61336	0,76202
1943	0,7545	0,71296	0,69599	0,61334	0,76533
1944	0,7518	0,71054	0,69594	0,61048	0,76504
1945	0,7512	0,71153	0,69591	0,61191	0,76667
1946	0,7466	0,71074	0,69346	0,61257	0,76515
1947	0,7396	0,71099	0,69322	0,612	0,76153

Ek 3.'ün devamı

1948	0,7372	0,71273	0,69621	0,61351	0,76247
1949	0,742	0,71334	0,69753	0,61956	0,7625
1950	0,7403	0,71572	0,69808	0,62032	0,76071
1951	0,7387	0,71276	0,696	0,62034	0,76017
1952	0,7394	0,7161	0,69794	0,61895	0,76277
1953	0,7364	0,71684	0,69917	0,61935	0,76256
1954	0,7369	0,71781	0,69946	0,62079	0,76146
1955	0,7395	0,72281	0,69896	0,62074	0,76214
1956	0,7414	0,7221	0,70162	0,62111	0,76318
1957	0,7469	0,72482	0,70276	0,61761	0,76503
1958	0,7497	0,72319	0,7027	0,61743	0,76762
1959	0,7523	0,72592	0,70544	0,62002	0,76626
1960	0,7506	0,72602	0,70621	0,61838	0,7659
1961	0,7545	0,72937	0,71091	0,61808	0,76925
1962	0,7569	0,73023	0,7127	0,62211	0,77365
1963	0,7565	0,73118	0,71384	0,62498	0,77117
1964	0,7596	0,73393	0,71446	0,62611	0,77214
1965	0,765	0,73508	0,71744	0,62789	0,77416
1966	0,766	0,73349	0,71967	0,63167	0,77338
1967	0,7687	0,73693	0,72161	0,63519	0,7739
1968	0,7714	0,74209	0,725	0,64267	0,77633
1969	0,776	0,7465	0,72963	0,64727	0,7787
1970	0,7749	0,74743	0,73062	0,64823	0,78223
1971	0,7743	0,74804	0,73101	0,64821	0,78324
1972	0,7753	0,7481	0,73341	0,6518	0,78324
1973	0,7735	0,75038	0,73136	0,65142	0,78191
1974	0,7763	0,75547	0,73272	0,65474	0,78447
1975	0,7787	0,75413	0,73414	0,65574	0,78555
1976	0,7777	0,75382	0,73563	0,65461	0,78417
1977	0,7798	0,75645	0,73738	0,65532	0,7872
1978	0,7798	0,75507	0,73798	0,65676	0,78835
1979	0,7808	0,75419	0,73748	0,65606	0,78943
1980	0,781	0,75711	0,73655	0,65639	0,78979
1981	0,7809	0,75447	0,73583	0,65705	0,7891
1982	0,7878	0,75844	0,74168	0,66014	0,7914
1983	0,7894	0,76129	0,74447	0,65899	0,79333
1984	0,7931	0,76312	0,74963	0,65975	0,79483
1985	0,7924	0,76053	0,74972	0,65702	0,79289
1986	0,7923	0,76349	0,75375	0,65923	0,79341
1987	0,7949	0,76568	0,7528	0,6604	0,79497
1988	0,7943	0,76641	0,75531	0,66055	0,7932
1989	0,7948	0,76798	0,75578	0,65935	0,79126
1990	0,7937	0,76942	0,75955	0,66238	0,79136
1991	0,7951	0,76887	0,76006	0,66392	0,79107
1992	0,7986	0,77005	0,76179	0,66795	0,79334
1993	0,7963	0,77187	0,75855	0,66983	0,79415
1994	0,797	0,77334	0,75672	0,67165	0,79395
1995	0,797	0,77388	0,75658	0,67376	0,79361
1996	0,8024	0,77721	0,75986	0,67706	0,79699
1997	0,801	0,77394	0,75741	0,67613	0,79675
1998	0,801	0,77736	0,76072	0,67955	0,79913
1999	0,8072	0,78129	0,76023	0,68351	0,8034
2000	0,8059	0,78299	0,7611	0,68758	0,80557
2001	0,8058	0,78318	0,75717	0,68539	0,80499
2002	0,8027	0,77907	0,75827	0,68477	0,80357

Ek 3.'ün devamı

2003	0,8022	0,78051	0,75833	0,68297	0,80217
2004	0,8019	0,77868	0,76081	0,68316	0,80287
2005	0,7995	0,77537	0,75918	0,68141	0,80339
2006	0,7994	0,77654	0,76068	0,68252	0,80402
2007	0,7981	0,77558	0,76134	0,68523	0,80581
2008	0,7996	0,77813	0,76259	0,6848	0,80597
2009	0,8002	0,7795	0,7628	0,68599	0,8061
2010	0,7953	0,77818	0,76471	0,68518	0,80417
2011	0,7973	0,77926	0,76563	0,68227	0,80307
2012	0,8012	0,78246	0,77049	0,68506	0,80433
2013	0,8051	0,78328	0,77131	0,68729	0,80492
2014	0,8016	0,77919	0,76848	0,68696	0,80072
2015	0,8025	0,77947	0,76884	0,68829	0,80228
2016	0,8053	0,78277	0,76851	0,68932	0,80206
2017	0,8104	0,78385	0,76944	0,69088	0,80228
2018	0,8091	0,78458	0,76894	0,68959	0,80137
2019	0,8099	0,7854	0,76831	0,69136	0,79939
2020	0,8104	0,78287	0,76983	0,69239	0,79858
2021	0,8112	0,78016	0,77008	0,69227	0,80022
2022	0,8106	0,77573	0,76396	0,69166	0,80074
2023	0,8076	0,77363	0,76187	0,68915	0,80029
2024	0,8105	0,77558	0,76516	0,68925	0,80345
2025	0,8117	0,77799	0,76683	0,69028	0,80441
2026	0,81	0,78004	0,76584	0,68947	0,80088
2027	0,8077	0,77634	0,76473	0,69098	0,80231
2028	0,8048	0,77616	0,76471	0,68973	0,79955
2029	0,8076	0,77516	0,76887	0,69091	0,79791
2030	0,8094	0,7782	0,77123	0,69154	0,80058
2031	0,8076	0,77563	0,76723	0,68605	0,79752
2032	0,8044	0,77894	0,76456	0,6856	0,79166
2033	0,8071	0,78396	0,76996	0,68696	0,7918
2034	0,8059	0,78204	0,76996	0,68845	0,79058
2035	0,7998	0,78325	0,7639	0,68607	0,78191
2036	0,8039	0,78308	0,76349	0,68755	0,78564
2037	0,8055	0,78179	0,76299	0,68687	0,78327
2038	0,804	0,78325	0,76489	0,68738	0,77964
2039	0,8039	0,78203	0,75985	0,68642	0,77846
2040	0,7993	0,78111	0,75625	0,68376	0,7776
2041	0,7941	0,77491	0,75273	0,67686	0,7715
2042	0,7948	0,77561	0,75654	0,67752	0,77319
2043	0,7978	0,77442	0,75476	0,67738	0,77262
2044	0,7942	0,77016	0,75157	0,67544	0,77012
2045	0,7931	0,76617	0,7491	0,67299	0,76632
2046	0,794	0,76511	0,74816	0,67179	0,76854
2047	0,7905	0,76343	0,74816	0,66663	0,7635
2048	0,7888	0,76098	0,74876	0,66493	0,76355
2049	0,7884	0,76491	0,74911	0,66337	0,76547
2050	0,7851	0,76655	0,75026	0,65925	0,76525
2051	0,7859	0,76393	0,74773	0,65777	0,76184
2052	0,7875	0,76628	0,74758	0,66198	0,76402
2053	0,7848	0,76631	0,74297	0,65985	0,75846
2054	0,7835	0,76382	0,74486	0,65779	0,75901
2055	0,7829	0,7652	0,7475	0,65524	0,75778
2056	0,7831	0,76854	0,74845	0,65507	0,75751
2057	0,7821	0,76977	0,74893	0,65356	0,75555

Ek 3.'ün devamı

2058	0,7838	0,77264	0,75007	0,65407	0,75774
2059	0,7826	0,7729	0,74726	0,65035	0,75517
2060	0,7844	0,76935	0,74783	0,65167	0,75398
2061	0,7837	0,7632	0,74631	0,65235	0,75176
2062	0,785	0,76572	0,74827	0,65196	0,75333
2063	0,7891	0,76357	0,74752	0,64991	0,75302
2064	0,788	0,76013	0,74601	0,64954	0,75345
2065	0,7882	0,76105	0,74586	0,64958	0,75414
2066	0,7872	0,75954	0,74406	0,64855	0,75253
2067	0,7851	0,75785	0,74035	0,6442	0,75021
2068	0,7856	0,75568	0,7396	0,64435	0,74977
2069	0,7842	0,75502	0,73767	0,64408	0,74706
2070	0,7866	0,75452	0,7381	0,64562	0,74721
2071	0,7869	0,75489	0,73657	0,64565	0,74744
2072	0,788	0,7586	0,73663	0,64439	0,74737
2073	0,7854	0,75756	0,73393	0,64343	0,74432
2074	0,7783	0,75762	0,73189	0,64173	0,74054
2075	0,781	0,7606	0,73289	0,64426	0,74
2076	0,7799	0,7603	0,73098	0,64488	0,73744
2077	0,7801	0,75873	0,73014	0,64528	0,73511
2078	0,7783	0,75889	0,73124	0,64561	0,73284
2079	0,7779	0,75793	0,73467	0,64475	0,73315
2080	0,777	0,75706	0,73454	0,64509	0,73186
2081	0,7747	0,75637	0,73445	0,64573	0,72973
2082	0,7704	0,75482	0,73091	0,64057	0,7249
2083	0,7682	0,75355	0,73024	0,64072	0,7255
2084	0,7672	0,75371	0,7319	0,64245	0,72652
2085	0,7685	0,75324	0,73024	0,64102	0,72878
2086	0,7649	0,75244	0,7319	0,63694	0,72917
2087	0,7658	0,753	0,73076	0,63302	0,7285
2088	0,767	0,75853	0,73294	0,63512	0,73214
2089	0,7691	0,75905	0,73319	0,63597	0,73516
2090	0,768	0,7604	0,73198	0,63627	0,73628
2091	0,7672	0,76038	0,73424	0,63756	0,73802
2092	0,7678	0,76344	0,73635	0,63586	0,74063
2093	0,769	0,76123	0,73702	0,63903	0,74216
2094	0,7703	0,76401	0,73979	0,64065	0,74662
2095	0,7708	0,76256	0,73561	0,63809	0,7456
2096	0,7688	0,76321	0,73949	0,64047	0,745
2097	0,7696	0,76367	0,73931	0,6429	0,74379
2098	0,7685	0,76007	0,73888	0,64522	0,74545
2099	0,7675	0,7562	0,73616	0,64326	0,74274
2100	0,77	0,7574	0,73847	0,6442	0,74323
2101	0,7709	0,75649	0,73663	0,64468	0,74269
2102	0,7716	0,75276	0,73538	0,64201	0,74185
2103	0,7696	0,74853	0,73391	0,63965	0,7392
2104	0,7708	0,75121	0,7349	0,64013	0,73692
2105	0,7702	0,74532	0,7331	0,63737	0,72919
2106	0,7718	0,74842	0,73659	0,63857	0,73014
2107	0,7731	0,7471	0,73389	0,63712	0,72842
2108	0,7734	0,7459	0,73405	0,63431	0,73044
2109	0,7737	0,75009	0,73876	0,63431	0,73093
2110	0,7725	0,74904	0,73709	0,63548	0,73265
2111	0,771	0,74704	0,73669	0,63409	0,73042
2112	0,7683	0,748	0,7371	0,63092	0,73061

Ek 3.'ün devamı

2113	0,7673	0,75129	0,73605	0,63223	0,73073
2114	0,7694	0,75328	0,73595	0,63474	0,73136
2115	0,7678	0,75224	0,73559	0,63203	0,73179
2116	0,77	0,75647	0,73679	0,63379	0,73477
2117	0,7671	0,75247	0,73477	0,6298	0,72963
2118	0,7683	0,75265	0,73756	0,62994	0,72985
2119	0,7719	0,75266	0,73875	0,6335	0,72994
2120	0,7719	0,75048	0,73677	0,63147	0,72876
2121	0,7695	0,75137	0,73822	0,6288	0,72611
2122	0,7666	0,75183	0,73486	0,62873	0,72668
2123	0,7678	0,74997	0,73417	0,63108	0,72403
2124	0,7676	0,75203	0,73406	0,63111	0,72102
2125	0,7672	0,75506	0,7344	0,63297	0,72151
2126	0,7692	0,75491	0,73464	0,63156	0,7212
2127	0,7648	0,7516	0,7359	0,63109	0,71982
2128	0,7651	0,75317	0,7386	0,63619	0,72341
2129	0,764	0,75472	0,73987	0,63882	0,72542
2130	0,7618	0,75642	0,74055	0,63864	0,72568
2131	0,7639	0,75907	0,74136	0,64015	0,72598
2132	0,7694	0,76097	0,7416	0,64357	0,72989
2133	0,7742	0,7614	0,74493	0,64714	0,73115
2134	0,7779	0,76462	0,74701	0,65183	0,73277
2135	0,7819	0,766	0,74842	0,65203	0,73568
2136	0,7825	0,76329	0,74952	0,65162	0,73714
2137	0,7815	0,76337	0,75239	0,65457	0,74012
2138	0,782	0,7671	0,75137	0,65859	0,74225
2139	0,7837	0,76927	0,7518	0,6581	0,74505
2140	0,7842	0,77262	0,75134	0,66153	0,74783
2141	0,7848	0,77246	0,74908	0,66161	0,74692
2142	0,7873	0,77346	0,75005	0,66489	0,74655
2143	0,7865	0,77133	0,75018	0,66703	0,74589
2144	0,7847	0,77151	0,75039	0,66667	0,74816
2145	0,7858	0,77503	0,75294	0,66749	0,75133
2146	0,7812	0,77108	0,75195	0,66985	0,7501
2147	0,7822	0,772	0,74978	0,66846	0,75181
2148	0,7847	0,77645	0,74589	0,6708	0,75244
2149	0,7908	0,77444	0,74502	0,66963	0,7506
2150	0,7959	0,77597	0,74843	0,67252	0,75231
2151	0,7956	0,77358	0,7505	0,66676	0,74935
2152	0,7961	0,77619	0,74937	0,66935	0,74961
2153	0,7926	0,77519	0,74832	0,66584	0,74892
2154	0,7917	0,78101	0,75402	0,66609	0,75009
2155	0,7933	0,7832	0,75602	0,66596	0,74952
2156	0,7913	0,77898	0,75413	0,66167	0,74861
2157	0,7938	0,78547	0,75766	0,66265	0,75416
2158	0,7956	0,7864	0,7614	0,66659	0,75374
2159	0,797	0,78812	0,76921	0,66868	0,75672
2160	0,7978	0,79436	0,77512	0,66957	0,7609
2161	0,7967	0,79726	0,77385	0,6695	0,76111
2162	0,8001	0,79926	0,77387	0,67485	0,76285
2163	0,8011	0,79864	0,78045	0,67741	0,76371
2164	0,8041	0,79922	0,78699	0,68379	0,76862
2165	0,8053	0,79564	0,78293	0,68108	0,765
2166	0,8036	0,79621	0,78464	0,68195	0,76508
2167	0,8033	0,80013	0,78657	0,68339	0,76643

Ek 3.'ün devamı

2168	0,8077	0,79882	0,78546	0,68485	0,76569
2169	0,8092	0,80258	0,78698	0,68725	0,76761
2170	0,8059	0,79953	0,78459	0,68475	0,76415
2171	0,8024	0,7986	0,78101	0,68219	0,76276
2172	0,8009	0,79477	0,78049	0,6812	0,76339
2173	0,7994	0,79866	0,78426	0,68078	0,76246
2174	0,8053	0,80173	0,78337	0,68081	0,76417
2175	0,8035	0,80239	0,77556	0,67972	0,76335
2176	0,8033	0,80707	0,77916	0,68133	0,76917
2177	0,8061	0,80927	0,77952	0,6842	0,77114
2178	0,8056	0,80905	0,77913	0,68371	0,76935
2179	0,802	0,809	0,78199	0,68227	0,76948
2180	0,7997	0,80654	0,78003	0,67767	0,76671
2181	0,8051	0,80762	0,78069	0,6798	0,7689
2182	0,8105	0,81215	0,77993	0,68444	0,77233
2183	0,8082	0,81228	0,77939	0,68559	0,76852
2184	0,8089	0,80934	0,77594	0,68517	0,77021
2185	0,8057	0,80652	0,77408	0,68365	0,76834
2186	0,8066	0,80828	0,78038	0,68432	0,76757
2187	0,8082	0,80417	0,77705	0,68571	0,76455
2188	0,8115	0,80604	0,7769	0,68546	0,76064
2189	0,8175	0,80984	0,78203	0,68805	0,76148
2190	0,821	0,81415	0,78116	0,68969	0,76269
2191	0,8218	0,81791	0,78136	0,69374	0,76823
2192	0,8202	0,81966	0,78554	0,69686	0,76813
2193	0,82	0,81659	0,79144	0,69825	0,77123
2194	0,8241	0,82146	0,7948	0,69998	0,77343
2195	0,8244	0,82178	0,79385	0,70191	0,77226
2196	0,8212	0,82072	0,795	0,70191	0,77406
2197	0,8228	0,81889	0,79254	0,70268	0,77799
2198	0,8259	0,81966	0,79859	0,70394	0,77935
2199	0,8256	0,81993	0,79894	0,70297	0,78227
2200	0,8219	0,81814	0,79917	0,70451	0,78751
2201	0,8227	0,81518	0,7984	0,6989	0,78727
2202	0,8258	0,81631	0,80088	0,69929	0,78783
2203	0,8284	0,81387	0,79641	0,69627	0,78708
2204	0,8293	0,81022	0,79435	0,69407	0,78164
2205	0,8274	0,80597	0,79173	0,69317	0,78497
2206	0,8328	0,80513	0,79939	0,69356	0,78634
2207	0,8362	0,80875	0,80321	0,69531	0,78701
2208	0,8345	0,81136	0,80181	0,69281	0,78455
2209	0,8303	0,81429	0,79914	0,69344	0,78518
2210	0,8273	0,8109	0,79568	0,69608	0,7862
2211	0,8314	0,8139	0,79449	0,70391	0,78746
2212	0,8283	0,81406	0,79632	0,70877	0,78479
2213	0,8277	0,81188	0,79762	0,71106	0,78435
2214	0,8204	0,80811	0,79782	0,70843	0,78437
2215	0,8212	0,81276	0,79885	0,71013	0,78824
2216	0,8231	0,81786	0,80256	0,7158	0,78681
2217	0,8171	0,81591	0,79838	0,71364	0,79068
2218	0,8139	0,81681	0,79683	0,71215	0,79479
2219	0,8138	0,81443	0,79975	0,71101	0,79477
2220	0,8217	0,8195	0,80586	0,71331	0,79656
2221	0,8248	0,82068	0,80954	0,71615	0,79645
2222	0,8226	0,81496	0,80826	0,70788	0,79195

Ek 3.'ün devamı

2223	0,8235	0,81522	0,80581	0,70887	0,79238
2224	0,827	0,81554	0,804	0,70656	0,78844
2225	0,8339	0,82069	0,8046	0,70867	0,78805
2226	0,8281	0,81833	0,80619	0,70714	0,78341
2227	0,8269	0,81623	0,80459	0,70352	0,78358
2228	0,8309	0,82031	0,80253	0,70648	0,77986
2229	0,8372	0,82177	0,80374	0,70921	0,77978
2230	0,8351	0,82126	0,80304	0,71257	0,77734
2231	0,829	0,81814	0,79733	0,70994	0,77516
2232	0,8309	0,81944	0,79879	0,70574	0,77601
2233	0,8284	0,81995	0,79789	0,70517	0,76996
2234	0,8309	0,82028	0,80025	0,70484	0,77135
2235	0,8262	0,81809	0,7977	0,70385	0,77444
2236	0,8201	0,8153	0,79672	0,70444	0,77326
2237	0,824	0,81589	0,79352	0,7039	0,77303
2238	0,8261	0,81674	0,79247	0,7036	0,77444
2239	0,8246	0,81403	0,78846	0,70071	0,77508
2240	0,8207	0,81331	0,78868	0,69928	0,77216
2241	0,8207	0,81496	0,78995	0,69613	0,76958
2242	0,8224	0,81411	0,79124	0,69936	0,77048
2243	0,821	0,81627	0,79012	0,70068	0,76815
2244	0,8216	0,8136	0,78807	0,69979	0,77176
2245	0,8198	0,81136	0,78441	0,70359	0,769
2246	0,8233	0,81477	0,79029	0,70369	0,76724
2247	0,8292	0,81883	0,79159	0,70713	0,77055
2248	0,8275	0,81744	0,79159	0,70779	0,76952
2249	0,8256	0,81698	0,79375	0,70642	0,77047
2250	0,8276	0,82467	0,79928	0,71054	0,7732
2251	0,8268	0,82413	0,79655	0,7086	0,77111
2252	0,8307	0,82086	0,79455	0,70951	0,77313
2253	0,8286	0,81672	0,79109	0,70332	0,76966
2254	0,8258	0,8116	0,79065	0,70147	0,7715
2255	0,8285	0,81196	0,79221	0,70403	0,77077
2256	0,8293	0,8169	0,79175	0,70054	0,77382
2257	0,8209	0,80971	0,78293	0,69388	0,7704
2258	0,8191	0,80961	0,78346	0,68939	0,77175
2259	0,8178	0,81327	0,78123	0,6896	0,77516
2260	0,818	0,80894	0,77537	0,68625	0,77329
2261	0,8153	0,80277	0,7728	0,68426	0,77245
2262	0,8131	0,79803	0,76896	0,68177	0,77133
2263	0,8108	0,79858	0,76669	0,67986	0,77027
2264	0,8072	0,79792	0,76533	0,6785	0,77202
2265	0,8031	0,79592	0,76155	0,67404	0,77063
2266	0,7978	0,79422	0,75582	0,66521	0,76663
2267	0,7901	0,78503	0,754	0,65915	0,75925
2268	0,7936	0,78839	0,7569	0,66209	0,76007
2269	0,7884	0,78109	0,75027	0,65896	0,75219
2270	0,7844	0,77259	0,74841	0,65365	0,74704
2271	0,7785	0,77012	0,74801	0,65243	0,73867
2272	0,7755	0,76639	0,746	0,6486	0,73356
2273	0,7731	0,7656	0,74497	0,64641	0,73226
2274	0,7703	0,7615	0,73943	0,64548	0,73114
2275	0,7719	0,7587	0,73748	0,64471	0,72781
2276	0,7709	0,75654	0,7358	0,6432	0,72121
2277	0,7714	0,75712	0,73891	0,64794	0,72379

Ek 3.'ün devamı

2278	0,7727	0,75834	0,74003	0,64975	0,7289
2279	0,767	0,75099	0,73574	0,64857	0,72602
2280	0,7657	0,755	0,73596	0,64944	0,7278
2281	0,7668	0,75524	0,73544	0,6493	0,72605
2282	0,7731	0,75977	0,73949	0,6487	0,73339
2283	0,7673	0,75959	0,73732	0,64567	0,72895
2284	0,7645	0,7614	0,73879	0,64266	0,72925
2285	0,7627	0,76502	0,74402	0,64053	0,72645
2286	0,7575	0,76655	0,74126	0,63998	0,72452
2287	0,756	0,76664	0,73881	0,64082	0,72514
2288	0,7523	0,76526	0,73587	0,63868	0,72494
2289	0,7539	0,76632	0,73502	0,63533	0,72153
2290	0,7586	0,77081	0,74162	0,63573	0,7191
2291	0,7598	0,76893	0,74717	0,6345	0,72004
2292	0,7629	0,77601	0,74632	0,63714	0,7249
2293	0,7568	0,77331	0,74451	0,63664	0,71952
2294	0,7628	0,77264	0,74613	0,64131	0,72364
2295	0,7688	0,76932	0,74678	0,65048	0,72334
2296	0,7743	0,76934	0,74901	0,65308	0,72641
2297	0,7717	0,76724	0,75018	0,65184	0,72771
2298	0,7749	0,76728	0,75592	0,65469	0,73276
2299	0,7786	0,77176	0,75796	0,65556	0,73062
2300	0,7806	0,77177	0,75606	0,65684	0,73441
2301	0,778	0,7723	0,75148	0,66081	0,73947
2302	0,7791	0,77268	0,74539	0,6594	0,73532
2303	0,7757	0,76619	0,74602	0,66106	0,73301
2304	0,778	0,76889	0,74416	0,6628	0,73655
2305	0,7776	0,76924	0,74336	0,66106	0,73416
2306	0,7745	0,7703	0,74429	0,65613	0,73606
2307	0,7718	0,76788	0,73774	0,65525	0,73434
2308	0,7763	0,76915	0,73976	0,65627	0,73385
2309	0,7801	0,77548	0,7411	0,65695	0,73494
2310	0,7815	0,77605	0,7462	0,66027	0,73954
2311	0,7788	0,77012	0,74494	0,6592	0,73241
2312	0,778	0,76957	0,74029	0,65159	0,72765
2313	0,7773	0,76628	0,74165	0,65439	0,73383
2314	0,7818	0,7675	0,74542	0,65304	0,73736
2315	0,7807	0,7665	0,74228	0,65578	0,73672
2316	0,7829	0,76914	0,74494	0,65657	0,74304
2317	0,7848	0,76952	0,74374	0,65448	0,74097
2318	0,7818	0,77185	0,7464	0,65193	0,74303
2319	0,7863	0,77432	0,74605	0,65121	0,74942
2320	0,7829	0,77114	0,74055	0,64603	0,74775
2321	0,7801	0,76813	0,73231	0,6419	0,74439
2322	0,7793	0,77362	0,7351	0,64377	0,74854
2323	0,7858	0,77166	0,73929	0,64661	0,75176
2324	0,7903	0,77167	0,73731	0,64341	0,74921
2325	0,7873	0,77165	0,73499	0,64379	0,74417
2326	0,7892	0,76809	0,739	0,63887	0,74532
2327	0,7932	0,76225	0,73427	0,63684	0,74596
2328	0,7932	0,76164	0,73325	0,63807	0,74797
2329	0,7968	0,76491	0,73685	0,64072	0,75024
2330	0,7921	0,76112	0,7371	0,63885	0,7469
2331	0,7919	0,75745	0,73736	0,63898	0,74192
2332	0,7918	0,75627	0,73957	0,6371	0,74652

Ek 3.'ün devamı

2333	0,7961	0,75767	0,73925	0,63756	0,74503
2334	0,793	0,76088	0,74098	0,64007	0,74627
2335	0,792	0,76323	0,74632	0,64133	0,74628
2336	0,7929	0,77019	0,74575	0,64444	0,75306
2337	0,7904	0,77065	0,74245	0,64587	0,74641
2338	0,7856	0,77351	0,74311	0,64781	0,74209
2339	0,7842	0,77247	0,74488	0,64854	0,73982
2340	0,7851	0,76333	0,73734	0,64551	0,73644
2341	0,7843	0,76321	0,73837	0,64742	0,73707
2342	0,7809	0,76064	0,73463	0,64835	0,74259
2343	0,7807	0,76348	0,73731	0,65043	0,73916
2344	0,7755	0,75781	0,73624	0,65195	0,73914
2345	0,7756	0,75898	0,72998	0,65283	0,73642
2346	0,7739	0,76086	0,72589	0,658	0,73988
2347	0,7669	0,74996	0,7216	0,65007	0,73217
2348	0,7703	0,75269	0,72495	0,6479	0,73433
2349	0,7644	0,74672	0,72275	0,64102	0,73016
2350	0,7671	0,75077	0,71462	0,64145	0,73161
2351	0,7606	0,75674	0,71795	0,64736	0,73109
2352	0,7694	0,76342	0,71539	0,64724	0,73289
2353	0,7728	0,76748	0,71874	0,64668	0,72943
2354	0,778	0,76507	0,71891	0,64429	0,73328
2355	0,7831	0,77345	0,71937	0,64374	0,73589
2356	0,7817	0,77004	0,72209	0,63994	0,73786
2357	0,7785	0,76687	0,72197	0,63685	0,73193
2358	0,7816	0,77118	0,72424	0,63962	0,73617
2359	0,7767	0,76969	0,71968	0,63895	0,73724
2360	0,7774	0,7722	0,718	0,64343	0,73458
2361	0,7716	0,77119	0,71585	0,63517	0,72544
2362	0,7821	0,77062	0,71984	0,64006	0,72925
2363	0,7722	0,76306	0,72047	0,64185	0,72527
2364	0,7707	0,76542	0,72211	0,64646	0,73181
2365	0,7633	0,76518	0,72272	0,64557	0,72855
2366	0,7597	0,75966	0,72176	0,64019	0,72636
2367	0,7548	0,75834	0,72112	0,64469	0,72189
2368	0,7542	0,75482	0,72397	0,64445	0,71895
2369	0,7552	0,75253	0,72678	0,64236	0,72009
2370	0,7567	0,74349	0,72482	0,64441	0,72228
2371	0,7673	0,74538	0,73716	0,64858	0,73504
2372	0,7693	0,74132	0,74344	0,65644	0,74138
2373	0,7646	0,74171	0,73894	0,65048	0,74232
2374	0,7726	0,7508	0,75335	0,65955	0,75171
2375	0,7775	0,74783	0,75462	0,65606	0,74752
2376	0,7795	0,74614	0,74746	0,65829	0,75154
2377	0,7778	0,75328	0,75244	0,66386	0,75758
2378	0,7834	0,75528	0,75289	0,66253	0,76011
2379	0,7819	0,76021	0,74809	0,66065	0,76219
2380	0,7854	0,76185	0,74647	0,66047	0,75654
2381	0,7871	0,77349	0,74754	0,66325	0,75649
2382	0,7802	0,77447	0,7389	0,65756	0,74925
2383	0,7783	0,77583	0,74373	0,65757	0,75151
2384	0,7831	0,78539	0,74744	0,65384	0,75404
2385	0,7791	0,77404	0,72884	0,64107	0,74835
2386	0,7775	0,77855	0,72591	0,63934	0,75064
2387	0,7797	0,785	0,7341	0,64257	0,75223

Ek 3.'ün devamı

2388	0,7799	0,78099	0,73735	0,64616	0,75244
2389	0,7688	0,7781	0,73313	0,64039	0,74978
2390	0,7783	0,78264	0,73875	0,64722	0,75955
2391	0,768	0,78023	0,73637	0,64879	0,7595
2392	0,7714	0,77864	0,74748	0,64758	0,76224
2393	0,7667	0,77207	0,74174	0,64199	0,75725
2394	0,7697	0,76987	0,73121	0,6408	0,75831
2395	0,76	0,74994	0,72391	0,64179	0,75113
2396	0,7638	0,7546	0,72769	0,64379	0,74784
2397	0,7656	0,75678	0,72621	0,65387	0,74953
2398	0,7599	0,75099	0,72215	0,65238	0,7437
2399	0,7551	0,74555	0,71191	0,64515	0,73988
2400	0,7622	0,74521	0,71937	0,65475	0,74497
2401	0,756	0,73997	0,7186	0,64643	0,73628
2402	0,7649	0,74409	0,71899	0,64555	0,73916
2403	0,7644	0,74904	0,70407	0,64805	0,73502
2404	0,7785	0,7563	0,70609	0,65267	0,73655
2405	0,7814	0,75345	0,71747	0,64985	0,73879
2406	0,7858	0,75968	0,72081	0,6507	0,75399
2407	0,7745	0,75716	0,7157	0,64764	0,75323
2408	0,7709	0,75	0,72264	0,64171	0,75306
2409	0,7749	0,74428	0,7175	0,63224	0,74685
2410	0,7825	0,74149	0,7226	0,62699	0,75203
2411	0,7775	0,74268	0,72206	0,61732	0,74834
2412	0,7697	0,74119	0,72437	0,61403	0,74485
2413	0,7708	0,73787	0,73248	0,61512	0,7476
2414	0,766	0,72903	0,74236	0,60507	0,74448
2415	0,7625	0,72815	0,74635	0,6107	0,76179
2416	0,7581	0,74015	0,74673	0,61949	0,75449
2417	0,7502	0,74136	0,74865	0,61619	0,73424
2418	0,7612	0,74619	0,7518	0,6234	0,73654
2419	0,7599	0,74045	0,74542	0,6216	0,73435
2420	0,7547	0,75114	0,75068	0,6283	0,74236
2421	0,7505	0,75218	0,74699	0,63281	0,73878
2422	0,7494	0,74596	0,73641	0,63325	0,73355
2423	0,7496	0,74281	0,73469	0,63465	0,7364
2424	0,7428	0,7391	0,72577	0,63221	0,72529
2425	0,7414	0,73905	0,7212	0,63556	0,73126
2426	0,7324	0,73369	0,72376	0,62364	0,71894
2427	0,733	0,72289	0,71778	0,6155	0,71571
2428	0,7384	0,72685	0,71072	0,61527	0,71821
2429	0,7333	0,71827	0,70818	0,60943	0,71963
2430	0,724	0,72127	0,70658	0,59959	0,7045
2431	0,7162	0,70879	0,69159	0,58499	0,70173
2432	0,7194	0,70562	0,68548	0,57822	0,69965
2433	0,7226	0,69967	0,69314	0,57563	0,69884
2434	0,7258	0,7059	0,68637	0,56987	0,70214
2435	0,732	0,70841	0,68366	0,56584	0,70527
2436	0,7294	0,71051	0,67734	0,56939	0,70416
2437	0,7327	0,71675	0,68033	0,58531	0,71021
2438	0,7298	0,71385	0,6792	0,57537	0,71315
2439	0,7292	0,70138	0,68059	0,56861	0,71822
2440	0,723	0,70097	0,67877	0,56823	0,72043
2441	0,7302	0,69384	0,67828	0,57156	0,72114
2442	0,7401	0,70016	0,69198	0,57541	0,72226

Ek 3.'ün devamı

2443	0,7301	0,69945	0,68664	0,57999	0,71015
2444	0,7431	0,71113	0,69106	0,59135	0,73131
2445	0,7471	0,7083	0,70058	0,59997	0,73716
2446	0,739	0,70271	0,69942	0,59442	0,73281
2447	0,7418	0,70149	0,70319	0,59056	0,7261
2448	0,7331	0,69868	0,68834	0,5783	0,71633
2449	0,736	0,70974	0,68451	0,58406	0,72511
2450	0,7213	0,70466	0,6838	0,57927	0,70942
2451	0,7266	0,70979	0,68021	0,5765	0,70081
2452	0,7313	0,71587	0,68501	0,57658	0,70777
2453	0,7344	0,71099	0,68445	0,5834	0,7072
2454	0,7432	0,71394	0,69014	0,57665	0,71824
2455	0,7289	0,70613	0,67944	0,56236	0,70112
2456	0,7189	0,69443	0,6636	0,55106	0,68589
2457	0,7141	0,69033	0,65993	0,54526	0,69383
2458	0,7223	0,68225	0,66177	0,54355	0,69642
2459	0,7218	0,67908	0,66005	0,5365	0,68755
2460	0,7196	0,66443	0,65638	0,53132	0,6881
2461	0,7352	0,67907	0,66053	0,53186	0,69639
2462	0,7358	0,674	0,65809	0,52345	0,68755
2463	0,7288	0,65914	0,65124	0,52071	0,68999
2464	0,73	0,66614	0,64255	0,51481	0,67853
2465	0,719	0,66539	0,63681	0,51257	0,66606
2466	0,721	0,66567	0,64109	0,50367	0,67707
2467	0,7231	0,65832	0,62734	0,50863	0,67933
2468	0,7315	0,66501	0,63477	0,526	0,67705
2469	0,7154	0,66199	0,62376	0,51709	0,66681
2470	0,7164	0,66487	0,62857	0,52538	0,6799
2471	0,7113	0,67271	0,63104	0,53023	0,67878
2472	0,7024	0,64707	0,61701	0,52943	0,66246
2473	0,7058	0,64269	0,61916	0,53037	0,67065
2474	0,6921	0,65131	0,60628	0,52759	0,6602
2475	0,6769	0,64038	0,5943	0,52492	0,66734
2476	0,6828	0,62488	0,59515	0,517	0,66956
2477	0,6697	0,62616	0,58387	0,51432	0,64738
2478	0,6634	0,6402	0,5977	0,50777	0,63866
2479	0,649	0,62412	0,58542	0,49679	0,63529
2480	0,6416	0,62102	0,58374	0,49063	0,63341
2481	0,6308	0,61425	0,5745	0,47496	0,61971
2482	0,646	0,61656	0,57429	0,47186	0,61979
2483	0,6533	0,6346	0,57478	0,46921	0,6293
2484	0,6369	0,6334	0,56613	0,48172	0,6225
2485	0,638	0,63212	0,55272	0,48323	0,62083
2486	0,6378	0,633	0,56294	0,48969	0,61068
2487	0,6408	0,64341	0,55873	0,50168	0,60968
2488	0,6349	0,62954	0,55458	0,50558	0,61869
2489	0,6445	0,62607	0,56538	0,49849	0,63124
2490	0,6563	0,63513	0,56416	0,4864	0,63065
2491	0,6525	0,63594	0,56113	0,49184	0,62884
2492	0,6556	0,64086	0,57109	0,50575	0,63135
2493	0,6387	0,62438	0,56356	0,49435	0,61268
2494	0,6211	0,62115	0,56365	0,49524	0,61643
2495	0,6062	0,61753	0,56741	0,47582	0,62182
2496	0,5945	0,61388	0,58414	0,46593	0,63124
2497	0,5792	0,6075	0,57998	0,45321	0,6404

Ek 3.'ün devamı

2498	0,5532	0,60248	0,58185	0,44197	0,64656
2499	0,5475	0,60868	0,5852	0,43784	0,64786
2500	0,5229	0,60238	0,56826	0,43748	0,64438
YANSIMA (r) (0-1)					
Dalga boyu (nm)	BF-35G	BF-35GZ	BF-35GZ-bl	BF-35GZ-br	BF-35GZ-pc
300	0,0512	0,04938	0,04876	0,0479	0,05171
301	0,0513	0,04942	0,04882	0,04793	0,05176
302	0,0514	0,04943	0,04878	0,04795	0,05182
303	0,0516	0,04954	0,04877	0,04793	0,05183
304	0,0517	0,04957	0,04885	0,0479	0,05178
305	0,0519	0,04964	0,04889	0,04787	0,0518
306	0,052	0,04971	0,04887	0,04785	0,05184
307	0,0521	0,04982	0,04891	0,04784	0,05185
308	0,0522	0,04995	0,04896	0,04783	0,05183
309	0,0525	0,05004	0,04895	0,04788	0,05189
310	0,0528	0,05003	0,04902	0,04786	0,05203
311	0,0529	0,05013	0,04898	0,04787	0,052
312	0,0531	0,05027	0,04901	0,04798	0,05197
313	0,0533	0,05021	0,04905	0,04799	0,05207
314	0,0534	0,05026	0,04904	0,0479	0,05218
315	0,0535	0,05039	0,04907	0,04796	0,05212
316	0,0537	0,05043	0,04916	0,04789	0,05207
317	0,0538	0,05046	0,04921	0,04774	0,05216
318	0,054	0,05057	0,04923	0,04773	0,05205
319	0,0542	0,05063	0,04929	0,04774	0,05186
320	0,0544	0,05061	0,04926	0,0477	0,05175
321	0,0545	0,05066	0,0493	0,04776	0,05181
322	0,0547	0,05068	0,0493	0,04775	0,05173
323	0,0549	0,05072	0,04927	0,04772	0,05181
324	0,0551	0,05078	0,04929	0,04783	0,05194
325	0,0552	0,05088	0,04927	0,04782	0,05197
326	0,0554	0,05086	0,04917	0,04775	0,05188
327	0,0556	0,05082	0,04917	0,04777	0,05184
328	0,0557	0,05088	0,04918	0,04773	0,05175
329	0,0558	0,05087	0,04915	0,04766	0,05169
330	0,056	0,05092	0,04921	0,04765	0,05166
331	0,0562	0,051	0,04928	0,04762	0,05171
332	0,0563	0,05109	0,04933	0,04755	0,0517
333	0,0564	0,05107	0,04938	0,04755	0,0518
334	0,0566	0,05114	0,04941	0,04744	0,05173
335	0,0566	0,0511	0,04932	0,04741	0,05171
336	0,0568	0,05112	0,04928	0,04738	0,05165
337	0,057	0,05114	0,04924	0,04734	0,0516
338	0,0571	0,05122	0,04923	0,04731	0,05152
339	0,0573	0,05125	0,04926	0,0473	0,05153
340	0,0575	0,05126	0,04932	0,04723	0,05154
341	0,0576	0,05126	0,04932	0,0473	0,05152
342	0,0578	0,05132	0,04934	0,04735	0,05154
343	0,0579	0,05126	0,0493	0,04733	0,05151
344	0,0581	0,0513	0,04928	0,04733	0,05152
345	0,0582	0,05134	0,04928	0,04733	0,05152
346	0,0584	0,05143	0,0493	0,04727	0,05153
347	0,0586	0,05149	0,04928	0,04731	0,05155
348	0,0588	0,05162	0,04933	0,04735	0,05159
349	0,0589	0,05163	0,04931	0,04733	0,05161

Ek 3.'ün devamı

350	0,0591	0,05173	0,04932	0,04741	0,05159
351	0,0592	0,05169	0,04936	0,04738	0,05157
352	0,0593	0,05171	0,04941	0,04727	0,05152
353	0,0594	0,05166	0,0494	0,04729	0,05152
354	0,0595	0,05169	0,04945	0,04725	0,05149
355	0,0596	0,05169	0,04945	0,04718	0,05151
356	0,0599	0,05177	0,04951	0,04725	0,05152
357	0,06	0,05182	0,04952	0,04734	0,05159
358	0,0601	0,05189	0,04951	0,04729	0,05156
359	0,0603	0,05196	0,0496	0,04739	0,05159
360	0,0605	0,05208	0,04968	0,04743	0,05162
361	0,0606	0,05217	0,04971	0,04745	0,0517
362	0,0608	0,05226	0,04981	0,0475	0,05174
363	0,061	0,0524	0,04995	0,04762	0,05181
364	0,0611	0,05258	0,05009	0,04768	0,05191
365	0,0612	0,05276	0,05026	0,04781	0,05202
366	0,0614	0,053	0,05054	0,04793	0,05227
367	0,0615	0,05328	0,05085	0,04811	0,05251
368	0,0616	0,05365	0,0513	0,04828	0,05296
369	0,0618	0,05413	0,05188	0,04856	0,05348
370	0,062	0,05482	0,0527	0,04895	0,05423
371	0,0621	0,0558	0,05381	0,04941	0,05509
372	0,0623	0,05712	0,05537	0,05007	0,05638
373	0,0625	0,05885	0,05743	0,05082	0,05795
374	0,0626	0,06098	0,05992	0,05183	0,05992
375	0,0628	0,06352	0,06298	0,05294	0,06225
376	0,063	0,0664	0,06653	0,05425	0,06499
377	0,0631	0,06967	0,07053	0,05556	0,06796
378	0,0633	0,07306	0,07481	0,05704	0,07113
379	0,0634	0,07645	0,07921	0,05832	0,0743
380	0,0635	0,07972	0,08351	0,05959	0,07731
381	0,0637	0,08266	0,08749	0,06073	0,08006
382	0,0639	0,08519	0,09103	0,06167	0,08246
383	0,064	0,08738	0,09403	0,06242	0,08443
384	0,0642	0,08911	0,09644	0,06304	0,086
385	0,0643	0,09043	0,0983	0,06338	0,08724
386	0,0644	0,09144	0,09977	0,06356	0,08815
387	0,0645	0,09215	0,1008	0,0637	0,08884
388	0,0646	0,09268	0,10147	0,06373	0,08939
389	0,0647	0,09295	0,10189	0,06365	0,08983
390	0,0649	0,09315	0,10231	0,0636	0,09014
391	0,0651	0,09323	0,10252	0,06353	0,09043
392	0,0652	0,09335	0,10264	0,06343	0,0907
393	0,0653	0,09337	0,10276	0,06339	0,09091
394	0,0654	0,09343	0,1029	0,06336	0,09115
395	0,0656	0,09347	0,10293	0,06332	0,09142
396	0,0657	0,0936	0,10298	0,06331	0,09168
397	0,0658	0,09364	0,10309	0,06332	0,09195
398	0,0659	0,09367	0,10318	0,06327	0,09227
399	0,0661	0,09378	0,10335	0,06331	0,09257
400	0,0662	0,09393	0,1035	0,06335	0,09303
401	0,0663	0,09402	0,10364	0,06334	0,09343
402	0,0664	0,09409	0,10376	0,06332	0,09385
403	0,0665	0,0942	0,10394	0,0633	0,09436
404	0,0666	0,0943	0,10395	0,0633	0,09488

Ek 3.'ün devamı

405	0,0667	0,09436	0,10406	0,06326	0,0954
406	0,0668	0,09443	0,10419	0,06333	0,09608
407	0,0668	0,09454	0,10429	0,06338	0,0968
408	0,0669	0,09469	0,10441	0,06342	0,09752
409	0,0671	0,09478	0,10461	0,06345	0,09826
410	0,0672	0,0949	0,10477	0,06356	0,09905
411	0,0672	0,09504	0,10486	0,06359	0,09982
412	0,0673	0,09512	0,10505	0,06362	0,10059
413	0,0674	0,09516	0,10515	0,06371	0,1015
414	0,0675	0,09527	0,10534	0,06377	0,1025
415	0,0676	0,09541	0,10554	0,0638	0,1035
416	0,0676	0,09548	0,10567	0,06388	0,1046
417	0,0678	0,09563	0,10572	0,06399	0,10575
418	0,0679	0,09577	0,10585	0,06407	0,10688
419	0,068	0,09589	0,10594	0,06419	0,1081
420	0,0681	0,09606	0,10604	0,06435	0,10937
421	0,0682	0,0962	0,10624	0,06446	0,11073
422	0,0683	0,09635	0,10645	0,0646	0,11212
423	0,0684	0,09647	0,10665	0,0647	0,11352
424	0,0685	0,09666	0,10684	0,06478	0,11492
425	0,0685	0,09668	0,10695	0,06489	0,11637
426	0,0686	0,09678	0,10713	0,06503	0,1177
427	0,0688	0,09689	0,10728	0,06519	0,1191
428	0,0689	0,097	0,10741	0,06535	0,1205
429	0,0689	0,0971	0,10751	0,06553	0,12187
430	0,069	0,0973	0,10769	0,06572	0,12314
431	0,0691	0,09741	0,10778	0,06588	0,12439
432	0,0691	0,09756	0,1079	0,06605	0,12555
433	0,0692	0,09763	0,10803	0,06628	0,12671
434	0,0692	0,09777	0,10818	0,06649	0,12777
435	0,0692	0,09788	0,10835	0,06672	0,12888
436	0,0693	0,09808	0,1085	0,06695	0,12988
437	0,0694	0,09819	0,10863	0,06717	0,13087
438	0,0694	0,09836	0,10883	0,06741	0,13181
439	0,0695	0,09848	0,10902	0,06769	0,13273
440	0,0696	0,09859	0,10913	0,06789	0,13348
441	0,0697	0,09871	0,10931	0,06813	0,13432
442	0,0697	0,09883	0,10947	0,06834	0,13503
443	0,0697	0,09899	0,10963	0,06857	0,13561
444	0,0698	0,09905	0,10974	0,06873	0,13617
445	0,0699	0,09917	0,1099	0,06891	0,13679
446	0,0699	0,0993	0,11004	0,06907	0,13728
447	0,0699	0,09938	0,11024	0,06926	0,13784
448	0,07	0,09949	0,11034	0,06941	0,1384
449	0,07	0,09966	0,11048	0,06958	0,13893
450	0,0701	0,0998	0,11061	0,06977	0,13942
451	0,0702	0,09993	0,11072	0,06993	0,1399
452	0,0702	0,10007	0,1108	0,07007	0,14033
453	0,0703	0,10018	0,11088	0,07018	0,14072
454	0,0704	0,10024	0,11099	0,07025	0,14112
455	0,0704	0,10031	0,11112	0,07034	0,14149
456	0,0705	0,10036	0,11123	0,07043	0,14187
457	0,0705	0,10044	0,11132	0,07051	0,14216
458	0,0706	0,1005	0,11142	0,07062	0,14251
459	0,0706	0,1006	0,11152	0,07077	0,14278

Ek 3.'ün devamı

460	0,0707	0,10071	0,11156	0,07085	0,14308
461	0,0707	0,10082	0,11165	0,07096	0,14334
462	0,0707	0,1009	0,11174	0,07107	0,14366
463	0,0708	0,10103	0,11182	0,07117	0,14397
464	0,0708	0,1011	0,11188	0,07128	0,14428
465	0,0708	0,1012	0,11193	0,0714	0,1445
466	0,0708	0,10129	0,11195	0,07147	0,14476
467	0,0708	0,10138	0,11195	0,07156	0,14504
468	0,0708	0,10147	0,11195	0,07165	0,14525
469	0,0708	0,10154	0,11192	0,07168	0,14547
470	0,0708	0,10158	0,11186	0,07173	0,14572
471	0,0708	0,1016	0,11183	0,07182	0,1459
472	0,0708	0,10166	0,11181	0,07192	0,1461
473	0,0708	0,10169	0,11177	0,072	0,14629
474	0,0709	0,10177	0,11179	0,07212	0,14647
475	0,0709	0,10185	0,11179	0,07223	0,14667
476	0,071	0,10196	0,11181	0,07237	0,14692
477	0,0711	0,10208	0,11173	0,07249	0,14714
478	0,0712	0,10219	0,11171	0,07262	0,14736
479	0,0712	0,10229	0,11166	0,07271	0,14765
480	0,0713	0,10239	0,11161	0,07285	0,14786
481	0,0713	0,10245	0,11154	0,07295	0,14805
482	0,0714	0,10255	0,11152	0,07311	0,14828
483	0,0714	0,10262	0,1114	0,07327	0,14852
484	0,0714	0,10267	0,11129	0,07346	0,14868
485	0,0715	0,10275	0,11121	0,07366	0,14888
486	0,0715	0,10287	0,11107	0,07387	0,14908
487	0,0716	0,10289	0,11089	0,07406	0,14926
488	0,0716	0,10295	0,11077	0,07428	0,14948
489	0,0717	0,10303	0,11063	0,07451	0,14965
490	0,0717	0,10308	0,11044	0,07473	0,14985
491	0,0718	0,10311	0,11027	0,07496	0,15009
492	0,0718	0,10324	0,11012	0,07519	0,15027
493	0,0719	0,10332	0,10993	0,07542	0,1504
494	0,0719	0,10342	0,1097	0,07566	0,15062
495	0,0719	0,10351	0,10942	0,07592	0,15077
496	0,072	0,10359	0,10916	0,07619	0,1509
497	0,072	0,10362	0,10894	0,07646	0,15105
498	0,072	0,10369	0,10868	0,07675	0,15112
499	0,072	0,10371	0,10845	0,07706	0,15123
500	0,0721	0,10376	0,10822	0,0774	0,15147
501	0,0722	0,10383	0,10803	0,07772	0,15169
502	0,0722	0,10387	0,10776	0,07804	0,15182
503	0,0722	0,10397	0,10751	0,07834	0,15207
504	0,0723	0,10405	0,10723	0,07861	0,15228
505	0,0722	0,10415	0,10697	0,07885	0,15243
506	0,0723	0,10422	0,10663	0,07914	0,15257
507	0,0723	0,1043	0,1063	0,07944	0,15272
508	0,0723	0,10436	0,10598	0,07973	0,15285
509	0,0723	0,10441	0,10568	0,08	0,15291
510	0,0723	0,10444	0,10533	0,08029	0,15297
511	0,0724	0,10451	0,10502	0,08057	0,15306
512	0,0724	0,10457	0,10468	0,08088	0,15319
513	0,0724	0,10461	0,10431	0,08118	0,15327
514	0,0724	0,10469	0,10392	0,08155	0,15344

Ek 3.'ün devamı

515	0,0724	0,10473	0,10356	0,08193	0,15356
516	0,0724	0,10478	0,10318	0,08226	0,1537
517	0,0724	0,10485	0,10283	0,08255	0,15382
518	0,0724	0,10489	0,10249	0,08295	0,15393
519	0,0725	0,10492	0,10221	0,0833	0,15408
520	0,0725	0,10498	0,10187	0,08359	0,15422
521	0,0725	0,105	0,10153	0,08396	0,15432
522	0,0726	0,10502	0,10117	0,08431	0,15442
523	0,0727	0,10503	0,10083	0,08463	0,15459
524	0,0727	0,10507	0,10039	0,08495	0,15464
525	0,0727	0,10505	0,10005	0,08533	0,1547
526	0,0727	0,10511	0,09973	0,08566	0,15479
527	0,0726	0,10509	0,09939	0,08603	0,15484
528	0,0726	0,10516	0,09903	0,0864	0,15487
529	0,0727	0,10521	0,09874	0,08686	0,15499
530	0,0727	0,10524	0,09837	0,0873	0,15507
531	0,0728	0,10526	0,09802	0,08772	0,15512
532	0,0728	0,10538	0,09771	0,08823	0,15522
533	0,0729	0,10538	0,09741	0,08871	0,15534
534	0,0728	0,10536	0,09711	0,08911	0,15537
535	0,0728	0,10542	0,09684	0,08952	0,15539
536	0,0728	0,10541	0,09655	0,08996	0,1554
537	0,0728	0,10541	0,09623	0,09041	0,15545
538	0,0728	0,10547	0,09589	0,09085	0,15547
539	0,0728	0,10549	0,09562	0,09134	0,15548
540	0,0729	0,10554	0,09535	0,09187	0,15559
541	0,0729	0,10556	0,09506	0,0924	0,15566
542	0,0729	0,10558	0,09479	0,09293	0,15563
543	0,0729	0,10559	0,09453	0,09353	0,15568
544	0,0729	0,10562	0,0943	0,09417	0,15577
545	0,0729	0,10561	0,094	0,09482	0,15576
546	0,073	0,10564	0,09376	0,09553	0,1558
547	0,073	0,10563	0,09343	0,09621	0,15587
548	0,073	0,10564	0,09323	0,09694	0,15588
549	0,073	0,10568	0,09295	0,09771	0,15589
550	0,073	0,10564	0,0927	0,09846	0,15591
551	0,073	0,10566	0,09246	0,09926	0,15596
552	0,073	0,10568	0,09229	0,10014	0,15595
553	0,073	0,10567	0,09202	0,10101	0,15598
554	0,073	0,10567	0,09179	0,10185	0,15593
555	0,0731	0,10575	0,09161	0,10286	0,15601
556	0,073	0,10576	0,09142	0,10384	0,15598
557	0,0731	0,10576	0,09124	0,10487	0,15604
558	0,0731	0,10579	0,09101	0,10595	0,15607
559	0,0731	0,10576	0,09081	0,10713	0,15613
560	0,0731	0,10577	0,09063	0,10824	0,15613
561	0,0731	0,10577	0,09041	0,10943	0,15614
562	0,0731	0,10584	0,09026	0,11063	0,15619
563	0,0731	0,10584	0,09012	0,11185	0,15619
564	0,0731	0,10591	0,08996	0,11309	0,15618
565	0,0731	0,10592	0,08983	0,11438	0,15623
566	0,0731	0,10594	0,08972	0,11565	0,15622
567	0,073	0,1059	0,08955	0,11695	0,15617
568	0,073	0,1059	0,08939	0,11827	0,15616
569	0,073	0,10587	0,08923	0,11957	0,15619

Ek 3.'ün devamı

570	0,073	0,10586	0,08903	0,12084	0,15612
571	0,073	0,10586	0,08884	0,12217	0,15614
572	0,073	0,10587	0,08865	0,12345	0,15609
573	0,073	0,10585	0,08848	0,1247	0,15609
574	0,073	0,10585	0,08834	0,12597	0,15605
575	0,073	0,10586	0,08818	0,12714	0,15603
576	0,073	0,10584	0,08802	0,12828	0,156
577	0,073	0,10585	0,08796	0,12944	0,15605
578	0,0731	0,10587	0,08787	0,13054	0,15604
579	0,073	0,1059	0,08774	0,13156	0,15603
580	0,073	0,10591	0,08763	0,13261	0,15602
581	0,073	0,10592	0,08752	0,13357	0,15594
582	0,073	0,10592	0,08738	0,13445	0,1559
583	0,073	0,10592	0,08727	0,13529	0,15584
584	0,0731	0,10587	0,0872	0,13606	0,15581
585	0,0731	0,10585	0,08713	0,13679	0,15577
586	0,0732	0,10587	0,08708	0,13755	0,15581
587	0,0732	0,10586	0,08702	0,13826	0,15576
588	0,0733	0,10589	0,08699	0,13895	0,15576
589	0,0733	0,1059	0,08694	0,13962	0,15574
590	0,0733	0,10591	0,08689	0,14022	0,15576
591	0,0733	0,10591	0,08683	0,14079	0,15574
592	0,0733	0,10592	0,08672	0,14131	0,15572
593	0,0734	0,10593	0,08666	0,14183	0,15572
594	0,0734	0,10601	0,08657	0,14229	0,15572
595	0,0734	0,10605	0,0865	0,14268	0,15568
596	0,0734	0,10605	0,08643	0,14298	0,15564
597	0,0735	0,10607	0,08644	0,14329	0,15566
598	0,0735	0,10605	0,08633	0,14355	0,15562
599	0,0735	0,10598	0,0863	0,14375	0,15559
600	0,0735	0,10593	0,08629	0,14397	0,15553
601	0,0735	0,10593	0,08623	0,14421	0,15552
602	0,0735	0,10588	0,08616	0,1444	0,15543
603	0,0735	0,10589	0,08619	0,14454	0,15536
604	0,0735	0,10587	0,08619	0,14472	0,15531
605	0,0734	0,10589	0,08613	0,14489	0,15526
606	0,0734	0,10585	0,08609	0,14502	0,15517
607	0,0734	0,10584	0,08608	0,14512	0,1551
608	0,0734	0,10578	0,08599	0,14516	0,15505
609	0,0735	0,10576	0,08594	0,14523	0,15501
610	0,0735	0,10569	0,08594	0,14527	0,15502
611	0,0736	0,10575	0,08594	0,14526	0,15495
612	0,0736	0,10574	0,08593	0,14538	0,15498
613	0,0736	0,10577	0,08596	0,14545	0,15499
614	0,0736	0,10577	0,08593	0,14543	0,15495
615	0,0735	0,10582	0,08589	0,14546	0,15486
616	0,0736	0,10581	0,0859	0,14555	0,15491
617	0,0736	0,10582	0,08592	0,14551	0,15486
618	0,0736	0,1058	0,08591	0,1455	0,15483
619	0,0736	0,10585	0,08597	0,14553	0,15477
620	0,0736	0,10577	0,08602	0,14547	0,15468
621	0,0736	0,10575	0,08602	0,14536	0,15456
622	0,0736	0,10573	0,08604	0,14532	0,15452
623	0,0736	0,10566	0,08614	0,14532	0,15447
624	0,0736	0,10564	0,0861	0,14532	0,15447

Ek 3.'ün devamı

625	0,0736	0,10564	0,08608	0,14533	0,15451
626	0,0737	0,10561	0,08614	0,14533	0,1545
627	0,0737	0,10559	0,0862	0,14532	0,15446
628	0,0736	0,10562	0,08615	0,14524	0,1544
629	0,0736	0,10557	0,08622	0,14516	0,15433
630	0,0736	0,10559	0,08635	0,14518	0,15434
631	0,0735	0,10556	0,08639	0,14517	0,1543
632	0,0735	0,10554	0,0864	0,14511	0,15422
633	0,0735	0,10551	0,0865	0,14507	0,15421
634	0,0735	0,10549	0,08657	0,14505	0,15417
635	0,0736	0,10541	0,08659	0,14497	0,15411
636	0,0736	0,10546	0,08665	0,14492	0,15414
637	0,0736	0,10547	0,08672	0,14487	0,15414
638	0,0736	0,10545	0,0868	0,14488	0,15403
639	0,0736	0,10545	0,08693	0,14479	0,15401
640	0,0736	0,10549	0,08703	0,14475	0,15395
641	0,0736	0,10542	0,08712	0,14473	0,15381
642	0,0736	0,10544	0,08721	0,14471	0,15379
643	0,0736	0,1054	0,08731	0,14469	0,15377
644	0,0736	0,10542	0,08736	0,1447	0,15369
645	0,0737	0,10544	0,08749	0,14471	0,15369
646	0,0737	0,10536	0,08762	0,14464	0,15363
647	0,0737	0,10528	0,08773	0,14461	0,15358
648	0,0736	0,10526	0,08783	0,14456	0,15353
649	0,0736	0,10518	0,0879	0,14449	0,15347
650	0,0736	0,10508	0,08795	0,14437	0,15335
651	0,0736	0,10508	0,08808	0,14431	0,15327
652	0,0736	0,10506	0,0883	0,14422	0,15319
653	0,0736	0,10501	0,08846	0,14417	0,15309
654	0,0736	0,10496	0,08871	0,14418	0,15301
655	0,0736	0,10493	0,0889	0,14416	0,15293
656	0,0736	0,10489	0,08909	0,14417	0,15287
657	0,0735	0,10485	0,08918	0,14414	0,15273
658	0,0736	0,10479	0,08935	0,1441	0,15266
659	0,0735	0,10474	0,08945	0,14398	0,15254
660	0,0735	0,10472	0,08957	0,14392	0,15237
661	0,0734	0,10464	0,08963	0,1438	0,15222
662	0,0734	0,10458	0,08978	0,14372	0,15214
663	0,0734	0,10458	0,0899	0,14369	0,15209
664	0,0734	0,10453	0,09004	0,14372	0,15205
665	0,0733	0,10449	0,09019	0,1437	0,15203
666	0,0733	0,10446	0,09037	0,14367	0,15196
667	0,0733	0,10441	0,09052	0,14366	0,15181
668	0,0733	0,10435	0,0907	0,14356	0,15169
669	0,0732	0,10431	0,09088	0,14347	0,15155
670	0,0733	0,10433	0,09111	0,14342	0,15145
671	0,0733	0,10432	0,09133	0,14336	0,15133
672	0,0733	0,10432	0,09157	0,14334	0,15132
673	0,0733	0,10431	0,09177	0,14339	0,15127
674	0,0734	0,10427	0,09207	0,14342	0,15115
675	0,0734	0,10422	0,09232	0,14345	0,15107
676	0,0734	0,10421	0,09255	0,14346	0,15101
677	0,0735	0,10419	0,0928	0,14348	0,15089
678	0,0735	0,10424	0,09313	0,14346	0,15077
679	0,0735	0,10423	0,09337	0,14346	0,15073

Ek 3.'ün devamı

680	0,0735	0,10419	0,09363	0,14346	0,15059
681	0,0736	0,10414	0,094	0,14342	0,15051
682	0,0736	0,10406	0,09425	0,14339	0,15044
683	0,0736	0,10394	0,09453	0,14328	0,15033
684	0,0736	0,10395	0,09481	0,14322	0,15028
685	0,0736	0,1039	0,09512	0,14317	0,15027
686	0,0736	0,10394	0,09538	0,14322	0,15027
687	0,0737	0,10397	0,09577	0,14322	0,15022
688	0,0737	0,10397	0,0961	0,14332	0,15028
689	0,0737	0,10398	0,0964	0,14331	0,1502
690	0,0737	0,10395	0,0967	0,14329	0,15015
691	0,0737	0,10389	0,097	0,14326	0,15008
692	0,0737	0,10386	0,09727	0,14336	0,15009
693	0,0736	0,10387	0,09758	0,14338	0,15004
694	0,0736	0,10385	0,0979	0,14339	0,14999
695	0,0736	0,10388	0,09819	0,14337	0,14987
696	0,0736	0,10387	0,09842	0,14342	0,14983
697	0,0737	0,1039	0,09872	0,14332	0,14969
698	0,0737	0,10388	0,099	0,1433	0,14961
699	0,0737	0,10385	0,09933	0,14329	0,14957
700	0,0737	0,10381	0,09961	0,1434	0,14959
701	0,0738	0,10379	0,09997	0,14343	0,14958
702	0,0737	0,10381	0,10028	0,14339	0,14964
703	0,0738	0,10381	0,1006	0,14345	0,14959
704	0,0738	0,10379	0,10084	0,14355	0,14958
705	0,0738	0,10382	0,10111	0,14355	0,14962
706	0,0739	0,10385	0,10134	0,14352	0,14965
707	0,0739	0,1038	0,10157	0,14368	0,14956
708	0,0738	0,10374	0,10176	0,1436	0,14953
709	0,0738	0,10374	0,10204	0,1436	0,14959
710	0,0738	0,1037	0,10238	0,14353	0,14944
711	0,0737	0,10361	0,10258	0,14348	0,14927
712	0,0737	0,10357	0,10281	0,14338	0,14921
713	0,0737	0,1036	0,10307	0,14349	0,14921
714	0,0737	0,10358	0,10334	0,14341	0,14907
715	0,0738	0,10362	0,10358	0,14346	0,14914
716	0,0739	0,10365	0,10383	0,14357	0,14914
717	0,0738	0,10371	0,10408	0,14356	0,1491
718	0,0739	0,10365	0,10428	0,14348	0,14907
719	0,0741	0,10373	0,10444	0,14349	0,149
720	0,0743	0,1038	0,1046	0,14341	0,14889
721	0,0744	0,1039	0,10481	0,14327	0,14882
722	0,0745	0,10394	0,10497	0,14325	0,14877
723	0,0746	0,10395	0,10511	0,14318	0,14869
724	0,0747	0,10399	0,10531	0,14312	0,14867
725	0,0748	0,10401	0,10546	0,14305	0,1486
726	0,0749	0,10409	0,10563	0,14299	0,14851
727	0,0749	0,10408	0,10573	0,14295	0,14848
728	0,0749	0,10405	0,10585	0,14291	0,14844
729	0,0749	0,10404	0,10597	0,1429	0,14844
730	0,0749	0,10404	0,1061	0,14284	0,14839
731	0,0749	0,10401	0,10623	0,14279	0,14837
732	0,0749	0,10399	0,10634	0,14273	0,14835
733	0,075	0,10398	0,10643	0,1427	0,14828
734	0,0749	0,104	0,10653	0,14265	0,14825

Ek 3.'ün devamı

735	0,075	0,104	0,10662	0,14258	0,1482
736	0,075	0,10398	0,10673	0,14255	0,14817
737	0,075	0,10393	0,10682	0,14252	0,14814
738	0,075	0,10392	0,10693	0,14245	0,14808
739	0,075	0,10393	0,10701	0,14238	0,14805
740	0,075	0,10393	0,1071	0,14232	0,14796
741	0,075	0,1039	0,10716	0,14227	0,14794
742	0,075	0,10388	0,10722	0,14221	0,14788
743	0,075	0,10388	0,10728	0,14214	0,14784
744	0,075	0,10388	0,10735	0,14207	0,14784
745	0,075	0,10384	0,1074	0,14203	0,1478
746	0,075	0,10381	0,10745	0,14197	0,14774
747	0,0751	0,1038	0,10749	0,14189	0,14771
748	0,075	0,1038	0,10751	0,14182	0,14767
749	0,075	0,10377	0,10753	0,14176	0,14762
750	0,075	0,10374	0,10755	0,14169	0,14757
751	0,075	0,10372	0,10757	0,1416	0,14755
752	0,0751	0,10371	0,1076	0,1415	0,1475
753	0,0751	0,10369	0,10763	0,14143	0,14746
754	0,0751	0,10367	0,10765	0,14135	0,14739
755	0,0751	0,10362	0,10764	0,14124	0,14734
756	0,0751	0,10361	0,10764	0,14114	0,14728
757	0,0751	0,1036	0,10764	0,14103	0,14721
758	0,0751	0,10357	0,10763	0,14094	0,14717
759	0,0751	0,10355	0,10765	0,14082	0,14711
760	0,0751	0,10354	0,10766	0,1407	0,1471
761	0,0751	0,10353	0,10766	0,1406	0,14703
762	0,0751	0,10348	0,10766	0,14048	0,14694
763	0,0752	0,10347	0,10765	0,1404	0,1469
764	0,0752	0,10345	0,10763	0,14028	0,14684
765	0,0752	0,10342	0,10764	0,14019	0,14679
766	0,0752	0,1034	0,10764	0,14009	0,14671
767	0,0752	0,10336	0,10764	0,13997	0,14665
768	0,0752	0,10335	0,10765	0,13984	0,14662
769	0,0752	0,10335	0,10764	0,13972	0,14655
770	0,0752	0,10334	0,10762	0,13962	0,14651
771	0,0752	0,10331	0,1076	0,13951	0,14642
772	0,0752	0,10328	0,1076	0,1394	0,14637
773	0,0752	0,10327	0,10759	0,13928	0,14634
774	0,0752	0,10324	0,10756	0,13916	0,14625
775	0,0752	0,10323	0,10753	0,13904	0,14619
776	0,0752	0,1032	0,10749	0,13891	0,14613
777	0,0752	0,10315	0,10745	0,13876	0,14609
778	0,0752	0,10311	0,10741	0,13862	0,14603
779	0,0752	0,10307	0,10739	0,13851	0,14595
780	0,0752	0,10302	0,10735	0,13837	0,14587
781	0,0753	0,10297	0,10733	0,13822	0,14581
782	0,0753	0,10296	0,10729	0,1381	0,14574
783	0,0753	0,1029	0,10726	0,13794	0,14568
784	0,0753	0,10285	0,1072	0,13781	0,14561
785	0,0753	0,10281	0,10717	0,13765	0,14555
786	0,0753	0,10277	0,10714	0,13751	0,14546
787	0,0753	0,10274	0,10711	0,13736	0,14539
788	0,0752	0,10273	0,10709	0,13722	0,14531
789	0,0753	0,10272	0,10708	0,13708	0,14523

Ek 3.'ün devamı

790	0,0753	0,10269	0,10703	0,13694	0,14517
791	0,0753	0,10265	0,107	0,1368	0,14511
792	0,0753	0,10261	0,10696	0,13666	0,14502
793	0,0753	0,10255	0,10693	0,13652	0,14495
794	0,0753	0,10254	0,10687	0,13638	0,14485
795	0,0753	0,10251	0,10683	0,13624	0,1448
796	0,0753	0,10248	0,1068	0,13612	0,14473
797	0,0753	0,10246	0,10677	0,13598	0,14468
798	0,0753	0,1024	0,10672	0,13583	0,14461
799	0,0753	0,10237	0,10669	0,1357	0,14454
800	0,0753	0,10233	0,10666	0,13558	0,1445
801	0,0753	0,1023	0,10661	0,13542	0,14443
802	0,0753	0,10226	0,10655	0,13527	0,14436
803	0,0753	0,10224	0,10648	0,13512	0,14427
804	0,0753	0,10223	0,10645	0,13498	0,14422
805	0,0753	0,10218	0,10641	0,13482	0,14418
806	0,0753	0,10215	0,1064	0,13467	0,14411
807	0,0753	0,10212	0,10635	0,1345	0,14402
808	0,0753	0,10206	0,10629	0,13436	0,1439
809	0,0753	0,10203	0,10624	0,13422	0,14382
810	0,0753	0,10198	0,10621	0,13408	0,14373
811	0,0753	0,10193	0,10616	0,13393	0,14366
812	0,0753	0,1019	0,10611	0,13377	0,14357
813	0,0753	0,10187	0,10606	0,13365	0,14348
814	0,0753	0,10182	0,10602	0,13351	0,14342
815	0,0753	0,10178	0,10598	0,13339	0,14335
816	0,0753	0,10174	0,10592	0,13326	0,14325
817	0,0753	0,10172	0,10586	0,13313	0,14316
818	0,0753	0,10166	0,10582	0,13299	0,14309
819	0,0753	0,10161	0,10578	0,13285	0,14304
820	0,0753	0,10158	0,10572	0,13271	0,14299
821	0,0753	0,10154	0,10566	0,13256	0,14292
822	0,0753	0,1015	0,10561	0,13242	0,14283
823	0,0753	0,10146	0,10558	0,1323	0,14278
824	0,0753	0,1014	0,10554	0,13214	0,14272
825	0,0753	0,10137	0,10551	0,13199	0,14267
826	0,076	0,10298	0,10384	0,13279	0,14224
827	0,0761	0,09972	0,1042	0,13014	0,14208
828	0,0758	0,09753	0,10549	0,13155	0,14115
829	0,0748	0,09727	0,10534	0,13106	0,14036
830	0,075	0,09367	0,10587	0,12982	0,13987
831	0,0739	0,09325	0,1069	0,12976	0,13862
832	0,0748	0,09128	0,10518	0,12695	0,13684
833	0,0728	0,08835	0,10437	0,12625	0,13435
834	0,0744	0,08573	0,10499	0,12685	0,13429
835	0,0735	0,08468	0,10484	0,12631	0,1342
836	0,073	0,08486	0,10515	0,12758	0,13466
837	0,0699	0,08123	0,10484	0,12744	0,13253
838	0,0709	0,08341	0,10356	0,13064	0,13153
839	0,07	0,08497	0,10035	0,12912	0,13204
840	0,0709	0,0838	0,10059	0,13034	0,13218
841	0,068	0,08858	0,0973	0,13207	0,13303
842	0,0692	0,08667	0,09346	0,13135	0,13483
843	0,0679	0,08882	0,09472	0,1337	0,13626
844	0,0681	0,0918	0,09495	0,13427	0,13757

Ek 3.'ün devamı

845	0,0666	0,09334	0,09427	0,13234	0,13717
846	0,0685	0,09461	0,09483	0,1326	0,1367
847	0,0701	0,09331	0,09491	0,13189	0,13711
848	0,0719	0,09355	0,09779	0,13138	0,13797
849	0,0698	0,09472	0,09892	0,13096	0,13786
850	0,0701	0,09349	0,10124	0,1316	0,13865
851	0,0699	0,09289	0,09861	0,13048	0,13789
852	0,0709	0,09273	0,10111	0,12939	0,13759
853	0,0688	0,09352	0,10192	0,12868	0,13624
854	0,0675	0,09208	0,09992	0,12812	0,13597
855	0,0681	0,09296	0,09891	0,12665	0,13652
856	0,0689	0,09313	0,09873	0,12811	0,13674
857	0,0654	0,09381	0,09703	0,1282	0,13584
858	0,0643	0,09315	0,09508	0,12591	0,13431
859	0,0638	0,09334	0,09353	0,12568	0,13573
860	0,0653	0,09201	0,09155	0,12593	0,13839
861	0,0656	0,09379	0,08945	0,12429	0,13643
862	0,0655	0,09551	0,09069	0,12398	0,13718
863	0,0667	0,09293	0,08982	0,12277	0,1357
864	0,0681	0,09522	0,08978	0,12291	0,1353
865	0,0705	0,09648	0,09263	0,12218	0,13715
866	0,0718	0,09538	0,09275	0,12304	0,13651
867	0,0712	0,09545	0,09304	0,1226	0,13556
868	0,0731	0,09387	0,09284	0,12079	0,13637
869	0,072	0,09515	0,09434	0,12077	0,1363
870	0,0729	0,09591	0,09546	0,11977	0,13596
871	0,0716	0,09513	0,09653	0,11926	0,13357
872	0,072	0,09523	0,09858	0,12049	0,13461
873	0,0718	0,09594	0,09953	0,12199	0,13499
874	0,0725	0,09741	0,09882	0,12362	0,13618
875	0,0726	0,09558	0,09987	0,12453	0,13644
876	0,0703	0,09449	0,09906	0,12459	0,13432
877	0,0689	0,09389	0,10122	0,12444	0,13552
878	0,0678	0,09444	0,09963	0,12302	0,13563
879	0,0689	0,0943	0,10026	0,12543	0,13498
880	0,0704	0,09445	0,09965	0,12696	0,13514
881	0,0698	0,09497	0,09886	0,12821	0,13526
882	0,0699	0,09475	0,09843	0,1284	0,13617
883	0,0697	0,09303	0,09707	0,12776	0,13673
884	0,0703	0,09221	0,09565	0,12591	0,13676
885	0,0695	0,09112	0,09582	0,12352	0,13624
886	0,0701	0,09172	0,09581	0,12245	0,13618
887	0,0711	0,09231	0,09591	0,12372	0,13655
888	0,0718	0,09202	0,09425	0,12306	0,13546
889	0,0718	0,09122	0,09447	0,12446	0,13449
890	0,0712	0,0917	0,09387	0,12379	0,13405
891	0,0696	0,09072	0,09523	0,12337	0,13414
892	0,0695	0,09056	0,09504	0,12165	0,13348
893	0,0706	0,09236	0,09542	0,1214	0,13245
894	0,0703	0,09289	0,09599	0,12088	0,13114
895	0,0701	0,09344	0,09719	0,12105	0,13089
896	0,0707	0,09502	0,09842	0,12315	0,13111
897	0,0698	0,09531	0,09859	0,12381	0,13067
898	0,0697	0,09446	0,0978	0,12275	0,13078
899	0,0695	0,09455	0,09768	0,1239	0,13111

Ek 3.'ün devamı

900	0,0703	0,09547	0,09847	0,12343	0,13257
901	0,0698	0,09506	0,09906	0,12169	0,13363
902	0,0708	0,09483	0,09754	0,12159	0,13304
903	0,0717	0,09474	0,09772	0,1218	0,13293
904	0,0711	0,09481	0,09771	0,12065	0,13294
905	0,0706	0,09507	0,09765	0,12027	0,13316
906	0,0702	0,09411	0,09818	0,12101	0,13319
907	0,0693	0,09284	0,09803	0,12068	0,13344
908	0,0701	0,09271	0,09818	0,12049	0,13469
909	0,0705	0,09344	0,09851	0,12033	0,13467
910	0,0708	0,09352	0,0985	0,11997	0,13448
911	0,0707	0,09252	0,09819	0,12001	0,13356
912	0,0711	0,09308	0,09809	0,12127	0,13292
913	0,0708	0,09368	0,09905	0,12082	0,13284
914	0,0705	0,09308	0,099	0,12009	0,13341
915	0,0706	0,09318	0,09885	0,1203	0,13368
916	0,0707	0,09364	0,09853	0,12089	0,13447
917	0,0706	0,09401	0,09732	0,1199	0,13412
918	0,0711	0,09426	0,0973	0,11985	0,134
919	0,0708	0,0938	0,09723	0,11962	0,13312
920	0,0705	0,0933	0,09749	0,12012	0,13289
921	0,071	0,09361	0,09764	0,11974	0,13281
922	0,071	0,094	0,09722	0,11875	0,13319
923	0,0709	0,0933	0,09727	0,11819	0,13333
924	0,071	0,09332	0,09608	0,11829	0,13347
925	0,0702	0,09384	0,0955	0,11873	0,13323
926	0,0704	0,09332	0,09523	0,11898	0,1327
927	0,0711	0,0927	0,09535	0,11885	0,13221
928	0,0711	0,09248	0,0961	0,11913	0,13164
929	0,0708	0,09264	0,09549	0,11841	0,13086
930	0,0706	0,09283	0,09498	0,11837	0,13125
931	0,0715	0,09305	0,09464	0,11849	0,13079
932	0,0711	0,09261	0,09495	0,11805	0,13116
933	0,071	0,0929	0,09573	0,11869	0,13108
934	0,0712	0,0927	0,09599	0,1188	0,13183
935	0,0711	0,09302	0,09653	0,1188	0,13201
936	0,0714	0,09269	0,09663	0,11925	0,13176
937	0,0714	0,09255	0,0968	0,1186	0,13177
938	0,0715	0,09276	0,09669	0,11792	0,13159
939	0,0718	0,0923	0,09698	0,11734	0,1321
940	0,0719	0,09212	0,09735	0,11766	0,13251
941	0,0721	0,09196	0,09832	0,11773	0,13254
942	0,0719	0,09204	0,09833	0,11773	0,13277
943	0,0719	0,09198	0,09816	0,11816	0,13256
944	0,0722	0,0916	0,09785	0,11781	0,13276
945	0,0716	0,09176	0,09756	0,11773	0,1323
946	0,0717	0,09161	0,09768	0,11748	0,13274
947	0,0721	0,09204	0,09719	0,11747	0,13302
948	0,072	0,09244	0,09705	0,11709	0,13351
949	0,0717	0,09234	0,09709	0,11739	0,13323
950	0,0717	0,09261	0,09652	0,11738	0,13328
951	0,0717	0,09247	0,09644	0,11725	0,13321
952	0,0716	0,09245	0,09606	0,11683	0,13289
953	0,071	0,0925	0,09607	0,11657	0,13259
954	0,0713	0,09285	0,09598	0,11606	0,13252

Ek 3.'ün devamı

955	0,0709	0,09298	0,09578	0,11657	0,13239
956	0,0712	0,09279	0,09593	0,11669	0,13216
957	0,0715	0,09311	0,09554	0,11646	0,1311
958	0,0715	0,09282	0,09588	0,11599	0,1313
959	0,0714	0,09253	0,09596	0,11639	0,1308
960	0,0715	0,09253	0,09587	0,11613	0,13119
961	0,0714	0,09254	0,09569	0,11636	0,13104
962	0,0711	0,09238	0,09579	0,11594	0,13085
963	0,0711	0,0922	0,09581	0,11657	0,13086
964	0,0713	0,09236	0,09574	0,11638	0,13134
965	0,0712	0,09221	0,09611	0,11626	0,13115
966	0,071	0,09201	0,09631	0,11578	0,13161
967	0,071	0,09218	0,09613	0,11562	0,13175
968	0,0707	0,09191	0,09616	0,11582	0,13241
969	0,0705	0,09159	0,09654	0,11578	0,13174
970	0,0707	0,09159	0,09678	0,11584	0,13203
971	0,0707	0,09178	0,09658	0,11591	0,13177
972	0,0707	0,09197	0,09682	0,11586	0,13157
973	0,071	0,09183	0,09667	0,11627	0,1315
974	0,0709	0,0919	0,09623	0,11568	0,1314
975	0,071	0,09163	0,09628	0,11574	0,13123
976	0,0708	0,09179	0,09628	0,11608	0,13138
977	0,0712	0,09194	0,09597	0,11623	0,13108
978	0,0712	0,09194	0,09618	0,11613	0,13118
979	0,0716	0,09193	0,09615	0,11599	0,13068
980	0,0717	0,09232	0,09593	0,11594	0,13101
981	0,0713	0,09232	0,09574	0,1159	0,13044
982	0,0711	0,09223	0,09576	0,11579	0,1304
983	0,0712	0,0922	0,09566	0,11549	0,13035
984	0,0713	0,09231	0,09539	0,11484	0,13014
985	0,071	0,09223	0,09533	0,11434	0,13003
986	0,0708	0,09189	0,09535	0,11419	0,12993
987	0,0711	0,09194	0,09509	0,11389	0,12995
988	0,0709	0,09179	0,09526	0,11352	0,12975
989	0,0708	0,092	0,09511	0,11369	0,12941
990	0,0703	0,09189	0,0951	0,11347	0,12963
991	0,0703	0,09163	0,09503	0,11357	0,12969
992	0,0705	0,0911	0,09512	0,11358	0,13031
993	0,0706	0,09099	0,09526	0,11331	0,13058
994	0,0707	0,09085	0,0948	0,11322	0,13047
995	0,0709	0,09112	0,09503	0,11345	0,13049
996	0,0712	0,09136	0,09519	0,11365	0,13032
997	0,0715	0,09185	0,09495	0,11362	0,13003
998	0,0715	0,09124	0,09477	0,11351	0,12987
999	0,0715	0,09135	0,09461	0,11364	0,13003
1000	0,0716	0,09114	0,09481	0,11312	0,1301
1001	0,0717	0,09083	0,09447	0,11321	0,12977
1002	0,0717	0,09078	0,0942	0,11304	0,12966
1003	0,0715	0,0912	0,09423	0,11275	0,12939
1004	0,0715	0,09107	0,09402	0,11296	0,12919
1005	0,0716	0,09068	0,09412	0,11269	0,12923
1006	0,0717	0,09027	0,09413	0,11273	0,12918
1007	0,0716	0,08986	0,09405	0,11292	0,12932
1008	0,0713	0,08961	0,09412	0,11271	0,12939
1009	0,071	0,08985	0,09417	0,11276	0,12938

Ek 3.'ün devamı

1010	0,071	0,08961	0,09416	0,11255	0,12911
1011	0,071	0,08946	0,09403	0,11257	0,12886
1012	0,071	0,08971	0,0942	0,11229	0,12904
1013	0,0708	0,08951	0,09423	0,11191	0,12873
1014	0,071	0,08961	0,09411	0,11181	0,12886
1015	0,0714	0,08937	0,09421	0,1115	0,12868
1016	0,0713	0,08971	0,0945	0,1115	0,12863
1017	0,0711	0,0898	0,09472	0,11138	0,12852
1018	0,0713	0,08989	0,09457	0,11137	0,12844
1019	0,0713	0,08978	0,09456	0,11113	0,12848
1020	0,0714	0,08994	0,09455	0,111	0,1283
1021	0,0715	0,09027	0,09447	0,11107	0,12797
1022	0,0715	0,09057	0,0943	0,11081	0,12801
1023	0,0717	0,09047	0,0942	0,1109	0,12782
1024	0,0719	0,09082	0,09399	0,11125	0,12793
1025	0,0717	0,09077	0,094	0,11091	0,12766
1026	0,0715	0,09096	0,09381	0,11092	0,12751
1027	0,0715	0,09078	0,09379	0,11077	0,12751
1028	0,0716	0,09059	0,09338	0,11059	0,1277
1029	0,0714	0,09046	0,09335	0,11031	0,12754
1030	0,0714	0,09052	0,09315	0,11034	0,12745
1031	0,0713	0,09047	0,09303	0,11037	0,12768
1032	0,0713	0,09019	0,09291	0,11009	0,12794
1033	0,0712	0,0898	0,0928	0,11023	0,12809
1034	0,0713	0,08976	0,09287	0,11011	0,12803
1035	0,0712	0,08951	0,09306	0,10994	0,12793
1036	0,0711	0,08932	0,09307	0,11021	0,12785
1037	0,0708	0,08905	0,0931	0,11026	0,12778
1038	0,0708	0,08909	0,09294	0,10995	0,12769
1039	0,0707	0,08933	0,09289	0,11006	0,12742
1040	0,0707	0,08945	0,09311	0,11007	0,12742
1041	0,0708	0,08928	0,09317	0,11003	0,12708
1042	0,0711	0,08916	0,09308	0,10999	0,12691
1043	0,0712	0,08932	0,09329	0,1099	0,12694
1044	0,0713	0,08958	0,09326	0,10973	0,12655
1045	0,0712	0,08974	0,0931	0,10971	0,12671
1046	0,0711	0,08987	0,09319	0,10961	0,12656
1047	0,0715	0,08993	0,09306	0,10953	0,12656
1048	0,0716	0,09022	0,09312	0,10936	0,12665
1049	0,0716	0,09027	0,09297	0,10964	0,12657
1050	0,0717	0,09024	0,09302	0,10942	0,12656
1051	0,0717	0,09018	0,09317	0,10947	0,12645
1052	0,0715	0,09025	0,093	0,10939	0,12675
1053	0,0713	0,09027	0,09291	0,10934	0,12672
1054	0,0711	0,09015	0,09302	0,10923	0,12648
1055	0,071	0,09002	0,09288	0,10919	0,12667
1056	0,0709	0,08974	0,09294	0,10925	0,12653
1057	0,071	0,08957	0,09281	0,10917	0,12664
1058	0,0707	0,08946	0,09266	0,10909	0,12654
1059	0,0707	0,08942	0,09263	0,10903	0,12658
1060	0,0705	0,08924	0,0926	0,1089	0,12663
1061	0,0705	0,08917	0,0926	0,1089	0,12666
1062	0,0704	0,08916	0,09219	0,10873	0,12668
1063	0,0705	0,08921	0,09235	0,10863	0,12652
1064	0,0705	0,08902	0,09251	0,10856	0,12644

Ek 3.'ün devamı

1065	0,0706	0,08888	0,0923	0,10858	0,1265
1066	0,0705	0,0889	0,09234	0,10865	0,12637
1067	0,0706	0,08884	0,09229	0,1083	0,12616
1068	0,0706	0,08867	0,09226	0,10821	0,1261
1069	0,0706	0,08868	0,0923	0,10804	0,12624
1070	0,0706	0,08873	0,09224	0,10785	0,12599
1071	0,0707	0,0889	0,09221	0,10775	0,12586
1072	0,0709	0,08879	0,09214	0,10764	0,12608
1073	0,071	0,08872	0,09235	0,10734	0,12603
1074	0,0709	0,08859	0,09229	0,10751	0,12595
1075	0,0709	0,08849	0,0921	0,10725	0,12584
1076	0,0709	0,08837	0,09202	0,10718	0,12585
1077	0,0711	0,08822	0,09208	0,10686	0,12589
1078	0,0709	0,08817	0,09213	0,10695	0,12594
1079	0,0709	0,08813	0,0922	0,10699	0,12578
1080	0,0709	0,08811	0,09224	0,1069	0,12566
1081	0,071	0,08801	0,09217	0,10693	0,12554
1082	0,071	0,08799	0,09222	0,10702	0,12556
1083	0,0711	0,08811	0,09216	0,10711	0,12533
1084	0,0713	0,08822	0,09211	0,10738	0,12533
1085	0,0712	0,08828	0,09206	0,10712	0,12525
1086	0,071	0,08849	0,09201	0,1071	0,12529
1087	0,0709	0,08866	0,09211	0,10705	0,12524
1088	0,0708	0,08883	0,09208	0,107	0,12531
1089	0,0709	0,08892	0,0919	0,10693	0,1253
1090	0,071	0,08904	0,09187	0,10668	0,12534
1091	0,0711	0,08906	0,09193	0,10652	0,12537
1092	0,071	0,08903	0,09185	0,10647	0,12558
1093	0,0711	0,08879	0,09181	0,10636	0,12539
1094	0,071	0,08859	0,09178	0,10603	0,1253
1095	0,0708	0,08853	0,0916	0,1058	0,12522
1096	0,0709	0,08847	0,09164	0,10572	0,12526
1097	0,0711	0,08837	0,09169	0,10563	0,12529
1098	0,0711	0,08833	0,09155	0,10545	0,12529
1099	0,0711	0,08817	0,09155	0,10546	0,12522
1100	0,0711	0,08805	0,09133	0,10542	0,12505
1101	0,071	0,08814	0,09104	0,1055	0,12507
1102	0,0712	0,08798	0,09082	0,10554	0,12499
1103	0,0711	0,08793	0,0909	0,1055	0,12481
1104	0,0709	0,08794	0,09078	0,10546	0,12498
1105	0,0709	0,08808	0,09077	0,10554	0,12497
1106	0,0709	0,088	0,0908	0,10542	0,12502
1107	0,0709	0,08797	0,09074	0,10551	0,12501
1108	0,0707	0,08794	0,09078	0,10557	0,12491
1109	0,0706	0,08777	0,09085	0,10556	0,12482
1110	0,0705	0,08783	0,09066	0,10558	0,12462
1111	0,0704	0,08782	0,09089	0,10536	0,12483
1112	0,0704	0,08764	0,09125	0,1053	0,12473
1113	0,0705	0,08769	0,09134	0,10537	0,12469
1114	0,0704	0,08782	0,09113	0,10533	0,12465
1115	0,0706	0,08777	0,09111	0,10528	0,12432
1116	0,0706	0,08759	0,0911	0,10513	0,12422
1117	0,0706	0,08747	0,09108	0,10502	0,12407
1118	0,0707	0,08744	0,09105	0,10488	0,12392
1119	0,071	0,08747	0,09076	0,1049	0,12381

Ek 3.'ün devamı

1120	0,071	0,08764	0,09073	0,10468	0,12367
1121	0,0711	0,08754	0,09101	0,10464	0,12366
1122	0,0711	0,08759	0,09093	0,10463	0,12344
1123	0,0712	0,08757	0,09073	0,10458	0,12329
1124	0,0711	0,08758	0,09052	0,10434	0,12325
1125	0,0712	0,08754	0,09055	0,10429	0,12342
1126	0,0709	0,08756	0,09045	0,10404	0,12349
1127	0,0708	0,08785	0,09045	0,10392	0,12351
1128	0,0708	0,08788	0,09038	0,10402	0,12345
1129	0,0709	0,08789	0,09032	0,10401	0,12347
1130	0,0709	0,08781	0,09036	0,10381	0,12343
1131	0,0709	0,08769	0,09022	0,10384	0,12342
1132	0,0708	0,08772	0,09006	0,1037	0,12335
1133	0,0708	0,08779	0,0901	0,10377	0,12314
1134	0,0709	0,08793	0,08989	0,10368	0,12331
1135	0,0709	0,088	0,09007	0,10364	0,12312
1136	0,0707	0,08783	0,09023	0,10358	0,12311
1137	0,0707	0,08775	0,09034	0,10364	0,12314
1138	0,0709	0,08744	0,09018	0,10377	0,12298
1139	0,071	0,08746	0,09002	0,10359	0,12311
1140	0,071	0,08746	0,08999	0,10349	0,12299
1141	0,0709	0,08755	0,09001	0,10323	0,12292
1142	0,071	0,08743	0,08989	0,10322	0,123
1143	0,071	0,08743	0,08976	0,10323	0,12284
1144	0,0711	0,08725	0,08944	0,10288	0,12293
1145	0,071	0,08709	0,0894	0,10273	0,12276
1146	0,071	0,08705	0,08932	0,10265	0,12284
1147	0,0711	0,08707	0,08918	0,10254	0,1226
1148	0,0711	0,08709	0,08909	0,10226	0,12265
1149	0,071	0,08707	0,08896	0,10219	0,12252
1150	0,0709	0,08695	0,08911	0,10232	0,12237
1151	0,0708	0,08698	0,08892	0,10216	0,12242
1152	0,0708	0,08679	0,08898	0,10234	0,12238
1153	0,0708	0,08663	0,08894	0,10231	0,12222
1154	0,0707	0,08651	0,08897	0,10216	0,12236
1155	0,0706	0,0865	0,08912	0,10225	0,12238
1156	0,0706	0,08638	0,08905	0,10224	0,12224
1157	0,0706	0,08626	0,08886	0,10224	0,1222
1158	0,0706	0,08611	0,08874	0,10227	0,12203
1159	0,0705	0,08608	0,08872	0,10233	0,12183
1160	0,0706	0,08613	0,08875	0,10219	0,12183
1161	0,0708	0,08603	0,0886	0,10199	0,12171
1162	0,0708	0,08577	0,08874	0,10179	0,12155
1163	0,0708	0,0857	0,08852	0,10171	0,12129
1164	0,0708	0,0858	0,08845	0,10158	0,12116
1165	0,0708	0,08564	0,08824	0,10147	0,12106
1166	0,0708	0,0855	0,0881	0,10124	0,12095
1167	0,0708	0,08536	0,08823	0,101	0,12075
1168	0,0708	0,08525	0,08815	0,10093	0,12053
1169	0,0708	0,08523	0,08814	0,10071	0,12049
1170	0,0709	0,08516	0,08804	0,10072	0,12037
1171	0,0707	0,08501	0,0881	0,10073	0,12046
1172	0,0706	0,08503	0,08796	0,10076	0,12044
1173	0,0705	0,08506	0,08783	0,10089	0,12044
1174	0,0705	0,08498	0,08775	0,10063	0,12043

Ek 3.'ün devamı

1175	0,0704	0,08488	0,08774	0,10045	0,12032
1176	0,0705	0,08475	0,08784	0,10042	0,12013
1177	0,0705	0,08476	0,0879	0,10064	0,12007
1178	0,0705	0,08482	0,08778	0,10068	0,12031
1179	0,0706	0,08458	0,08771	0,10049	0,12014
1180	0,0706	0,08447	0,08756	0,10049	0,12016
1181	0,0705	0,08432	0,08742	0,10031	0,12002
1182	0,0706	0,08426	0,08741	0,10012	0,11972
1183	0,0705	0,08407	0,08744	0,0997	0,11959
1184	0,0704	0,08402	0,08721	0,09962	0,11949
1185	0,0704	0,08401	0,08724	0,09964	0,11943
1186	0,0704	0,084	0,08713	0,09976	0,11925
1187	0,0703	0,08402	0,08696	0,09957	0,11921
1188	0,0701	0,08393	0,08692	0,09933	0,11918
1189	0,0699	0,08381	0,08684	0,09916	0,11891
1190	0,0698	0,08404	0,08681	0,0991	0,1188
1191	0,0699	0,08407	0,08684	0,09889	0,1185
1192	0,0698	0,08414	0,08691	0,09872	0,11841
1193	0,0696	0,08405	0,08669	0,09864	0,11834
1194	0,0696	0,08397	0,08654	0,09872	0,1182
1195	0,0697	0,084	0,08658	0,09869	0,11806
1196	0,0696	0,08395	0,08644	0,09874	0,11804
1197	0,0695	0,08406	0,0865	0,09857	0,11813
1198	0,0695	0,0842	0,08636	0,09847	0,11797
1199	0,0697	0,08414	0,0862	0,09823	0,11789
1200	0,0698	0,08414	0,08618	0,09819	0,11784
1201	0,0699	0,0841	0,08616	0,09821	0,11803
1202	0,0697	0,08403	0,08602	0,09815	0,11804
1203	0,0699	0,08397	0,08595	0,09821	0,11793
1204	0,0702	0,08402	0,08586	0,09797	0,11787
1205	0,0703	0,08404	0,08582	0,09807	0,11786
1206	0,0701	0,0838	0,086	0,09786	0,11771
1207	0,0702	0,08377	0,08601	0,09752	0,11764
1208	0,0703	0,08358	0,08583	0,09757	0,11762
1209	0,0704	0,0834	0,08586	0,09768	0,11766
1210	0,0705	0,08341	0,08576	0,09777	0,11746
1211	0,0704	0,08324	0,08565	0,09778	0,11748
1212	0,0704	0,08303	0,08571	0,09779	0,1172
1213	0,0704	0,08309	0,08576	0,09773	0,11711
1214	0,0702	0,08308	0,08573	0,09766	0,11724
1215	0,07	0,08319	0,08577	0,09778	0,1172
1216	0,0699	0,08332	0,08568	0,0976	0,11716
1217	0,07	0,08351	0,08543	0,09744	0,11732
1218	0,0698	0,08341	0,08543	0,09745	0,1173
1219	0,0697	0,08338	0,0855	0,09732	0,11715
1220	0,0695	0,08351	0,08545	0,09718	0,11706
1221	0,0693	0,08354	0,08551	0,09705	0,11716
1222	0,0692	0,08376	0,08555	0,09702	0,11702
1223	0,0693	0,08376	0,08543	0,09692	0,1172
1224	0,0693	0,08374	0,08539	0,09704	0,11715
1225	0,0693	0,08376	0,08538	0,09688	0,11714
1226	0,0692	0,08361	0,08539	0,09669	0,11712
1227	0,0693	0,08347	0,08534	0,09668	0,11711
1228	0,0692	0,08332	0,08539	0,09664	0,11706
1229	0,0694	0,08349	0,08536	0,0965	0,11699

Ek 3.'ün devamı

1230	0,0694	0,08368	0,08536	0,09663	0,11708
1231	0,0694	0,08347	0,08526	0,09658	0,11712
1232	0,0694	0,08326	0,08523	0,09657	0,11711
1233	0,0696	0,08314	0,08525	0,09653	0,11724
1234	0,0697	0,08324	0,08521	0,09641	0,11725
1235	0,0696	0,08334	0,08515	0,09643	0,11737
1236	0,0697	0,08325	0,08505	0,09643	0,11731
1237	0,0698	0,08313	0,08514	0,09648	0,11732
1238	0,0697	0,08311	0,08525	0,09639	0,11748
1239	0,0697	0,08315	0,08527	0,09649	0,11733
1240	0,0697	0,08305	0,08523	0,09659	0,11742
1241	0,0697	0,08287	0,08529	0,09633	0,11732
1242	0,0698	0,0829	0,08539	0,09617	0,11731
1243	0,0697	0,08296	0,08529	0,09611	0,11728
1244	0,0698	0,08294	0,08523	0,09616	0,11716
1245	0,0696	0,08272	0,08525	0,0961	0,11699
1246	0,0697	0,08253	0,08525	0,0959	0,11703
1247	0,0696	0,08245	0,08527	0,09597	0,11711
1248	0,0697	0,08248	0,08504	0,09607	0,11718
1249	0,0698	0,08244	0,08499	0,09595	0,11697
1250	0,0697	0,08244	0,08487	0,09581	0,1169
1251	0,0696	0,08227	0,08487	0,09567	0,11676
1252	0,0697	0,08228	0,08467	0,0956	0,11678
1253	0,0697	0,08231	0,08465	0,09575	0,11681
1254	0,0697	0,08247	0,08461	0,09575	0,11675
1255	0,0696	0,0826	0,08441	0,09554	0,11686
1256	0,0698	0,08269	0,0845	0,09556	0,11704
1257	0,07	0,08289	0,08441	0,09543	0,11685
1258	0,0701	0,08291	0,08445	0,09529	0,11682
1259	0,0701	0,08301	0,08446	0,09522	0,11672
1260	0,0701	0,083	0,08455	0,09522	0,11675
1261	0,0701	0,0829	0,08468	0,09531	0,11663
1262	0,0702	0,08299	0,08465	0,09535	0,1167
1263	0,0701	0,0829	0,08487	0,09535	0,11672
1264	0,0701	0,08288	0,08487	0,09515	0,11664
1265	0,0701	0,08276	0,08494	0,09523	0,1167
1266	0,0701	0,08268	0,08505	0,09524	0,1165
1267	0,0701	0,08269	0,08488	0,09521	0,11633
1268	0,0699	0,08259	0,08489	0,09539	0,11647
1269	0,0698	0,08273	0,08474	0,09549	0,11627
1270	0,0696	0,08264	0,08458	0,09548	0,11622
1271	0,0694	0,08269	0,08449	0,09535	0,11614
1272	0,0695	0,08269	0,08433	0,09505	0,11616
1273	0,0695	0,08257	0,08424	0,095	0,11616
1274	0,0694	0,08249	0,08402	0,09486	0,11602
1275	0,0695	0,08237	0,08393	0,09491	0,11584
1276	0,0695	0,08239	0,08397	0,09472	0,11582
1277	0,0695	0,08235	0,08397	0,09453	0,11571
1278	0,0694	0,08231	0,08393	0,09431	0,11569
1279	0,0695	0,08208	0,08413	0,09408	0,11568
1280	0,0695	0,08175	0,0842	0,09392	0,11567
1281	0,0696	0,08175	0,08434	0,09378	0,1157
1282	0,0697	0,08163	0,08433	0,09392	0,11561
1283	0,0699	0,08174	0,08435	0,09397	0,11578
1284	0,0698	0,08185	0,08441	0,09381	0,11571

Ek 3.'ün devamı

1285	0,0698	0,0819	0,08442	0,09369	0,11567
1286	0,0699	0,08196	0,08451	0,09365	0,11586
1287	0,0699	0,08192	0,08445	0,09366	0,1158
1288	0,0697	0,0819	0,08456	0,0937	0,11585
1289	0,0698	0,08193	0,08456	0,09382	0,11577
1290	0,0698	0,0821	0,08442	0,0938	0,11563
1291	0,0697	0,08227	0,08439	0,09375	0,11578
1292	0,0699	0,08231	0,08438	0,09375	0,11577
1293	0,0698	0,08247	0,08439	0,09372	0,11587
1294	0,0699	0,08235	0,08433	0,09386	0,11577
1295	0,0699	0,08229	0,08432	0,09397	0,1157
1296	0,07	0,08238	0,08433	0,09416	0,11578
1297	0,0699	0,08233	0,08418	0,09403	0,11565
1298	0,0699	0,08249	0,08421	0,09403	0,1157
1299	0,0702	0,08244	0,08409	0,094	0,1158
1300	0,07	0,0823	0,08418	0,0939	0,116
1301	0,0699	0,082	0,08413	0,09388	0,11598
1302	0,07	0,08191	0,08424	0,09384	0,11601
1303	0,0699	0,08176	0,08413	0,09376	0,11591
1304	0,0699	0,08166	0,08399	0,09366	0,11594
1305	0,0699	0,08181	0,08405	0,09354	0,11586
1306	0,0699	0,08176	0,08404	0,09339	0,11588
1307	0,07	0,08161	0,08391	0,09329	0,11571
1308	0,0698	0,08163	0,08392	0,09334	0,11566
1309	0,0699	0,08135	0,08384	0,09325	0,11549
1310	0,0696	0,08124	0,08362	0,09319	0,11545
1311	0,0697	0,0812	0,08347	0,09307	0,11529
1312	0,0698	0,08137	0,08335	0,09305	0,11537
1313	0,0698	0,08147	0,08324	0,09311	0,11523
1314	0,0698	0,08145	0,08341	0,09314	0,11516
1315	0,0699	0,0815	0,08333	0,09307	0,115
1316	0,0698	0,08133	0,08319	0,09295	0,11509
1317	0,0697	0,08117	0,0831	0,0929	0,115
1318	0,0697	0,08093	0,083	0,09285	0,11522
1319	0,0698	0,08093	0,08299	0,09285	0,11528
1320	0,0697	0,08094	0,08305	0,09283	0,1154
1321	0,0699	0,08106	0,08322	0,09289	0,11525
1322	0,07	0,08101	0,08317	0,09298	0,11507
1323	0,0699	0,08097	0,08328	0,09275	0,11503
1324	0,0698	0,08083	0,08318	0,09263	0,1149
1325	0,0698	0,081	0,08305	0,09242	0,11494
1326	0,0696	0,08096	0,08319	0,09252	0,11493
1327	0,0695	0,08086	0,0832	0,0925	0,11487
1328	0,0695	0,08111	0,08344	0,09263	0,11495
1329	0,0695	0,08122	0,08349	0,09262	0,11468
1330	0,0697	0,08104	0,08355	0,09251	0,1146
1331	0,0695	0,081	0,08343	0,09237	0,11448
1332	0,0695	0,08099	0,08345	0,09218	0,11447
1333	0,0694	0,08114	0,08338	0,09206	0,11436
1334	0,0694	0,08123	0,08322	0,0921	0,1142
1335	0,0694	0,08119	0,08312	0,09203	0,11399
1336	0,0694	0,08109	0,08299	0,09196	0,11402
1337	0,0694	0,08084	0,08289	0,09181	0,11413
1338	0,0693	0,08105	0,08287	0,09178	0,11416
1339	0,0693	0,08082	0,08249	0,09164	0,11391

Ek 3.'ün devamı

1340	0,0692	0,08104	0,08243	0,09151	0,11387
1341	0,0689	0,0809	0,08219	0,09139	0,11372
1342	0,069	0,08085	0,08191	0,09144	0,11364
1343	0,0689	0,08084	0,08183	0,09141	0,11356
1344	0,0689	0,08067	0,08187	0,09136	0,11367
1345	0,0686	0,08054	0,08189	0,09153	0,11368
1346	0,0686	0,08049	0,08196	0,09128	0,11377
1347	0,0685	0,08035	0,08181	0,09129	0,11355
1348	0,0686	0,08045	0,08175	0,09123	0,11325
1349	0,0686	0,08013	0,08164	0,09112	0,11312
1350	0,0689	0,08008	0,08161	0,0911	0,113
1351	0,0692	0,07963	0,08164	0,09122	0,11301
1352	0,0691	0,0797	0,08172	0,09128	0,11287
1353	0,0693	0,07969	0,08169	0,09115	0,11276
1354	0,0693	0,0795	0,0814	0,09106	0,11278
1355	0,0695	0,07941	0,08142	0,0911	0,11258
1356	0,0699	0,07923	0,08142	0,09058	0,11225
1357	0,07	0,07932	0,08138	0,09075	0,11221
1358	0,07	0,07921	0,08146	0,09074	0,11214
1359	0,0701	0,07922	0,0812	0,0908	0,1121
1360	0,0702	0,07932	0,08111	0,09088	0,11198
1361	0,0701	0,07914	0,08113	0,09076	0,11216
1362	0,0697	0,07923	0,0811	0,09056	0,11202
1363	0,0698	0,07914	0,08073	0,09035	0,1122
1364	0,0697	0,07915	0,08078	0,09055	0,11202
1365	0,0696	0,07902	0,08097	0,09067	0,11171
1366	0,0696	0,07911	0,08071	0,09057	0,11181
1367	0,0693	0,07908	0,08059	0,0908	0,11203
1368	0,0691	0,07884	0,08034	0,09061	0,11179
1369	0,0692	0,07885	0,08031	0,09047	0,11178
1370	0,0689	0,07858	0,08073	0,0904	0,11159
1371	0,069	0,07837	0,08085	0,09031	0,11148
1372	0,0689	0,07845	0,08088	0,09027	0,11138
1373	0,0689	0,07843	0,08082	0,09037	0,11132
1374	0,0689	0,07847	0,08084	0,09037	0,11099
1375	0,0689	0,07848	0,0808	0,09	0,11081
1376	0,069	0,07857	0,08075	0,08999	0,11098
1377	0,0687	0,07851	0,08078	0,08995	0,11103
1378	0,0689	0,07853	0,0808	0,08987	0,11069
1379	0,0691	0,07838	0,08088	0,08985	0,11084
1380	0,069	0,07837	0,08085	0,08993	0,11082
1381	0,0692	0,0785	0,08045	0,08978	0,11087
1382	0,0692	0,07836	0,0804	0,08976	0,11083
1383	0,0693	0,07845	0,08031	0,08937	0,11086
1384	0,0692	0,07846	0,08031	0,08901	0,11085
1385	0,0692	0,0787	0,08048	0,089	0,11084
1386	0,0688	0,07856	0,08053	0,08894	0,11115
1387	0,0686	0,07843	0,08015	0,08893	0,11102
1388	0,0688	0,07828	0,08001	0,08893	0,11079
1389	0,0688	0,07829	0,0797	0,08877	0,11093
1390	0,069	0,07835	0,0796	0,08892	0,11085
1391	0,0688	0,07848	0,0792	0,08881	0,11065
1392	0,0687	0,07831	0,07916	0,08852	0,11055
1393	0,0687	0,07845	0,07904	0,08829	0,11037
1394	0,0687	0,07825	0,07887	0,0884	0,11

Ek 3.'ün devamı

1395	0,0687	0,0782	0,0786	0,08825	0,10953
1396	0,0687	0,07786	0,07851	0,08803	0,10929
1397	0,0689	0,07753	0,0784	0,08803	0,10869
1398	0,0689	0,07734	0,07847	0,08746	0,10847
1399	0,0686	0,07709	0,07846	0,08709	0,1081
1400	0,0686	0,07677	0,07856	0,08701	0,10763
1401	0,0682	0,07662	0,07834	0,08689	0,10731
1402	0,0682	0,07607	0,07861	0,08664	0,10703
1403	0,0683	0,0758	0,07855	0,08645	0,10676
1404	0,0682	0,07549	0,07808	0,08635	0,10622
1405	0,0679	0,07539	0,07779	0,08649	0,1059
1406	0,0678	0,07532	0,07759	0,08662	0,1058
1407	0,0678	0,07523	0,07725	0,08662	0,10553
1408	0,0678	0,07513	0,07694	0,0865	0,10542
1409	0,0678	0,07518	0,07667	0,08661	0,10487
1410	0,068	0,07521	0,07634	0,08657	0,1045
1411	0,0678	0,07515	0,0759	0,08649	0,10416
1412	0,0677	0,07507	0,07569	0,08604	0,10369
1413	0,0678	0,07499	0,07543	0,08561	0,10346
1414	0,0677	0,07496	0,07525	0,08575	0,10299
1415	0,0676	0,07493	0,07541	0,08554	0,10277
1416	0,0678	0,07473	0,07511	0,08513	0,10282
1417	0,0678	0,07442	0,07476	0,08477	0,10233
1418	0,0678	0,0741	0,0746	0,0846	0,10219
1419	0,0677	0,07411	0,07423	0,08429	0,1019
1420	0,0678	0,07411	0,0742	0,08385	0,10178
1421	0,0677	0,07406	0,07398	0,08344	0,10146
1422	0,0678	0,07405	0,07395	0,08313	0,10138
1423	0,0677	0,07381	0,0739	0,08279	0,10129
1424	0,0677	0,07359	0,07363	0,08302	0,10109
1425	0,0678	0,07344	0,07342	0,08293	0,10097
1426	0,0677	0,07328	0,07334	0,0828	0,10089
1427	0,0677	0,07312	0,07325	0,08283	0,10032
1428	0,0678	0,07309	0,07336	0,08241	0,10028
1429	0,0681	0,07292	0,07306	0,08207	0,09977
1430	0,0682	0,07264	0,0729	0,08184	0,0996
1431	0,068	0,07178	0,07265	0,08183	0,09915
1432	0,068	0,07147	0,07265	0,08184	0,09905
1433	0,0678	0,07123	0,07222	0,08176	0,09865
1434	0,0679	0,07123	0,07179	0,08166	0,0984
1435	0,0678	0,07118	0,07177	0,08112	0,09797
1436	0,0674	0,0712	0,07155	0,08087	0,09747
1437	0,0671	0,0709	0,07092	0,08083	0,09704
1438	0,0665	0,07059	0,0709	0,08043	0,09682
1439	0,0664	0,07036	0,0706	0,08064	0,09663
1440	0,0661	0,07038	0,07029	0,08074	0,09644
1441	0,066	0,07027	0,0704	0,08064	0,09573
1442	0,066	0,07072	0,07024	0,08068	0,09533
1443	0,0661	0,07076	0,06989	0,08054	0,09473
1444	0,0662	0,07091	0,07005	0,08022	0,09473
1445	0,0665	0,07064	0,06998	0,08036	0,09436
1446	0,0667	0,07045	0,06964	0,08033	0,09402
1447	0,0669	0,0703	0,06962	0,07994	0,09371
1448	0,0673	0,07053	0,0696	0,07942	0,09338
1449	0,0675	0,0708	0,06962	0,07927	0,09294

Ek 3.'ün devamı

1450	0,0672	0,07066	0,06957	0,07887	0,09247
1451	0,0673	0,07046	0,06993	0,07861	0,0923
1452	0,0668	0,07055	0,06984	0,07875	0,09256
1453	0,0667	0,07028	0,06982	0,07849	0,09291
1454	0,0666	0,07036	0,06995	0,0786	0,09293
1455	0,0664	0,06993	0,06985	0,07887	0,09275
1456	0,0658	0,07008	0,07	0,07873	0,09274
1457	0,0656	0,07049	0,07014	0,07908	0,0927
1458	0,0655	0,07049	0,07016	0,07949	0,09287
1459	0,065	0,07021	0,07037	0,07964	0,09295
1460	0,0651	0,07009	0,07013	0,07957	0,09304
1461	0,0651	0,07008	0,07011	0,07965	0,09337
1462	0,0651	0,07018	0,06982	0,0796	0,09324
1463	0,0653	0,0701	0,07	0,07942	0,09317
1464	0,0651	0,07009	0,07005	0,07926	0,09264
1465	0,0649	0,07001	0,07034	0,07915	0,09264
1466	0,0651	0,07017	0,07032	0,07882	0,09253
1467	0,0657	0,07024	0,0704	0,07875	0,09237
1468	0,0655	0,06974	0,07055	0,07823	0,09206
1469	0,0654	0,06955	0,07032	0,07783	0,0917
1470	0,0655	0,06964	0,06979	0,07814	0,09176
1471	0,0656	0,06966	0,06976	0,07834	0,09182
1472	0,0656	0,06986	0,06994	0,07842	0,09133
1473	0,0654	0,06982	0,0703	0,07841	0,09119
1474	0,0655	0,06969	0,07	0,07825	0,09101
1475	0,0658	0,06988	0,06971	0,07809	0,09128
1476	0,0662	0,06974	0,0694	0,07775	0,09135
1477	0,066	0,06961	0,06924	0,07784	0,09148
1478	0,0657	0,06946	0,06895	0,07799	0,09151
1479	0,0659	0,06964	0,06905	0,07831	0,09175
1480	0,066	0,06961	0,06899	0,07842	0,09192
1481	0,0663	0,0695	0,06929	0,07788	0,0918
1482	0,0666	0,0692	0,06949	0,07776	0,09157
1483	0,0667	0,06887	0,06943	0,0775	0,0917
1484	0,0668	0,06888	0,0693	0,07718	0,0918
1485	0,0667	0,06922	0,06938	0,07733	0,09188
1486	0,0666	0,06915	0,06943	0,0773	0,09185
1487	0,0661	0,06892	0,0692	0,07723	0,09185
1488	0,0661	0,06891	0,0694	0,07716	0,09182
1489	0,0658	0,06888	0,06965	0,07719	0,09164
1490	0,0658	0,06893	0,06934	0,07682	0,09161
1491	0,0657	0,06896	0,06921	0,07681	0,09173
1492	0,0655	0,06908	0,06939	0,07715	0,09183
1493	0,0651	0,0689	0,06919	0,07715	0,09209
1494	0,065	0,06933	0,06936	0,07733	0,09201
1495	0,0649	0,06925	0,0692	0,07755	0,09234
1496	0,0651	0,06906	0,06915	0,07746	0,0926
1497	0,0651	0,06898	0,06933	0,0776	0,0926
1498	0,0651	0,06932	0,06966	0,07769	0,09254
1499	0,0654	0,06929	0,06959	0,07749	0,09245
1500	0,0654	0,06923	0,06953	0,07727	0,09276
1501	0,0652	0,06912	0,06978	0,07748	0,09267
1502	0,0653	0,06909	0,06979	0,07748	0,09267
1503	0,0652	0,06916	0,06978	0,07721	0,09252
1504	0,0653	0,06961	0,06985	0,07739	0,09254

Ek 3.'ün devamı

1505	0,0653	0,06929	0,0696	0,07766	0,09285
1506	0,0653	0,06952	0,06975	0,07778	0,09245
1507	0,065	0,06962	0,06977	0,07786	0,09219
1508	0,0651	0,06977	0,0698	0,07815	0,09229
1509	0,0652	0,06982	0,06967	0,07832	0,09235
1510	0,065	0,06983	0,06967	0,07848	0,09229
1511	0,0651	0,07009	0,06984	0,07829	0,09209
1512	0,0653	0,0703	0,0693	0,07841	0,0923
1513	0,0649	0,07016	0,06937	0,07835	0,09216
1514	0,065	0,07021	0,06947	0,0786	0,0923
1515	0,065	0,06994	0,06949	0,07853	0,09206
1516	0,0646	0,07002	0,06951	0,07847	0,0923
1517	0,0647	0,06993	0,06936	0,07842	0,09264
1518	0,0646	0,06982	0,06928	0,07798	0,09262
1519	0,0646	0,06955	0,06921	0,07765	0,09283
1520	0,0648	0,0693	0,0693	0,07753	0,09255
1521	0,0649	0,0695	0,06921	0,07766	0,09276
1522	0,0646	0,06917	0,06902	0,0778	0,09276
1523	0,0646	0,06895	0,06914	0,07784	0,09277
1524	0,0647	0,06935	0,06924	0,07797	0,09291
1525	0,0648	0,069	0,06888	0,07781	0,09278
1526	0,0648	0,06939	0,06881	0,07762	0,09263
1527	0,0648	0,06923	0,06903	0,07741	0,09214
1528	0,0646	0,0692	0,06892	0,07752	0,09186
1529	0,0648	0,06931	0,06901	0,0776	0,0919
1530	0,0647	0,06971	0,06909	0,07783	0,09185
1531	0,0645	0,0696	0,06899	0,07797	0,09191
1532	0,0645	0,06909	0,0688	0,07786	0,09171
1533	0,065	0,06932	0,06886	0,07806	0,09168
1534	0,0648	0,06933	0,06903	0,07739	0,09149
1535	0,0651	0,06926	0,06947	0,07711	0,09167
1536	0,0645	0,06917	0,06935	0,07683	0,0915
1537	0,0647	0,06883	0,06948	0,07663	0,09191
1538	0,0651	0,06911	0,06911	0,07689	0,09219
1539	0,0652	0,06904	0,06929	0,0764	0,09226
1540	0,0649	0,06898	0,06919	0,07657	0,0923
1541	0,0649	0,06855	0,06926	0,07621	0,09199
1542	0,0649	0,06874	0,06924	0,0759	0,09209
1543	0,0647	0,06908	0,06952	0,0758	0,09209
1544	0,0642	0,0688	0,06928	0,07537	0,092
1545	0,0642	0,06894	0,06928	0,07588	0,09204
1546	0,064	0,06858	0,06912	0,07551	0,09204
1547	0,0643	0,06861	0,06957	0,07578	0,09206
1548	0,0641	0,0686	0,06959	0,07577	0,09215
1549	0,0639	0,06857	0,06972	0,07543	0,09203
1550	0,0641	0,06866	0,0697	0,07558	0,09193
1551	0,0642	0,06855	0,06986	0,07539	0,0917
1552	0,0638	0,0686	0,0698	0,07508	0,0918
1553	0,0638	0,06867	0,07006	0,07483	0,092
1554	0,0641	0,06862	0,07006	0,07482	0,09176
1555	0,0641	0,06856	0,07004	0,07518	0,09174
1556	0,0644	0,06846	0,06976	0,07478	0,09166
1557	0,0644	0,0685	0,0695	0,07524	0,09132
1558	0,0644	0,06869	0,06921	0,07495	0,09135
1559	0,0644	0,06886	0,0693	0,07517	0,09127

Ek 3.'ün devamı

1560	0,0644	0,0687	0,06945	0,07539	0,09119
1561	0,0642	0,06856	0,06949	0,07532	0,09135
1562	0,0643	0,06819	0,0694	0,07531	0,0919
1563	0,0648	0,06837	0,06929	0,0757	0,09218
1564	0,0651	0,06846	0,06887	0,07594	0,09221
1565	0,0646	0,06839	0,06896	0,07595	0,09245
1566	0,0648	0,06894	0,06903	0,07569	0,09256
1567	0,0648	0,06858	0,06923	0,07603	0,09243
1568	0,0648	0,06898	0,06945	0,0756	0,0927
1569	0,0649	0,06898	0,06961	0,07586	0,09285
1570	0,065	0,06927	0,06967	0,07564	0,09258
1571	0,0653	0,06921	0,06964	0,07516	0,09264
1572	0,0651	0,0694	0,06969	0,07529	0,09226
1573	0,0651	0,06966	0,06961	0,07542	0,0915
1574	0,0649	0,06921	0,06976	0,07542	0,09146
1575	0,0643	0,06901	0,0697	0,07574	0,09149
1576	0,0646	0,06904	0,06967	0,07593	0,09156
1577	0,0645	0,06887	0,06964	0,07591	0,09159
1578	0,0643	0,06929	0,06957	0,07609	0,09183
1579	0,0642	0,06899	0,06926	0,07608	0,09162
1580	0,0643	0,06885	0,06908	0,07588	0,09155
1581	0,0643	0,06841	0,06857	0,07585	0,09162
1582	0,0639	0,0683	0,0682	0,07596	0,09151
1583	0,0641	0,06803	0,06785	0,07609	0,09153
1584	0,064	0,06801	0,0675	0,07627	0,09155
1585	0,0641	0,06824	0,06736	0,07607	0,09116
1586	0,0642	0,06818	0,06749	0,07566	0,09119
1587	0,0645	0,06821	0,06723	0,07533	0,09092
1588	0,0645	0,06805	0,06727	0,07552	0,09099
1589	0,0644	0,06781	0,06748	0,07528	0,09095
1590	0,0645	0,06789	0,06765	0,07553	0,09063
1591	0,0645	0,06801	0,06769	0,07554	0,09064
1592	0,0642	0,06812	0,0681	0,07586	0,09085
1593	0,0643	0,06811	0,06801	0,07592	0,0906
1594	0,0642	0,06802	0,06809	0,0756	0,09083
1595	0,064	0,06799	0,0683	0,07523	0,09127
1596	0,0641	0,06775	0,06809	0,07515	0,09133
1597	0,0641	0,06786	0,06812	0,07531	0,09082
1598	0,0639	0,06777	0,06811	0,07558	0,09077
1599	0,0636	0,06764	0,06835	0,0751	0,09053
1600	0,0636	0,06762	0,06801	0,07474	0,09056
1601	0,0637	0,06772	0,06807	0,07455	0,09094
1602	0,0639	0,06737	0,06768	0,07466	0,09114
1603	0,0642	0,06716	0,06734	0,07445	0,09104
1604	0,0646	0,06711	0,06756	0,07414	0,09147
1605	0,0643	0,06721	0,06762	0,07443	0,09166
1606	0,0647	0,06754	0,06762	0,07466	0,0916
1607	0,0645	0,06787	0,06799	0,07484	0,0913
1608	0,0645	0,06771	0,06791	0,07482	0,09199
1609	0,0643	0,06764	0,06755	0,07467	0,09206
1610	0,0647	0,06732	0,06727	0,07506	0,09241
1611	0,0646	0,0677	0,06754	0,07527	0,09241
1612	0,064	0,06734	0,06731	0,0752	0,09241
1613	0,0639	0,06765	0,06759	0,075	0,09255
1614	0,0639	0,06771	0,06732	0,07503	0,09241

Ek 3.'ün devamı

1615	0,0636	0,06759	0,06696	0,07518	0,09247
1616	0,064	0,06783	0,06684	0,07529	0,09232
1617	0,0639	0,06775	0,06704	0,07522	0,09214
1618	0,064	0,06796	0,06708	0,0757	0,09248
1619	0,0641	0,06824	0,06727	0,07562	0,09195
1620	0,0646	0,06851	0,06797	0,07535	0,09218
1621	0,0646	0,06905	0,06777	0,07524	0,09197
1622	0,0644	0,06886	0,06766	0,07525	0,09259
1623	0,0647	0,06913	0,06769	0,07557	0,09262
1624	0,0649	0,06944	0,06791	0,07573	0,09257
1625	0,0646	0,06964	0,06861	0,07571	0,09249
1626	0,0647	0,06984	0,06918	0,07625	0,09228
1627	0,0646	0,06985	0,06931	0,07578	0,09242
1628	0,0645	0,06973	0,06933	0,07587	0,09244
1629	0,0646	0,06963	0,0689	0,07576	0,09196
1630	0,0646	0,06931	0,06857	0,07565	0,09217
1631	0,0643	0,06926	0,06843	0,07569	0,09225
1632	0,064	0,06896	0,0689	0,07547	0,09259
1633	0,0643	0,06886	0,06905	0,07558	0,09193
1634	0,0647	0,0692	0,0692	0,0752	0,09169
1635	0,0645	0,06868	0,06919	0,07537	0,09125
1636	0,0647	0,06884	0,0691	0,07503	0,09138
1637	0,0646	0,06827	0,06898	0,0744	0,0913
1638	0,0649	0,06779	0,06928	0,07487	0,09153
1639	0,065	0,06795	0,06934	0,07486	0,09133
1640	0,0651	0,06798	0,06942	0,07465	0,09178
1641	0,065	0,06793	0,06967	0,07444	0,09167
1642	0,065	0,06806	0,06966	0,07463	0,09174
1643	0,0653	0,06782	0,06926	0,07495	0,09109
1644	0,0649	0,06793	0,06903	0,07481	0,09112
1645	0,0647	0,06731	0,06898	0,07498	0,0914
1646	0,0648	0,06789	0,06864	0,07526	0,09169
1647	0,0646	0,06756	0,06888	0,07551	0,09175
1648	0,0649	0,06794	0,06909	0,07563	0,09176
1649	0,0645	0,06868	0,06901	0,07522	0,09136
1650	0,0645	0,06844	0,06895	0,07506	0,0914
1651	0,0642	0,06837	0,06931	0,07493	0,09132
1652	0,064	0,0683	0,06955	0,07522	0,09137
1653	0,0643	0,06773	0,06962	0,0752	0,09129
1654	0,0639	0,06793	0,06983	0,07513	0,09171
1655	0,0639	0,06799	0,07016	0,07524	0,09179
1656	0,0637	0,06815	0,07003	0,07499	0,09194
1657	0,0636	0,0676	0,07026	0,07469	0,09186
1658	0,064	0,06768	0,06968	0,07523	0,09168
1659	0,0639	0,06783	0,06955	0,076	0,09208
1660	0,064	0,0675	0,06975	0,07611	0,09213
1661	0,0638	0,06772	0,06984	0,076	0,09246
1662	0,0636	0,06796	0,06997	0,07571	0,09239
1663	0,0635	0,06805	0,06956	0,07563	0,09271
1664	0,0635	0,06816	0,06979	0,07583	0,09281
1665	0,0635	0,06835	0,06989	0,07585	0,09299
1666	0,0637	0,06821	0,06954	0,07541	0,09288
1667	0,0639	0,06798	0,06996	0,07548	0,09218
1668	0,0635	0,06789	0,07012	0,07519	0,0923
1669	0,0633	0,06815	0,06988	0,07491	0,09248

Ek 3.'ün devamı

1670	0,0633	0,06839	0,06968	0,07441	0,0919
1671	0,0636	0,0682	0,0694	0,07446	0,09198
1672	0,0636	0,06823	0,06952	0,07398	0,09214
1673	0,064	0,06784	0,06915	0,07477	0,09269
1674	0,0643	0,0677	0,06934	0,07526	0,09216
1675	0,0643	0,06778	0,06928	0,07462	0,0921
1676	0,0644	0,06768	0,06863	0,07428	0,09173
1677	0,0642	0,06744	0,06867	0,07475	0,09164
1678	0,0643	0,06776	0,06857	0,07488	0,09185
1679	0,0646	0,06826	0,06819	0,07488	0,09161
1680	0,0644	0,06802	0,06855	0,07499	0,09109
1681	0,0636	0,06823	0,06896	0,07503	0,09166
1682	0,0636	0,06811	0,06861	0,07477	0,09169
1683	0,0639	0,06779	0,0682	0,07559	0,0919
1684	0,0643	0,06766	0,06807	0,075	0,09146
1685	0,0643	0,06784	0,06792	0,07446	0,09156
1686	0,0643	0,06833	0,06764	0,07487	0,09133
1687	0,0643	0,06832	0,06836	0,07456	0,09127
1688	0,0648	0,0688	0,06832	0,07469	0,09178
1689	0,0644	0,06898	0,06762	0,07445	0,09188
1690	0,0642	0,06883	0,06783	0,07444	0,09198
1691	0,0642	0,06883	0,06795	0,0739	0,09235
1692	0,0646	0,06863	0,0671	0,07391	0,092
1693	0,0643	0,06867	0,0672	0,0742	0,09205
1694	0,0637	0,06872	0,06743	0,07428	0,09108
1695	0,0633	0,06916	0,06739	0,07456	0,09104
1696	0,0635	0,06878	0,06765	0,07452	0,09092
1697	0,0632	0,0682	0,06791	0,07427	0,09091
1698	0,0633	0,06821	0,06746	0,07509	0,09056
1699	0,0632	0,06732	0,06737	0,07486	0,08987
1700	0,0634	0,06748	0,06747	0,07549	0,0901
1701	0,0635	0,06743	0,06776	0,07531	0,08992
1702	0,0631	0,06733	0,06776	0,07511	0,0894
1703	0,0631	0,0673	0,06784	0,07449	0,08909
1704	0,0631	0,06712	0,06737	0,07435	0,08864
1705	0,0634	0,06697	0,06692	0,07378	0,08884
1706	0,0631	0,06672	0,06696	0,07346	0,08878
1707	0,0627	0,0669	0,06671	0,07354	0,08871
1708	0,0624	0,0672	0,06627	0,07347	0,08897
1709	0,0623	0,0672	0,06654	0,0732	0,08918
1710	0,062	0,06791	0,06649	0,07268	0,08918
1711	0,0625	0,06755	0,06655	0,0724	0,08937
1712	0,0621	0,06759	0,06677	0,07279	0,08992
1713	0,0625	0,06783	0,06615	0,07278	0,09061
1714	0,0627	0,0677	0,06683	0,07306	0,09041
1715	0,0632	0,06761	0,06765	0,0731	0,09031
1716	0,0633	0,06805	0,06844	0,07371	0,09032
1717	0,0635	0,06827	0,06858	0,07382	0,09021
1718	0,0636	0,06834	0,06816	0,0736	0,09066
1719	0,064	0,06794	0,06814	0,07402	0,09041
1720	0,0642	0,06842	0,06854	0,07417	0,09069
1721	0,0646	0,06851	0,06825	0,07449	0,09092
1722	0,065	0,06873	0,06837	0,07415	0,09036
1723	0,0652	0,06902	0,06748	0,07394	0,0903
1724	0,0656	0,06828	0,06786	0,07398	0,0901

Ek 3.'ün devamı

1725	0,0658	0,06833	0,06747	0,07472	0,09042
1726	0,0657	0,068	0,06717	0,07473	0,09085
1727	0,0658	0,06778	0,06632	0,07437	0,09082
1728	0,0661	0,06749	0,06607	0,07427	0,09097
1729	0,0665	0,06798	0,06639	0,07464	0,09055
1730	0,0662	0,06811	0,06629	0,07453	0,09014
1731	0,0665	0,06778	0,06549	0,07481	0,08982
1732	0,066	0,06791	0,06547	0,07507	0,08939
1733	0,0655	0,06742	0,06556	0,07515	0,08984
1734	0,0655	0,06725	0,06549	0,07519	0,08953
1735	0,0656	0,06758	0,06511	0,07516	0,08971
1736	0,0654	0,06757	0,0651	0,07438	0,08969
1737	0,0649	0,06822	0,06482	0,07476	0,08968
1738	0,065	0,06795	0,06516	0,07431	0,08946
1739	0,0646	0,06773	0,06512	0,07452	0,08909
1740	0,0644	0,06678	0,06482	0,07417	0,08942
1741	0,0645	0,06658	0,06471	0,07377	0,09001
1742	0,0639	0,06654	0,06448	0,07283	0,09031
1743	0,0647	0,06597	0,06466	0,07287	0,0903
1744	0,0644	0,06609	0,06471	0,07337	0,08973
1745	0,0643	0,06561	0,06531	0,07348	0,09002
1746	0,0639	0,0661	0,06564	0,07391	0,08945
1747	0,0638	0,06566	0,06602	0,07327	0,08881
1748	0,064	0,06586	0,06562	0,07294	0,08859
1749	0,0638	0,06594	0,06561	0,07316	0,08877
1750	0,0643	0,06606	0,06594	0,07258	0,08918
1751	0,064	0,06691	0,06653	0,07283	0,08842
1752	0,0641	0,06617	0,06646	0,07346	0,08798
1753	0,0642	0,06593	0,06656	0,07406	0,08761
1754	0,0634	0,06607	0,06654	0,07383	0,08785
1755	0,0637	0,06592	0,06643	0,07331	0,08763
1756	0,0639	0,06594	0,06674	0,07323	0,08739
1757	0,0642	0,06564	0,06653	0,07313	0,08741
1758	0,0644	0,0658	0,06569	0,07415	0,08787
1759	0,0643	0,06526	0,06653	0,07348	0,08802
1760	0,0641	0,06514	0,06633	0,07359	0,08849
1761	0,0635	0,06532	0,06612	0,07433	0,08748
1762	0,0641	0,06514	0,06619	0,07421	0,08803
1763	0,0642	0,06575	0,06655	0,07375	0,08858
1764	0,0641	0,06551	0,06731	0,07389	0,08893
1765	0,0645	0,06548	0,06774	0,07347	0,08848
1766	0,0643	0,06564	0,06736	0,07387	0,08862
1767	0,0633	0,06628	0,06635	0,07369	0,08843
1768	0,0634	0,06643	0,06625	0,07332	0,08892
1769	0,0629	0,06648	0,06669	0,07269	0,08966
1770	0,0631	0,06702	0,06666	0,0733	0,08964
1771	0,0632	0,06686	0,06634	0,07358	0,08905
1772	0,0635	0,0665	0,06649	0,07289	0,08942
1773	0,0632	0,06625	0,06562	0,07276	0,08934
1774	0,0627	0,06663	0,0659	0,07304	0,08817
1775	0,0628	0,06694	0,06552	0,07318	0,08762
1776	0,0629	0,06755	0,06562	0,07385	0,08873
1777	0,0633	0,06776	0,06621	0,07415	0,08867
1778	0,0639	0,06731	0,06739	0,07442	0,08881
1779	0,0637	0,06725	0,06755	0,07483	0,08891

Ek 3.'ün devamı

1780	0,0643	0,06756	0,06782	0,07525	0,08838
1781	0,0644	0,06717	0,06743	0,0751	0,0886
1782	0,0645	0,06762	0,06791	0,07472	0,08855
1783	0,0646	0,06753	0,06787	0,07539	0,08885
1784	0,0642	0,06797	0,06835	0,0758	0,08888
1785	0,0649	0,06769	0,06802	0,07553	0,08979
1786	0,0649	0,06799	0,06795	0,07448	0,08999
1787	0,0648	0,0678	0,06739	0,07417	0,08952
1788	0,0644	0,06741	0,06765	0,0745	0,09014
1789	0,0647	0,067	0,06732	0,07463	0,0899
1790	0,0643	0,06631	0,06733	0,07524	0,08925
1791	0,064	0,06618	0,06688	0,07636	0,0891
1792	0,0638	0,06649	0,06726	0,07633	0,08921
1793	0,0629	0,06621	0,06714	0,07613	0,08915
1794	0,063	0,06708	0,06705	0,07636	0,08989
1795	0,0637	0,06649	0,0673	0,07588	0,0897
1796	0,0626	0,06678	0,06685	0,07583	0,08907
1797	0,0627	0,0668	0,06657	0,07623	0,08898
1798	0,0629	0,0662	0,06551	0,07579	0,08834
1799	0,0634	0,06726	0,06453	0,07463	0,08846
1800	0,0642	0,06761	0,06417	0,07407	0,08897
1801	0,0645	0,06851	0,06417	0,07298	0,08932
1802	0,064	0,06804	0,06445	0,07167	0,09049
1803	0,0637	0,0679	0,06485	0,0719	0,09077
1804	0,0646	0,06854	0,0653	0,07161	0,09012
1805	0,0648	0,06703	0,06554	0,07088	0,08995
1806	0,0651	0,06636	0,06526	0,07103	0,08968
1807	0,0668	0,06662	0,06513	0,07086	0,09001
1808	0,0672	0,06684	0,06591	0,07168	0,09031
1809	0,0669	0,06691	0,0674	0,07276	0,09111
1810	0,0666	0,06634	0,06842	0,07348	0,09067
1811	0,0663	0,06599	0,06828	0,07374	0,09012
1812	0,0664	0,0655	0,06849	0,07413	0,08981
1813	0,0672	0,066	0,06917	0,07373	0,08925
1814	0,0682	0,06603	0,06848	0,07408	0,08894
1815	0,0678	0,06566	0,06863	0,07439	0,08997
1816	0,0674	0,06661	0,06868	0,07458	0,08978
1817	0,066	0,06781	0,06854	0,07519	0,08992
1818	0,0653	0,06727	0,06976	0,07532	0,08996
1819	0,065	0,06698	0,06945	0,07408	0,08989
1820	0,0655	0,06704	0,06962	0,07312	0,08963
1821	0,0654	0,06635	0,0694	0,07285	0,08991
1822	0,0646	0,06667	0,0697	0,07361	0,09051
1823	0,0641	0,06667	0,07036	0,07423	0,09057
1824	0,0636	0,06579	0,07045	0,07552	0,08935
1825	0,0631	0,06508	0,07028	0,07538	0,0896
1826	0,0633	0,06496	0,0694	0,07444	0,09025
1827	0,0632	0,06522	0,06992	0,07459	0,09009
1828	0,0638	0,06449	0,07047	0,07434	0,09013
1829	0,0643	0,06504	0,06957	0,07369	0,09005
1830	0,0642	0,06499	0,06928	0,07422	0,09034
1831	0,0636	0,06513	0,06793	0,07398	0,09026
1832	0,0639	0,06575	0,06772	0,07392	0,09064
1833	0,0635	0,06574	0,06772	0,07378	0,09029
1834	0,0633	0,06571	0,06693	0,07335	0,09014

Ek 3.'ün devamı

1835	0,0628	0,06678	0,0666	0,07247	0,09094
1836	0,0632	0,06781	0,06654	0,0724	0,09034
1837	0,063	0,06691	0,06667	0,07338	0,08949
1838	0,0634	0,0667	0,06496	0,07354	0,08984
1839	0,0635	0,06697	0,0646	0,07343	0,09045
1840	0,0635	0,06678	0,0651	0,07443	0,09027
1841	0,0633	0,06676	0,06591	0,07417	0,09138
1842	0,0632	0,06702	0,06797	0,07497	0,09171
1843	0,0633	0,06657	0,06816	0,07587	0,09175
1844	0,0632	0,06658	0,06782	0,07556	0,09172
1845	0,0633	0,06654	0,06828	0,07489	0,09349
1846	0,0642	0,06714	0,06794	0,07477	0,09343
1847	0,0638	0,06615	0,06845	0,07444	0,09381
1848	0,0644	0,06712	0,06795	0,07399	0,09262
1849	0,0643	0,06679	0,06858	0,07409	0,09246
1850	0,0638	0,06676	0,06864	0,07448	0,09232
1851	0,0629	0,06646	0,06757	0,07454	0,09221
1852	0,0631	0,06635	0,06765	0,07588	0,0918
1853	0,0633	0,06589	0,0663	0,0767	0,09139
1854	0,0625	0,06717	0,06606	0,07674	0,09117
1855	0,063	0,06778	0,06524	0,07654	0,09042
1856	0,0627	0,06831	0,06469	0,07786	0,08974
1857	0,0621	0,06762	0,06537	0,07719	0,09038
1858	0,0622	0,06857	0,06452	0,07716	0,09021
1859	0,062	0,06834	0,06434	0,07763	0,09153
1860	0,0616	0,06826	0,06391	0,07658	0,09181
1861	0,0621	0,06886	0,06402	0,07559	0,09181
1862	0,063	0,06925	0,06477	0,07569	0,09259
1863	0,0629	0,06945	0,06541	0,07456	0,09193
1864	0,0628	0,06991	0,06549	0,07396	0,09235
1865	0,0627	0,06862	0,06674	0,07307	0,09212
1866	0,0632	0,06808	0,06789	0,07354	0,0927
1867	0,0646	0,06669	0,06738	0,07259	0,09202
1868	0,0653	0,06693	0,06665	0,07372	0,09147
1869	0,0651	0,06641	0,06806	0,07313	0,09149
1870	0,0644	0,06677	0,06898	0,07367	0,09197
1871	0,0649	0,06762	0,06936	0,0748	0,09177
1872	0,0646	0,06678	0,06995	0,0746	0,09122
1873	0,0641	0,06587	0,07104	0,07387	0,09148
1874	0,0642	0,0663	0,06968	0,07378	0,09157
1875	0,0637	0,0662	0,07031	0,07321	0,09173
1876	0,0644	0,06673	0,06847	0,07414	0,09173
1877	0,0643	0,0665	0,06868	0,07348	0,09221
1878	0,0633	0,06725	0,06953	0,07374	0,09202
1879	0,0628	0,06724	0,0685	0,07341	0,09162
1880	0,0631	0,06813	0,06695	0,07381	0,09185
1881	0,0644	0,06754	0,06777	0,07423	0,09093
1882	0,0638	0,06706	0,06766	0,07395	0,08991
1883	0,0644	0,06732	0,06756	0,07447	0,08995
1884	0,065	0,06748	0,06617	0,07549	0,08929
1885	0,066	0,06745	0,06568	0,07614	0,0894
1886	0,0669	0,06737	0,06465	0,0759	0,09002
1887	0,0663	0,06685	0,06537	0,07394	0,0903
1888	0,0661	0,06621	0,06456	0,07481	0,09013
1889	0,0674	0,06576	0,06401	0,07485	0,09002

Ek 3.'ün devamı

1890	0,0675	0,06604	0,06502	0,07463	0,08981
1891	0,0671	0,06544	0,06416	0,07504	0,08952
1892	0,0648	0,0666	0,06401	0,07412	0,08949
1893	0,0656	0,06653	0,06313	0,07343	0,09031
1894	0,0658	0,06664	0,06328	0,07424	0,0902
1895	0,0641	0,06713	0,06404	0,07287	0,08955
1896	0,0624	0,06615	0,06468	0,07199	0,08856
1897	0,0613	0,06529	0,06609	0,07218	0,08718
1898	0,0609	0,06586	0,0656	0,07274	0,08631
1899	0,0621	0,0657	0,06633	0,07181	0,08584
1900	0,0599	0,06653	0,06616	0,07158	0,08625
1901	0,0605	0,0652	0,06617	0,07153	0,08611
1902	0,0613	0,06381	0,06701	0,07098	0,08507
1903	0,0626	0,06232	0,06613	0,07111	0,08503
1904	0,0615	0,06139	0,06718	0,07174	0,08389
1905	0,0607	0,06053	0,06585	0,07136	0,08277
1906	0,0615	0,05955	0,06639	0,07153	0,08161
1907	0,0617	0,05889	0,06538	0,07162	0,0802
1908	0,0621	0,05847	0,06219	0,06997	0,08121
1909	0,0639	0,05598	0,06279	0,06961	0,08021
1910	0,0632	0,05495	0,06379	0,06918	0,07978
1911	0,0646	0,05417	0,06369	0,06969	0,08021
1912	0,0625	0,05327	0,06317	0,06894	0,07888
1913	0,0623	0,05423	0,06447	0,06862	0,07984
1914	0,0633	0,05369	0,06353	0,06813	0,08079
1915	0,0638	0,05204	0,06125	0,06694	0,08091
1916	0,0633	0,05206	0,06052	0,06558	0,08167
1917	0,0629	0,05322	0,05911	0,06639	0,08147
1918	0,0631	0,05399	0,05829	0,06619	0,08279
1919	0,0639	0,05366	0,06037	0,0676	0,08255
1920	0,0635	0,05468	0,06058	0,06735	0,0835
1921	0,0645	0,05501	0,0584	0,06707	0,08286
1922	0,0637	0,05515	0,05731	0,0659	0,0801
1923	0,0636	0,05583	0,05837	0,0667	0,08118
1924	0,0615	0,054	0,05606	0,06386	0,07829
1925	0,06	0,05562	0,05721	0,06418	0,07653
1926	0,0597	0,0569	0,05851	0,06387	0,07763
1927	0,0602	0,05758	0,05944	0,06539	0,07792
1928	0,0615	0,05736	0,06039	0,06518	0,07851
1929	0,0613	0,05565	0,06166	0,06478	0,07749
1930	0,0612	0,05529	0,06169	0,06464	0,0754
1931	0,0598	0,05687	0,06083	0,06496	0,07435
1932	0,0572	0,05743	0,06077	0,06515	0,07495
1933	0,058	0,05729	0,06249	0,06565	0,07737
1934	0,06	0,05643	0,06055	0,0658	0,07786
1935	0,0608	0,05699	0,06237	0,06809	0,07871
1936	0,0606	0,05635	0,06161	0,06733	0,07827
1937	0,0625	0,0557	0,06357	0,06924	0,07647
1938	0,0622	0,05447	0,06298	0,06864	0,07846
1939	0,0601	0,05521	0,06215	0,06636	0,07965
1940	0,0608	0,05478	0,06036	0,0653	0,0815
1941	0,0606	0,05519	0,05985	0,06669	0,08256
1942	0,0621	0,05425	0,05927	0,06573	0,08349
1943	0,0632	0,05328	0,05988	0,06719	0,08235
1944	0,0621	0,05072	0,05968	0,06573	0,08169

Ek 3.'ün devamı

1945	0,0618	0,05135	0,05997	0,06377	0,08043
1946	0,0616	0,05055	0,05991	0,06446	0,08121
1947	0,0626	0,04894	0,061	0,06477	0,08105
1948	0,062	0,05001	0,061	0,06317	0,08102
1949	0,0615	0,0509	0,06383	0,06318	0,07834
1950	0,0624	0,04881	0,06427	0,06537	0,07834
1951	0,0617	0,05091	0,06431	0,06751	0,07712
1952	0,0622	0,05131	0,06591	0,06557	0,07699
1953	0,0608	0,05078	0,06734	0,06678	0,07762
1954	0,0608	0,05328	0,06831	0,06553	0,07825
1955	0,0611	0,05547	0,06768	0,06786	0,07729
1956	0,0593	0,05715	0,06846	0,06961	0,08003
1957	0,0587	0,05876	0,06855	0,06801	0,08034
1958	0,0584	0,0595	0,06793	0,06725	0,08256
1959	0,0577	0,06052	0,06519	0,06725	0,08393
1960	0,0591	0,05923	0,06263	0,06601	0,08231
1961	0,0597	0,06019	0,06084	0,06605	0,07979
1962	0,06	0,05991	0,06342	0,06777	0,07904
1963	0,0593	0,05945	0,06137	0,06862	0,08028
1964	0,0592	0,06015	0,06118	0,06917	0,07869
1965	0,0586	0,06024	0,05971	0,07031	0,07836
1966	0,0572	0,05931	0,06021	0,06853	0,07746
1967	0,0581	0,05852	0,05997	0,06824	0,07423
1968	0,0612	0,05945	0,0599	0,07016	0,07401
1969	0,0595	0,0603	0,05964	0,07016	0,07223
1970	0,0592	0,06025	0,06106	0,06892	0,07231
1971	0,0582	0,06099	0,05953	0,07004	0,07332
1972	0,0576	0,06172	0,05977	0,0691	0,07399
1973	0,0558	0,06158	0,05887	0,06774	0,07393
1974	0,0551	0,0623	0,06179	0,06763	0,074
1975	0,0557	0,06175	0,06024	0,06755	0,07466
1976	0,0565	0,06111	0,06006	0,06638	0,07452
1977	0,0587	0,06312	0,06108	0,06543	0,07536
1978	0,061	0,06291	0,06141	0,06585	0,07861
1979	0,0586	0,05965	0,06021	0,0671	0,07915
1980	0,0608	0,05905	0,05964	0,06924	0,07893
1981	0,0592	0,05728	0,05894	0,07111	0,07791
1982	0,0599	0,05646	0,0601	0,0707	0,08006
1983	0,0599	0,05463	0,06086	0,07135	0,08135
1984	0,0617	0,05707	0,06092	0,07043	0,08364
1985	0,063	0,05823	0,05892	0,06914	0,08155
1986	0,0633	0,05824	0,05805	0,06697	0,08138
1987	0,0629	0,05807	0,05806	0,06744	0,08271
1988	0,0621	0,05863	0,05352	0,06939	0,08485
1989	0,0606	0,05762	0,05142	0,07057	0,08251
1990	0,0631	0,05944	0,0519	0,06823	0,08186
1991	0,0633	0,06106	0,05269	0,0666	0,08344
1992	0,0623	0,06195	0,05308	0,06729	0,08404
1993	0,061	0,06198	0,05387	0,06748	0,08126
1994	0,0613	0,06198	0,05556	0,06617	0,08225
1995	0,0607	0,06004	0,05624	0,06604	0,08161
1996	0,0607	0,05934	0,05647	0,06783	0,08297
1997	0,0604	0,06005	0,05856	0,06775	0,08469
1998	0,06	0,06023	0,05862	0,06713	0,08252
1999	0,0606	0,057	0,06332	0,06605	0,0806

Ek 3.'ün devamı

2000	0,062	0,05648	0,06431	0,0644	0,08151
2001	0,0597	0,05798	0,06407	0,0652	0,08151
2002	0,0581	0,05686	0,06415	0,06703	0,0818
2003	0,0612	0,05792	0,06478	0,06764	0,08184
2004	0,0624	0,05762	0,06478	0,06663	0,0832
2005	0,0615	0,05816	0,06461	0,06921	0,08161
2006	0,0614	0,05811	0,0623	0,06965	0,08243
2007	0,0608	0,05727	0,0611	0,06932	0,08321
2008	0,0602	0,05627	0,05946	0,07182	0,08069
2009	0,061	0,05634	0,06012	0,071	0,08163
2010	0,0613	0,0594	0,05891	0,07344	0,08294
2011	0,0599	0,0624	0,06078	0,073	0,08208
2012	0,0592	0,06073	0,06	0,07215	0,08202
2013	0,0609	0,06022	0,05988	0,06994	0,08121
2014	0,0597	0,06056	0,05942	0,06708	0,08174
2015	0,0595	0,06205	0,05896	0,06982	0,08239
2016	0,0594	0,06406	0,05718	0,06701	0,08142
2017	0,0603	0,06452	0,05904	0,06492	0,0788
2018	0,0596	0,06486	0,05886	0,06415	0,07939
2019	0,0602	0,06568	0,06011	0,06351	0,08023
2020	0,0602	0,06512	0,05924	0,06425	0,08247
2021	0,0593	0,06317	0,05988	0,06086	0,08284
2022	0,0586	0,06208	0,05963	0,06306	0,08491
2023	0,0604	0,0615	0,06093	0,06374	0,08458
2024	0,0599	0,0615	0,06041	0,06294	0,08484
2025	0,059	0,06077	0,05985	0,066	0,08328
2026	0,0589	0,0609	0,05861	0,06476	0,08237
2027	0,0596	0,05959	0,05816	0,06585	0,08432
2028	0,0593	0,05899	0,05774	0,06612	0,0858
2029	0,0589	0,06046	0,05799	0,06593	0,08453
2030	0,0594	0,0581	0,05703	0,06498	0,08512
2031	0,0588	0,05758	0,05679	0,06428	0,08415
2032	0,0593	0,05886	0,05576	0,06577	0,08175
2033	0,0591	0,05868	0,05286	0,06444	0,08059
2034	0,0583	0,0602	0,05271	0,06321	0,08121
2035	0,0577	0,0597	0,054	0,06582	0,08118
2036	0,0581	0,05936	0,0552	0,0628	0,08208
2037	0,0576	0,05819	0,05634	0,06346	0,08268
2038	0,0569	0,05799	0,05655	0,06405	0,08163
2039	0,0558	0,05625	0,05584	0,06618	0,07999
2040	0,0572	0,0535	0,05571	0,06636	0,07887
2041	0,0557	0,05405	0,05604	0,0671	0,07734
2042	0,0538	0,05354	0,05625	0,06715	0,07625
2043	0,0539	0,05181	0,0534	0,06556	0,07642
2044	0,0529	0,05126	0,05602	0,06411	0,07535
2045	0,0522	0,05166	0,05677	0,06606	0,07421
2046	0,0529	0,05449	0,05605	0,06587	0,07468
2047	0,0522	0,05577	0,0549	0,06659	0,07265
2048	0,0524	0,05712	0,05507	0,06535	0,07171
2049	0,0525	0,05759	0,05589	0,06474	0,07252
2050	0,0534	0,05984	0,05583	0,06264	0,07352
2051	0,0543	0,06121	0,05829	0,06196	0,07514
2052	0,054	0,06369	0,06003	0,06227	0,0754
2053	0,0562	0,06515	0,05908	0,06485	0,07485
2054	0,0559	0,06555	0,06198	0,06648	0,07535

Ek 3.'ün devamı

2055	0,0569	0,06564	0,06377	0,06541	0,07507
2056	0,058	0,06518	0,06159	0,064	0,07621
2057	0,0572	0,06344	0,06053	0,06141	0,07583
2058	0,0596	0,06247	0,05934	0,06197	0,07835
2059	0,0595	0,06298	0,05813	0,06181	0,07852
2060	0,0596	0,06442	0,05579	0,06163	0,07762
2061	0,0597	0,06556	0,05494	0,06149	0,07634
2062	0,0573	0,06565	0,05201	0,06297	0,07655
2063	0,0583	0,06651	0,05125	0,0607	0,07488
2064	0,0581	0,06741	0,0532	0,05831	0,07585
2065	0,0579	0,06805	0,05387	0,05917	0,07698
2066	0,0563	0,069	0,05	0,06023	0,07785
2067	0,0562	0,07086	0,05101	0,05791	0,07904
2068	0,0561	0,06998	0,05241	0,0599	0,07834
2069	0,0551	0,0712	0,05373	0,05914	0,07888
2070	0,0549	0,07202	0,05501	0,05915	0,07767
2071	0,0576	0,0703	0,05704	0,06082	0,07879
2072	0,059	0,06961	0,05947	0,06068	0,0782
2073	0,0597	0,07132	0,06124	0,05909	0,07598
2074	0,0569	0,06983	0,06085	0,05986	0,07792
2075	0,0577	0,07059	0,05995	0,059	0,07819
2076	0,0572	0,07066	0,05988	0,05656	0,07707
2077	0,058	0,06968	0,05966	0,05531	0,07689
2078	0,0586	0,06819	0,06009	0,05871	0,07465
2079	0,0571	0,06971	0,0582	0,05835	0,07465
2080	0,0574	0,06689	0,05768	0,05936	0,0752
2081	0,0576	0,06422	0,0548	0,06057	0,0759
2082	0,0557	0,06296	0,05479	0,0589	0,07245
2083	0,0544	0,06223	0,05433	0,05878	0,07492
2084	0,0543	0,06088	0,05383	0,05959	0,07652
2085	0,0561	0,06143	0,05035	0,06144	0,07696
2086	0,0553	0,05851	0,05059	0,06317	0,07621
2087	0,055	0,05879	0,04881	0,06524	0,07671
2088	0,0553	0,06036	0,0495	0,06724	0,07622
2089	0,055	0,0613	0,04864	0,06404	0,07786
2090	0,0567	0,06056	0,04852	0,06437	0,07796
2091	0,0563	0,0609	0,04956	0,06287	0,07466
2092	0,0548	0,06168	0,05305	0,06091	0,07603
2093	0,0544	0,06253	0,0524	0,06076	0,07799
2094	0,0519	0,06369	0,0531	0,06275	0,078
2095	0,0511	0,06296	0,05307	0,06434	0,07752
2096	0,0525	0,06154	0,05509	0,06274	0,07674
2097	0,0509	0,06194	0,05566	0,06188	0,07614
2098	0,0502	0,06337	0,05588	0,06078	0,07444
2099	0,0514	0,06139	0,05884	0,06062	0,07364
2100	0,0487	0,06123	0,05959	0,0633	0,07341
2101	0,0488	0,06043	0,05988	0,06243	0,07232
2102	0,0472	0,06257	0,05945	0,06327	0,07105
2103	0,0478	0,06395	0,05925	0,06434	0,07078
2104	0,0464	0,06466	0,05871	0,06238	0,07172
2105	0,0491	0,06483	0,05964	0,06062	0,07267
2106	0,0506	0,06613	0,0599	0,06023	0,07191
2107	0,0509	0,06859	0,0612	0,06044	0,07106
2108	0,0541	0,06937	0,06015	0,0597	0,07084
2109	0,0544	0,0698	0,06125	0,05829	0,07128

Ek 3.'ün devamı

2110	0,0534	0,07171	0,05954	0,05716	0,07271
2111	0,0521	0,07115	0,05979	0,05746	0,07193
2112	0,0545	0,07272	0,05979	0,0577	0,07189
2113	0,0573	0,07318	0,06051	0,05714	0,07455
2114	0,0578	0,0752	0,06139	0,05541	0,07615
2115	0,0582	0,07445	0,06121	0,05651	0,07442
2116	0,058	0,0734	0,05995	0,05729	0,07236
2117	0,0569	0,07303	0,0585	0,05536	0,07174
2118	0,0567	0,0706	0,0582	0,05564	0,07304
2119	0,0545	0,07186	0,05713	0,05655	0,07421
2120	0,0545	0,06986	0,05962	0,05746	0,07431
2121	0,0541	0,06866	0,05737	0,05785	0,07305
2122	0,0572	0,06899	0,05684	0,05929	0,07281
2123	0,0548	0,06937	0,05884	0,05835	0,0727
2124	0,0529	0,07072	0,05956	0,05669	0,07234
2125	0,0533	0,07015	0,05686	0,05721	0,07004
2126	0,0539	0,07157	0,05732	0,05795	0,07097
2127	0,0547	0,07046	0,05738	0,05741	0,07223
2128	0,0558	0,07032	0,05823	0,05897	0,07079
2129	0,056	0,07217	0,05893	0,0601	0,07275
2130	0,0555	0,07063	0,06018	0,06085	0,07178
2131	0,0582	0,07172	0,05751	0,06325	0,07295
2132	0,0578	0,07311	0,05855	0,06508	0,07352
2133	0,0589	0,07306	0,05944	0,0621	0,07249
2134	0,058	0,07087	0,05799	0,06268	0,07292
2135	0,0582	0,06887	0,0562	0,06468	0,07344
2136	0,0576	0,06846	0,05745	0,06594	0,07401
2137	0,0577	0,06824	0,05779	0,06611	0,07556
2138	0,058	0,07142	0,05567	0,06644	0,07596
2139	0,0588	0,07313	0,05672	0,06678	0,07767
2140	0,0579	0,07094	0,05689	0,06544	0,07455
2141	0,0595	0,07116	0,05832	0,06569	0,07581
2142	0,0577	0,0693	0,05847	0,0633	0,07511
2143	0,059	0,06933	0,05849	0,06115	0,078
2144	0,0581	0,06884	0,05647	0,06027	0,08165
2145	0,0589	0,06973	0,05761	0,05994	0,08219
2146	0,0572	0,06922	0,05908	0,06034	0,08226
2147	0,0577	0,06722	0,05949	0,05908	0,08171
2148	0,0561	0,06778	0,06016	0,05786	0,08036
2149	0,0539	0,06675	0,06287	0,05938	0,07888
2150	0,0529	0,06539	0,06216	0,05795	0,07845
2151	0,0533	0,06743	0,06247	0,06017	0,07995
2152	0,0528	0,069	0,0611	0,05868	0,07819
2153	0,0528	0,07181	0,05964	0,06199	0,0793
2154	0,0546	0,07009	0,06087	0,06476	0,07725
2155	0,0553	0,07044	0,06096	0,06644	0,0757
2156	0,0545	0,07228	0,06061	0,06689	0,07646
2157	0,0555	0,07354	0,05936	0,06783	0,07732
2158	0,0563	0,07402	0,0601	0,06807	0,07764
2159	0,0587	0,07515	0,06103	0,06807	0,07636
2160	0,0583	0,07568	0,05946	0,06866	0,07579
2161	0,0562	0,07831	0,05906	0,06828	0,0762
2162	0,0546	0,07603	0,05858	0,06479	0,077
2163	0,0547	0,07433	0,05824	0,0643	0,0777
2164	0,0554	0,0744	0,06008	0,0621	0,07651

Ek 3.'ün devamı

2165	0,0534	0,07311	0,05776	0,06111	0,07728
2166	0,0537	0,07279	0,05894	0,06064	0,07726
2167	0,054	0,07196	0,05831	0,06266	0,07655
2168	0,0534	0,07162	0,05963	0,06146	0,07631
2169	0,0536	0,07201	0,05873	0,0603	0,07501
2170	0,0531	0,07019	0,05838	0,0608	0,07673
2171	0,0554	0,06955	0,05815	0,05929	0,07894
2172	0,0571	0,06607	0,056	0,05954	0,07783
2173	0,0594	0,07022	0,05333	0,06008	0,07694
2174	0,0586	0,0708	0,05246	0,06005	0,07563
2175	0,0558	0,06937	0,0529	0,0601	0,07776
2176	0,0563	0,07106	0,05476	0,06077	0,07586
2177	0,0529	0,07042	0,05359	0,0625	0,07518
2178	0,0531	0,06832	0,05473	0,06188	0,07526
2179	0,0565	0,06694	0,05314	0,06307	0,07454
2180	0,0568	0,06547	0,05052	0,06402	0,07591
2181	0,0581	0,06469	0,05083	0,06547	0,07512
2182	0,0555	0,06308	0,05155	0,06696	0,07357
2183	0,0553	0,06443	0,05467	0,06837	0,07613
2184	0,0579	0,06244	0,05614	0,07018	0,07525
2185	0,0572	0,06164	0,05739	0,06911	0,07782
2186	0,0605	0,06193	0,05508	0,06582	0,07727
2187	0,0606	0,06247	0,05422	0,06428	0,077
2188	0,0631	0,06336	0,05481	0,06103	0,07764
2189	0,0638	0,06576	0,05647	0,05892	0,0799
2190	0,0612	0,06616	0,05597	0,05955	0,08161
2191	0,0603	0,06686	0,05986	0,06059	0,07922
2192	0,0586	0,06629	0,06003	0,06167	0,0801
2193	0,0599	0,06593	0,05993	0,06051	0,07889
2194	0,0586	0,06523	0,05738	0,05878	0,07739
2195	0,0545	0,06508	0,05841	0,05753	0,07624
2196	0,0566	0,06582	0,0599	0,06199	0,0757
2197	0,0548	0,06564	0,06012	0,06382	0,07725
2198	0,0543	0,0655	0,06013	0,06363	0,07917
2199	0,0525	0,06625	0,06175	0,06588	0,08079
2200	0,0517	0,06471	0,05822	0,06794	0,07853
2201	0,0555	0,06742	0,06002	0,0665	0,07599
2202	0,056	0,06828	0,05909	0,06537	0,07928
2203	0,055	0,07193	0,05782	0,06243	0,07902
2204	0,0539	0,0739	0,05972	0,06463	0,08442
2205	0,0545	0,07386	0,0598	0,06684	0,08521
2206	0,0538	0,07434	0,05954	0,06896	0,08832
2207	0,0543	0,0735	0,0592	0,0675	0,08968
2208	0,056	0,07237	0,06069	0,06924	0,08614
2209	0,0574	0,07387	0,06106	0,06769	0,08713
2210	0,0605	0,07574	0,0594	0,06856	0,08467
2211	0,0615	0,0762	0,06025	0,07018	0,08417
2212	0,0593	0,07343	0,05837	0,07054	0,08574
2213	0,0574	0,0722	0,05786	0,06933	0,08152
2214	0,0568	0,06994	0,0588	0,07095	0,08045
2215	0,0598	0,07091	0,05432	0,06576	0,07675
2216	0,0603	0,06929	0,05377	0,0621	0,07595
2217	0,0594	0,06877	0,05345	0,05889	0,07641
2218	0,0568	0,07178	0,05241	0,05781	0,07445
2219	0,053	0,07221	0,05032	0,05685	0,0761

Ek 3.'ün devamı

2220	0,0518	0,07226	0,05116	0,05898	0,07626
2221	0,0516	0,06961	0,0533	0,05765	0,07596
2222	0,0516	0,0698	0,05257	0,05677	0,07612
2223	0,0485	0,0697	0,05666	0,05589	0,07726
2224	0,0498	0,07203	0,05651	0,05889	0,07974
2225	0,0483	0,07131	0,05651	0,05676	0,08341
2226	0,0446	0,07001	0,05853	0,06078	0,0835
2227	0,046	0,07086	0,06202	0,06551	0,08427
2228	0,0491	0,0724	0,05898	0,06811	0,08258
2229	0,0526	0,06923	0,06129	0,07125	0,08483
2230	0,0539	0,07046	0,06286	0,07214	0,08596
2231	0,0537	0,06936	0,06414	0,07254	0,08531
2232	0,0526	0,06672	0,06367	0,07453	0,08638
2233	0,053	0,06641	0,06343	0,07223	0,08658
2234	0,0572	0,06475	0,06304	0,07389	0,08538
2235	0,0576	0,06376	0,06483	0,07469	0,08443
2236	0,0623	0,06384	0,0655	0,07405	0,08436
2237	0,0626	0,06159	0,06627	0,07186	0,08309
2238	0,0607	0,06347	0,0648	0,07027	0,0817
2239	0,0579	0,06375	0,06706	0,06719	0,08201
2240	0,0542	0,06475	0,06703	0,06276	0,08199
2241	0,0553	0,06454	0,06783	0,06113	0,07868
2242	0,056	0,06165	0,06828	0,06147	0,07738
2243	0,0577	0,06374	0,06772	0,06298	0,07829
2244	0,0572	0,06542	0,06924	0,06343	0,08003
2245	0,0569	0,06923	0,06605	0,06323	0,0807
2246	0,0566	0,0686	0,06452	0,06173	0,08277
2247	0,0549	0,0679	0,06232	0,06564	0,08139
2248	0,0551	0,0694	0,05981	0,06691	0,08236
2249	0,0547	0,06863	0,06288	0,0639	0,08135
2250	0,0538	0,06716	0,06308	0,06704	0,08268
2251	0,0574	0,06739	0,0611	0,06899	0,08125
2252	0,0576	0,06264	0,06056	0,06852	0,08138
2253	0,0529	0,06589	0,05692	0,06599	0,0802
2254	0,0505	0,06348	0,05466	0,06066	0,07665
2255	0,0496	0,06188	0,05557	0,05985	0,07677
2256	0,0483	0,06162	0,0573	0,05869	0,07719
2257	0,0491	0,06039	0,05837	0,05912	0,07761
2258	0,0512	0,06231	0,05954	0,05709	0,07775
2259	0,0527	0,06429	0,06175	0,05468	0,07851
2260	0,0552	0,06508	0,05924	0,05607	0,07905
2261	0,0586	0,06386	0,0617	0,0542	0,07573
2262	0,0573	0,06359	0,06359	0,05357	0,07495
2263	0,0587	0,067	0,06149	0,05493	0,07784
2264	0,0616	0,06585	0,06384	0,05714	0,08092
2265	0,0621	0,07202	0,06518	0,0605	0,0847
2266	0,0623	0,07423	0,06467	0,05898	0,08246
2267	0,0635	0,07242	0,06486	0,05836	0,08033
2268	0,0609	0,07044	0,06373	0,05765	0,07875
2269	0,0596	0,07037	0,06442	0,05708	0,0775
2270	0,0582	0,06855	0,06448	0,05882	0,0754
2271	0,0581	0,06691	0,0622	0,06012	0,07545
2272	0,0565	0,06717	0,06294	0,06	0,08018
2273	0,0559	0,066	0,06156	0,05766	0,0789
2274	0,0521	0,06549	0,06455	0,05608	0,07661

Ek 3.'ün devamı

2275	0,0521	0,06652	0,06332	0,05446	0,0737
2276	0,0501	0,06329	0,06225	0,05397	0,07154
2277	0,0487	0,06166	0,06087	0,05504	0,07092
2278	0,0446	0,06276	0,05818	0,05392	0,06977
2279	0,0474	0,06518	0,05588	0,05399	0,06989
2280	0,0497	0,06293	0,05463	0,05718	0,06861
2281	0,051	0,06262	0,05418	0,05704	0,07142
2282	0,0503	0,0611	0,05434	0,05778	0,07245
2283	0,0511	0,06015	0,05506	0,0576	0,07078
2284	0,0505	0,06078	0,0549	0,06016	0,07449
2285	0,0526	0,06048	0,05194	0,06225	0,07414
2286	0,0553	0,05846	0,05239	0,06373	0,07402
2287	0,0568	0,05803	0,05449	0,06299	0,07345
2288	0,058	0,0585	0,05549	0,06569	0,07507
2289	0,0596	0,05848	0,05827	0,06856	0,07647
2290	0,0557	0,05921	0,05919	0,06956	0,07462
2291	0,0508	0,06427	0,05819	0,0685	0,0764
2292	0,0525	0,06426	0,05845	0,06717	0,07619
2293	0,052	0,06525	0,05919	0,06312	0,07667
2294	0,052	0,0655	0,0571	0,06533	0,07426
2295	0,0532	0,06489	0,05612	0,06508	0,07312
2296	0,051	0,06682	0,0588	0,06267	0,07435
2297	0,0504	0,06732	0,05798	0,06218	0,07363
2298	0,0513	0,06547	0,05704	0,06109	0,07236
2299	0,051	0,06547	0,05789	0,05766	0,07125
2300	0,0495	0,06523	0,05663	0,05604	0,0721
2301	0,049	0,06428	0,05775	0,05463	0,07385
2302	0,052	0,06055	0,05968	0,05248	0,07183
2303	0,0487	0,05938	0,05891	0,05329	0,06895
2304	0,0468	0,06198	0,05844	0,0547	0,06957
2305	0,0463	0,06578	0,05529	0,05542	0,07213
2306	0,0475	0,06787	0,05495	0,05455	0,07241
2307	0,0494	0,07117	0,05399	0,05533	0,07457
2308	0,0484	0,07253	0,05727	0,05579	0,07557
2309	0,0479	0,07366	0,05738	0,05668	0,07724
2310	0,0464	0,07492	0,05897	0,05852	0,07751
2311	0,0479	0,07386	0,05748	0,05951	0,07929
2312	0,05	0,07701	0,05558	0,05993	0,07929
2313	0,0468	0,07894	0,05609	0,05973	0,078
2314	0,0461	0,07878	0,05902	0,05794	0,07859
2315	0,0465	0,07768	0,06053	0,05845	0,08058
2316	0,0467	0,0764	0,06112	0,05335	0,07868
2317	0,0433	0,07346	0,0643	0,05319	0,07697
2318	0,0432	0,06758	0,06408	0,05224	0,07404
2319	0,044	0,06802	0,05941	0,05161	0,07443
2320	0,0438	0,06951	0,06483	0,05272	0,07684
2321	0,043	0,06787	0,06082	0,05073	0,07971
2322	0,0435	0,06915	0,05959	0,049	0,07622
2323	0,045	0,06971	0,05979	0,04617	0,07682
2324	0,0465	0,06588	0,05802	0,04813	0,07664
2325	0,0502	0,06735	0,05631	0,05107	0,07967
2326	0,0517	0,06823	0,05569	0,04819	0,08148
2327	0,0506	0,06707	0,05455	0,05073	0,08275
2328	0,0517	0,0684	0,05018	0,05176	0,08327
2329	0,0521	0,07112	0,04975	0,05302	0,08255

Ek 3.'ün devamı

2330	0,0486	0,06855	0,0505	0,05418	0,0828
2331	0,0471	0,06807	0,0462	0,05212	0,08172
2332	0,0502	0,06952	0,0464	0,05449	0,0804
2333	0,0503	0,06898	0,0492	0,05713	0,08052
2334	0,0485	0,06454	0,05091	0,05891	0,08262
2335	0,0461	0,06566	0,05039	0,05827	0,08623
2336	0,0434	0,06701	0,04901	0,06092	0,0846
2337	0,0427	0,06677	0,04877	0,0643	0,08194
2338	0,0445	0,06455	0,05425	0,06322	0,08228
2339	0,0454	0,06533	0,05801	0,06325	0,08387
2340	0,0446	0,06291	0,05836	0,06463	0,08341
2341	0,048	0,06236	0,05867	0,06487	0,08257
2342	0,0483	0,06197	0,05652	0,06504	0,08104
2343	0,0439	0,06017	0,05531	0,06337	0,0797
2344	0,0404	0,05831	0,05789	0,06071	0,0826
2345	0,0401	0,05878	0,05678	0,05979	0,07867
2346	0,0427	0,05949	0,05886	0,06232	0,07866
2347	0,0444	0,05997	0,05587	0,05908	0,0759
2348	0,0468	0,06196	0,05344	0,05919	0,07089
2349	0,0471	0,0626	0,0514	0,05969	0,06733
2350	0,046	0,06045	0,04937	0,05897	0,06458
2351	0,0452	0,06385	0,05376	0,05825	0,06969
2352	0,044	0,0661	0,05611	0,05864	0,07058
2353	0,0425	0,06924	0,05888	0,05428	0,07351
2354	0,0435	0,06824	0,05965	0,058	0,0728
2355	0,0477	0,07466	0,05796	0,05525	0,06995
2356	0,05	0,07686	0,06014	0,05564	0,06918
2357	0,0492	0,08023	0,06069	0,05425	0,06719
2358	0,0478	0,07751	0,06468	0,05468	0,0701
2359	0,0464	0,0739	0,06819	0,05622	0,07276
2360	0,0409	0,0764	0,06883	0,06025	0,07584
2361	0,0406	0,07735	0,0681	0,06113	0,07732
2362	0,0422	0,07712	0,0635	0,06158	0,07142
2363	0,0409	0,07633	0,05999	0,05983	0,07131
2364	0,0424	0,07607	0,05844	0,06596	0,06846
2365	0,0429	0,07864	0,05868	0,06289	0,06516
2366	0,0416	0,07673	0,05189	0,06862	0,06224
2367	0,0424	0,07626	0,05372	0,07057	0,06368
2368	0,0403	0,07521	0,05113	0,0641	0,06149
2369	0,0428	0,07758	0,05159	0,06298	0,05907
2370	0,0483	0,07872	0,04814	0,05857	0,0565
2371	0,0511	0,07996	0,04753	0,05093	0,05678
2372	0,0547	0,08203	0,04836	0,05044	0,05388
2373	0,0573	0,08317	0,04839	0,05303	0,05689
2374	0,0592	0,08396	0,05228	0,05228	0,05743
2375	0,0631	0,08276	0,04933	0,04956	0,05452
2376	0,0662	0,0822	0,04945	0,04674	0,05953
2377	0,0699	0,07914	0,05302	0,04457	0,06467
2378	0,0698	0,08001	0,05261	0,04572	0,06964
2379	0,0765	0,07805	0,05773	0,05274	0,07279
2380	0,0752	0,07616	0,05726	0,05417	0,07465
2381	0,0711	0,07753	0,06008	0,05948	0,07992
2382	0,0747	0,07534	0,0614	0,06201	0,07937
2383	0,0704	0,07536	0,06407	0,06478	0,08228
2384	0,0687	0,07818	0,06138	0,06396	0,08366

Ek 3.'ün devamı

2385	0,0651	0,07593	0,06241	0,06547	0,08655
2386	0,0626	0,07861	0,06325	0,0676	0,08606
2387	0,0614	0,07458	0,06309	0,06941	0,08502
2388	0,0596	0,0773	0,0639	0,06653	0,08354
2389	0,0574	0,07347	0,06206	0,06565	0,08165
2390	0,0559	0,07817	0,05624	0,06374	0,08209
2391	0,0577	0,07867	0,05744	0,0607	0,08024
2392	0,0561	0,07904	0,05835	0,06085	0,07673
2393	0,0524	0,08327	0,05612	0,06265	0,07664
2394	0,0531	0,08594	0,04909	0,05702	0,07663
2395	0,0495	0,08142	0,0507	0,05464	0,08062
2396	0,051	0,08325	0,04961	0,05631	0,07361
2397	0,0481	0,08082	0,04972	0,05391	0,07834
2398	0,0462	0,08191	0,05409	0,05968	0,07754
2399	0,0461	0,08293	0,05687	0,06322	0,075
2400	0,0469	0,08167	0,0537	0,06303	0,07453
2401	0,0426	0,07532	0,05695	0,06072	0,07466
2402	0,0407	0,07798	0,05682	0,06394	0,077
2403	0,0408	0,07523	0,05852	0,06096	0,07527
2404	0,0449	0,07372	0,0549	0,06098	0,07722
2405	0,0459	0,06916	0,06045	0,06452	0,07598
2406	0,0511	0,0714	0,06237	0,06782	0,0701
2407	0,0549	0,07506	0,06365	0,06907	0,07429
2408	0,0546	0,06975	0,06577	0,06692	0,0752
2409	0,0551	0,07195	0,06351	0,0635	0,08133
2410	0,0542	0,06972	0,05864	0,06164	0,08637
2411	0,0556	0,07413	0,06144	0,06028	0,08399
2412	0,0565	0,08246	0,06126	0,0599	0,07801
2413	0,0577	0,08281	0,05653	0,05685	0,07893
2414	0,056	0,08327	0,05644	0,06164	0,08425
2415	0,051	0,0852	0,0652	0,06193	0,0789
2416	0,0508	0,09246	0,06402	0,0649	0,07934
2417	0,046	0,08691	0,06208	0,05971	0,07816
2418	0,043	0,07958	0,0523	0,05732	0,07602
2419	0,0502	0,07911	0,05153	0,06169	0,07466
2420	0,0496	0,07998	0,04532	0,06459	0,06967
2421	0,0423	0,07471	0,04601	0,06737	0,06778
2422	0,0367	0,07918	0,04764	0,06864	0,07086
2423	0,039	0,07586	0,04472	0,07601	0,0757
2424	0,0356	0,07731	0,04928	0,07578	0,07112
2425	0,0389	0,08473	0,05279	0,07122	0,06489
2426	0,0397	0,08106	0,04608	0,06839	0,0706
2427	0,0392	0,07553	0,04049	0,06872	0,07217
2428	0,0398	0,07569	0,04044	0,07269	0,07476
2429	0,0439	0,07904	0,04006	0,0687	0,07524
2430	0,0415	0,09094	0,03762	0,06987	0,06996
2431	0,0439	0,08387	0,0465	0,06277	0,07381
2432	0,0474	0,08498	0,05825	0,06146	0,07195
2433	0,0414	0,0826	0,0539	0,05243	0,06589
2434	0,0336	0,07815	0,05428	0,04627	0,06456
2435	0,0372	0,0727	0,05315	0,05202	0,06344
2436	0,0326	0,0633	0,0456	0,05093	0,0742
2437	0,0306	0,06004	0,0497	0,05343	0,07404
2438	0,0327	0,05744	0,0558	0,0489	0,07037
2439	0,0333	0,06412	0,0554	0,04434	0,06965

Ek 3.'ün devamı

2440	0,0284	0,06438	0,05931	0,04818	0,07216
2441	0,0236	0,05974	0,05911	0,04448	0,07898
2442	0,0218	0,06518	0,05098	0,04607	0,0761
2443	0,0278	0,07093	0,03734	0,05239	0,07355
2444	0,0345	0,07008	0,04551	0,05867	0,08115
2445	0,043	0,07397	0,04844	0,06285	0,08365
2446	0,0393	0,07374	0,04416	0,06012	0,08865
2447	0,0408	0,07455	0,04081	0,05777	0,08355
2448	0,0427	0,07979	0,03518	0,05944	0,0811
2449	0,0409	0,0804	0,02873	0,062	0,08682
2450	0,0429	0,07233	0,03508	0,06423	0,08486
2451	0,047	0,07511	0,03155	0,06086	0,07839
2452	0,0478	0,07764	0,03309	0,06843	0,07757
2453	0,0481	0,07971	0,03422	0,0699	0,06797
2454	0,0425	0,07631	0,03803	0,06359	0,07653
2455	0,0456	0,07537	0,0264	0,06646	0,07284
2456	0,0413	0,07654	0,02452	0,06376	0,0705
2457	0,0411	0,07832	0,02698	0,06011	0,06673
2458	0,0394	0,08141	0,03935	0,06425	0,06624
2459	0,04	0,08368	0,0397	0,0646	0,06213
2460	0,0416	0,08295	0,05319	0,06004	0,06106
2461	0,0375	0,0919	0,04281	0,06812	0,06031
2462	0,0336	0,09315	0,05047	0,07587	0,06362
2463	0,0405	0,0862	0,04907	0,06971	0,064
2464	0,0435	0,08825	0,04841	0,07539	0,06438
2465	0,0429	0,09376	0,04537	0,07289	0,06573
2466	0,0415	0,09122	0,04872	0,06578	0,06379
2467	0,0404	0,08984	0,05214	0,06611	0,06534
2468	0,0355	0,09484	0,05423	0,06825	0,07146
2469	0,0428	0,09152	0,04485	0,06774	0,07062
2470	0,0448	0,08517	0,04677	0,06758	0,07859
2471	0,0412	0,10002	0,0394	0,06836	0,07635
2472	0,041	0,0951	0,0398	0,05989	0,07036
2473	0,0387	0,09136	0,03612	0,05579	0,0649
2474	0,0314	0,09816	0,0375	0,05459	0,05933
2475	0,0275	0,09508	0,03039	0,04801	0,06957
2476	0,0264	0,09263	0,03293	0,04925	0,06613
2477	0,0263	0,09711	0,03181	0,05526	0,06895
2478	0,028	0,0992	0,02536	0,0554	0,06687
2479	0,0288	0,09536	0,02875	0,05095	0,07386
2480	0,0199	0,09935	0,0293	0,05278	0,07328
2481	0,0237	0,10191	0,02846	0,04346	0,06122
2482	0,0223	0,08993	0,02638	0,04269	0,05403
2483	0,0311	0,08809	0,03313	0,04543	0,05345
2484	0,0405	0,09567	0,04022	0,0471	0,05584
2485	0,0445	0,08998	0,04147	0,05029	0,05507
2486	0,0488	0,09187	0,04694	0,05637	0,0507
2487	0,047	0,09333	0,04388	0,05748	0,04313
2488	0,0385	0,0928	0,04964	0,0557	0,04513
2489	0,0404	0,08911	0,04887	0,05547	0,04575
2490	0,0386	0,0935	0,04754	0,0587	0,03504
2491	0,0368	0,09639	0,04625	0,05087	0,03588
2492	0,0385	0,09353	0,04129	0,05778	0,04665
2493	0,0458	0,09331	0,04288	0,05657	0,05308
2494	0,0434	0,1032	0,04665	0,05732	0,06372

Ek 3.'ün devamı

2495	0,0474	0,09737	0,03875	0,05264	0,06366
2496	0,0553	0,09956	0,03571	0,05016	0,06382
2497	0,0635	0,09888	0,03761	0,04378	0,06109
2498	0,0796	0,09655	0,03832	0,04233	0,06095
2499	0,0994	0,0961	0,03257	0,04282	0,05333
2500	0,1088	0,09674	0,03258	0,041	0,05067
ABSORBANS (K/s) (0-1)					
Dalga boyu (nm)	BF-35G	BF-35GZ	BF-35GZ-bl	BF-35GZ-br	BF-35GZ-pc
300	8,794	9,15	9,278	9,462	8,695
301	8,767	9,141	9,266	9,455	8,686
302	8,747	9,14	9,274	9,452	8,675
303	8,715	9,118	9,276	9,456	8,673
304	8,689	9,112	9,26	9,463	8,682
305	8,667	9,098	9,252	9,468	8,679
306	8,647	9,083	9,256	9,472	8,671
307	8,629	9,061	9,247	9,476	8,67
308	8,602	9,035	9,238	9,478	8,674
309	8,547	9,018	9,238	9,468	8,662
310	8,504	9,02	9,225	9,472	8,636
311	8,481	8,999	9,232	9,468	8,641
312	8,435	8,971	9,226	9,446	8,647
313	8,4	8,984	9,218	9,442	8,629
314	8,395	8,973	9,221	9,462	8,608
315	8,371	8,948	9,215	9,449	8,62
316	8,337	8,94	9,195	9,466	8,628
317	8,314	8,934	9,186	9,497	8,612
318	8,287	8,913	9,181	9,498	8,632
319	8,252	8,902	9,169	9,497	8,667
320	8,224	8,904	9,175	9,506	8,688
321	8,199	8,896	9,167	9,493	8,676
322	8,168	8,891	9,166	9,496	8,691
323	8,141	8,883	9,173	9,501	8,676
324	8,107	8,872	9,169	9,477	8,653
325	8,083	8,853	9,174	9,479	8,647
326	8,058	8,856	9,193	9,496	8,663
327	8,023	8,864	9,194	9,491	8,67
328	8,004	8,853	9,192	9,499	8,688
329	7,985	8,854	9,198	9,516	8,7
330	7,955	8,845	9,185	9,516	8,705
331	7,921	8,829	9,17	9,523	8,695
332	7,917	8,811	9,16	9,539	8,697
333	7,893	8,817	9,151	9,54	8,678
334	7,867	8,803	9,145	9,563	8,691
335	7,86	8,811	9,162	9,569	8,696
336	7,839	8,806	9,171	9,576	8,707
337	7,803	8,803	9,179	9,585	8,715
338	7,786	8,787	9,18	9,593	8,73
339	7,758	8,782	9,174	9,594	8,73
340	7,732	8,78	9,162	9,61	8,727
341	7,716	8,78	9,163	9,594	8,73
342	7,686	8,769	9,158	9,582	8,726
343	7,659	8,78	9,167	9,587	8,733
344	7,637	8,773	9,17	9,587	8,731
345	7,615	8,765	9,17	9,587	8,73
346	7,588	8,747	9,166	9,6	8,728

Ek 3.'ün devamı

347	7,569	8,736	9,171	9,593	8,725
348	7,536	8,711	9,16	9,584	8,718
349	7,515	8,709	9,165	9,587	8,714
350	7,488	8,691	9,162	9,57	8,717
351	7,474	8,699	9,155	9,576	8,721
352	7,456	8,695	9,145	9,601	8,731
353	7,443	8,704	9,146	9,596	8,73
354	7,428	8,7	9,135	9,605	8,736
355	7,416	8,7	9,136	9,621	8,734
356	7,384	8,684	9,124	9,605	8,731
357	7,368	8,674	9,122	9,586	8,717
358	7,354	8,663	9,124	9,597	8,723
359	7,327	8,648	9,106	9,574	8,718
360	7,294	8,627	9,09	9,566	8,711
361	7,282	8,61	9,083	9,561	8,696
362	7,253	8,593	9,063	9,55	8,689
363	7,228	8,568	9,034	9,523	8,677
364	7,211	8,536	9,008	9,51	8,657
365	7,203	8,503	8,972	9,482	8,638
366	7,169	8,46	8,918	9,456	8,593
367	7,164	8,412	8,857	9,417	8,549
368	7,15	8,346	8,772	9,38	8,468
369	7,123	8,264	8,664	9,322	8,375
370	7,099	8,148	8,515	9,239	8,247
371	7,088	7,989	8,318	9,145	8,104
372	7,054	7,782	8,058	9,012	7,896
373	7,034	7,526	7,735	8,864	7,656
374	7,017	7,23	7,375	8,673	7,375
375	6,992	6,903	6,97	8,47	7,064
376	6,974	6,563	6,549	8,243	6,726
377	6,962	6,211	6,124	8,027	6,391
378	6,933	5,881	5,721	7,795	6,065
379	6,917	5,578	5,352	7,602	5,766
380	6,902	5,312	5,029	7,42	5,506
381	6,883	5,09	4,759	7,263	5,286
382	6,862	4,912	4,538	7,138	5,105
383	6,844	4,766	4,364	7,042	4,964
384	6,825	4,655	4,233	6,964	4,857
385	6,812	4,575	4,136	6,92	4,775
386	6,798	4,514	4,062	6,898	4,716
387	6,782	4,472	4,011	6,881	4,673
388	6,767	4,441	3,978	6,877	4,638
389	6,758	4,426	3,958	6,887	4,611
390	6,739	4,414	3,938	6,894	4,592
391	6,718	4,41	3,929	6,902	4,575
392	6,702	4,403	3,923	6,915	4,558
393	6,691	4,402	3,917	6,919	4,546
394	6,673	4,398	3,91	6,923	4,531
395	6,659	4,396	3,909	6,927	4,515
396	6,645	4,388	3,907	6,929	4,5
397	6,633	4,387	3,902	6,928	4,483
398	6,618	4,385	3,897	6,934	4,465
399	6,603	4,379	3,889	6,929	4,447
400	6,587	4,37	3,883	6,924	4,421
401	6,578	4,365	3,876	6,926	4,398

Ek 3.'ün devamı

402	6,562	4,361	3,871	6,928	4,374
403	6,549	4,355	3,862	6,93	4,346
404	6,542	4,349	3,862	6,93	4,318
405	6,534	4,346	3,857	6,936	4,289
406	6,519	4,342	3,851	6,927	4,252
407	6,514	4,336	3,846	6,921	4,214
408	6,502	4,328	3,841	6,916	4,176
409	6,49	4,323	3,832	6,912	4,138
410	6,48	4,316	3,825	6,898	4,098
411	6,472	4,308	3,821	6,895	4,059
412	6,462	4,304	3,812	6,891	4,021
413	6,453	4,302	3,808	6,881	3,977
414	6,444	4,296	3,799	6,873	3,929
415	6,434	4,288	3,791	6,869	3,883
416	6,427	4,285	3,785	6,859	3,832
417	6,413	4,276	3,782	6,846	3,781
418	6,402	4,268	3,777	6,836	3,731
419	6,391	4,262	3,773	6,822	3,679
420	6,379	4,253	3,768	6,802	3,626
421	6,365	4,245	3,759	6,789	3,571
422	6,357	4,238	3,75	6,772	3,516
423	6,346	4,231	3,742	6,76	3,461
424	6,338	4,221	3,733	6,75	3,408
425	6,329	4,22	3,729	6,737	3,355
426	6,318	4,215	3,721	6,721	3,307
427	6,307	4,209	3,714	6,702	3,258
428	6,297	4,203	3,709	6,684	3,21
429	6,288	4,198	3,704	6,663	3,164
430	6,282	4,187	3,697	6,641	3,122
431	6,275	4,182	3,693	6,622	3,082
432	6,27	4,174	3,688	6,603	3,045
433	6,264	4,17	3,682	6,577	3,009
434	6,26	4,163	3,676	6,553	2,977
435	6,256	4,157	3,669	6,528	2,944
436	6,251	4,147	3,663	6,502	2,915
437	6,244	4,141	3,657	6,478	2,886
438	6,237	4,133	3,649	6,451	2,859
439	6,23	4,126	3,641	6,42	2,833
440	6,221	4,121	3,636	6,399	2,813
441	6,214	4,115	3,629	6,373	2,79
442	6,211	4,109	3,622	6,35	2,77
443	6,206	4,101	3,616	6,326	2,755
444	6,2	4,097	3,611	6,309	2,74
445	6,194	4,091	3,605	6,291	2,724
446	6,191	4,085	3,599	6,274	2,711
447	6,185	4,081	3,591	6,254	2,696
448	6,179	4,075	3,586	6,238	2,682
449	6,173	4,067	3,581	6,221	2,669
450	6,166	4,06	3,576	6,202	2,656
451	6,16	4,054	3,571	6,185	2,644
452	6,154	4,047	3,568	6,171	2,633
453	6,15	4,041	3,565	6,16	2,623
454	6,142	4,038	3,56	6,152	2,614
455	6,14	4,035	3,555	6,143	2,605
456	6,129	4,032	3,551	6,134	2,595

Ek 3.'ün devamı

457	6,123	4,028	3,547	6,126	2,588
458	6,12	4,025	3,543	6,115	2,58
459	6,118	4,02	3,539	6,101	2,573
460	6,112	4,015	3,537	6,092	2,566
461	6,109	4,01	3,534	6,082	2,56
462	6,105	4,006	3,53	6,071	2,552
463	6,102	3,999	3,527	6,061	2,545
464	6,098	3,996	3,525	6,05	2,538
465	6,095	3,991	3,523	6,038	2,532
466	6,095	3,987	3,522	6,031	2,526
467	6,097	3,983	3,522	6,023	2,52
468	6,093	3,978	3,522	6,014	2,515
469	6,095	3,975	3,523	6,011	2,51
470	6,096	3,973	3,526	6,006	2,504
471	6,096	3,972	3,527	5,998	2,5
472	6,093	3,969	3,528	5,988	2,495
473	6,096	3,968	3,529	5,981	2,491
474	6,089	3,964	3,529	5,969	2,487
475	6,084	3,96	3,528	5,959	2,482
476	6,077	3,955	3,528	5,945	2,477
477	6,072	3,949	3,531	5,934	2,472
478	6,06	3,944	3,532	5,922	2,467
479	6,054	3,939	3,534	5,913	2,46
480	6,047	3,935	3,536	5,9	2,456
481	6,044	3,932	3,538	5,89	2,451
482	6,038	3,927	3,539	5,876	2,446
483	6,039	3,924	3,544	5,861	2,441
484	6,034	3,921	3,548	5,843	2,437
485	6,031	3,918	3,551	5,824	2,433
486	6,029	3,912	3,557	5,806	2,428
487	6,024	3,911	3,565	5,788	2,425
488	6,017	3,908	3,569	5,769	2,42
489	6,012	3,905	3,575	5,748	2,416
490	6,008	3,902	3,582	5,728	2,412
491	6,005	3,901	3,589	5,707	2,406
492	6,001	3,895	3,595	5,687	2,402
493	5,994	3,891	3,603	5,668	2,4
494	5,99	3,886	3,613	5,646	2,395
495	5,989	3,882	3,624	5,624	2,392
496	5,982	3,878	3,635	5,6	2,389
497	5,981	3,877	3,644	5,577	2,386
498	5,978	3,874	3,655	5,553	2,384
499	5,978	3,873	3,665	5,527	2,382
500	5,969	3,871	3,674	5,499	2,377
501	5,965	3,867	3,682	5,472	2,372
502	5,961	3,866	3,694	5,446	2,369
503	5,961	3,861	3,704	5,421	2,364
504	5,956	3,857	3,717	5,4	2,36
505	5,958	3,853	3,727	5,381	2,356
506	5,956	3,85	3,743	5,357	2,354
507	5,953	3,846	3,757	5,334	2,35
508	5,953	3,843	3,771	5,311	2,348
509	5,951	3,841	3,784	5,29	2,346
510	5,949	3,84	3,8	5,268	2,345
511	5,946	3,837	3,814	5,246	2,343

Ek 3.'ün devamı

512	5,944	3,834	3,829	5,222	2,34
513	5,942	3,832	3,845	5,2	2,339
514	5,945	3,828	3,863	5,172	2,335
515	5,944	3,826	3,88	5,144	2,333
516	5,944	3,824	3,898	5,119	2,33
517	5,946	3,821	3,914	5,098	2,327
518	5,943	3,819	3,93	5,069	2,325
519	5,935	3,818	3,943	5,044	2,322
520	5,931	3,815	3,959	5,023	2,319
521	5,93	3,815	3,975	4,998	2,317
522	5,922	3,813	3,993	4,972	2,315
523	5,918	3,813	4,009	4,95	2,312
524	5,918	3,811	4,031	4,928	2,311
525	5,918	3,812	4,047	4,902	2,309
526	5,918	3,81	4,064	4,88	2,308
527	5,922	3,81	4,08	4,855	2,307
528	5,924	3,807	4,098	4,83	2,306
529	5,916	3,805	4,113	4,8	2,303
530	5,912	3,804	4,132	4,771	2,302
531	5,908	3,803	4,15	4,744	2,301
532	5,901	3,797	4,166	4,711	2,299
533	5,899	3,797	4,182	4,681	2,296
534	5,901	3,798	4,198	4,656	2,296
535	5,904	3,796	4,212	4,63	2,295
536	5,903	3,796	4,227	4,603	2,295
537	5,905	3,796	4,244	4,576	2,294
538	5,902	3,793	4,262	4,549	2,294
539	5,903	3,793	4,277	4,519	2,294
540	5,896	3,79	4,292	4,488	2,291
541	5,896	3,789	4,308	4,458	2,29
542	5,896	3,788	4,322	4,427	2,29
543	5,895	3,788	4,336	4,392	2,29
544	5,892	3,787	4,349	4,357	2,288
545	5,892	3,787	4,366	4,32	2,288
546	5,887	3,786	4,38	4,281	2,287
547	5,885	3,786	4,398	4,245	2,286
548	5,882	3,786	4,409	4,206	2,286
549	5,884	3,784	4,426	4,166	2,285
550	5,885	3,786	4,44	4,128	2,285
551	5,884	3,785	4,454	4,087	2,284
552	5,885	3,784	4,464	4,043	2,284
553	5,886	3,785	4,479	4,001	2,283
554	5,885	3,785	4,493	3,96	2,285
555	5,881	3,781	4,504	3,912	2,283
556	5,883	3,781	4,515	3,867	2,284
557	5,88	3,78	4,525	3,82	2,282
558	5,878	3,779	4,54	3,772	2,282
559	5,874	3,78	4,552	3,721	2,28
560	5,876	3,78	4,562	3,673	2,281
561	5,877	3,78	4,575	3,624	2,28
562	5,877	3,777	4,585	3,575	2,279
563	5,877	3,777	4,593	3,526	2,279
564	5,881	3,774	4,603	3,478	2,28
565	5,881	3,774	4,611	3,428	2,279
566	5,881	3,773	4,618	3,381	2,279

Ek 3.'ün devamı

567	5,884	3,774	4,628	3,334	2,28
568	5,888	3,774	4,638	3,287	2,28
569	5,888	3,776	4,648	3,242	2,279
570	5,889	3,776	4,661	3,198	2,281
571	5,889	3,776	4,673	3,154	2,28
572	5,886	3,776	4,685	3,112	2,281
573	5,885	3,776	4,696	3,072	2,281
574	5,882	3,776	4,704	3,032	2,282
575	5,884	3,776	4,714	2,996	2,283
576	5,884	3,777	4,724	2,962	2,283
577	5,883	3,777	4,728	2,928	2,282
578	5,882	3,776	4,734	2,896	2,282
579	5,885	3,774	4,743	2,866	2,283
580	5,884	3,774	4,75	2,837	2,283
581	5,884	3,774	4,756	2,81	2,284
582	5,883	3,774	4,766	2,786	2,285
583	5,883	3,774	4,773	2,763	2,286
584	5,878	3,775	4,778	2,743	2,287
585	5,873	3,776	4,782	2,724	2,288
586	5,868	3,776	4,786	2,704	2,287
587	5,865	3,776	4,789	2,685	2,288
588	5,861	3,775	4,792	2,668	2,288
589	5,859	3,774	4,795	2,651	2,288
590	5,86	3,774	4,798	2,636	2,288
591	5,858	3,774	4,802	2,622	2,288
592	5,858	3,774	4,809	2,609	2,289
593	5,853	3,773	4,813	2,596	2,289
594	5,85	3,77	4,819	2,585	2,289
595	5,846	3,768	4,824	2,576	2,29
596	5,845	3,768	4,828	2,568	2,29
597	5,842	3,767	4,828	2,561	2,29
598	5,844	3,768	4,835	2,555	2,291
599	5,844	3,771	4,837	2,55	2,291
600	5,839	3,773	4,838	2,545	2,293
601	5,844	3,773	4,841	2,539	2,293
602	5,843	3,775	4,846	2,535	2,295
603	5,843	3,775	4,844	2,532	2,296
604	5,843	3,776	4,844	2,527	2,297
605	5,849	3,775	4,848	2,523	2,298
606	5,846	3,777	4,851	2,52	2,3
607	5,849	3,777	4,851	2,518	2,301
608	5,849	3,779	4,858	2,517	2,302
609	5,844	3,78	4,861	2,515	2,303
610	5,837	3,783	4,861	2,515	2,303
611	5,834	3,781	4,861	2,515	2,304
612	5,831	3,782	4,861	2,512	2,304
613	5,83	3,78	4,86	2,51	2,304
614	5,829	3,78	4,862	2,511	2,304
615	5,836	3,778	4,864	2,51	2,306
616	5,832	3,779	4,863	2,508	2,305
617	5,831	3,778	4,862	2,509	2,306
618	5,832	3,779	4,863	2,509	2,307
619	5,833	3,777	4,859	2,508	2,308
620	5,829	3,78	4,855	2,51	2,31
621	5,834	3,781	4,856	2,512	2,312

Ek 3.'ün devamı

622	5,833	3,782	4,854	2,513	2,313
623	5,828	3,785	4,847	2,513	2,314
624	5,829	3,786	4,85	2,513	2,314
625	5,828	3,786	4,852	2,513	2,313
626	5,825	3,787	4,847	2,513	2,314
627	5,825	3,788	4,844	2,513	2,314
628	5,83	3,787	4,847	2,515	2,316
629	5,832	3,789	4,842	2,517	2,317
630	5,834	3,788	4,834	2,517	2,317
631	5,837	3,789	4,831	2,517	2,318
632	5,84	3,79	4,83	2,518	2,319
633	5,837	3,792	4,824	2,519	2,32
634	5,836	3,793	4,819	2,52	2,32
635	5,834	3,796	4,818	2,522	2,321
636	5,832	3,794	4,814	2,523	2,321
637	5,831	3,793	4,809	2,524	2,321
638	5,833	3,794	4,804	2,524	2,323
639	5,83	3,794	4,795	2,526	2,323
640	5,832	3,793	4,788	2,526	2,325
641	5,834	3,795	4,783	2,527	2,328
642	5,829	3,795	4,777	2,527	2,328
643	5,828	3,797	4,771	2,528	2,328
644	5,829	3,795	4,767	2,528	2,33
645	5,823	3,795	4,759	2,528	2,33
646	5,823	3,798	4,75	2,529	2,331
647	5,823	3,802	4,743	2,53	2,332
648	5,827	3,803	4,737	2,531	2,334
649	5,828	3,806	4,732	2,533	2,335
650	5,834	3,811	4,729	2,536	2,337
651	5,831	3,811	4,721	2,537	2,339
652	5,831	3,812	4,707	2,539	2,34
653	5,831	3,814	4,696	2,54	2,343
654	5,832	3,816	4,681	2,54	2,344
655	5,831	3,818	4,669	2,54	2,346
656	5,833	3,819	4,657	2,54	2,347
657	5,837	3,821	4,651	2,541	2,35
658	5,835	3,824	4,641	2,542	2,352
659	5,838	3,826	4,635	2,545	2,354
660	5,841	3,827	4,627	2,546	2,358
661	5,846	3,83	4,623	2,549	2,361
662	5,848	3,834	4,614	2,551	2,362
663	5,852	3,833	4,607	2,551	2,364
664	5,851	3,835	4,598	2,551	2,364
665	5,855	3,837	4,589	2,551	2,365
666	5,857	3,839	4,578	2,552	2,366
667	5,859	3,841	4,569	2,552	2,37
668	5,859	3,844	4,558	2,555	2,372
669	5,864	3,845	4,547	2,557	2,375
670	5,861	3,845	4,534	2,558	2,377
671	5,859	3,845	4,52	2,559	2,38
672	5,858	3,845	4,506	2,56	2,38
673	5,854	3,845	4,495	2,559	2,381
674	5,849	3,847	4,477	2,558	2,384
675	5,849	3,85	4,462	2,557	2,385
676	5,847	3,85	4,449	2,557	2,387

Ek 3.'ün devamı

677	5,84	3,851	4,434	2,557	2,389
678	5,836	3,849	4,415	2,557	2,392
679	5,838	3,849	4,402	2,557	2,393
680	5,836	3,851	4,387	2,557	2,396
681	5,831	3,853	4,366	2,558	2,397
682	5,834	3,857	4,352	2,559	2,399
683	5,835	3,862	4,336	2,561	2,401
684	5,831	3,862	4,321	2,563	2,402
685	5,827	3,864	4,304	2,564	2,402
686	5,827	3,862	4,29	2,563	2,403
687	5,823	3,861	4,269	2,563	2,404
688	5,821	3,861	4,251	2,56	2,402
689	5,823	3,861	4,235	2,561	2,404
690	5,824	3,862	4,219	2,561	2,405
691	5,825	3,865	4,203	2,562	2,407
692	5,825	3,866	4,189	2,559	2,406
693	5,829	3,866	4,173	2,559	2,407
694	5,827	3,867	4,156	2,559	2,408
695	5,826	3,865	4,141	2,559	2,411
696	5,829	3,865	4,13	2,558	2,412
697	5,824	3,864	4,114	2,56	2,415
698	5,822	3,865	4,1	2,561	2,417
699	5,819	3,867	4,084	2,561	2,418
700	5,819	3,868	4,069	2,558	2,417
701	5,816	3,87	4,052	2,558	2,417
702	5,818	3,868	4,036	2,559	2,416
703	5,814	3,868	4,021	2,557	2,417
704	5,814	3,869	4,009	2,555	2,417
705	5,808	3,868	3,995	2,555	2,417
706	5,802	3,866	3,984	2,556	2,416
707	5,805	3,869	3,974	2,552	2,418
708	5,809	3,872	3,965	2,554	2,418
709	5,81	3,872	3,951	2,554	2,417
710	5,814	3,873	3,935	2,555	2,42
711	5,823	3,877	3,925	2,557	2,424
712	5,822	3,88	3,915	2,559	2,426
713	5,821	3,878	3,903	2,556	2,426
714	5,818	3,879	3,89	2,558	2,429
715	5,815	3,877	3,879	2,557	2,427
716	5,807	3,876	3,868	2,554	2,427
717	5,809	3,873	3,856	2,555	2,428
718	5,806	3,876	3,847	2,556	2,429
719	5,785	3,872	3,839	2,556	2,43
720	5,769	3,869	3,833	2,558	2,433
721	5,757	3,864	3,823	2,562	2,434
722	5,749	3,862	3,816	2,562	2,435
723	5,74	3,862	3,809	2,564	2,437
724	5,735	3,86	3,801	2,565	2,438
725	5,724	3,859	3,794	2,567	2,439
726	5,716	3,856	3,787	2,568	2,441
727	5,716	3,856	3,782	2,569	2,442
728	5,714	3,857	3,777	2,57	2,443
729	5,711	3,858	3,771	2,571	2,443
730	5,711	3,858	3,766	2,572	2,444
731	5,711	3,859	3,76	2,573	2,444

Ek 3.'ün devamı

732	5,709	3,86	3,755	2,574	2,445
733	5,709	3,86	3,751	2,575	2,446
734	5,71	3,86	3,747	2,576	2,447
735	5,707	3,86	3,743	2,578	2,448
736	5,708	3,861	3,738	2,579	2,449
737	5,706	3,863	3,734	2,58	2,449
738	5,706	3,863	3,729	2,581	2,45
739	5,705	3,863	3,726	2,583	2,451
740	5,705	3,863	3,722	2,584	2,453
741	5,704	3,864	3,72	2,586	2,454
742	5,704	3,865	3,717	2,587	2,455
743	5,704	3,865	3,714	2,589	2,456
744	5,703	3,865	3,711	2,59	2,456
745	5,701	3,867	3,709	2,592	2,457
746	5,702	3,868	3,707	2,593	2,458
747	5,7	3,869	3,705	2,595	2,459
748	5,701	3,869	3,705	2,596	2,46
749	5,701	3,87	3,704	2,598	2,461
750	5,701	3,871	3,703	2,6	2,462
751	5,7	3,873	3,702	2,602	2,462
752	5,699	3,873	3,701	2,604	2,464
753	5,699	3,874	3,699	2,606	2,464
754	5,698	3,875	3,698	2,608	2,466
755	5,697	3,877	3,699	2,611	2,467
756	5,698	3,878	3,699	2,613	2,469
757	5,697	3,878	3,699	2,616	2,47
758	5,697	3,879	3,699	2,618	2,471
759	5,696	3,88	3,698	2,621	2,472
760	5,695	3,881	3,698	2,624	2,473
761	5,694	3,881	3,698	2,627	2,474
762	5,693	3,884	3,698	2,629	2,476
763	5,691	3,884	3,698	2,631	2,477
764	5,691	3,885	3,699	2,634	2,478
765	5,69	3,886	3,699	2,637	2,48
766	5,69	3,887	3,699	2,639	2,482
767	5,688	3,889	3,699	2,642	2,483
768	5,687	3,89	3,699	2,645	2,484
769	5,688	3,89	3,699	2,648	2,485
770	5,687	3,89	3,7	2,651	2,486
771	5,686	3,891	3,701	2,654	2,488
772	5,686	3,893	3,7	2,657	2,489
773	5,686	3,893	3,701	2,659	2,49
774	5,687	3,895	3,702	2,663	2,492
775	5,685	3,895	3,704	2,666	2,493
776	5,684	3,897	3,705	2,669	2,495
777	5,684	3,899	3,707	2,673	2,496
778	5,685	3,901	3,709	2,676	2,497
779	5,685	3,902	3,71	2,679	2,499
780	5,684	3,905	3,711	2,683	2,501
781	5,681	3,907	3,712	2,687	2,502
782	5,681	3,908	3,714	2,69	2,504
783	5,681	3,91	3,715	2,694	2,505
784	5,681	3,913	3,718	2,697	2,507
785	5,681	3,915	3,719	2,701	2,508
786	5,681	3,917	3,72	2,705	2,51

Ek 3.'ün devamı

787	5,682	3,918	3,721	2,709	2,512
788	5,683	3,918	3,723	2,712	2,514
789	5,682	3,919	3,723	2,716	2,515
790	5,681	3,92	3,725	2,72	2,517
791	5,681	3,922	3,726	2,723	2,518
792	5,681	3,924	3,728	2,727	2,52
793	5,682	3,927	3,729	2,731	2,522
794	5,681	3,928	3,732	2,734	2,524
795	5,681	3,929	3,734	2,738	2,526
796	5,681	3,93	3,735	2,741	2,527
797	5,681	3,931	3,736	2,745	2,528
798	5,68	3,934	3,738	2,749	2,53
799	5,679	3,935	3,74	2,752	2,531
800	5,679	3,937	3,741	2,756	2,533
801	5,679	3,939	3,743	2,76	2,534
802	5,68	3,94	3,746	2,764	2,536
803	5,68	3,942	3,749	2,768	2,538
804	5,679	3,942	3,75	2,772	2,539
805	5,679	3,945	3,752	2,776	2,54
806	5,678	3,946	3,753	2,78	2,542
807	5,677	3,947	3,755	2,785	2,544
808	5,677	3,95	3,757	2,789	2,547
809	5,676	3,952	3,759	2,792	2,549
810	5,676	3,954	3,761	2,796	2,551
811	5,674	3,956	3,763	2,8	2,552
812	5,676	3,958	3,765	2,805	2,554
813	5,675	3,959	3,767	2,808	2,556
814	5,676	3,961	3,769	2,812	2,558
815	5,676	3,963	3,771	2,815	2,56
816	5,675	3,965	3,774	2,819	2,562
817	5,675	3,966	3,776	2,822	2,564
818	5,676	3,969	3,778	2,826	2,566
819	5,677	3,971	3,779	2,83	2,567
820	5,677	3,973	3,782	2,834	2,568
821	5,679	3,975	3,785	2,838	2,57
822	5,68	3,977	3,787	2,842	2,572
823	5,681	3,979	3,789	2,845	2,573
824	5,681	3,982	3,79	2,85	2,575
825	5,682	3,983	3,792	2,854	2,576
826	5,619	3,907	3,867	2,832	2,586
827	5,609	4,064	3,85	2,907	2,59
828	5,631	4,175	3,793	2,867	2,613
829	5,723	4,189	3,799	2,881	2,633
830	5,709	4,385	3,776	2,916	2,645
831	5,805	4,409	3,731	2,918	2,676
832	5,721	4,523	3,806	3,002	2,722
833	5,909	4,704	3,843	3,023	2,789
834	5,755	4,875	3,815	3,005	2,791
835	5,839	4,947	3,821	3,022	2,793
836	5,883	4,935	3,808	2,983	2,78
837	6,186	5,196	3,822	2,987	2,839
838	6,089	5,036	3,88	2,893	2,867
839	6,178	4,927	4,033	2,937	2,853
840	6,085	5,008	4,021	2,901	2,849
841	6,389	4,689	4,187	2,852	2,825

Ek 3.'ün devamı

842	6,26	4,812	4,396	2,872	2,776
843	6,401	4,674	4,326	2,807	2,737
844	6,376	4,493	4,313	2,791	2,703
845	6,541	4,403	4,351	2,844	2,714
846	6,339	4,332	4,32	2,837	2,726
847	6,168	4,405	4,316	2,857	2,715
848	5,987	4,391	4,162	2,872	2,693
849	6,198	4,326	4,104	2,883	2,696
850	6,17	4,395	3,989	2,865	2,675
851	6,187	4,429	4,12	2,897	2,695
852	6,092	4,438	3,996	2,929	2,703
853	6,298	4,393	3,957	2,95	2,738
854	6,446	4,476	4,054	2,967	2,745
855	6,376	4,425	4,105	3,011	2,731
856	6,295	4,415	4,114	2,967	2,725
857	6,678	4,377	4,202	2,964	2,749
858	6,806	4,414	4,306	3,034	2,79
859	6,87	4,404	4,393	3,041	2,752
860	6,696	4,48	4,507	3,033	2,682
861	6,654	4,378	4,635	3,085	2,733
862	6,669	4,283	4,559	3,095	2,713
863	6,532	4,427	4,612	3,134	2,752
864	6,381	4,299	4,614	3,13	2,763
865	6,127	4,231	4,444	3,154	2,714
866	5,997	4,29	4,437	3,125	2,731
867	6,063	4,286	4,421	3,139	2,756
868	5,88	4,374	4,432	3,2	2,735
869	5,977	4,303	4,347	3,2	2,736
870	5,897	4,261	4,286	3,235	2,745
871	6,022	4,304	4,228	3,252	2,81
872	5,982	4,298	4,121	3,21	2,782
873	6,000	4,26	4,074	3,16	2,771
874	5,933	4,182	4,109	3,106	2,74
875	5,922	4,279	4,056	3,077	2,733
876	6,145	4,339	4,097	3,076	2,79
877	6,292	4,373	3,991	3,08	2,757
878	6,404	4,342	4,068	3,126	2,754
879	6,297	4,349	4,037	3,049	2,772
880	6,137	4,341	4,067	3,002	2,767
881	6,202	4,312	4,107	2,964	2,764
882	6,191	4,324	4,129	2,958	2,74
883	6,213	4,421	4,2	2,977	2,725
884	6,152	4,469	4,275	3,034	2,725
885	6,226	4,533	4,266	3,11	2,738
886	6,167	4,497	4,267	3,145	2,74
887	6,071	4,463	4,261	3,103	2,73
888	6,005	4,479	4,352	3,125	2,759
889	6,003	4,527	4,34	3,08	2,785
890	6,055	4,498	4,373	3,101	2,797
891	6,222	4,557	4,298	3,115	2,795
892	6,226	4,567	4,308	3,171	2,813
893	6,123	4,46	4,288	3,179	2,841
894	6,153	4,429	4,257	3,197	2,878
895	6,169	4,398	4,193	3,191	2,885
896	6,107	4,31	4,13	3,122	2,879

Ek 3.'ün devamı

897	6,201	4,294	4,121	3,1	2,892
898	6,209	4,341	4,161	3,135	2,889
899	6,232	4,335	4,168	3,097	2,879
900	6,152	4,285	4,127	3,113	2,838
901	6,195	4,307	4,097	3,17	2,809
902	6,096	4,32	4,175	3,173	2,825
903	6,005	4,325	4,165	3,166	2,828
904	6,072	4,321	4,166	3,205	2,828
905	6,116	4,307	4,169	3,217	2,822
906	6,157	4,36	4,142	3,192	2,821
907	6,254	4,432	4,149	3,204	2,814
908	6,168	4,44	4,142	3,21	2,779
909	6,128	4,398	4,125	3,215	2,78
910	6,099	4,393	4,125	3,228	2,785
911	6,104	4,45	4,141	3,226	2,81
912	6,066	4,418	4,146	3,184	2,828
913	6,101	4,384	4,097	3,199	2,83
914	6,124	4,418	4,1	3,224	2,815
915	6,113	4,412	4,108	3,216	2,807
916	6,107	4,386	4,124	3,197	2,786
917	6,119	4,365	4,186	3,23	2,795
918	6,064	4,351	4,187	3,232	2,798
919	6,093	4,377	4,191	3,24	2,822
920	6,126	4,406	4,178	3,222	2,829
921	6,074	4,388	4,17	3,236	2,831
922	6,075	4,366	4,192	3,27	2,821
923	6,085	4,406	4,189	3,29	2,817
924	6,083	4,404	4,252	3,286	2,813
925	6,158	4,375	4,283	3,271	2,82
926	6,137	4,405	4,298	3,262	2,834
927	6,064	4,44	4,291	3,266	2,848
928	6,072	4,453	4,251	3,257	2,864
929	6,095	4,444	4,284	3,282	2,886
930	6,122	4,433	4,312	3,283	2,875
931	6,024	4,42	4,331	3,279	2,888
932	6,066	4,445	4,313	3,295	2,878
933	6,081	4,429	4,271	3,272	2,88
934	6,056	4,44	4,257	3,268	2,859
935	6,071	4,422	4,228	3,268	2,854
936	6,04	4,441	4,223	3,252	2,861
937	6,043	4,449	4,214	3,275	2,86
938	6,026	4,437	4,22	3,299	2,866
939	6,002	4,463	4,204	3,32	2,851
940	5,992	4,474	4,185	3,309	2,839
941	5,968	4,483	4,135	3,306	2,839
942	5,989	4,478	4,134	3,306	2,832
943	5,99	4,482	4,143	3,291	2,838
944	5,966	4,504	4,159	3,303	2,833
945	6,019	4,495	4,174	3,306	2,845
946	6,009	4,504	4,168	3,315	2,833
947	5,972	4,478	4,193	3,315	2,825
948	5,978	4,455	4,2	3,329	2,812
949	6,012	4,461	4,198	3,318	2,819
950	6,01	4,445	4,229	3,318	2,818
951	6,01	4,454	4,233	3,323	2,82

Ek 3.'ün devamı

952	6,016	4,455	4,253	3,338	2,829
953	6,078	4,451	4,252	3,348	2,837
954	6,049	4,431	4,257	3,366	2,839
955	6,088	4,424	4,268	3,348	2,843
956	6,058	4,435	4,26	3,343	2,85
957	6,029	4,417	4,281	3,351	2,88
958	6,031	4,433	4,263	3,369	2,874
959	6,042	4,45	4,259	3,354	2,888
960	6,028	4,45	4,263	3,364	2,877
961	6,04	4,449	4,273	3,355	2,881
962	6,068	4,459	4,268	3,371	2,886
963	6,072	4,469	4,266	3,347	2,886
964	6,047	4,46	4,271	3,354	2,873
965	6,059	4,468	4,25	3,359	2,878
966	6,074	4,48	4,24	3,376	2,865
967	6,076	4,47	4,249	3,382	2,861
968	6,111	4,486	4,247	3,375	2,842
969	6,129	4,505	4,228	3,376	2,861
970	6,105	4,505	4,215	3,374	2,853
971	6,108	4,493	4,226	3,372	2,86
972	6,104	4,483	4,212	3,374	2,866
973	6,075	4,491	4,221	3,358	2,868
974	6,084	4,487	4,244	3,38	2,871
975	6,083	4,503	4,241	3,378	2,876
976	6,098	4,493	4,241	3,365	2,871
977	6,058	4,485	4,258	3,36	2,88
978	6,056	4,484	4,246	3,364	2,877
979	6,016	4,485	4,248	3,369	2,891
980	6,013	4,462	4,26	3,371	2,882
981	6,053	4,462	4,271	3,372	2,898
982	6,07	4,467	4,269	3,376	2,9
983	6,055	4,469	4,275	3,387	2,901
984	6,052	4,463	4,289	3,411	2,907
985	6,075	4,468	4,292	3,43	2,91
986	6,094	4,487	4,292	3,436	2,913
987	6,066	4,485	4,306	3,447	2,913
988	6,084	4,493	4,296	3,461	2,918
989	6,095	4,481	4,305	3,455	2,928
990	6,15	4,487	4,305	3,463	2,922
991	6,145	4,502	4,309	3,459	2,92
992	6,126	4,534	4,304	3,459	2,902
993	6,116	4,541	4,297	3,469	2,894
994	6,112	4,549	4,322	3,473	2,898
995	6,09	4,533	4,309	3,464	2,897
996	6,06	4,518	4,3	3,456	2,902
997	6,028	4,49	4,313	3,458	2,91
998	6,028	4,526	4,324	3,462	2,915
999	6,033	4,519	4,332	3,457	2,91
1000	6,023	4,532	4,321	3,476	2,908
1001	6,01	4,551	4,34	3,473	2,918
1002	6,008	4,553	4,355	3,48	2,921
1003	6,028	4,528	4,353	3,491	2,929
1004	6,033	4,536	4,365	3,483	2,935
1005	6,018	4,559	4,359	3,493	2,934
1006	6,012	4,584	4,359	3,492	2,935

Ek 3.'ün devamı

1007	6,015	4,609	4,363	3,484	2,931
1008	6,049	4,625	4,359	3,492	2,929
1009	6,075	4,61	4,357	3,491	2,929
1010	6,079	4,625	4,357	3,499	2,937
1011	6,081	4,634	4,365	3,498	2,945
1012	6,082	4,619	4,355	3,509	2,939
1013	6,094	4,631	4,353	3,524	2,948
1014	6,076	4,625	4,36	3,528	2,945
1015	6,038	4,64	4,354	3,54	2,95
1016	6,049	4,619	4,338	3,54	2,951
1017	6,068	4,613	4,326	3,545	2,955
1018	6,048	4,607	4,334	3,545	2,957
1019	6,048	4,614	4,335	3,555	2,956
1020	6,037	4,604	4,335	3,56	2,961
1021	6,031	4,584	4,34	3,557	2,971
1022	6,027	4,566	4,349	3,568	2,97
1023	6,014	4,572	4,355	3,564	2,976
1024	5,995	4,551	4,367	3,55	2,972
1025	6,01	4,554	4,366	3,564	2,981
1026	6,025	4,542	4,377	3,563	2,985
1027	6,025	4,553	4,378	3,569	2,985
1028	6,021	4,565	4,401	3,577	2,979
1029	6,043	4,573	4,403	3,588	2,984
1030	6,038	4,569	4,414	3,587	2,987
1031	6,048	4,572	4,421	3,586	2,98
1032	6,047	4,589	4,428	3,597	2,972
1033	6,057	4,613	4,435	3,591	2,967
1034	6,049	4,615	4,43	3,596	2,969
1035	6,055	4,631	4,419	3,603	2,972
1036	6,069	4,643	4,419	3,592	2,975
1037	6,097	4,659	4,417	3,59	2,977
1038	6,097	4,657	4,426	3,603	2,979
1039	6,106	4,642	4,429	3,598	2,988
1040	6,108	4,635	4,417	3,598	2,988
1041	6,094	4,645	4,413	3,599	2,998
1042	6,072	4,653	4,418	3,601	3,003
1043	6,063	4,643	4,406	3,605	3,002
1044	6,048	4,626	4,408	3,612	3,014
1045	6,055	4,616	4,417	3,612	3,009
1046	6,065	4,608	4,412	3,616	3,014
1047	6,029	4,605	4,42	3,62	3,014
1048	6,02	4,587	4,416	3,627	3,011
1049	6,022	4,584	4,424	3,615	3,014
1050	6,014	4,586	4,422	3,624	3,014
1051	6,012	4,589	4,413	3,622	3,018
1052	6,027	4,585	4,423	3,625	3,008
1053	6,052	4,584	4,428	3,627	3,009
1054	6,068	4,591	4,422	3,632	3,016
1055	6,082	4,6	4,43	3,634	3,011
1056	6,086	4,616	4,426	3,631	3,015
1057	6,081	4,627	4,434	3,635	3,012
1058	6,106	4,634	4,442	3,638	3,014
1059	6,106	4,636	4,444	3,641	3,013
1060	6,123	4,647	4,446	3,646	3,012
1061	6,129	4,652	4,446	3,646	3,011

Ek 3.'ün devamı

1062	6,139	4,653	4,47	3,653	3,01
1063	6,13	4,649	4,46	3,657	3,015
1064	6,123	4,661	4,451	3,66	3,018
1065	6,117	4,67	4,463	3,659	3,016
1066	6,125	4,669	4,461	3,656	3,02
1067	6,122	4,673	4,464	3,671	3,026
1068	6,12	4,683	4,466	3,675	3,028
1069	6,12	4,682	4,464	3,682	3,024
1070	6,114	4,679	4,467	3,69	3,032
1071	6,103	4,669	4,468	3,694	3,036
1072	6,091	4,675	4,472	3,699	3,029
1073	6,083	4,68	4,46	3,712	3,03
1074	6,087	4,688	4,464	3,704	3,033
1075	6,084	4,695	4,475	3,716	3,036
1076	6,086	4,703	4,48	3,719	3,036
1077	6,071	4,712	4,476	3,733	3,035
1078	6,084	4,715	4,473	3,728	3,033
1079	6,092	4,718	4,469	3,727	3,038
1080	6,088	4,719	4,467	3,731	3,042
1081	6,081	4,725	4,471	3,729	3,046
1082	6,074	4,727	4,468	3,726	3,045
1083	6,065	4,719	4,471	3,722	3,052
1084	6,051	4,712	4,474	3,71	3,052
1085	6,062	4,708	4,477	3,721	3,055
1086	6,078	4,695	4,48	3,722	3,054
1087	6,086	4,684	4,475	3,724	3,055
1088	6,095	4,673	4,476	3,726	3,053
1089	6,086	4,668	4,487	3,729	3,053
1090	6,076	4,66	4,489	3,74	3,052
1091	6,073	4,659	4,485	3,747	3,051
1092	6,077	4,661	4,49	3,75	3,044
1093	6,067	4,676	4,492	3,754	3,05
1094	6,078	4,689	4,494	3,769	3,053
1095	6,095	4,692	4,504	3,779	3,056
1096	6,088	4,696	4,502	3,782	3,054
1097	6,072	4,702	4,499	3,786	3,053
1098	6,067	4,705	4,507	3,794	3,053
1099	6,066	4,715	4,507	3,794	3,055
1100	6,065	4,723	4,521	3,796	3,061
1101	6,074	4,717	4,538	3,792	3,06
1102	6,061	4,727	4,551	3,79	3,063
1103	6,064	4,73	4,546	3,792	3,068
1104	6,084	4,73	4,553	3,794	3,063
1105	6,09	4,721	4,554	3,79	3,063
1106	6,088	4,726	4,552	3,795	3,062
1107	6,089	4,727	4,555	3,792	3,062
1108	6,11	4,73	4,553	3,789	3,065
1109	6,122	4,741	4,549	3,789	3,068
1110	6,132	4,737	4,56	3,788	3,075
1111	6,143	4,737	4,546	3,798	3,068
1112	6,135	4,749	4,525	3,801	3,071
1113	6,132	4,746	4,52	3,798	3,072
1114	6,142	4,738	4,532	3,8	3,074
1115	6,117	4,74	4,533	3,802	3,084
1116	6,115	4,752	4,534	3,809	3,087

Ek 3.'ün devamı

1117	6,117	4,76	4,535	3,814	3,092
1118	6,113	4,762	4,537	3,82	3,097
1119	6,081	4,76	4,554	3,819	3,1
1120	6,078	4,749	4,556	3,829	3,105
1121	6,068	4,755	4,54	3,83	3,105
1122	6,066	4,752	4,544	3,831	3,112
1123	6,061	4,754	4,556	3,833	3,117
1124	6,073	4,753	4,569	3,844	3,118
1125	6,063	4,755	4,567	3,846	3,113
1126	6,085	4,754	4,573	3,858	3,111
1127	6,094	4,736	4,573	3,863	3,11
1128	6,094	4,733	4,578	3,859	3,112
1129	6,091	4,733	4,581	3,859	3,111
1130	6,093	4,738	4,579	3,869	3,112
1131	6,09	4,746	4,587	3,867	3,113
1132	6,095	4,744	4,597	3,874	3,115
1133	6,093	4,739	4,594	3,87	3,122
1134	6,088	4,73	4,607	3,875	3,116
1135	6,092	4,726	4,596	3,876	3,123
1136	6,108	4,737	4,586	3,879	3,123
1137	6,104	4,742	4,58	3,876	3,122
1138	6,092	4,762	4,59	3,87	3,127
1139	6,078	4,76	4,599	3,879	3,123
1140	6,077	4,761	4,601	3,883	3,127
1141	6,085	4,755	4,6	3,895	3,129
1142	6,08	4,763	4,607	3,896	3,127
1143	6,079	4,763	4,615	3,895	3,132
1144	6,069	4,775	4,635	3,911	3,129
1145	6,082	4,785	4,637	3,918	3,134
1146	6,076	4,787	4,642	3,922	3,132
1147	6,067	4,786	4,651	3,927	3,14
1148	6,072	4,785	4,657	3,941	3,138
1149	6,075	4,786	4,665	3,944	3,142
1150	6,093	4,794	4,655	3,938	3,147
1151	6,099	4,792	4,668	3,945	3,146
1152	6,101	4,804	4,664	3,937	3,147
1153	6,101	4,815	4,666	3,938	3,152
1154	6,105	4,823	4,664	3,945	3,147
1155	6,115	4,824	4,655	3,941	3,147
1156	6,114	4,832	4,66	3,941	3,152
1157	6,119	4,839	4,671	3,942	3,153
1158	6,12	4,85	4,679	3,94	3,158
1159	6,127	4,851	4,68	3,937	3,165
1160	6,121	4,848	4,678	3,944	3,165
1161	6,103	4,855	4,688	3,954	3,169
1162	6,099	4,873	4,679	3,963	3,174
1163	6,102	4,877	4,693	3,967	3,183
1164	6,101	4,87	4,697	3,973	3,187
1165	6,097	4,881	4,711	3,978	3,191
1166	6,101	4,891	4,72	3,989	3,195
1167	6,096	4,9	4,711	4,001	3,201
1168	6,095	4,908	4,716	4,004	3,209
1169	6,095	4,909	4,717	4,015	3,21
1170	6,085	4,914	4,723	4,015	3,214
1171	6,103	4,924	4,719	4,014	3,211

Ek 3.'ün devamı

1172	6,122	4,923	4,729	4,012	3,212
1173	6,129	4,921	4,736	4,006	3,212
1174	6,129	4,926	4,742	4,019	3,212
1175	6,137	4,933	4,742	4,028	3,216
1176	6,126	4,942	4,736	4,029	3,222
1177	6,124	4,941	4,732	4,018	3,224
1178	6,126	4,937	4,74	4,017	3,216
1179	6,123	4,954	4,745	4,026	3,222
1180	6,122	4,961	4,754	4,026	3,221
1181	6,131	4,972	4,763	4,035	3,226
1182	6,123	4,976	4,764	4,044	3,236
1183	6,124	4,989	4,762	4,065	3,241
1184	6,134	4,993	4,777	4,069	3,244
1185	6,137	4,994	4,775	4,068	3,246
1186	6,136	4,994	4,782	4,062	3,252
1187	6,15	4,993	4,793	4,072	3,254
1188	6,167	4,999	4,796	4,083	3,255
1189	6,185	5,008	4,801	4,092	3,264
1190	6,203	4,992	4,803	4,095	3,268
1191	6,193	4,989	4,801	4,106	3,279
1192	6,195	4,984	4,797	4,114	3,282
1193	6,217	4,991	4,811	4,118	3,284
1194	6,221	4,997	4,821	4,114	3,289
1195	6,206	4,994	4,818	4,116	3,294
1196	6,222	4,998	4,827	4,113	3,295
1197	6,228	4,99	4,823	4,122	3,292
1198	6,226	4,981	4,833	4,127	3,297
1199	6,21	4,985	4,843	4,139	3,3
1200	6,197	4,984	4,845	4,141	3,302
1201	6,19	4,987	4,846	4,14	3,295
1202	6,205	4,992	4,856	4,143	3,295
1203	6,186	4,997	4,861	4,14	3,299
1204	6,156	4,993	4,867	4,152	3,301
1205	6,15	4,992	4,869	4,147	3,301
1206	6,168	5,009	4,857	4,158	3,307
1207	6,153	5,011	4,856	4,176	3,309
1208	6,145	5,024	4,868	4,173	3,31
1209	6,137	5,037	4,867	4,167	3,308
1210	6,126	5,036	4,873	4,163	3,316
1211	6,135	5,048	4,881	4,162	3,315
1212	6,138	5,063	4,876	4,162	3,325
1213	6,143	5,059	4,873	4,165	3,328
1214	6,163	5,06	4,875	4,169	3,323
1215	6,178	5,052	4,873	4,163	3,325
1216	6,188	5,042	4,878	4,172	3,326
1217	6,178	5,029	4,895	4,18	3,32
1218	6,201	5,036	4,895	4,18	3,321
1219	6,212	5,038	4,89	4,187	3,327
1220	6,229	5,029	4,894	4,194	3,33
1221	6,246	5,027	4,89	4,2	3,326
1222	6,257	5,011	4,887	4,202	3,331
1223	6,254	5,011	4,895	4,207	3,325
1224	6,253	5,013	4,898	4,201	3,326
1225	6,255	5,011	4,899	4,21	3,327
1226	6,262	5,022	4,898	4,219	3,328

Ek 3.'ün devamı

1227	6,254	5,032	4,902	4,22	3,328
1228	6,256	5,042	4,898	4,222	3,33
1229	6,239	5,031	4,9	4,229	3,333
1230	6,238	5,017	4,901	4,223	3,329
1231	6,243	5,032	4,907	4,225	3,328
1232	6,238	5,047	4,909	4,226	3,328
1233	6,217	5,056	4,907	4,228	3,323
1234	6,211	5,048	4,911	4,234	3,323
1235	6,215	5,041	4,915	4,233	3,319
1236	6,207	5,047	4,921	4,233	3,321
1237	6,201	5,057	4,915	4,23	3,321
1238	6,211	5,058	4,908	4,236	3,315
1239	6,212	5,055	4,906	4,23	3,32
1240	6,208	5,062	4,909	4,225	3,317
1241	6,204	5,075	4,905	4,239	3,321
1242	6,201	5,073	4,898	4,247	3,321
1243	6,204	5,069	4,905	4,25	3,322
1244	6,199	5,07	4,909	4,248	3,326
1245	6,217	5,086	4,907	4,251	3,333
1246	6,213	5,1	4,908	4,261	3,331
1247	6,223	5,105	4,907	4,258	3,328
1248	6,214	5,103	4,922	4,253	3,325
1249	6,199	5,107	4,926	4,259	3,333
1250	6,211	5,106	4,934	4,267	3,335
1251	6,222	5,119	4,934	4,274	3,341
1252	6,214	5,118	4,948	4,278	3,34
1253	6,211	5,116	4,949	4,27	3,339
1254	6,212	5,104	4,952	4,27	3,341
1255	6,215	5,095	4,966	4,281	3,337
1256	6,196	5,088	4,959	4,28	3,33
1257	6,182	5,074	4,965	4,287	3,338
1258	6,167	5,072	4,963	4,295	3,339
1259	6,167	5,065	4,962	4,299	3,342
1260	6,166	5,066	4,956	4,299	3,341
1261	6,164	5,073	4,947	4,294	3,345
1262	6,158	5,066	4,949	4,291	3,343
1263	6,165	5,073	4,934	4,291	3,342
1264	6,166	5,075	4,934	4,302	3,345
1265	6,164	5,083	4,929	4,298	3,343
1266	6,167	5,089	4,922	4,297	3,35
1267	6,172	5,088	4,933	4,299	3,356
1268	6,186	5,095	4,932	4,289	3,351
1269	6,199	5,085	4,943	4,284	3,359
1270	6,223	5,092	4,954	4,284	3,36
1271	6,236	5,088	4,96	4,291	3,363
1272	6,228	5,088	4,971	4,308	3,362
1273	6,23	5,096	4,978	4,311	3,363
1274	6,24	5,102	4,993	4,319	3,368
1275	6,233	5,111	4,999	4,316	3,374
1276	6,233	5,11	4,996	4,326	3,375
1277	6,229	5,113	4,997	4,336	3,379
1278	6,239	5,116	4,999	4,349	3,38
1279	6,231	5,132	4,985	4,362	3,38
1280	6,226	5,157	4,98	4,37	3,38
1281	6,216	5,157	4,971	4,378	3,379

Ek 3.'ün devamı

1282	6,205	5,166	4,971	4,371	3,383
1283	6,192	5,158	4,97	4,368	3,376
1284	6,202	5,15	4,966	4,377	3,379
1285	6,199	5,146	4,965	4,384	3,38
1286	6,192	5,141	4,958	4,386	3,374
1287	6,194	5,145	4,963	4,385	3,376
1288	6,206	5,146	4,955	4,383	3,374
1289	6,197	5,144	4,955	4,376	3,377
1290	6,199	5,131	4,965	4,377	3,382
1291	6,205	5,118	4,967	4,38	3,376
1292	6,19	5,116	4,968	4,38	3,377
1293	6,197	5,104	4,967	4,382	3,373
1294	6,194	5,113	4,971	4,374	3,377
1295	6,19	5,117	4,972	4,368	3,379
1296	6,179	5,111	4,971	4,357	3,376
1297	6,185	5,114	4,982	4,364	3,381
1298	6,186	5,102	4,979	4,365	3,379
1299	6,162	5,106	4,988	4,366	3,376
1300	6,182	5,116	4,982	4,372	3,368
1301	6,184	5,138	4,985	4,373	3,369
1302	6,181	5,146	4,978	4,375	3,368
1303	6,184	5,157	4,985	4,38	3,372
1304	6,186	5,164	4,995	4,386	3,37
1305	6,19	5,152	4,991	4,392	3,373
1306	6,184	5,156	4,992	4,401	3,373
1307	6,183	5,168	5,001	4,406	3,379
1308	6,195	5,166	5,000	4,403	3,381
1309	6,189	5,187	5,006	4,409	3,387
1310	6,215	5,195	5,021	4,412	3,389
1311	6,209	5,198	5,032	4,419	3,394
1312	6,200	5,186	5,04	4,42	3,392
1313	6,203	5,178	5,048	4,417	3,397
1314	6,201	5,18	5,036	4,415	3,399
1315	6,186	5,176	5,042	4,419	3,405
1316	6,197	5,189	5,052	4,426	3,402
1317	6,205	5,201	5,058	4,428	3,405
1318	6,205	5,219	5,065	4,432	3,397
1319	6,202	5,219	5,066	4,432	3,395
1320	6,208	5,218	5,062	4,432	3,391
1321	6,192	5,209	5,05	4,429	3,396
1322	6,182	5,213	5,053	4,424	3,403
1323	6,189	5,216	5,046	4,437	3,404
1324	6,194	5,227	5,052	4,444	3,409
1325	6,200	5,213	5,062	4,456	3,407
1326	6,219	5,216	5,052	4,451	3,408
1327	6,225	5,224	5,051	4,452	3,41
1328	6,232	5,205	5,034	4,444	3,407
1329	6,234	5,197	5,031	4,445	3,417
1330	6,212	5,21	5,026	4,451	3,42
1331	6,225	5,214	5,035	4,459	3,425
1332	6,227	5,214	5,033	4,47	3,425
1333	6,244	5,203	5,038	4,477	3,429
1334	6,235	5,196	5,049	4,475	3,435
1335	6,235	5,199	5,057	4,479	3,443
1336	6,237	5,206	5,066	4,483	3,442

Ek 3.'ün devamı

1337	6,243	5,226	5,074	4,492	3,438
1338	6,253	5,21	5,075	4,494	3,437
1339	6,25	5,227	5,102	4,502	3,446
1340	6,264	5,211	5,107	4,51	3,448
1341	6,292	5,221	5,124	4,517	3,454
1342	6,284	5,225	5,145	4,514	3,457
1343	6,291	5,226	5,151	4,516	3,46
1344	6,293	5,239	5,148	4,519	3,455
1345	6,326	5,249	5,147	4,508	3,455
1346	6,328	5,252	5,141	4,523	3,452
1347	6,33	5,263	5,153	4,523	3,46
1348	6,324	5,255	5,157	4,526	3,472
1349	6,321	5,28	5,165	4,533	3,476
1350	6,294	5,284	5,167	4,534	3,481
1351	6,265	5,319	5,165	4,527	3,481
1352	6,267	5,313	5,159	4,523	3,486
1353	6,249	5,315	5,162	4,531	3,491
1354	6,247	5,329	5,183	4,536	3,49
1355	6,226	5,336	5,182	4,534	3,497
1356	6,19	5,35	5,182	4,565	3,51
1357	6,176	5,343	5,185	4,555	3,512
1358	6,181	5,352	5,179	4,555	3,515
1359	6,164	5,351	5,198	4,552	3,516
1360	6,154	5,344	5,205	4,547	3,521
1361	6,169	5,357	5,204	4,554	3,514
1362	6,204	5,351	5,206	4,567	3,519
1363	6,199	5,357	5,234	4,579	3,512
1364	6,214	5,357	5,23	4,567	3,52
1365	6,218	5,367	5,216	4,56	3,532
1366	6,218	5,36	5,235	4,566	3,528
1367	6,254	5,362	5,245	4,552	3,519
1368	6,268	5,381	5,264	4,564	3,529
1369	6,26	5,381	5,266	4,572	3,529
1370	6,287	5,402	5,234	4,576	3,537
1371	6,28	5,419	5,225	4,581	3,541
1372	6,291	5,413	5,222	4,584	3,545
1373	6,293	5,415	5,227	4,578	3,547
1374	6,295	5,411	5,226	4,578	3,56
1375	6,291	5,41	5,228	4,601	3,568
1376	6,286	5,403	5,232	4,601	3,561
1377	6,313	5,408	5,23	4,604	3,559
1378	6,287	5,406	5,228	4,608	3,573
1379	6,275	5,418	5,222	4,61	3,566
1380	6,279	5,42	5,224	4,605	3,567
1381	6,258	5,409	5,256	4,614	3,565
1382	6,257	5,42	5,259	4,615	3,567
1383	6,255	5,413	5,266	4,639	3,566
1384	6,256	5,412	5,266	4,662	3,566
1385	6,261	5,393	5,253	4,663	3,567
1386	6,305	5,403	5,249	4,666	3,554
1387	6,324	5,414	5,278	4,667	3,559
1388	6,302	5,426	5,289	4,667	3,569
1389	6,302	5,426	5,313	4,677	3,563
1390	6,281	5,421	5,321	4,668	3,566
1391	6,299	5,411	5,353	4,674	3,574

Ek 3.'ün devamı

1392	6,31	5,424	5,356	4,692	3,578
1393	6,318	5,413	5,366	4,708	3,585
1394	6,309	5,429	5,379	4,700	3,601
1395	6,31	5,433	5,400	4,71	3,62
1396	6,314	5,461	5,408	4,724	3,63
1397	6,288	5,488	5,416	4,724	3,654
1398	6,292	5,504	5,411	4,76	3,664
1399	6,322	5,525	5,412	4,784	3,679
1400	6,327	5,552	5,404	4,79	3,700
1401	6,366	5,564	5,421	4,798	3,713
1402	6,37	5,611	5,400	4,814	3,725
1403	6,357	5,635	5,405	4,827	3,737
1404	6,371	5,661	5,443	4,834	3,76
1405	6,395	5,67	5,467	4,824	3,774
1406	6,408	5,676	5,483	4,816	3,779
1407	6,406	5,684	5,511	4,816	3,791
1408	6,411	5,692	5,537	4,824	3,796
1409	6,404	5,688	5,56	4,816	3,82
1410	6,39	5,686	5,588	4,819	3,837
1411	6,414	5,691	5,625	4,824	3,853
1412	6,421	5,698	5,644	4,854	3,874
1413	6,405	5,705	5,666	4,883	3,885
1414	6,422	5,708	5,682	4,874	3,906
1415	6,43	5,71	5,668	4,888	3,917
1416	6,41	5,728	5,694	4,916	3,914
1417	6,405	5,755	5,726	4,94	3,937
1418	6,411	5,784	5,74	4,953	3,944
1419	6,416	5,784	5,773	4,974	3,958
1420	6,407	5,784	5,776	5,005	3,964
1421	6,423	5,788	5,795	5,034	3,979
1422	6,404	5,789	5,798	5,056	3,983
1423	6,42	5,811	5,803	5,081	3,987
1424	6,424	5,831	5,828	5,064	3,996
1425	6,408	5,845	5,847	5,071	4,002
1426	6,415	5,859	5,855	5,08	4,006
1427	6,415	5,874	5,862	5,078	4,034
1428	6,408	5,878	5,853	5,108	4,036
1429	6,380	5,894	5,881	5,134	4,061
1430	6,362	5,92	5,895	5,15	4,070
1431	6,386	6,001	5,918	5,151	4,092
1432	6,385	6,032	5,919	5,15	4,097
1433	6,412	6,055	5,959	5,156	4,118
1434	6,398	6,055	6,000	5,164	4,131
1435	6,411	6,06	6,002	5,204	4,153
1436	6,457	6,058	6,024	5,223	4,179
1437	6,482	6,088	6,085	5,227	4,201
1438	6,55	6,119	6,088	5,257	4,212
1439	6,568	6,141	6,117	5,241	4,223
1440	6,600	6,139	6,149	5,233	4,233
1441	6,606	6,151	6,138	5,241	4,271
1442	6,608	6,106	6,154	5,238	4,292
1443	6,596	6,101	6,189	5,248	4,325
1444	6,587	6,087	6,173	5,273	4,325
1445	6,551	6,114	6,18	5,262	4,346
1446	6,531	6,132	6,215	5,264	4,365

Ek 3.'ün devamı

1447	6,51	6,147	6,216	5,294	4,382
1448	6,462	6,125	6,218	5,336	4,401
1449	6,447	6,097	6,216	5,347	4,426
1450	6,473	6,112	6,222	5,379	4,454
1451	6,467	6,131	6,185	5,4	4,464
1452	6,518	6,122	6,194	5,389	4,448
1453	6,528	6,15	6,197	5,41	4,428
1454	6,54	6,142	6,183	5,401	4,427
1455	6,561	6,185	6,193	5,379	4,437
1456	6,633	6,169	6,178	5,391	4,438
1457	6,66	6,129	6,164	5,362	4,44
1458	6,672	6,128	6,161	5,33	4,43
1459	6,722	6,156	6,141	5,318	4,426
1460	6,719	6,169	6,165	5,324	4,421
1461	6,713	6,17	6,167	5,318	4,402
1462	6,708	6,16	6,196	5,321	4,409
1463	6,685	6,168	6,178	5,336	4,413
1464	6,71	6,169	6,172	5,348	4,443
1465	6,738	6,177	6,143	5,357	4,444
1466	6,71	6,16	6,146	5,383	4,45
1467	6,645	6,154	6,137	5,388	4,459
1468	6,671	6,204	6,123	5,43	4,477
1469	6,677	6,224	6,146	5,463	4,498
1470	6,663	6,215	6,199	5,438	4,495
1471	6,66	6,213	6,202	5,421	4,491
1472	6,65	6,192	6,184	5,415	4,52
1473	6,679	6,197	6,148	5,416	4,528
1474	6,663	6,21	6,178	5,429	4,539
1475	6,637	6,19	6,208	5,442	4,524
1476	6,589	6,205	6,24	5,47	4,519
1477	6,61	6,218	6,256	5,463	4,511
1478	6,643	6,233	6,286	5,45	4,51
1479	6,62	6,214	6,275	5,424	4,495
1480	6,611	6,217	6,282	5,415	4,485
1481	6,58	6,229	6,251	5,459	4,493
1482	6,545	6,26	6,23	5,469	4,506
1483	6,528	6,294	6,236	5,491	4,499
1484	6,516	6,294	6,249	5,517	4,492
1485	6,536	6,258	6,241	5,504	4,488
1486	6,539	6,265	6,236	5,507	4,489
1487	6,597	6,289	6,26	5,513	4,49
1488	6,602	6,29	6,239	5,518	4,491
1489	6,631	6,293	6,214	5,516	4,502
1490	6,629	6,288	6,245	5,547	4,504
1491	6,648	6,285	6,259	5,548	4,496
1492	6,671	6,273	6,24	5,519	4,491
1493	6,718	6,292	6,261	5,519	4,476
1494	6,728	6,246	6,243	5,505	4,48
1495	6,739	6,255	6,261	5,486	4,461
1496	6,71	6,275	6,265	5,494	4,446
1497	6,712	6,283	6,246	5,482	4,446
1498	6,714	6,247	6,213	5,474	4,449
1499	6,684	6,251	6,219	5,491	4,455
1500	6,677	6,257	6,226	5,509	4,436
1501	6,7	6,268	6,201	5,492	4,442

Ek 3.'ün devamı

1502	6,685	6,271	6,2	5,492	4,442
1503	6,706	6,265	6,2	5,514	4,45
1504	6,694	6,218	6,193	5,5	4,45
1505	6,687	6,25	6,219	5,477	4,431
1506	6,695	6,226	6,204	5,467	4,455
1507	6,729	6,217	6,201	5,461	4,469
1508	6,719	6,202	6,199	5,437	4,464
1509	6,703	6,197	6,211	5,423	4,46
1510	6,731	6,195	6,212	5,411	4,464
1511	6,708	6,168	6,194	5,426	4,476
1512	6,688	6,147	6,25	5,416	4,463
1513	6,74	6,161	6,242	5,421	4,471
1514	6,721	6,156	6,232	5,401	4,463
1515	6,727	6,184	6,23	5,406	4,477
1516	6,77	6,176	6,228	5,411	4,464
1517	6,766	6,185	6,243	5,415	4,444
1518	6,77	6,196	6,252	5,451	4,445
1519	6,77	6,223	6,259	5,478	4,432
1520	6,754	6,25	6,249	5,488	4,449
1521	6,732	6,229	6,259	5,477	4,437
1522	6,767	6,263	6,279	5,466	4,437
1523	6,775	6,286	6,266	5,462	4,436
1524	6,759	6,244	6,256	5,452	4,428
1525	6,744	6,281	6,294	5,465	4,435
1526	6,749	6,24	6,301	5,481	4,444
1527	6,753	6,257	6,278	5,498	4,473
1528	6,77	6,26	6,289	5,489	4,489
1529	6,752	6,248	6,28	5,482	4,487
1530	6,764	6,208	6,271	5,463	4,489
1531	6,781	6,219	6,282	5,451	4,486
1532	6,782	6,271	6,302	5,461	4,498
1533	6,725	6,247	6,296	5,444	4,5
1534	6,755	6,246	6,277	5,5	4,511
1535	6,71	6,254	6,233	5,523	4,5
1536	6,782	6,263	6,245	5,546	4,511
1537	6,757	6,298	6,231	5,563	4,486
1538	6,714	6,27	6,269	5,542	4,47
1539	6,704	6,277	6,25	5,583	4,465
1540	6,742	6,283	6,262	5,568	4,464
1541	6,737	6,328	6,254	5,599	4,481
1542	6,737	6,308	6,256	5,625	4,476
1543	6,765	6,272	6,227	5,634	4,476
1544	6,819	6,302	6,252	5,672	4,481
1545	6,818	6,287	6,251	5,627	4,479
1546	6,843	6,325	6,268	5,659	4,478
1547	6,807	6,322	6,221	5,636	4,477
1548	6,827	6,323	6,22	5,637	4,472
1549	6,859	6,326	6,206	5,667	4,479
1550	6,829	6,317	6,209	5,653	4,485
1551	6,818	6,328	6,192	5,67	4,498
1552	6,869	6,323	6,198	5,697	4,493
1553	6,865	6,315	6,172	5,719	4,481
1554	6,834	6,321	6,172	5,72	4,495
1555	6,833	6,327	6,174	5,688	4,496
1556	6,798	6,337	6,202	5,724	4,501

Ek 3.'ün devamı

1557	6,795	6,333	6,229	5,683	4,521
1558	6,8	6,313	6,259	5,709	4,519
1559	6,8	6,295	6,25	5,689	4,524
1560	6,796	6,312	6,234	5,67	4,529
1561	6,826	6,327	6,23	5,676	4,519
1562	6,807	6,366	6,239	5,677	4,486
1563	6,746	6,347	6,25	5,643	4,47
1564	6,709	6,338	6,294	5,622	4,468
1565	6,777	6,345	6,285	5,621	4,455
1566	6,748	6,287	6,278	5,643	4,448
1567	6,745	6,325	6,257	5,615	4,455
1568	6,744	6,283	6,234	5,652	4,44
1569	6,736	6,283	6,218	5,629	4,432
1570	6,72	6,253	6,212	5,648	4,447
1571	6,692	6,259	6,214	5,69	4,443
1572	6,71	6,239	6,21	5,679	4,465
1573	6,71	6,212	6,218	5,667	4,51
1574	6,743	6,259	6,202	5,667	4,513
1575	6,806	6,28	6,208	5,639	4,511
1576	6,775	6,277	6,212	5,623	4,507
1577	6,785	6,295	6,215	5,625	4,505
1578	6,808	6,251	6,222	5,609	4,491
1579	6,821	6,282	6,253	5,61	4,503
1580	6,808	6,296	6,272	5,627	4,507
1581	6,808	6,343	6,326	5,63	4,503
1582	6,852	6,355	6,365	5,62	4,51
1583	6,83	6,384	6,403	5,609	4,508
1584	6,843	6,386	6,441	5,594	4,507
1585	6,836	6,361	6,456	5,611	4,531
1586	6,818	6,367	6,442	5,647	4,529
1587	6,788	6,364	6,47	5,675	4,545
1588	6,788	6,381	6,466	5,658	4,541
1589	6,792	6,408	6,443	5,679	4,543
1590	6,788	6,399	6,425	5,658	4,562
1591	6,787	6,385	6,42	5,657	4,562
1592	6,819	6,374	6,377	5,629	4,549
1593	6,805	6,375	6,385	5,624	4,564
1594	6,824	6,384	6,377	5,652	4,55
1595	6,849	6,388	6,355	5,684	4,524
1596	6,836	6,414	6,377	5,691	4,521
1597	6,829	6,402	6,375	5,677	4,551
1598	6,858	6,412	6,375	5,653	4,554
1599	6,899	6,426	6,349	5,695	4,568
1600	6,899	6,428	6,386	5,728	4,566
1601	6,883	6,418	6,379	5,744	4,543
1602	6,863	6,455	6,421	5,735	4,531
1603	6,825	6,479	6,458	5,753	4,538
1604	6,773	6,483	6,435	5,781	4,512
1605	6,805	6,473	6,428	5,754	4,501
1606	6,756	6,436	6,429	5,734	4,505
1607	6,782	6,401	6,388	5,718	4,522
1608	6,784	6,419	6,397	5,721	4,482
1609	6,803	6,426	6,436	5,734	4,477
1610	6,76	6,461	6,466	5,699	4,457
1611	6,77	6,42	6,437	5,681	4,457

Ek 3.'ün devamı

1612	6,841	6,458	6,462	5,687	4,457
1613	6,853	6,425	6,432	5,705	4,449
1614	6,853	6,418	6,461	5,702	4,457
1615	6,894	6,431	6,5	5,689	4,453
1616	6,843	6,405	6,514	5,678	4,462
1617	6,853	6,414	6,492	5,685	4,473
1618	6,841	6,392	6,487	5,643	4,453
1619	6,831	6,361	6,466	5,649	4,484
1620	6,778	6,333	6,391	5,673	4,47
1621	6,777	6,276	6,412	5,683	4,482
1622	6,791	6,295	6,424	5,682	4,446
1623	6,764	6,267	6,42	5,654	4,445
1624	6,74	6,235	6,396	5,641	4,448
1625	6,773	6,214	6,322	5,642	4,452
1626	6,758	6,194	6,262	5,596	4,464
1627	6,77	6,193	6,249	5,636	4,457
1628	6,784	6,205	6,247	5,628	4,455
1629	6,775	6,215	6,291	5,638	4,483
1630	6,77	6,249	6,327	5,647	4,471
1631	6,813	6,254	6,341	5,643	4,466
1632	6,85	6,285	6,291	5,662	4,446
1633	6,81	6,296	6,275	5,654	4,485
1634	6,759	6,26	6,26	5,686	4,499
1635	6,783	6,315	6,262	5,672	4,525
1636	6,757	6,298	6,271	5,701	4,517
1637	6,777	6,358	6,283	5,758	4,522
1638	6,742	6,41	6,252	5,716	4,509
1639	6,725	6,392	6,246	5,716	4,52
1640	6,718	6,39	6,237	5,736	4,494
1641	6,723	6,395	6,211	5,754	4,5
1642	6,727	6,38	6,212	5,737	4,496
1643	6,69	6,406	6,253	5,709	4,534
1644	6,739	6,394	6,278	5,721	4,533
1645	6,765	6,462	6,283	5,706	4,516
1646	6,752	6,399	6,319	5,682	4,499
1647	6,773	6,434	6,293	5,659	4,495
1648	6,741	6,394	6,271	5,649	4,495
1649	6,785	6,314	6,28	5,685	4,518
1650	6,785	6,339	6,286	5,699	4,516
1651	6,823	6,348	6,249	5,711	4,521
1652	6,84	6,355	6,224	5,684	4,518
1653	6,813	6,416	6,217	5,686	4,522
1654	6,86	6,395	6,195	5,693	4,498
1655	6,86	6,388	6,161	5,683	4,493
1656	6,879	6,371	6,174	5,705	4,484
1657	6,889	6,43	6,151	5,732	4,489
1658	6,844	6,422	6,211	5,684	4,5
1659	6,852	6,405	6,224	5,617	4,476
1660	6,847	6,441	6,204	5,608	4,473
1661	6,867	6,417	6,194	5,617	4,454
1662	6,896	6,391	6,18	5,642	4,458
1663	6,904	6,382	6,223	5,649	4,439
1664	6,907	6,369	6,199	5,632	4,434
1665	6,902	6,35	6,189	5,63	4,423
1666	6,882	6,364	6,224	5,668	4,43

Ek 3.'ün devamı

1667	6,861	6,389	6,182	5,662	4,47
1668	6,909	6,398	6,165	5,688	4,463
1669	6,932	6,371	6,19	5,712	4,453
1670	6,927	6,345	6,211	5,757	4,486
1671	6,892	6,365	6,239	5,752	4,482
1672	6,889	6,362	6,227	5,796	4,472
1673	6,843	6,404	6,265	5,724	4,44
1674	6,81	6,42	6,246	5,681	4,471
1675	6,804	6,411	6,252	5,738	4,475
1676	6,799	6,422	6,32	5,769	4,497
1677	6,817	6,448	6,316	5,726	4,502
1678	6,814	6,412	6,326	5,715	4,489
1679	6,777	6,359	6,366	5,715	4,504
1680	6,796	6,385	6,328	5,705	4,534
1681	6,891	6,363	6,285	5,701	4,501
1682	6,891	6,375	6,321	5,725	4,499
1683	6,858	6,409	6,366	5,652	4,487
1684	6,809	6,423	6,38	5,704	4,512
1685	6,814	6,404	6,395	5,752	4,507
1686	6,809	6,352	6,426	5,716	4,52
1687	6,812	6,353	6,348	5,743	4,524
1688	6,754	6,301	6,353	5,731	4,494
1689	6,801	6,283	6,428	5,753	4,488
1690	6,819	6,298	6,405	5,754	4,482
1691	6,82	6,299	6,393	5,803	4,46
1692	6,769	6,32	6,485	5,802	4,481
1693	6,81	6,315	6,475	5,776	4,478
1694	6,881	6,311	6,449	5,768	4,535
1695	6,934	6,264	6,454	5,743	4,538
1696	6,91	6,304	6,425	5,747	4,545
1697	6,949	6,366	6,397	5,769	4,546
1698	6,927	6,364	6,445	5,697	4,567
1699	6,94	6,461	6,456	5,716	4,609
1700	6,925	6,443	6,444	5,661	4,595
1701	6,908	6,449	6,413	5,677	4,606
1702	6,954	6,46	6,413	5,694	4,637
1703	6,951	6,463	6,405	5,749	4,657
1704	6,959	6,483	6,455	5,762	4,685
1705	6,915	6,499	6,505	5,814	4,672
1706	6,952	6,528	6,501	5,843	4,676
1707	7,011	6,507	6,529	5,835	4,681
1708	7,046	6,474	6,578	5,843	4,665
1709	7,055	6,474	6,548	5,867	4,651
1710	7,091	6,396	6,553	5,916	4,651
1711	7,038	6,435	6,547	5,942	4,64
1712	7,088	6,431	6,522	5,906	4,605
1713	7,028	6,405	6,592	5,906	4,564
1714	7,005	6,419	6,515	5,88	4,576
1715	6,948	6,429	6,425	5,876	4,582
1716	6,933	6,382	6,34	5,82	4,581
1717	6,902	6,358	6,325	5,81	4,588
1718	6,895	6,35	6,37	5,831	4,56
1719	6,841	6,393	6,372	5,792	4,576
1720	6,817	6,342	6,329	5,778	4,559
1721	6,771	6,333	6,36	5,75	4,545

Ek 3.'ün devamı

1722	6,729	6,309	6,347	5,78	4,579
1723	6,702	6,279	6,443	5,799	4,582
1724	6,654	6,357	6,402	5,795	4,594
1725	6,628	6,352	6,445	5,729	4,575
1726	6,642	6,387	6,477	5,728	4,549
1727	6,637	6,41	6,573	5,761	4,551
1728	6,597	6,442	6,601	5,769	4,542
1729	6,552	6,389	6,565	5,736	4,567
1730	6,586	6,375	6,575	5,746	4,592
1731	6,558	6,41	6,667	5,721	4,611
1732	6,612	6,397	6,67	5,698	4,638
1733	6,672	6,45	6,66	5,691	4,611
1734	6,669	6,468	6,667	5,687	4,629
1735	6,658	6,433	6,711	5,69	4,618
1736	6,679	6,433	6,713	5,76	4,619
1737	6,736	6,363	6,746	5,726	4,62
1738	6,725	6,392	6,706	5,766	4,634
1739	6,773	6,416	6,711	5,747	4,657
1740	6,799	6,52	6,746	5,779	4,636
1741	6,783	6,543	6,759	5,814	4,6
1742	6,857	6,548	6,787	5,901	4,582
1743	6,761	6,612	6,765	5,898	4,582
1744	6,801	6,599	6,759	5,852	4,617
1745	6,804	6,653	6,689	5,841	4,6
1746	6,853	6,597	6,65	5,802	4,634
1747	6,87	6,648	6,607	5,86	4,674
1748	6,841	6,625	6,652	5,891	4,689
1749	6,868	6,615	6,654	5,871	4,677
1750	6,811	6,602	6,616	5,925	4,651
1751	6,841	6,506	6,549	5,902	4,699
1752	6,834	6,589	6,556	5,843	4,727
1753	6,823	6,617	6,545	5,788	4,751
1754	6,925	6,601	6,547	5,809	4,736
1755	6,885	6,618	6,559	5,857	4,75
1756	6,855	6,615	6,526	5,865	4,765
1757	6,826	6,65	6,549	5,874	4,764
1758	6,791	6,632	6,644	5,78	4,734
1759	6,804	6,694	6,548	5,841	4,725
1760	6,827	6,708	6,572	5,831	4,695
1761	6,9	6,687	6,595	5,763	4,76
1762	6,838	6,708	6,588	5,775	4,724
1763	6,821	6,637	6,546	5,817	4,689
1764	6,832	6,665	6,462	5,804	4,667
1765	6,788	6,669	6,415	5,842	4,695
1766	6,81	6,65	6,456	5,805	4,687
1767	6,926	6,577	6,569	5,822	4,698
1768	6,919	6,56	6,58	5,856	4,667
1769	6,985	6,554	6,53	5,914	4,622
1770	6,955	6,493	6,535	5,858	4,623
1771	6,944	6,511	6,57	5,832	4,659
1772	6,907	6,552	6,553	5,896	4,637
1773	6,95	6,58	6,653	5,908	4,641
1774	7,008	6,537	6,62	5,883	4,715
1775	6,993	6,503	6,663	5,869	4,75
1776	6,981	6,435	6,653	5,808	4,679

Ek 3.'ün devamı

1777	6,934	6,413	6,585	5,78	4,683
1778	6,86	6,462	6,453	5,755	4,674
1779	6,876	6,468	6,436	5,719	4,668
1780	6,807	6,434	6,406	5,682	4,702
1781	6,794	6,478	6,449	5,696	4,688
1782	6,787	6,428	6,397	5,729	4,691
1783	6,775	6,438	6,401	5,67	4,672
1784	6,822	6,39	6,349	5,634	4,67
1785	6,736	6,42	6,385	5,658	4,613
1786	6,735	6,388	6,393	5,751	4,601
1787	6,755	6,409	6,453	5,778	4,63
1788	6,796	6,451	6,425	5,748	4,592
1789	6,767	6,497	6,461	5,737	4,607
1790	6,803	6,574	6,46	5,683	4,647
1791	6,847	6,588	6,51	5,586	4,656
1792	6,867	6,553	6,468	5,588	4,649
1793	6,982	6,584	6,481	5,605	4,653
1794	6,967	6,488	6,491	5,586	4,608
1795	6,888	6,553	6,463	5,627	4,619
1796	7,021	6,521	6,513	5,631	4,658
1797	7,002	6,519	6,545	5,597	4,664
1798	6,978	6,586	6,665	5,635	4,704
1799	6,916	6,467	6,78	5,737	4,696
1800	6,818	6,429	6,823	5,788	4,664
1801	6,788	6,333	6,824	5,888	4,643
1802	6,844	6,383	6,791	6,012	4,571
1803	6,879	6,397	6,743	5,99	4,554
1804	6,773	6,33	6,69	6,018	4,593
1805	6,755	6,493	6,662	6,09	4,603
1806	6,708	6,568	6,695	6,075	4,62
1807	6,523	6,539	6,709	6,091	4,6
1808	6,479	6,514	6,619	6,012	4,582
1809	6,51	6,506	6,452	5,909	4,533
1810	6,54	6,57	6,342	5,842	4,56
1811	6,574	6,61	6,357	5,817	4,593
1812	6,564	6,666	6,334	5,782	4,612
1813	6,469	6,609	6,264	5,818	4,647
1814	6,369	6,606	6,335	5,786	4,667
1815	6,412	6,647	6,319	5,759	4,603
1816	6,455	6,539	6,315	5,742	4,614
1817	6,612	6,407	6,329	5,688	4,605
1818	6,691	6,466	6,203	5,676	4,603
1819	6,727	6,498	6,235	5,786	4,607
1820	6,665	6,491	6,216	5,875	4,623
1821	6,677	6,569	6,239	5,9	4,606
1822	6,769	6,533	6,208	5,83	4,569
1823	6,828	6,533	6,142	5,773	4,566
1824	6,888	6,633	6,133	5,658	4,641
1825	6,961	6,716	6,149	5,671	4,625
1826	6,928	6,73	6,24	5,754	4,585
1827	6,949	6,699	6,186	5,741	4,595
1828	6,867	6,785	6,13	5,763	4,592
1829	6,809	6,721	6,222	5,822	4,597
1830	6,818	6,726	6,252	5,774	4,58
1831	6,895	6,71	6,395	5,795	4,584

Ek 3.'ün devamı

1832	6,856	6,637	6,418	5,801	4,562
1833	6,91	6,638	6,417	5,814	4,583
1834	6,927	6,642	6,504	5,853	4,592
1835	6,998	6,52	6,541	5,935	4,543
1836	6,944	6,408	6,547	5,942	4,58
1837	6,97	6,506	6,533	5,851	4,632
1838	6,92	6,53	6,73	5,836	4,61
1839	6,909	6,5	6,773	5,846	4,573
1840	6,903	6,52	6,713	5,755	4,584
1841	6,926	6,523	6,619	5,778	4,517
1842	6,943	6,494	6,39	5,707	4,498
1843	6,933	6,544	6,37	5,628	4,495
1844	6,948	6,543	6,406	5,655	4,497
1845	6,936	6,548	6,357	5,714	4,395
1846	6,817	6,481	6,393	5,725	4,398
1847	6,876	6,591	6,339	5,754	4,377
1848	6,798	6,483	6,393	5,795	4,445
1849	6,813	6,519	6,325	5,786	4,454
1850	6,866	6,523	6,319	5,751	4,462
1851	6,979	6,557	6,434	5,745	4,469
1852	6,958	6,569	6,425	5,627	4,493
1853	6,926	6,621	6,575	5,558	4,517
1854	7,026	6,478	6,601	5,554	4,53
1855	6,971	6,41	6,696	5,571	4,575
1856	7,005	6,354	6,761	5,461	4,616
1857	7,087	6,428	6,682	5,516	4,577
1858	7,075	6,326	6,782	5,518	4,588
1859	7,096	6,35	6,803	5,48	4,508
1860	7,142	6,359	6,856	5,567	4,492
1861	7,08	6,296	6,843	5,652	4,492
1862	6,966	6,254	6,752	5,644	4,447
1863	6,985	6,234	6,677	5,743	4,485
1864	6,989	6,187	6,667	5,798	4,461
1865	7	6,32	6,525	5,879	4,474
1866	6,941	6,378	6,399	5,836	4,44
1867	6,776	6,531	6,455	5,924	4,48
1868	6,686	6,504	6,535	5,819	4,512
1869	6,711	6,563	6,381	5,874	4,511
1870	6,801	6,522	6,283	5,824	4,483
1871	6,735	6,428	6,243	5,722	4,494
1872	6,769	6,52	6,183	5,74	4,527
1873	6,831	6,623	6,074	5,806	4,512
1874	6,821	6,574	6,211	5,813	4,506
1875	6,876	6,587	6,147	5,866	4,497
1876	6,799	6,526	6,337	5,781	4,497
1877	6,809	6,552	6,315	5,841	4,469
1878	6,932	6,469	6,226	5,818	4,479
1879	6,993	6,469	6,334	5,848	4,503
1880	6,95	6,373	6,502	5,811	4,489
1881	6,791	6,437	6,412	5,773	4,544
1882	6,864	6,49	6,423	5,798	4,606
1883	6,802	6,461	6,434	5,752	4,603
1884	6,728	6,443	6,59	5,661	4,645
1885	6,606	6,447	6,645	5,605	4,638
1886	6,509	6,455	6,766	5,626	4,599

Ek 3.'ün devamı

1887	6,572	6,513	6,682	5,8	4,582
1888	6,602	6,585	6,777	5,721	4,592
1889	6,456	6,636	6,843	5,717	4,599
1890	6,437	6,604	6,723	5,737	4,612
1891	6,485	6,673	6,825	5,701	4,63
1892	6,751	6,541	6,843	5,783	4,632
1893	6,659	6,549	6,952	5,846	4,581
1894	6,636	6,536	6,932	5,772	4,588
1895	6,834	6,482	6,839	5,898	4,628
1896	7,047	6,591	6,762	5,982	4,69
1897	7,192	6,69	6,599	5,963	4,779
1898	7,239	6,625	6,655	5,91	4,837
1899	7,086	6,644	6,571	5,998	4,867
1900	7,38	6,549	6,59	6,021	4,84
1901	7,29	6,702	6,589	6,025	4,849
1902	7,183	6,868	6,495	6,08	4,92
1903	7,015	7,054	6,594	6,067	4,923
1904	7,163	7,176	6,476	6,005	5,002
1905	7,273	7,29	6,626	6,043	5,082
1906	7,164	7,426	6,564	6,026	5,168
1907	7,136	7,519	6,68	6,017	5,274
1908	7,089	7,581	7,071	6,181	5,197
1909	6,86	7,96	6,994	6,218	5,273
1910	6,945	8,127	6,87	6,262	5,307
1911	6,774	8,257	6,883	6,21	5,274
1912	7,032	8,412	6,947	6,288	5,379
1913	7,052	8,247	6,788	6,321	5,303
1914	6,926	8,339	6,902	6,373	5,229
1915	6,875	8,633	7,194	6,503	5,22
1916	6,929	8,63	7,292	6,657	5,163
1917	6,979	8,422	7,488	6,565	5,178
1918	6,951	8,287	7,607	6,587	5,081
1919	6,862	8,344	7,313	6,431	5,098
1920	6,91	8,172	7,284	6,458	5,03
1921	6,79	8,116	7,591	6,489	5,076
1922	6,878	8,094	7,753	6,62	5,283
1923	6,895	7,984	7,595	6,53	5,2
1924	7,16	8,287	7,947	6,861	5,426
1925	7,363	8,017	7,768	6,823	5,572
1926	7,406	7,817	7,575	6,86	5,48
1927	7,341	7,712	7,441	6,679	5,456
1928	7,162	7,745	7,309	6,704	5,408
1929	7,181	8,013	7,14	6,75	5,491
1930	7,198	8,07	7,136	6,768	5,669
1931	7,395	7,821	7,25	6,729	5,762
1932	7,77	7,735	7,258	6,708	5,709
1933	7,655	7,757	7,032	6,649	5,501
1934	7,369	7,889	7,288	6,631	5,461
1935	7,248	7,802	7,048	6,377	5,392
1936	7,281	7,901	7,146	6,46	5,427
1937	7,026	8,004	6,897	6,256	5,577
1938	7,073	8,207	6,97	6,319	5,412
1939	7,354	8,084	7,076	6,568	5,317
1940	7,258	8,154	7,313	6,689	5,176
1941	7,283	8,087	7,384	6,531	5,097

Ek 3.'ün devamı

1942	7,088	8,244	7,465	6,64	5,03
1943	6,941	8,41	7,38	6,475	5,113
1944	7,087	8,884	7,408	6,64	5,162
1945	7,121	8,763	7,368	6,873	5,257
1946	7,15	8,917	7,376	6,789	5,197
1947	7,025	9,24	7,228	6,752	5,209
1948	7,094	9,023	7,227	6,946	5,212
1949	7,155	8,848	6,866	6,945	5,421
1950	7,042	9,269	6,812	6,681	5,422
1951	7,13	8,847	6,806	6,44	5,522
1952	7,065	8,771	6,619	6,659	5,533
1953	7,257	8,871	6,459	6,521	5,481
1954	7,259	8,412	6,354	6,662	5,429
1955	7,215	8,042	6,422	6,402	5,508
1956	7,462	7,777	6,338	6,218	5,288
1957	7,552	7,539	6,328	6,386	5,264
1958	7,599	7,433	6,394	6,468	5,098
1959	7,692	7,292	6,703	6,468	4,999
1960	7,489	7,471	7,015	6,608	5,116
1961	7,41	7,337	7,249	6,603	5,306
1962	7,361	7,376	6,916	6,412	5,366
1963	7,457	7,44	7,178	6,321	5,268
1964	7,475	7,343	7,203	6,263	5,393
1965	7,568	7,33	7,404	6,146	5,42
1966	7,765	7,46	7,334	6,33	5,494
1967	7,636	7,573	7,367	6,361	5,773
1968	7,198	7,44	7,378	6,162	5,793
1969	7,432	7,323	7,414	6,161	5,959
1970	7,482	7,329	7,22	6,29	5,951
1971	7,622	7,229	7,429	6,174	5,856
1972	7,711	7,132	7,396	6,27	5,794
1973	7,992	7,15	7,523	6,415	5,8
1974	8,108	7,057	7,123	6,427	5,794
1975	8,003	7,128	7,331	6,436	5,735
1976	7,884	7,213	7,355	6,566	5,747
1977	7,552	6,952	7,217	6,674	5,673
1978	7,228	6,979	7,172	6,625	5,4
1979	7,556	7,411	7,335	6,485	5,356
1980	7,26	7,497	7,413	6,256	5,374
1981	7,477	7,758	7,512	6,067	5,457
1982	7,376	7,884	7,35	6,107	5,285
1983	7,383	8,18	7,246	6,043	5,187
1984	7,136	7,79	7,238	6,134	5,02
1985	6,969	7,616	7,516	6,266	5,172
1986	6,928	7,614	7,642	6,5	5,185
1987	6,984	7,639	7,641	6,448	5,087
1988	7,082	7,557	8,369	6,24	4,935
1989	7,285	7,707	8,749	6,12	5,101
1990	6,96	7,442	8,66	6,362	5,149
1991	6,932	7,219	8,515	6,541	5,034
1992	7,061	7,101	8,447	6,465	4,992
1993	7,228	7,098	8,309	6,443	5,194
1994	7,194	7,098	8,026	6,59	5,12
1995	7,274	7,357	7,919	6,604	5,168
1996	7,27	7,456	7,883	6,405	5,068

Ek 3.'ün devamı

1997	7,311	7,357	7,567	6,413	4,946
1998	7,368	7,331	7,559	6,481	5,1
1999	7,284	7,801	6,928	6,603	5,244
2000	7,09	7,881	6,807	6,796	5,175
2001	7,409	7,653	6,836	6,701	5,175
2002	7,642	7,822	6,826	6,493	5,153
2003	7,2	7,662	6,751	6,426	5,151
2004	7,039	7,707	6,75	6,537	5,051
2005	7,162	7,627	6,771	6,259	5,168
2006	7,173	7,633	7,057	6,214	5,107
2007	7,261	7,759	7,214	6,248	5,051
2008	7,333	7,914	7,438	5,997	5,237
2009	7,228	7,902	7,347	6,078	5,166
2010	7,188	7,448	7,517	5,845	5,07
2011	7,382	7,044	7,256	5,885	5,133
2012	7,476	7,263	7,363	5,966	5,137
2013	7,246	7,333	7,38	6,184	5,197
2014	7,404	7,286	7,445	6,488	5,158
2015	7,436	7,089	7,509	6,197	5,11
2016	7,443	6,838	7,773	6,495	5,182
2017	7,318	6,782	7,498	6,734	5,385
2018	7,416	6,742	7,524	6,826	5,338
2019	7,343	6,645	7,348	6,904	5,272
2020	7,331	6,711	7,47	6,814	5,104
2021	7,457	6,946	7,38	7,246	5,077
2022	7,558	7,085	7,415	6,96	4,931
2023	7,315	7,161	7,236	6,876	4,954
2024	7,378	7,161	7,308	6,975	4,936
2025	7,509	7,258	7,384	6,609	5,046
2026	7,526	7,24	7,56	6,754	5,111
2027	7,416	7,421	7,626	6,626	4,972
2028	7,457	7,505	7,688	6,595	4,871
2029	7,515	7,3	7,65	6,616	4,957
2030	7,442	7,635	7,796	6,728	4,917
2031	7,532	7,712	7,833	6,811	4,984
2032	7,455	7,524	7,994	6,635	5,157
2033	7,493	7,55	8,486	6,792	5,245
2034	7,599	7,336	8,511	6,942	5,197
2035	7,696	7,405	8,286	6,63	5,2
2036	7,635	7,453	8,086	6,993	5,132
2037	7,716	7,622	7,903	6,91	5,089
2038	7,819	7,651	7,87	6,838	5,166
2039	7,994	7,917	7,982	6,588	5,291
2040	7,768	8,373	8,002	6,568	5,379
2041	8,004	8,278	7,951	6,486	5,503
2042	8,314	8,366	7,917	6,479	5,596
2043	8,303	8,677	8,39	6,66	5,581
2044	8,476	8,779	7,953	6,831	5,673
2045	8,599	8,705	7,836	6,602	5,775
2046	8,471	8,204	7,949	6,624	5,733
2047	8,599	7,993	8,134	6,542	5,918
2048	8,571	7,783	8,107	6,684	6,008
2049	8,549	7,71	7,974	6,756	5,931
2050	8,395	7,385	7,984	7,013	5,838
2051	8,241	7,2	7,607	7,1	5,692

Ek 3.'ün devamı

2052	8,283	6,882	7,36	7,061	5,669
2053	7,931	6,707	7,492	6,743	5,718
2054	7,978	6,66	7,098	6,554	5,674
2055	7,813	6,651	6,873	6,676	5,698
2056	7,656	6,703	7,148	6,845	5,599
2057	7,774	6,914	7,29	7,172	5,631
2058	7,415	7,036	7,455	7,099	5,421
2059	7,434	6,97	7,631	7,12	5,407
2060	7,415	6,793	7,989	7,144	5,48
2061	7,4	6,66	8,129	7,162	5,588
2062	7,761	6,649	8,639	6,972	5,57
2063	7,607	6,551	8,782	7,267	5,715
2064	7,633	6,451	8,425	7,605	5,63
2065	7,661	6,381	8,309	7,479	5,533
2066	7,903	6,281	9,026	7,332	5,461
2067	7,927	6,091	8,827	7,663	5,365
2068	7,939	6,18	8,566	7,377	5,422
2069	8,108	6,058	8,333	7,484	5,379
2070	8,137	5,978	8,117	7,482	5,476
2071	7,716	6,148	7,795	7,251	5,385
2072	7,511	6,217	7,437	7,27	5,433
2073	7,408	6,046	7,196	7,491	5,619
2074	7,822	6,195	7,247	7,382	5,456
2075	7,698	6,119	7,371	7,505	5,434
2076	7,769	6,111	7,379	7,869	5,526
2077	7,648	6,211	7,41	8,068	5,541
2078	7,563	6,367	7,351	7,546	5,735
2079	7,789	6,207	7,62	7,597	5,735
2080	7,744	6,508	7,698	7,452	5,686
2081	7,712	6,818	8,151	7,285	5,625
2082	7,999	6,973	8,152	7,519	5,938
2083	8,226	7,066	8,23	7,535	5,711
2084	8,235	7,244	8,316	7,421	5,573
2085	7,935	7,17	8,957	7,169	5,535
2086	8,072	7,575	8,908	6,947	5,599
2087	8,112	7,534	9,268	6,696	5,556
2088	8,074	7,313	9,126	6,469	5,598
2089	8,122	7,187	9,304	6,839	5,461
2090	7,842	7,286	9,329	6,8	5,452
2091	7,905	7,241	9,113	6,984	5,735
2092	8,152	7,137	8,452	7,239	5,614
2093	8,219	7,028	8,568	7,26	5,45
2094	8,659	6,883	8,444	6,999	5,449
2095	8,812	6,974	8,448	6,803	5,489
2096	8,543	7,156	8,103	7,001	5,554
2097	8,853	7,103	8,01	7,112	5,605
2098	8,983	6,922	7,975	7,256	5,754
2099	8,754	7,176	7,527	7,279	5,827
2100	9,289	7,197	7,42	6,93	5,848
2101	9,281	7,304	7,38	7,04	5,95
2102	9,621	7,023	7,441	6,935	6,073
2103	9,479	6,851	7,468	6,803	6,099
2104	9,79	6,765	7,545	7,046	6,008
2105	9,218	6,745	7,414	7,278	5,917
2106	8,914	6,593	7,377	7,332	5,989

Ek 3.'ün devamı

2107	8,859	6,324	7,2	7,302	6,072
2108	8,274	6,243	7,343	7,405	6,094
2109	8,227	6,198	7,193	7,608	6,051
2110	8,384	6,008	7,428	7,775	5,913
2111	8,633	6,063	7,393	7,731	5,987
2112	8,21	5,912	7,393	7,694	5,991
2113	7,76	5,869	7,293	7,778	5,744
2114	7,686	5,686	7,175	8,051	5,604
2115	7,615	5,753	7,199	7,876	5,756
2116	7,647	5,849	7,37	7,756	5,946
2117	7,817	5,883	7,576	8,06	6,005
2118	7,843	6,118	7,62	8,014	5,882
2119	8,201	5,993	7,781	7,87	5,775
2120	8,203	6,192	7,417	7,731	5,766
2121	8,268	6,317	7,744	7,672	5,881
2122	7,773	6,282	7,824	7,462	5,904
2123	8,156	6,243	7,527	7,598	5,914
2124	8,47	6,105	7,425	7,848	5,948
2125	8,403	6,162	7,822	7,768	6,173
2126	8,302	6,022	7,751	7,658	6,08
2127	8,174	6,131	7,743	7,737	5,959
2128	7,984	6,146	7,616	7,508	6,098
2129	7,962	5,964	7,514	7,349	5,909
2130	8,039	6,115	7,339	7,248	6,002
2131	7,624	6,008	7,723	6,937	5,89
2132	7,676	5,876	7,569	6,716	5,838
2133	7,516	5,88	7,442	7,082	5,934
2134	7,652	6,091	7,652	7,009	5,893
2135	7,624	6,294	7,925	6,763	5,845
2136	7,716	6,338	7,731	6,615	5,793
2137	7,688	6,362	7,682	6,596	5,655
2138	7,644	6,036	8,009	6,559	5,62
2139	7,535	5,874	7,844	6,521	5,476
2140	7,667	6,084	7,817	6,673	5,744
2141	7,436	6,062	7,603	6,644	5,633
2142	7,692	6,25	7,58	6,931	5,695
2143	7,499	6,246	7,577	7,208	5,449
2144	7,63	6,297	7,883	7,327	5,164
2145	7,512	6,205	7,708	7,371	5,125
2146	7,774	6,258	7,493	7,316	5,12
2147	7,7	6,471	7,435	7,493	5,16
2148	7,94	6,411	7,341	7,67	5,262
2149	8,301	6,524	6,985	7,451	5,378
2150	8,484	6,679	7,075	7,656	5,413
2151	8,415	6,449	7,035	7,34	5,294
2152	8,492	6,28	7,214	7,55	5,434
2153	8,497	5,998	7,413	7,097	5,345
2154	8,189	6,169	7,244	6,754	5,511
2155	8,065	6,133	7,233	6,559	5,643
2156	8,21	5,954	7,28	6,509	5,577
2157	8,044	5,836	7,453	6,405	5,506
2158	7,908	5,792	7,349	6,379	5,479
2159	7,554	5,691	7,223	6,38	5,587
2160	7,611	5,644	7,439	6,317	5,635
2161	7,926	5,424	7,495	6,357	5,6

Ek 3.'ün devamı

2162	8,191	5,614	7,564	6,749	5,532
2163	8,175	5,764	7,614	6,808	5,474
2164	8,051	5,758	7,352	7,083	5,573
2165	8,386	5,876	7,686	7,213	5,509
2166	8,331	5,905	7,512	7,276	5,51
2167	8,296	5,984	7,604	7,011	5,57
2168	8,382	6,017	7,415	7,167	5,591
2169	8,348	5,98	7,543	7,322	5,703
2170	8,435	6,158	7,593	7,254	5,555
2171	8,057	6,224	7,627	7,463	5,373
2172	7,78	6,601	7,956	7,428	5,464
2173	7,449	6,156	8,403	7,352	5,537
2174	7,566	6,097	8,557	7,356	5,649
2175	7,991	6,243	8,478	7,35	5,469
2176	7,911	6,072	8,159	7,259	5,629
2177	8,483	6,135	8,357	7,032	5,689
2178	8,438	6,352	8,163	7,111	5,681
2179	7,874	6,503	8,436	6,959	5,745
2180	7,825	6,67	8,922	6,842	5,625
2181	7,634	6,762	8,862	6,67	5,693
2182	8,03	6,958	8,725	6,5	5,833
2183	8,076	6,792	8,173	6,347	5,606
2184	7,667	7,038	7,934	6,16	5,682
2185	7,777	7,142	7,742	6,269	5,464
2186	7,291	7,104	8,105	6,63	5,51
2187	7,284	7,035	8,248	6,811	5,532
2188	6,96	6,924	8,15	7,224	5,479
2189	6,875	6,636	7,882	7,516	5,298
2190	7,198	6,59	7,961	7,426	5,168
2191	7,316	6,511	7,383	7,282	5,352
2192	7,56	6,576	7,359	7,138	5,282
2193	7,381	6,617	7,372	7,293	5,378
2194	7,569	6,698	7,743	7,536	5,499
2195	8,199	6,715	7,589	7,72	5,597
2196	7,856	6,63	7,377	7,097	5,643
2197	8,158	6,65	7,346	6,867	5,511
2198	8,244	6,666	7,346	6,89	5,355
2199	8,548	6,58	7,128	6,622	5,229
2200	8,705	6,759	7,618	6,393	5,407
2201	8,045	6,45	7,36	6,552	5,618
2202	7,96	6,357	7,492	6,681	5,346
2203	8,12	5,987	7,677	7,04	5,367
2204	8,305	5,803	7,402	6,768	4,965
2205	8,205	5,806	7,391	6,514	4,911
2206	8,324	5,763	7,427	6,285	4,705
2207	8,244	5,84	7,475	6,441	4,62
2208	7,961	5,945	7,269	6,256	4,848
2209	7,737	5,806	7,219	6,42	4,782
2210	7,294	5,639	7,448	6,327	4,947
2211	7,156	5,6	7,328	6,16	4,982
2212	7,459	5,846	7,595	6,123	4,874
2213	7,744	5,961	7,671	6,247	5,174
2214	7,829	6,184	7,533	6,083	5,255
2215	7,388	6,087	8,233	6,636	5,553
2216	7,316	6,25	8,326	7,083	5,621

Ek 3.'ün devamı

2217	7,443	6,305	8,382	7,52	5,582
2218	7,832	6,002	8,567	7,678	5,753
2219	8,457	5,96	8,962	7,824	5,609
2220	8,685	5,955	8,799	7,506	5,595
2221	8,714	6,217	8,407	7,701	5,621
2222	8,72	6,198	8,538	7,836	5,606
2223	9,337	6,209	7,853	7,974	5,51
2224	9,06	5,978	7,876	7,52	5,31
2225	9,372	6,048	7,876	7,837	5,036
2226	10,232	6,177	7,572	7,257	5,03
2227	9,893	6,091	7,093	6,665	4,976
2228	9,199	5,942	7,507	6,375	5,096
2229	8,531	6,257	7,189	6,054	4,936
2230	8,301	6,131	6,986	5,967	4,86
2231	8,333	6,243	6,827	5,929	4,903
2232	8,526	6,527	6,884	5,746	4,832
2233	8,456	6,562	6,914	5,958	4,818
2234	7,771	6,754	6,963	5,803	4,899
2235	7,706	6,874	6,744	5,731	4,964
2236	7,055	6,864	6,666	5,789	4,969
2237	7,025	7,149	6,578	5,994	5,059
2238	7,269	6,91	6,748	6,15	5,161
2239	7,672	6,875	6,49	6,475	5,138
2240	8,255	6,755	6,493	6,999	5,139
2241	8,073	6,779	6,406	7,21	5,395
2242	7,955	7,141	6,357	7,165	5,5
2243	7,7	6,876	6,418	6,97	5,426
2244	7,765	6,676	6,256	6,915	5,287
2245	7,811	6,257	6,603	6,94	5,236
2246	7,856	6,323	6,782	7,131	5,082
2247	8,138	6,398	7,054	6,65	5,184
2248	8,096	6,24	7,39	6,506	5,112
2249	8,161	6,32	6,983	6,857	5,187
2250	8,314	6,478	6,958	6,492	5,089
2251	7,745	6,454	7,214	6,282	5,194
2252	7,717	7,013	7,286	6,331	5,185
2253	8,478	6,621	7,813	6,61	5,274
2254	8,932	6,908	8,174	7,273	5,561
2255	9,107	7,111	8,025	7,383	5,551
2256	9,368	7,145	7,755	7,548	5,516
2257	9,205	7,31	7,595	7,486	5,482
2258	8,793	7,055	7,428	7,786	5,47
2259	8,511	6,809	7,128	8,172	5,408
2260	8,083	6,716	7,47	7,945	5,364
2261	7,557	6,862	7,135	8,252	5,64
2262	7,755	6,894	6,894	8,361	5,709
2263	7,545	6,497	7,162	8,13	5,463
2264	7,15	6,626	6,864	7,779	5,22
2265	7,087	5,979	6,704	7,295	4,945
2266	7,058	5,773	6,763	7,507	5,104
2267	6,906	5,94	6,742	7,597	5,264
2268	7,236	6,134	6,877	7,702	5,389
2269	7,421	6,14	6,793	7,788	5,49
2270	7,622	6,328	6,786	7,529	5,669
2271	7,632	6,506	7,069	7,347	5,665

Ek 3.'ün devamı

2272	7,88	6,478	6,976	7,363	5,276
2273	7,977	6,609	7,152	7,701	5,376
2274	8,63	6,667	6,778	7,944	5,565
2275	8,623	6,549	6,928	8,209	5,821
2276	9	6,932	7,063	8,291	6,025
2277	9,287	7,14	7,245	8,112	6,086
2278	10,225	6,999	7,623	8,3	6,201
2279	9,581	6,703	7,976	8,287	6,189
2280	9,088	6,977	8,179	7,773	6,322
2281	8,824	7,016	8,255	7,794	6,037
2282	8,976	7,214	8,229	7,683	5,938
2283	8,815	7,342	8,108	7,709	6,1
2284	8,933	7,257	8,135	7,342	5,75
2285	8,539	7,297	8,652	7,063	5,781
2286	8,078	7,582	8,571	6,877	5,792
2287	7,833	7,645	8,203	6,969	5,844
2288	7,651	7,577	8,039	6,644	5,698
2289	7,421	7,579	7,61	6,327	5,576
2290	8,01	7,474	7,476	6,223	5,738
2291	8,872	6,812	7,622	6,333	5,583
2292	8,558	6,812	7,584	6,478	5,601
2293	8,64	6,695	7,477	6,954	5,56
2294	8,649	6,666	7,785	6,686	5,77
2295	8,424	6,738	7,937	6,716	5,875
2296	8,825	6,517	7,532	7,009	5,762
2297	8,952	6,46	7,653	7,072	5,827
2298	8,771	6,67	7,795	7,215	5,946
2299	8,837	6,67	7,666	7,7	6,053
2300	9,122	6,698	7,857	7,95	5,971
2301	9,226	6,81	7,687	8,18	5,807
2302	8,643	7,288	7,409	8,553	5,996
2303	9,288	7,45	7,518	8,41	6,287
2304	9,7	7,098	7,585	8,168	6,222
2305	9,823	6,633	8,07	8,05	5,968
2306	9,545	6,4	8,126	8,194	5,941
2307	9,141	6,061	8,288	8,064	5,742
2308	9,346	5,93	7,76	7,991	5,654
2309	9,462	5,825	7,742	7,85	5,512
2310	9,805	5,711	7,508	7,573	5,489
2311	9,456	5,806	7,727	7,431	5,345
2312	9,03	5,531	8,024	7,373	5,345
2313	9,708	5,373	7,942	7,401	5,449
2314	9,861	5,386	7,501	7,658	5,402
2315	9,785	5,476	7,291	7,584	5,245
2316	9,731	5,583	7,212	8,399	5,395
2317	10,572	5,843	6,809	8,427	5,534
2318	10,595	6,432	6,835	8,597	5,79
2319	10,397	6,385	7,446	8,714	5,755
2320	10,428	6,228	6,745	8,51	5,546
2321	10,65	6,4	7,251	8,882	5,313
2322	10,508	6,265	7,421	9,229	5,598
2323	10,147	6,208	7,393	9,851	5,547
2324	9,78	6,622	7,647	9,412	5,563
2325	8,986	6,458	7,908	8,816	5,316
2326	8,706	6,362	8,005	9,4	5,177

Ek 3.'ün devamı

2327	8,917	6,488	8,194	8,881	5,084
2328	8,694	6,344	8,989	8,686	5,046
2329	8,617	6,066	9,075	8,457	5,098
2330	9,317	6,328	8,927	8,256	5,08
2331	9,635	6,38	9,845	8,619	5,159
2332	8,985	6,227	9,798	8,203	5,259
2333	8,975	6,283	9,187	7,78	5,25
2334	9,329	6,779	8,847	7,517	5,093
2335	9,87	6,648	8,947	7,61	4,842
2336	10,55	6,495	9,226	7,238	4,952
2337	10,738	6,521	9,277	6,808	5,143
2338	10,27	6,778	8,244	6,941	5,118
2339	10,042	6,687	7,649	6,937	5,004
2340	10,229	6,979	7,596	6,769	5,036
2341	9,441	7,05	7,552	6,74	5,097
2342	9,372	7,099	7,875	6,72	5,21
2343	10,406	7,34	8,068	6,922	5,314
2344	11,391	7,604	7,666	7,266	5,095
2345	11,479	7,536	7,835	7,392	5,395
2346	10,734	7,435	7,525	7,054	5,396
2347	10,275	7,367	7,978	7,492	5,626
2348	9,716	7,101	8,382	7,477	6,088
2349	9,642	7,018	8,754	7,406	6,46
2350	9,896	7,302	9,153	7,508	6,775
2351	10,08	6,863	8,327	7,613	6,209
2352	10,383	6,597	7,939	7,556	6,119
2353	10,8	6,256	7,521	8,239	5,838
2354	10,511	6,362	7,412	7,649	5,905
2355	9,509	5,734	7,656	8,078	6,183
2356	9,034	5,544	7,344	8,015	6,262
2357	9,19	5,272	7,269	8,243	6,475
2358	9,492	5,49	6,763	8,171	6,167
2359	9,807	5,803	6,366	7,922	5,908
2360	11,249	5,583	6,298	7,329	5,631
2361	11,335	5,503	6,377	7,21	5,506
2362	10,858	5,522	6,905	7,15	6,037
2363	11,232	5,588	7,365	7,387	6,047
2364	10,808	5,611	7,585	6,613	6,338
2365	10,688	5,397	7,55	6,982	6,706
2366	11,046	5,555	8,662	6,321	7,064
2367	10,827	5,594	8,334	6,12	6,884
2368	11,428	5,686	8,805	6,833	7,162
2369	10,71	5,483	8,718	6,971	7,494
2370	9,371	5,391	9,41	7,566	7,877
2371	8,819	5,293	9,544	8,843	7,834
2372	8,169	5,136	9,363	8,939	8,308
2373	7,756	5,054	9,358	8,456	7,817
2374	7,481	4,997	8,59	8,59	7,735
2375	6,956	5,083	9,16	9,114	8,199
2376	6,586	5,124	9,135	9,721	7,429
2377	6,188	5,358	8,456	10,24	6,764
2378	6,201	5,289	8,53	9,958	6,215
2379	5,572	5,445	7,689	8,507	5,906
2380	5,686	5,603	7,76	8,256	5,736
2381	6,068	5,487	7,352	7,436	5,296

Ek 3.'ün devamı

2382	5,728	5,674	7,174	7,094	5,339
2383	6,133	5,673	6,836	6,751	5,118
2384	6,313	5,434	7,177	6,849	5,018
2385	6,714	5,623	7,043	6,669	4,821
2386	7,014	5,4	6,936	6,43	4,853
2387	7,176	5,742	6,957	6,239	4,923
2388	7,423	5,507	6,856	6,548	5,027
2389	7,747	5,843	7,087	6,648	5,165
2390	7,968	5,435	7,918	6,876	5,132
2391	7,694	5,395	7,733	7,267	5,271
2392	7,935	5,365	7,598	7,247	5,554
2393	8,569	5,046	7,937	7,012	5,563
2394	8,452	4,861	9,21	7,797	5,563
2395	9,119	5,181	8,887	8,178	5,242
2396	8,831	5,048	9,103	7,908	5,83
2397	9,414	5,227	9,082	8,302	5,422
2398	9,835	5,146	8,271	7,408	5,487
2399	9,876	5,071	7,82	6,94	5,704
2400	9,686	5,163	8,338	6,964	5,746
2401	10,764	5,676	7,808	7,264	5,735
2402	11,318	5,451	7,828	6,851	5,532
2403	11,289	5,684	7,573	7,233	5,681
2404	10,152	5,819	8,135	7,23	5,514
2405	9,928	6,265	7,301	6,782	5,618
2406	8,804	6,039	7,048	6,407	6,168
2407	8,129	5,699	6,887	6,274	5,768
2408	8,189	6,203	6,635	6,505	5,687
2409	8,102	5,985	6,905	6,906	5,189
2410	8,247	6,206	7,557	7,142	4,833
2411	8,02	5,782	7,169	7,325	4,995
2412	7,876	5,105	7,193	7,377	5,449
2413	7,702	5,079	7,873	7,823	5,374
2414	7,958	5,046	7,887	7,143	4,977
2415	8,825	4,911	6,702	7,105	5,377
2416	8,862	4,454	6,842	6,737	5,341
2417	9,883	4,797	7,085	7,404	5,436
2418	10,657	5,323	8,586	7,751	5,615
2419	8,978	5,36	8,729	7,136	5,735
2420	9,097	5,292	10,056	6,773	6,212
2421	10,831	5,73	9,889	6,455	6,411
2422	12,663	5,354	9,52	6,319	6,092
2423	11,849	5,629	10,204	5,616	5,643
2424	13,079	5,506	9,171	5,636	6,066
2425	11,886	4,944	8,497	6,056	6,737
2426	11,609	5,209	9,875	6,345	6,117
2427	11,768	5,657	11,368	6,311	5,964
2428	11,594	5,643	11,385	5,915	5,725
2429	10,408	5,366	11,502	6,312	5,683
2430	11,073	4,544	12,309	6,191	6,182
2431	10,422	5,004	9,777	6,997	5,811
2432	9,578	4,926	7,612	7,166	5,985
2433	11,097	5,095	8,304	8,562	6,621
2434	13,907	5,437	8,239	9,828	6,777
2435	12,472	5,914	8,434	8,638	6,913
2436	14,338	6,931	9,989	8,843	5,775

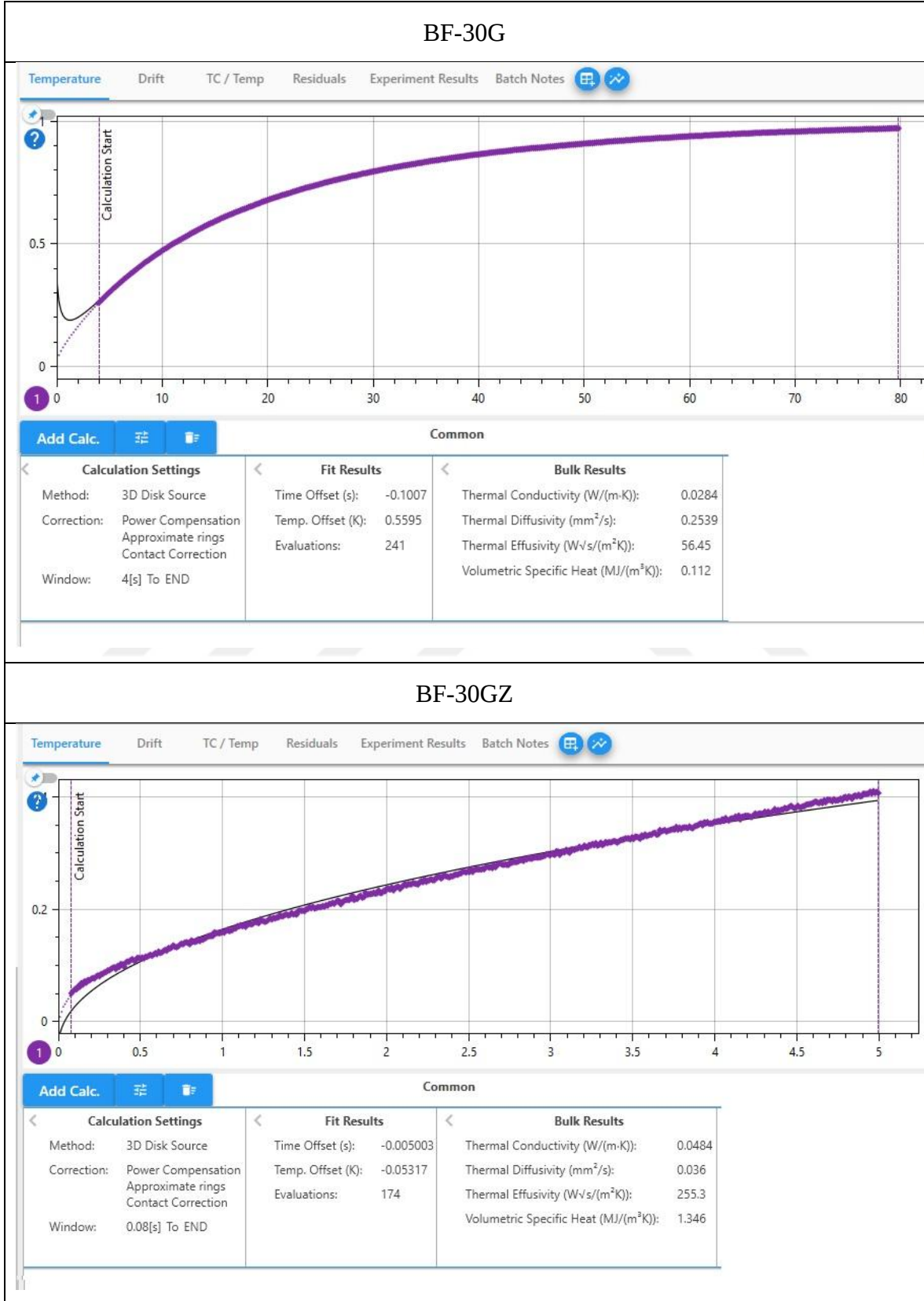
Ek 3.'ün devamı

2437	15,343	7,358	9,085	8,384	5,79
2438	14,296	7,734	7,989	9,249	6,141
2439	14,024	6,83	8,053	10,297	6,213
2440	16,652	6,798	7,46	9,403	5,966
2441	20,224	7,399	7,489	10,263	5,37
2442	21,963	6,703	8,833	9,877	5,608
2443	17,009	6,084	12,408	8,569	5,834
2444	13,516	6,17	10,01	7,551	5,202
2445	10,659	5,797	9,347	6,987	5,019
2446	11,731	5,818	10,345	7,346	4,685
2447	11,284	5,744	11,273	7,684	5,026
2448	10,741	5,306	13,229	7,442	5,206
2449	11,253	5,259	16,421	7,096	4,803
2450	10,668	5,949	13,271	6,817	4,934
2451	9,664	5,695	14,866	7,245	5,418
2452	9,495	5,478	14,128	6,341	5,484
2453	9,417	5,313	13,627	6,188	6,39
2454	10,775	5,59	12,167	6,895	5,572
2455	9,985	5,672	17,952	6,557	5,901
2456	11,132	5,571	19,405	6,874	6,128
2457	11,187	5,423	17,543	7,348	6,526
2458	11,71	5,183	11,726	6,814	6,581
2459	11,514	5,017	11,616	6,772	7,079
2460	11,027	5,069	8,428	7,358	7,219
2461	12,361	4,487	10,701	6,374	7,321
2462	13,891	4,414	8,932	5,628	6,891
2463	11,366	4,844	9,215	6,207	6,845
2464	10,505	4,71	9,352	5,67	6,799
2465	10,673	4,38	10,042	5,896	6,639
2466	11,06	4,527	9,287	6,634	6,87
2467	11,387	4,61	8,616	6,596	6,685
2468	13,097	4,32	8,247	6,36	6,032
2469	10,703	4,509	10,171	6,415	6,115
2470	10,175	4,913	9,715	6,433	5,401
2471	11,166	4,049	11,71	6,348	5,587
2472	11,213	4,305	11,583	7,378	6,141
2473	11,936	4,519	12,861	7,989	6,736
2474	14,937	4,143	12,352	8,186	7,456
2475	17,225	4,306	15,468	9,438	6,221
2476	17,99	4,444	14,202	9,177	6,593
2477	17,999	4,197	14,736	8,076	6,287
2478	16,874	4,09	18,727	8,054	6,51
2479	16,371	4,291	16,406	8,84	5,806
2480	24,081	4,082	16,082	8,499	5,86
2481	20,117	3,957	16,582	10,526	7,197
2482	21,468	4,605	17,966	10,733	8,281
2483	15,093	4,72	14,111	10,029	8,382
2484	11,38	4,274	11,452	9,639	7,983
2485	10,251	4,602	11,077	8,967	8,106
2486	9,281	4,488	9,676	7,898	8,887
2487	9,668	4,404	10,418	7,728	10,616
2488	12,019	4,434	9,097	8,005	10,101
2489	11,399	4,656	9,256	8,042	9,952
2490	11,975	4,394	9,541	7,547	13,286
2491	12,611	4,235	9,834	8,855	12,954

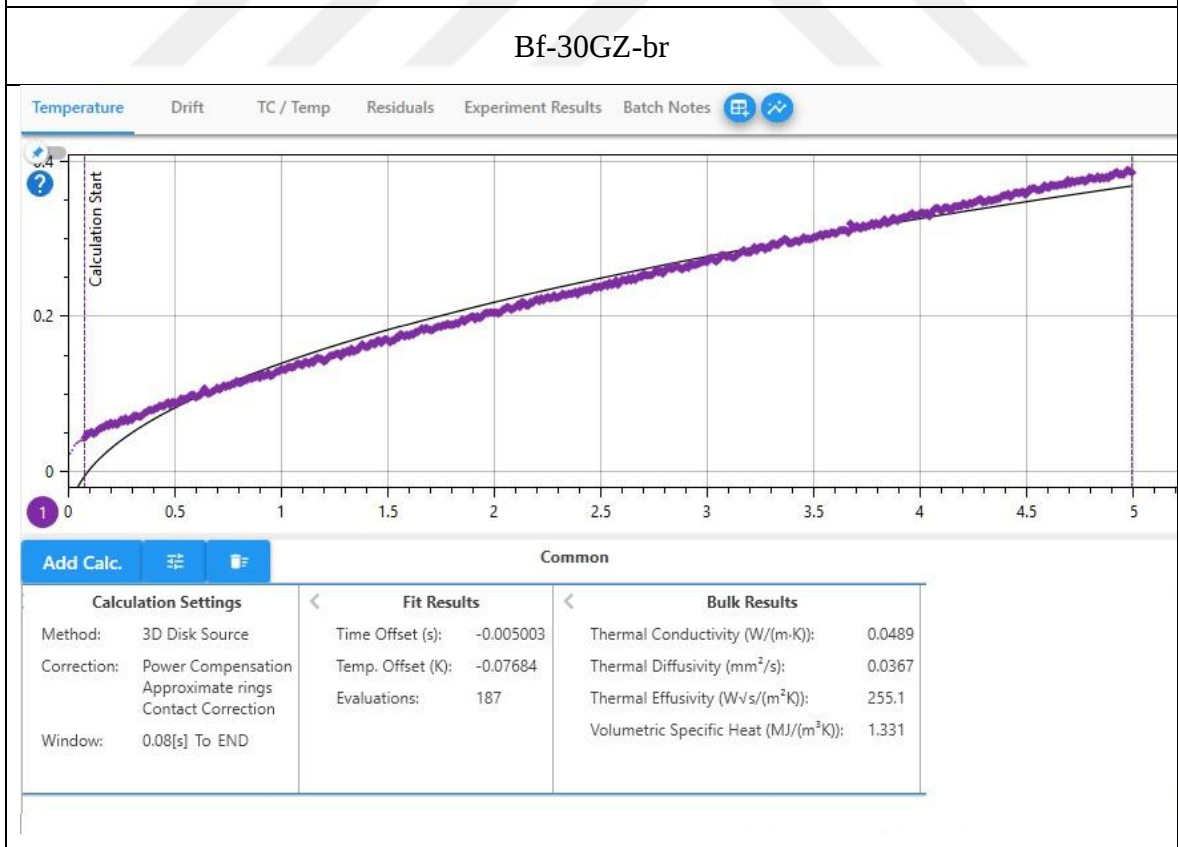
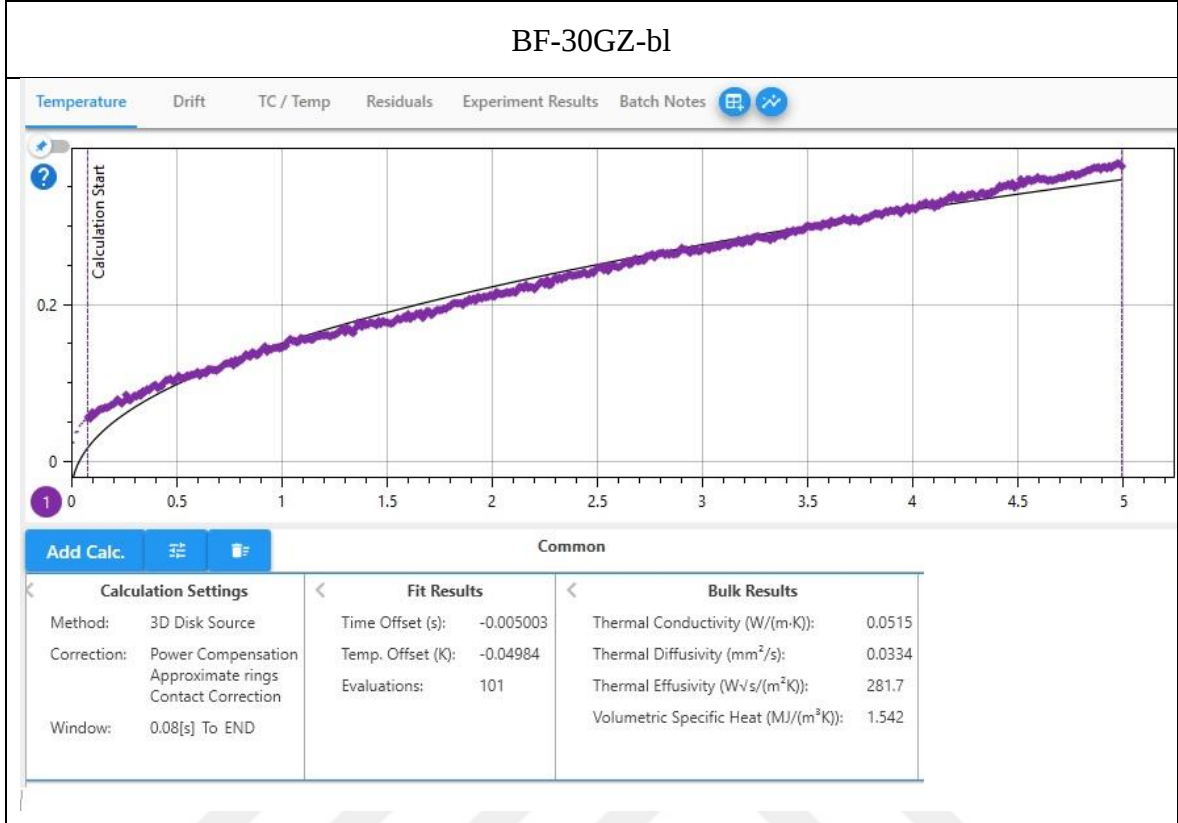
Ek 3.'ün devamı

2492	12,023	4,393	11,131	7,682	9,74
2493	9,95	4,405	10,682	7,866	8,447
2494	10,556	3,896	9,741	7,751	6,879
2495	9,564	4,184	11,922	8,524	6,886
2496	8,066	4,072	13,021	8,993	6,866
2497	6,903	4,106	12,312	10,442	7,216
2498	5,323	4,227	12,068	10,833	7,234
2499	4,08	4,251	14,369	10,697	8,402
2500	3,649	4,217	14,365	11,216	8,893

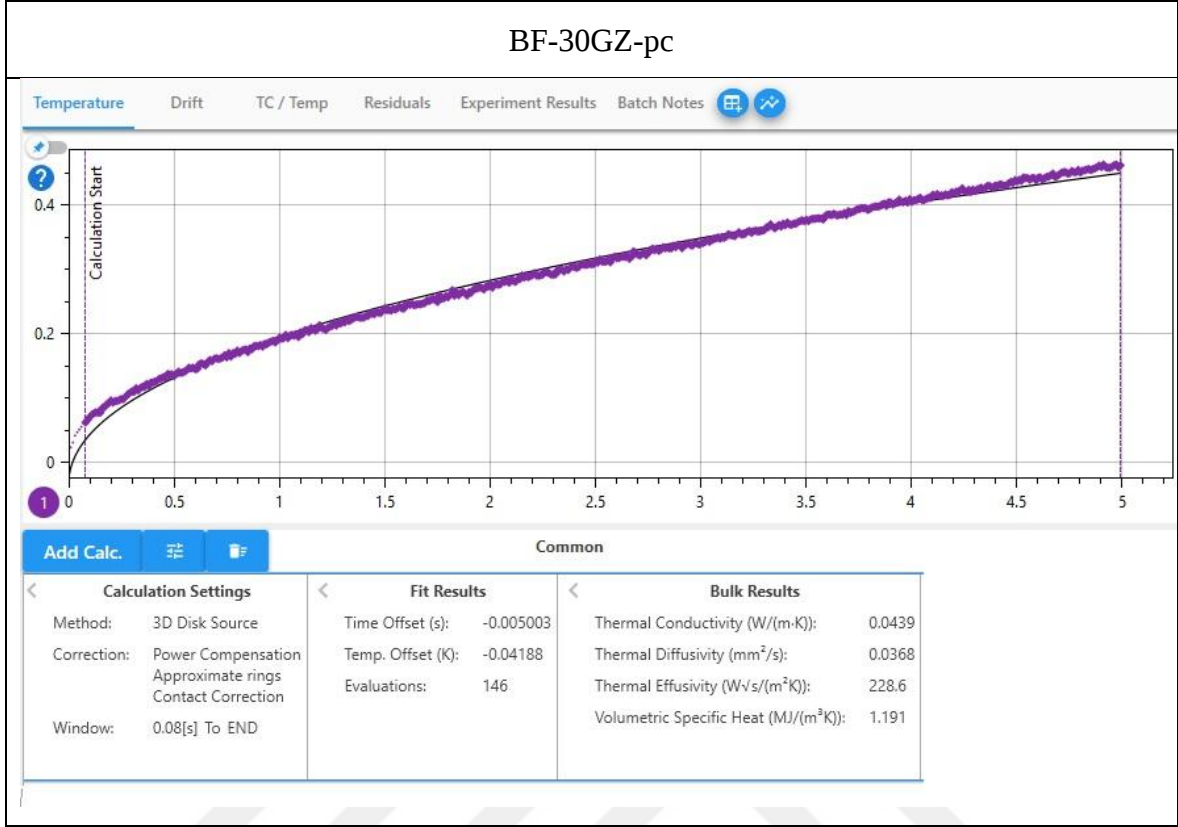
Ek 4. Tüm senaryoların Geçici Düzlem Kaynak (TPS) yöntemine dayalı zaman-sıcaklık eğrisi grafikleri



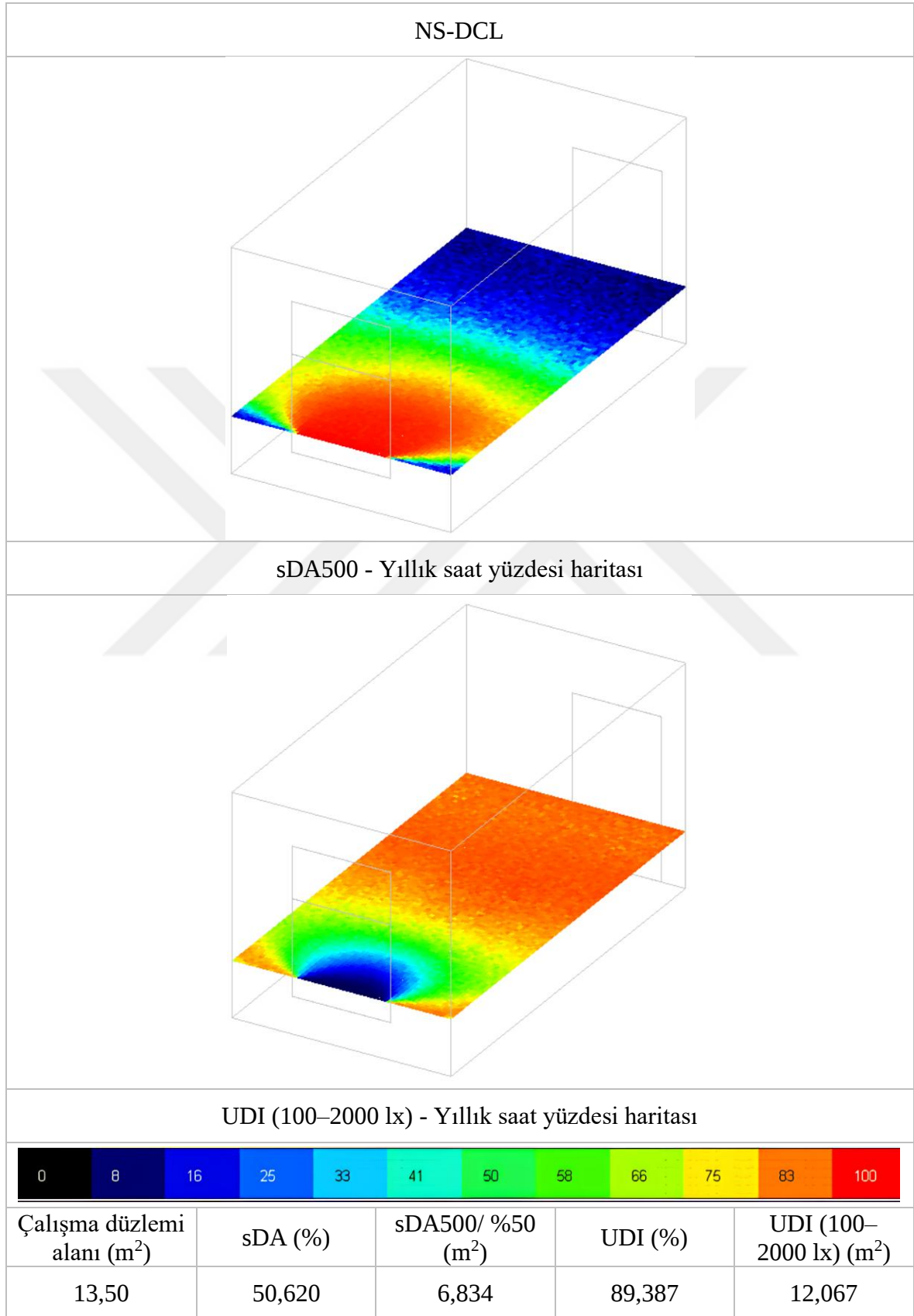
Ek 4.'ün devamı



Ek 4.'ün devamı

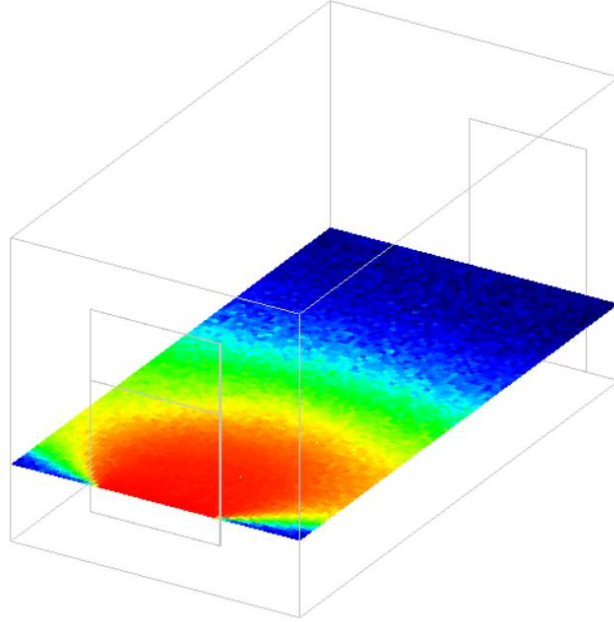


Ek 5. Güneş ışığı simülasyonları sonucu elde edilen güneş ışığı metriklerine bağlı analiz sonuçları ve haritaları

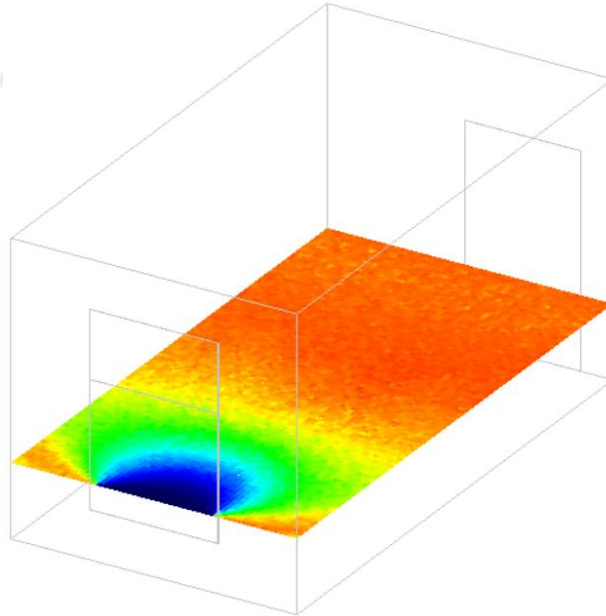


Ek 5.'in devamı

BF-30G-DCL



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



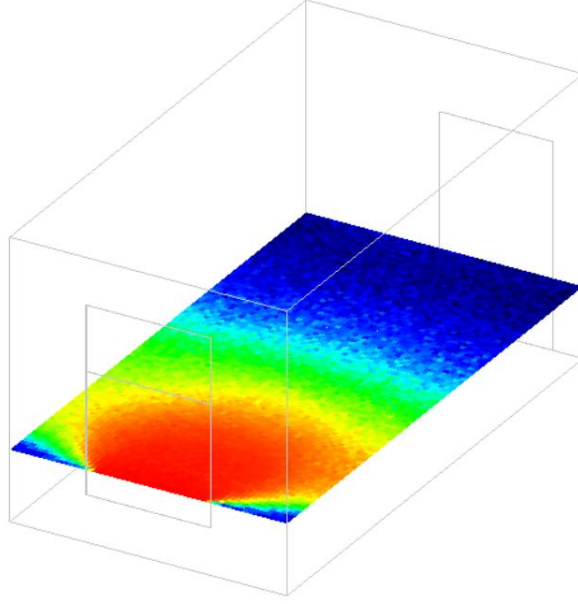
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



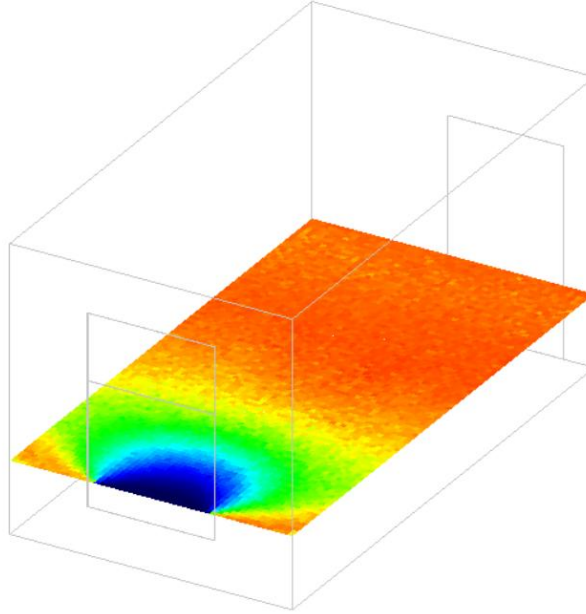
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	50,639	6,836	89,368	12,065

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-DCL



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



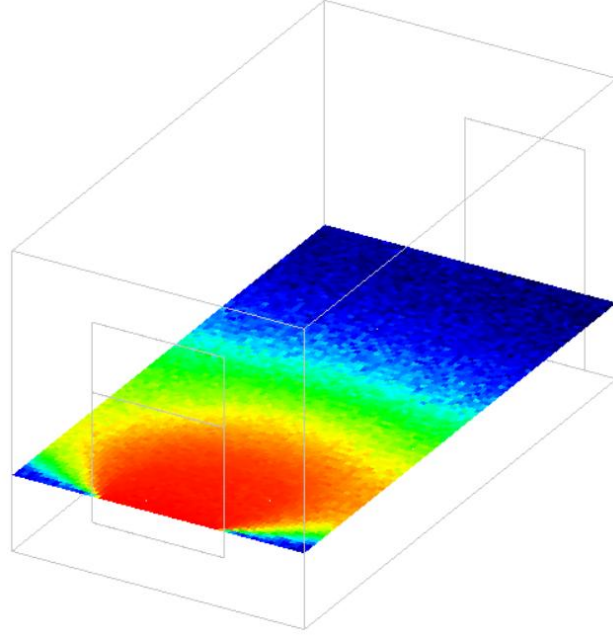
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



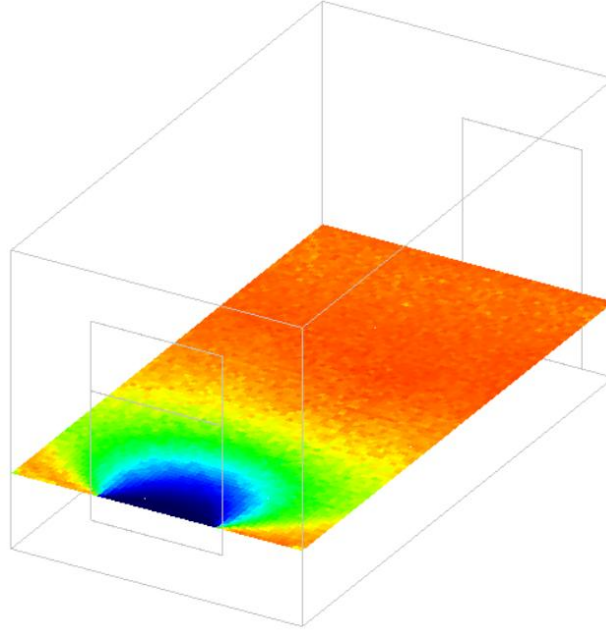
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100– 2000 lx) (m ²)
13,50	50,528	6,821	89,350	12,062

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-bl-DCL



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



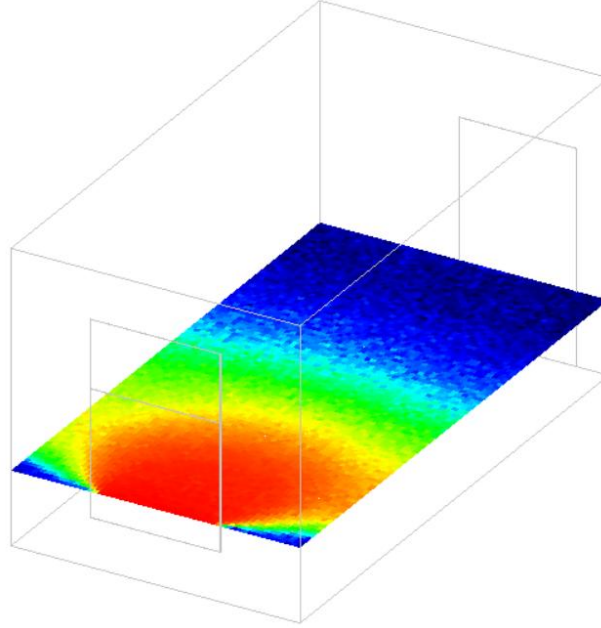
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



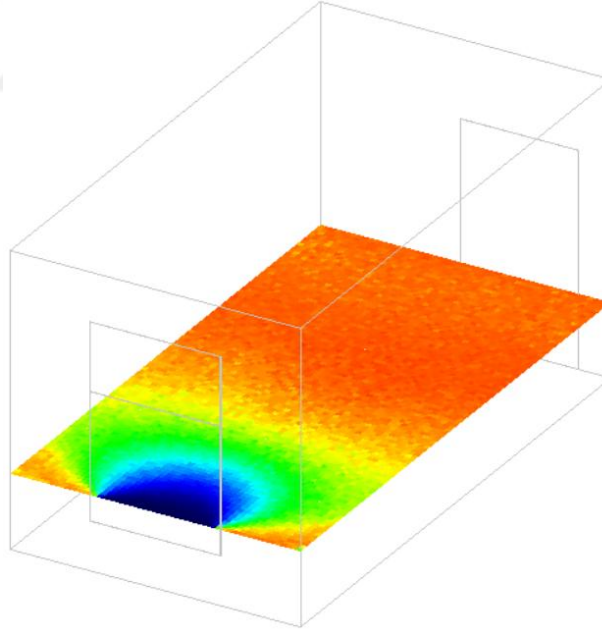
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	50,658	6,839	89,331	12,060

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-br-DCL



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



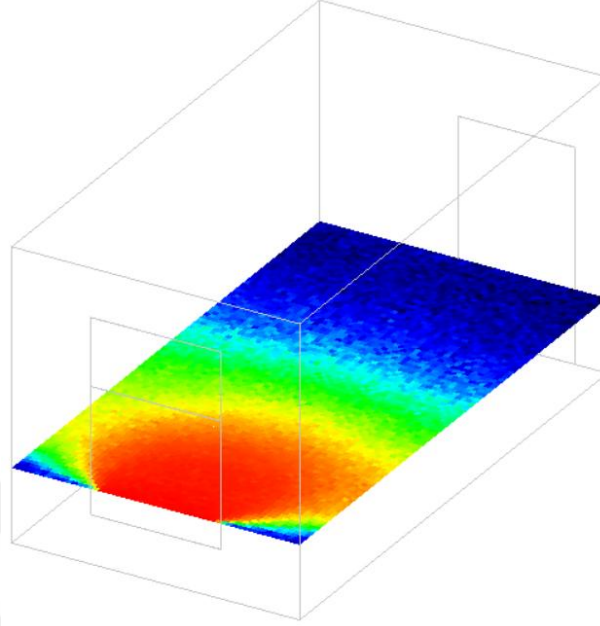
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



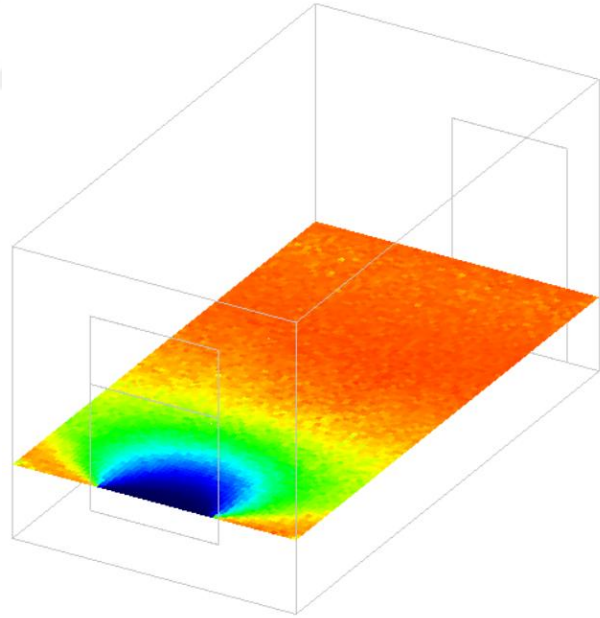
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	50,491	6,816	89,461	12,077

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-pc-DCL



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası

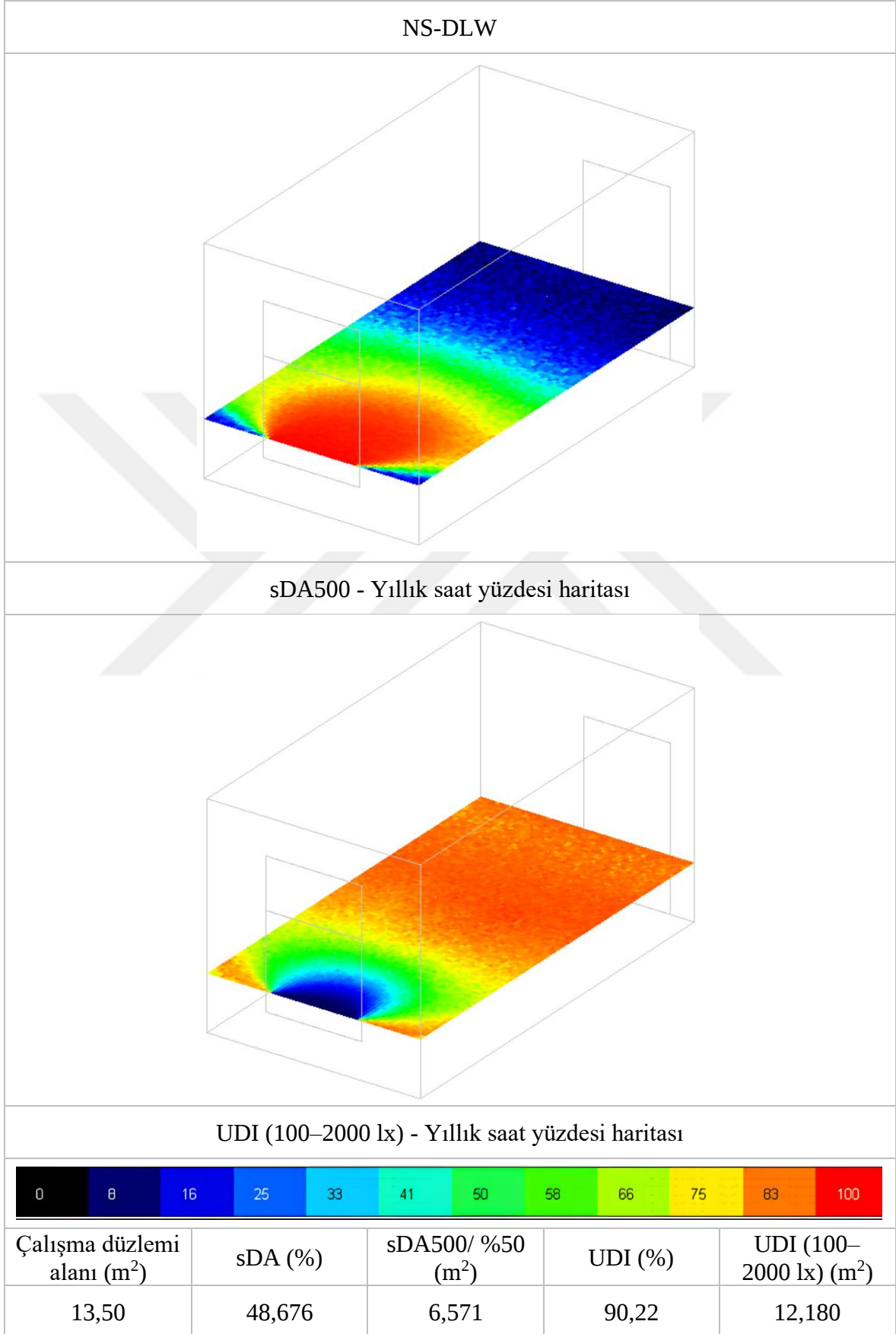


UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası

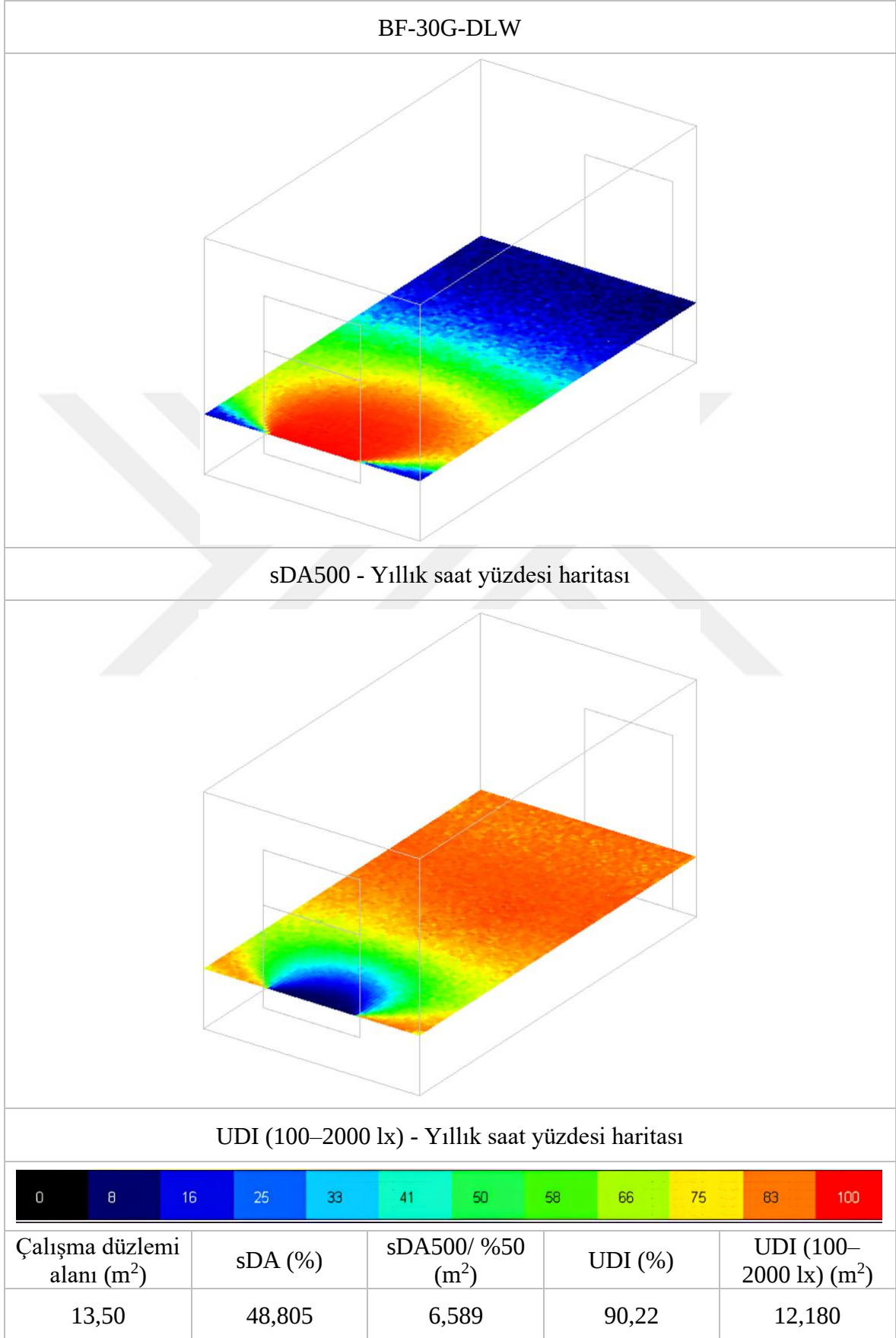


Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	50,602	6,831	89,405	12,070

Ek 5.'in devamı

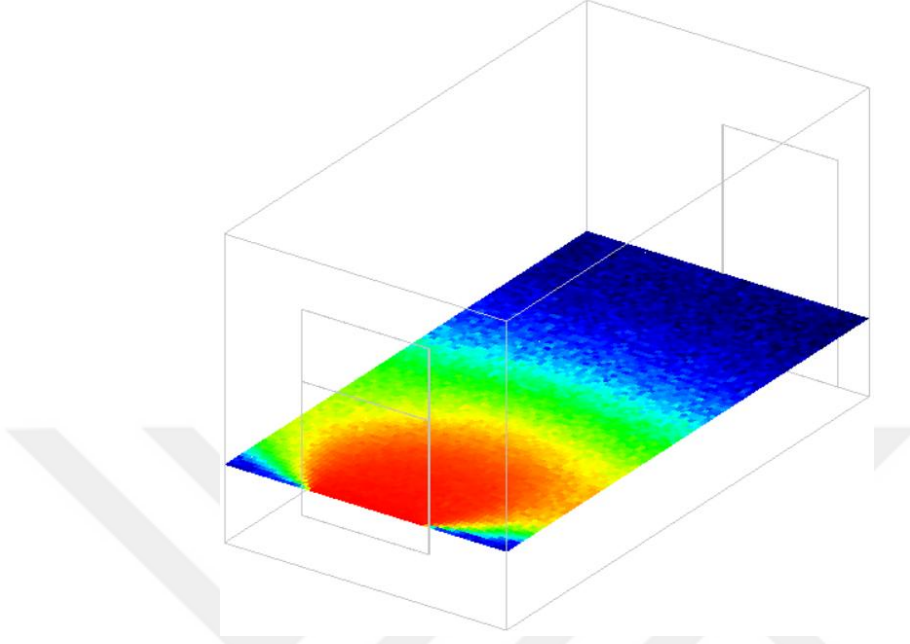


Ek 5.'in devamı

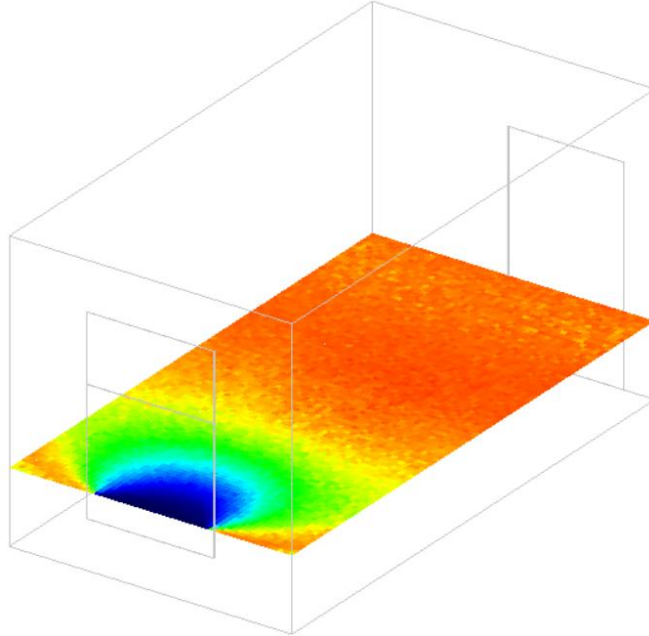


Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-DLW



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



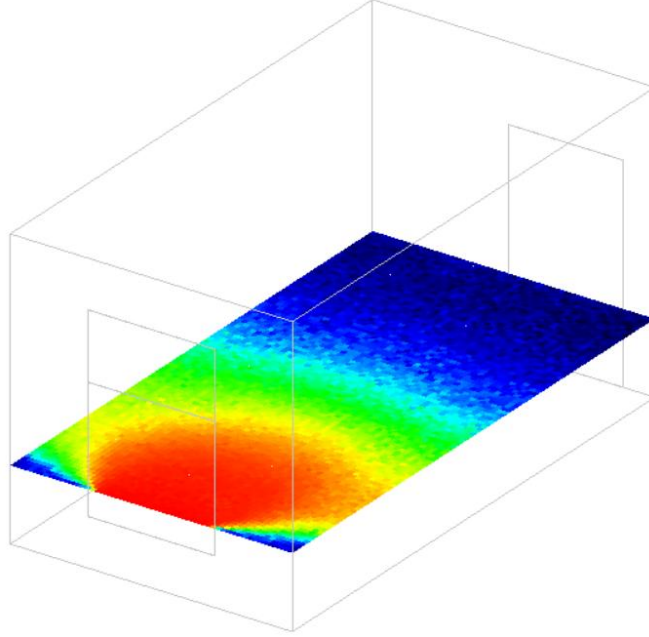
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



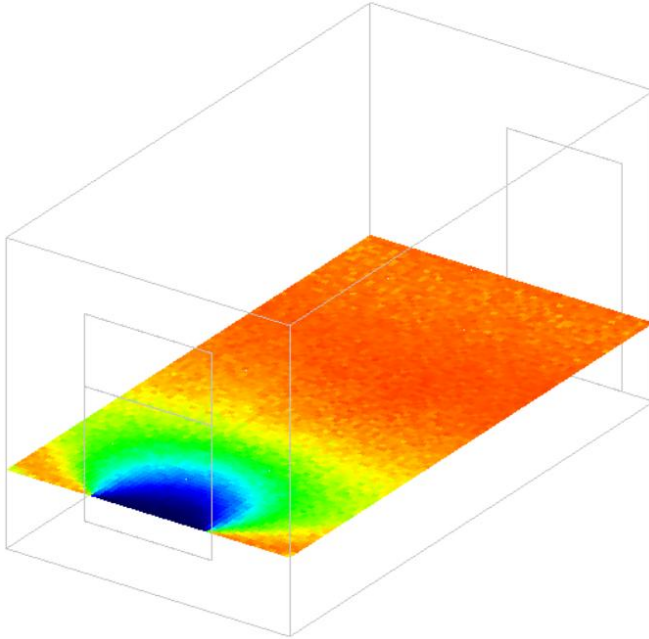
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	48,750	6,581	90,128	12,167

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-bl-DLW



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



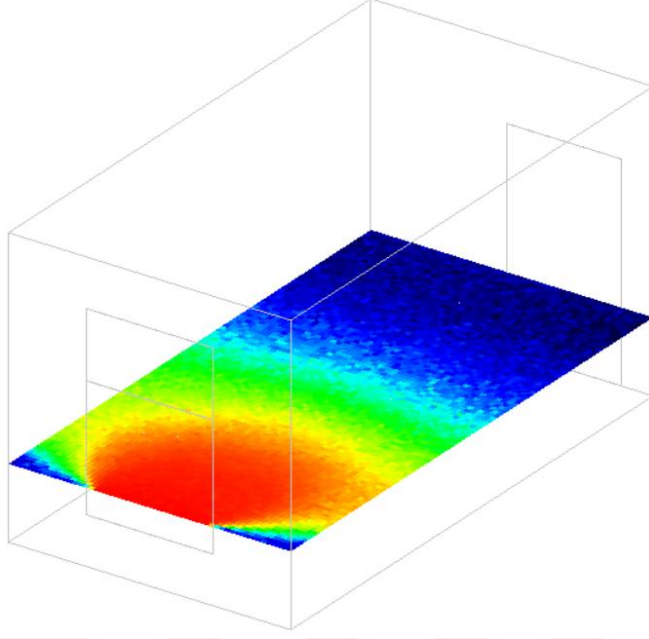
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



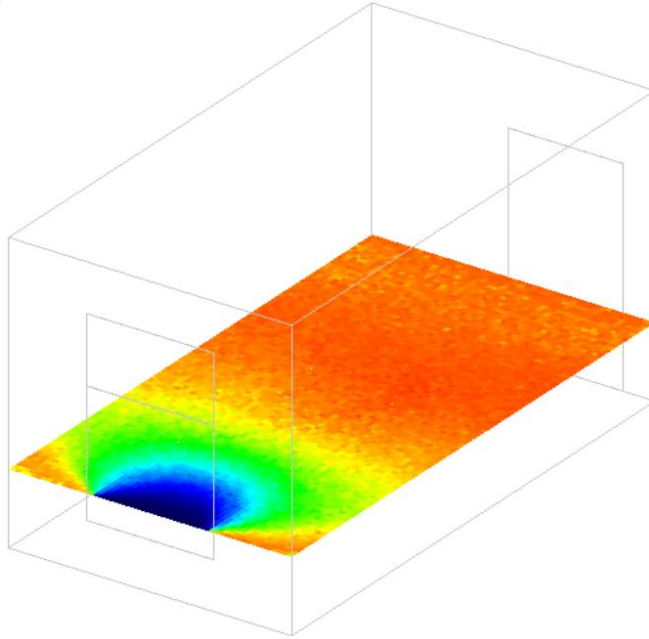
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	48,842	6,594	90,22	12,180

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-br-DLW



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası



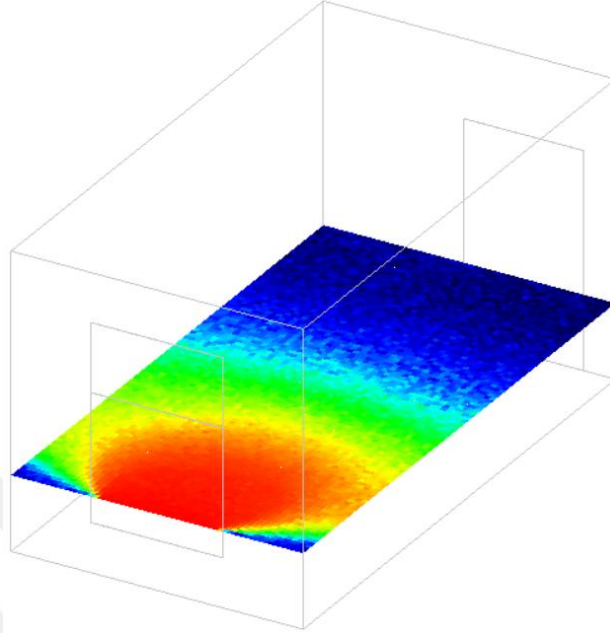
UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası



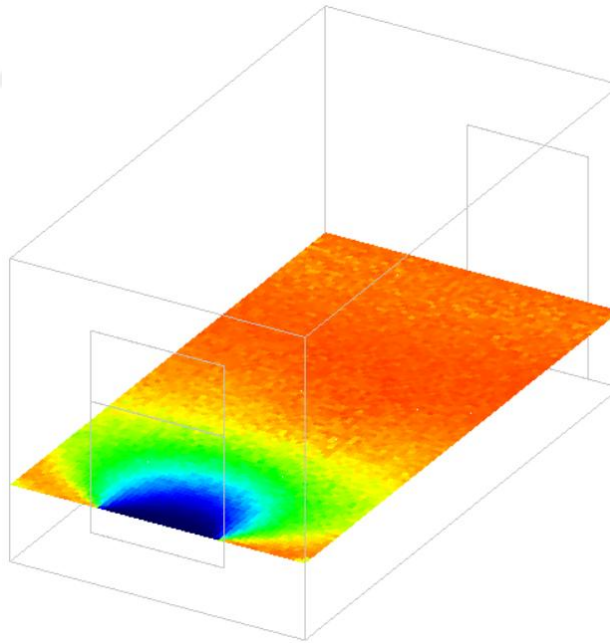
Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	48,824	6,591	90,239	12,182

Ek 5.'in devamı

BF-30GZ-pc-DLW



sDA500 - Yıllık saat yüzdesi haritası

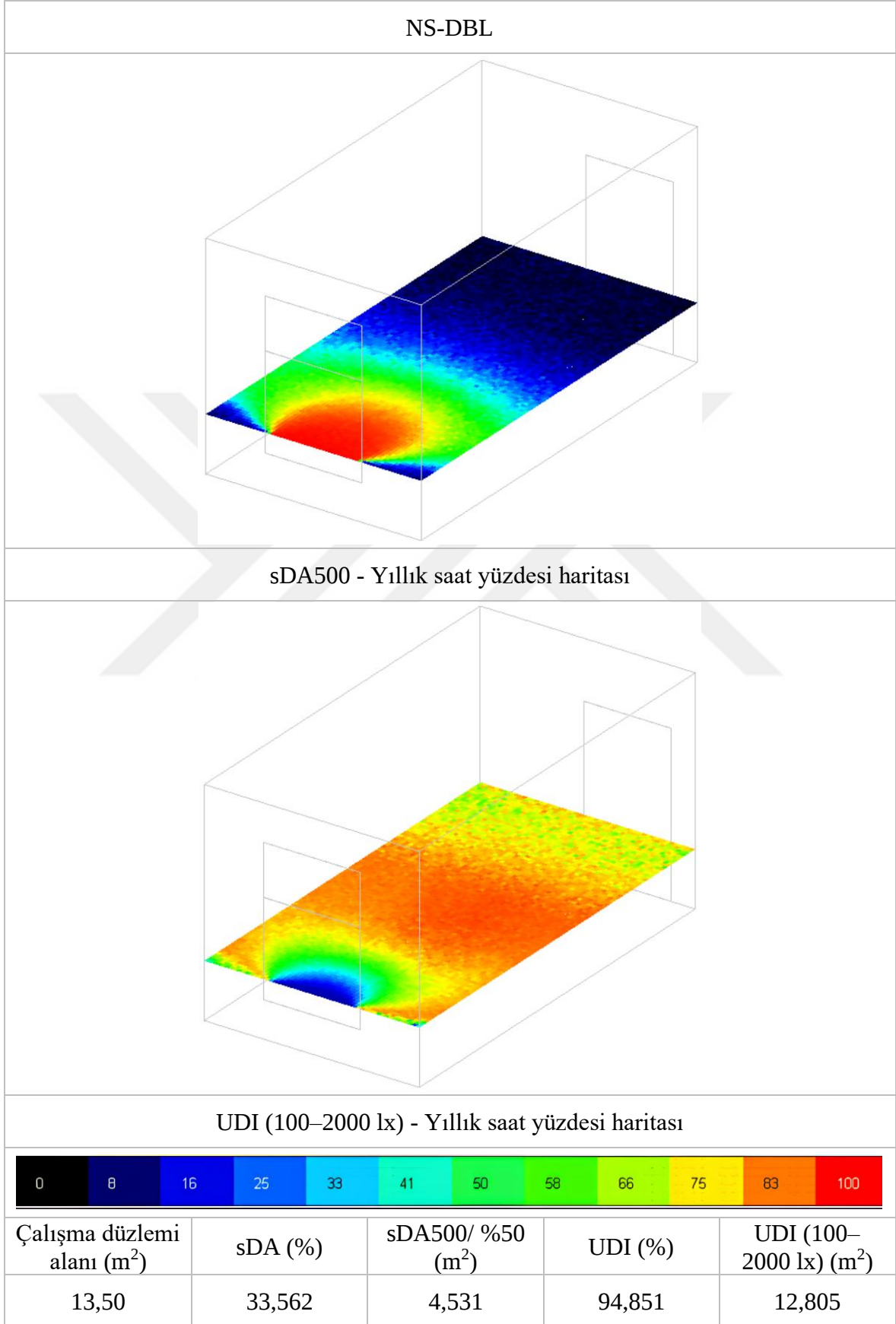


UDI (100–2000 lx) - Yıllık saat yüzdesi haritası

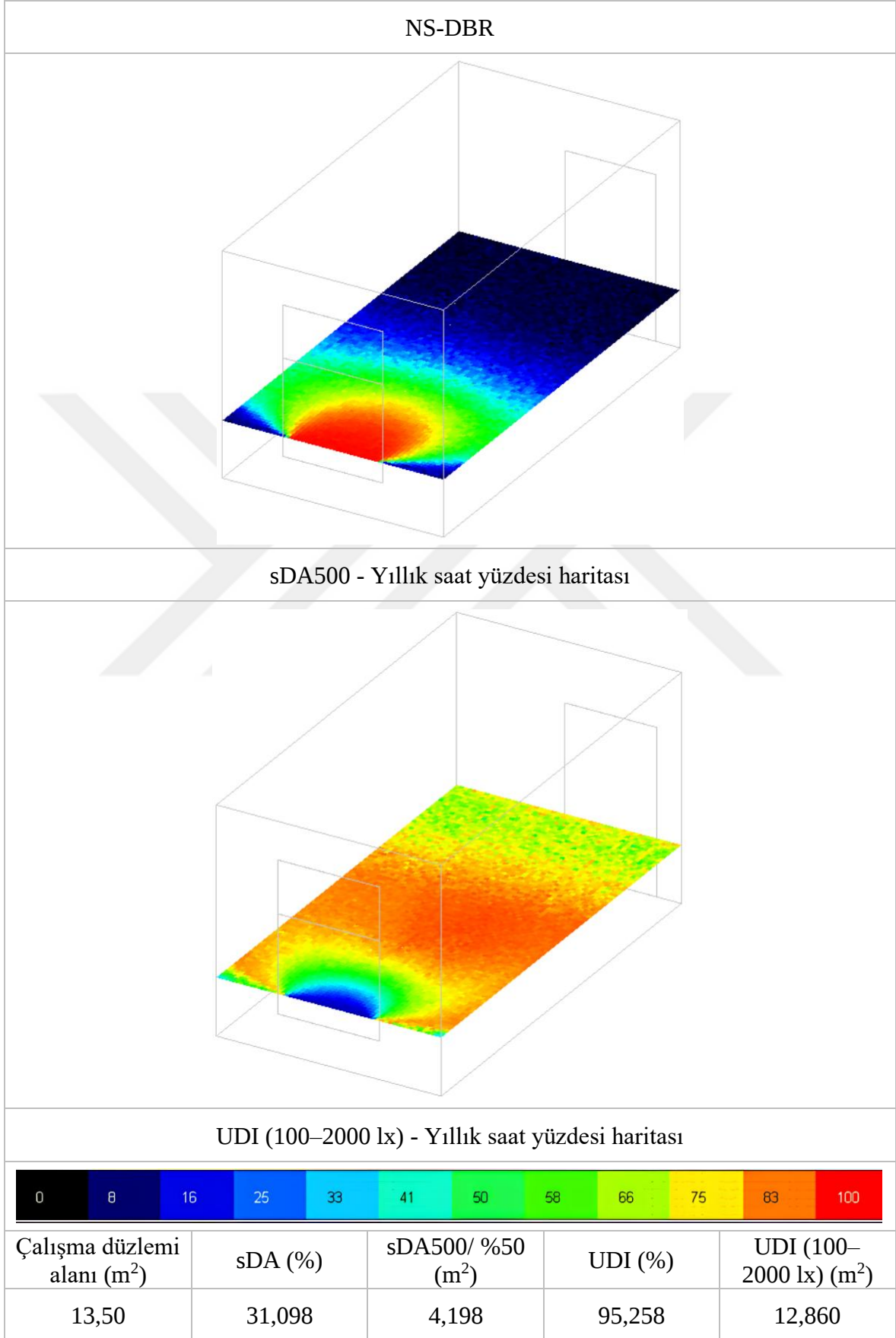


Çalışma düzlemi alanı (m ²)	sDA (%)	sDA500/ %50 (m ²)	UDI (%)	UDI (100–2000 lx) (m ²)
13,50	48,805	6,589	90,202	12,177

Ek 5.'in devamı



Ek 5.'in devamı



ÖZGEÇMİŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2013 yılında, Yapı Bilgisi Bilim Dalı'ndaki yüksek lisans eğitimini ise 2019 yılında tamamlamıştır. 2016 yılında Artvin Çoruh Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atanmıştır. 2017–2023 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır. Görevine Artvin Çoruh Üniversitesi'nde devam etmektedir. Çalışmalarını yapı fiziği, enerji korunumu, günışığı analizleri ve ekolojik yapı malzemeleri alanlarında sürdürmektedir.