



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

**KÜMES İÇİ ÇEVRE KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE
DETERMİNİSTİK VE STOKASTİK YÖNTEMLERİN
KULLANIMI**

Doktora Tezi

Erdem KÜÇÜKTOPCU

Danışman
Prof. Dr. Bilal CEMEK

SAMSUN
2021

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**



**KÜMES İÇİ ÇEVRE KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE
DETERMİNİSTİK VE STOKASTİK YÖNTEMLERİN
KULLANIMI**

Doktora Tezi

Erdem KÜÇÜKTOPCU

Danışman

Prof. Dr. Bilal CEMEK

Bu tez çalışması Ondokuzmayıs Üniversitesi tarafından
PYO.ZRT.1901.18.018 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Erdem KÜÇÜKTOPCU tarafından, Prof. Dr. Bilal CEMEK danışmanlığında hazırlanan “Kümes İçi Çevre Koşullarının Belirlenmesinde Deterministik ve Stokastik Yöntemlerin Kullanımı” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.2.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Yusuf DEMİR Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Bilal CEMEK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Ünal KIZIL Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Selda UZAL SEYFİ Selçuk Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Ali EKEN Samsun Üniversitesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

10 /02/ 2021
Erdem KÜÇÜKTOPCU

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Kümes İçi Çevre Koşullarının Belirlenmesinde Deterministik ve Stokastik Yöntemlerin Kullanımı

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 13.01.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 2

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

10 /02/ 2021
Prof. Dr. Bilal CEMEK

ÖZET

KÜMES İÇİ ÇEVRE KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE DETERMİNİSTİK VE STOKASTİK YÖNTEMLERİN KULLANIMI

Erdem KÜÇÜKTOPCU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Doktora, Şubat/2021

Danışman: Prof. Dr. Bilal CEMEK

Bu çalışma bazı kümes içi çevre parametrelerin (sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak konsantrasyonu) ve altlık kalite özelliklerin (altlık nem içeriği, altlık sıcaklığı ve altlık pH) tahmin edilmesinde sayısal, jeostatistiksel ve yapay zeka yöntemlerinin uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma Samsun ili Kavak ilçesinde bulunan ticari etlik piliç işletmesinde farklı yetiştirme dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kümes içi çevre koşullarını değerlendirmek amacıyla 57 farklı noktada hayvan, insan ve çatı seviyesinden olacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Altlık kalite özelliklerini belirlemek amacıyla ise 80 farklı noktadan örnekler alınmıştır.

Ticari üretim yapan büyük işletmeler için kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde doğrudan ölçüm yönteminin uygulanması zordur. Bu çalışmada bunun yerine uygulanması daha kolay, zamandan ve işgücünden tasarruf sağlayabilecek hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemi kullanılmıştır. HAD yöntemi sayesinde kümes içinde ortaya çıkan sorunlar tespit edilmiş ve buna göre kümes tasarımında iyileştirmeler yapılmıştır. Ölçülen değerler kullanılarak doğrulaması yapılan sayısal yöntem, kümes içi sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak konsantrasyon değerlerini sırasıyla ortalama %1.13, %1.58, %16.84 ve %3.03 bağıl hata ile belirlemiştir.

Veri setinin uzaysal devamlılığını ve değişimini modelleyen jeostatistiksel yöntemler kullanılarak da kümes içindeki sorunlu bölgeleri tespit etmek mümkündür. Çalışmada kümes içi sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak konsantrasyon değerleri sırasıyla ortalama %0.49, %0.57, %2.48 ve %0.71 bağıl hata ile tahmin edilmiştir. Bu yöntemlerde örnek alınan noktalardaki verileri kullanarak diğer noktalar tahmin edildiğinden HAD yöntemine göre daha düşük hata değerleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca jeostatistiksel yöntemler kullanılarak altlık nem içeriği, altlık sıcaklığı ve altlık pH değeri sırasıyla ortalama %1.45, %1.14 ve %0.51 bağıl hata ile belirlenmiştir.

Yapay zeka yöntemlerinin kullanıldığı bölümde ise, kümeslerde ölçümü zor fakat işletmeler için büyük öneme sahip olan amonyak konsantrasyonu, hayvan canlı ağırlığı ve havalandırma miktarı sırasıyla %4.84, %2.21 ve %19.96 bağıl hata oranlarıyla tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak kümes içi iklimsel çevre ve altlık kalite özelliklerinin belirlenmesinde HAD, jeostatistiksel ve yapay zeka yöntemlerinin etkili bir araç olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, Tasarım iyileştirmesi, Yapay sinir ağları, Bulanık mantık, Jeostatistik.

ABSTRACT

USE OF DETERMINISTIC AND STOCHASTIC METHODS IN DETERMINING INDOOR ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF POULTRY FARM

Erdem KÜÇÜKTOPCU

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Ph.D., February/21

Supervisor: Prof. Dr. Bilal CEMEK

This study was conducted to determine the most appropriate deterministic and stochastic methods that can be used to estimate some indoor environmental parameters (temperature, relative humidity, air velocity and ammonia concentration) and litter quality characteristics (litter moisture content, litter surface temperature and litter pH). The research was carried out in a commercial broiler farm in Samsun city Kavak district during different rearing periods. In this study, measurements were taken at 57 different points at the bird, human, and roof levels to evaluate the indoor environmental conditions. To determine the litter quality characteristics, samples were taken from 80 different points.

At the outset, it is important to note the difficulty in applying the direct measurement method in determining the indoor environmental conditions for large commercial enterprises. In this study, the computational fluid dynamics (CFD) method was used, as it is easier to apply and saves time and labor. Thanks to the CFD method, problems with the poultry farm design were identified and improvements were made accordingly. The numerical method provided verification by using the measured values to determine the indoor air temperature, air relative humidity, airspeed, and ammonia concentration values with average relative errors of 1.13%, 1.58%, 16.84%, and 3.03%, respectively.

It is possible to identify problematic areas in the poultry farm by using geostatistical methods that model the spatial continuity and changes of the data set. In the study, indoor air temperature, air relative humidity, airspeed, and ammonia concentration values were estimated with average relative errors of 0.49%, 0.57%, 2.48%, and 0.71%, respectively. These methods also revealed lower error values compared to the CFD method, since unsampled points were estimated using the data from the sampled points. In addition, using geostatistical methods, litter moisture content, litter surface temperature, and litter pH value were determined with average relative errors of 1.45%, 1.14%, and 0.51%, respectively.

In the section in which artificial intelligence methods were used, ammonia concentration, broilers' weights, and ventilation amounts, all of which are difficult to measure but are of great importance for poultry enterprises were estimated with error rates of 4.84%, 2.21%, and 19.96%, respectively.

As a result, it were determined that CFD, geostatistical and artificial intelligence methods can be used as an effective tool in determining indoor climatic environmental conditions and litter quality characteristics of poultry farm.

Keywords: Computational fluid dynamics, Design improvements, Artificial neural networks, Fuzzy logic, Geostatistics.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Etlik piliç yetiştiriciliği ülkemizde son yıllarda hızla gelişen önemli bir işletme kolu haline gelmiştir. Yaklaşık 2.1 milyon ton piliç eti üretimi ile dünyada 10. sırada bulunan Türkiye, gelecek on yıl içinde de dünya piliç eti üretiminde söz sahibi ülkeler arasına girmeyi hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için genetik ıslah çalışmalarının yanı sıra, en uygun kümes içi çevre koşullarını sağlayacak son derece modern tesislerde üretimin yapılması gerekmektedir.

Kümes içi çevre koşullarının (sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, hava kalitesi) en uygun sınırlar içinde tutulması hem hayvan sağlığı ve refahı açısından, hem de ekonomik açıdan önemlidir. Kümes içi çevre koşulları uygun ekipman ve aletlerle ölçmek mümkündür. Fakat büyük ticari üretim yapan şirketlerde bütün parametreleri ölçmek maliyetli olduğundan ve ölçümlerin belirli noktalarda sınırlı kalmasından dolayı uygulanması daha zordur. Doğrudan ölçüm yönteminin bu eksikliklerin dolayı kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi kullanılabilir. HAD yöntemi uygulanarak oluşturulacak simülasyonlar sayesinde hem zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlanacak hem de görsel olarak analiz yapılmasına olanak sağlanmış olacaktır.

Kümes içi çevre koşulları bir biri ile ilişkili bir çok faktör tarafından etkilenen karmaşık bir yapıya sahiptir. Böylesine karmaşık bir yapıyı klasik istatistiksel teknikler kullanarak çözülmesi yerine jeoistatistiksel yöntemler ve yapay zeka teknikleri ile ilişkilendirerek çözmek daha mümkün olacaktır. Bu tez çalışmasında kümes içi çevre koşulları ve altlık kalite özelliklerinin jeoistatistiksel, sayısal ve yapay zeka yöntemleriyle belirlenmesi ve kümes içinde ortaya çıkan sorunlara yönelik çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Tezimin seçimi ve yürütülmesi boyunca değerli desteğini esirgemeyen, bilgisinden ve tecrübesinden yararlandığım, manevi desteğini her zaman hissettiğim çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bilal CEMEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yapılan tez izleme toplantılarında değerli fikirlerini paylaşarak tezi değerlendiren ve beni yönlendiren değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Yusuf DEMİR ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali EKEN'e çok teşekkür ederim.

Tez jürimde bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Selda UZAL SEYFİ ve Sayın Prof. Dr. Ünal KIZIL'a tezime yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamın temelini oluşturan kümeslerde araştırma yapmama olanak sağlayan ve çalışmanın yürütülmesi esnasında bilgi ve görüşlerinden faydalandığım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet KURAN'a çok teşekkür ederim.

Ölçümlerde beni yalnız bırakmayan ve destek veren kardeşim Kerem KÜÇÜKTOPCU ve manevi kardeşim Ziraat Yüksek Mühendisi Mohamed Jibril MOHAMED'e çok teşekkür ederim.

Zor zamanlarımızda hep yanımda olan KÜÇÜKTOPCU ve BİLGİLİ ailelerine tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

Yaşamımda olduğu kadar tez çalışmam süresince de yanımda olan ve desteğini her zaman gördüğüm değerli eşim Yeter KÜÇÜKTOPCU'ya ve canım kızım Yaren KÜÇÜKTOPCU'ya sabır ve anlayışlarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmasının yürütülebilmesi için gerekli olan altyapıyı hazırlayan TÜBİTAK (215O650) ve projeyi destekleyen Ondokuz Mayıs Üniversitesine teşekkürü bir borç bilirim.

Erdem KÜÇÜKTOPCU

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
EKLER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği.....	5
2.1.1. İşlem Adımları.....	5
2.1.2. Korunum Denklemleri	6
2.1.3. Türbülans Modelleri	7
2.2. Jeostatistik.....	9
2.2.1. Tanımsal Veri Analizi.....	9
2.2.2. Varyogramın Modellenmesi.....	10
2.2.3. Ara Değer Tahmini	11
2.2.4. Çapraz Doğrulama	12
2.3. Yapay Sinir Ağları.....	12
2.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	14
2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	15
2.4. Bulanık Mantık.....	16
3. KAYNAK ÖZETLERİ.....	18
3.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Kümeslerde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar	18
3.2. Jeostatistiksel Yöntemlerin Kümeslerde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar.....	22
3.3. Yapay Zeka Yöntemlerinin Kümeslerde Kullanımı İle İlgili Çalışmalar	23
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
4.1. Materyal	25
4.1.1. Bölgenin İklim Özellikleri	25
4.1.2. Kümesin Yapısal Özellikleri	26
4.1.3. Canlı Materyal.....	26
4.2. Yöntem	28
4.2.1. Doğrudan Ölçüm Yöntemi	28
4.2.2. Sayısal Yöntem.....	32

4.2.3. Jeostatistiksel Yöntem	38
4.2.4. Yapay Zekâ Yöntemleri	41
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	45
5.1. Doğrudan Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	45
5.1.1. Kümes İçi Sıcaklık.....	45
5.1.2. Kümes İçi Bağlı Nem.....	49
5.1.3. Kümes İçi Hava Akım Hızı	52
5.1.4. Kümes İçi Amonyak Konsantrasyonu	54
5.1.5. Altlık Nem İçeriği.....	56
5.1.6. Altlık Sıcaklığı.....	58
5.1.7. Altlık pH Değeri	59
5.1.8. Parametreler Arasındaki İlişkiler.....	61
5.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	65
5.2.1. Ağ Yapısının Belirlenmesi	65
5.2.2. Sınır Koşullarının Belirlenmesi	67
5.2.3. Kümes İçi Sıcaklık Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları	69
5.2.4. Kümes İçi Bağlı Nem Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları.....	74
5.2.5. Kümes İçi Hava Akım Hızı Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları	79
5.2.6. Kümes İçi Amonyak Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları	84
5.2.7. Tasarımın İyileştirilmesi	89
5.3. Jeostatistiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	95
5.3.1. Kümes İçi Sıcaklık.....	95
5.3.2. Kümes İçi Bağlı Nem.....	102
5.3.3. Kümes İçi Hava Akım Hızı	108
5.3.4. Kümes İçi Amonyak Konsantrasyonu	114
5.3.5. Altlık Nem İçeriği.....	120
5.3.6. Altlık Sıcaklığı.....	126
5.3.7. Altlık pH Değeri	132
5.4. Yapay Zekâ Sonuçlarının Değerlendirilmesi	138
5.4.1. Amonyak Tahmini	138
5.4.2. Canlı Ağırlık Tahmini.....	145
5.4.3. Havalandırma Miktarının Belirlenmesi.....	149
5.5. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması	153
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	155
KAYNAKLAR	158
EKLER.....	166
ÖZGEÇMİŞ	239

KISALTMALAR

HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
YSA	Yapay Sinir Ağları
BM	Bulanık Mantık
RANS	Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes
RNG	<i>Renormalisation Group</i>
IDW	Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon
RBF	Radyal Tabanlı Fonksiyon
FB	Kesirli Sapma
MG	Geometrik Ortalama Sapma
VG	Geometrik Ortalama Varyans
FAC2	Faktör2
IOA	Uyum indeksi
TPS	İnce Tabakalı Spline (<i>Thin-Plate Spline</i>)
NCS	Doğal Kubik Spline (<i>Natural Cubic Spline</i>)
MLOG	Çoklu Logaritmik Fonksiyon (<i>Multi-Logaritmik Function</i>)
MQ	Çoklu Kuadratik Fonksiyon (<i>Multi-Quadratic Function</i>)
IMQ	Ters Çoklu Kuadratik Fonksiyon (<i>Inverse Multi-Quadratic Function</i>)
OK	Sıradan Kriging (<i>Ordinary Kriging</i>)
RMSE	Tahmin Hatasının Standart Sapması
MAE	Ortalama Mutlak Hata
R ²	Belirleme Katsayısı
MLP	Çok Katmanlı Algılayıcı
ANFIS	Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi
LM	<i>Levenberg-Marquardt</i>
BR	<i>Bayesian Regularization</i>
SCG	<i>Scaled Conjugate Gradient</i>
GP	Izgara Bölümleme (<i>Grid Partitioning</i>)
SC	Eksiltici Kümeleme (<i>Subtractive Clustering</i>)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. HAD işlem adımları.....	6
Şekil 2.2. Varyogram modeli.....	10
Şekil 2.3. Yapay nöron yapısı.....	13
Şekil 2.4. Aktivasyon fonksiyonları.....	14
Şekil 2.5. Tek ve çok katmanlı YSA yapısı.....	14
Şekil 2.6. Bulanık mantık modelleme aşamaları.....	16
Şekil 2.7. Bulanık sistem yapısı.....	17
Şekil 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü işletmenin konumu.....	25
Şekil 4.2. Araştırmanın yürütüldüğü kümesin genel yapısı.....	27
Şekil 4.3. Araştırmada kullanılan ROSS 308 hatlı etlik civcivler.....	27
Şekil 4.4. Ölçüm yapılan ve altlık örneklerinin alındığı noktaların yerleşimi.....	29
Şekil 4.5. Altlık örneklerinin alınması.....	29
Şekil 4.6. Termal kamera ölçümleri.....	30
Şekil 4.7. Ölçümlere ait genel resimler.....	31
Şekil 4.8. Kümesin geometrisi.....	32
Şekil 4.9. Oluşturulan ağ yapısı.....	33
Şekil 4.10. Simulasyonda kullanılan fanların konumları.....	37
Şekil 4.11. Hava giriş açıklık dereceleri (a) %100 ve (b) %80.....	38
Şekil 4.12. Araştırmada kullanılan enterpolasyon yöntemleri ve model seçimi.....	39
Şekil 4.13. Tek gizli katmanlı MLP.....	42
Şekil 4.14. ANFIS'in temel yapısı.....	43
Şekil 4.15. Genel Mamdani bulanık çıkarım sistemi.....	44
Şekil 5.1. Kümes içi sıcaklık değerlerinin dönemlik değişimleri.....	46
Şekil 5.2. Günlük ortalama kümes iç ve dış sıcaklık değerleri.....	48
Şekil 5.3. Kümes içi bağıl nem değerlerinin dönemlik değişimleri.....	50
Şekil 5.4. Günlük ortalama kümes iç ve dış bağıl nem değerleri.....	51
Şekil 5.5. Kümes içi hava akım hızı değerlerinin dönemlik değişimleri.....	53

Şekil 5.6. Kümes içi amonyak konsantrasyon değerlerinin dönemlik değişimleri	55
Şekil 5.7. Altlık nem içeriği değerlerinin dönemlik değişimleri.....	57
Şekil 5.8. Altlık sıcaklık değerlerinin dönemlik değişimleri	59
Şekil 5.9. Altlık pH değerlerinin dönemlik değişimleri	61
Şekil 5.10. Parametreler arasındaki korelasyon	62
Şekil 5.11. Altlık nem içeriğini belirlemede oluşturulan modellerin grafikleri	63
Şekil 5.12. Amonyak konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan modellerin grafikleri.....	65
Şekil 5.13. Farklı ağ yapıları için ortalama mutlak hata değerleri	66
Şekil 5.14. Kümesin kesit konumlarının gösterimi	68
Şekil 5.15. Sıcaklık tahmininde ortalama bağıl hata.....	70
Şekil 5.16. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi sıcaklık değerleri	71
Şekil 5.17. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi sıcaklık dağılımları	72
Şekil 5.18. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi sıcaklık dağılımları	73
Şekil 5.19. Bağıl nem tahmininde ortalama bağıl hata.....	75
Şekil 5.20. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi bağıl nem değerleri	76
Şekil 5.21. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi bağıl nem dağılımları.....	77
Şekil 5.22. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi bağıl nem dağılımları.....	78
Şekil 5.23. Hava akım hızı tahmininde ortalama bağıl hata	80
Şekil 5.24. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi hava akım hızı değerleri.....	81
Şekil 5.25. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi hava akım hızı dağılımları.....	82
Şekil 5.26. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi hava akım hızı dağılımları.....	83
Şekil 5.27. Amonyak tahmininde ortalama bağıl hata	85
Şekil 5.28. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi amonyak değerleri	86
Şekil 5.29. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi amonyak dağılımları	87
Şekil 5.30. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi amonyak dağılımları	88
Şekil 5.31. Kümes içine yerleştirilen karıştırıcı fanların konumları	89
Şekil 5.32. Karıştırıcı fan sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak dağılımları	90
Şekil 5.33. Fan-ped sisteminin çalışması durumunda sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak dağılımları.....	92

Şekil 5.34. Isıtma sistemi+ek fan çalışması durumunda sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak dağılımları.....	94
Şekil 5.35. Kümes içi sıcaklık değerleri için yarıvaryogram grafikleri.....	97
Şekil 5.36. Kümes içi sıcaklık dağılım haritaları.....	101
Şekil 5.37. Kümes içi bağıl nem değerleri için yarıvaryogram grafikleri	103
Şekil 5.38. Kümes içi bağıl nem dağılım haritaları.....	107
Şekil 5.39. Kümes içi hava akım hızı değerleri için yarıvaryogram grafikleri	109
Şekil 5.40. Kümes içi hava akım hızı dağılım haritaları	113
Şekil 5.41. Kümes içi amonyak değerleri için yarıvaryogram grafikleri	115
Şekil 5.42. Kümes içi amonyak dağılım haritaları.....	119
Şekil 5.43. Altlık nem içeriği değerleri için yarıvaryogram grafikleri.....	121
Şekil 5.44. Altlık nem içeriği dağılım haritaları	125
Şekil 5.45. Altlık sıcaklık değerleri için yarıvaryogram grafikleri	127
Şekil 5.46. Altlık sıcaklık dağılım haritaları.....	131
Şekil 5.47. Altlık pH değerleri için yarıvaryogram grafikleri	133
Şekil 5.48. Altlık pH dağılım haritaları.....	137
Şekil 5.49. M10 ve M20 modelleri için ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri.....	141
Şekil 5.50. Amonyak tahmin modelinde kullanılan girdi ve çıktıların üyelik fonksiyon tipleri.....	143
Şekil 5.51. Centroid durulaştırma yöntemi kullanılarak oluşturulan amonyak tahmin modelinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ilişkin dağılım grafikleri.....	144
Şekil 5.52. M26 modelleri için ölçülen ve tahmin edilen canlı ağırlık değerleri.....	145
Şekil 5.53. Ölçülen ve tahmin edilen canlı ağırlık değerlerinin dağılım grafikleri.....	149
Şekil 5.54. İncelenen değişkenler arasındaki korelasyon	150
Şekil 5.55. M32 modeline ait eğitim ve test setlerinin dağılım grafikleri	150
Şekil 5.56. Ölçülen ve tahmin edilen havalandırma miktarlarının dağılım grafikleri.....	152

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Seçilmiş bazı ülkelerde piliç eti üretimi (1000 ton) (USDA, 2020)	2
Tablo 1.2. Seçilmiş bazı ülkelerde piliç eti ihracatı (1000 ton) (USDA, 2020).....	2
Tablo 2.1. k-ε türbülans modelleri	8
Tablo 4.1. Uzun yıllık iklimsel veriler (MGM, 2020).....	26
Tablo 4.2. Ölçüm yapılan dönemler ve tarihleri	28
Tablo 4.3. Fan sayısına bağlı olarak hava giriş açıklık oranları.....	38
Tablo 5.1. Kümes içi sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	45
Tablo 5.2. Kümes içi bağıl nem değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	49
Tablo 5.3. Kümes içi hava akım hızı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	52
Tablo 5.4. Kümes içi amonyak konsantrasyon değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	54
Tablo 5.5. Altlık nem içeriği değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	56
Tablo 5.6. Altlık sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	58
Tablo 5.7. Altlık pH değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	60
Tablo 5.8. Altlık nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılan modeller.....	62
Tablo 5.9. Amonyak konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan modeller	64
Tablo 5.10. Oluşturulan ağın yapısı ve kalite kriterleri.....	67
Tablo 5.11. Kullanılan parametreler ve yöntemler	67
Tablo 5.12. Simülasyonlarda kullanılan sınır koşulları.....	67
Tablo 5.13. Hayvan başına üretilen ısı, nem ve amonyak üretimleri	68
Tablo 5.14. Kümes içi sıcaklık değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları.....	69
Tablo 5.15. Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık değerleri (°C) (Ort±SS)	69
Tablo 5.16. Kümes içi bağıl nem değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları.....	74
Tablo 5.17. Ölçülen ve tahmin edilen bağıl nem değerleri (%) (Ort.±SS)	74
Tablo 5.18. Kümes içi hava akım hızı değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları.....	79
Tablo 5.19. Ölçülen ve tahmin edilen hava akım hızı değerleri (m s ⁻¹)(Ort±SS)	79

Tablo 5.20. Kümes içi amonyak değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları.....	84
Tablo 5.21. Ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri (ppm) ($Ort \pm SS$).....	84
Tablo 5.22. Kümes içi sıcaklık değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	95
Tablo 5.23. Kümes içi sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri	98
Tablo 5.24. Kümes içi sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri.....	99
Tablo 5.25. Kümes içi bağıl nem değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	102
Tablo 5.26. Kümes içi bağıl nem değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri.....	104
Tablo 5.27. Kümes bağıl nem değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri.....	105
Tablo 5.28. Kümes içi hava akım hızı değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	108
Tablo 5.29. Kümes içi hava akım hızı değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri	110
Tablo 5.30. Kümes içi hava akım hızı değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri.....	111
Tablo 5.31. Kümes içi amonyak değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	114
Tablo 5.32. Kümes içi amonyak değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri.....	116
Tablo 5.33. Kümes içi amonyak değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri.....	117
Tablo 5.34. Altlık nem içeriği değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri.....	120
Tablo 5.35. Altlık nem içeriğini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri ...	122
Tablo 5.36. Altlık nem içeriğini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri	123
Tablo 5.37. Altlık sıcaklık değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	126
Tablo 5.38. Altlık sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri	128
Tablo 5.39. Altlık sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri	129
Tablo 5.40. Altlık pH değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri	132
Tablo 5.41. Altlık pH değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri	134

Tablo 5.42. Altlık pH değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri	135
Tablo 5.43. Yapay zekâ modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	139
Tablo 5.44. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları .	142
Tablo 5.45. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları	142
Tablo 5.46. Amonyak tahmin modelinde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler ve değer aralıkları	143
Tablo 5.47. Amonyak tahmin modelinde durulaştırma yöntemlerinin istatistiksel karşılaştırmaları.....	144
Tablo 5.48. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan verilerin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	146
Tablo 5.49. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları .	146
Tablo 5.50. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları	146
Tablo 5.51. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan veriler ve dilsel ifadeler	147
Tablo 5.52. Canlı ağırlık tahmin ve hata değerleri.....	148
Tablo 5.53. Havalandırma miktarının belirlenmesinde kullanılan verilerin eğitim ve test veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler	151
Tablo 5.54. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları .	151
Tablo 5.55. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları	151
Tablo 5.56. Havalandırma miktarının tahmininde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler.....	152

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Dönem başlarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	166
Ek 2. Dönem ortalarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	168
Ek 3. Dönem sonlarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	170
Ek 4. Dönem başlarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	172
Ek 5. Dönem ortalarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	174
Ek 6. Dönem sonlarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	176
Ek 7. Dönem başlarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	178
Ek 8. Dönem ortalarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	180
Ek 9. Dönem sonlarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	182
Ek 10. Dönem başlarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	184
Ek 11. Dönem ortalarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	186
Ek 12. Dönem sonlarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	188
Ek 13. Dönem başlarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	190
Ek 14. Dönem ortalarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	192
Ek 15. Dönem sonlarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	194
Ek 16. Dönem başlarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	196
Ek 17. Dönem ortalarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	198
Ek 18. Dönem sonlarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler	200

Ek 19. Dönem başlarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler.....	202
Ek 20. Dönem ortalarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler.....	204
Ek 21. Dönem sonlarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler.....	206
Ek 22. Amonyak tahmininde kullanılan ağırlık ve bias değerleri.....	208
Ek 23. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan ağırlık ve bias değerleri.....	209
Ek 24. Yetiştirme döneminin 1. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	210
Ek 25. Yetiştirme döneminin 2. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	214
Ek 26. Yetiştirme döneminin 3. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	218
Ek 27. Yetiştirme döneminin 4. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	222
Ek 28. Yetiştirme döneminin 5. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	226
Ek 29. Yetiştirme döneminin 6. haftasındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler	230
Ek 30. Havalandırma miktarının belirlenmesinde kullanılan ağırlık ve bias değerleri	234
Ek 31. Havalandırma miktarının tahmininde kullanılan dilsel değerler ve matematiksel ifadeler	235

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2025 yılına kadar 8 milyarı aşması beklenirken, besin ihtiyacının karşılanması da önemli bir sorun olarak görülmektedir. Artan nüfusa karşı yeterli besin gereksiniminin karşılanması yalnızca üretim kapasitelerinin artırılması yoluyla değil aynı zamanda üretimin kalitesinin de geliştirilmesiyle mümkün olabilecektir (Şekerden, 2013). Birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün almanın hedeflenmesi profesyonel üretim adı verilen ıslah çalışmaları, otomasyon ve mekanizasyon sistemleri gibi yeni üretim tekniklerinin uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Üretimde uygulanan bu yeni teknolojiler ürünün verim ve kalitesinde artış sağladığından, üreticinin ekonomik kazancının artmasına, tüketicinin ise kaliteli ürünleri daha hesaplı olarak tüketmesine olanak sağlamaktadır (Avşaroğlu, 2008).

Hayvansal üretimde uygulanan bu yeni teknolojiler sayesinde Türkiye’de etlik piliç yetiştiriciliği son yıllarda sürekli gelişen ve büyüyen önemli bir sektör haline gelmiştir. Dünya piliç eti üretiminde % 2.16’lık bir paya sahip olan Türkiye 2,138,000 ton piliç eti üretimi ile dünyada 10. sırada bulunmaktadır (Tablo 1.1). Piliç eti ihracatında ise 408,000 ton ile toplam ihracatın %3.70’lik kısmını karşılamaktadır (Tablo 1.2). Türkiye ekonomisi için önemli sektörlerden biri olan kanatlı eti sektöründe piliç eti üretiminin 2025 yılında 3,350,000 tona ulaşması ve bunun 1,370,000 tonunun ise ihraç edileceği öngörülmektedir. Bu hedefe ulaşılabilmesi için genetik ıslah çalışmaları ile birlikte üretimde modernizasyonun artırılması ve hayvanlar için en uygun çevre koşullarının sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde hayvancılıkta verimliliğin artırılması amacıyla daha çok ıslah ve besleme çalışmaları üzerinde durulmakta, barınaklardaki çevre koşulları denetimine ise yeterli derecede önem verilmemektedir (Yüksel ve Şişman, 2015). Oysa her ne kadar verim yeteneği yüksek hayvan ırkları ile üretim yapılsa bile barınaklardaki çevre koşullarının denetimi yetersiz ise istenilen verim düzeyine ulaşmak mümkün değildir (Mutaf ve Sönmez, 1984).

Tarım İl Müdürlükleri’nden elde edilen kayıtlara göre Türkiye’de etlik piliç üreten işletmelerin %69.09’u 5,000-10,000 kapasite arasında, %11.62’si ise 20,000 kapasitenin üzerindedir (Öztürk ve Durmuş, 2001). Bu verilerden anlaşılacağı gibi ülkemizde büyük kapasiteli ticari tavukçuluk işletmesi sayısının düşük düzeylerde kaldığı söylenilebilir. Bu durum, sektörde üretim planlamasının yeterli şekilde yapılmadığının da bir göstergesidir.

Tablo 1.1. Seçilmiş bazı ülkelerde piliç eti üretimi (1000 ton) (USDA, 2020)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019
ABD	18,510	18,938	19,361	19,941
Çin	12,448	11,600	11,700	13,750
Brezilya	13,523	13,612	13,355	13,690
Avrupa Birliği	11,560	11,912	12,260	12,460
Rusya	4,328	4,680	4,684	4,671
Hindistan	3,464	3,767	4,062	4,350
Meksika	3,275	3,400	3,485	3,600
Tayland	2,813	2,990	3,170	3,300
Arjantin	2,119	2,150	2,068	2,171
Türkiye	1,879	2,137	2,157	2,138
Toplam	91,148	92,726	94,517	99,039

Tablo 1.2. Seçilmiş bazı ülkelerde piliç eti ihracatı (1000 ton) (USDA, 2020)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019
Brezilya	3,889	3,847	3,687	3,830
ABD	3,086	3,137	3,245	3,261
Avrupa Birliği	1,329	1,323	1,427	1,548
Tayland	690	757	826	881
Çin	386	436	447	428
Ukrayna	235	263	317	409
Türkiye	263	357	418	408
Belarus	145	150	168	172
Rusya	104	125	131	164
Arjantin	158	178	124	155
Kanada	134	134	124	124
Toplam	10,787	11,043	11,316	11,881

Diğer yapı sistemleri ile karşılaştırıldığında hayvansal üretim yapılarının planlanması son derece farklılık göstermektedir. Hayvan barınaklarının yapımındaki asıl amaç, hayvanları uygun olmayan çevre koşullarından koruyarak, strese sokmadan, iyi gelişim sağladıkları ve beklenen verimi gerçekleştirdikleri bir yaşam ortamı sağlamaktır. Bu nedenle hayvan barınaklarının uygun çevre koşullarını sağlayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Kümes içi çevre koşulları denildiğinde, ortam havasının sıcaklık, bağıl nem ve hava hareketini konu alan iklimsel çevre bileşimini (çeşitli gazlar, koku, nem, toz vb.) konu alan kimyasal çevre anlaşılmaktadır. Kümeslerde uygun çevre koşullarını sağlamak için, bir yandan bölgenin iklim koşullarını dikkate alarak bölgeye özgü kümes planlaması yapılmalı, diğer taraftan ise kümes içi çevre koşullarını denetim altına almaya yarayan havalandırma, yalıtım vb. önlemlerin alınması gerekmektedir (Mutaf ve Sönmez, 1984). Ülke geneline bakıldığında bu koşulları dikkate almadan farklı bölgelerde benzer kümes yapılarının uygulandığı görülmektedir.

Kümes içi iklimsel çevre sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve hava kalitesi olarak dört ana unsur olarak ele alınabilmektedir. Etlik piliçler için önerilen sıcaklık ilk haftalarda 32-33°C'dir. Daha sonra optimum sıcaklığa ulaşınca kadar sıcaklıklar kademeli olarak düşürülerek kesim yaşına geldiğinde 21°C civarında olması gerekmektedir (Lindley ve Whitaker, 1996; Reece ve Lott, 1982). Bağıl nem değeri ise %50-70 arasında olmalıdır (Corkery vd, 2013). Kümeslerde amonyak miktarı 25 ppm'den az olması istenmektedir (Carlile, 1984). Kümeslerde yeterli hava akımı sağlanabilmesi için gerekli hava akım hızı 0.5-2.5 m s⁻¹ arasında olması önerilmektedir (Simmons vd, 1997).

Kümes içi çevre koşullarının belirlenmesi konusunda yapılacak çalışmalar içerisinde en önemli kısımlardan biri de çevre koşullarının bir model içerisinde değerlendirilmesidir. Model, gerçek bir olayı basit yaklaşımlarla benzeştirmeye çalışarak olay hakkında daha fazla bilgi sahibi olarak, gelecek için daha iyi tahminlerde bulunmak ve gelecekteki durumu görebilmek için tasarlanır (Erşahin ve Karahan, 2015). Kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde ısı-nem ve kütle dengesi eşitliklerinin çözülmesi gerekmektedir. Bu eşitliklerin çözümünde hayvan türü ve yaşı, yapının özellikleri, iç ve dış ortam koşulları gibi birçok faktörün göz önüne alınmalıdır (Mueller ve Krause, 2007). Analitik yöntemlerle doğrudan hesaplanamayan bu eşitliklerin sayısal yöntemlerle (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, HAD) modellenerek, kümeslerin planlama ve projelendirilmesinde kullanılması hem zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacak hem de problem oluşturabilecek bölgelerin görsel olarak tespitine olanak tanımış olacaktır.

Klasik istatistik yöntemler kullanılarak yapılan tahminlerde hata oranı yüksek çıkmakta ve bu hataların da büyüklükleri sağlıklı olarak belirlenmemektedir. Bunun yerine, jeostatistiksel modelleme tekniklerinin kullanılması yapılan tahminin güvenilirliğini ve doğruluğunu artırmaktadır. Jeostatistik yöntemler sayesinde kümes modellenerek örneklenmemiş alanlardaki verilerin etki alanları ve yönleri tahmin edilebilecektir. Ayrıca elde edilen haritalar kümes içinde ortaya çıkan olumsuz durumların (sıcaklık stresi, fazla amonyak miktarı vb.) tespitinde kullanılabilir.

Bilgisayar teknolojisinin son yıllardaki hızlı gelişimi sayesinde sayısal hesaplamalar ve modelleme işlemleri daha önemli hale gelmiştir. Biyolojik olarak insan sinir sisteminden esinlenerek geliştirilen yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) yöntemleri birçok alanda olduğu gibi kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde de kullanılabilir. Kümes içi çevre koşulları birbiri ile ilişkili

birçok faktör tarafından etkilenen karmaşık bir yapıya sahiptir. Böyle bir karmaşık yapıyı yapay zekâ teknikleri ile ilişkilendirerek çözmek daha mümkün olacaktır.

Bu tez çalışmasında kümes içi çevre koşullarının ve altlık kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde farklı stokastik ve deterministik yöntemlerin kullanılma olanakları ortaya konulmuştur.

Yapılan bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde (Giriş Bölümü), konunun önemi ve araştırmanın amacı anlatılmıştır. İkinci bölümünde (Kuramsal Temeller), çalışmanın hangi modellerle ve hangi yaklaşımlarla ele alındığı belirtilmiştir. Üçüncü bölümünde (Kaynak Özetleri), çalışmanın konusu kapsamında yapılmış olan araştırmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümünde (Materyal ve Yöntem), çalışmada kullanılan materyaller ve yöntemler kısaca açıklanmıştır. Beşinci bölümde (Bulgular ve Tartışma), kümes içinde ölçülen ve farklı yöntemlerle tahmin edilen modeller belirlenerek, yöntemlerin uygunluğu tartışılmıştır. Son bölümde (Sonuç ve Öneriler Bölümü) ise, incelenen küme içinde bulunan eksiklikler ve alınması gereken önlemler verilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

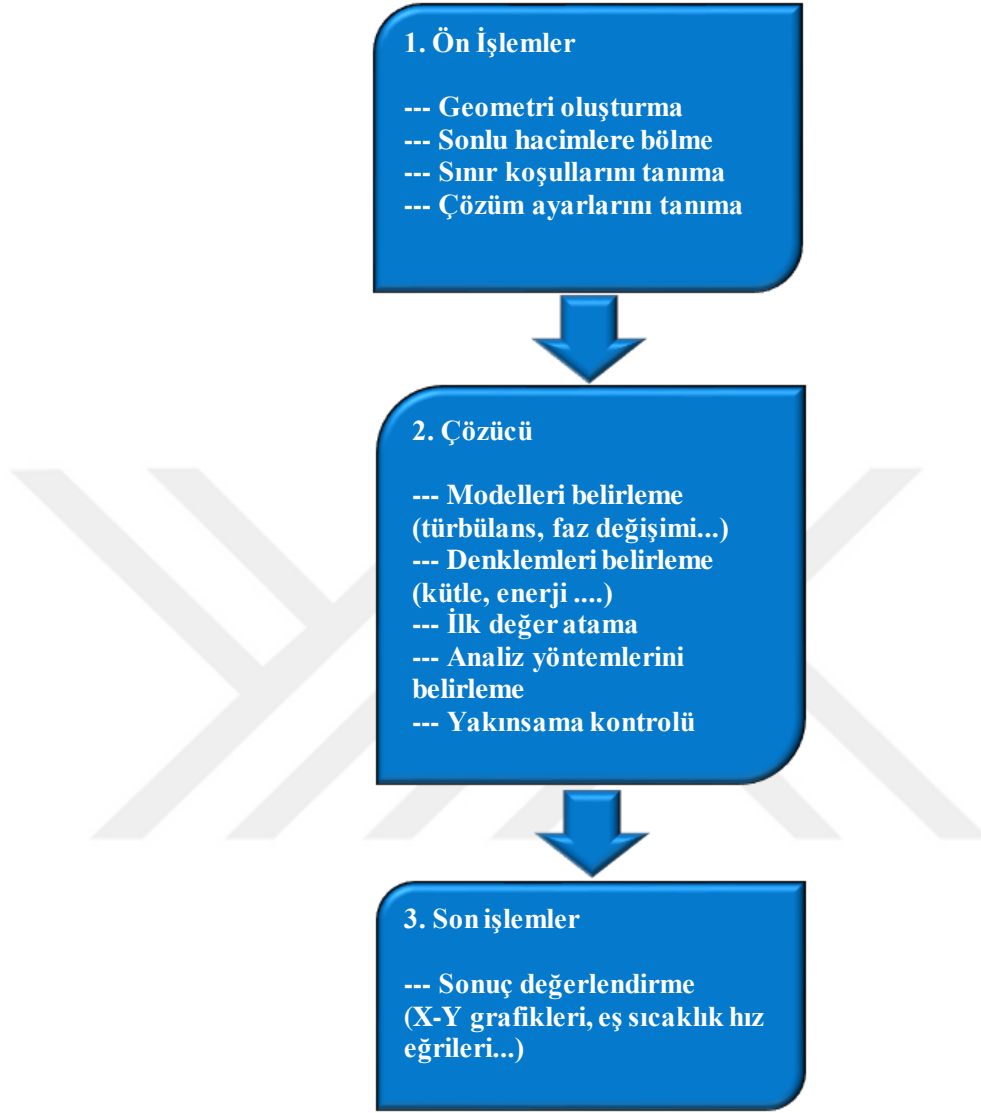
Mühendislik uygulamalarında, akışkan davranışının doğru tespit edilmesi oldukça önemlidir. Analitik çözümlerin elde edilemediği karmaşık modellerde çözüm üretebilmek için sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Bir sistem içerisindeki herhangi bir noktanın gerçek davranışını temsil eden analitik çözümlere karşın, sayısal yöntemlerde sadece düğüm noktaları (*node*) adı verilen belirli noktalarda çözümler yaklaşık olarak elde edilmektedir. Bir sayısal yöntemin ilk aşaması bölüntülemedir (ağ ya da *mesh* yapma). Analizi yapılacak olan ortam belirli sayıda hacme bölünür ve her bir kontrol hacmi için çözümler yapılır. Sonuç olarak her kontrol hacmindeki değişkenler tüm akış alanı (*domain*) içinde baştan sona belirlenerek akışın davranışı tespit edilmiş olur.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ilgili alanda detaylı hesaplamaların yapılabildiği, akış alanı ve diğer fiziksel detayların gösterilebildiği, bilgisayar tabanlı bir mühendislik yöntemidir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayarlar olayları daha hızlı ve ayrıntılı analiz etme yeteneğine sahip olmuşlardır. Bundan dolayı birçok bilim dalında doğrudan ölçüm yöntemlerin yerine sayısal yöntem (modelleme) çalışmaları tercih edilmeye başlamıştır. Son yıllarda tarımsal yapılarda da en uygun çevre koşullarını belirlemek amacıyla HAD yöntemi yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Coulombe vd, 2020; Du vd, 2019a; Jongbo, 2020; Tehinse vd, 2020; Tong vd, 2019b; Tong vd, 2020; Trokhaniak vd, 2019; Vilela vd, 2019). Küçük ölçekli üretim yapan tarımsal işletmelerde doğrudan ölçüm yöntemleri kullanılabilmesine rağmen, büyük ölçekli işletmelerde doğrudan ölçüm yönteminin kullanımı zaman alıcı, zahmetli ve pahalı olmaktadır. Ayrıca bütün parametrelerin aynı anda ölçülmesi de neredeyse imkansızdır. Bundan dolayı büyük ölçekli üretim yapan işletmeler için çevre koşullarının belirlenmesinde HAD yönteminin kullanılması daha uygun olacaktır (Küçüktopcu ve Cemek, 2019a, 2019b).

2.1.1. İşlem Adımları

Bir problem HAD yöntemiyle çözülmeye başlamadan önce geometrinin bir CAD programında (Autocad, Solidworks, Ansys spaceclaim vb.) çizilmesi gerekmektedir. Ardından oluşturulan hacim hesaplamalar uygun olarak sonlu sayıda hacme bölünür. Sınır koşullarının belirlenmesiyle birlikte çözüme geçilir. Yakınsama

sağlandığında çözüm tamamlanmış olur ve sonuçlar görsel ve/veya grafiksel olarak değerlendirilir. HAD işlem adımlarını genel olarak 3 adımda incelenebilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. HAD işlem adımları

2.1.2. Korunum Denklemleri

Herhangi bir akış probleminin sayısal çözümünde, akışkanlar mekaniğinin genel denklemleri olan *Navier-Stokes* ve süreklilik denklemleri kullanılmaktadır. İkinci mertebeden kısmi türevli, lineer olmayan bu denklemlerle, uygun başlangıç ve sınır şartlarının kullanılmasıyla, akış alanının yaklaşık çözümleri elde edilebilmektedir. Sıkıştırılamaz bir akışkanın zaman bağımlı hareketi, kartezyen koordinatlarda,

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + F \quad (2.1)$$

Atalet kuvvetleri	Basınç kuvveti	Sürtünme kuvveti	Kütlesele kuvvetler
-------------------	-------------------	---------------------	------------------------

şeklinde Navier-Stokes denklemleri ve

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.2)$$

süreklilik denklemi ile ifade edilmektedir. Bu denklemler türbülanslı akış için hız ve basınç büyüklükleri zaman ortalamalı ve çalkantı terimleri cinsinden yazıldığında,

$$\frac{\partial(\overline{\rho u_i})}{\partial t} + \frac{\partial(\overline{\rho u_i u_j})}{\partial x_j} = -\frac{\partial \overline{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) - \overline{\rho u_i u_j} \right] + F_i \quad (2.3)$$

şeklindeki *Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes* (RANS) denklemleri olarak elde edilmektedir. Bu denklemlerde yer alan çalkantı terimlerinin hesaplanmasına yönelik olarak çok sayıda türbülans modeli geliştirilmiş ve geliştirilmektedir.

2.1.3. Türbülans Modelleri

Mühendislik uygulamalarında, akışkan hareketinin en karmaşık türü olarak türbülanslı akışlar bilinir. Eğer akışkanın hareketi dönen, süreksiz, düzensiz, yayılımcı ve yutucu ise, bu "türbülanslı akış" olarak tanımlanır (Namlı, 2003). Doğadaki akışların büyük çoğunluğunun türbülanslı akış olduğu göz önüne alındığında, mühendisler için türbülanslı akışlarının etkin bir şekilde belirlenmesi önemli hale gelmiştir. Oldukça karmaşık bir yapıda olan türbülanslı akışın sayısal olarak incelenebilmesi için akış alanını çözmeyi amaçlayan modeller geliştirilmiş ve "türbülans modeli" kavramı bu şekilde ortaya çıkmıştır.

Tablo 2.1. k-ε türbülans modelleri

<p><i>Standard k-ε türbülans modeli</i> (Launder ve Spalding, 1974)</p>	$\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) \\ &+ G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k \end{aligned} \right]$ $\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) \\ &+ C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \end{aligned} \right]$
	<p>$C_{1\varepsilon}(1.44), C_{2\varepsilon}(1.92), C_{3\varepsilon}(0.09), \sigma_k(1.0), \sigma_\varepsilon(1.3)$</p>
<p><i>RNG k-ε türbülans modeli</i> (Yakhot ve Orszag, 1986)</p>	$\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \\ &G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k \end{aligned} \right]$ $\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \\ &+ C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R_\varepsilon + S_\varepsilon \end{aligned} \right]$
	<p>$C_{1\varepsilon}(1.42), C_{2\varepsilon}(1.68), C_{3\varepsilon}(0.09), \sigma_k(1.0), \sigma_\varepsilon(1.3)$</p>
<p><i>Realisable k-ε türbülans modeli</i> (Shih vd, 1995)</p>	$\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) \\ &+ G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k \end{aligned} \right]$ $\left[\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) \\ &+ \rho C_1 S_\varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{\nu \varepsilon}} + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} G_b + S_\varepsilon \end{aligned} \right]$
	<p>$C_{1\varepsilon}(1.44), C_{2\varepsilon}(1.90), C_{3\varepsilon}(0.09), \sigma_k(1.0), \sigma_\varepsilon(1.2)$</p>

Son yıllarda teknolojinin gelişimine paralel olarak bilgisayarların hız ve kapasitesindeki iyileşme sayesinde, türbülanslı akışların sayısal incelenmesine yönelik çalışmalar son derece yaygınlaşmıştır. Farklı türbülans modelleriyle hesaplanan akış alanları, türbülans modellerinin hassasiyetlerine yönelik bilgiler de sunmaktadır. Birçok türbülans modelinin bazı akış alanlarındaki deneysel verilerle uyumlu sonuçlarına rağmen, yine de bütün türbülanslı akışları yüksek doğrulukta çözen genel bir model üretilmemiştir. Türbülans modelleri, gerçek türbülanslı akış karakteristiklerini hesaplayabilmek için, *Navier-Stokes* denklemleri yardımıyla çözülen bir dizi diferansiyel denklemleri ve cebirsel sabitleri içermektedir. Literatürde

yaygın olarak bilinen k - ε türbülans modeli, *Standard, Renormalisation Group (RNG)* ve *Realizable* şeklinde üç farklı formda kullanılmaktadır. k - ε türbülans modelinin bu üç farklı formu, k ve ε 'u hesaplamak için aynı yapıdaki denklemleri kullanmaktadır (Tablo 2.1). Aralarındaki belirleyici farklar, türbülans viskozitesini hesaplama yöntemi, türbülanslı *Prandtl* sayısı ve ε denklemindeki terimlerde ortaya çıkmaktadır.

2.2. Jeostatistik

Klasik istatistik, seçilen temsili noktaların birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Oysaki gerçekte birbirine yakın noktalar arasında benzerlik daha fazladır ve belirli bir mesafeden sonra örnekler arasında herhangi bir benzerlik kalmaz. Bir diğer ifadeyle, ölçülen değerler örnekleme noktaları arasındaki mesafenin bir fonksiyonudur ve mesafeden bağımsız olarak düşünülemezler. Bundan dolayı, incelenen özelliklerin seçilen temsili noktalardaki değerleri arasındaki uzaysal bağımlılığın belirlenmesi gerekmektedir. Jeostatistik, uzaysal bağımlılığın belirlenmesinde klasik istatistiğin yerine kullanılan yöntemlerin genel adıdır (Burrough, 1991; Öztaş, 1995).

Herhangi bir veri setine jeostatistiksel yöntemin uygulanabilmesi için, veri çiftleri arasında otokorelasyonun olması gerekmektedir. Jeostatistiksel analiz dört aşamadan oluşmaktadır. 1. Tanımsal veri analizi, 2. Uzaysal bağımlılığın analizi (varyogramın modellenmesi), 3. Ara değer tahmini (*enterpolasyon*) ve 4. Çapraz doğrulama.

2.2.1. Tanımsal Veri Analizi

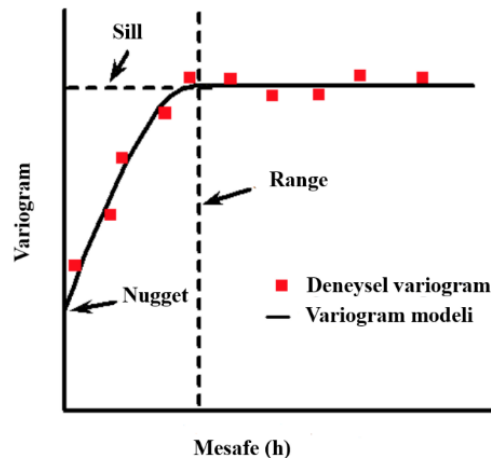
Bu aşamada, elde edilen verilerin sayısı, en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı gibi istatistiksel bilgiler ve frekans dağılımları hesaplanır. Jeostatistiksel analiz yapabilmek için verilerin normal dağılım göstermesi beklenir. Normal dağılım göstermeyen verilere bazı dönüşümler yapılarak normal dağılıma yaklaştırılması sağlanabilir. Webster (2001) çarpıklık (*skewness*) katsayısına (ÇK) göre dağılımın normalden ne kadar saptığına karar vermiştir. Buna göre, ÇK değeri $0 < \text{ÇK} \leq 0.5$ ise dağılımın hafif çarpık olduğu ve normal dağılım gösterdiğini, $0.5 < \text{ÇK} \leq 1$ ise dağılımın orta düzeyde çarpık olduğunu ve karekök dönüşümü gerektirdiğini, $\text{ÇK} > 1$ ise dağılımın tamamen çarpık olduğunu ve logaritmik dönüşüm yapılması gerektiğini ifade etmiştir. Ancak, bazı durumlarda verilere karekök ve logaritmik dönüşümler yapılsa bile, dağılımın hala normalleşmediği görülür. Bu durumda aşırı yüksek-düşük değerler çıkartılarak işleme devam edilir.

2.2.2. Varyogramın Modellenmesi

Uzaysal değişkenliğin belirlenmesinde yarıvaryogram yaygın olarak kullanılmaktadır. Örnek çiftlerinin uzaklığa bağlı değişimleri yarıvaryans (Eşitlik 2.4) kullanılarak hesaplanabilir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \left(\sum_{i=1}^N (x_i - x_{i+h})^2 \right) \quad (2.4)$$

Yarıvaryogramlar, artan mesafe (h) ile önce hızlı, daha sonra yavaşlayarak artma eğilimi gösterirler ve belirli bir mesafeden sonrası ise artmazlar. Bir yarıvaryogramda artışın bittiği bu noktada aldığı değer yapısal etki (*sill*, C_o+C), sill değerinin ulaştığı bu mesafe ise etki mesafesi (*range*, a) olarak adlandırılır. Bu mesafeye kadar olan uzaklıklarda örnekler arasında uzaysal bir ilişkinin olduğu, bu mesafeden daha fazla mesafelerle ayrılmış örnekler arasında ise uzaysal bir ilişki olmadığı kabul edilir (Erşahin ve Karahan, 2015). Yarıvaryogram grafiğinde orijin noktasında varyogram eğrisinin y eksenini (γ) kestiği noktadaki değer kontrolsüz etki varyansı (*nugget*, C_o) olarak ifade edilir (Şekil 2.2). Seyrek veya hatalı örnekleme yapıldığı durumda kontrolsüz etki varyansı yüksek olacaktır. Benzer şekilde, kontrolsüz etki varyansının düşük olması örnekler arasındaki ilişkinin yüksek olduğuna işaret etmektedir (Eser, 2016).



Şekil 2.2. Varyogram modeli

Deneyisel yarıvaryogram sadece ölçümü yapılan uzaklıklar için belirlenebilir. Ancak değişkenliğin görülebilmesi ve örneklenmemiş noktalar için ara değer tahmini yapılabilmesi için deneyisel yarıvaryogramın uygun bir fonksiyona uyarlanması gerekmektedir. Literatürde en çok kullanılan modeller küresel (Eşitlik 2.5), üssel (Eşitlik 2.6), gausiyan (Eşitlik 2.7) ve linear model (Eşitlik 2.8) olarak bilinir.

$$\gamma(h) = \begin{cases} 1.5\left(\frac{h}{a}\right) - 0.5\left(\frac{h}{a}\right)^3 & h \leq a \\ 1 & h > a \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \quad (2.6)$$

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(-\frac{h^2}{a^2}\right) \quad (2.7)$$

$$\gamma(h) = \begin{cases} \left(\frac{h}{a}\right) & h \leq a \\ 1 & h > a \end{cases} \quad (2.8)$$

2.2.3. Ara Değer Tahmini

Ara değer tahmini (*enterpolasyon*); en genel anlamda, verilen bir aralıktaki bilinen değerlerden faydalanılarak, bu aralık içinde bilinmeyen değerlerin hesaplanması olarak ifade edilebilir. *Deterministik* ve *stokastik* (jeostatistiksel) olarak bilinen iki farklı enterpolasyon tekniği vardır (Isaaks ve Srivastava, 1989; Webster ve Oliver, 2007).

Deterministik modeller, bilinen noktaların benzerlik derecesine göre bilinmeyen değerleri hesaplamak için matematiksel fonksiyonlar kullanılır ve tahminin standart hatasını azaltma yönünde bir etkisi olmamaktadır. Literatürde yaygın olarak kullanılan deterministik enterpolasyon yöntemleri: ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW) ve radyal tabanlı fonksiyon (RBF)'dur. IDW yöntemi, noktaların birbiriyle olan uzaklığının tersi ile orantılı ağırlık vererek, bilinmeyen noktaları tahmin eder. Bu yöntemde tahmin edilecek noktaya yakın noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olmasından dolayı, tahmin edilen sonuçlar taraflıdır (Lloyd, 2010). RBF yöntemi genellikle sınırlı sayıda veri ya da tahmin edilmesi zor olan noktaların tahmininde kullanılmaktadır. Bu yöntemde genel kısıtlamalar az olduğundan dolayı herhangi bir boyutta rahatlıkla kullanılabilir (Wright, 2003).

Stokastik yöntemler ise, tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak yapılacak tahminin tarafsız olmasını sağlarlar (Adhikary ve Dash, 2017). Krigleme yaygın olarak kullanılan bir stokastik yöntemdir. Bu yöntemde yapılan tahminde, değeri bilinen komşu noktalara ne kadar ağırlık verileceğini yarıvaryogramı kullanarak karar verir. Böylece tahminin tarafsız ve tahmin varyansının da en küçük değerde tutulması sağlanmış olur (Erşahin ve Karahan, 2015).

2.2.4. Çapraz Doğrulama

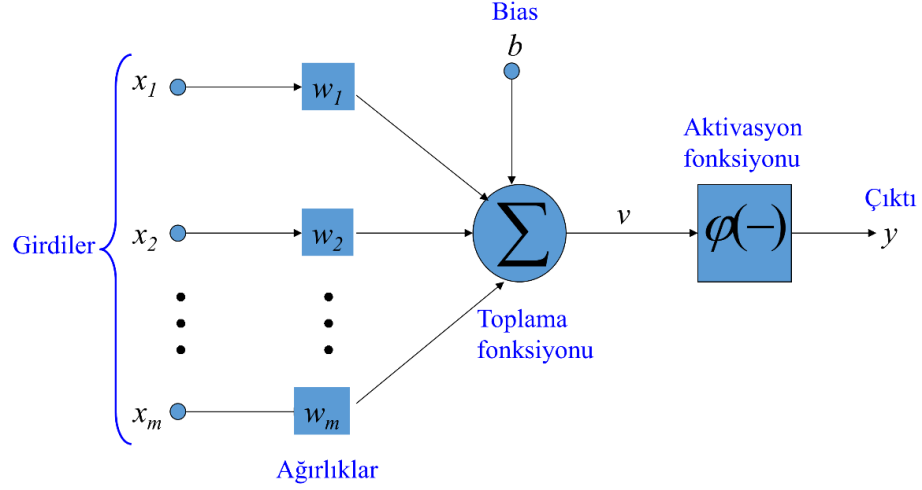
Çapraz doğrulamada, veri setindeki ilk veri setinin dışında tutulur, daha sonra diğer veriler kullanılarak bu veri tahmin edilir ve orijinal veri setindeki yerine koyulur. Bu işlem veri setindeki tüm veriler için tekrarlanır ve sonuçta veri setindeki her bir veri için hem ölçülmüş hem de tahmin edilmiş değerler elde edilir. Ölçülmüş ve tahmin edilmiş değerler karşılaştırılarak modelin tahmin performansı değerlendirilmiş olur. Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında %100'lük bir korelasyon modelin mükemmel olduğunu gösterir. Yapılan çalışmalarda modelin başarılı sayılabilmesi için korelasyonun en az %70 olması istenmektedir (Erşahin ve Karahan, 2015).

2.3. Yapay Sinir Ağları

Teknolojideki hızlı gelişmeler sayesinde bilgisayarlar sadece zor ve karmaşık sayısal modelleri hızlı bir şekilde çözen araçlar değil, aynı zamanda insan gibi düşünen, öğrenen ve öğrendiğini yerine getiren araçlar haline almıştır. Araştırmacılar uzun yıllardır insan beyninin nasıl düşündüğü, öğrendiği ve olaylara nasıl tepkiler verdiğini sorgulamışlardır. Yapay sinir ağları (YSA) da insan beyninin biyolojik yapısından ve öğrenme sürecinden esinlenilmesi sonucu ortaya çıkmıştır (Haykin, 2001).

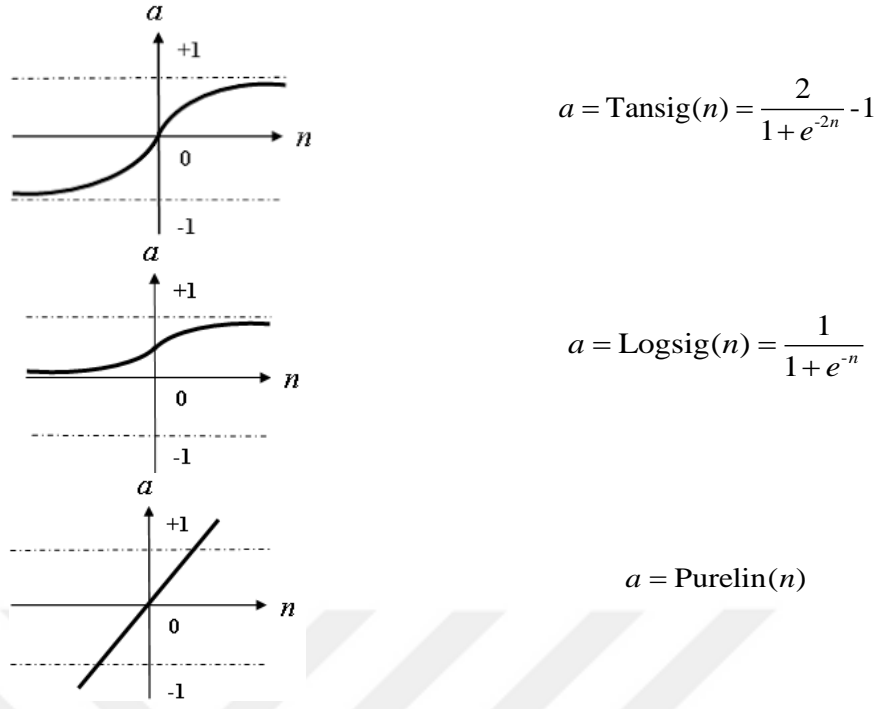
Teknik olarak, YSA'nın en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti öngörmektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile öğrenilerek genelleme yapabilecek yeteneğe varılır. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı setleri belirlenir. Özellikle olaylar hakkında bilgilerin olmadığı; ama örneklerin bulunduğu durumlarda çok etkin olarak kullanılabilir bir karar verme aracı ve hesaplama yöntemi olarak görülebilir.

Bir yapay nöron en temel haliyle girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş temel elemandan oluşmaktadır (Şekil 2.3) (Haykin, 2010).



Şekil 2.3. Yapay nöron yapısı

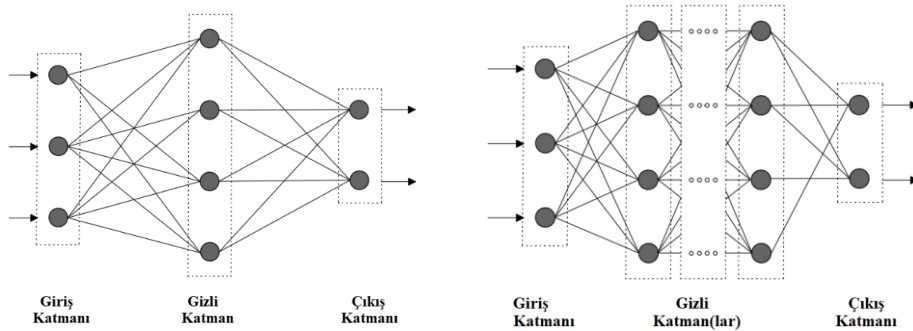
Girdiler, yapay sinir hücresine çevreden, başka hücrelerden veya kendisinden gelen bilgilerdir. Sadece iletilici görevi yaparlar ve verileri bir sonraki aşamaya iletirler (Öztemel, 2006). Ağırlıklar, yapay hücreye gelen bilginin hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıkların tüm işlem elemanları üzerinde etkili olması için, girdiler ile nöronlar arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerlerinin olması gerekmektedir. Ağlardaki öğrenme işlemi ağırlıkların değerlerinin değiştirilmesi ile sağlanır ve öğrenmenin iyi bir hale gelmesine kadar devam eder. Toplama fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için, hücreye gelen girdi değerleri ağırlıklarıyla çarpılarak toplanır ve ağa gelen net girdi hesaplanmış olur. Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonundan gelen net girdiyi işleyerek, hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Günümüzde yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları Şekil 2.4’te verilmiştir. Aktivasyon fonksiyonundan çıkan değer, hücrenin çıktı değeri olmaktadır. Bu değer ister yapay sinir ağının çıktısı olarak dış dünyaya verilir isterse tekrardan ağın içinde kullanılabilir.



Şekil 2.4. Aktivasyon fonksiyonları

2.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Nöron hücrelerinin birbirlerine farklı şekilde bağlanmasıyla YSA oluşur. Mühendislik açısından incelendiğinde YSA, verilen girdilere karşı çıktılar üretebilen "kara kutu" olarak ifade edilebilir. Buna göre YSA'nın sonuçları nasıl elde ettiğini açıklama yeteneği yoktur (Öztemel, 2006). YSA'yı oluşturan hücreler, üç tabaka halinde ve her tabaka içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Şekil 2.5'te tek ve çok katmanlı YSA örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.5. Tek ve çok katmanlı YSA yapısı

Giriş katmanı, en az bir girdi elemanının bulunduğu bölümdür. Bu katmanda, dış ortamlardan alınan bilgiler hiçbir değişikliğe uğramadan gizli katmandaki hücrelere iletilir. Gizli katmanda giriş katmandan gelen bilgiler işlenerek çıkış

katmanına gönderilir. Çıkış katmanında ise gizli katmandan gelen bilgiler işlenerek çıktı üretilir.

2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Nöron hücrelerinin birbirine bağlantı şekline göre YSA, ileri ve geri beslemeli olarak iki farklı yapıda bulunur.

İleri beslemeli ağlarda bilgi akışı düzenli olarak giriş katmanından çıkış katmanına doğru sadece bir yönde olmaktadır (Yadav vd, 2015). Bu ağlar herhangi bir dinamiklik özelliği taşımazlar ve katmanlar arasında hiçbir şekilde geri besleme yoktur (Tolon ve Tosunoğlu, 2008).

Geri beslemeli ağlar ise, ileri beslemeli ağların aksine dinamiklik özelliği taşırlar ve katmanlar arasında geri besleme ilişkileri içermektedirler. Bundan dolayı geri beslemeli ağlarda bir nöronun çıkışı, nöronun o andaki girdileri ve ağırlık değerleriyle belirlenmesinin yanında bazı nöronların bir önceki süredeki çıkış değerlerinden de etkilenmektedir (Tolon ve Tosunoğlu, 2008).

YSA'nın verilen girdilere göre çıktı üretebilmesinin yolu ağın öğrenbilmesidir. Bu öğrenme işleminin birden fazla yöntemi vardır. YSA öğrenme algoritmalarına göre danışmanlı, danışmansız ve takviyeli (destekleyici) öğrenme olarak üçe ayrılır (Fyfe, 2000).

Danışmanlı öğrenme sırasında sisteme giriş değerleri ve çıktı değerleri bir uzman tarafından verilir. Bunun yapılmasındaki amaç girdi ve çıktı verileri arasında bir ilişki kurmaktır. Ağ verilen girdiler için istenen çıkışları oluşturabilmek için kendi ağırlık değerlerini günceller. Ağın çıktıları ile beklenen çıktılar arasındaki hata hesaplanarak, elde edilen bu hata payına göre ağırlık değerleri yeniden düzenlenir.

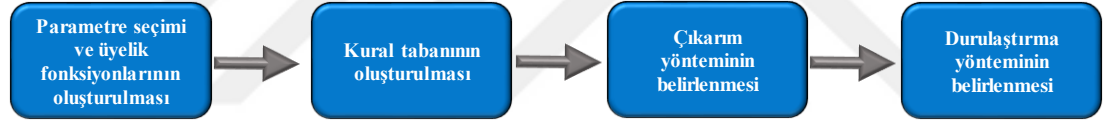
Danışmansız öğrenmede sisteme öğrenme sırasında sadece girdiler verilmektedir. Sistem girdiler içinde birbirine en çok benzeyenleri sınıflandırarak kendi kurallarını oluşturur.

Destekleyici öğrenmede sistem her iterasyon sonucunda elde ettiği sonucun iyi veya kötü olup olmadığına dair bir bilgi verilir. Ağ bu bilgilere göre kendini yeniden düzenler. Bu sayede ağ herhangi bir girdi dizisiyle hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işlemeye devam eder.

2.4. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk kez Zadeh (1965) tarafından, araştırmacının çalışmasında çok sayıda doğrusal olmayan denklemin işin içine girmesi ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya çıkmıştır. Kısaca bulanık mantık, belirsizlik içeren sözel ifadelerin matematiksel olarak ifade edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu yöntem problemi kesin ifadelerle ayırmak yerine, kümeleme ya da sınıflandırma tekniklerini kullanır.

Aristo mantığında ve klasik küme kavramında bir kümede bulunan öğelerin üyelik dereceleri ya 0'a ya da 1'e eşittir. Bunun arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Örneğin havanın sıcaklığı ile ilgili bir değerlendirme yapılması istenildiğinde ya "sıcak" ya da "soğuk" şeklinde sınıflandırma yapılabilir. Oysa bulanık mantıkta, küme öğelerinin üyelik derecelerinin [0-1] arasında değişebileceği öne sürülmektedir. Bulanık kümede öğeler yalnızca "Sıcak-soğuk" gibi kesin ifadelerle değil "az sıcak", "ılık", "çok soğuk" gibi ifadelerle de sınıflandırılır (Şen, 2009). Bulanık modelleme genel olarak 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.6).

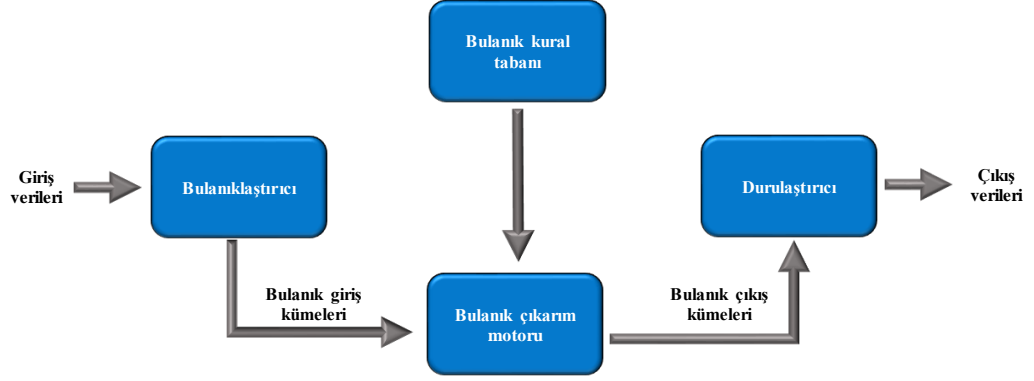


Şekil 2.6. Bulanık mantık modelleme aşamaları

Bulanık modellemenin ilk aşaması, problemin tanımlanması ve buna göre uygun parametrelerin seçilerek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesidir. Daha sonra ilgili parametreler ve oluşturulan bulanık alt kümelere göre problemin çözümünü içeren kural tabanı oluşturulur. Üçüncü aşamada ise çıkarım yöntemi seçilir. Son aşamada ise, bulanık olan değerlerin tekrar durulaştırılması sağlanır (Cantürk, 2018).

Şekil 2.7'de bulanıklaştırma-durulaştırma birimli bulanık sistemin yapısı görülmektedir. İlk olarak giriş verileri uygun üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanıklaştırılarak kural işleme birimine gönderilir. Daha sonra, seçilen çıkarım yöntemine göre ve kural tabanından faydalanarak çıkarım yapılır. Kural işleme birimine gelen bilgiler kural işleme biriminde depolanmış bir şekilde bulunan bilgi tabanına dayalı "if ... and ... then ... else" (eğer ...ise. ... olsun) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Son adımda ise; problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırma işlemine sokulur.

Durulaştırma bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değışikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçek sayılara dnüşürölme işlemleri yapılır.



Şekil 2.7. Bulanık sistem yapısı

3. KAYNAK ÖZETLERİ

Araştırma konusu ile ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalar; HAD yönteminin kümeslerde kullanımı ile ilgili olan çalışmalar, jeostatistiksel yöntemlerin kümes içi çevre koşullarının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar ve yapay zekâ yöntemlerinin kümeslerde kullanımı ile ilgili olan çalışmalar olmak üzere üç grupta incelenmiştir.

3.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin Kümeslerde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar

HAD, yaklaşık yarım yüzyıl önce deneme-yanılma, doğrulama ve değerlendirme gibi yoğun çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır. HAD yöntemi binalarda ilk olarak 1970'lerde Nielsen (1974) tarafından hava akışı ve ısı transferini araştırmak amacıyla kullanılmıştır. Kümeslerde ise Van Ouwerkerk vd (1994) bu alanda ilk olan çalışmayı gerçekleştirmiştir.

Mistriotis vd (1997) iki boyutlu bir HAD modeliyle etlik piliç yetiştirilen bir kümeste doğal havalandırmanın etkinliğini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmada, düşük rüzgar hızlarıyla birlikte yüksek güneş radyasyonu olan günlerde yeterli havalandırma olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda geleneksel teknikler yerine bir güneş bacası kullanılarak, iç ortam sıcaklığının ve hava akım hızının hayvanların konfor bölgesi içerisinde tutulabileceğini ifade etmişlerdir.

Blanes-Vidal vd (2008) mekanik olarak havalandırılan ticari bir kümesteki hava akışlarını simüle etmişler ve sayısal sonuçları doğrudan ölçüm sonuçlarına göre doğrulamışlardır. Ölçümler kümes içindeki farklı 27 noktadan bilgisayarlı bir ölçüm sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 27 noktanın 19'unda hava akım hızlarının mutlak hata değeri 0.30 m s^{-1} 'den daha düşük çıkmıştır.

Mostafa vd (2012) çalışmalarında, kış mevsimi için en uygun havalandırma tasarımı oluşturmak amacıyla farklı modeller geliştirmiştir. Simülasyon sonuçları en etkili modelin hava giriş kanalının bina tarafına çıkış kanalının ise karşı tarafına monte edildiği model olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar seçilen modelin kış mevsiminde düzgün ve dengeli bir hava sıcaklığı dağılımı sağlayabileceğini ve iç ortam amonyak konsantrasyonunu azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Bustamante vd (2013) çapraz mekanik havalandırma sistemini olan bir kümeste havalandırma etkinliğini incelemek için HAD yöntemini kullanmışlardır. Yöntemin doğrulamak amacıyla kümes içinde farklı bölgelere sensörler yerleştirmişlerdir. Model

sonuçlarının her iki yönteminde benzer sonuçlar verdiğini ve çapraz mekanik havalandırma sisteminin çoğu yaygın hava koşulları için yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Bustamante vd (2015) yürüttükleri başka bir çalışmada, kümes içi hava akım hızı dağılımını belirlemek amacıyla sayısal (HAD) ve doğrudan ölçüm (çoklu sensör sistemleri) yöntemleri kullanmışlardır. Her iki yöntemin de benzer sonuçlar verdiğini (sayısal için $1.59 \pm 0.68 \text{ m s}^{-1}$, doğrudan ölçüm için $1.55 \pm 0.66 \text{ m s}^{-1}$) belirlemişlerdir. Elde ettikleri model sonuçlarından, kümes içindeki çoğu kısımlarda yeterli hava akımının sağlandığını, ancak kümesin ilk kısımlarında yeterli hava akımının sağlanamadığını ve durgun alanlar oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Rojano vd (2016) yaptıkları çalışmada, doğal havalandırma yapılan bir kümeste rüzgar yönünü göz önünde bulundurarak kümes içindeki sıcak ve nem dağılımlarını incelemek amacıyla HAD yöntemini kullanmışlardır.

Curi vd (2017a) kümeste en iyi hava akışını sağlamak için farklı sayıda çalışan fan durumuna göre modeller oluşturmuşlardır. Sonuçta ön duvarda 5 fanın çalışması durumunda hava akışında homojenlik sağlandığını ve literatürdeki değerler ile uyumluluk gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Bustamante vd (2017) mekanik havalandırmalı bir kümeste hava akış dağılımını sayısal olarak analiz etmişlerdir. Sayısal yöntemi doğrulanmasında çoklu sensör sistemlerini kullanmışlardır. Elde ettikleri sayısal sonuçlar, doğrudan ölçüm verilerinden elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Ayrıca fanın önüne yerleştirdikleri dağıtıcının hayvanlara direk temas eden yüksek hızları önlediğini ve hayvan seviyesindeki ortalama hava akım hızı değerlerini değiştirmede belirlemişlerdir. Bu nedenle fanın önünde dağıtıcı kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Setiadi vd (2018) Endonezya'da yürüttükleri çalışmada, kümes içi sıcaklık dağılımlarını sayısal olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar en düşük sıcaklıkların soğutma peteklerinin yakınlarında olduğunu ve fan bölgesine doğru gidildikçe sıcaklıkların arttığını belirtmişlerdir.

Pourvosoghi vd (2018) yaptıkları çalışmada statik basıncın ve çalışan fan sayısının kümes içindeki sıcaklık ve hava akım hızına olan etkilerini incelemek amacıyla HAD yöntemini kullanmışlardır. Bu amaçla simülasyonda üç farklı statik basınç (20, 30 ve 40 Pa) ve iki farklı fan çalışma durumunu (5 ve 7 adet fan aktif) değişken parametreler olarak ele almışlardır. Sonuçta sıcaklığın kümes boyunca ve hava giriş açıklığından fanlara doğru arttığını belirlemişlerdir.

Fidaros vd (2018) Yunanistan'da yürüttükleri çalışmada, kümes havalandırmasını HAD teknikleri kullanarak simüle etmişlerdir. Geliştirilen HAD modelinin doğrulanması için kümes içinde 16 farklı noktadan sıcaklık ve 6 farklı noktadan hava akım hızı değerleri alınmıştır. Ayrıca farklı sayıda fan çalışma durumuna göre kümes içi sıcaklık ve hava akım hızı değerlerini incelemişlerdir. Simülasyon sonuçlarına göre, tek fan çalışması durumunda kümes içi sıcaklığında istenilen seviyede düşüş olmadığını ve hava akım hızı değerlerinin 1 m/s altında olduğunu belirlemişlerdir. İki fan çalıştığında, kümes içi sıcaklık dağılımının oldukça iyi olduğunu ve hava akım hızının değerlerinin yine 1 m/s altında olduğunu ifade etmişlerdir. Üç fanın çalıştığı durumda, kümes içi sıcaklığında istenilen seviyelere geldiğini, fakat hava akım hızı değerlerinin 1 m/s limitini aştığını, dört fan çalışmasının artık sıcaklıkta herhangi bir azalma meydana getirmediğini tespit etmişlerdir.

Tong vd (2019b) kafes tavukçuluğu yapılan ticari bir kümeste hava akım hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem ve sıcaklık stresi indekslerini incelemek için farklı modeller geliştirmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri bu modelleri farklı mevsimlerde elde ettikleri verileri kullanarak doğrulamışlardır. HAD sonuçlarına göre sonbahar, yaz ve kış dönemlerinde sırasıyla kafeslerin %78.0, %69.1 ve %18.4'ünde sıcaklık stresi görülmüştür. Ayrıca kış döneminde kafeslerin %18.3'ünde soğukluk stresinin oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Küçüktopcu ve Cemek (2019a) kümes içi sıcaklık ve hava akım hızı değerlerini incelemek amacıyla üç farklı $k-\varepsilon$ türbülans (*Standart $k-\varepsilon$, RNG $k-\varepsilon$ ve Realizable $k-\varepsilon$*) modelini kullanmışlardır. Her bir türbülans modelinin doğruluğu belirleme katsayısı (r^2) ve Taylor diyagramı yardımıyla belirlenmiştir. Elde ettikleri sonuçlardan RNG $k-\varepsilon$ türbülans modelinin kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde en iyi sonuçları verdiğini, *Realizable $k-\varepsilon$* türbülans modelinin ise tahmin yeteneğinin düşük kaldığını ifade etmişlerdir.

Küçüktopcu ve Cemek (2019b) yaptıkları bir diğer çalışmada kümes içi sıcaklık, bağıl nem ve hava akım hızı değerlerini HAD yöntemini kullanarak analiz etmişler ve ölçümlerden elde ettikleri verilerle karşılaştırmışlardır. Kümes içinde ölçülen değerlerinin, HAD kullanılarak simülasyondan elde edilen değerler ile uyum gösterdiği belirlemişlerdir. Ayrıca elde ettikleri simülasyonlardan havanın çoğunlukla kümesin fana yakın kısımlarındaki giriş açıklıklarından kümes içerisine girdiğini ve uniform olmayan hava akışı meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Fana yakın

kısımlardaki hava giriş açıklıklarının kapatılarak uygun statik basıncın sağlanmasıyla istenilen hava akımı sağlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Kümes içinde uygun çevre koşullarının sağlanmasında hava akışının dağılımını incelemek oldukça önemlidir. Hava akışının dağılımının incelenmesinde hava giriş menfezlerin idaresi önemli rol oynamaktadır. Kümes içinde en iyi hava akımı ve havanın karışımını sağlamak için havanın hayvan düzeyine inmeden önce yüksek hızda tavan boyunca bir miktar yol alması gerekmektedir. Kwon vd (2015) yaptıkları çalışmada dış ortamdan kümes içine giren havanın hayvan düzeyine inmeden önce alması gereken mesafeyi sayısal olarak modellemiştir. Sayısal modelin doğrulanmasında Zhang ve Strøm (1999) tarafından elde edilmiş olan verileri kullanmışlardır. Ölçülen ve sayısal verilerin %90 oranında benzerlik gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Du vd (2019a) çalışmalarında, kümes içi çevre koşullarını farklı hava giriş konfigürasyonları kullanarak modellemiştir. Sayısal analizlerini doğrulamak amacıyla kümes içindeki 30 farklı noktadan sıcaklık, bağıl nem ve hava akım hızı değerlerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre orijinal yan duvar hava girişi konfigürasyonunun kümesin ön kısımlarında türbülanslı akıma yol açtığı ve bununda önemli oranda ısı kaybına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yerine yan duvarda bulunan hava girişlerinin kısmen veya tamamen ön duvara taşınması durumunda kümes içi hava hareketliliğinde homojenlik sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca kümesin başı ve sonu arasındaki sıcaklık farklılıklarını azaltmak için, hava girişlerini kümesin ortasına yerleştirmenin etkilerini araştırmak içinde çalışmalar yapmışlardır. HAD simülasyon sonuçlarına göre, yan duvarın ortasına monte edilen uygun hava giriş alanının, havalandırma oranını arttırmadan ve ekstra enerji kullanmadan kümesin sonunda beklenen yüksek sıcaklığı önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir.

Kümes içi hava kalitesinin kötü olması hayvanların verim performanslarını ve çalışanların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Worley ve Manbeck (1995) kümes içinde oldukça türbülanslı bir akış rejiminde kirletici partiküllerin dağılımını incelemek için HAD yöntemini kullanmışlardır.

Saraz vd (2017) yaptıkları çalışmada kümes içi sıcaklık ve amonyak dağılımını incelemek için HAD yöntemini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların doğrudan ölçüm yöntemi ile çok iyi uyumluluk gösterdiğini belirlemişlerdir.

Tong vd (2019a) yaptıkları çalışmada üç boyutlu model geliştirerek, kümes içi hava akışının, termal çevre koşullarının ve amonyak konsantrasyonunun hem mevsimsel değişimlerini hem de mekânsal dağılımlarını incelemiştir. Araştırmacılar hayvan seviyesindeki en yüksek amonyak değerlerinin kış döneminde olduğunu bildirmişlerdir (7.13 ± 2.02 ppm). Ayrıca simülasyon sonuçlarına göre yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde sırasıyla kafeslerin %100, %87.7 ve %62.9'unda sıcaklık stresinin görüldüğünü belirlemiştir.

Du vd (2019b) çalışmalarında HAD modelini kullanarak kümes içinde hava akışının bioaerosollerin dağılımları üzerine etkisini araştırmışlar ve tahmin edilen sonuçları ölçülen değerlerle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar kümesin fana yakın olan son kısımlarında daha yüksek konsantrasyonlarda bioaerosollerin tespit edildiğini ve havalandırma girişlerinden kaynaklanan güçlü türbülanslı akışın bioaerosollerin dağılımını arttırdığını belirtmişlerdir.

3.2. Jeostatistiksel Yöntemlerin Kümeslerde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar

Miles vd (2008) kümes içi amonyak (NH_3) ve azot oksit (N_2O) salınımlarının ve altlıkta bulunan azot (N) bileşiklerinin dağılımlarını kriging yöntemini kullanarak incelemiştir. Araştırmacılar deneysel verileri elde etmek için kış mevsiminde kümesin 36 farklı noktasından ve yetiştirme döneminin 2., 22., ve 45. günlerinde ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda kekleşmiş (kesekleşmiş) altlıkların bulunduğu alanlarda daha düşük amonyak salınımının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kekleşmiş altlık neminin yemlik ile suluk arasında daha düşük olduğu, fana yakın alanlarda ise daha yüksek çıktığını ifade etmişlerdir.

Carvalho vd (2012) yaptıkları çalışmada jeostatistik kullanarak kümes içi hava kalitesi ve termal konfor açısından farklı minimum havalandırma sistemlerinin etkinliğini araştırmışlardır. Sonuçta 15 m'den daha fazla genişliğe sahip olan kümeslerde en yüksek amonyak ve nem konsantrasyonun meydana geldiğini belirlemiştir.

Wang vd (2014b) kümes içi havalandırmanın amonyak, karbondioksit ve toz partiküllerinin dağılımlarına olan etkisini jeostatistiksel olarak incelemiştir. Bu amaçla 9 farklı havalandırma oranı dikkate almışlardır. Araştırmanın sonucunda beklendiği gibi havalandırma kümes içi zararlı gaz ve partiküllerin azalmasında çok önemli rol oynamıştır. Ancak amonyak ve karbondioksit gazlarının havalandırma oranının artmasıyla doğru orantılı olarak azalmamıştır. Araştırmacılar kümes içi çevre

ve zararlı gazlar arasındaki dengenin sadece havalandırma ile sağlanmasının çok zor olduğunu, ilaveten sıcaklık, nem, hava akım hızı, altlık yönetimi gibi faktörlerinde kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Cemek vd (2016) yaptıkları çalışmada altlık malzemesine uygulanan zeolitin amonyak konsantrasyonu üzerine etkisini incelemek amacıyla IDW ve RBF enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Zeolitin hayvanların performansına olumlu yönde etkisinin olduğunu ve en yüksek amonyak miktarlarının fana yakın alanlar ile kümesin orta kısımlarında görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Barbari vd (2019) Brazilya’da ticari bir kümeste yürüttükleri çalışmada altlık sıcaklığı, bağıl nem ve hayvan yüzey sıcaklığının kümes içindeki dağılımlarını *ordinary kriging* yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Hayvan yüzey sıcaklığının altlık sıcaklığı ile pozitif, bağıl nem ile negatif ilişkisi olduğunu ve incelenen bu parametrelerin mekânsal olarak düzgün dağılım göstermediğini belirtmişlerdir. Bunun ana nedeninin kümeste bulunan ısıtma sisteminden kaynaklandığını ve hayvanların refahını olumsuz yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

3.3. Yapay Zeka Yöntemlerinin Kümeslerde Kullanımı İle İlgili Çalışmalar

Mortensen vd (2016) yaptıkları çalışmada tamamen otomatik 3 boyutlu kameralı tartı sistemi geliştirmişlerdir. Araştırmacılar kameradan elde ettikleri görüntüleri yeni geliştirdikleri görüntü işleme algoritması kullanarak işlemişlerdir. Daha sonra *Bayesian regulation* eğitim algoritmasının kullanıldığı YSA ile tavukları ağırlıkları hesaplanmıştır. Mutlak hata değerlerinin 20-250 gr arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Amraei vd (2017) çalışmalarında tavukların canlı ağırlıklarını tahmin etmek için makine görüşü ve YSA tekniklerini kullanmışlardır. Bu amaçla hayvanların görüntüleri günde iki kez alınarak işlenmiştir. YSA eğitilmesinde dört farklı eğitim algoritması (*Bayesian regulation*, *Levenberg-Marquardt*, *Scaled conjugate gradient* ve *Gradient descent*) denenmiştir. Sonuçlardan *Bayesian regulation* eğitim algoritmasının hayvan ağırlığını tahmin eden en iyi model olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0.98$). Ayrıca makine görüşü tekniğinin doğruluğu incelenmiş ve tahmin hatasının 50 gr’dan daha az olduğu belirlenmiştir.

Rico-Contreras vd (2017) Meksika’da yürüttükleri çalışmada, kümesteki altlığın nemini belirlenmek için bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Araştırmacılar bulanık mantık yöntemi ile elde ettikleri değerlerin, kümeden alınan gerçek değerlerle

büyük oranda ($R^2=0.98$) uyumluluk gösterdiğini belirlemiştir. Ancak bu yöntemin kullanımının kişinin uzmanlığına dayandığı için tam anlamıyla objektif olmadığını da ifade etmişlerdir.

Yakubu vd (2018) yaptıkları çalışmada *Sasso* cinsi yumurta tavuklarında sıcaklık stresini tahmin etmek için YSA kullanarak model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde girdi olarak hayvan yaşı, rektal sıcaklık, hayvanın nabız sayısı ve solunum sayısı, çıktı olarak ise sıcaklık stres indeksi kullanılmıştır. Elde ettikleri model sonuçlarından hayvanın nabız ve solunum sayısının sıcaklık stres indeksini tahmin etmede en önemli iki parametre olduğunu ifade etmişlerdir. YSA modelinin sıcaklık stres indeksini yüksek oranda doğrulukla tahmin ettiğini belirlemiştir ($R^2=0.966$ ve $RMSE=0.04806$).



4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu bölümde araştırmanın yapıldığı bölgenin iklim özellikleri, kümesin yapısal özellikleri ve yetiştirilen etlik piliçler hakkında bilgiler verilmiştir.

4.1.1. Bölgenin İklim Özellikleri

Araştırma Samsun-Kavak'ta (41°7'Kuzey Enlemi- 36° 3' Doğu Boylamı) kurulu bir ticari broiler üretim işletmesinde yürütülmüştür (Şekil 4.1). Bölgede hakim rüzgar yönü sonbahar ve kış aylarında güney-güneybatı, ilkbahar ve yaz aylarında ise kuzey-kuzeybatı olmaktadır. İklimi deniz ikliminden karasal iklime geçiş şeklindedir.



Şekil 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü işletmenin konumu

Uzun yıllık iklimsel veriler incelendiğinde yıllık ortalama sıcaklığın 14.50 °C, ortalama en yüksek sıcaklığın (27.00 °C) Ağustos ayında ve ortalama en düşük sıcaklığın (3.80 °C) Şubat ayında olduğu görülmektedir. Bölgede en yüksek sıcaklık değeri (39.00 °C) Ağustos ayında, en düşük sıcaklık değeri (-9.80 °C) ise Şubat ayında meydana gelmiştir. Ortalama bağıl nem %72.00 olup en yüksek Nisan-Mayıs aylarında (%79.00), en düşük (%67.00) Aralık ayında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.1.)

Tablo 4.1. Uzun yıllık iklimsel veriler (MGM, 2020)

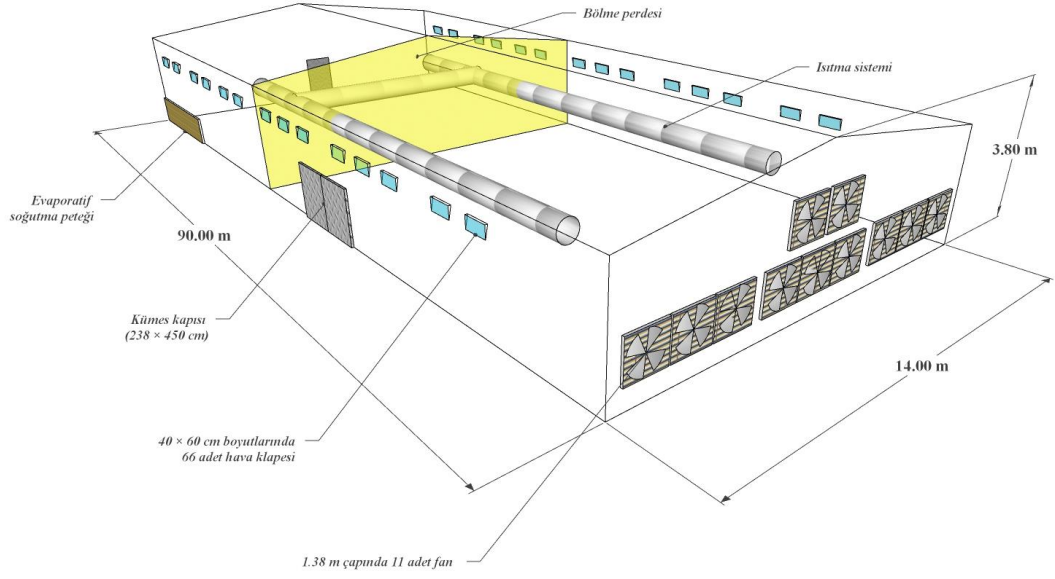
Aylar	Ortalama sıcaklık	Ortalama en yüksek sıcaklık	Ortalama en düşük sıcaklık	En yüksek sıcaklık	En düşük sıcaklık	Ortalama bağıl nem
Ocak	7.1	10.6	4.0	24.2	-8.1	68.0
Şubat	7.1	10.9	3.8	26.5	-9.8	70.0
Mart	8.0	12.0	4.6	33.6	-7.0	75.0
Nisan	11.2	15.2	7.8	37.0	-2.4	79.0
Mayıs	15.5	19.1	12.1	37.4	2.7	79.0
Haziran	20.2	23.6	16.1	37.4	7.8	73.0
Temmuz	23.1	26.4	19.0	37.5	13.4	70.0
Ağustos	23.5	27.0	19.6	39.0	12.4	72.0
Eylül	20.2	23.9	16.4	38.3	6.8	75.0
Ekim	16.4	20.3	12.9	38.4	1.5	76.0
Kasım	12.7	16.7	9.3	32.4	-2.8	70.0
Aralık	9.3	13.0	6.2	28.9	-5.0	67.0
Yıllık	14.5	18.2	11.0	39.0	-9.8	72.0

4.1.2. Kümesin Yapısal Özellikleri

Boyutları 14.00×90.00×3.80 m olan kümeste yemleme, sulama, ışıklandırma ve havalandırma otomatik olarak yapılmaktadır (Şekil 4.2). Kümes duvarları ve çatısında 5 mm kalınlığında sandviç panel kullanılmıştır. Zeminde ise grobeton üzerine sıkıştırılmış polistiren (XPS) kullanılarak ısı yalıtımı sağlanmıştır. Kümesin uzun eksenleri boyunca 40×60 cm boyunlarında 66 adet hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Kümeste kısa ekseninde debisi 41,100 m³ h⁻¹ olan 11 adet ve uzun eksenlerde 12,600 m³ h⁻¹ olan 5 adet emici fan (Termotecnica Pericoli, İtalya) bulunmaktadır. Kümesin ilk 15 m'sine fan ped sistemi kurulmuştur.

4.1.3. Canlı Materyal

Araştırmada ROSS 308 hatlı etlik civcivler kullanılmıştır (Şekil 4.3). Bu civcivler ülkemiz koşullarına iyi uyum sağlamış, yaşama gücü ve et veriminin yüksek olması nedeniyle ülkemizde ticari işletmeler tarafından tercih edilen bir ırktır. Araştırmanın yapıldığı kümeste tavukların kesimi 6. haftanın sonunda yapılmaktadır. Tavuklar bu haftanın sonunda yaklaşık 2600-2700 gr canlı ağırlığa ulaşmaktadırlar.



Şekil 4.2. Araştırmanın yürütüldüğü kümesin genel yapısı



Şekil 4.3. Araştırmada kullanılan ROSS 308 hatlı etlik civcivler

4.2. Yöntem

Çalışma esas olarak doğrudan ölçüm yöntemi, sayısal yöntem, jeostatistiksel yöntem ve yapay zekâ yöntemleri olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır.

4.2.1. Doğrudan Ölçüm Yöntemi

Araştırma 2 yıl boyunca toplam 8 dönemde yürütülmüştür. Yetiştirme dönemlerindeki hayvan sayısı, yetiştirme periyodu ve mevsimi Tablo 4.2’de verilmiştir. Ölçümler ve örnekler her dönemin başında (6-8. gün), ortasında (20-22. gün) ve sonunda (40-42.gün) olacak şekilde alınmıştır.

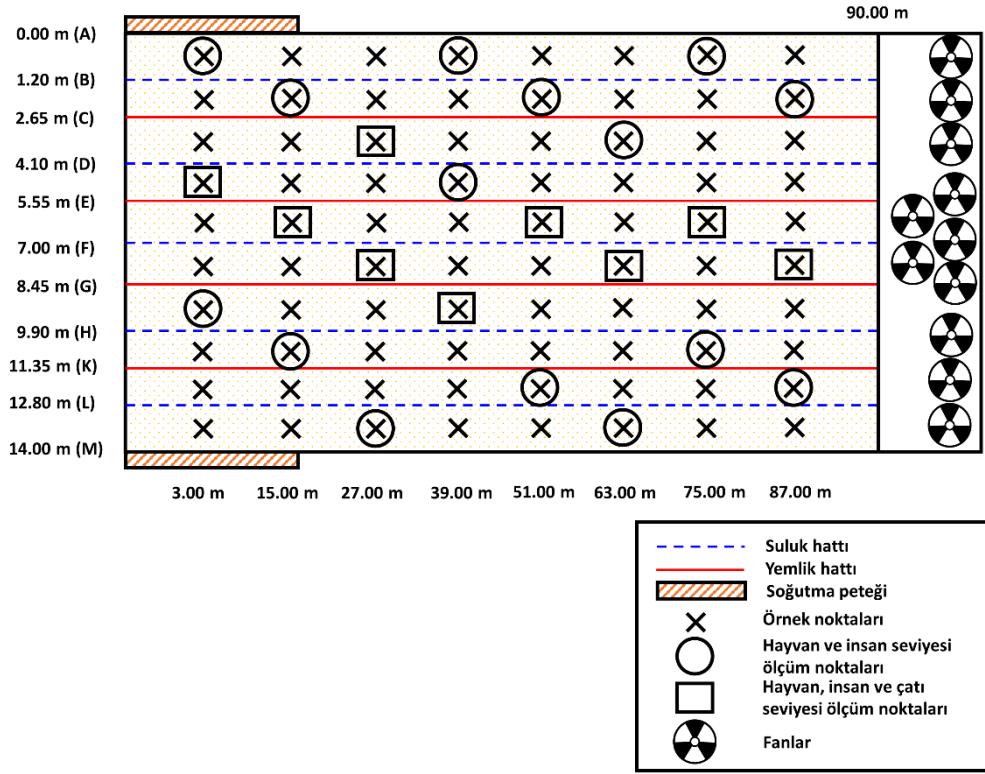
Tablo 4.2. Ölçüm yapılan dönemler ve tarihleri

Dönemler	Tarihler	Mevsimler	Hayvan sayısı (adet)
D1	03.02.2018-16.03.2018	Kış-Geçiş	20,035
D2	09.04.2018-20.05.2018	Geçiş	19,840
D3	12.06.2018-22.07.2018	Yaz	24,000
D4	09.11.2018-19.12.2018	Geçiş-Kış	19,440
D5	09.01.2019-18.02.2019	Kış	17,760
D6	14.03.2019-24.04.2019	Geçiş	18,000
D7	16.07.2019-26.08.2019	Yaz	18,240
D8	11.09.2019-23.10.2019	Geçiş	18,384

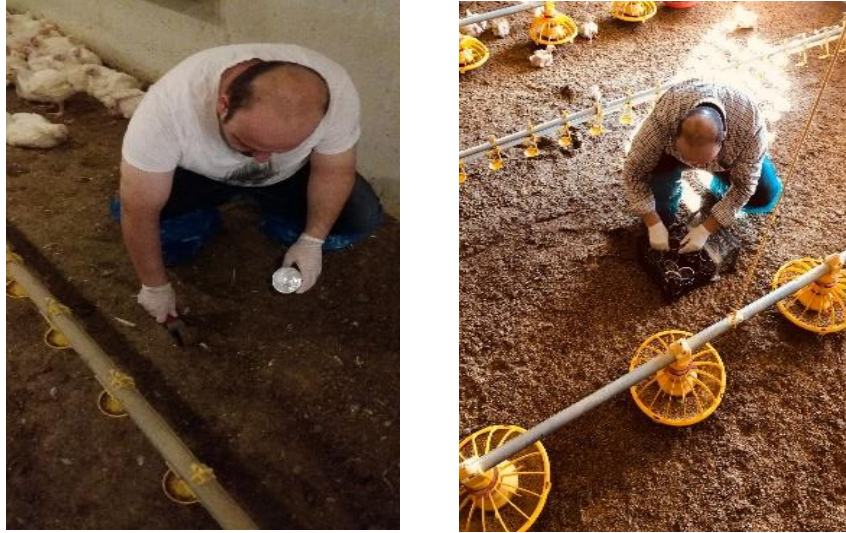
Kümes altlığının nem, pH ve sıcaklık değerlerinin belirlenmesi amacıyla yemlik ve suluk hatları arasında kalan alanlardan 12 m aralıklarla örnek noktaları belirlenmiştir (Şekil 4.4). Örnekler 3’er tekerrürlü olacak şekilde belirlenen noktalardan alınmıştır (Şekil 4.5).

Örneklerin nem içeriğinin belirlenmesinde gravimetrik yöntem (Eşitlik 4.1) kullanılmıştır (Dunlop, 2017). Örneklerin pH değerleri 1/10 oranında saf su ile sulandırılıp dijital pH metre (PH20S, PCE Instruments, Florida, ABD) kullanılarak belirlenmiştir (Dunlop, 2017). Örneklerin yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra, kuru ağırlığını belirlemek için Etüv de (M420P, Elektromag, İstanbul, Türkiye) 65 °C 48 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Yaş ve kuru örnekler alüminyum kaplar içerisinde dijital hassas terazide (MT, Knmaster, İstanbul, Türkiye) tartılmıştır.

$$\text{Atlık nem içeriği (\%)} = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Yaş ağırlık}} \times 100 \quad (4.1)$$



Şekil 4.4. Ölçüm yapılan ve altlık örneklerinin alındığı noktaların yerleşimi



Şekil 4.5. Altlık örneklerinin alınması

Belirlenen örnek noktalarındaki altlığın yüzey sıcaklık değeri ise termal kamera (Testo 875-2i, Testo AG, Lenzkirch, Almanya) ile ölçülmüştür (Miles vd, 2008) (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Termal kamera ölçümleri

Kümes içi çevre koşullarını değerlendirmek için ölçümler 48 farklı noktada olacak hayvan seviyesinden ve insan seviyesinden alınmıştır. Çatı seviyesindeki ölçümler ise 9 farklı noktada yapılmıştır. Merkezi limit adı verilen teoreme göre örneklem büyüklüğü (n) artış gösterdikçe dağılım her ne şekilde olursa olsun standart normal dağılıma yaklaşacaktır. Yapılan çalışmalarda örnek sayısının 30 ($n \geq 30$) dolayında olması örnek dağılımının normalligi için yeterli sayılmaktadır (Armutlulu, 2008; Çil, 2008). Bu yüzden ölçüm alınacak nokta sayısı 57 olarak belirlenmiştir.

Sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri veri kaydedici (HT71N, PCE Instruments, Florida, ABD) kullanılarak 57 ölçüm noktasından otomatik olarak alınmıştır. Ayrıca dış ortam sıcaklık ve bağıl nemini belirlemek amacıyla dört adet veri kaydedici ise kümesin dışında dört köşesine yerleştirilmiştir.

Hava akım hızı ölçümlerinde kümes içi hava akımı için çok düşük hava hızlarını ölçebilen, LCD ekranlı, veri kaydeden teleskobik problu kızgın tel anemometre (PCE-423, PCE Instruments, Florida, ABD) kullanılmıştır. Fan hızının ölçümlerinde fandan 50 cm uzaklığındaki 9 ayrı noktada ölçümler yapılarak ortalaması alınmıştır (Wheeler ve Bottcher, 1995). Menfezlerdeki (hava giriş açıklığı) hava akım hızı ölçümleri ise ASHRAE (2013) standartlarına göre yapılmıştır.

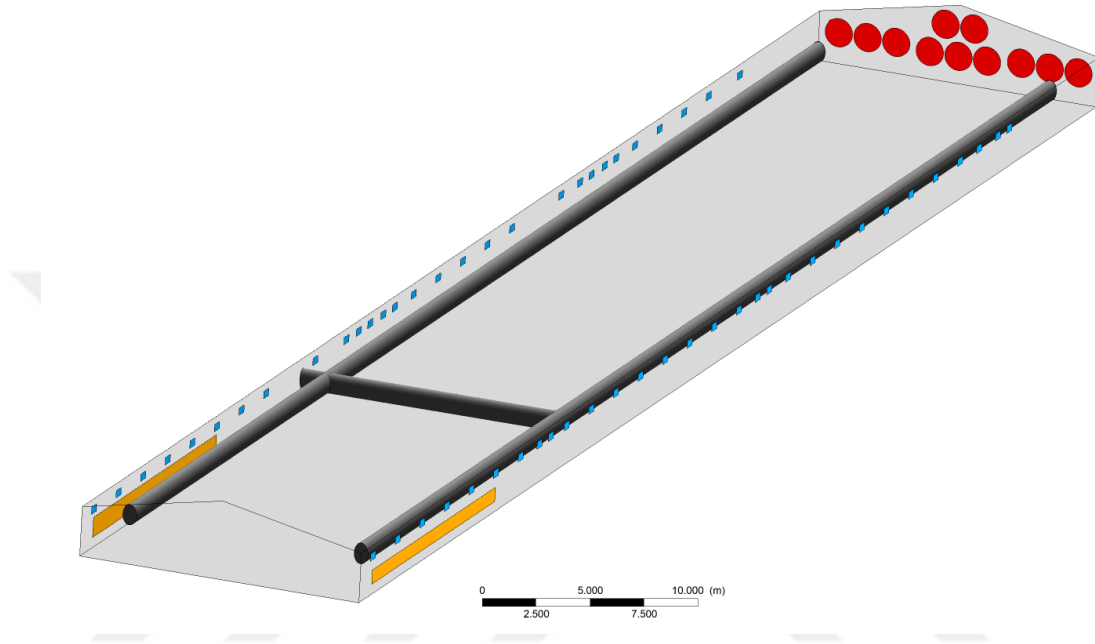
Amonyak ölçümleri için amonyak gaz ölçüm dedektörü (AR8500, Smart Sensor, Shaanxi, Çin) kullanılmıştır. Amonyak ve hava akım hızı ölçümlerinde insan hatasını en aza indirmek için her bir noktada 10'ar saniye aralıklarla 3 ölçüm yapılmıştır. Elde edilen 3 ölçümün ortalaması o noktanın değeri olarak alınmıştır (Awbi, 2003). Ayrıca örnek noktalarının bulunduğu konumlarda termo-higrometre (Testo 605i, Testo AG, Lenzkirch, Almanya) kullanılarak ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri kaydedilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Ölçümlere ait genel resimler

4.2.2. Sayısal Yöntem

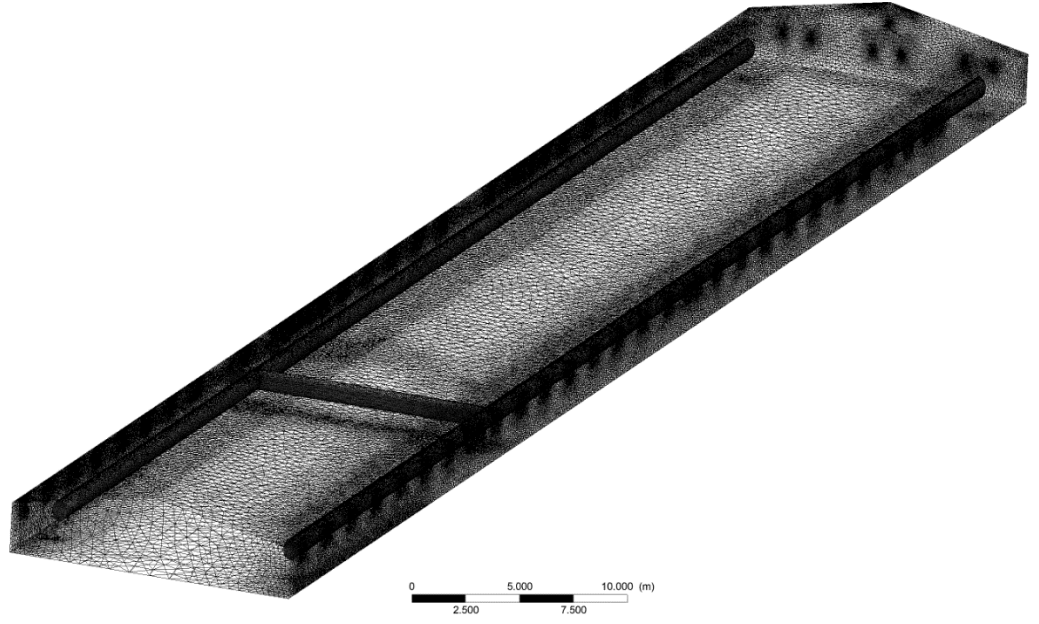
Sayısal analizi yapılacak olan kümesin 3-boyutlu gerçek ölçülerde oluşturulmuş modeli Cad (Autocad 2016, Autodesk, San Rafael, CA, ABD) programında hazırlanmıştır ve Fluent (Ansys 13, Fluent Inc., Lebanon, PA, ABD) programına aktarılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kümesin geometrisi

Fanlar dairesel alanlı, hava girişleri ve ped girişleri ise dikdörtgen alanlı yüzeyler olarak modellenmiştir. Su ve yemleme hatlarının boyutları binanın boyutlarına göre çok küçük olduğundan, bu ekipmanların iç ortam çevre koşulları üzerindeki etkileri göz ardı edilmiştir.

Modelin sonlu elaman ağı Ansys-Meshing programında oluşturulmuştur. Ağ oluşturma sırasında geometri sonlu sayıda tetrahedron parçalara bölünerek çözüm elde edilmiştir (Şekil 4.9). Modelin analizi RNG k- ϵ türbülans modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Küçüktopcu ve Cemek, 2019a). Sınır şartları olarak hava akımının kümes içine girdiği yüzeyler (menfezler ve ped açıklıkları) hız girişi (*velocity inlet*), çıkış yüzeyleri (fanlar) basınç çıkışı (*pressure outlet*), çatı, duvarlar ve zemin ise duvar (*wall*) olarak atanmıştır.



Şekil 4.9. Oluşturulan ağ yapısı

Hayvanların ortama yaydıkları duyulur ısı (*SHP*) konveksiyon ve radyasyon yoluyla oluşan ısı kayıplarının toplamı olarak hesaplanmıştır (Aerts ve Berckmans, 2004; Hong, 2015; McArthur, 1987; Tong vd, 2019b). Konveksiyon yoluyla duyulur ısı eşitlik (4.2) kullanılarak hesaplanmıştır (McArthur, 1987).

$$C = \frac{\rho c_p}{r_a} (T_c - T_a) \quad (4.2)$$

Eşitlikte C : konvektif ısı kaybını (W m^{-2}), ρc_p : havanın hacimsel özgül ısısını ($\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$), r_a : sınır tabakasının ısıl direncini (s m^{-1}), T_c : hayvanların tüylerinin dış yüzeyindeki ortalama sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ve T_a : ortam sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ifade etmektedir. Hayvanların tüylerinin yüzey sıcaklığının (T_c) belirlenmesinde eşitlik (4.3) kullanılmıştır (Aerts ve Berckmans, 2004).

$$T_c = T_a + 0.70(41 - T_a) \quad (4.3)$$

Sınır tabakasının ısıl direnci (r_a) eşitlik (4.4) kullanılarak belirlenmiştir (McArthur, 1987).

$$r_a = \frac{\rho c_p d_t}{k_a Nu} \quad (4.4)$$

Eşitlikte d_t : hayvanların karakteristik boyutunu (m), k_a : havanın ısı iletkenliği ($W m^{-1} K^{-1}$) ve Nu : Nusset sayısını ifade etmektedir. Hayvanların karakteristik boyutu (d_t) eşitlik (4.5) yardımıyla hesaplanmıştır (Mitchell, 1930).

$$d_t = 0.131W^{0.33} \quad (4.5)$$

Nusset sayısı (Nu)'nın hesaplanmasında eşitlik (4.6) kullanılmıştır (Wathes ve Clark, 1981).

$$Nu = 2 + 0.79Re^{0.48} \quad (4.6)$$

Eşitlikte Re : Reynold sayısını ifade etmektedir ve eşitlik (4.7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Re = \frac{vd_t}{\mu} \quad (4.7)$$

Eşitlikte v : hava akım hızı ($m s^{-1}$) ve μ : dinamik viskoziteyi ($kg m^{-1} s^{-1}$) ifade etmektedir.

Radyasyon yoluyla duyulur ısı eşitlik (4.8) kullanılarak hesaplanmıştır (McArthur, 1987).

$$L_n = \frac{rc_p}{r_R}(T_c - T_R) \quad (4.8)$$

Eşitlikte L_n : radyant ısı kaybını ($W m^{-2}$), r_R : sınır tabakasının ışı nım direncini ($s m^{-1}$) ve T_R : ortamın radyant sıcaklığı ($^{\circ}C$) ifade etmektedir. T_R değ erinin T_c ve T_a değ erlerinin ortalaması olduğu varsayılmıştır (Tong vd, 2019b). Sınır tabakasının ışı nım direncinin (r_R) hesaplanmasında eşitlik (4.9) kullanılmıştır.

$$r_R = \frac{rc_p}{4\sigma(T_{cR})^3} \quad (4.9)$$

Eşitlikte σ : Stefan-Boltzmann sabiti ($5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-2}$) ve T_{cR} : T_c ve T_R değ erlerinin ortalaması (K).

Toplam duyulur ısı (SHP) eşitlik (4.10) kullanılarak hesaplanmıştır (Aerts ve Berckmans, 2004).

$$SHP = A_C(C + L_n) \quad (4.10)$$

Eşitlikte SHP : hayvan başına üretilen duyulur ısı (W tavuk $^{-1}$) ve A_C : hayvan tüylerinin yüzey alanı (m^2) W : canlı ağı rlık (gr) kullanılarak hesaplanmıştır (Walsberg, 1978).

$$A_C = 0.081W^{0.667} \quad (4.11)$$

Hayvanlar tarafından üretilen gizli ısı (*LHP*) ve nem miktarı (*MP*) sırasıyla eşitlik (4.12) ve eşitlik (4.13) kullanılarak hesaplanmıştır (Chepete vd, 2004; Xin vd, 2001).

$$LHP = 5.73W^2 - 12.34W + 8.88 \quad (4.12)$$

$$MP = LHP/2450000 \quad (4.13)$$

Eşitliklerde *LHP*: hayvan başına üretilen toplam gizli ısıyı (*W* tavuk⁻¹) ve *MP*: üretilen nem miktarını (kg s⁻¹) ifade etmektedir. ifade etmektedir.

Amonyak salınım miktarı (*ER*) eşitlik (4.14) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ER = Q \times W \times ([NH_3]_f - [NH_3]_i) \times 10^{-6} \times \frac{w_m}{V_m} \times \frac{T_{std}}{T_m} \times \frac{P_a}{P_{std}} \quad (4.14)$$

Eşitlikte *ER*: hayvan başına üretilen amonyak miktarı (g h⁻¹ tavuk⁻¹), *Q*: havalandırma debisi (m³ h⁻¹), *[NH₃]_f*: hava çıkışlarındaki amonyak miktarı (ppm), *[NH₃]_i*: hava girişlerindeki amonyak miktarı (ppm), *w_m*: NH₃'ün molar ağırlığı (17.031 g mol⁻¹), *V_m*: NH₃'ün molar hacmi (0.022414 m³ mol⁻¹), *T_{std}*: standart sıcaklık (273.15 K), *T_m*: mutlak sıcaklık (°C+273.15 K), *P_{std}*: standart barometrik basınç (101.325 kPa), *P_a*: atmosferik barometrik basınç (kPa).

Gerçekte, kümes hayvanlarının ürettiği toplam ısı ve bu ısının gizli-duyulur ısı olan kısmı, çevre koşullarına bağlı olarak değişecektir. Ancak, çözümü basitleştirmek için toplam ısı üretimi belirlenirken hayvanların zeminden üniform olarak ısı yaydığı kabul edilmiştir. Ayrıca hava girişlerinde de hava akışının üniform olduğu kabul edilmiştir. Kümes içindeki hava gaz karışımının, sıkıştırılmaz ideal gaz özelliklerine sahip hava, su buharı ve amonyak gazından oluştuğu ve amonyak gazının sabit bir oranda zeminden üniform olarak yayıldığı varsayılmıştır.

Sayısal yöntemin doğrulanmasında, HAD yöntemi ile elde edilen sonuçlar kümeste ölçülen verilerle karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla çalışmada, kesirli sapma (*FB*), geometrik ortalama sapma (*MG*), geometrik ortalama varyans (*VG*), faktör2 (*FAC2*) ve uyum indeksi (*IOA*) aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$FB = 2 \frac{\bar{X}_{ölç} - \bar{X}_{tah}}{\bar{X}_{ölç} + \bar{X}_{tah}} \quad (4.15)$$

$$MG = \exp \left[\ln \left(\frac{\bar{X}_{ölç}}{\bar{X}_{tah}} \right) \right] \quad (4.16)$$

$$VG = \exp \left[\ln \left(\frac{X_{ölç}}{X_{tah}} \right)^2 \right] \quad (4.17)$$

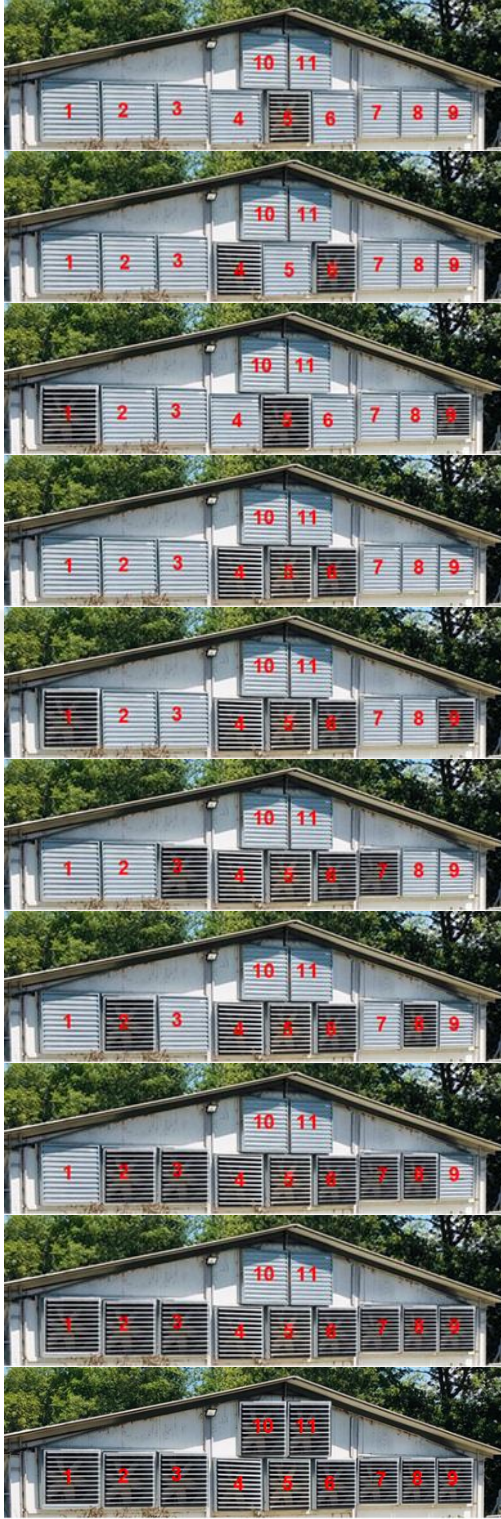
$$FAC2 = \frac{X_{tah}}{X_{ölç}} \quad (4.18)$$

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ölç} - X_{tah})^2}{\sum_{i=1}^n (|X_{ölç} - \bar{X}_{ölç}| + |X_{tah} - \bar{X}_{ölç}|)^2} \quad (4.19)$$

Eşitliklerde $X_{ölç}$: Ölçülen değişkenin değerini, X_{tah} : Tahmin edilen değişkenin değerini, $\bar{X}_{ölç}$: Ölçülen değişkenin ortalama değerini, \bar{X}_{tah} : Tahmin edilen değişkenin ortalama değerini ifade etmektedir.

Modelde FB değerinin 0'a yakın, MG , VG , $FAC2$ ve IOA değerlerinin ise 1'e yakın olması istenir. Modelin geçerli olabilmesi için; $|FB| < 0.3$, $0.7 < MG < 1.3$, $VG < 4.0$, $0.5 < FAC2 < 2.0$ ve $IOA > 0.5$ şartlarını sağlaması gerekmektedir (Chang ve Hanna, 2004; Hanna ve Chang, 2011; Yeo vd, 2019).

Ayrıca yapay zekâ uygulamalarına veri seti hazırlamak için doğrudan ölçümlere ilaveten kümeslerde farklı senaryoların simülasyonları yapılmıştır. Kümes içi çevre koşullarının sayısal olarak değerlendirilmesinde kullanılan fanların konumları Şekil 4.10'de verilmiştir.



(Tek fan çalışması durumunda
5 numaralı fan aktif)

(İki fan çalışması durumunda
4 ve 6 numaralı fanlar aktif)

(Üç fan çalışması durumunda
1, 5 ve 9 numaralı fanlar aktif)

(Üç fan çalışması durumunda
4,5 ve 6 numaralı fanlar aktif)

(Beş fan çalışması durumunda
1,4,5,6 ve 9 numaralı fanlar aktif)

(Beş fan çalışması durumunda
3,4,5,6 ve 7 numaralı fanlar aktif)

(Beş fan çalışması durumunda
2,4,5,6 ve 8 numaralı fanlar aktif)

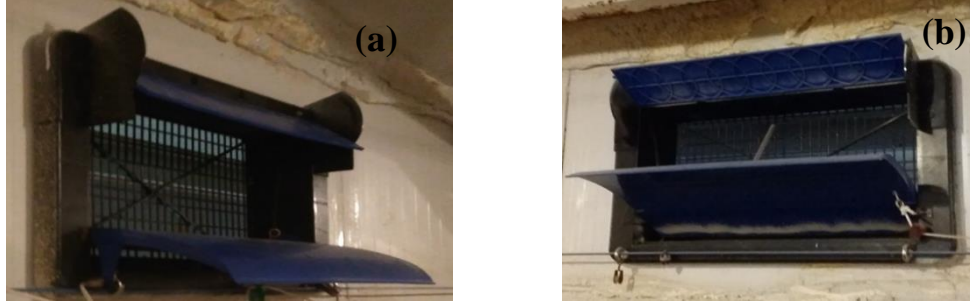
(Yedi fan çalışması durumunda 2,3,4,5,6,7 ve 8
numaralı fanlar aktif)

(Dokuz fan çalışması durumunda 1,2,3,4,5,6,7,8
ve 9 numaralı fanlar aktif)

(Onbir fan çalışması durumunda
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ve 11 numaralı fanlar aktif)

Şekil 4.10. Simulasyonda kullanılan fanların konumları

Kümes içi çevre koşullarının sayısal olarak değerlendirilmesinde hava giriş açıklıkları büyük öneme sahiptir. Hava giriş açıklıkları çalışan fan sayısına bağlı olarak belirli derecelerde açılmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Hava giriş açıklık dereceleri (a) %100 ve (b) %80

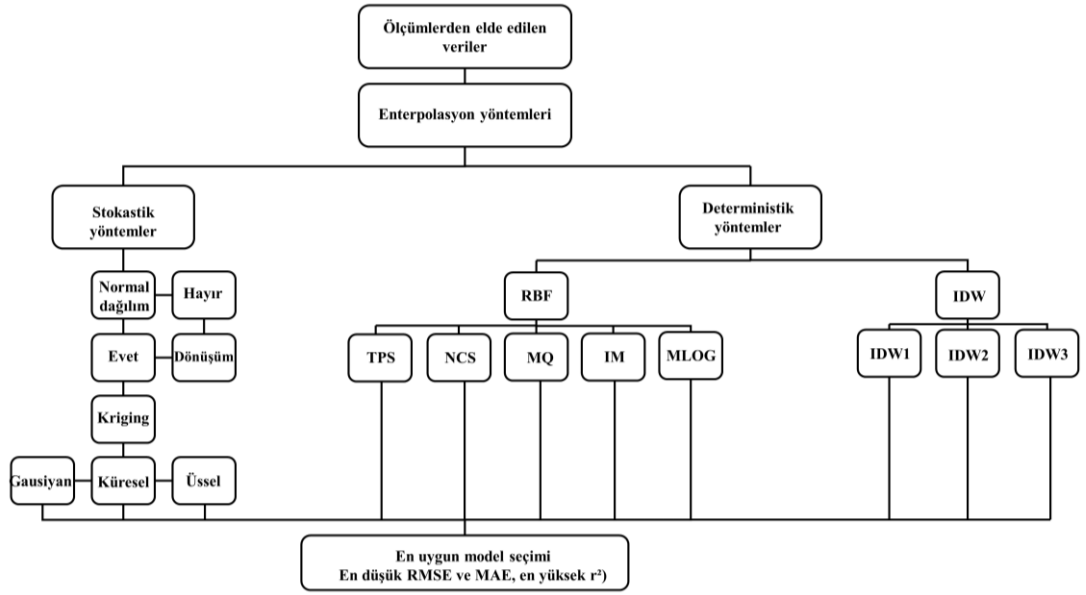
Simülasyonda kullanılan senaryolar için fan sayıları ve hava giriş açıklıkları Tablo 4.3’de verilmiştir. Buna göre tek fan çalıştığında kapak %11 açılıyorken, 9 fan çalıştığı zaman %100 açılmaktadır.

Tablo 4.3. Fan sayısına bağlı olarak hava giriş açıklık oranları

Hava giriş açıklık oranı	Çalışan Fanlar	Fan sayısı
% 100.00	(1,2,3,4,5,6,7,8,9)- (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)	9-11 fan
% 75.00	(2,3,4,5,6,7,8)	7 fan
% 55.00	(1,4,5,6,9)-(3,4,5,6,7)-(2,4,5,6,8)	5 fan
% 33.00	(4,5,6)-(1,5,9)	3 fan
% 25.00	(4,6)	2 fan
% 11.00	(5)	1 fan

4.2.3. Jeostatistiksel Yöntem

Ölçümlerden elde edilen verilerin jeostatistiksel olarak analiz edilerek değerlendirilmesinde ArcGIS (v10.3, ESRI, Redlands, CA, ABD) ve Surfer (v13, GoldenSoftware, Golden, CO, ABD) ve GS+ (GS10, Gamma Design Software, Plainwell, MI, ABD) programlarından yararlanılmıştır. Çalışmada stokastik yöntemlerden kriging yönteminin küresel (*spherical*), üssel (*exponential*) ve gausiyan (*gaussian*) modelleri kullanılmıştır. Deterministik modellerden ise RBF yönteminin *thin-plate spline* (TPS), *natural cubic spline* (NCS), *multi-logarithmic function* (MLOG), *multi-quadratic function* (MQ) ve *inverse multi-quadratic function* (IMQ) modelleri, IDW yönteminin 1., 2. ve 3. kuvvet (IDW1, IDW2 ve IDW3) modelleri değerlendirilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Araştırmada kullanılan enterpolasyon yöntemleri ve model seçimi

4.2.3.1. Kriging Yöntemi

Bilinen yakın noktalardaki ölçülmüş değerlerden ağırlıkları oranında yararlanarak bilinmeyen noktalardaki değerleri tahmin etmek için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. Tahmin edilen nokta veya alan için varyans değerinin hesaplanabilmesi kriging yönteminin en önemli özelliğidir. Bu sayede tahmin varyansı minimum değerde tutularak tarafsız tahmin yapılmasına olanak verir. Noktasal tahmin yapan bu yöntem *ordinary kriging* (OK) olarak ifade edilebilir (Erşahin ve Karahan, 2015). OK yöntemi oldukça güvenilir sonuçlar verdiği için birçok veri seti için önerilmektedir. OK yöntemi ile x_0 noktasındaki tahmin değeri Eşitlik (4.20) ve yarıvaryanslar ise Eşitlik (4.21) kullanılarak hesaplanabilir

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (4.20)$$

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (z(x_i) - z(x_i + h))^2 \quad (4.21)$$

Eşitliklerde \hat{Z} : x_0 noktasındaki tahmin değerini, λ_i : kriging ağırlığını, z : x_i noktasındaki gerçek değeri, $\hat{\gamma}$: yarıvaryansı, n : örnek çiftlerinin sayısını, h : örnek çiftleri arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.

4.2.3.2. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW) tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanarak bilinmeyen noktaları tahmin eder. Bu yöntemde verilerin genel dağılımı, yönselliği ve eğilimi gibi özellikler incelenmemektedir. IDW yöntemi ile x_0 noktasındaki tahmin değeri eşitlik (4.22) kullanılarak yapılabilir.

$$\hat{Z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (4.22)$$

Eşitlikte d : x_0 ve x_i noktaları arasındaki mesafeyi, p : üssel parametreyi ve n : örnek sayısını ifade etmektedir.

4.2.3.3. Radyal Tabanlı Fonksiyon

Radyal tabanlı fonksiyon (RBF) yöntemi genellikle sınırlı sayıda verinin olduğu ve/veya tahmin edilmesi zor alanların bulunduğu durumlar için kullanılmaktadır. Yöntemde genel kısıtlamalar az olduğu için herhangi bir boyutta kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu yöntem verilerdeki değişkenliğin az olduğu yüzeyler için iyi sonuçlar vermektedir (Wright, 2003). Ancak kısa mesafelerde verilerin değişkenliğin fazla olması durumunda ve/veya örnek alınan verilerde hata ve belirsizlikten şüpheleniyorsa bu yöntem kullanılmamalıdır. Çalışmada RBF yönteminin beş farklı tekniği (TPS, NCS, IM, MQ ve MLOG) kullanılmıştır.

4.2.3.4. Jeostatistiksel Yöntemlerin Karşılaştırılması

Çalışmada incelenen stokastik ve deterministik yöntemlerden en uygun olanın seçilmesi ve seçilen yöntemlere göre dağılım haritalarının oluşturulması jeostatistiksel yöntemin son aşamalarını oluşturmaktadır. Ölçülen ve tahmin edilen veriler arasındaki ilişkiyi incelemek için literatürlerde farklı yaklaşımlar ele alınmıştır. Genel olarak tahmin hatasının standart sapması (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve belirleme katsayısı (r^2) yaygın olarak kullanılmaktadır.

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ölç} - \bar{X}_{ölç})(X_{tah} - \bar{X}_{tah})}{\sum_{i=1}^n (X_{ölç} - \bar{X}_{ölç})^2 \sum_{i=1}^n (X_{tah} - \bar{X}_{tah})^2} \quad (4.23)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ölç} - X_{tah})^2}{n}} \quad (4.24)$$

$$MAE = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ölç} - X_{tah})^2}{n} \right| \quad (4.25)$$

Eşitliklerde $X_{ölç}$: Ölçülen değişkenin değerini, X_{tah} : Tahmin edilen değişkenin değerini, $\bar{X}_{ölç}$: Ölçülen değişkenin ortalama değerini, \bar{X}_{tah} : Tahmin edilen değişkenin ortalama değerini ve n : örnek sayısını ifade etmektedir.

4.2.4. Yapay Zekâ Yöntemleri

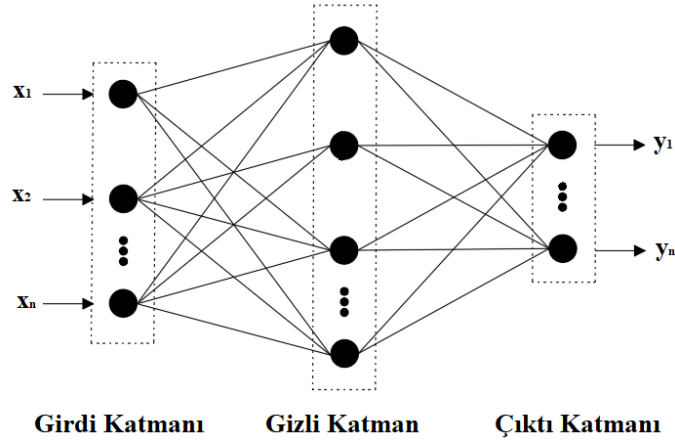
Farklı koşullar için HAD senaryolarından ve ölçümlerden elde edilen verilerin kullanılmasıyla yapay zekâ uygulamaları için veri seti hazırlanmıştır. Bu veriler YSA ve bulanık mantık yöntemlerinde değerlendirilmiştir. Verilerin analiz edilerek değerlendirilmesinde Matlab (Mathworks, Inc., Natick, MA, ABD) programından yararlanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapay zeka modelleri olarak çok katmanlı algılayıcı (*multilayer perceptron*, MLP), uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi (*adaptive neuro-fuzzy inference system*, ANFIS) ve Mamdani bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır.

4.2.4.1. Çok Katmanlı Algılayıcı

İleri beslemeli bir yapıya sahip olan MLP, girdi katmanı, çıktı katmanı ve bu iki katman arasında bulunan bir ya da daha fazla sayıda gizli katman(lar)'dan oluşmaktadır. YSA'ların eğitilmesinde farklı eğitim algoritmaları bulunmaktadır. Bu çalışmada *Levenberg-Marquardt* (LM), *Bayesian Regularization* (BR) ve *Scaled Conjugate Gradient* (SCG) eğitim algoritmaları kullanılmıştır. MLP'nin birden fazla gizli katmanı olabilir fakat yapılan çalışmalarda tek gizli katmanın yeterli olduğu ifade edilmiştir (Cybenko, 1989; Hornik vd, 1989). Bundan dolayı bu çalışmada tek gizli

katmanlı MLP değerlendirilmiştir (Şekil 4.13). Gizli katmandaki nöron sayısı ise "deneme-yanılma" yöntemiyle belirlenmiştir.

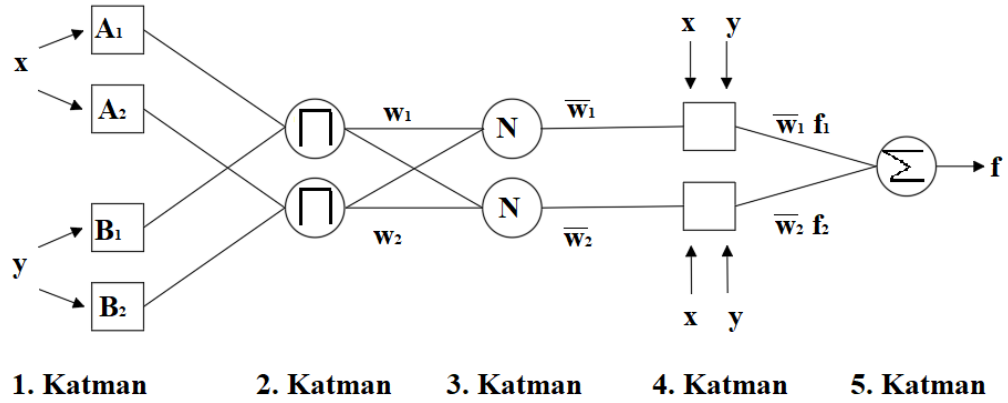


Şekil 4.13. Tek gizli katmanlı MLP

4.2.4.2. Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi

Jang tarafından 1990'ların başlarında geliştirilen uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesinde, kontrol sisteminde doğrusal olmayan bileşenlerin belirlenmesinde ve kaotik zaman serilerinin tahmininde kullanmıştır (Jang, 1993; Jang, 1991). ANFIS, Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemi ve sinir ağlarını kullanan karma bir yöntemdir. Bu yöntem bulanık çıkarım sisteminin modelleme yeteneği ile sinir ağlarının öğrenme yeteneği birleştirilmesi fikrine dayanır.

"Eğer-ise" bulanık kurallarına göre oluşturulan ANFIS ağ yapısında, girişte bulanık üyelik fonksiyonları, bulanıklaştırma çarpımı, normalleştirme, toplama ve Sugeno tipinde doğrusal çıkış fonksiyonu katmanları bulunmaktadır. Şekil 4.14'de görüldüğü üzere ANFIS'in temel yapısı 5 katmandan oluşmaktadır. Katmanların özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır (Gedik, 2011).



Şekil 4.14. ANFIS'in temel yapısı

1.Katman: Bulanıklaştırma katmanı olarak da ifade edilen bu katmanda, genelleştirilmiş çan eğrisi aktivasyon fonksiyonunu kullanılarak giriş değerleri bulanık kümelere ayrılmaktadır.

2.Katman: Bu katmanda bulunan her bir düğüm, Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. 1.Katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımı, her bir kural düğümün çıkışı olmaktadır.

3.Katman: Normalleştirme katmanı olarak adlandırılan bu katman 3.Katmandan gelen her bir kuralın normalleştirilmiş tetikleme seviyesini hesaplamaktadır.

4.Katman: Bu katmanda Takagi-Sugeno bulanık çıkarım yöntemine göre oluşturulan kuralların ağırlıklı sonuç değerleri hesaplanmaktadır.

5.Katman: Toplama katmanıdır ve sadece bir düğüm vardır. Bir önceki katmandan gelen düğümlerin çıkış değerleri toplanarak ANFIS sisteminin gerçek çıkış değeri elde edilir.

ANFIS modelinin performansını ve yorumlanabilirliğini geliştirirken çalışma sürecini de azaltan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden Izgara Bölümleme (*Grid Partitioning, GP*) ve Eksiltici Kümeleme (*Subtractive Clustering, SC*) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Haznedar, 2017).

4.2.4.3. Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi

Mamdani bulanık çıkarım sistemi ilk kez 1975 yılında Londra Üniversitesi'nde çalışan matematikçi ve bilgisayar bilimci Prof. Dr. Ebrahim Mamdani tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşımın özünde etkili bir kural tabanının oluşturulması yer alır.

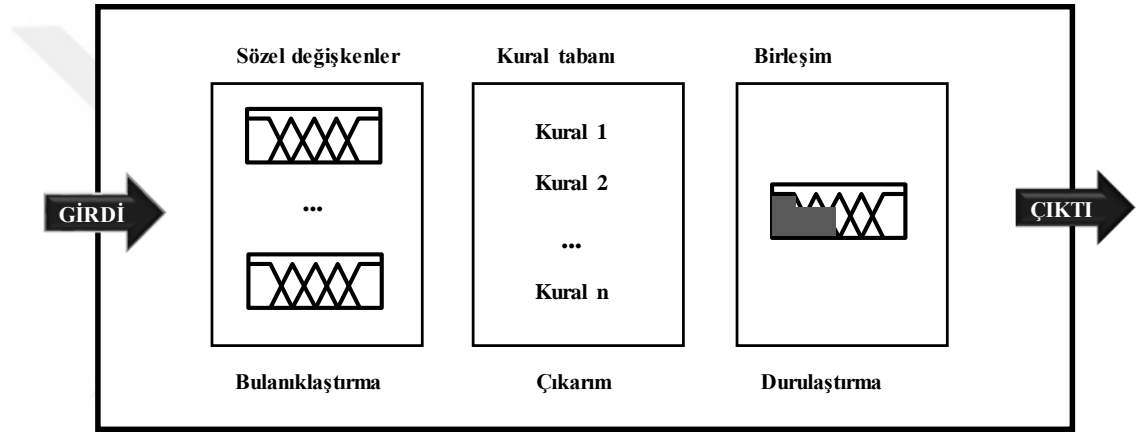
Bu yaklaşımın başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıda verilen dört adımın dikkatlice yapılması gerekmektedir (Şen, 2009) (Şekil 4.15).

1.Adım: Bulanıklaştırma: Kural tabanının oluşturulmasında kullanılmak üzere girdi değişkenlerinin bulanık kümelerle temsil edilmesi.

2.Adım: Çıkarım: Bulanık mantık işlemlerini kullanarak kural ağırlıklarının belirlenmesi ve bulanık küme mantıksal işlemcilerinin (ve/veya) uygulanması.

3.Adım: Birleştirme: Her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilmesi.

4.Adım: Durulaştırma: Tek bir sayıya dönüştürülmüş toplam bulanık küme sonuçlarının durulaştırılması.



Şekil 4.15. Genel Mamdani bulanık çıkarım sistemi

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Doğrudan Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

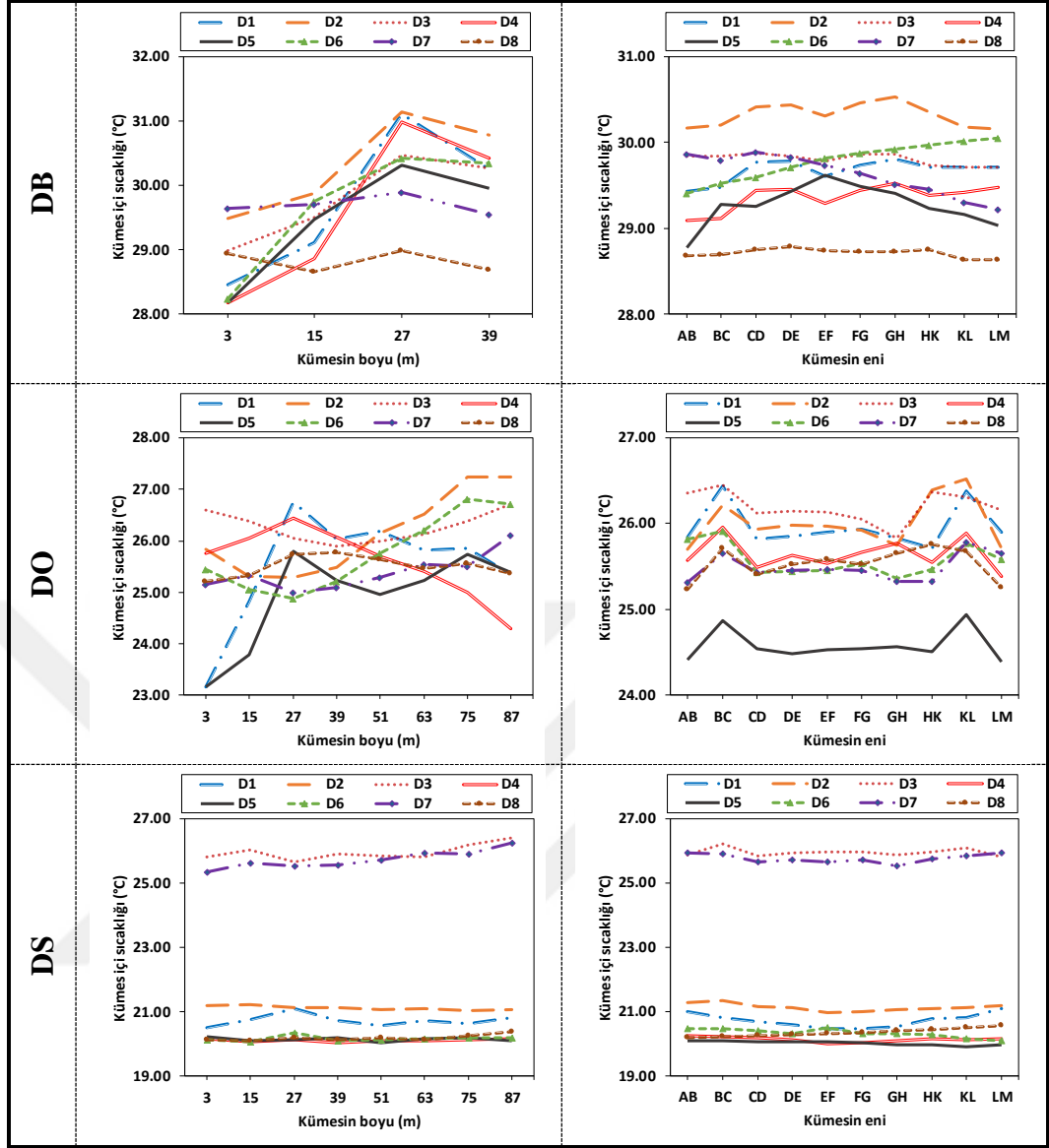
5.1.1. Kümes İçi Sıcaklık

Ölçüm yapılan dönemlerdeki kümes içi sıcaklık değerlerinin değişimleri Tablo 5.1’de verilmiştir. En yüksek sıcaklık değeri (32.44 °C) D1’de dönemin başında, en düşük sıcaklık değeri ise (19.10 °C) D5’de dönemin sonunda görülmüştür. İncelenen dönemler için sıcaklık değerlerinin değişimleri dönem başlarında 27.01-32.44 °C, dönem ortalarında 22.40-27.76 °C ve dönem sonlarında 19.10-26.74 °C değerleri arasında seyretmiştir. Sıcaklığın kümesin enine ve boyuna bağlı olarak dönemler arasındaki değişimleri Şekil 5.1’de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi yetiştirme dönemlerinin sonlarında sıcaklık dağılımları dönem başı ve ortalarına göre daha homojendir.

Tablo 5.1. Kümes içi sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	28.14	32.44	29.95	1.35	0.54	-0.90	4.52
	DO	22.40	27.32	25.52	1.13	-1.07	0.91	4.43
	DS	20.11	22.12	20.90	0.50	0.81	-0.30	2.40
D2	DB	29.20	32.33	30.56	0.96	0.52	-1.07	3.14
	DO	24.74	27.76	26.12	0.82	0.40	-0.88	3.14
	DS	20.79	21.85	21.14	0.24	0.95	0.88	1.15
D3	DB	28.82	31.50	30.18	0.79	-0.02	-1.15	2.61
	DO	25.47	27.23	26.26	0.41	0.21	-0.64	1.57
	DS	25.45	26.74	25.96	0.30	0.53	-0.34	1.16
D4	DB	27.88	32.18	29.76	1.31	0.62	-0.83	4.42
	DO	23.94	26.88	25.61	0.72	-0.59	-0.16	2.80
	DS	19.70	20.42	20.11	0.20	-0.23	-1.14	0.98
D5	DB	27.01	30.93	29.55	1.00	-0.79	0.09	3.38
	DO	22.65	26.51	24.93	0.96	-0.77	-0.30	3.85
	DS	19.10	21.33	20.19	0.48	-0.14	0.39	2.36
D6	DB	27.72	31.39	30.10	1.07	-0.86	-0.39	3.54
	DO	24.59	27.38	25.75	0.77	0.35	-0.94	2.98
	DS	19.23	21.17	20.36	0.40	-0.50	0.32	1.98
D7	DB	29.06	30.78	30.07	0.42	-0.32	-0.35	1.41
	DO	23.21	26.64	25.37	0.58	-0.55	2.43	2.28
	DS	24.95	26.55	25.73	0.36	0.19	-0.74	1.41
D8	DB	28.05	29.88	28.87	0.56	0.20	-1.08	1.94
	DO	23.12	26.59	25.52	0.72	-1.29	2.37	2.81
	DS	20.03	21.13	20.45	0.26	0.70	-0.05	1.29

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).



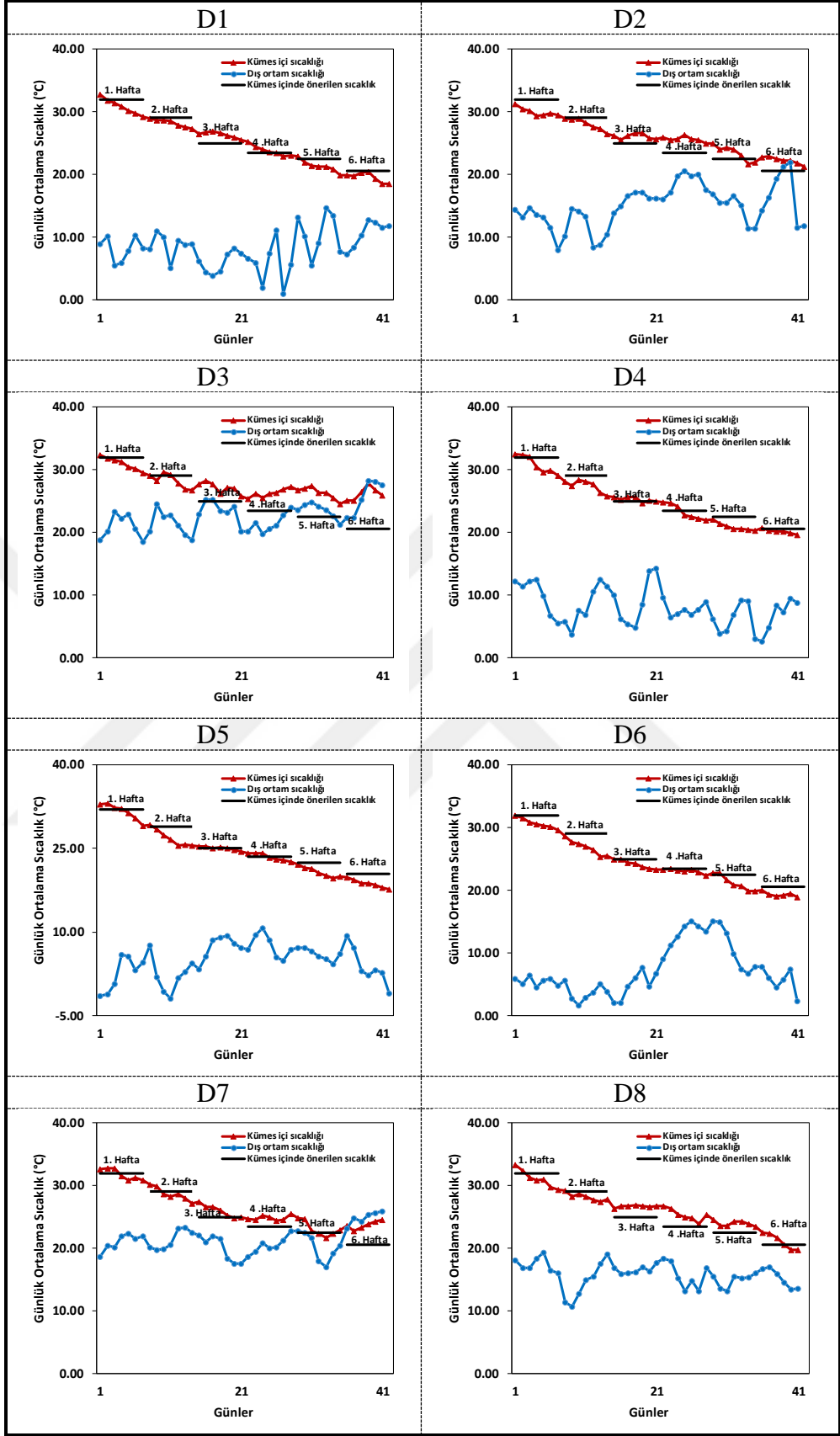
Şekil 5.1. Kümes içi sıcaklık değerlerinin dönemlik değişimleri

Kümes içi sıcaklık değerlerinin ilk haftalarda 30.00-33.00 °C arasında olması gerekmektedir (Morgan vd, 2016; Thomason vd, 1987). Buna göre kümeste farklı dönemlerde ilk haftalarda ölçülmüş sıcaklık değerlerinin önerilen değerlere yakın olduğu görülmektedir. Yetiştirme dönemlerinin başlarında ısıtmayı kolaylaştırarak enerji tasarrufu sağlamak ve enerji maliyetini düşürmek amacıyla kümes alanı perde ile azaltılarak ilk 39 m’de yetiştiricilik yapılmıştır. Kümesin ısıtılması özellikle civciv döneminde yani dönem başlarında oldukça önemlidir. Şekil 5.1’de görüldüğü üzere dönemin ilk haftalarında kümesin 27. m’lerinde kümes içi sıcaklığı en yüksek seviyelere çıkmıştır. Bunun ana nedeni bu bölümde kümes eni boyunca uzanan ısıtma borusudur. Bu bölüme yakın olan alanlarda sıcaklıklarda belirgin bir şekilde artışlar gözlemlenmiştir. Kümes eni boyunca sıcaklık değişimleri incelendiğinde en düşük

sıcaklıkların kümesin ana giriş kapısının da bulunduğu AB bölümünde olduğu açıkça görülmektedir. Kapıda yalıtımın yetersiz olması sonucu özellikle de kümesin ilk metrelerinde düşük sıcaklıklar meydana gelmiştir.

Yetiştirme döneminin ortalarında (3-4. haftalarda) kümes içi sıcaklığın 24.00-26.00 °C değerleri arasında olması önerilmektedir (Cassuce vd, 2013; Reece ve Lott, 1982). Bu veriler esas alındığında kümeste farklı dönemlerde ölçülmüş olan sıcaklık değerleri önerilen değerler ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. En düşük ortalama sıcaklık değeri (24.93 °C) kış mevsiminin hâkim olduğu D5'te görülmüştür.

Bayraktar vd (2004) yetiştirme döneminin son haftalarında kümes içi sıcaklığın 18.00-21.00 °C olması gerektiğini belirtmişlerdir. Yaz mevsiminin hâkim olduğu D3 ve D7 dönemlerinde dış ortam sıcaklıklarının yüksek olması iç ortam sıcaklıklarında istenilen değerlere ulaşılmasına engel olmuştur (Şekil 5.2). Yaz aylarında hayvanlarda oluşabilecek sıcaklık stresinin etkilerini azaltabilmek amacıyla "tünel havalandırma" sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Tünel havalandırma sisteminde amaç kümes içinde yüksek hava akım hızı sağlayarak hayvanların kendini daha serin ortamda hissetmesini sağlamaktır (Altan, 2004). Dış ortam sıcaklığının 28.00 °C'nin üzerine çıktığı durumlarda kümeslerde buharlaşmalı serinletme uygulamalarının (ıslak petek veya sisleme) yapılması önerilmektedir (Leeson ve Summers, 2010).



Şekil 5.2. Günlük ortalama kümes iç ve dış sıcaklık değerleri

5.1.2. Kümes İçi Bağlı Nem

İncelenen dönemlerdeki kümes içi bağlı nem değerlerinin değişimleri Tablo 5.2’de verilmiştir. En yüksek bağlı nem değeri (%79.81) D8’de dönem sonunda, en düşük değer ise (%50.35) D7’de dönem başında görülmüştür. Ölçüm yapılan dönemlerdeki bağlı nem değerleri dönem başlarında %50.35-67.84, dönem ortalarında %51.42-79.55 ve dönem sonlarında %57.89-79.81 arasında değişmiştir.

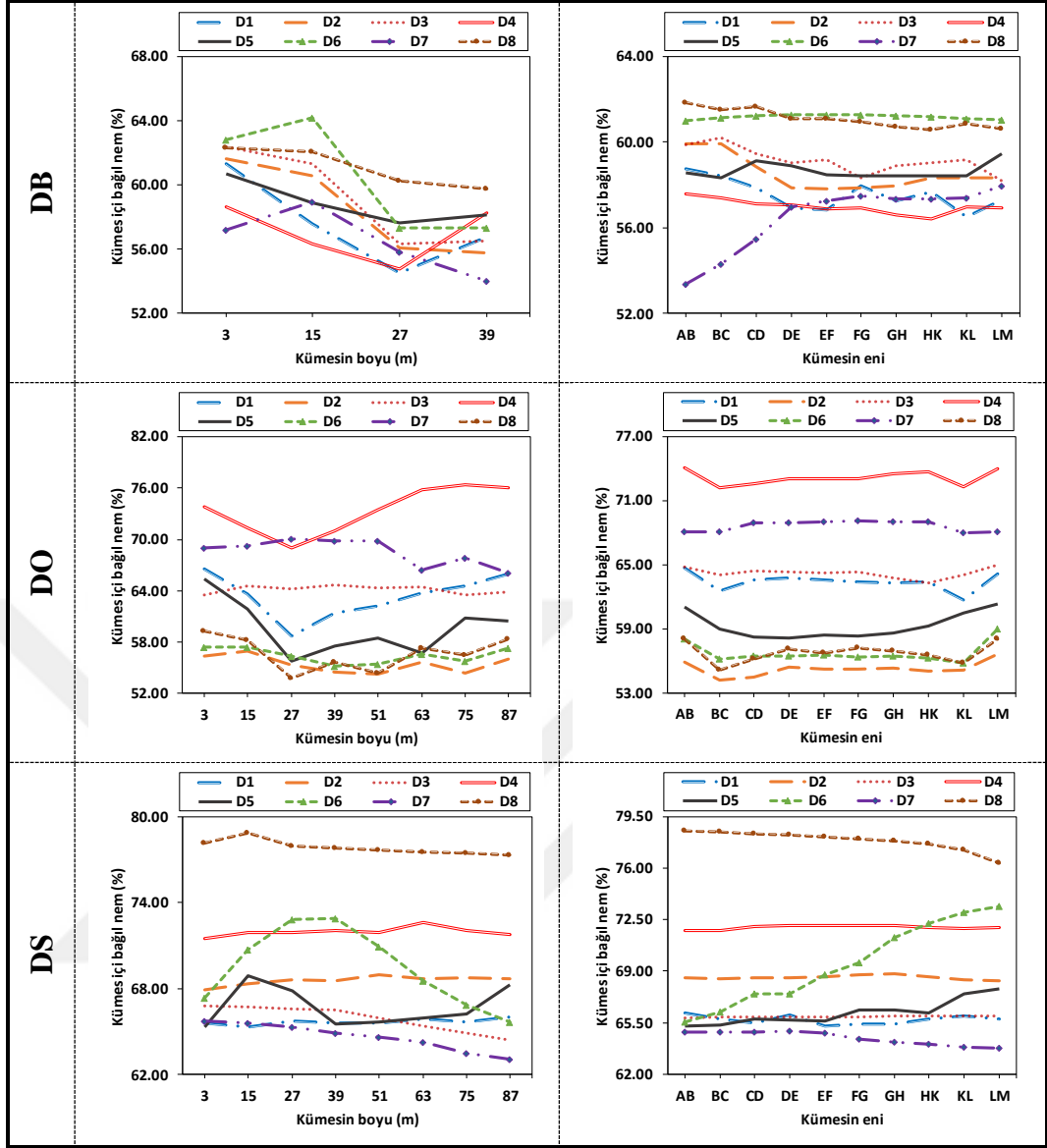
Tablo 5.2. Kümes içi bağlı nem değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	52.19	62.91	57.03	2.87	0.49	-0.62	5.02
	DO	56.30	68.66	63.27	2.83	-0.43	-0.21	4.47
	DS	58.85	66.32	63.28	2.35	-0.25	-1.60	3.72
D2	DB	53.11	65.27	58.08	3.41	0.40	-0.84	5.87
	DO	52.02	59.16	55.43	1.79	0.18	-0.46	3.22
	DS	67.25	71.64	69.14	1.03	0.61	-0.20	1.48
D3	DB	54.11	64.89	58.43	3.44	0.25	-1.47	5.89
	DO	61.60	66.62	64.15	1.45	-0.26	-1.38	2.25
	DS	63.16	67.42	65.82	1.10	-0.79	-0.44	1.67
D4	DB	52.73	62.74	56.45	2.44	0.71	0.60	4.32
	DO	66.91	79.55	73.29	3.17	0.01	-0.77	4.32
	DS	65.16	73.15	70.59	1.87	-0.67	-0.31	2.65
D5	DB	56.21	61.52	58.00	1.68	1.10	-0.08	2.89
	DO	53.32	66.90	59.58	3.35	0.41	-0.40	5.62
	DS	59.97	71.00	65.81	3.27	-0.18	-1.22	4.97
D6	DB	55.79	67.84	60.67	4.31	0.40	-1.54	7.10
	DO	53.48	60.24	56.43	1.74	0.08	-0.58	3.09
	DS	58.19	75.60	69.35	4.54	-0.39	-0.93	6.55
D7	DB	50.35	59.98	55.70	2.58	-0.13	-0.74	4.63
	DO	59.39	72.75	68.55	2.77	-0.91	1.09	4.04
	DS	58.41	65.92	62.90	2.09	-0.50	-0.83	3.33
D8	DB	59.27	63.47	60.77	1.21	0.88	-0.17	1.98
	DO	51.42	68.28	56.64	3.65	1.22	1.81	6.44
	DS	70.88	79.81	77.16	1.49	-1.62	4.95	1.93

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Kümeslerde en uygun üretimin yapılması için bağlı nem değerinin %50.00-70.00 arasında olması önerilmektedir (Baracho vd, 2011; Winn ve Godfrey, 1967).

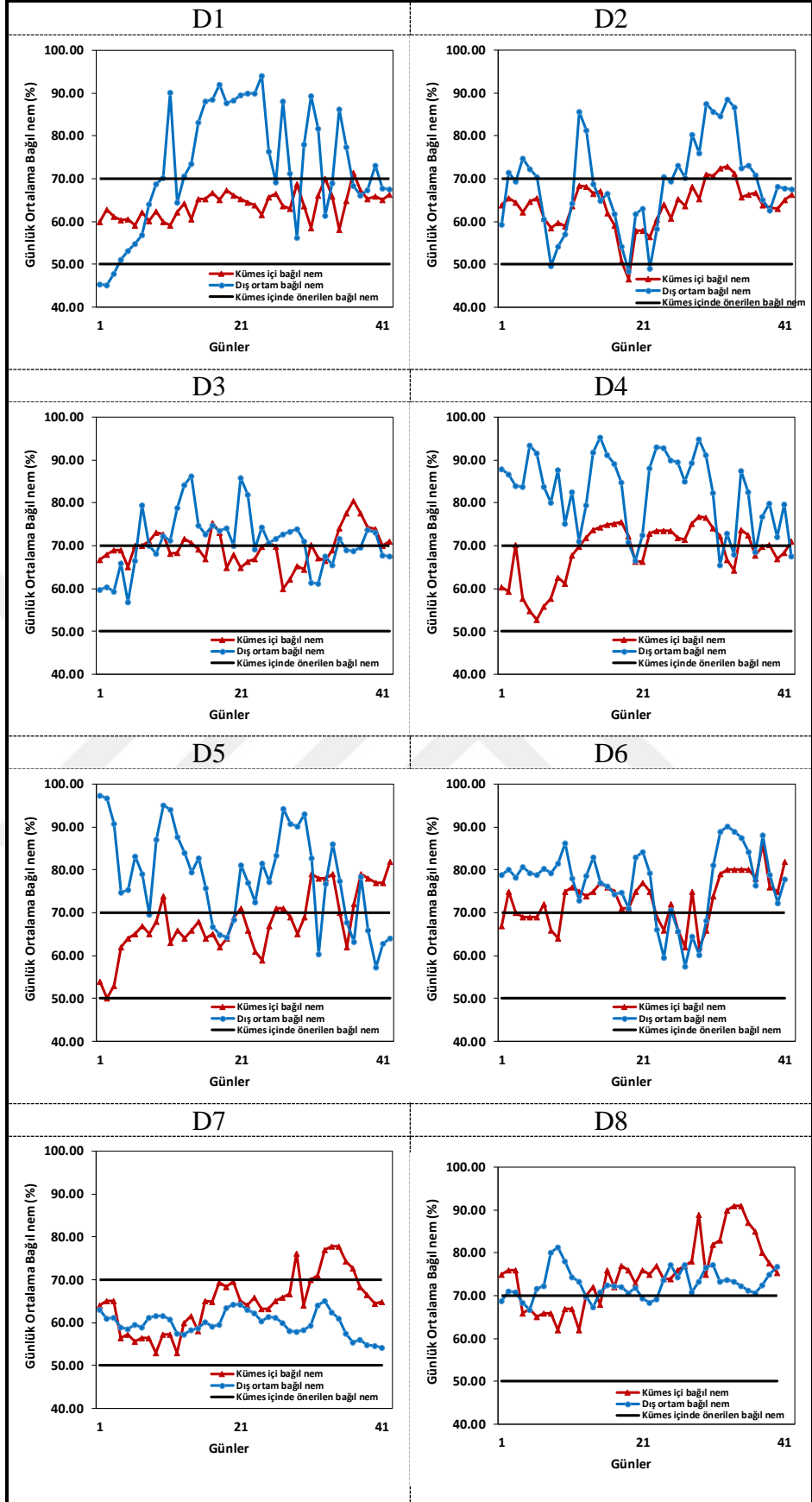
Ölçüm yapılan dönemlerin ilk haftalarında en düşük bağlı nem değerleri ısıtma borusunun da geçtiği 27. m'lere yakın olan alanlarda görülmüştür. Bağlı nem değerlerinin kümes boyunca değişimi ise genellikle homojendir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Kümes içi bağıl nem değerlerinin dönemlik değişimleri

Yetiştirme dönemlerinin ortalarında en yüksek bağıl nem değerleri D4'te görülmüştür. Bu dönemde dış ortam bağıl nemi diğer dönemlere kıyasla daha yüksek seyretmiştir. Kılıç ve Şimşek (2008) de yapmış oldukları çalışmada kış döneminde kümes içi bağıl nem değerlerinin %80.00'i aştığını belirtmişlerdir.

Kümes içi bağıl nem değerleri dönem başlarında ve ortalarında istenilen sınırlar arasında tutulmuştur. Dönem sonlarında ise D5, D6 ve D8 dönemlerinde genellikle önerilen sınırların arasında tutulmasında başarılı olunamamıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Günlük ortalama kümes iç ve dış bağıl nem değerleri

5.1.3. Kumes İçi Hava Akım Hızı

Kumes içi hava akım hızı değerlerinin değişimleri Tablo 5.3’de verilmiştir. En yüksek hava akım hızı değeri (2.10 m s^{-1}) D7’de dönem sonunda, en düşük değer ise (0.11 m s^{-1}) D1’de dönem başında görülmüştür. Kumes içi hava akım hızları dönem başında, ortasında ve sonunda sırasıyla $0.11-0.22 \text{ m s}^{-1}$, $0.15-1.19 \text{ m s}^{-1}$ ve $0.18-2.10 \text{ m s}^{-1}$ arasında değişmiştir.

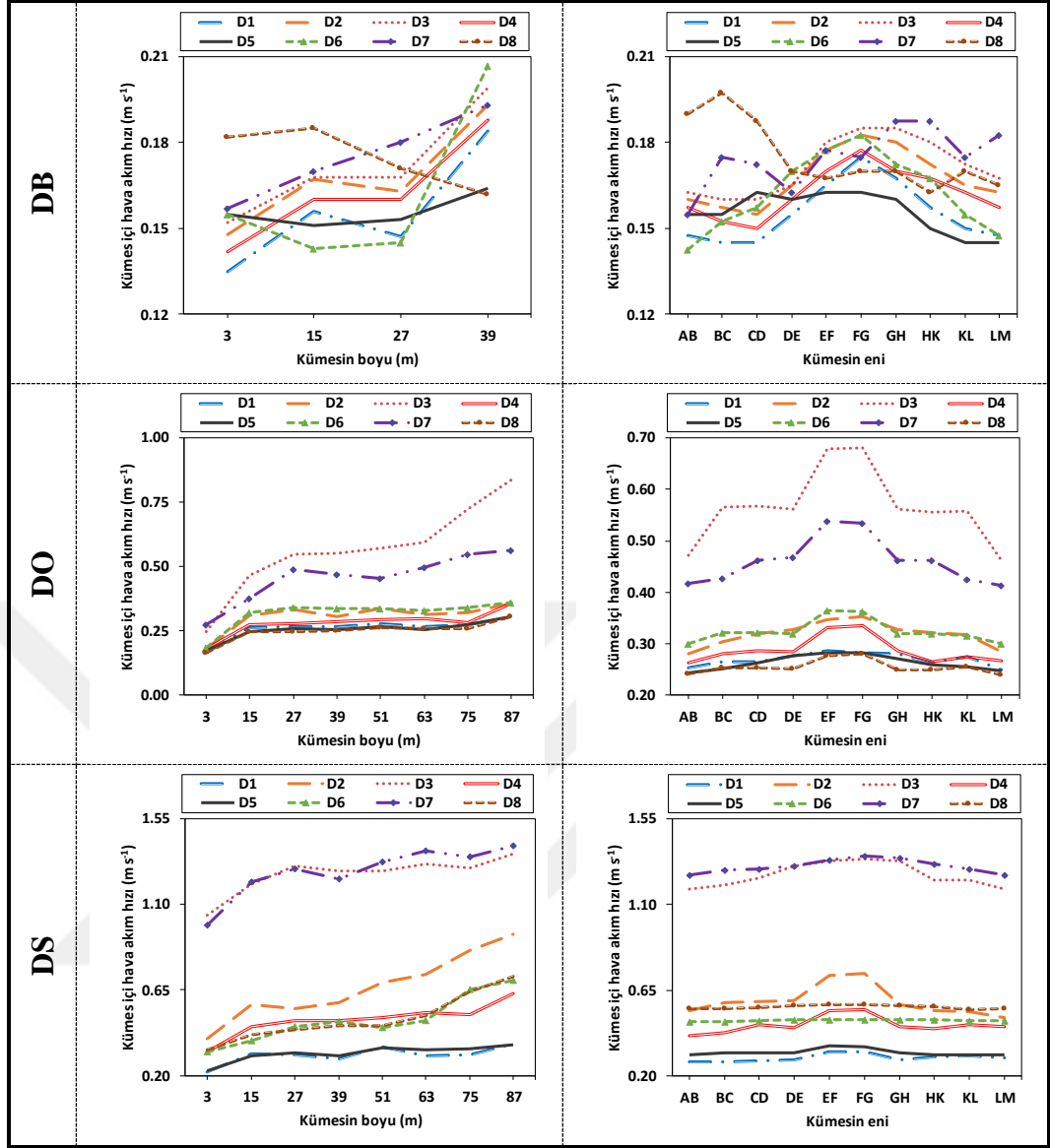
Tablo 5.3. Kumes içi hava akım hızı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	0.11	0.19	0.15	0.02	0.43	-0.93	14.69
	DO	0.15	0.37	0.26	0.04	-0.72	1.13	17.15
	DS	0.18	0.57	0.31	0.09	1.00	0.70	30.50
D2	DB	0.12	0.21	0.16	0.02	0.45	-0.85	15.67
	DO	0.15	0.44	0.31	0.06	-0.64	0.40	20.69
	DS	0.30	1.18	0.63	0.26	0.64	-0.72	40.72
D3	DB	0.13	0.21	0.16	0.03	0.34	-1.18	15.55
	DO	0.20	1.19	0.57	0.26	0.47	-0.62	45.46
	DS	0.51	1.88	1.26	0.46	-0.28	-1.68	36.29
D4	DB	0.12	0.20	0.16	0.02	0.01	-1.15	15.10
	DO	0.15	0.47	0.28	0.06	0.33	0.88	22.87
	DS	0.20	0.85	0.49	0.15	0.16	-0.61	30.85
D5	DB	0.13	0.20	0.15	0.02	1.40	2.73	10.96
	DO	0.15	0.40	0.25	0.06	0.09	-0.58	22.18
	DS	0.18	0.61	0.35	0.10	0.76	0.29	27.62
D6	DB	0.12	0.22	0.16	0.03	0.93	0.83	16.08
	DO	0.15	0.48	0.32	0.09	-0.18	-1.53	29.07
	DS	0.20	0.93	0.50	0.16	0.30	-0.13	31.57
D7	DB	0.15	0.20	0.17	0.02	0.80	-0.73	10.95
	DO	0.20	0.75	0.46	0.16	0.18	-1.42	35.69
	DS	0.50	2.10	1.27	0.47	-0.12	-1.54	36.99
D8	DB	0.15	0.22	0.17	0.02	1.72	3.07	10.59
	DO	0.15	0.44	0.25	0.05	0.84	3.09	21.24
	DS	0.18	0.88	0.48	0.14	0.18	0.02	30.05

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Dönem başlarında ilk 39.00 m’de yetiştiricilik yapıldığından dolayı, yalnızca yan duvarlarda bulunan civciv büyütme fanları zamana bağlı olarak çalışmıştır. Bu nedenle tüm dönemlerde benzer hava akım hızı dağılımları görülmüştür.

Dönem ortalarında en düşük hava akım hızları soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı D1, D4, D5 ve D8 dönemlerinde, en yüksek hava akım hızları ise D7’de görülmüştür. Bustamante vd (2015) yaz aylarında tünel havalandırma sisteminin uygulandığı kümeslerde ortalama hava akım hızının $2.00-3.00 \text{ m s}^{-1}$ aralığında olması gerektiğini belirtmişlerdir.



Şekil 5.5. Kümes içi hava akım hızı değerlerinin dönemlik değişimleri

Fana yakın olan bölümlerde hava akım hızının en yüksek seviyelere (2.10 m s^{-1}) ulaştığı, kümesin ilk bölümlerinde ise en düşük seviyelerde (0.50 m s^{-1}) olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.5). Soğuk mevsimlerin hâkim olduğu D1 ve D5 dönemlerinde minimum havalandırma yapılmıştır. Geçiş mevsimlerinin hâkim olduğu D2, D4, D6 ve D8 dönemlerinde ise dış ortam koşullarını dikkate alarak en uygun şekilde havalandırma sisteminin çalışması sağlanmıştır. D3 ve D7 dönemlerinde ise tünel havalandırma uygulaması yapılmıştır.

5.1.4. Kümes İçi Amonyak Konsantrasyonu

Kümes içi amonyak konsantrasyon değerlerinin değişimler Tablo 5.4'te verilmiştir. En düşük amonyak değeri (13.00 ppm) D7'de dönem sonunda, en yüksek değer ise (26.70 ppm) D4'de dönem sonunda görülmüştür. Kümes içi amonyak konsantrasyon değerleri dönem başında, ortasında ve sonunda sırasıyla 14.20-19.60 ppm, 15.40-25.40 ve 13.00-26.70 ppm arasında değişmiştir.

Tablo 5.4. Kümes içi amonyak konsantrasyon değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

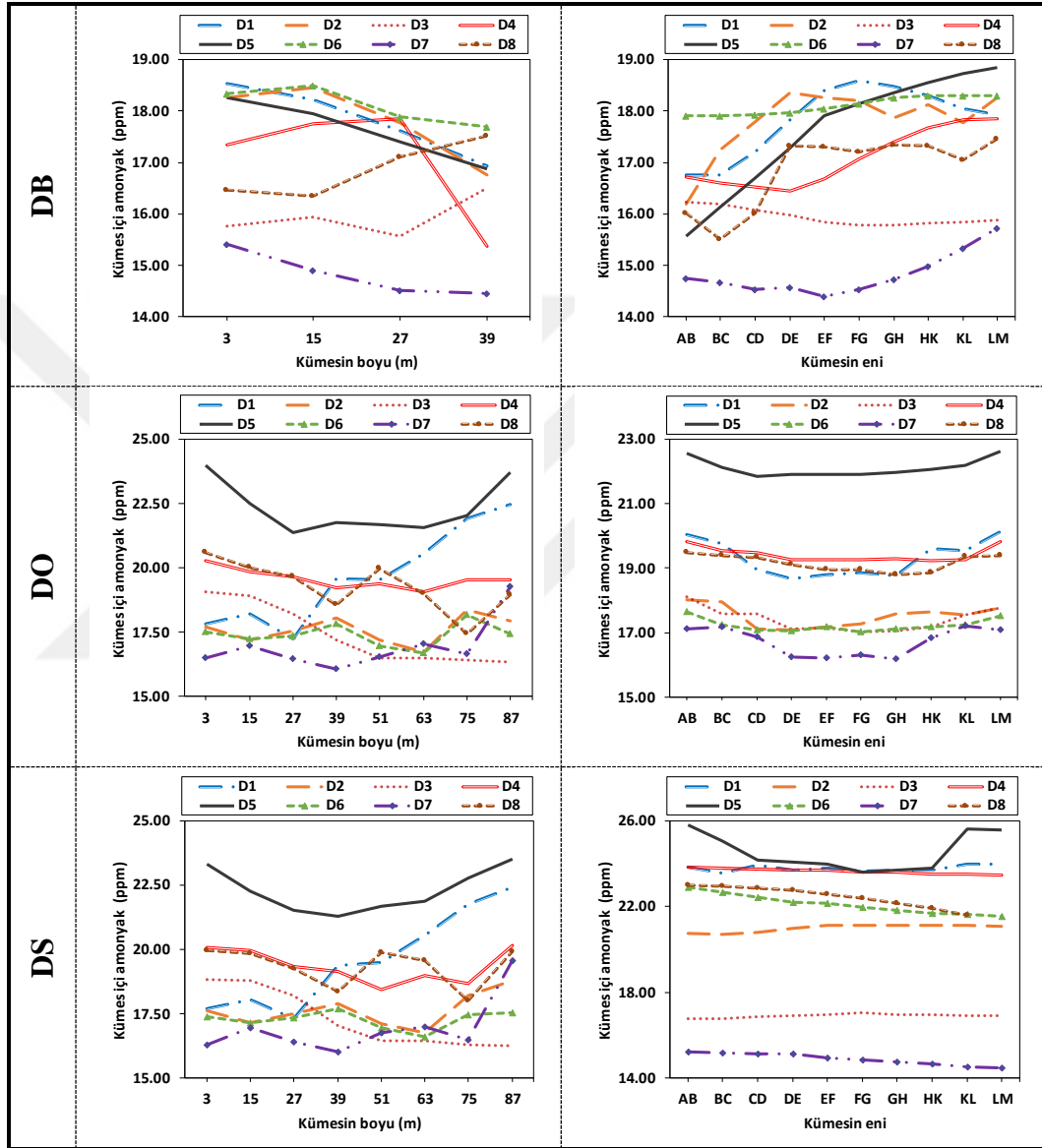
Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	15.00	19.60	17.87	1.14	-0.64	0.69	6.38
	DO	16.80	23.20	19.63	1.86	0.25	-1.07	9.50
	DS	22.50	26.20	24.01	1.01	0.58	-0.71	4.22
D2	DB	14.60	19.10	17.78	1.07	-1.63	3.10	6.03
	DO	16.40	20.00	17.60	0.76	1.17	1.83	4.34
	DS	20.20	24.10	21.89	1.12	0.63	-0.98	5.11
D3	DB	15.20	17.20	15.99	0.46	1.03	2.06	2.90
	DO	16.00	19.80	17.41	1.15	0.58	-1.00	6.59
	DS	14.60	19.00	17.06	1.16	-0.24	-0.69	6.81
D4	DB	15.30	18.80	17.22	0.98	-0.66	-0.45	5.72
	DO	17.60	21.50	19.57	1.00	0.00	-0.93	5.13
	DS	23.00	26.70	24.62	1.16	0.21	-1.36	4.69
D5	DB	14.80	19.10	17.48	1.22	-0.42	-0.39	6.96
	DO	20.80	25.40	22.32	1.16	1.24	0.77	5.19
	DS	23.50	26.40	24.68	0.93	0.43	-1.12	3.77
D6	DB	17.50	18.90	18.11	0.43	0.70	-0.89	2.35
	DO	16.10	19.20	17.40	0.67	0.79	0.68	3.87
	DS	21.20	23.20	22.11	0.67	0.26	-1.59	3.04
D7	DB	14.20	15.60	14.79	0.52	0.29	-1.73	3.53
	DO	15.40	20.70	16.93	1.09	1.57	3.13	6.44
	DS	13.00	18.40	15.31	1.55	0.34	-0.99	10.11
D8	DB	14.20	17.90	17.00	0.99	-1.99	2.95	5.82
	DO	16.40	21.20	19.29	1.24	-0.59	-0.37	6.44
	DS	22.00	26.50	23.61	1.04	0.60	-0.20	4.39

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Tüm dönemlerde ilk haftalarda genellikle kümesin duvar kenarına yakın olan LM bölümünde amonyak değeri diğer bölümlere göre daha yüksek seyretmiştir. Araştırmacılar kümes içi amonyak sınır değerini 25 ppm olarak ifade etmişlerdir (Carlile, 1984; Kristensen ve Wathes, 2000; Naseem ve King, 2018). Buna göre dönem başlarında amonyak açısından herhangi bir sorun görülmemektedir.

Yetiştirme dönemlerinin ortalarında D5'de kümesin 3 ve 87. m'lerinde amonyak değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer dönemlerde de (D3 hariç) fana yakın olan kısımlarda amonyak değeri diğer kısımlara göre daha yüksek seyretmiştir

Dönem sonlarında minimum havalandırmanın yapıldığı D1 ve D5 dönemlerinde yüksek amonyak değerleri görülmüştür. Bu dönemlerden D5 döneminde duvara yakın olan AB ve LM bölümlerinde amonyak sınır değerini (>25 ppm) aşmıştır. En düşük amonyak değerleri ise tünel havalandırmanın yapıldığı D3 ve D7 dönemlerinde belirlenmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Kümes içi amonyak konsantrasyon değerlerinin dönemlik değişimleri

5.1.5. Altlık Nem İçeriği

Ölçüm yapılan dönemlerdeki altlık nem değerlerinin değişimleri Tablo 5.5’de verilmiştir. En düşük değer (%15.02) D3’de dönem başında, en yüksek değer ise (%42.76) D8’de dönem sonunda görülmüştür. Altlık nem içeriği dönem başlarında, ortalarında ve sonlarında sırasıyla %15.02-27.71, %19.10-40.50 ve %25.87-42.76 arasında değişmiştir. Carr vd (1990) kümeslerde en uygun yetiştirme koşullarının sağlanması için altlığın nem içeriğinin %30.00’den fazla olmaması gerektiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda altlık nem içeriğindeki artışın amonyak salınımı da arttırdığını, fakat altlık nem içeriğinin belirli seviyeden sonra daha fazla artmasıyla amonyak salınımının azaldığını belirlemişlerdir. Liu vd (2007) yaptıkları çalışmada altlık nem içeriğinin uzun süre %35.10’dan daha fazla olması durumunda amonyak salınımının azaldığını tespit etmişlerdir.

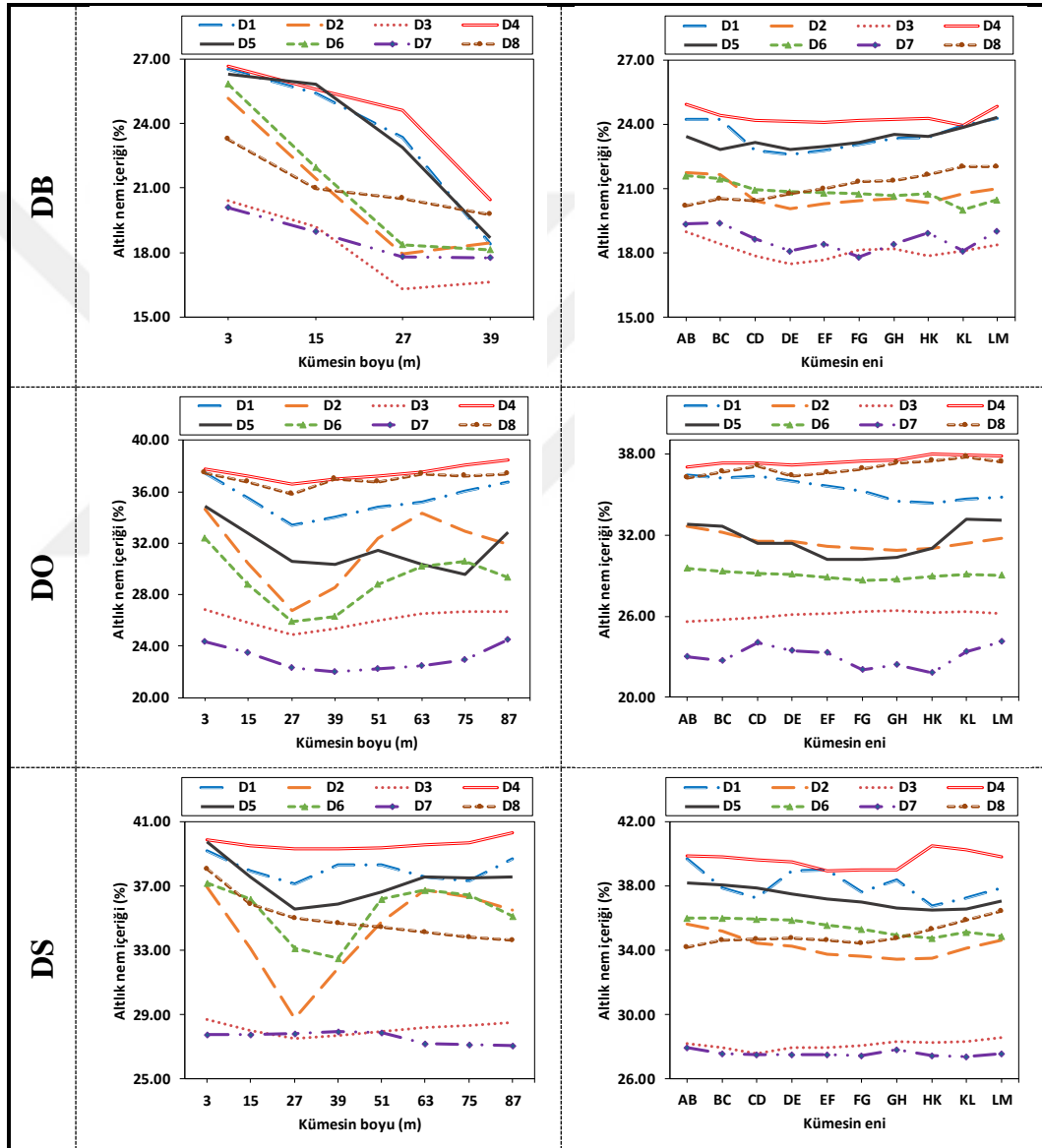
Tablo 5.5. Altlık nem içeriği değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	16.79	27.23	23.47	3.36	-0.71	-0.95	14.32
	DO	31.04	38.20	35.40	1.64	-0.67	0.35	4.63
	DS	33.93	42.60	38.05	1.82	0.24	0.08	4.78
D2	DB	17.21	26.89	20.74	3.23	0.64	-1.18	15.57
	DO	24.73	36.38	31.50	2.77	-0.74	-0.12	8.79
	DS	26.35	37.94	34.26	2.89	-1.06	0.57	8.44
D3	DB	15.02	20.75	18.12	1.89	0.07	-1.61	10.43
	DO	24.09	28.11	26.10	0.85	0.02	-0.65	3.26
	DS	26.30	29.87	28.11	0.59	-0.09	0.84	2.10
D4	DB	20.20	27.71	24.33	2.42	-0.79	-0.84	9.95
	DO	35.01	40.50	37.49	0.95	0.43	1.72	2.53
	DS	36.77	42.88	39.62	1.15	0.41	1.24	2.90
D5	DB	17.46	26.95	23.35	3.31	-0.65	-1.15	14.18
	DO	25.42	36.67	31.61	2.30	-0.32	-0.01	7.28
	DS	33.25	40.88	37.25	1.50	0.03	0.31	4.03
D6	DB	18.01	26.15	20.84	3.17	0.66	-1.18	15.21
	DO	25.54	33.09	30.03	2.08	-0.10	-0.83	6.93
	DS	30.48	38.59	35.45	1.87	-0.86	0.04	5.28
D7	DB	15.79	20.93	18.64	1.38	-0.24	-1.06	7.40
	DO	19.10	26.84	23.02	1.50	0.14	0.17	6.52
	DS	25.87	29.51	27.58	0.56	0.68	1.57	2.03
D8	DB	18.49	25.29	21.14	1.59	0.92	0.63	7.52
	DO	33.63	40.36	36.96	1.21	-0.05	0.90	3.27
	DS	32.51	42.76	34.96	2.22	1.87	3.17	6.35

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Dönem başlarındaki altlık nem içeriği değerleri incelendiğinde, kümesin ilk bölümlerinde daha yüksek altlık nem içeriğinin olduğu belirlenmiştir. Dönem ortalarında altlık nem içeriği (yaz mevsiminde yetiştiricilik yapılan D3 ve D7

dönemleri hariç) %30.00'un üzerine çıkmıştır. Bu dönemlerde özellikle duvara yakın olan bölümlerdeki (AB ve LM) altlık nem içerikleri diğer bölümlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.7). Dönem sonunda ise en yüksek altlık nem içeriği dış ortam bağımlı neminin en yüksek olduğu D4 döneminde görülmüştür. Dış ortamdaki kümes içine alınan nemli hava altlıkların ıslanmasında en önemli etken olarak düşünülmüştür. En düşük altlık nem içerikleri ise tünel havalandırmanın uygulandığı D3 ve D7 dönemlerinde görülmüştür.



Şekil 5.7. Altlık nem içeriği değerlerinin dönemlik değişimleri

5.1.6. Altlık Sıcaklığı

İncelenen dönemlerdeki altlık sıcaklık değişimleri Tablo 5.6’da verilmiştir. En düşük değer (20.00 °C) D5’de dönem ortasında, en yüksek değer ise (33.40 °C) D7’de dönem sonunda görülmüştür. Altlık sıcaklık değerlerinin değişimleri dönem başlarında, ortalarında ve sonlarında sırasıyla 21.90-31.80 °C, 20.00-32.90 °C ve 24.00-33.40 °C aralıklarında meydana gelmiştir.

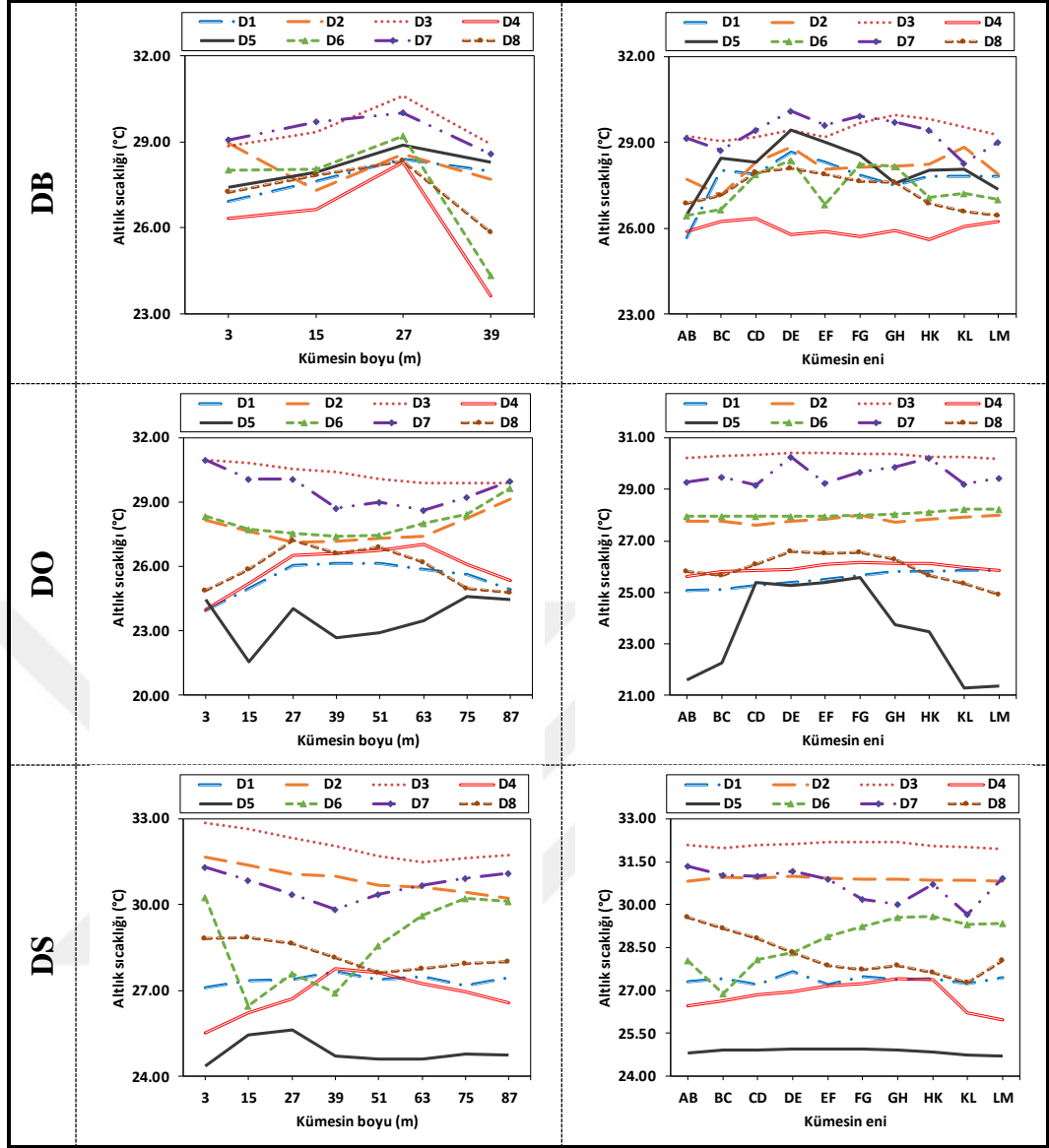
Tablo 5.6. Altlık sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	24.70	29.60	27.74	1.28	-0.47	-0.63	4.61
	DO	21.50	27.10	25.54	1.00	-1.76	4.56	3.92
	DS	26.00	29.00	27.37	0.50	0.41	2.80	1.83
D2	DB	25.60	30.80	28.14	1.41	0.30	-0.92	5.01
	DO	26.90	29.40	27.77	0.68	0.90	-0.17	2.45
	DS	30.10	31.80	30.89	0.48	0.16	-1.01	1.55
D3	DB	28.00	31.80	29.43	0.82	1.05	1.24	2.79
	DO	29.20	31.20	30.31	0.45	0.26	-0.80	1.48
	DS	30.70	33.40	32.08	0.56	0.55	-0.08	1.75
D4	DB	21.90	29.80	25.97	2.22	-0.47	-0.50	8.55
	DO	22.70	27.50	25.95	1.01	-0.96	0.69	3.89
	DS	24.30	28.80	26.83	0.94	-0.38	0.21	3.50
D5	DB	25.80	30.30	28.14	1.23	-0.15	-0.78	4.37
	DO	20.00	28.60	23.53	2.28	0.31	-0.63	9.69
	DS	24.00	25.80	24.87	0.43	0.69	-0.48	1.73
D6	DB	23.70	31.30	27.40	2.13	-0.36	-1.10	7.77
	DO	27.40	30.30	28.04	0.73	1.40	1.36	2.60
	DS	24.40	31.00	28.73	2.02	-0.77	-0.80	7.03
D7	DB	27.20	30.80	29.34	0.88	-0.52	-0.37	3.00
	DO	26.30	32.90	29.59	1.34	0.45	0.08	4.53
	DS	28.00	33.40	30.69	1.11	-0.09	0.11	3.62
D8	DB	25.00	29.80	27.32	1.19	0.24	-0.35	4.36
	DO	22.50	29.00	25.94	1.30	-0.05	-0.47	5.01
	DS	25.40	31.30	28.22	1.59	0.05	-0.40	5.63

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Dönem başlarında en yüksek altlık sıcaklık değerleri ısıtma borusunun da bulunduğu 27. m’lerde görülmüştür. Sadece ilk 39 m’de ısıtma yapıldığından en düşük sıcaklıklar bölme perdesinin bulunduğu (39. m) alanlarda tespit edilmiştir.

Dönem ortalarında ve sonlarında ise dış ortam sıcaklığına ve havalandırma durumuna bağlı olarak altlık sıcaklıklarında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Yaz mevsiminde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 ve D7 dönemlerinde altlık sıcaklık değerleri en yüksek, kış mevsiminde yetiştiriciliğin yapıldığı D5 döneminde ise altlık sıcaklığı en düşük seviyelerdedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Altılık sıcaklık değerlerinin dönemlik değişimleri

5.1.7. Altılık pH Değeri

Altılık pH değerlerinin dönemler arasındaki değişimleri Tablo 5.7’de verilmiştir. En düşük değer (6.02) D4’de dönem başında, en yüksek değer ise (8.34) D8’de dönem sonunda görülmüştür. Altılık pH değerleri dönem başlarında, ortalarında ve sonlarında sırasıyla 6.02-7.18, 7.17-8.12 ve 7.91-8.34 aralıklarında değişim göstermiştir.

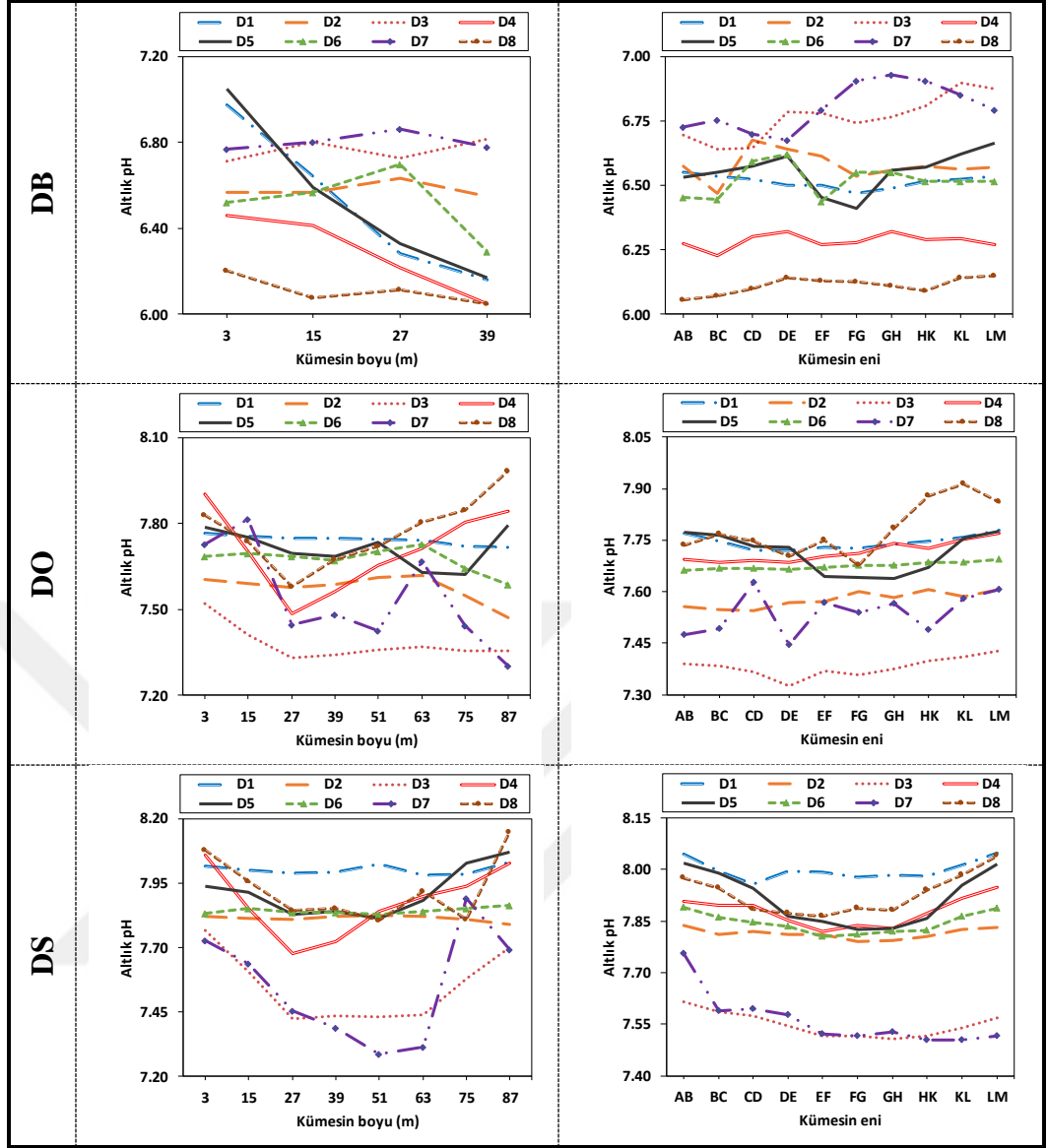
Tablo 5.7. Altlık pH değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Dönem	Hafta	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
D1	DB	6.13	7.03	6.52	0.33	0.34	-1.48	5.06
	DO	7.64	7.86	7.74	0.04	-0.08	0.96	0.52
	DS	7.91	8.26	8.00	0.06	2.33	7.51	0.75
D2	DB	6.20	6.95	6.58	0.19	-0.06	-0.60	2.89
	DO	7.42	7.73	7.58	0.06	-0.29	0.45	0.79
	DS	7.73	7.98	7.81	0.04	1.07	5.45	0.51
D3	DB	6.39	7.11	6.76	0.17	-0.21	-0.32	2.51
	DO	7.17	7.64	7.38	0.07	1.20	3.43	0.95
	DS	7.28	7.96	7.55	0.14	0.78	0.23	1.85
D4	DB	6.02	6.55	6.28	0.17	-0.18	-1.34	2.71
	DO	7.45	8.05	7.72	0.15	0.12	-0.79	1.94
	DS	7.60	8.23	7.88	0.14	0.22	-0.15	1.78
D5	DB	6.03	7.18	6.56	0.35	0.34	-1.28	5.34
	DO	7.40	7.88	7.71	0.10	-1.30	1.36	1.30
	DS	7.70	8.26	7.92	0.14	0.94	0.17	1.77
D6	DB	6.29	6.98	6.52	0.19	0.57	-0.01	2.91
	DO	7.56	7.82	7.67	0.05	-0.32	1.19	0.65
	DS	7.74	7.99	7.84	0.04	0.73	1.65	0.51
D7	DB	6.42	7.02	6.80	0.17	-0.52	-0.73	2.50
	DO	7.28	8.07	7.54	0.26	1.08	-0.33	3.45
	DS	7.12	8.17	7.55	0.25	0.56	-0.39	3.31
D8	DB	6.05	6.44	6.11	0.10	1.96	3.94	1.64
	DO	7.35	8.12	7.78	0.16	-0.12	-0.19	2.06
	DS	7.70	8.34	7.93	0.15	0.87	0.11	1.89

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Dönem başlarında ortalama pH değerleri 7.00'ın altında görülmüş ve en düşük değerler 39. m'lerde tespit edilmiştir. Altlıktaki pH'ın 7.00'ın altında olması durumunda amonyak oluşumu azalmakta, 8.00'in üzerinde ise artmaktadır (Coufal vd, 2006a; Reece vd, 1979). Buna göre dönem başlarında ölçülen değerler literatürde verilen sınır değer (pH<7.00) altındadır.

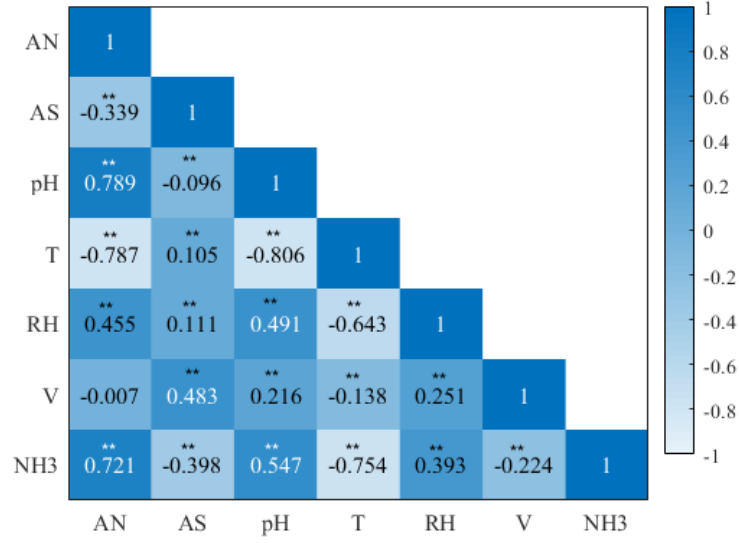
Dönem ortalarında D8'de KL-LM bölümlerinde pH 8.00 değerine yaklaşmış, dönem sonlarında ise D1, D5 ve D8'de özellikle duvara yakın olan AB-LM bölümlerinde pH 8.00 değerini aşmıştır. Bunun sonucu olarak da bu bölümlerde amonyak değerleri yüksek çıkmıştır. Yaz döneminde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 ve D7'de ise ortalama pH en düşük değerlerdedir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Altık pH değerlerinin dönemlik değişimleri

5.1.8. Parametreler Arasındaki İlişkiler

Kümes içi çevre koşulları (sıcaklık (T), bağıl nem (RH), hava akım hızı (V) ve amonyak konsantrasyonu (NH₃)) ve altlık kalite özellikleri (altlık nem içeriği (AN), altlık sıcaklığı (AS) ve altlık pH değeri (pH)) arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil 5.10).



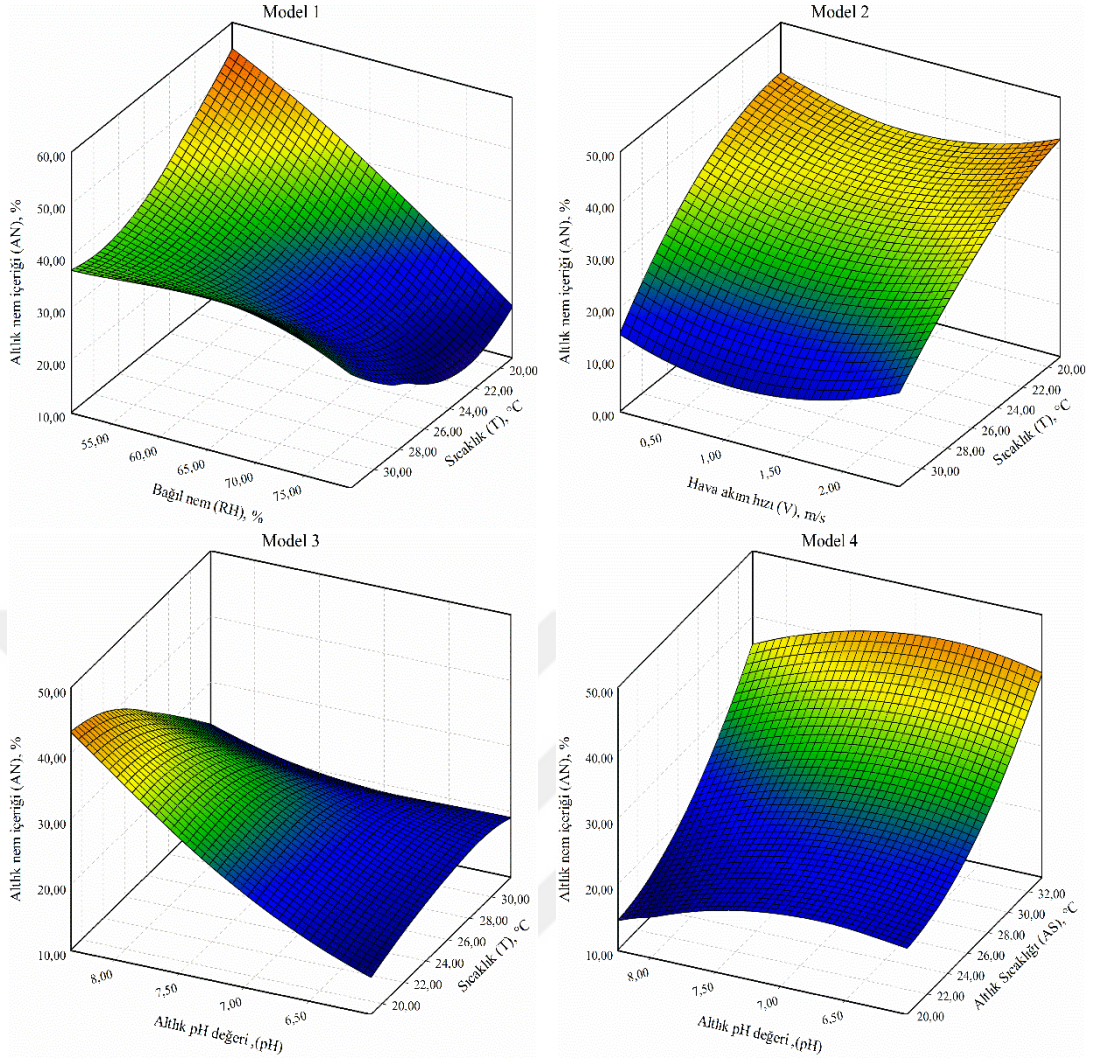
Şekil 5.10. Parametreler arasındaki korelasyon

Altılık kalite özelliklerinden AN'nin belirlenmesinde kullanılan modeller ve girdilerin katsayıları Tablo 5.8'de verilmiştir. Girdi olarak T ve RH'nin kullanıldığı Model 1'in R^2 değeri 0.68, T ve V'nin kullanıldığı Model 2'nin R^2 değeri 0.70, pH ve T'nin kullanıldığı Model 3'ün R^2 değeri 0.71, AS ve pH'nin kullanıldığı Model 4'ün R^2 değeri ise 0.73 olarak belirlenmiştir. Modellerin 3 boyutlu grafikleri Şekil 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.8. Altılık nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılan modeller

Model 1			Model 2		
	Katsayılar	SH		Katsayılar	SH
Kesişim	246.60	10.24**	Kesişim	-7.61	5.15*
T	-1.56	0.36**	T	5.32	0.43**
RH	-2.67	0.16**	V	-9.51	0.66**
T×RH	-0.11	0.01**	T ²	-0.14	0.01**
T×RH ²	-0.01	0.00**	V ²	2.80	0.25**
R ²	0.68		R ²	0.70	
Model 3			Model 4		
	Katsayılar	SH		Katsayılar	SH
Kesişim	-321.37	40.30**	Kesişim	98.27	18.69**
pH	38.78	3.98**	AS	4.09	0.59**
T	14.90	1.98**	pH	-43.36	4.65**
pH×T	-1.23	0.15**	pH ²	3.71	0.33**
T ²	-0.13	0.02**	AS ²	-0.08	0.01**
R ²	0.71		R ²	0.73	

**P<0.01, *P<0.05, SH: Standart hata, R²: Belirleme katsayısı



Şekil 5.11. Altık nem içeriğini belirlemede oluşturulan modellerin grafikleri

Model 1'in grafiği incelendiğinde düşük T değerlerinde (20.00-22.00 °C) RH miktarındaki azalışa paralel olarak AN doğrusal şekilde artmaktadır. T'nin yüksek olduğu durumlarda (28.00-30.00 °C) ise AN, RH'nın %65.00 olduğu zamana kadar artmakta, daha sonra ise değişmemektedir. En yüksek AN, T'nin ve RH'nın en düşük olduğu durumda gerçekleşmiştir. En düşük AN ise en yüksek RH içeriğinde (%75.00) ve T'nin yaklaşık 24.00 °C olduğu durumlarda görülmüştür.

Model 2'in grafiği incelendiğinde AN hem düşük hem de yüksek V değerlerinde T'nin düşmesine paralel olarak parabolik bir şekilde artmaktadır. V değerlerinin yaklaşık olarak 1.00 m s⁻¹ ve sıcaklık değerlerinin en yüksek (30.00 °C) olduğu durumlarda AN en düşük seviyelerdedir.

Model 3'ün grafiğinde T değerlerinin düşük olduğu durumlarda pH değerlerindeki artış AN'yi arttırmaktadır. T'nin yüksek olduğu durumlarda ise AN, pH değerindeki artıştan çok az etkilenmiştir.

Model 4'ün grafiğinde ise pH'nın hem düşük hem de yüksek değerleri için AS'nin artması AN'yi arttırmaktadır.

Kümes içi ilkimsel parametrelerden amonyak konsantrasyonu (NH₃)'da farklı modeller kullanılarak tahmin edilmiştir (Tablo 5.9). Girdi olarak T ve RH'nin kullanıldığı Model 1'in R² değeri 0.66, T ve V'nin kullanıldığı Model 2'nin R² değeri 0.73, pH ve AN'nin kullanıldığı Model 3'ün R² değeri 0.60, T ve AN'nin kullanıldığı Model 4'ün R² değeri ise 0.72 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.9. Amonyak konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan modeller

Model 5			Model 6		
	Katsayılar	SH		Katsayılar	SH
Kesişim	200.42	16.77**	Kesişim	79.87	3.51**
T	-8.72	0.64**	T	-3.85	0.27**
RH	-1.93	0.30**	V	-13.53	1.93**
T×RH	0.04	0.01**	T×V	0.36	0.08**
T ²	0.11	0.01**	T ²	0.06	0.00**
RH ²	0.01	0.00**	V ²	1.02	0.11**
R ²	0.66		R ²	0.73	
Model 7			Model 8		
	Katsayılar	SH		Katsayılar	SH
Kesişim	69.28	3.40**	Kesişim	77.74	2.18**
AN	-2.18	0.14**	T	-5.00	0.18**
pH	-7.93	0.45**	AN	0.22	0.01**
pH×AN	0.33	0.02**	T ²	0.09	0.00**
R ²	0.60		R ²	0.72	

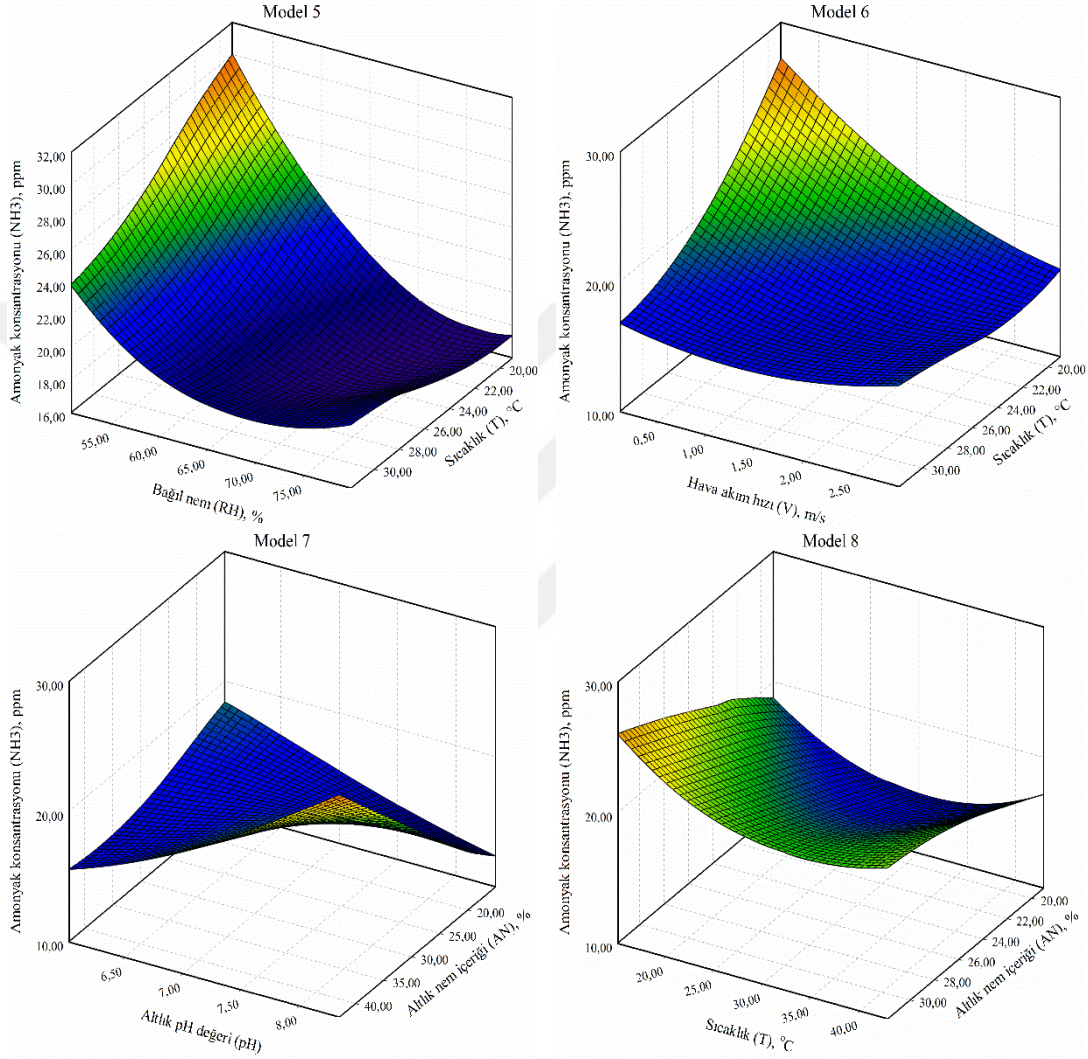
**P<0.01, *P<0.05, SH: Standart hata, R²: Belirleme katsayısı

Modellerin 3 boyutlu grafikleri Şekil 5.12'de verilmiştir. Model 5'in grafiği incelendiğinde düşük ve yüksek T değerlerinde RH miktarındaki azalışa paralel olarak NH₃ parabolik şekilde artmaktadır. En yüksek RH değerlerinde (%75.00) NH₃ en düşük seviyelerdedir. Düşük RH ve düşük T değerlerinde NH₃'ün en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir.

Model 6'da en yüksek NH₃ değerleri düşük V ve düşük T değerlerinde meydana gelmiştir. Yüksek V değerlerinde T'nin değişiminin NH₃ üzerine çok önemli etkisi olmazken, düşük V değerlerinde T'nin azalmasıyla NH₃ parabolik bir şekilde artmıştır. Benzer şekilde düşük T değerlerinde V'nin azalmasıyla NH₃'ün parabolik bir şekilde arttığı görülmektedir.

Model 7’de sadece yüksek pH ve AN içeriğinde NH₃ artmıştır. Diğer durumlarda çok önemli değişiklik görülmemiştir.

Model 8’de ise düşük ve yüksek AN değerlerinde T’nin azalması NH₃’ün artmasına neden olmuştur. En düşük T ve en yüksek AN değerlerinde NH₃ en yüksek değere ulaşmıştır.



Şekil 5.12. Amonyak konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan modellerin grafikleri

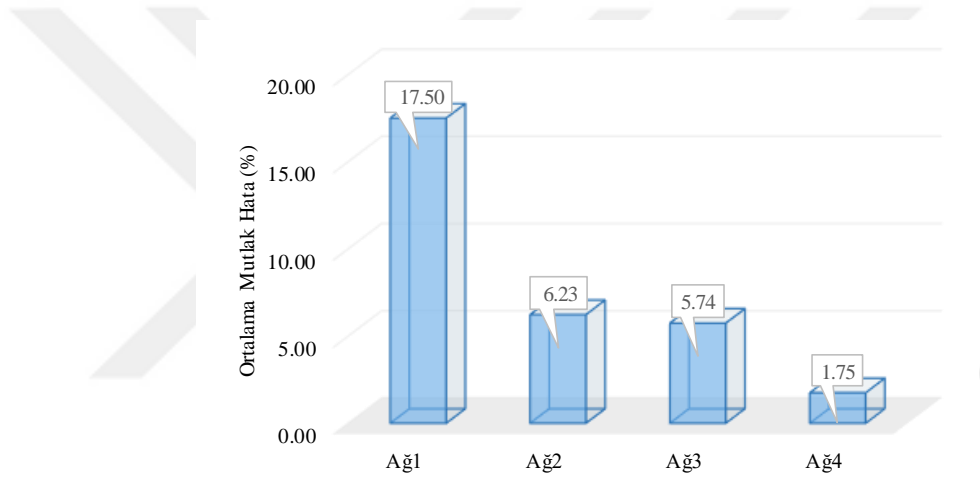
5.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.2.1. Ağ Yapısının Belirlenmesi

Ağ oluşturma, HAD problemlerinde çözümün elde edilmesinde gerekli en önemli işlemlerden biridir. Sonlu elemanlar metodunda problemin kesin çözümü değil yaklaşık çözümü elde edilir. Bundan dolayı ağ yapısı ne kadar düzgün ve küçük

yapılırsa çözüme yakınsama da o derece güvenilir olacaktır. Ancak sık aralıklı ağ yapmak hem bilgisayarı zorlayacak hem de işlem süresini uzatacaktır.

HAD sonuçlarının ağ yapısından bağımsızlığını belirlemek için Ağ1 (857,167 adet eleman), Ağ2 (3,588,968 adet eleman), Ağ3 (7,502,352 adet eleman) ve Ağ4 (13,798,267 adet eleman) olacak şekilde 4 farklı ağ yapısı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlardan en fazla eleman sayısına sahip olan Ağ4 modeli en iyi performansı göstermiştir. En fazla tahmin hatası ise Ağ1 modelinden elde edilmiştir. Ağ2 ve Ağ3 modelleri ise yaklaşık sonuçlar vermiştir (Şekil 5.13). Bundan dolayı problemin çözümlerinde Ağ2 modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ağ1 modeli tahmin hatasının yüksek olması nedeniyle, Ağ4 modeli ise işlem süresinin çok uzun olması nedeniyle tercih edilmemiştir.



Şekil 5.13. Farklı ağ yapıları için ortalama mutlak hata değerleri

Simülasyonlarda kullanılan Ağ2 modelinin yapısı ve kalite kriterleri Tablo 5.10'de verilmiştir. *Tetrahedral* ağ yapısının kullanıldığı modelin çarpıklık katsayısı 0.242, eleman kalitesi değeri 0.828 ve en-boy oranı değeri 1.870 olarak elde edilmiştir. Çarpıklık kriterlerine göre 0-0.25 arası "mükemmel", 0.25-0.50 arası "çok iyi", 0.50-0.80 arası "iyi", 0.80-0.94 arası "kabul edilebilir", 0.95-0.97 arası "kötü" ve 0.98-1.00 arası "kabul edilemez" olarak sınıflandırılmıştır. Eleman kalitesi değeri 0-1 arasında değişmekle birlikte 1 değeri "mükemmel", 0 değeri ise "kötü" olarak ifade edilmektedir. En-boy oranı kriterinde "mükemmel eleman" olarak tüm kenarların birbirine eşit ve en-boy oranının 1 olduğu eleman ifade edilmektedir. Bu kriter 1-∞ arasında değişmekle birlikte 20'nin üzerindeki değerler "kötü" olarak kabul edilir (Ansys, 2019). Tüm bu kriterler göz önüne alındığında oluşturulan ağın çözüm elde etmek için yeterli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.10. Oluşturulan ağı yapısı ve kalite kriterleri

Ağ yapısı	
Yöntem	Tetrahedral
Düğüm noktası sayısı	678,238
Eleman sayısı	3,588,968
Kalite Kriterleri	
Çarpıklık (<i>Skewness</i>)	0,242
Eleman kalitesi (<i>Element quality</i>)	0,828
En boy oranı (<i>Aspect ratio</i>)	1,870

5.2.2. Sınır Koşullarının Belirlenmesi

Kümes içi çevre koşullarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen simülasyonlarda basınca bağlı çözüm ve türbülans modeli olarak RNG k-ε seçilmiştir (Tablo 5.11).

Tablo 5.11. Kullanılan parametreler ve yöntemler

Parametre	Yöntem
Çözücü	Basınca bağlı çözüm (<i>Pressure based</i>)
Akışkan	Hava+su buharı+amonyak karışımı
Denklemler	Enerji, türbülans, karışım denklemleri
Türbülans modeli	RNG k-ε
Formülasyon	2.Dereceden kapalı çözüm (<i>2nd order implicit</i>)
Basınç-hız ilişkilendirilmesi	SIMPLE
Yakınsama kriteri	Normalize edilmiş kalanlar (10^{-3})

Kümes içi çevre koşullarının (sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak) HAD analizi yardımıyla çözümünde kullanılan sınır koşul değerleri Tablo 5.12 ve 5.13 de verilmiştir. Kümeslerde sıcaklık stresi genellikle dönem sonlarında görülmektedir. Bu yüzden HAD analizleri dönem sonlarındaki veriler kullanılarak yapılmıştır. Yaz döneminin hâkim olduğu D3 ve D7 dönemlerinde dış ortamdaki hava kümesin yan duvarlarında bulunan soğutma peteklerinden içeriye girmiştir. Bunun için bu dönemlerde giriş açıklığı olarak soğutma petekleri kullanılmıştır.

Tablo 5.12. Simülasyonlarda kullanılan sınır koşulları

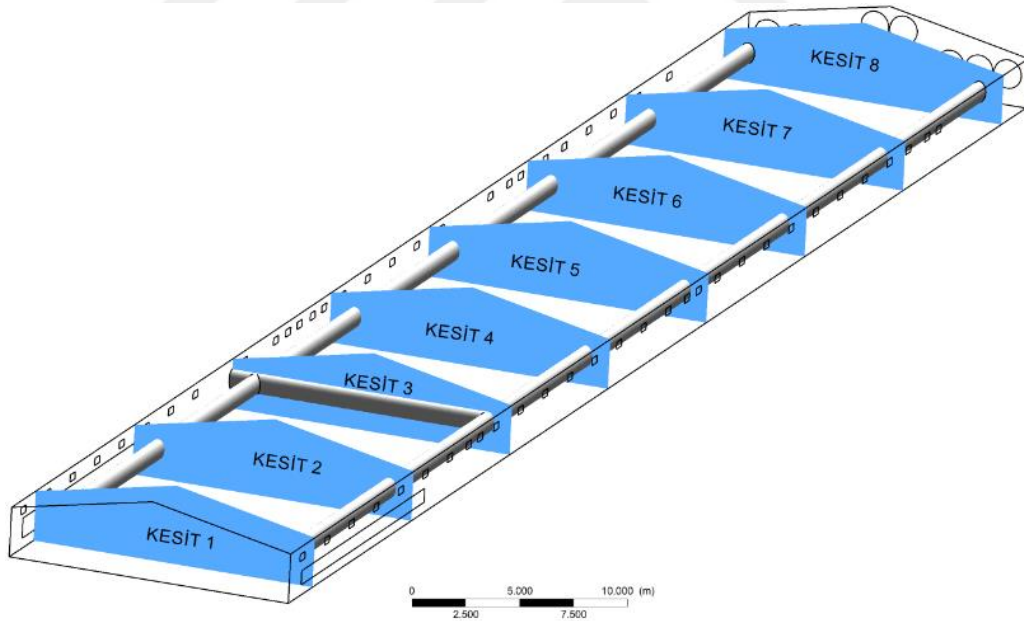
Dönem	Tarih	T _{giriş} (°C)	RH _{giriş} (%)	V _{giriş} (m s ⁻¹)	Giriş açıklığı (°)	Çalışan fan sayısı (adet)
D1	14.03.2018	8.80	81.30	4.63	22.50	2
D2	18.05.2018	22.00	68.16	5.51	49.50	5
D3	19.07.2018	27.40	66.02	5.64	45.00*	7
D4	18.12.2018	11.07	76.68	5.27	29.70	3
D5	18.02.2019	7.95	80.28	4.71	22.45	2
D6	23.04.2019	10.90	65.94	5.25	29.70	3
D7	24.08.2019	29.12	48.33	5.80	45.00*	9
D8	22.10.2019	12.28	69.71	5.30	29.70	3

*Soğutma peteklerindeki hava giriş açıklığı

Tablo 5.13. Hayvan başına üretilen ısı, nem ve amonyak üretimleri

Dönem	Hayvan sayısı (adet)	Ortalama ağırlık (kg)	Duyulur ısı üretimi (W)	Gizli ısı üretimi (W)	Nem üretimi (kg s ⁻¹)	Amonyak salınımı (g)
D1	17,364	2.34	18.27	11.38	4.6E ⁻⁰⁶	1.01
D2	18,020	2.40	22.88	12.27	5.0E ⁻⁰⁶	1.68
D3	18,000	2.42	22.26	12.57	5.1E ⁻⁰⁶	2.00
D4	17,971	2.42	22.24	12.57	5.1E ⁻⁰⁶	1.34
D5	16,356	2.66	21.55	16.60	6.8E ⁻⁰⁶	1.06
D6	17,272	2.63	23.15	16.06	6.6E ⁻⁰⁶	1.25
D7	17,684	2.64	23.74	16.24	6.6E ⁻⁰⁶	2.14
D8	17,777	2.35	21.40	11.52	4.7E ⁻⁰⁶	1.27

HAD analizi ile elde edilen verilerin doğrulanmasında kümes içi ölçümlerinden elde edilen 57 adet (24 adet hayvan seviyesi, 24 adet insan seviyesi ve 9 adet çatı seviyesi) veri kullanılmıştır. Ölçümlerin doğruluğunun belirlenmesi amacıyla FB, IMQ, FAC2, MG ve VG kriterleri belirlenmiştir. HAD analizi sonucu elde edilen verilerin dağılım haritaları altlık örneklerinin alındığı 8 farklı kesitte görsel olarak verilmiştir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Kümesin kesit konumlarının gösterimi

5.2.3. Kümes İçi Sıcaklık Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları

Kümes içi sıcaklık değerlerinin doğrulanmasında ele alınan kriterler Tablo 5.14'de verilmiştir. Buna göre tüm dönemlerde simülasyondan elde edilen sonuçların kabul edilebileceği belirlenmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamaları arasında iyi bir uyum görülmektedir (Tablo 5.15). Tüm dönemler için ortalama bağıl hata değerleri Şekil 5.15'de verilmiştir. En yüksek hata değerleri D1 (%1.64) ve D5 (%1.79) dönemlerinde görülmüştür. Bu dönemlerde kış mevsiminde yetiştiricilik yapıldığından dolayı kümes içi sıcaklığın dağılımını azda olsa etkilediği düşünülmüştür. Ayrıca tüm dönemler için en yüksek hata değerlerinin hayvan seviyesinde meydana geldiği belirlenmiştir. Benzer şekilde Du vd (2019a) yapmış oldukları çalışmada ölçüm yaptıkları 30 noktadan 25'inde bağıl hata değerlerinin %5.00'in altında kaldığını ve en yüksek hata değerlerinin hayvan seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Yapılmış diğer çalışmalarda kümes içi sıcaklık için ortalama bağıl hata değerini %0.10 olarak hesaplanmıştır (Cheng vd, 2018; Mostafa vd, 2012).

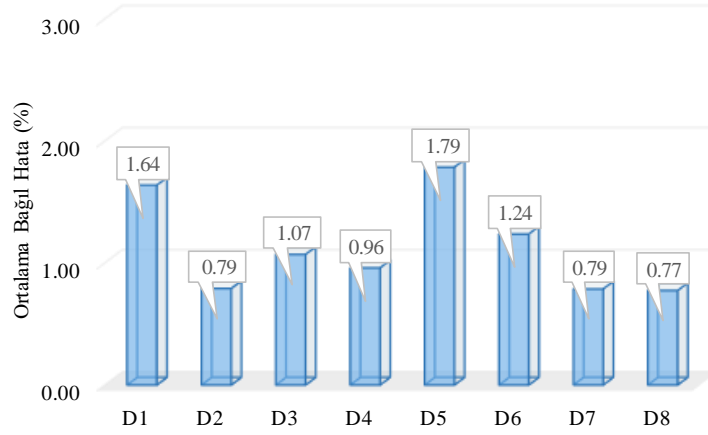
Ortalama değerler bakımından benzer sonuçlar olmasına rağmen noktasal değerler incelendiğinde bazı bölümlerde yüksek ya da düşük tahmin edilen değerler mevcuttur (Şekil 5.16).

Tablo 5.14. Kümes içi sıcaklık değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları

Dönemler	FB (<0.3)	FAC2 (0.5-2.0)	MG (0.7-1.3)	VG (<4.0)	IOA (>0.5)
D1	0.002	0.998	1.002	1.004	0.873
D2	0.005	1.005	0.995	0.991	0.849
D3	0.003	1.003	0.997	0.994	0.770
D4	0.001	1.001	0.999	0.999	0.802
D5	0.005	1.005	0.995	0.990	0.774
D6	0.006	1.007	0.994	0.987	0.826
D7	0.004	1.004	0.997	0.993	0.884
D8	0.004	1.004	0.996	0.992	0.793

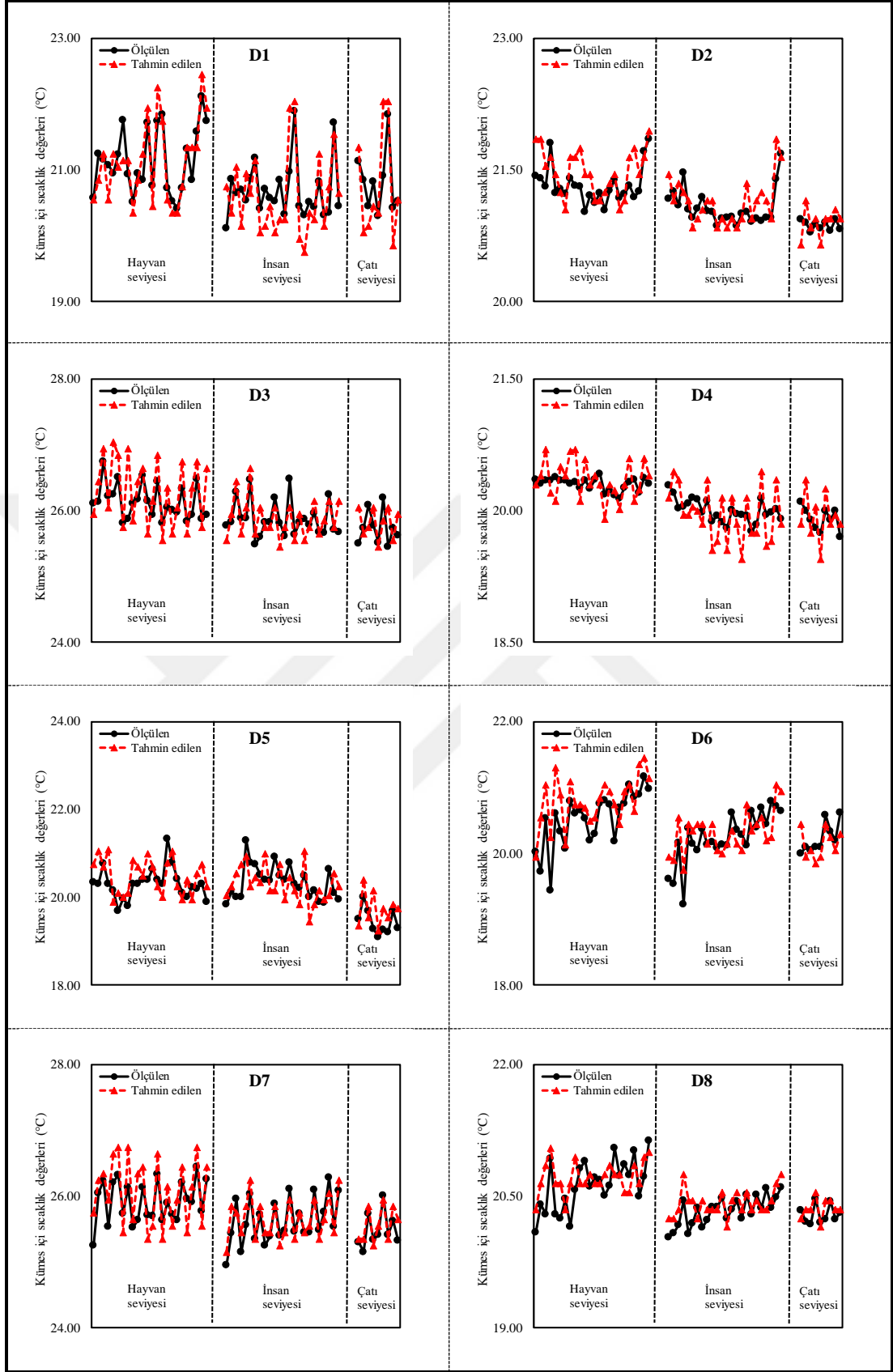
Tablo 5.15. Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık değerleri (°C) (Ort±SS)

Dönem	Hayvan seviyesi		İnsan seviyesi		Çatı seviyesi	
	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen
D1	21.14±0.49	21.13±0.61	20.69±0.43	20.62±0.62	20.81±0.45	20.76±0.80
D2	21.32±0.21	21.48±0.26	21.07±0.20	21.13±0.26	20.87±0.05	20.91±0.16
D3	26.14±0.26	26.30±0.49	25.88±0.27	25.89±0.30	25.74±0.24	25.82±0.22
D4	20.30±0.07	20.35±0.22	20.00±0.13	19.96±0.30	19.90±0.13	19.93±0.25
D5	20.31±0.35	20.49±0.40	20.35±0.38	20.31±0.41	19.45±0.28	19.73±0.35
D6	20.53±0.42	20.80±0.38	20.25±0.38	20.32±0.32	20.23±0.22	20.14±0.21
D7	25.92±0.31	26.07±0.49	25.63±0.34	25.65±0.31	25.48±0.25	25.57±0.25
D8	20.63±0.29	20.71±0.18	20.33±0.16	20.43±0.15	20.29±0.10	20.36±0.11



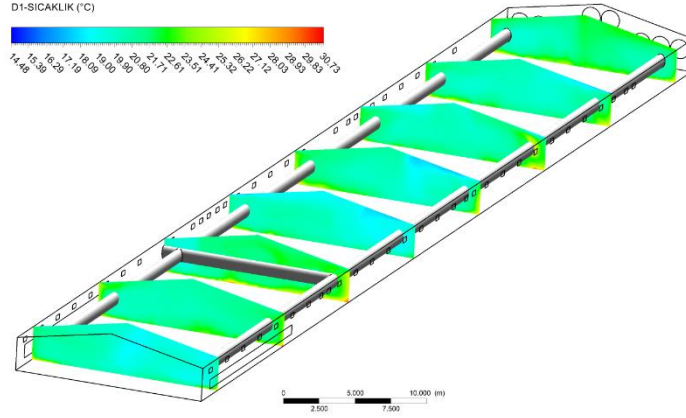
Şekil 5.15. Sıcaklık tahmininde ortalama bağıl hata

Simülasyon sonucu elde edilen dağılım haritaları incelendiğinde (Şekil 5.17 ve Şekil 5.18), yaz mevsiminin hâkim olduğu D3 ve D7 dönemlerinde yeterince soğutmanın sağlanamadığı görülmektedir. Araştırmacılar yetiştirme dönemlerinin sonlarında kümes içi sıcaklık değerlerinin 18.00-21.00 °C olmasını gerektiğini önermektedirler (Bayraktar vd, 2004). Bu veriler esas alınığında D3 ve D7 dönemlerinde iç ortam sıcaklığında artış görülmektedir. Diğer dönemler için ise sıcaklığın istenilen sınırlar içinde tutulduğu söylenebilir. Sıcaklık değerlerinin kümes içindeki dağılımı incelendiğinde tünel havalandırmasının uygulandığı dönemlerde havanın kümes içine girdiği soğutma peteklerinin olduğu bölümlerde sıcaklık değerleri düşük, fan bölümüne doğru sıcaklığın arttığı görülmektedir. Elde edilen bulgular bu konuda yapılmış diğer çalışmalarla uyumludur (Lee vd, 2007; Osorio vd, 2011; Pourvosoghi vd, 2018).

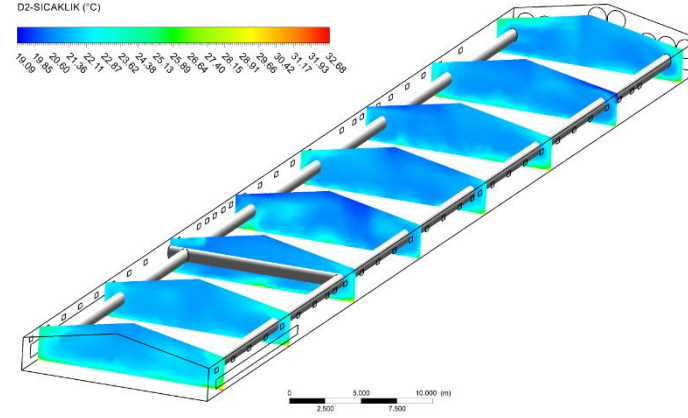


Şekil 5.16. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi sıcaklık değerleri

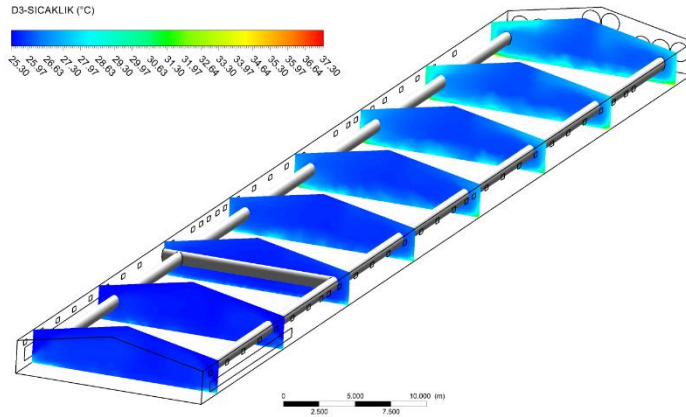
D1



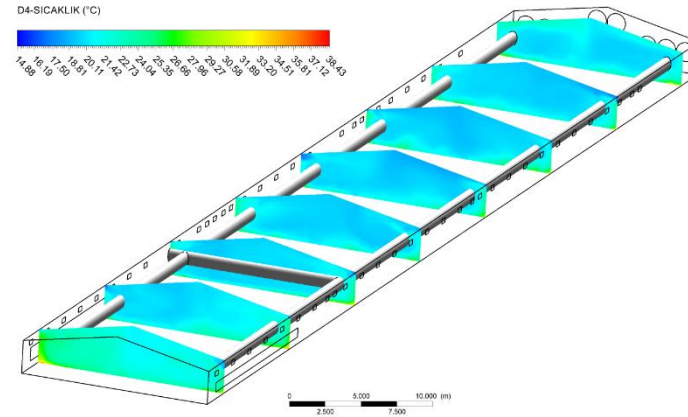
D2



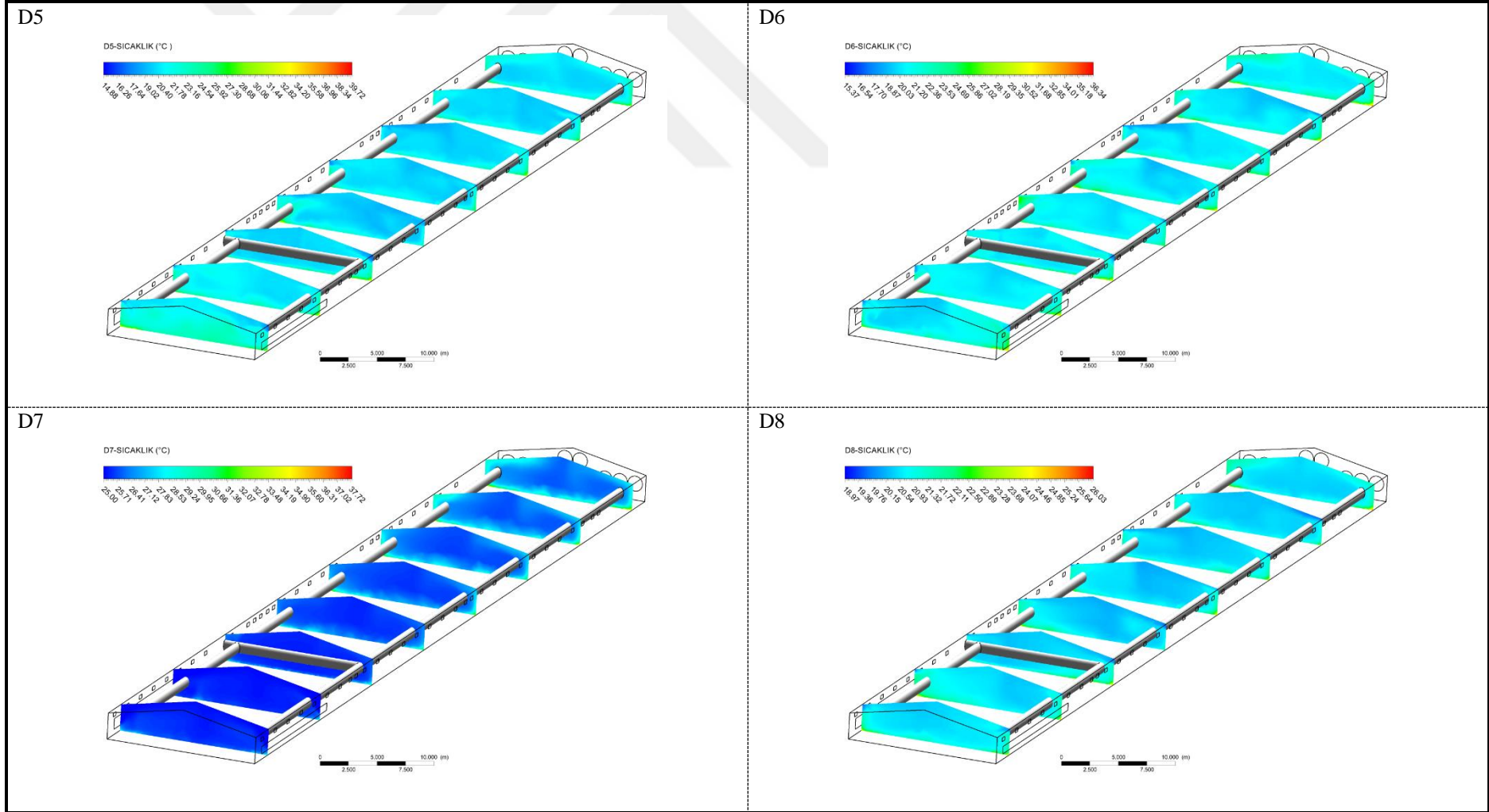
D3



D4



Şekil 5.17. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi sıcaklık dağılımları



Şekil 5.18. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi sıcaklık dağılımları

5.2.4. Kümes İçi Bağlı Nem Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları

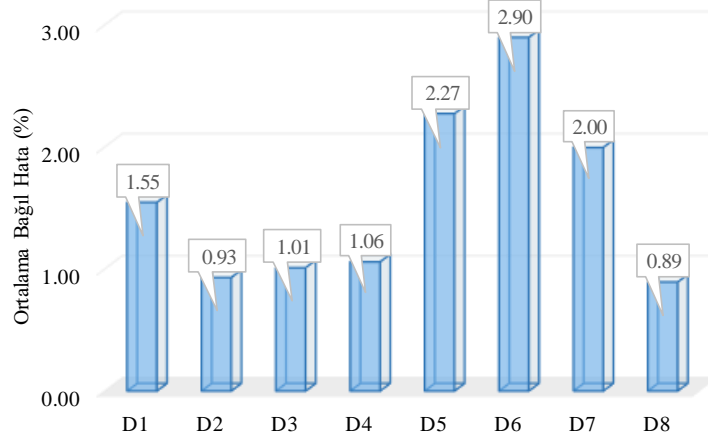
Kümes içi bağlı nem değerlerinin doğrulanmasında ele alınan kriterler Tablo 5.16'de verilmiştir. Buna göre tüm dönemlerde simülasyondan elde edilen sonuçların kabul edilebileceği belirlenmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamaları arasında iyi bir uyum görülmektedir (Tablo 5.17). Tüm dönemler için ortalama bağlı hata değerleri Şekil 5.19'da verilmiştir. En yüksek hata değerleri D6 (%2.90) ve D5 (%2.27) dönemlerinde görülmüştür. Du vd (2019a) ölçüm yaptıkları 30 noktadan 18'inde bağlı hata değerlerini %5.00 altında olduğunu ve geliştirdikleri modelin bağlı nem değerlerini ölçülen değerlerden daha düşük tahmin ettiğini belirlemişlerdir. Özellikle kümesin fana yakın olan bölümlerinde ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında farklılıkların daha fazla arttığını ifade etmişlerdir. Ortalama değerler bakımından benzer sonuçlar olmasına rağmen noktasal değerler incelendiğinde genellikle bağlı nem değerleri düşük tahmin edilmiştir (Şekil 5.20). Yapılan çalışmalarda bunun ana nedeni model tahmininde yalnızca hayvanların nem üretiminin hesaba katılmasının olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte gübrenin de nem üretimine katkıda bulunabileceği ifade edilmiştir (Du vd, 2019a; Tong vd, 2019b).

Tablo 5.16. Kümes içi bağlı nem değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları

Dönemler	FB (<0.3)	FAC2 (0.5-2.0)	MG (0.7-1.3)	VG (<4.0)	IOA (>0.5)
D1	0.004	0.995	1.005	1.009	0.942
D2	0.005	0.995	1.005	1.010	0.816
D3	0.002	1.002	0.998	0.996	0.864
D4	0.001	0.999	1.001	1.003	0.934
D5	0.001	1.003	0.998	0.996	0.879
D6	0.002	0.999	1.001	1.003	0.819
D7	0.002	1.002	0.998	0.996	0.768
D8	0.002	1.002	0.998	0.996	0.796

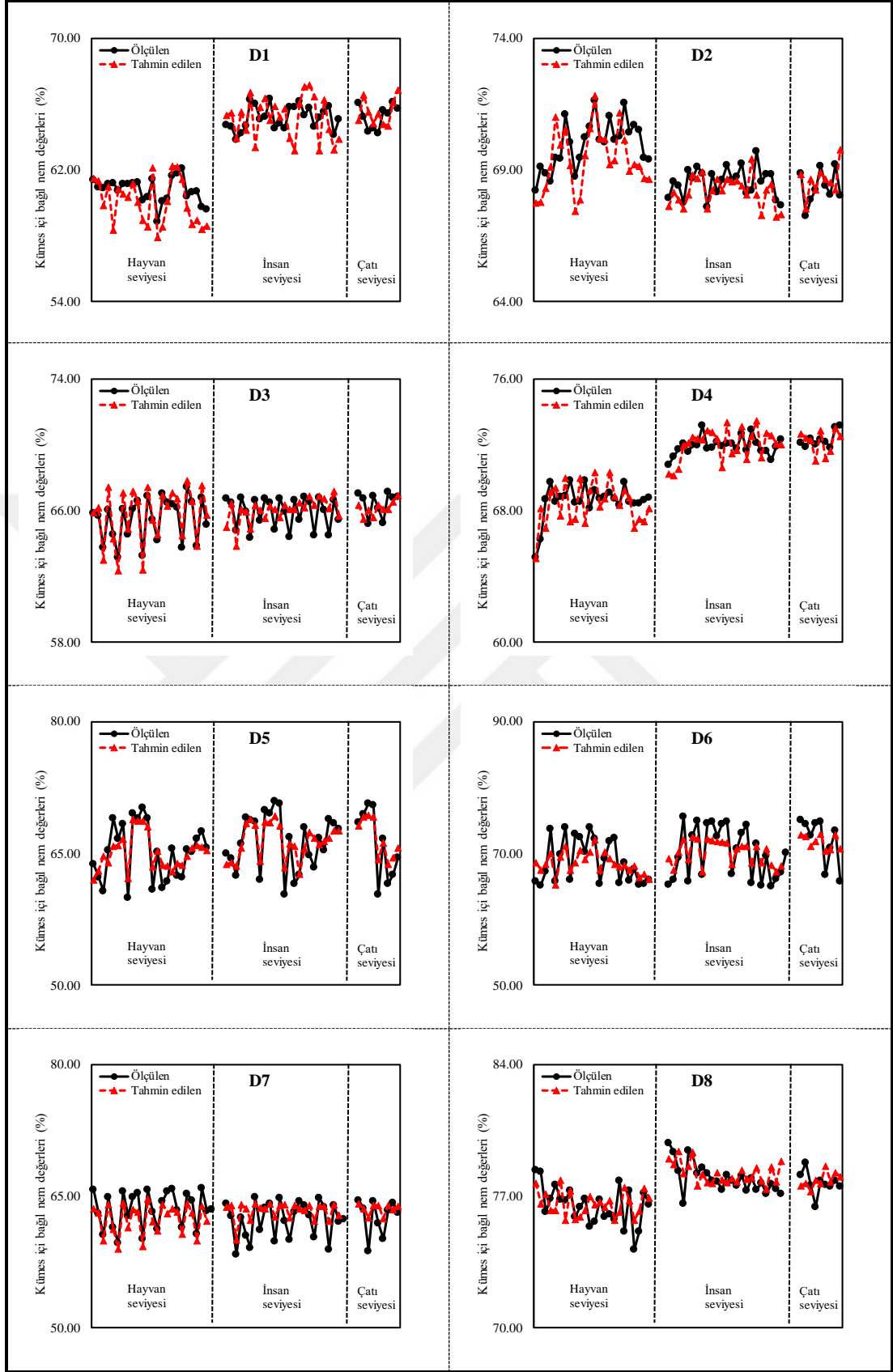
Tablo 5.17. Ölçülen ve tahmin edilen bağlı nem değerleri (%) (Ort.±SS)

Dönem	Hayvan seviyesi		İnsan seviyesi		Çatı seviyesi	
	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen
D1	60.79±0.75	60.07±1.38	65.19±0.72	65.16±1.27	62.28±0.69	65.54±0.76
D2	69.97±0.92	69.41±1.16	68.55±0.55	68.19±0.57	68.35±0.60	68.59±0.57
D3	65.49±1.29	65.75±1.65	65.90±0.90	66.05±0.71	66.45±0.71	66.17±0.41
D4	68.61±1.03	68.36±1.27	71.93±0.52	72.01±0.95	72.34±0.44	72.18±0.69
D5	65.15±3.15	65.11±2.01	66.35±3.12	66.40±1.99	66.08±3.77	66.71±2.16
D6	68.86±3.31	68.53±1.63	70.12±3.95	70.15±1.79	72.07±3.36	73.07±1.10
D7	63.53±2.07	62.43±1.69	62.36±2.06	63.36±0.96	62.68±1.91	63.57±0.59
D8	76.51±1.04	76.61±0.65	77.99±0.80	78.22±0.55	77.69±0.59	77.86±0.37



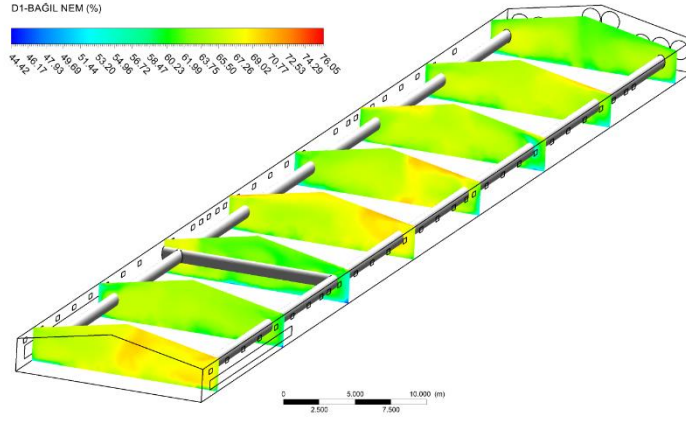
Şekil 5.19. Bağıl nem tahmininde ortalama bağıl hata

Simülasyon sonucu elde edilen dağılım haritaları incelendiğinde (Şekil 5.21 ve Şekil 5.22), kümesin ilk bölümlerinde (Kesit 1) bağıl nem değerleri en düşük seviyelerdedir. Kümesin ilk bölümlerinden sonuna doğru nem miktarında artış olduğu görülmektedir. Hava akım hızının düşük olduğu bölümlerde bağıl nem oranında düşük kaldığı belirlenmiştir. Benzer sonuçları farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda elde etmişlerdir (Du vd, 2019a; Tong vd, 2019b).

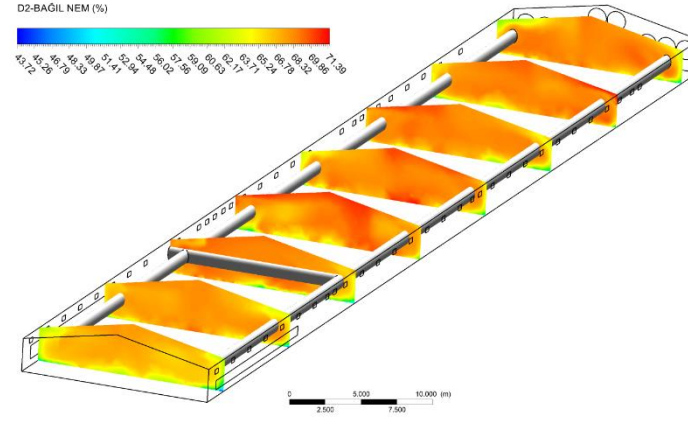


Şekil 5.20. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi bağıl nem değerleri

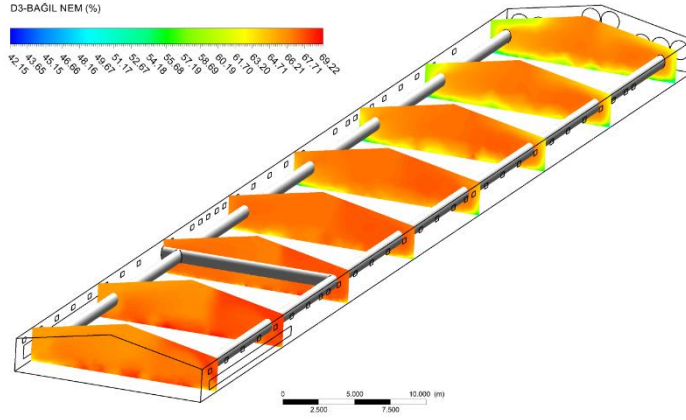
D1



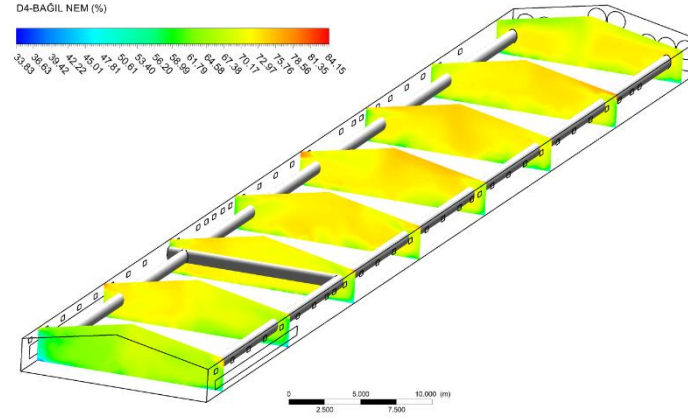
D2



D3

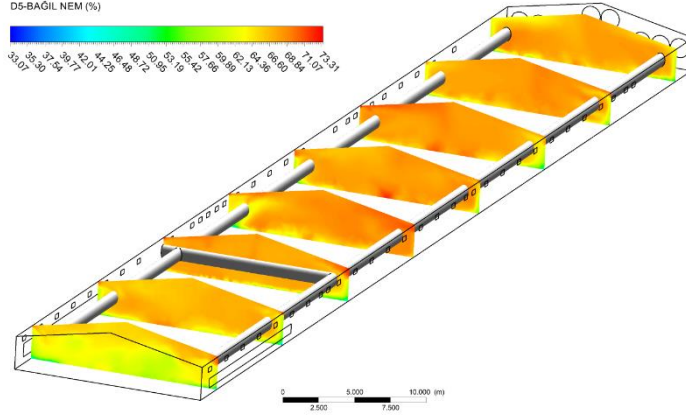


D4

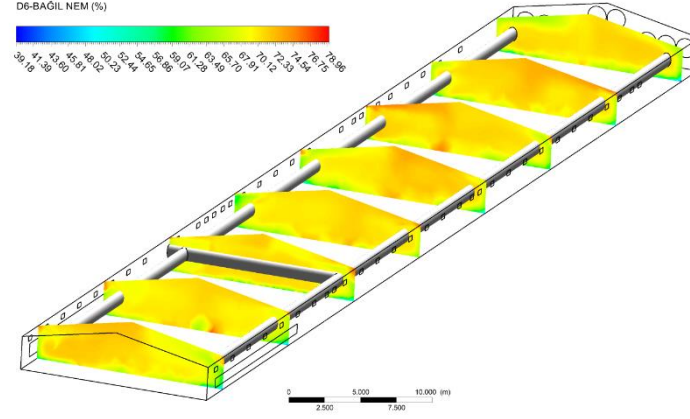


Şekil 5.21. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi bağıl nem dağılımları

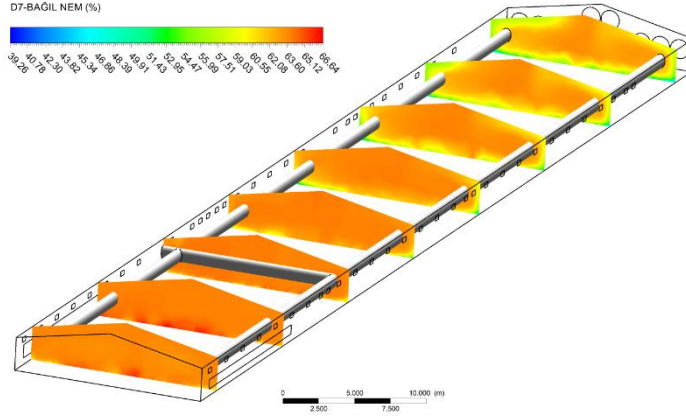
D5



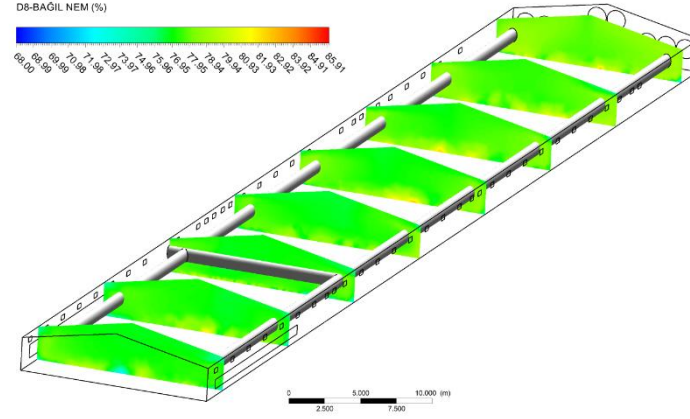
D6



D7



D8



Şekil 5.22. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi bağıl nem dağılımları

5.2.5. Kümes İçi Hava Akım Hızı Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları

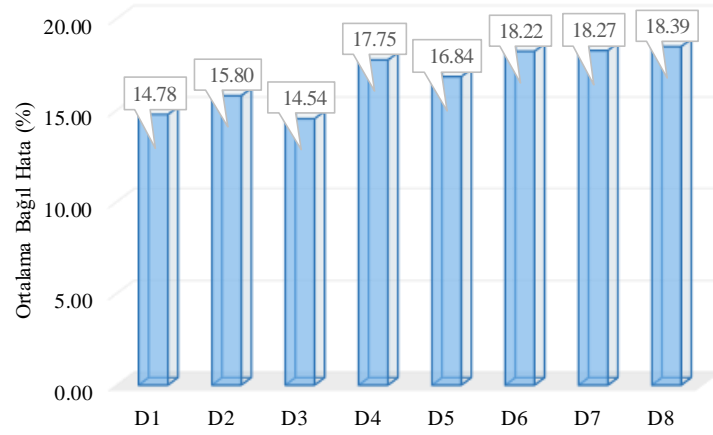
Kümes içi hava akım hızı değerlerinin doğrulanmasında ele alınan kriterler gözönüne alındığında tüm dönemlerde simülasyondan elde edilen sonuçların kabul edilebileceği belirlenmiştir (Tablo 5.18). Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 5.19). Tüm dönemler için ortalama bağıl hata değerleri incelendiğinde en düşük değer (%14.54) D3 döneminde, en yüksek değer (%18.39) D8 döneminde görülmüştür (Şekil 5.23). Ölçülen ve tahmin edilen değerler noktasal olarak değerlendirildiğinde en yüksek hata değerlerinin hayvan seviyesinde olduğu görülmektedir (Şekil 5.24). Benzer şekilde Cheng vd (2018) yaptıkları çalışmada ortalama bağıl hata değerini %9.50 olarak hesaplamışlardır. En yüksek hata değerlerinin hava akım hızının düşük olduğu bölümlerde meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Tablo 5.18. Kümes içi hava akım hızı değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları

Dönemler	FB (<0.3)	FAC2 (0.5-2.0)	MG (0.7-1.3)	VG (<4.0)	IOA (>0.5)
D1	0.007	1.012	1.001	1.002	0.923
D2	0.061	1.095	0.928	0.862	0.934
D3	0.009	1.033	0.977	0.954	0.981
D4	0.006	1.034	0.990	0.981	0.856
D5	0.006	1.078	0.942	0.888	0.866
D6	0.023	1.062	0.965	0.931	0.883
D7	0.005	1.070	0.958	0.918	0.891
D8	0.035	1.075	0.953	0.908	0.816

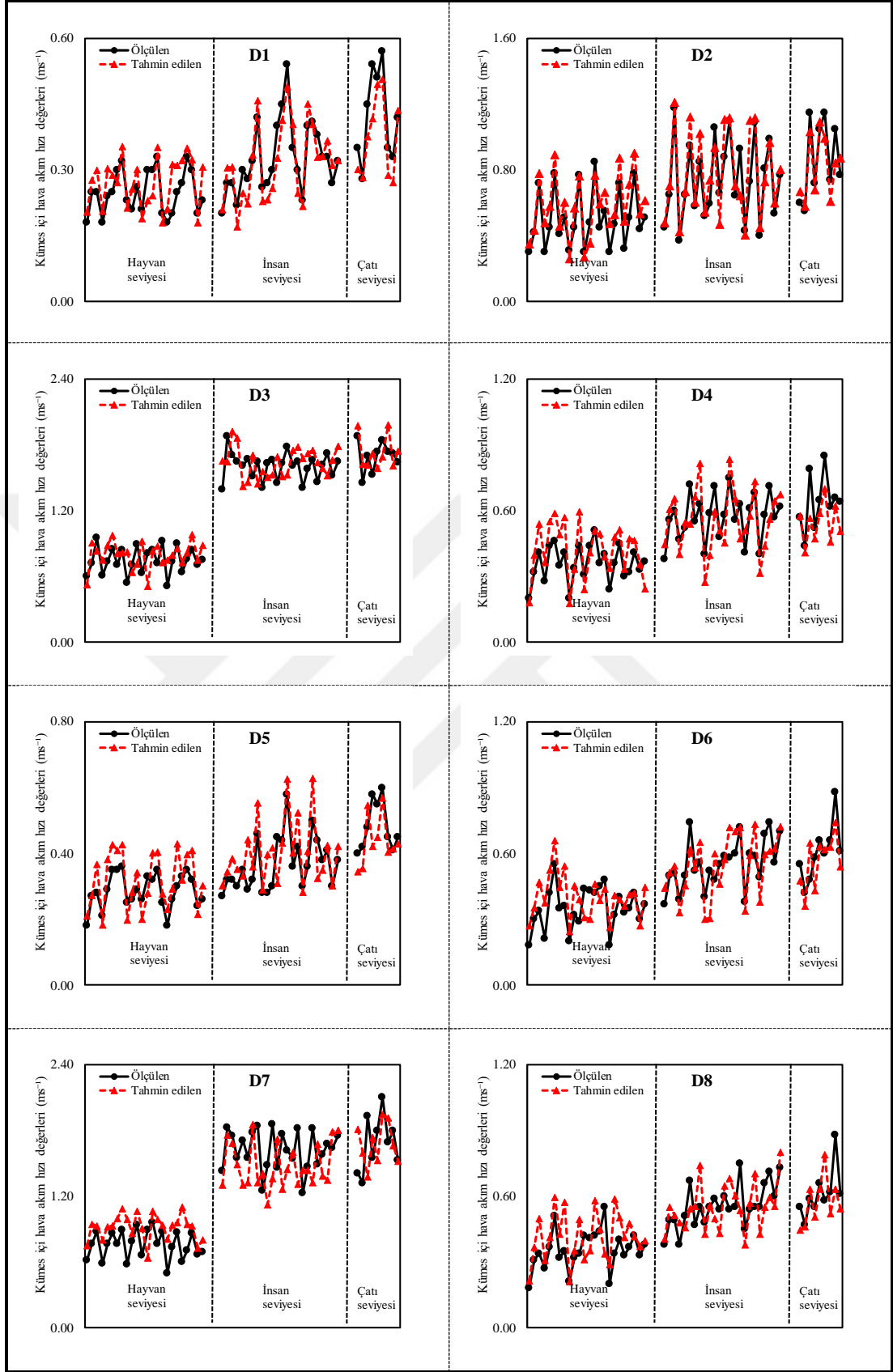
Tablo 5.19. Ölçülen ve tahmin edilen hava akım hızı değerleri ($m s^{-1}$)(Ort \pm SS)

Dönem	Hayvan seviyesi		İnsan seviyesi		Çatı seviyesi	
	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen
D1	0.25 \pm 0.05	0.27 \pm 0.06	0.33 \pm 0.08	0.32 \pm 0.09	0.37 \pm 0.11	0.35 \pm 0.10
D2	0.50 \pm 0.18	0.58 \pm 0.19	0.74 \pm 0.24	0.78 \pm 0.26	0.86 \pm 0.22	0.82 \pm 0.18
D3	0.75 \pm 0.12	0.80 \pm 0.12	1.60 \pm 0.12	1.64 \pm 0.13	1.69 \pm 0.13	1.73 \pm 0.14
D4	0.36 \pm 0.08	0.42 \pm 0.12	0.57 \pm 0.11	0.56 \pm 0.14	0.64 \pm 0.12	0.54 \pm 0.09
D5	0.29 \pm 0.05	0.32 \pm 0.08	0.37 \pm 0.08	0.40 \pm 0.10	0.48 \pm 0.07	0.44 \pm 0.07
D6	0.35 \pm 0.10	0.40 \pm 0.10	0.55 \pm 0.11	0.54 \pm 0.14	0.60 \pm 0.12	0.56 \pm 0.11
D7	0.76 \pm 0.13	0.92 \pm 0.12	1.62 \pm 0.18	1.48 \pm 0.20	1.68 \pm 0.24	1.68 \pm 0.18
D8	0.36 \pm 0.09	0.41 \pm 0.11	0.56 \pm 0.10	0.55 \pm 0.11	0.61 \pm 0.11	0.57 \pm 0.10

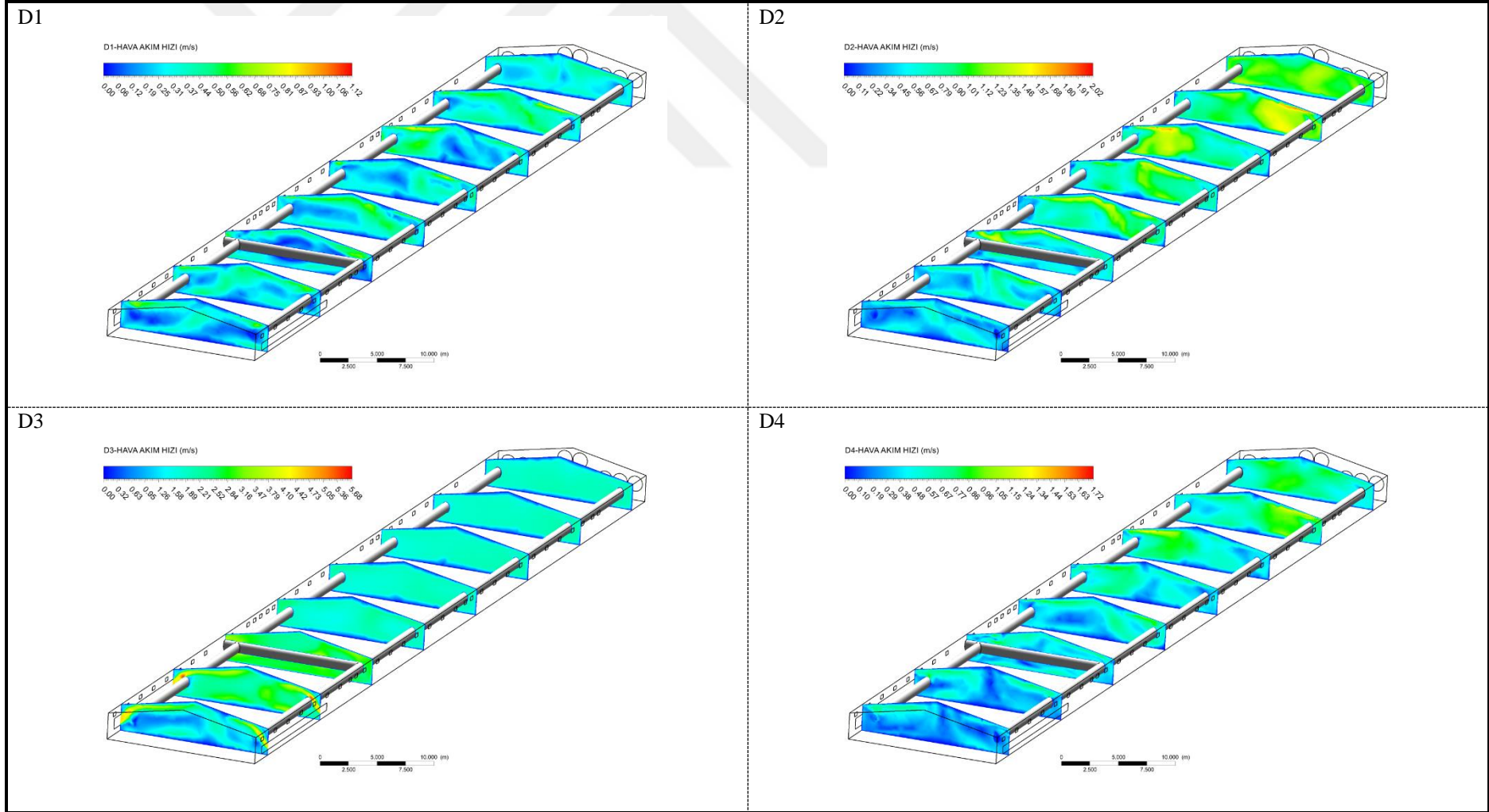


Şekil 5.23. Hava akım hızı tahmininde ortalama bağıl hata

Simülasyondan elde edilen sonuçlara göre çizilen haritalar incelendiğinde (Şekil 5.25 ve Şekil 5.26), tünel havalandırmasının uygulandığı D3 ve D7 dönemlerinde daha yüksek hava akım hızı değerleri elde edilmiştir. Minimum havalandırmanın uygulandığı D1 ve D5 dönemlerde kümesin ilk bölümlerinde (Kesit 1) hava akım hızının çok düşük olduğu durgun alanların olduğu tespit edilmiştir. D1 döneminde hava akım hızı değerleri $0.00-1.12 \text{ m s}^{-1}$ arasında, D2 döneminde $0.00-2.02 \text{ m s}^{-1}$, D3 döneminde $0.00-5.68 \text{ m s}^{-1}$ arasında, D4 döneminde $0.00-1.72 \text{ m s}^{-1}$ arasında, D5 döneminde $0.00-1.37 \text{ m s}^{-1}$ arasında, D6 döneminde $0.00-1.76 \text{ m s}^{-1}$ arasında, D7 döneminde $0.00-5.73 \text{ m s}^{-1}$ arasında ve D8 döneminde $0.00-1.78 \text{ m s}^{-1}$ arasında değişmektedir.

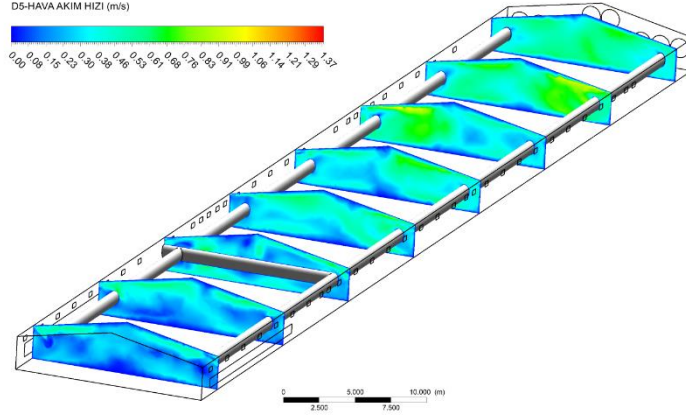


Şekil 5.24. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi hava akım hızı değerleri

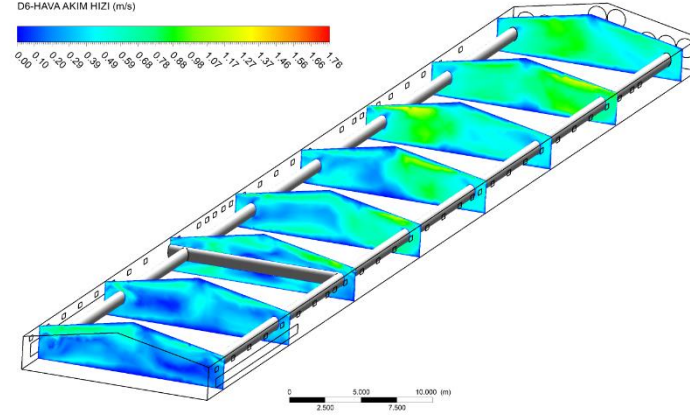


Şekil 5.25. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi hava akım hızı dağılımları

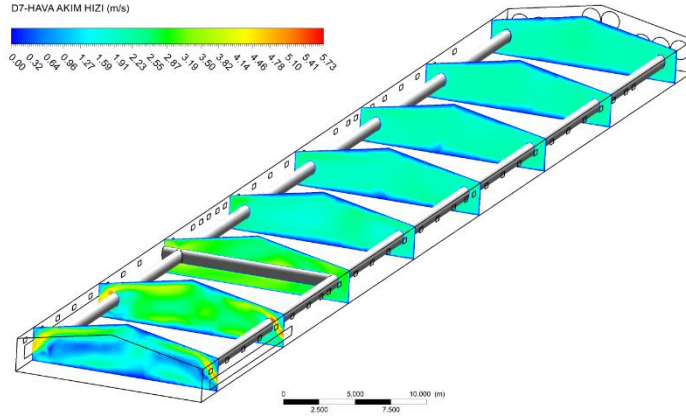
D5



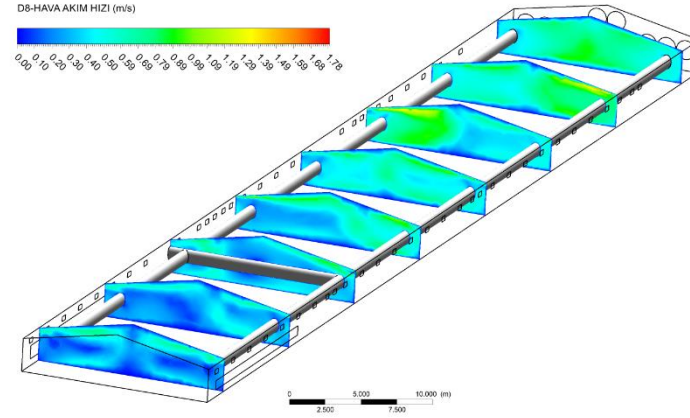
D6



D7



D8



Şekil 5.26. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi hava akım hızı dağılımları

5.2.6. Kümes İçi Amonyak Değerlerinin Sayısal Analiz Sonuçları

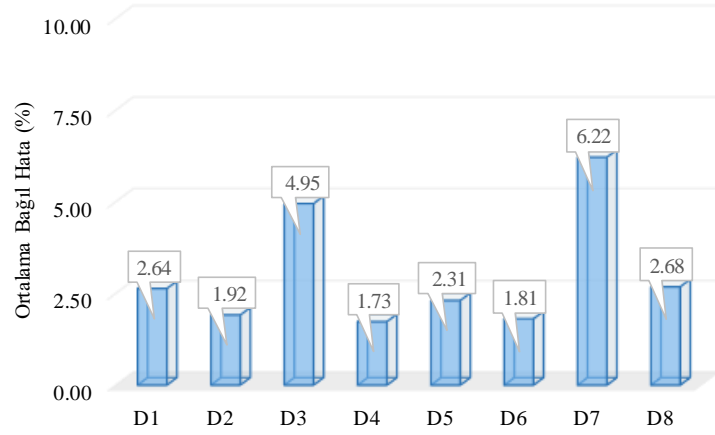
Kümes içi amonyak değerlerinin doğrulanmasında ele alınan kriterler Tablo 5.20'de verilmiştir. Buna göre tüm dönemlerde simülasyondan elde edilen sonuçların kabul edilebileceği belirlenmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin benzer sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 5.21). Tüm dönemler için ortalama bağıl hata değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin tünel havalandırma sistemlerinin uygulandığı D3 (%4.95) ve D7 (%6.22) dönemlerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.27). Değerler noktasal bazda değerlendirildiğinde en yüksek hata değerlerinin hayvan seviyesinde meydana geldiği görülmektedir (Şekil 5.28).

Tablo 5.20. Kümes içi amonyak değerlerinin doğrulanmasında kullanılan kriterlerin sonuçları

Dönemler	FB (<0.3)	FAC2 (0.5-2.0)	MG (0.7-1.3)	VG (<4.0)	IOA (>0.5)
D1	0.009	1.010	0.990	0.981	0.815
D2	0.006	0.995	1.006	1.011	0.903
D3	0.011	1.013	0.989	0.978	0.764
D4	0.006	1.006	0.994	0.989	0.937
D5	0.009	1.010	0.990	0.981	0.782
D6	0.004	0.997	1.004	1.007	0.763
D7	0.031	0.975	1.030	1.062	0.714
D8	0.014	1.016	0.985	0.970	0.761

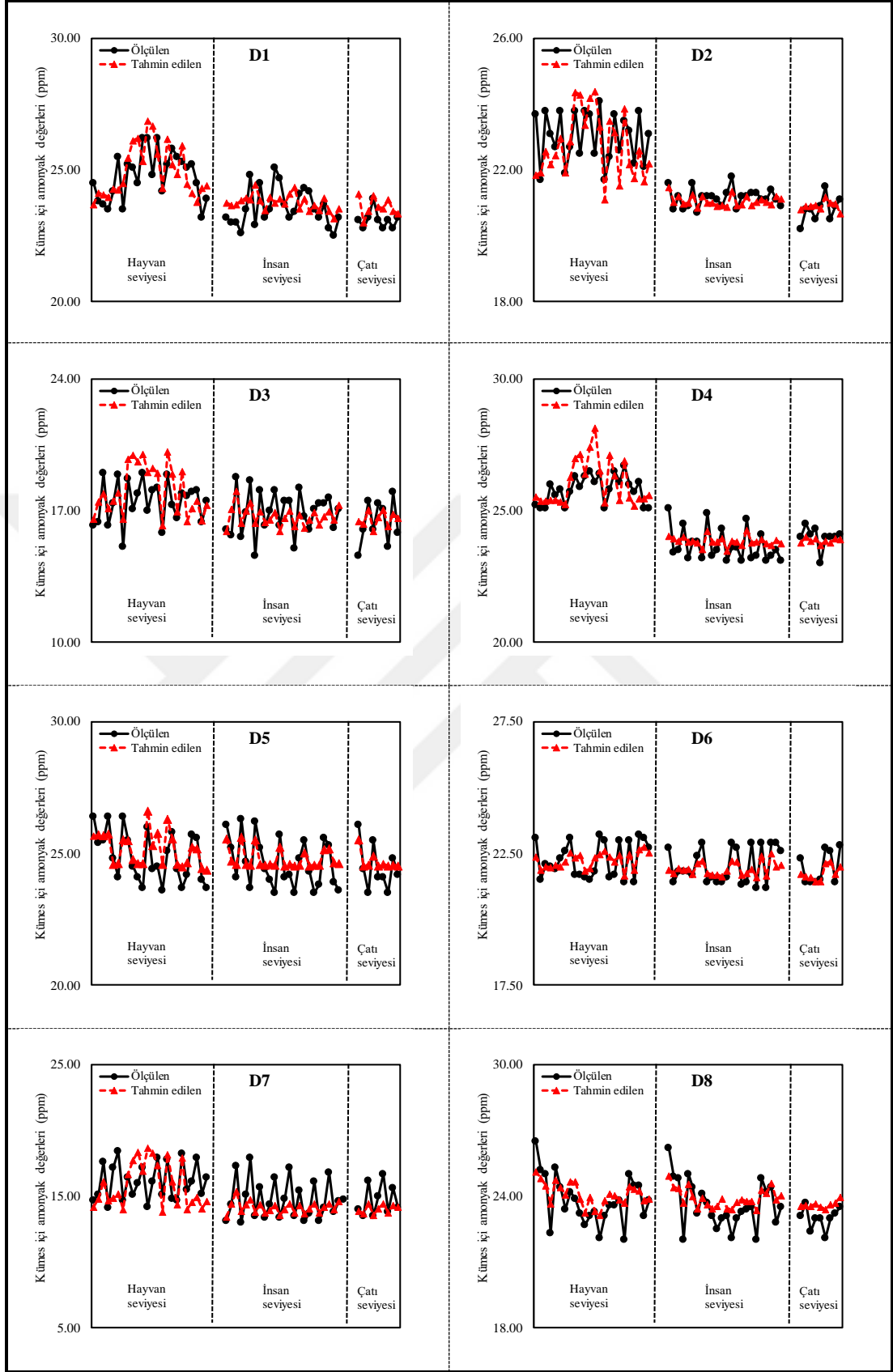
Tablo 5.21. Ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri (ppm) (Ort±SS)

Dönem	Hayvan seviyesi		İnsan seviyesi		Çatı seviyesi	
	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen	Ölçülen	Tahmin edilen
D1	24.78±0.90	24.95±0.97	25.58±0.71	23.77±0.29	22.35±0.34	22.64±0.35
D2	23.00±0.76	22.75±0.98	24.78±0.90	24.95±0.97	20.80±0.36	20.91±0.13
D3	17.48±1.09	18.08±1.31	16.90±1.11	16.69±0.51	16.39±1.10	16.54±0.36
D4	25.80±0.53	26.03±0.86	23.68±0.61	23.84±0.17	24.00±0.39	23.86±0.10
D5	24.90±0.94	25.18±0.63	24.63±0.92	24.80±0.37	24.47±0.82	24.70±0.31
D6	22.26±0.68	22.24±0.30	22.03±0.67	21.92±0.24	21.94±0.60	21.76±0.26
D7	16.10±1.37	15.85±1.67	14.74±1.42	14.15±0.43	14.71±1.14	14.03±0.31
D8	23.82±1.10	24.10±0.51	23.63±1.06	23.92±0.42	23.00±0.47	23.62±0.15

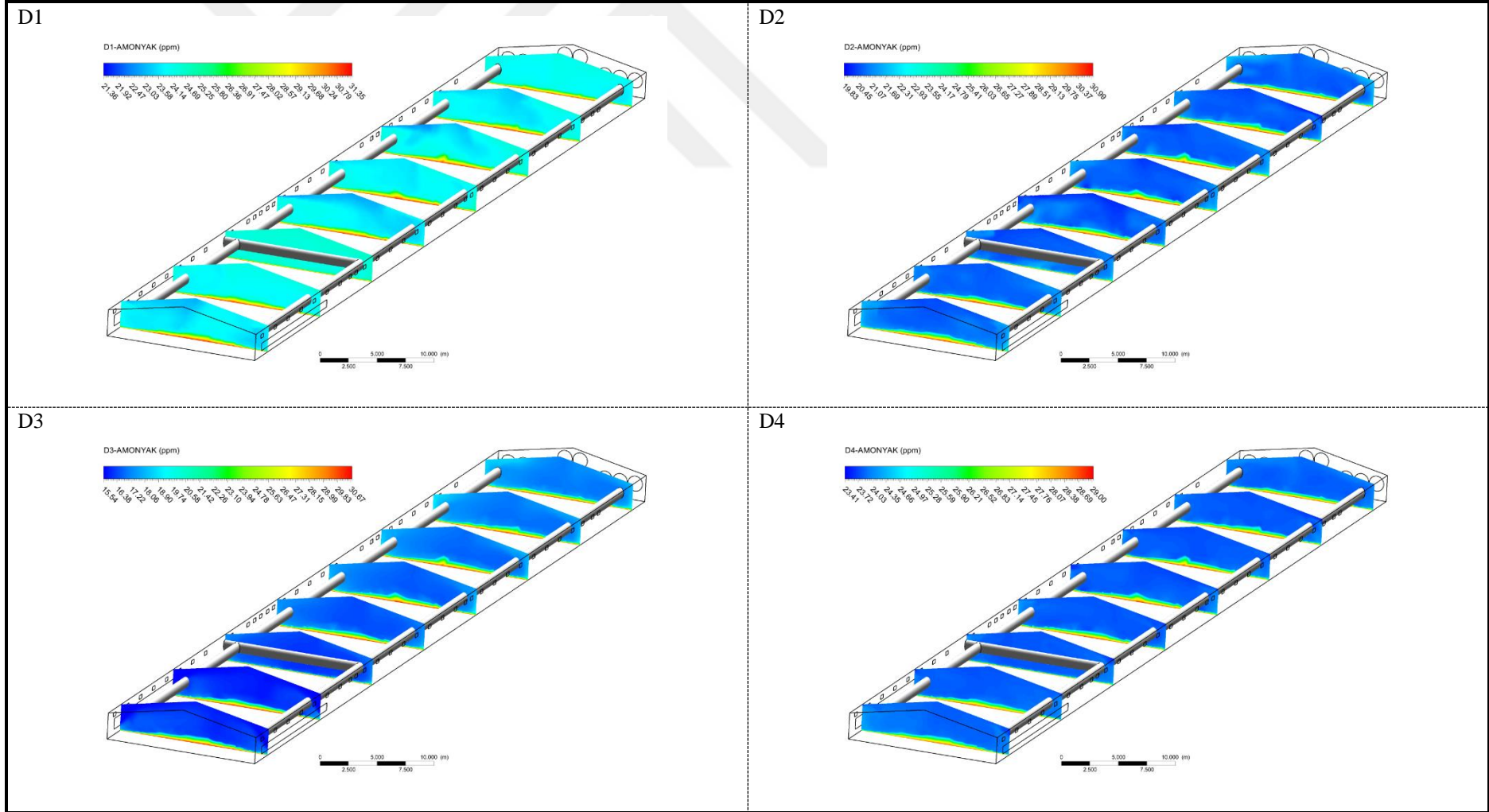


Şekil 5.27. Amonyak tahmininde ortalama bağıl hata

Simülasyondan elde edilen sonuçlara göre çizilen haritalar incelendiğinde (Şekil 5.29 ve Şekil 5.30), tünel havalandırmasının uygulandığı D3 ve D7 dönemlerinde en düşük amonyak konsantrasyon değerlerinin olduğu görülmektedir. Bu dönemlerde havanın kümes içine girdiği bölümlerde (Kesit 1 ve 2) amonyak değeri düşük seviyelerde iken, fan bölümüne (Kesit 8) doğru yaklaştıkça en yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Diğer dönemlerde ise hava giriş açıklığından (menfez) kümes içine giren hava mahyaya doğru yönlendirildiğinden çatı bölümlerinde daha düşük amonyak değerlerinin meydana geldiği tespit edilmiştir.

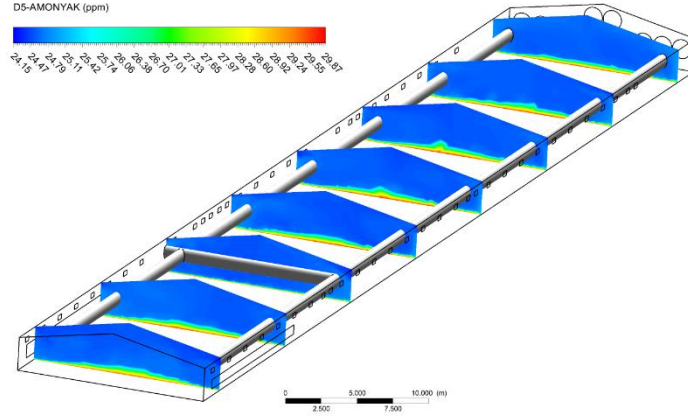


Şekil 5.28. Ölçülen ve tahmin edilen kümes içi amonyak değerleri

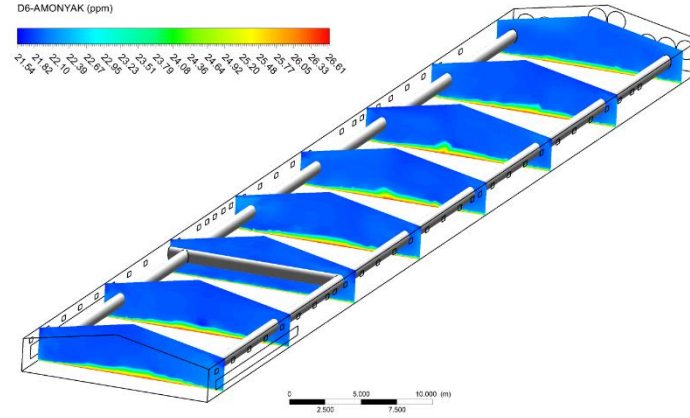


Şekil 5.29. D1, D2, D3 ve D4 dönemleri kümes içi amonyak dağılımları

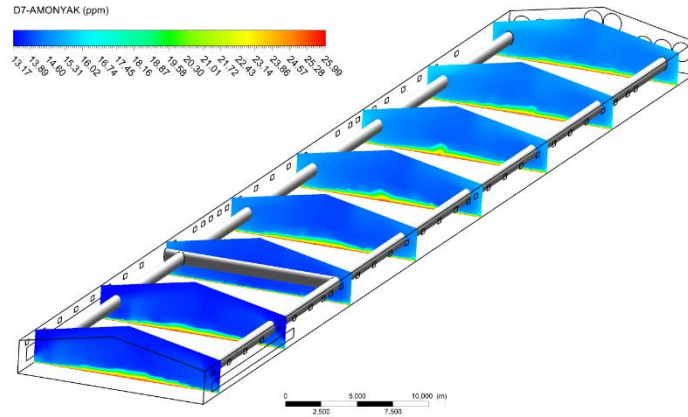
D5



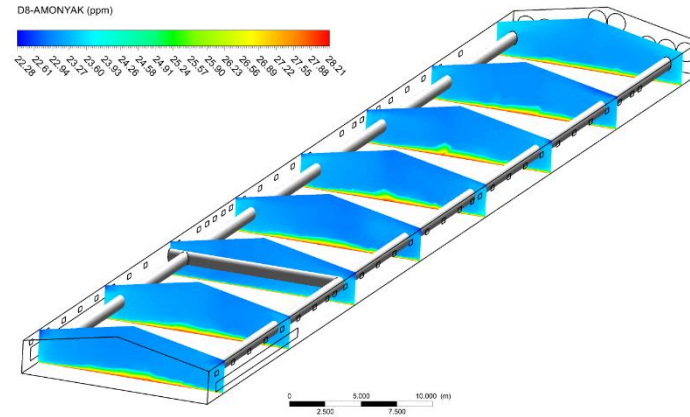
D6



D7



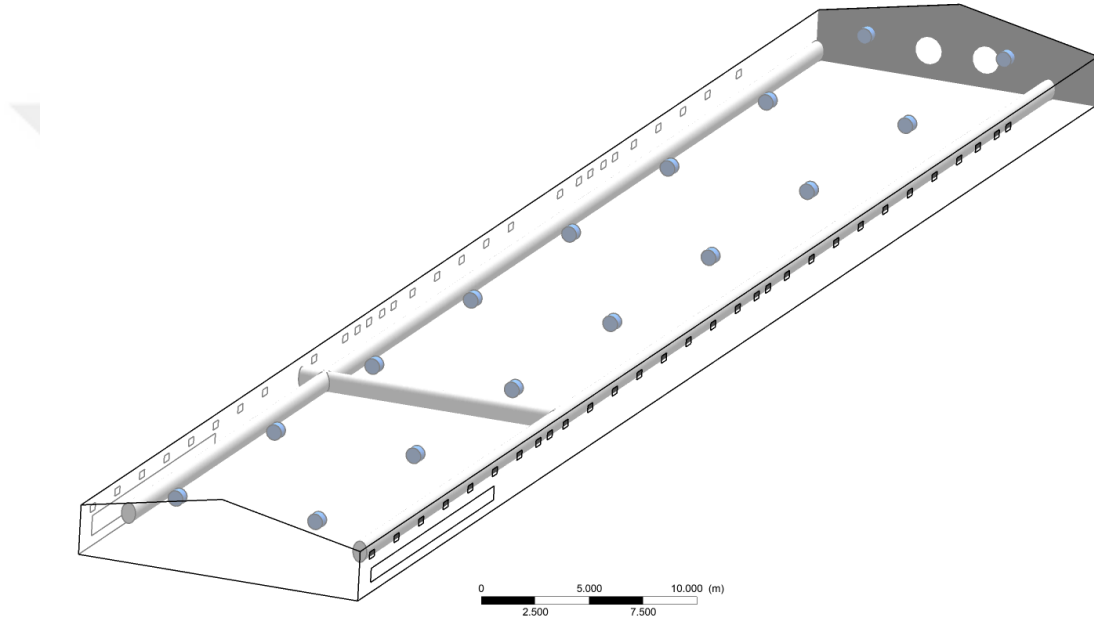
D8



Şekil 5.30. D5, D6, D7 ve D8 dönemleri kümes içi amonyak dağılımları

5.2.7. Tasarımın İyileştirilmesi

Tez çalışmasının bu aşamasında kümeste ortaya çıkan sorunlara yönelik alternatif çözümler tartışılmıştır. Kümeste minimum havalandırmanın yapıldığı D1 ve D5 dönemlerinde kümesin bazı bölümlerinde hava akımının yetersiz olduğu görülmüştür. Bu sorunun çözümüne yönelik yapılan sayısal çalışmada bu dönemleri temsilen D1 dönemi seçilmiştir. D1 döneminin başlangıç ve sınır koşulları aynı olacak şekilde sadece kümes içine karıştırıcı fanlar ilave edilmiştir (Şekil 5.31). Karıştırıcı fanların çapları 0.50 m ve dönme hızları 300 rpm olarak alınmıştır.

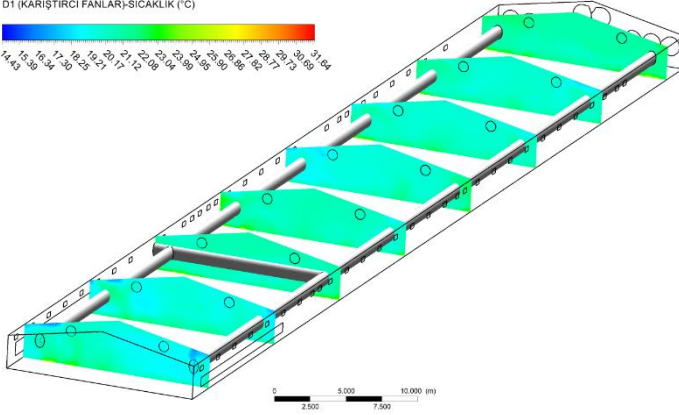
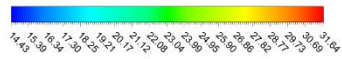


Şekil 5.31. Kümese içine yerleştirilen karıştırıcı fanların konumları

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Şekil 5.32), karıştırıcı fanların bulunduğu kümes tasarımında çatı boşluğunda biriken sıcak havanın karıştırılarak daha homojen bir dağılım sağladığı görülmektedir. Bottcher vd (1988) karıştırıcı fanların kullanıldığı kümeslerin yatay ve düşey eksenlerindeki sıcaklık farklarının azaldığı ve bunun sonucunda da ısıtma giderlerinden önemli ölçüde tasarruf sağlandığı bildirmişlerdir. Karıştırıcı fanlar kullanıldığı zaman kümes içi hava akımının daha düzenli olduğu, kümeste oluşan durgun alanların oranının azaldığı belirlenmiştir.

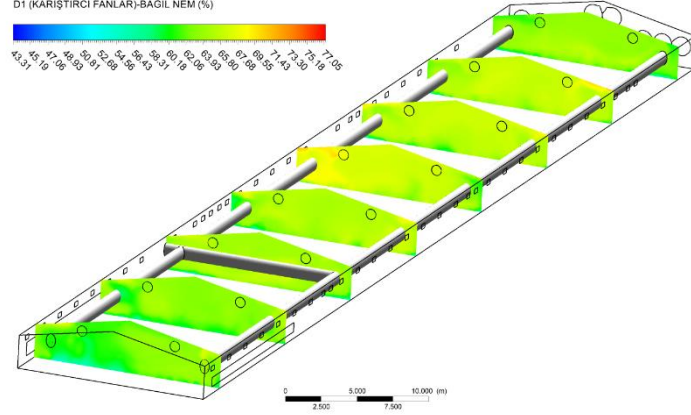
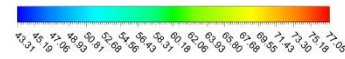
Sıcaklık

D1 (KARIŞTIRICI FANLAR)-SICAKLIK (°C)



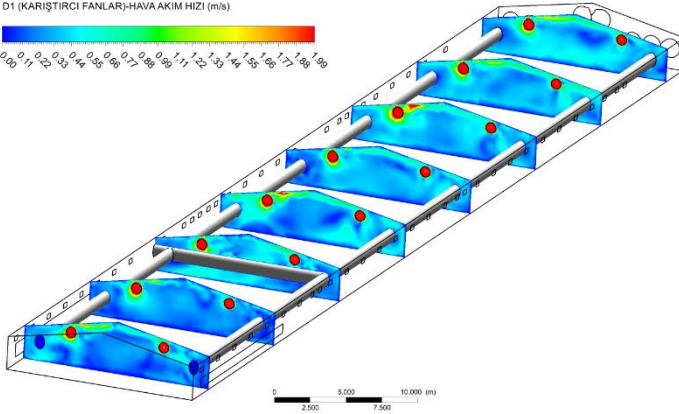
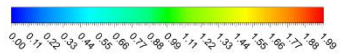
Bağıl nem

D1 (KARIŞTIRICI FANLAR)-BAĞIL NEM (%)



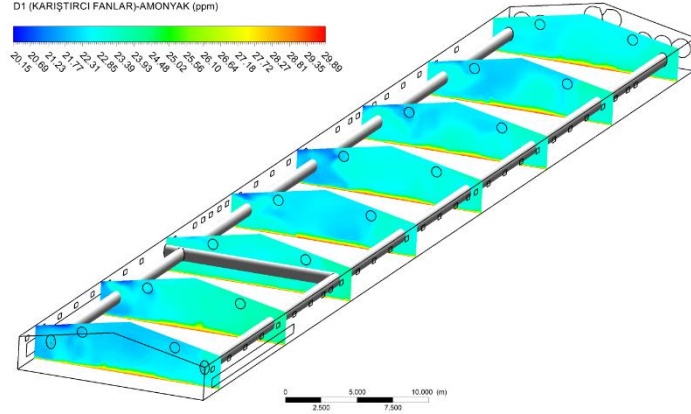
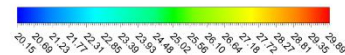
Hava akım hızı

D1 (KARIŞTIRICI FANLAR)-HAVA AKIM HIZI (m/s)



Amonyak konsantrasyonu

D1 (KARIŞTIRICI FANLAR)-AMONYAK (ppm)



Şekil 5.32. Karıştırıcı fan sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak dağılımları

Yaz mevsimlerinde yetiştiricilik yapılan kümeslerde iç ortam sıcaklığını sadece havalandırma yaparak düşürmek mümkün değildir. Böyle durumlarda kümeslerde serinletme uygulamalarının yapılması önerilmektedir (Leeson ve Summers, 2010). Yapılan bu tez çalışmasında sıcak mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 ve D7 dönemlerinde kümes içi sıcaklık istenilen değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu dönemlerde sadece fan sayısı artırılarak tünel havalandırma uygulaması yapılmıştır. Kümeste bulunan tüm hava girişleri kapatılmış ve hava kümesin içine ıslatılmamış peteklerden girmiştir.

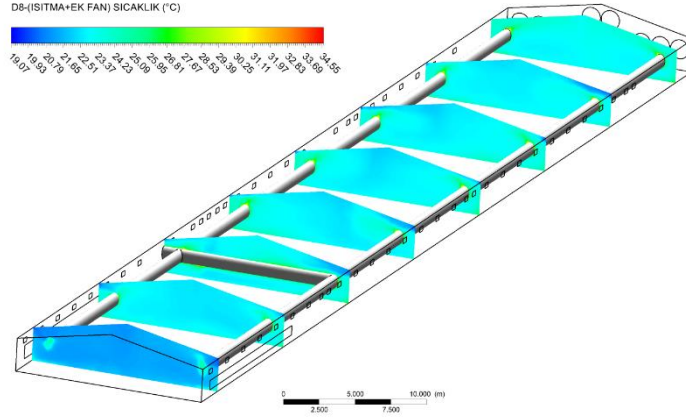
Bu dönemlerde oluşan sıcaklığın düşürülmesine yönelik yapılan sayısal çalışmada yaz mevsimlerini temsilen D7 dönemi seçilmiştir. Sayısal çözümlemede buharlaştırılmalı soğutma sistemi çalıştırılmış ve etkinliği %75 olarak alınmıştır. D7 dönemi için alınan diğer tüm başlangıç ve sınır şartları değiştirilmemiştir.

D7 döneminde buharlaştırılmalı soğutma sistemin çalıştırıldığı durumdaki sonuçlar incelendiğinde (Şekil 5.33) kümes içinde yaklaşık olarak 3.00 °C'lik bir serinletme sağlanabildiği görülmektedir. Islak peteklerin bulunduğu ilk bölümlerde sıcaklıklar daha düşük seviyelerde iken (22.16-22.85 °C), sıcaklığın kümes boyunca giderek arttığı ve fan bölümlerine yakın en yüksek seviyelere (23.55-24.24 °C) ulaştığı belirlenmiştir. Fan ped sistemi sıcaklığın düşürülmesine önemli katkı sağlamasına rağmen, kümes içi bağıl nemin önemli ölçüde artışına da neden olmuştur. Özellikle ıslak peteklerin bulunduğu bölümlerde nem miktarı %90.00 seviyelerine ulaşmıştır. D7 dönemindeki sınır koşulları değiştirilmediği için hava akım hızı değerlerinin dağılımı benzer çıkmıştır. Amonyak dağılımında ise önemli ölçüde farklılıklar tespit edilmemiştir.

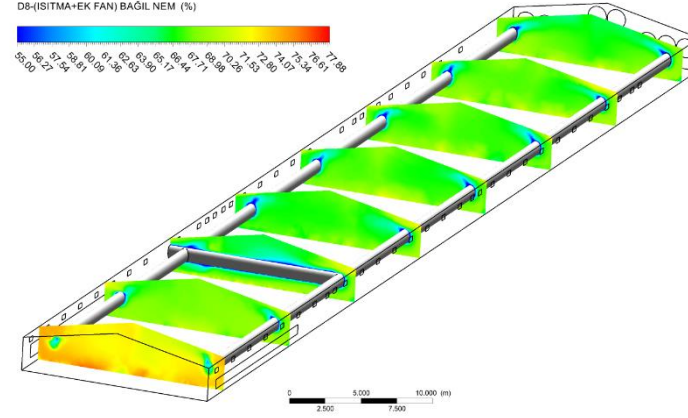
Soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı dönemlerde dış ortam bağıl neminin yüksek olması kümes içi bağıl nem değerinin istenilen aralığın üzerinde olmasına neden olmuştur. Bu sorunun çözümüne yönelik yapılan sayısal çalışmada dönemleri temsilen D8 dönemi seçilmiştir. D8 döneminde tüm sınır koşulları aynı kalmak şartıyla çalışan fan sayısı arttırılmış (Fan3, Fan4, Fan6 ve Fan7) ve ısıtma boruları çalıştırılmıştır ($T_{\text{boru}}:50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Elde edilen simülasyon sonuçları (Şekil 5.34) incelendiğinde kümes içi sıcaklığın yaklaşık $2.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ yükseldiği belirlenmiştir. Kümesin ilk 3 metresinde ısıtma borusu bulunmadığından Kesit 1’de sıcaklık değişimi fazla olmamıştır. Bağıl nem değerleri de sıcaklık ve havalandırma miktarının artmasına bağlı olarak yaklaşık %10 oranında düşmüştür. Çalışan fan sayısının artmasına bağlı olarak kümes içi ortalama hava akım hızı değerleri artmıştır. Amonyak değerlerinde ise önemli ölçüde değişiklik gözlemlenmemiştir.

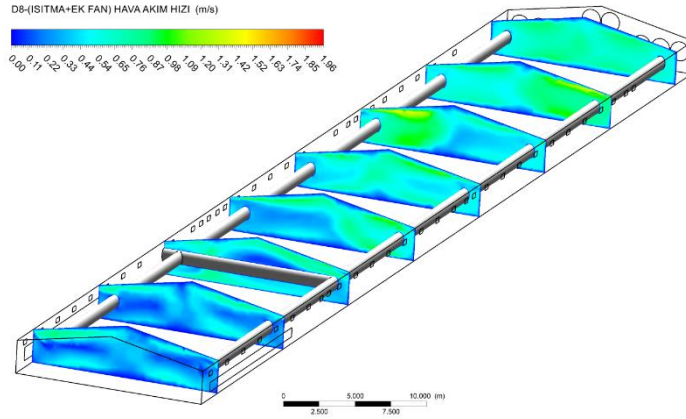
Sıcaklık



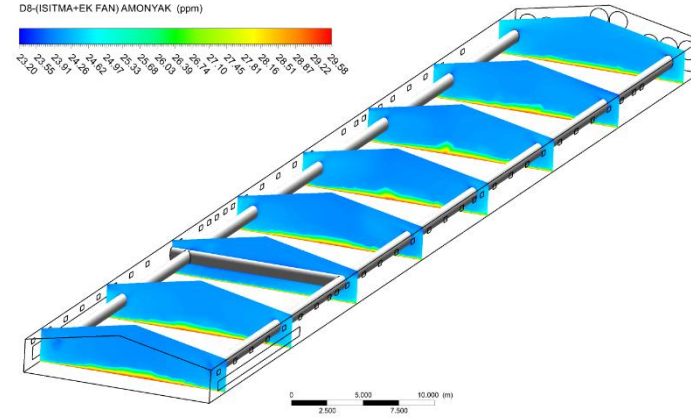
Bağıl nem



Hava akım hızı



Amonyak konsantrasyonu



Şekil 5.34. Isıtma sistemi+ek fan çalışması durumunda sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak dağılımları

5.3. Jeostatistiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.3.1. Kümes İçi Sıcaklık

Kümes içi sıcaklık dağılımlarının belirlenmesi için yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.22’de verilmiştir. Alansal dağılımları belirlenmesinde gausiyan, üssel ve küresel modeller kullanılmıştır. Mevcut modeller içerisinde en yüksek r^2 değerini veren model en uygun model olarak seçilmiştir. Anizotropik durumun olup olmadığını test etmek için 4 farklı yönde (0° , 45° , 90° ve 135°) yarıvaryogramlar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan sıcaklık değerlerinin izotropik değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yani, araştırmanın yapıldığı kümede sıcaklık değerleri belirlenen etki aralığında yönden bağımsız olarak birbiriyle ilişkili sonuçlar üretirler. Çalışmada izotropik yarıvaryogram modelleri ile OK yöntemi kullanılarak tahmin yapılmıştır (Şekil 5.35).

Tablo 5.22. Kümes içi sıcaklık değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C_o	C_o+C	A (m)	r^2	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DB	D1	0.001	1.885	33.983	0.756	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.029	0.687	38.767	0.711	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.001	0.736	37.326	0.784	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.001	1.879	30.207	0.759	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.001	2.443	37.822	0.917	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.001	2.011	38.547	0.972	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.001	0.134	32.100	0.903	Yüksek	Üssel
	D8	0.031	0.371	37.811	0.948	Yüksek	Gausiyan
DO	D1	0.001	1.836	88.765	0.950	Yüksek	Üssel
	D2	0.001	1.714	88.950	0.997	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.001	0.160	87.746	0.827	Yüksek	Üssel
	D4	0.020	1.273	87.954	0.993	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.020	1.229	88.681	0.731	Yüksek	Üssel
	D6	0.001	1.513	89.772	0.995	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.078	0.240	89.453	0.873	Orta	Gausiyan
	D8	0.083	0.155	88.951	0.764	Orta	Üssel
DS	D1	0.003	0.008	88.900	0.969	Orta	Küresel
	D2	0.005	0.014	88.304	0.930	Orta	Üssel
	D3	0.014	0.139	86.603	0.938	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.002	0.018	87.386	0.878	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.013	0.377	86.294	0.996	Yüksek	Küresel
	D6	0.058	0.214	88.738	0.794	Orta	Gausiyan
	D7	0.014	0.302	89.211	0.976	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.005	0.086	88.875	0.964	Yüksek	Gausiyan

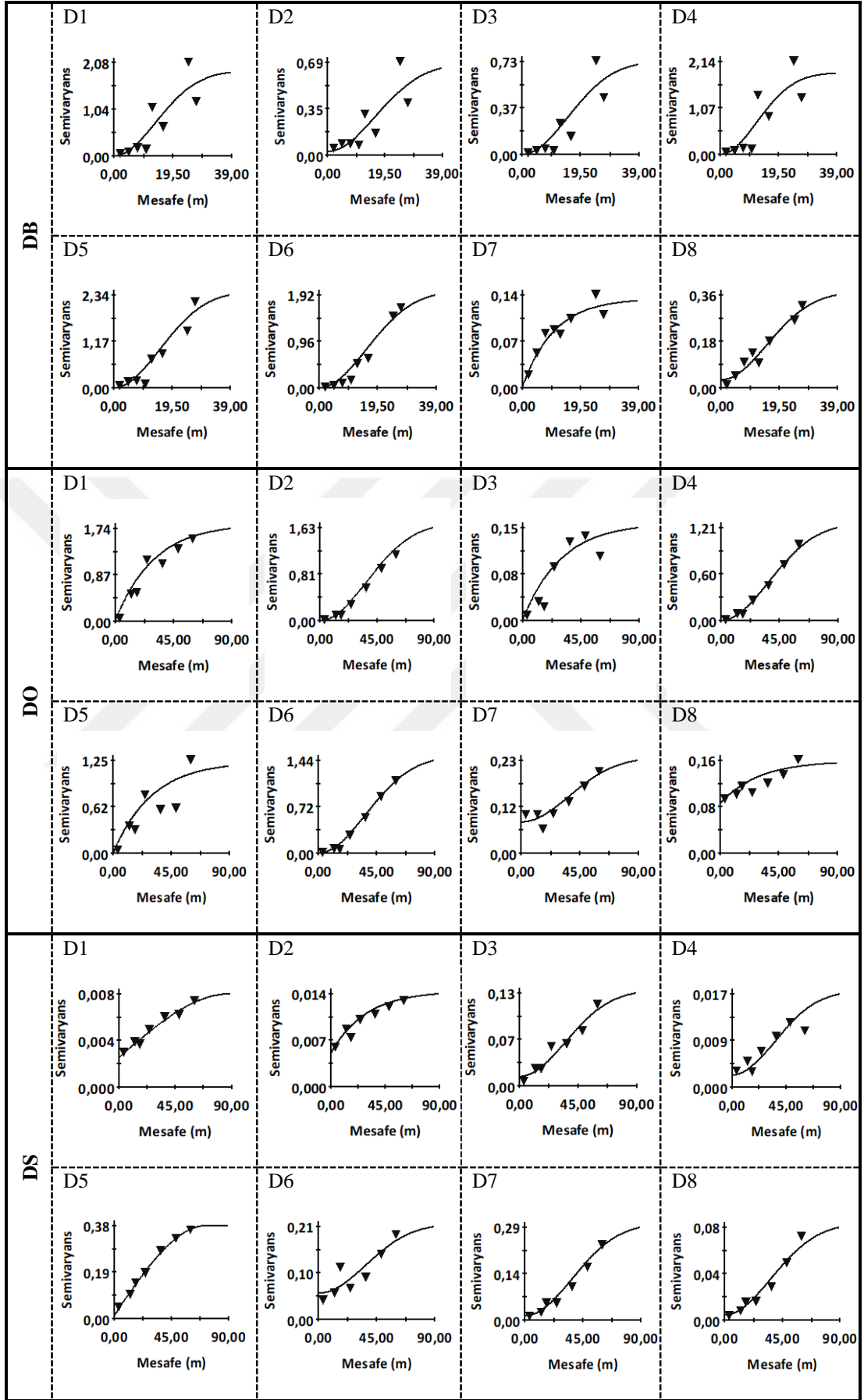
DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o : Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C : Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r^2 : Belirleme katsayısı.

Varyogram modellerinin belirlenmesinde gausiyan modeli ön plana çıkmıştır. Seçilen modellerde $r^2 > 0.70$ değerine sahip olup, variogram analizinde model seçimlerinin genel olarak etkin bir şekilde yapıldığı görülmektedir. İncelenen özelliğin uzaysal bağımlılığının belirlenmesinde kontrolsüz etki varyansının yapısal etki varyansına oranının ($Co/[Co+C]$) yüzde olarak ifadesi kullanılmaktadır. Buna göre, bu oranın %25'in altında olması durumunda "yüksek", %25-%75 arasında "orta" ve %75'in üzerinde ise "zayıf" uzaysal bağımlılığın varlığından bahsedilebilir (Cambardella vd, 1994; Chen vd, 2009). Bu değerlendirmeye göre sıcaklık değerlerinin genellikle yüksek oranda uzaysal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Kontrolsüz etki varyansı neredeyse 0'a yakındır (0.001-0.083 °C). Bu durum kümes içinde kısa yapısal uzaklıklarda sıcaklığın çok fazla değişkenlik göstermediğini ifade etmektedir. Sıcaklık değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 30.207 m ile 38.767 m arasında, dönem ortalarında 87.746 m ile 89.772 m arasında ve dönem sonlarında ise 86.294 m ile 89.211 m arasında değişmektedir. Dönemin ilk haftalarında ilk 39.00 m'de, dönem ortalarında ve sonlarında 90.00 m'de yetiştiricilik yapıldığı göz önüne alındığında sıcaklık değerleri arasında bu yetiştirme mesafeleri boyunca uzaysal bir ilişki olduğu kabul edilebilir.

Varyogram modellerinin belirlenmesinin ardından modellerin uygunluğu ve etkinliği çapraz doğrulama (*cross-validation*) ile yapılmıştır. Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık değerleri arasında yüksek oranda ilişki (r^2) bulunduğu, hatalarında (MAE ve RMSE) düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.23). Modelin geçerli olması için r^2 değerinin "1" değerine yakın olması, RMSE ve MAE değerlerinin ise "0" değerine yakın olması istenir (Banda vd, 2018). Bu kriterler göz önüne alındığında modellerin tahmin hesaplarının geçerli olduğu ifade edilebilir.

Kümes içi sıcaklık dağılımlarının belirlenmesinde 5 farklı RBF modeli (MQ, IMQ, MLOG, NCS ve TPS) ve IDW yönteminin 1., 2. ve 3. kuvvet (IDW1, IDW2 ve IDW3) modelleri kullanılmıştır. İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.24). Elde edilen bulgulardan RBF modellerinin IDW modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. RBF modellerinden ise MQ yönteminin tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.35. Kümes içi sıcaklık değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Tablo 5.23. Kümes içi sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (°C)	RMSE (°C)	
DB	D1	OK-Gausiyan	0.991	0.078	0.101
	D2	OK-Gausiyan	0.989	0.058	0.079
	D3	OK-Gausiyan	0.992	0.038	0.054
	D4	OK-Gausiyan	0.990	0.086	0.110
	D5	OK-Gausiyan	0.911	0.177	0.266
	D6	OK-Gausiyan	0.996	0.034	0.067
	D7	OK-Üssel	0.884	0.086	0.101
	D8	OK-Gausiyan	0.952	0.072	0.091
DO	D1	OK-Üssel	0.998	0.026	0.046
	D2	OK-Gausiyan	0.998	0.027	0.033
	D3	OK-Üssel	0.990	0.022	0.028
	D4	OK-Gausiyan	0.998	0.021	0.032
	D5	OK-Üssel	0.988	0.073	0.092
	D6	OK-Gausiyan	0.999	0.013	0.021
	D7	OK-Gausiyan	0.857	0.092	0.122
	D8	OK-Üssel	0.808	0.116	0.170
DS	D1	OK-Küresel	0.872	0.024	0.035
	D2	OK-Üssel	0.838	0.056	0.067
	D3	OK-Gausiyan	0.997	0.028	0.031
	D4	OK-Gausiyan	0.717	0.046	0.061
	D5	OK-Küresel	0.967	0.066	0.085
	D6	OK-Gausiyan	0.746	0.101	0.170
	D7	OK-Gausiyan	0.998	0.022	0.027
	D8	OK-Gausiyan	0.993	0.008	0.014

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Alansal dağılım haritaları oluşturulmadan önce, en iyi dağılımı veren enterpolasyon yöntemi belirlenmiştir. Buna göre en düşük hata değerine (RMSE ve MAE) sahip olan ve en yüksek r^2 değerini veren yöntem en doğru tahmin eden yöntem olarak kabul edilmiş ve dağılım haritaları da bu yönteme göre oluşturulmuştur.

Dönem başlarında kümes içi sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 1'de verilmiştir. Buna göre D7 hariç tüm dönemlerde OK-Gausiyan yöntemi en iyi yöntem olarak seçilmiştir. D7 döneminde ise OK-Üssel yöntemi tahmin yeteneği en iyi olan model olarak belirlenmiştir. Tüm dönemlerde IDW1 yöntemi hata değeri en yüksek olan model olmuştur.

Tablo 5.24. Kümes içi sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r ²	MAE (°C)	RMSE (°C)	
DB	D1	RBF-MQ	0.989	0.081	0.110
	D2	RBF-MQ	0.986	0.068	0.089
	D3	RBF-MQ	0.991	0.041	0.059
	D4	RBF-MQ	0.985	0.102	0.132
	D5	RBF-MQ	0.886	0.174	0.268
	D6	RBF-MQ	0.995	0.036	0.062
	D7	RBF-MQ	0.849	0.092	0.117
	D8	IDW3	0.945	0.077	0.097
DO	D1	RBF-MQ	0.997	0.026	0.055
	D2	RBF-MQ	0.997	0.030	0.039
	D3	RBF-MQ	0.987	0.023	0.031
	D4	RBF-MQ	0.997	0.022	0.035
	D5	IDW3	0.986	0.077	0.102
	D6	RBF-MQ	0.999	0.013	0.021
	D7	RBF-IM	0.802	0.102	0.140
	D8	IDW3	0.767	0.118	0.184
DS	D1	RBF-MQ	0.855	0.025	0.036
	D2	RBF-IM	0.834	0.057	0.068
	D3	RBF-MQ	0.988	0.021	0.027
	D4	RBF-IM	0.704	0.048	0.062
	D5	RBF-MLOG	0.960	0.065	0.093
	D6	IDW3	0.743	0.097	0.171
	D7	RBF-MQ	0.995	0.015	0.023
	D8	RBF-MQ	0.996	0.007	0.011

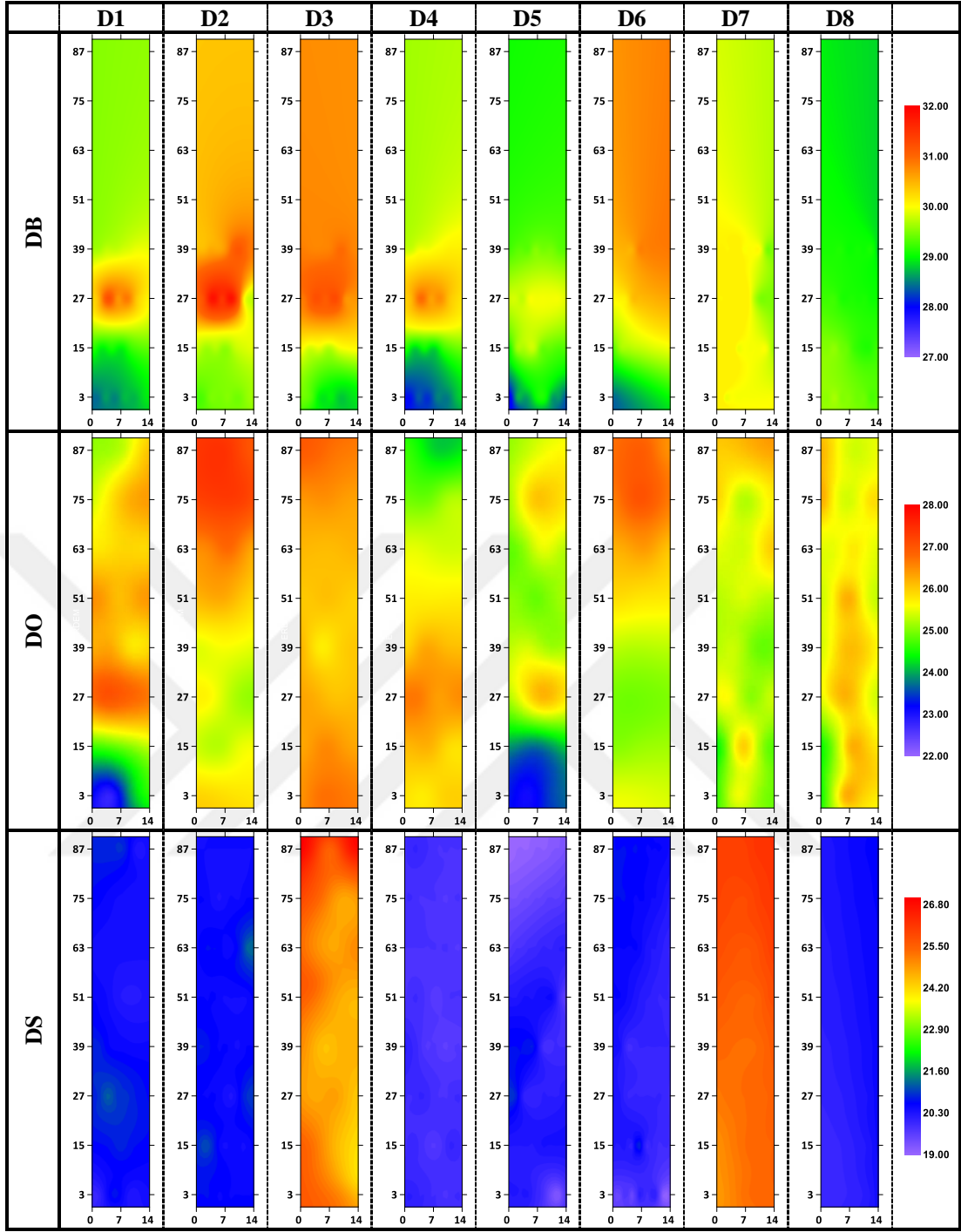
DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem ortalarında kümes içi sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 2’de verilmiştir. Buna göre D1, D3, D5 ve D8 dönemlerinde OK-Üssel yöntemi, D2, D4, D6 ve D7 dönemlerinde ise OK-Gausiyan yöntemi en iyi model olarak belirlenmiştir. Tüm dönemlerde en fazla hata değerine sahip olan IDW1 yöntemi modeller arasında tahmin yeteneği en az olan model olmuştur.

Dönem sonlarında kümes içi sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 3’de verilmiştir. Buna göre sıcaklık dağılımı için en iyi yöntemler: D3, D6, D7 ve D8 döneminde RBF-MQ yöntemi, D1-D5 dönemlerinde OK-Küresel yöntemi, D2 dönemi OK-Üssel ve D4 dönemi için ise OK-Gausiyan yöntemi olarak belirlenmiştir.

Kümes içi sıcaklık değerleri için en iyi yöntem seçilerek dönemsel olarak tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 5.36). Haritalar incelendiğinde yetiştirme dönemlerinin başlarında kümesin ilk kısımlarında daha düşük sıcaklık değerleri görülmektedir. Kümesin giriş kapısından özellikle kış dönemlerin soğuk havanın içeriye girmesinin buna sebep olduğu düşünülmüştür. Kümesin kısa ekseninde

bulunan (27. m) ısıtma borusu ise bu alana yakın kısımlarda (24-30. m) sıcaklığın yükselmesine neden olmuştur. Yetiştirme dönemlerinin ortalarında soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı dönemlerde (D1 ve D5) ana giriş kapısının bulunduğu kümesin ilk kısımlarında düşük sıcaklık değerleri görülmektedir. Carvalho vd (2012) benzer şekilde yaptıkları çalışmada kümes içi sıcaklığın önerilen sınırların altında kaldığını ve bunun nedenini ise dış ortam sıcaklığının düşük olmasına bağlamışlardır. Ayrıca kümes içindeki en yüksek sıcaklık değerlerinin ısıtıcıların yakınında olan bölümlerde meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise hava giriş açıklığına yakın olan kısımlarda kümes içi sıcaklığın diğer bölümlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Tinoco vd, 2016). Dış ortam sıcaklıklarının yüksek olduğu D7 döneminde ise bu durumun tam tersi olarak kümes içi sıcaklık değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Yetiştirme dönemlerinin sonlarında ise yaz mevsiminin hâkim olduğu D3 ve D7 dönemlerinde kümes içi sıcaklığın istenilen sıcaklıklardan yüksek olduğu, diğer dönemlerde ise istenilen sıcaklık değerlerinde ve daha düzenli bir dağılım olduğu belirlenmiştir. Curi vd (2017b) Brezilya'da yaz yetiştirme döneminde yürüttükleri çalışmada 42. günde kümes içi ortalama sıcaklığını 29.90 °C olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar kümeste mevcut olan havalandırma sisteminin kümes içi çevre koşullarının ayarlanmasında yetersiz kaldığını ve yeniden tasarlanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Yapılan bu tez çalışmasında da yaz yetiştirme dönemleri için benzer sorunlar ortaya çıkmıştır. Kümes içi sıcaklığı istenilen seviyelere getirebilmek için ek önlemlerin (ıslak peteklerle soğutma, sisleme, vb.) alınması gerekmektedir.



Şekil 5.36. Kümes içi sıcaklık dağılım haritaları

5.3.2. Kümes İçi Bağlı Nem

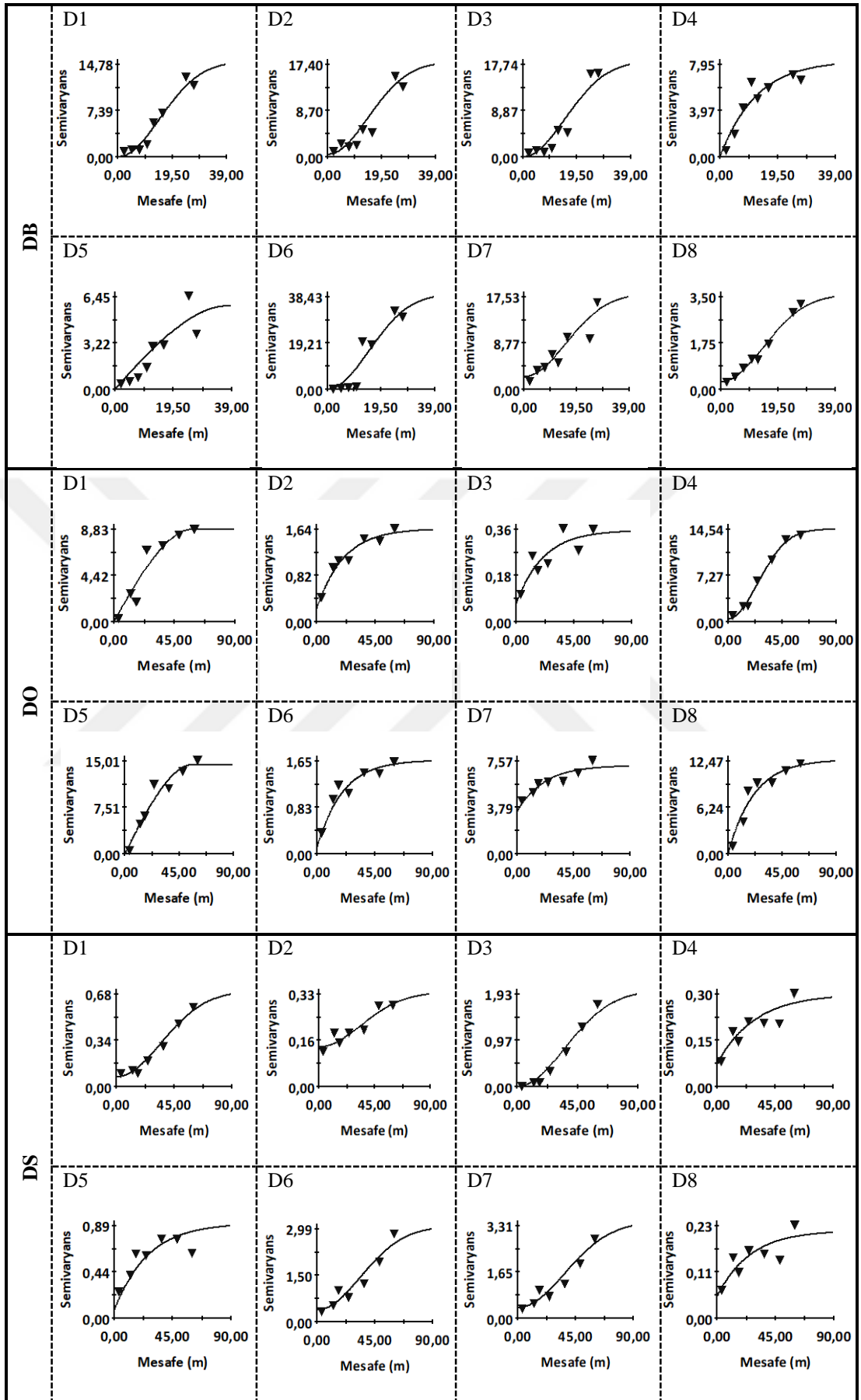
Kümes içi bağlı nem dağılımlarının belirlenmesi için yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.25’de verilmiştir. Varyogram analizi sonucu herhangi bir anizotropiye rastlanmamıştır. Kısaca, araştırmanın yapıldığı kümeste bağlı nem değerleri belirli bir yönde ve mesafede farklılık göstermemektedir. Bundan dolayı, bağlı nem değerlerinin tahmininde izotropik yarıvaryogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.37).

Teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların etkili bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği belirlenmiştir. Bağlı nem değerleri genellikle yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir. Kontrolsüz etki varyansının çok küçük değerlerde (%0.001-3.452) kalması kümes içinde kısa yapısal uzaklıklarda bağlı nem değerlerindeki değişkenliğin çok fazla olmadığını ifade etmektedir.

Tablo 5.25. Kümes içi bağlı nem değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C _o	C _o +C	A (m)	r ²	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.010	15.290	36.668	0.957	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.470	17.895	35.847	0.886	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.001	18.436	37.331	0.928	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.001	8.299	37.020	0.885	Yüksek	Üssel
	D5	0.010	5.805	38.173	0.815	Yüksek	Küresel
	D6	0.100	39.780	36.754	0.895	Yüksek	Gausiyan
	D7	2.400	18.220	38.136	0.850	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.290	3.590	35.698	0.986	Yüksek	Gausiyan
DO	D1	0.010	8.834	59.300	0.922	Yüksek	Küresel
	D2	0.225	1.654	62.400	0.950	Yüksek	Üssel
	D3	0.072	0.359	63.900	0.764	Yüksek	Üssel
	D4	0.420	14.560	60.449	0.990	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.010	14.410	56.600	0.943	Yüksek	Küresel
	D6	0.110	1.671	59.705	0.919	Yüksek	Üssel
	D7	3.452	7.199	64.158	0.857	Orta	Üssel
	D8	0.010	12.680	65.700	0.931	Yüksek	Üssel
DS	D1	0.074	0.703	85.834	0.981	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.141	0.335	84.351	0.880	Orta	Gausiyan
	D3	0.001	2.011	86.776	0.987	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.072	0.299	89.200	0.784	Yüksek	Üssel
	D5	0.074	0.916	78.574	0.774	Yüksek	Üssel
	D6	0.390	2.076	84.893	0.919	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.390	3.453	89.403	0.928	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.053	0.214	77.052	0.709	Yüksek	Üssel

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o: Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C: Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r²: Belirleme katsayısı.



Şekil 5.37. Kümes içi bağıl nem değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Bağıl nem değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 35.698 m ile 38.173 m arasında, dönem ortalarında 56.600 m ile 65.700 m arasında ve dönem sonlarında ise 77.052 m ile 89.400 m arasında değişmektedir. Bağıl nem değerlerinin bu noktalardan sonra birbiriyle ilişkisi olmadığı yorumu yapılabilir. Varyogramların belirlenmesinden sonra teorik varyogramın uyumluluğunu test etmek için çapraz doğrulama yapılmıştır. Buna göre ölçülen ve tahmin edilen bağıl nem değerleri arasında yüksek oranda ilişki (r^2) bulunduğu, hatalarında düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.26).

Tablo 5.26. Kümes içi bağıl nem değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (%)	RMSE (%)	
DB	D1	OK-Gausiyan	0.848	0.728	1.033
	D2	OK-Gausiyan	0.994	0.173	0.223
	D3	OK-Gausiyan	0.933	0.600	0.754
	D4	OK-Üssel	0.967	0.297	0.394
	D5	OK-Küresel	0.810	0.401	0.718
	D6	OK-Gausiyan	0.998	0.099	0.210
	D7	OK-Gausiyan	0.822	0.772	1.070
	D8	OK-Gausiyan	0.823	0.464	0.559
DO	D1	OK-Küresel	0.993	0.128	0.194
	D2	OK-Üssel	0.983	0.109	0.140
	D3	OK-Üssel	0.976	0.060	0.077
	D4	OK-Gausiyan	0.977	0.211	0.406
	D5	OK-Küresel	0.978	0.296	0.439
	D6	OK-Üssel	0.722	0.908	1.090
	D7	OK-Üssel	0.992	0.268	0.296
	D8	OK-Üssel	0.866	0.744	1.055
DS	D1	OK-Gausiyan	0.778	0.111	0.132
	D2	OK-Gausiyan	0.948	0.081	0.106
	D3	OK-Gausiyan	0.999	0.013	0.023
	D4	OK-Üssel	0.988	0.090	0.104
	D5	OK-Gausiyan	0.907	0.517	0.970
	D6	OK-Gausiyan	0.952	0.532	0.934
	D7	OK-Gausiyan	0.985	0.096	0.144
	D8	OK-Üssel	0.910	0.123	0.298

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.27). Elde edilen bulgulardan RBF modellerinin IDW modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. RBF modellerinden ise MQ modelinin, IDW modellerinden ise IDW3 modelinin diğer modellere göre tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.27. Kümes bağıl nem değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

	Dönemler	Model	r ²	MAE (%)	RMSE (%)
DB	D1	RBF-MLOG	0.838	0.755	1.067
	D2	RBF-MQ	0.989	0.230	0.308
	D3	RBF-MQ	0.933	0.593	0.754
	D4	RBF-MQ	0.962	0.262	0.424
	D5	IDW2	0.760	0.430	0.806
	D6	RBF-MQ	0.999	0.007	0.011
	D7	RBF-MQ	0.838	0.712	1.018
	D8	IDW3	0.831	0.447	0.542
DO	D1	RBF-MQ	0.992	0.131	0.207
	D2	RBF-MQ	0.975	0.118	0.173
	D3	RBF-MQ	0.974	0.063	0.081
	D4	RBF-MQ	0.991	0.130	0.252
	D5	IDW3	0.971	0.344	0.507
	D6	RBF-IM	0.917	0.246	0.320
	D7	IDW3	0.971	0.344	0.507
	D8	RBF-MQ	0.853	0.732	1.091
DS	D1	IDW2	0.626	0.141	0.172
	D2	RBF-MQ	0.955	0.075	0.099
	D3	RBF-MQ	0.999	0.015	0.025
	D4	RBF-MLOG	0.951	0.075	0.097
	D5	RBF-MLOG	0.915	0.401	0.928
	D6	RBF-MLOG	0.949	0.544	0.955
	D7	RBF-MQ	0.987	0.075	0.134
	D8	RBF-MQ	0.993	0.040	0.081

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında kümes içi bağıl nem değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 4’de verilmiştir. Buna göre D1, D2, D7 ve D8 dönemlerinde OK-Gausiyan, D3 ve D6 dönemlerinde RBF-MQ, D4 döneminde OK-Üssel ve D5 döneminde OK-Küresel yöntemleri en doğru tahmin yapan modeller olmuşlardır. Tüm dönemlerde genellikle IDW1, IDW2, RBF-TPS ve RBF-NCS yöntemleri tahmin hatasının fazla olduğu modeller olarak öne çıkmışlardır.

Dönem ortalarında kümes içi bağıl nem değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 5’de verilmiştir. Buna göre D2, D3, D6 ve D8 dönemlerinde OK-Üssel, D1 ve D5 dönemlerinde OK-Küresel, D4 ve D7 döneminde ise RBF-MQ yöntemleri tahmin hatalarının en az olduğu yani tahmin yeteneğinin en fazla olduğu modellerdir. Tahmin hatalarının en fazla olduğu modeller ise IDW1 ve RBF-TPS olarak belirlenmiştir.

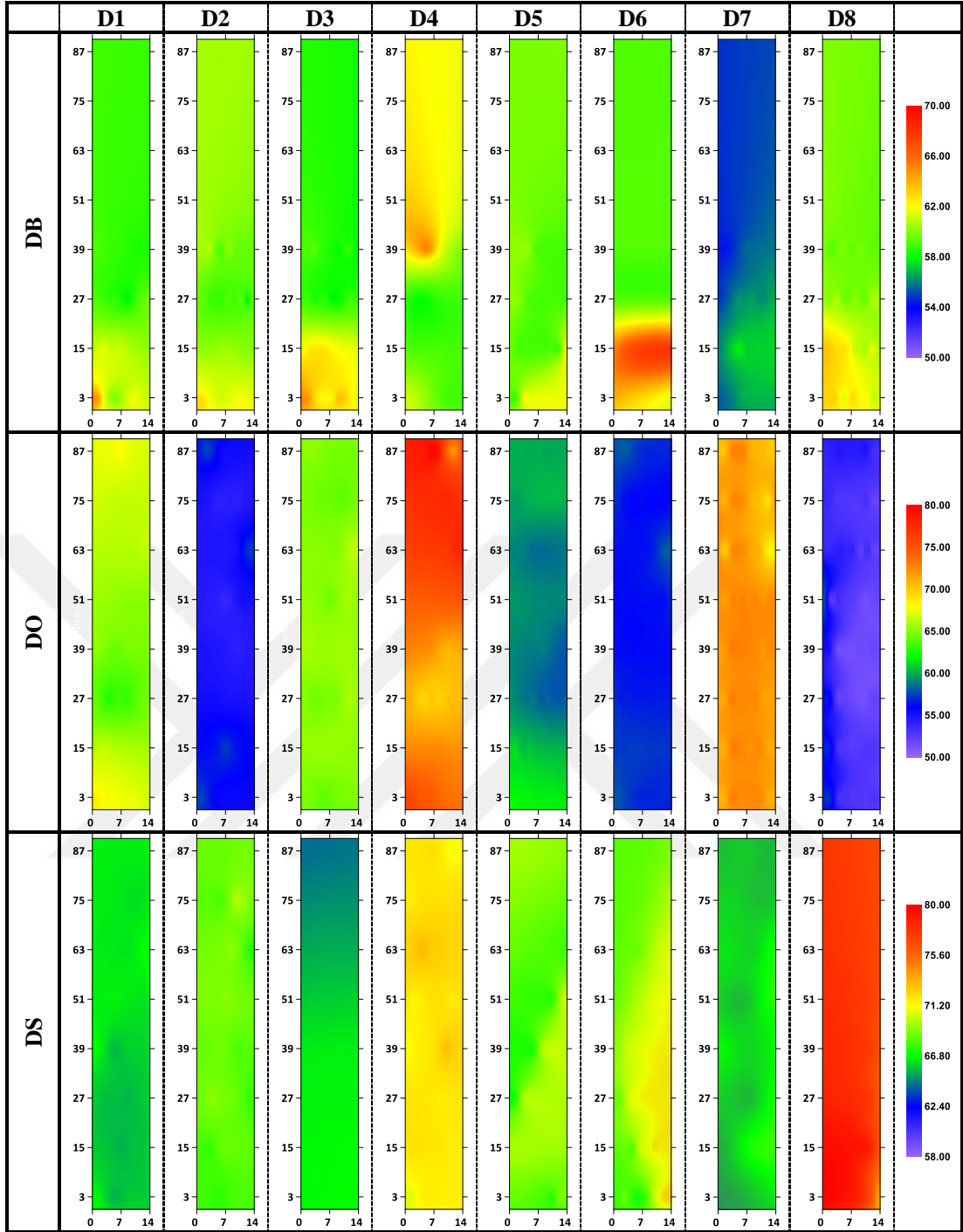
Dönem sonlarında kümes içi bağıl nem değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 6’da verilmiştir. Buna göre kümes içi bağıl nem değerlerinin alansal dağılımında en doğru tahmin eden

yöntemler RBF- MQ (D2, D7 ve D8), OK-Gausiyan (D1 ve D6), RBF-MLOG (D4 ve D5) ve OK-Üssel (D3) ve modelleri olmuşlardır. IDW yöntemleri ise incelenen yöntemler arasında tahmin yeteneği en düşük olan yöntemler olarak belirlenmiştir.

Kümes içi bağıl nem değerleri için en iyi enterpolasyon yöntemi seçilerek dönemsel olarak tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 5.38). Haritalar incelendiğinde yetiştirme dönemlerinin başlarında kümesin ilk kısımlarında daha yüksek bağıl nem değerleri görülmektedir. Kümesin ana giriş kapısının bulunduğu bölümden içeriye giren soğuk ve nemli hava bu durumun ortaya çıkmasında en önemli etken olarak düşünülmüştür. Yaz mevsiminin hâkim olduğu D7 de ise dış ortam havasının kuru olması iç ortam bağıl neminin daha düşük olmasına neden olmuştur.

Yetiştirme dönemlerinin ortalarında bağıl nem değerleri dönemlere göre değişmekle birlikte genellikle düzenli bir dağılım göstermişlerdir.

Yetiştirme dönemlerinin sonlarında ise kış mevsiminin hâkim olduğu D8 döneminde en yüksek bağıl nem değerleri, yaz döneminin hâkim olduğu D3 döneminde ise en düşük bağıl nem değerleri görülmüştür. Farklı araştırmacılar tarafından benzer sonuçlar elde edilmiştir (Coelho vd, 2019; Curi vd, 2017b; Kılıç ve Şimşek, 2008).



Şekil 5.38. Kümes içi bağıl nem dağılım haritaları

5.3.3. Kumes İçi Hava Akım Hızı

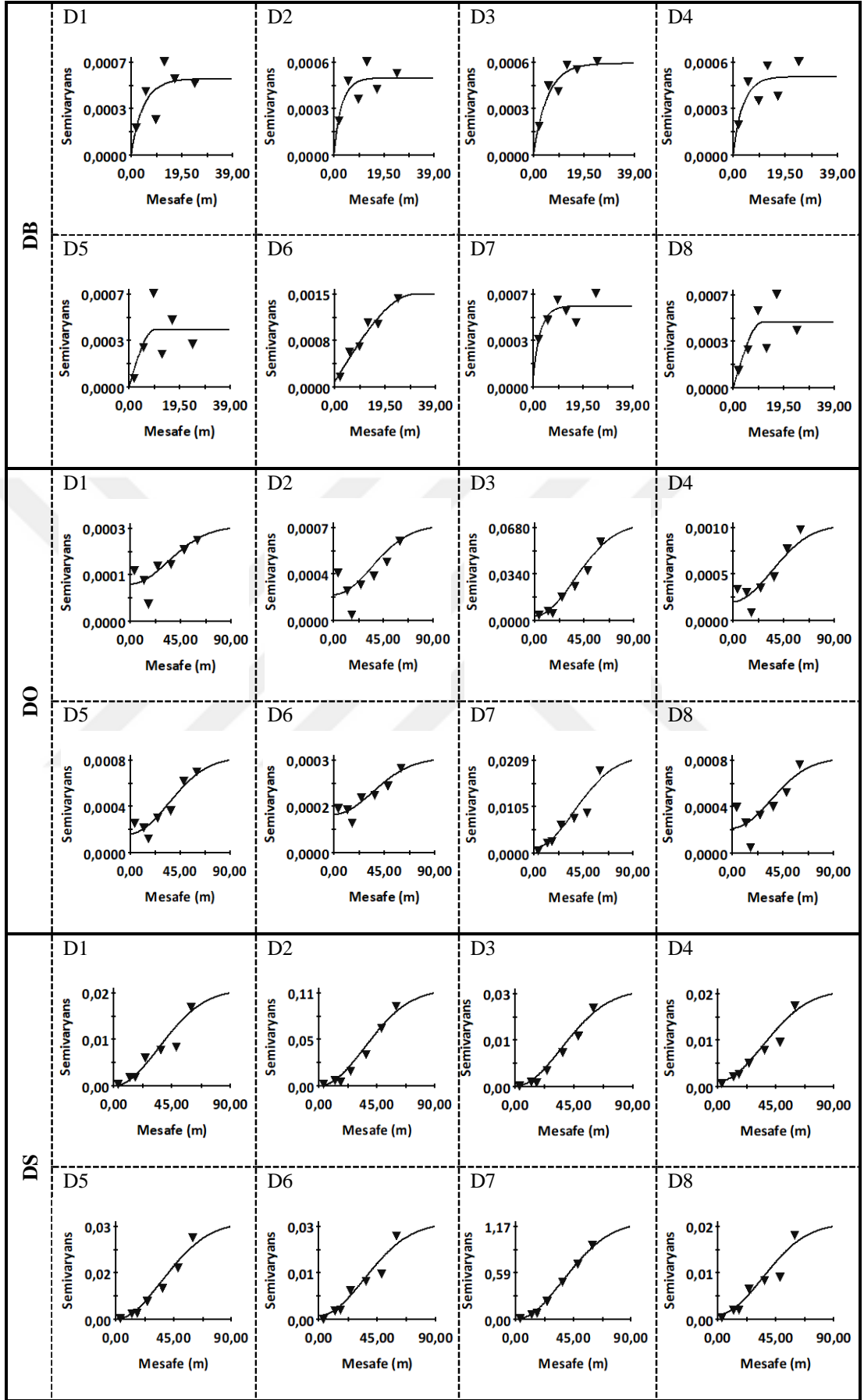
Hava akım hızı dağılımlarının belirlenmesi için yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.28’de verilmiştir. Varyogramda anizotropinin tespiti için değişik yönlerde analizler yapılmıştır. Farklı açılarda denenmiş olan hava akım hızı değeri için anizotropi görülmemiştir. Bu nedenle, hava akım hızı tahmin için izotropik varyogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.39).

Teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların genellikle etkili bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği, fakat özellikle dönem başlarında bu ilişkinin azaldığı belirlenmiştir. Hava akım hızı değerlerinde genellikle gausiyan varyogram tipi kullanılmış ve yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir.

Tablo 5.28. Kumes içi hava akım hızı değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C_o	C_o+C	A (m)	r^2	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.000	0.001	14.520	0.501	Yüksek	Üssel
	D2	0.000	0.001	9.360	0.606	Yüksek	Üssel
	D3	0.000	0.001	16.470	0.891	Yüksek	Üssel
	D4	0.000	0.001	11.310	0.557	Yüksek	Üssel
	D5	0.000	0.001	10.190	0.482	Yüksek	Küresel
	D6	0.000	0.002	31.330	0.954	Yüksek	Küresel
	D7	0.000	0.001	8.820	0.637	Yüksek	Üssel
	D8	0.000	0.001	11.320	0.566	Yüksek	Küresel
DO	D1	0.000	0.001	84.276	0.646	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.000	0.001	84.313	0.601	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.003	0.071	88.884	0.964	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.000	0.001	84.639	0.850	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.000	0.001	85.037	0.893	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.000	0.001	85.501	0.832	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.001	0.021	89.809	0.901	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.000	0.001	83.712	0.654	Yüksek	Gausiyan
DS	D1	0.000	0.254	85.250	0.911	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.000	0.109	86.486	0.978	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.001	0.027	87.381	0.978	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.001	0.022	86.388	0.939	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.000	0.032	87.182	0.969	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.001	0.030	86.139	0.928	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.001	1.232	89.979	0.998	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.002	0.236	85.767	0.900	Yüksek	Gausiyan

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o : Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C : Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r^2 : Belirleme katsayısı.



Şekil 5.39. Kümes içi hava akım hızı değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Hava akım hızı değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 8.820 m ile 31.330 m arasında, dönem ortalarında 83.712 m ile 89.809 m arasında ve dönem sonlarında ise 85.250 m ile 89.979 m arasında değişmektedir. Bu değerlerden de anlaşıldığı gibi, dönem başlarında etki mesafeleri dönemlere bağlı olarak çok fazla farklılıklar göstermişlerdir. Dönem başında hava akım hızı değerinin çok düşük değerlerde kalması bunun ana nedeni olarak düşünülmüştür.

Varyogram modellerinin etkinliği ve uyumluluğu belirlemek için yapılan çapraz doğrulamada, ölçülen ve tahmin edilen hava akım hızı arasında yüksek oranda ilişki bulunduğu, hatalarında düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.29).

Tablo 5.29. Kümes içi hava akım hızı değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE ($m s^{-1}$)	RMSE ($m s^{-1}$)	
DB	D1	OK-Üssel	0.934	0.005	0.006
	D2	OK-Üssel	0.950	0.004	0.006
	D3	OK-Üssel	0.914	0.006	0.007
	D4	OK-Üssel	0.944	0.005	0.006
	D5	OK-Küresel	0.933	0.003	0.005
	D6	OK-Küresel	0.934	0.006	0.008
	D7	OK-Üssel	0.845	0.007	0.010
	D8	OK-Küresel	0.804	0.007	0.008
DO	D1	OK-Gausiyan	0.927	0.004	0.006
	D2	OK-Gausiyan	0.840	0.007	0.009
	D3	OK-Gausiyan	0.924	0.031	0.047
	D4	OK-Gausiyan	0.845	0.007	0.010
	D5	OK-Gausiyan	0.743	0.008	0.011
	D6	OK-Gausiyan	0.915	0.003	0.005
	D7	OK-Gausiyan	0.966	0.013	0.018
	D8	OK-Gausiyan	0.755	0.008	0.011
DS	D1	OK-Gausiyan	0.879	0.030	0.035
	D2	OK-Gausiyan	0.840	0.070	0.084
	D3	OK-Gausiyan	0.966	0.013	0.018
	D4	OK-Gausiyan	0.845	0.034	0.040
	D5	OK-Gausiyan	0.743	0.047	0.057
	D6	OK-Gausiyan	0.915	0.031	0.036
	D7	OK-Gausiyan	0.897	0.036	0.059
	D8	OK-Gausiyan	0.776	0.043	0.050

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.30). Hava akım hızı dağılımlarının tahmininde kullanılan deterministik modellerden IDW3 modeli genel olarak diğer modellere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. RBF modellerinden MQ modelinin, IDW modellerinden ise IDW3 modelinin diğer modellere göre tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.30. Kümes içi hava akım hızı değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE ($m s^{-1}$)	RMSE ($m s^{-1}$)	
DB	D1	RBF-MQ	0.909	0.006	0.008
	D2	RBF-MQ	0.942	0.005	0.006
	D3	RBF-MLOG	0.913	0.006	0.007
	D4	RBF-MQ	0.941	0.005	0.006
	D5	IDW3	0.929	0.004	0.005
	D6	RBF-MQ	0.929	0.007	0.009
	D7	IDW3	0.800	0.006	0.009
	D8	IDW3	0.700	0.008	0.010
DO	D1	RBF-MQ	0.869	0.004	0.005
	D2	RBF-MLOG	0.833	0.007	0.009
	D3	IDW3	0.922	0.032	0.048
	D4	RBF-MLOG	0.835	0.007	0.010
	D5	RBF-IM	0.741	0.009	0.011
	D6	RBF-MQ	0.904	0.003	0.005
	D7	IDW3	0.965	0.013	0.018
	D8	RBF-IM	0.741	0.009	0.011
DS	D1	RBF-MQ	0.868	0.036	0.051
	D2	RBF-MLOG	0.833	0.069	0.094
	D3	RBF-MQ	0.966	0.013	0.018
	D4	RBF-MQ	0.839	0.030	0.049
	D5	RBF-MQ	0.754	0.047	0.056
	D6	RBF-MQ	0.906	0.031	0.037
	D7	RBF-MQ	0.723	0.077	0.098
	D8	RBF-MQ	0.768	0.044	0.051

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında kümes içi hava akım hızı değerlerini en doğru şekilde tahmin eden yöntemler OK-Üssel (D1, D2, D3, D4 ve D7) ve OK-Küresel (D5, D6 ve D8) modelleri olmuşlardır. Tüm dönemlerde (D8 hariç) IDW1, D8 döneminde ise RBF-NCS yöntemlerinin tahmin hatalarının en fazla olduğu modeller olduğu belirlenmiştir (Ek 7).

Dönem ortalarında kümes içi hava akım hızı değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 8’de verilmiştir. Buna göre D1, D2, D4, D6 ve D8 dönemlerinde OK-Gausiyan, D3, D5 ve D7 dönemlerinde ise RBF-MQ yöntemleri tahmin hatalarının en az olduğu yöntemlerdir. IDW1 yöntemi ise genellikle en fazla hata değerine sahip model olarak öne çıkmaktadır.

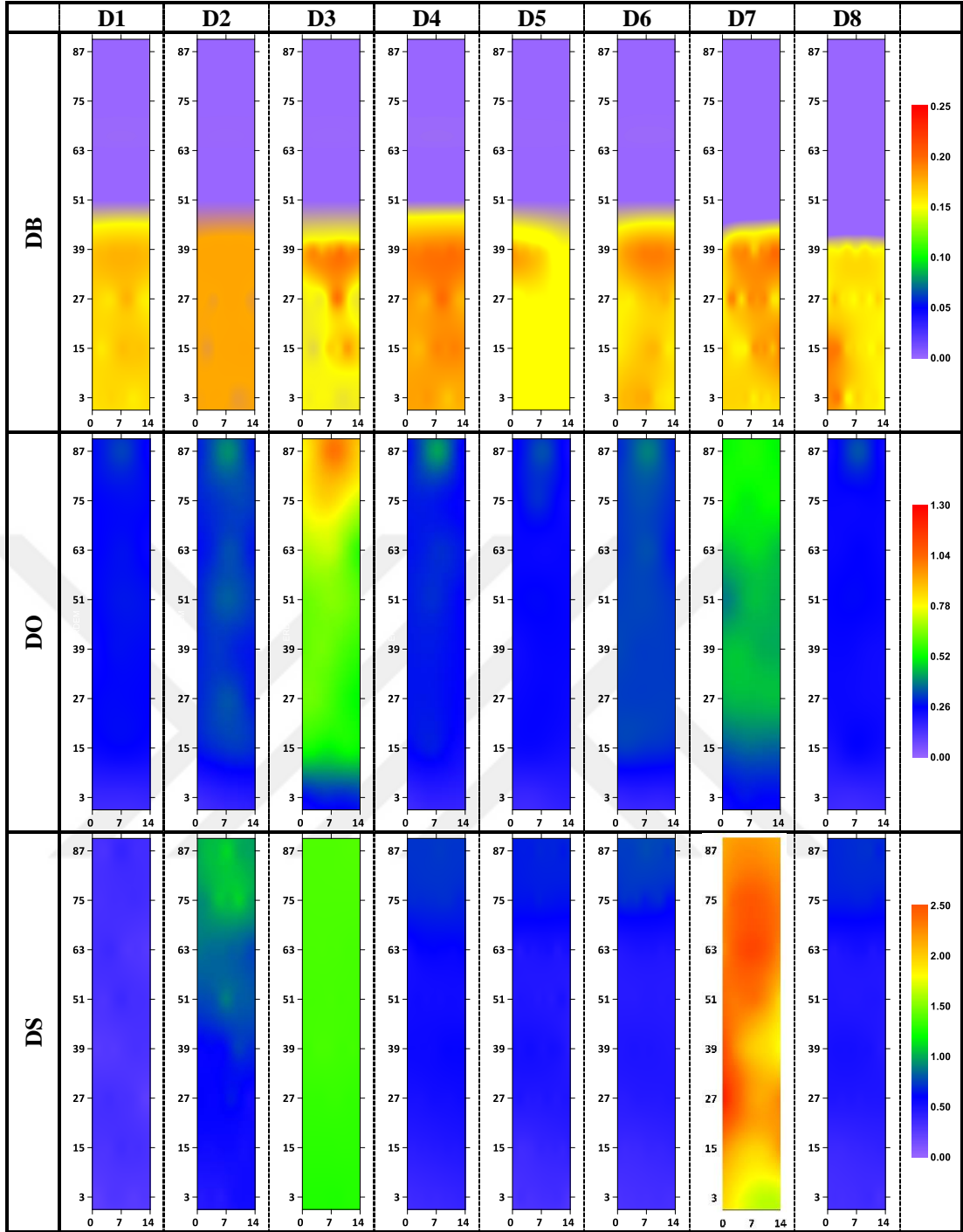
Dönem sonlarında kümes hava akım hızı değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 9’da verilmiştir. Buna göre OK-Gausiyan yöntemi incelenen yöntemler arasında kümes içi hava akım

hızı değerlerinin alansal dağılımını en doğru tahmin eden yöntem olurken, IDW1 yöntemi ise tahmin hatasının en fazla olduğu yöntem olmuştur.

Kümes içi hava akım hızı değerleri için en iyi enterpolasyon yöntemi seçilerek dönemsel olarak tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 5.40). Haritalar incelendiğinde yetiştirme dönemlerinin başlarında kümesin ilk 39.00 m'de yetiştiricilik yapıldığından dolayı, bu bölümlerde 0.15-0.25 m s⁻¹ arasında değişen hava akım hızı değerleri ortaya çıkmıştır.

Dönem ortalarında yaz mevsiminin etkili olduğu D3 döneminde çalışan fan sayısının artmasına bağlı olarak en yüksek hava akım hızı değerleri (1.00-1.30 m s⁻¹) fana yakın olan bölümlerde (63-87 m arası) meydana gelmiştir. Diğer dönemlerde ise hava akım hızının 0.50-0.80 m s⁻¹ arasında düzenli olarak değiştiiği görülmektedir.

Dönem sonlarında ise çalışan fan sayısının artmasıyla birlikte fan bölgesinde daha yüksek hava akım hızı değerleri elde edilmiştir. Tünel havalandırmasının uygulandığı D3 ve D7 dönemlerinde 1.15-2.10 m s⁻¹ hava akım hızı elde edilmiştir. Bustamante vd (2015) tünel havalandırma sisteminin uygulandığı yaz yetiştirme döneminde fan bölgesinde yüksek ve homojen olmayan hava akım hızı dağılımı tespit etmişlerdir. Bunların hayvanlar üzerindeki olası etkilerini en aza indirmek ve sürdürülebilir üretim sağlayabilmek için tünel havalandırma sisteminin yeniden tasarlanması gerektiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 5.40. Kümes içi hava akım hızı dağılım haritaları

5.3.4. Kümes İçi Amonyak Konsantrasyonu

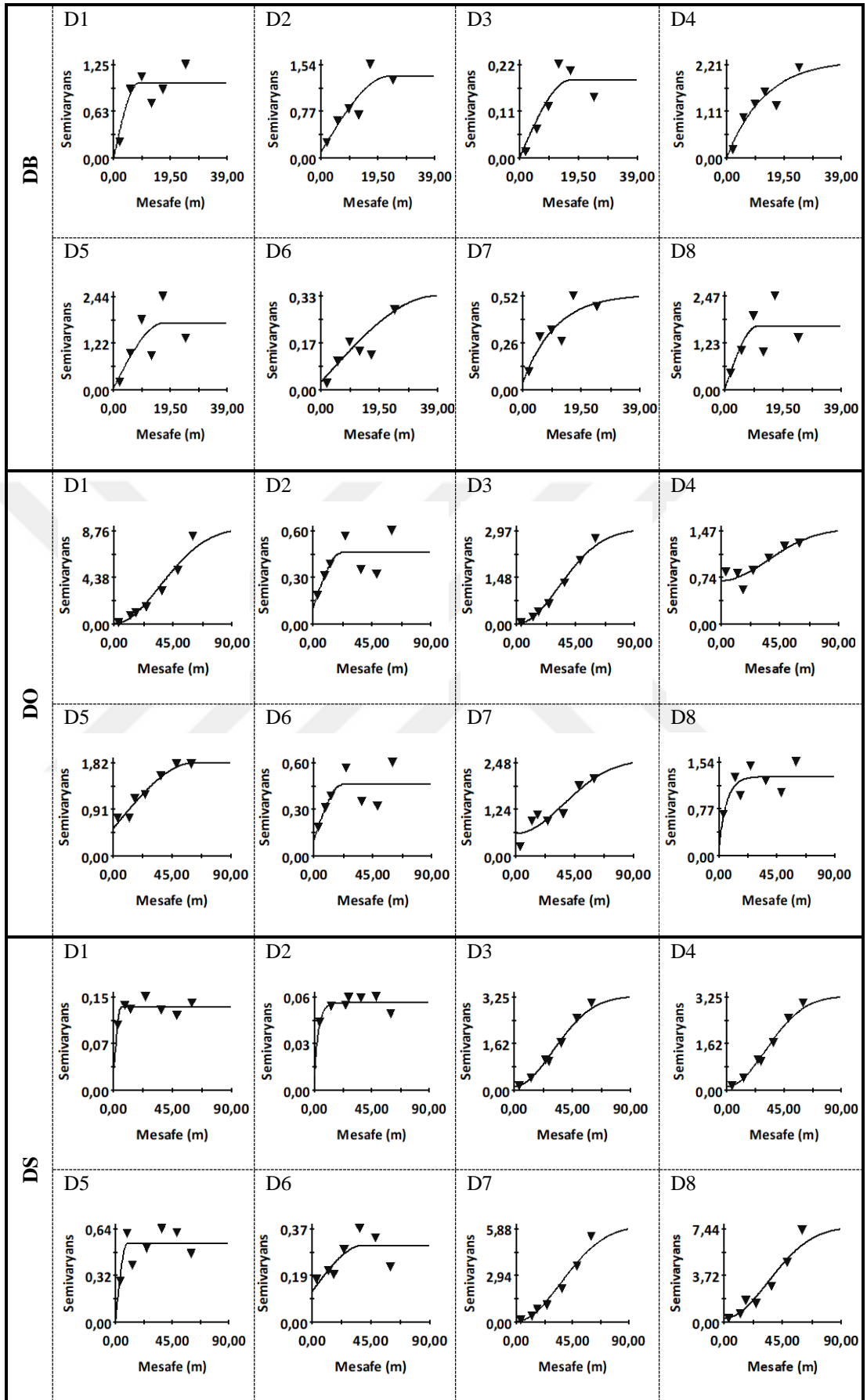
Amonyak dağılımlarının belirlenmesi için yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.31’de verilmiştir. Varyogramda anizotropinin tespiti için değişik yönlerde yapılan analizler sonucunda amonyak konsantrasyon değerleri için anizotropi görülmemiştir. Bu nedenle, amonyak değerlerinin tahmini için izotropik varyogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.41).

Tablo 5.31. Kümes içi amonyak değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C _o	C _o +C	A (m)	r ²	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.001	1.001	8.590	0.743	Yüksek	Küresel
	D2	0.094	1.350	23.520	0.796	Yüksek	Küresel
	D3	0.000	0.182	16.910	0.838	Yüksek	Küresel
	D4	0.001	2.327	38.860	0.863	Yüksek	Üssel
	D5	0.057	1.759	17.400	0.530	Yüksek	Küresel
	D6	0.025	0.335	38.730	0.750	Yüksek	Küresel
	D7	0.036	0.533	35.550	0.774	Yüksek	Üssel
	D8	0.001	1.664	11.010	0.501	Yüksek	Küresel
DO	D1	0.060	9.129	86.949	0.956	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.100	0.459	21.600	0.517	Yüksek	Küresel
	D3	0.011	3.032	79.647	0.990	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.689	1.510	89.027	0.805	Orta	Gausiyan
	D5	0.530	1.818	62.300	0.954	Orta	Küresel
	D6	0.022	0.335	15.900	0.554	Yüksek	Küresel
	D7	0.593	2.574	89.759	0.845	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.129	1.299	18.000	0.551	Yüksek	Üssel
DS	D1	0.033	0.129	5.169	0.569	Orta	Gausiyan
	D2	0.009	0.056	10.500	0.621	Yüksek	Üssel
	D3	0.139	3.288	74.305	0.990	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.001	0.645	57.401	0.999	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.023	0.538	9.100	0.535	Yüksek	Küresel
	D6	0.121	0.305	38.900	0.570	Orta	Küresel
	D7	0.060	6.129	87.122	0.967	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.320	7.649	82.792	0.942	Yüksek	Gausiyan

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o: Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C: Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r²: Belirleme katsayısı.

Teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların genellikle etkili bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği, fakat bazı dönemlerde bu ilişkinin azaldığı belirlenmiştir. Tahmin için genellikle küresel ve gausiyan modeller ön plana çıkmış ve yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir.



Şekil 5.41. Kümes içi amonyak değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Amonyak değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 8.590 m ile 38.860 m arasında, dönem ortalarında 15.900 m ile 89.759 m arasında ve dönem sonlarında ise 5.169 m ile 87.122 m arasında değişmektedir. Bu değerlerden de anlaşıldığı gibi, amonyak değerlerinin etki mesafeleri dönemlere bağlı olarak çok fazla farklılıklar göstermişlerdir.

Varyogram modellerinin etkinliği ve uyumluluğu belirlemek için yapılan çapraz doğrulamada, ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri arasında yüksek oranda ilişki bulunduğu, hatalarında düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.32).

Tablo 5.32. Kümes içi amonyak değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (ppm)	RMSE (ppm)	
DB	D1	OK-Küresel	0.994	0.065	0.080
	D2	OK-Küresel	0.789	0.339	0.448
	D3	OK-Küresel	0.988	0.034	0.050
	D4	OK-Üssel	0.995	0.069	0.088
	D5	OK-Küresel	0.926	0.226	0.348
	D6	OK-Küresel	0.994	0.024	0.033
	D7	OK-Üssel	0.875	0.150	0.220
	D8	OK-Küresel	0.787	0.367	0.499
DO	D1	OK-Gausiyan	0.999	0.033	0.040
	D2	OK-Küresel	0.584	0.227	0.423
	D3	OK-Gausiyan	0.999	0.024	0.035
	D4	OK-Gausiyan	0.937	0.132	0.172
	D5	OK-Küresel	0.512	1.149	1.103
	D6	OK-Küresel	0.973	0.064	0.093
	D7	OK-Gausiyan	0.918	0.187	0.331
	D8	OK-Üssel	0.659	0.507	0.676
DS	D1	OK-Gausiyan	0.875	0.428	0.492
	D2	OK-Üssel	0.936	0.048	0.059
	D3	OK-Gausiyan	0.998	0.046	0.057
	D4	OK-Gausiyan	0.996	0.034	0.037
	D5	OK-Küresel	0.606	0.586	0.680
	D6	OK-Küresel	0.812	0.183	0.291
	D7	OK-Gausiyan	0.969	0.178	0.275
	D8	OK-Gausiyan	0.999	0.049	0.066

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.33). Amonyak dağılımlarının tahmininde kullanılan deterministik modellerden RBF modelleri genel olarak IDW modellerine kıyasla daha iyi sonuçlar vermiştir. MQ ve MLOG modellerinin tahmin yeteneğinin daha yüksek olduğu belirlenmiş, bu modelleri sırasıyla RBF-IM ve IDW3 modelleri izlemiştir.

Tablo 5.33. Kümes içi amonyak değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r ²	MAE (ppm)	RMSE (ppm)	
DB	D1	RBF-IM	0.993	0.061	0.081
	D2	RBF-MQ	0.771	0.358	0.465
	D3	RBF-MLOG	0.992	0.031	0.039
	D4	RBF-IM	0.997	0.048	0.074
	D5	RBF-MQ	0.921	0.200	0.360
	D6	RBF-MQ	0.992	0.025	0.038
	D7	RBF-MLOG	0.922	0.113	0.166
	D8	RBF-MQ	0.771	0.359	0.518
DO	D1	RBF-MQ	0.999	0.043	0.054
	D2	RBF-MQ	0.588	0.223	0.427
	D3	RBF-MQ	0.998	0.033	0.044
	D4	RBF-MQ	0.917	0.155	0.195
	D5	RBF-IM	0.456	1.237	1.171
	D6	RBF-MQ	0.974	0.062	0.092
	D7	RBF-MQ	0.914	0.200	0.340
	D8	IDW3	0.654	0.510	0.681
DS	D1	RBF-MLOG	0.838	0.480	0.552
	D2	RBF-MLOG	0.929	0.050	0.062
	D3	RBF-MQ	0.998	0.046	0.057
	D4	IDW3	0.993	0.041	0.048
	D5	RBF-MLOG	0.510	0.643	0.758
	D6	RBF-MQ	0.806	0.177	0.296
	D7	RBF-MQ	0.968	0.160	0.275
	D8	RBF-MQ	0.996	0.063	0.113

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında kümes içi amonyak değerlerini en doğru şekilde tahmin eden yöntemler RBF-IM (D1 ve D4), RBF-MLOG (D3 ve D7), RBF-MQ (D5 ve D8), OK-Küresel (D2) ve OK-Gausiyan (D6) modelleri olmuşlardır. Tüm dönemlerde IDW1 yöntemi tahmin hatasının en fazla olduğu model olarak belirlenmiştir (Ek 10).

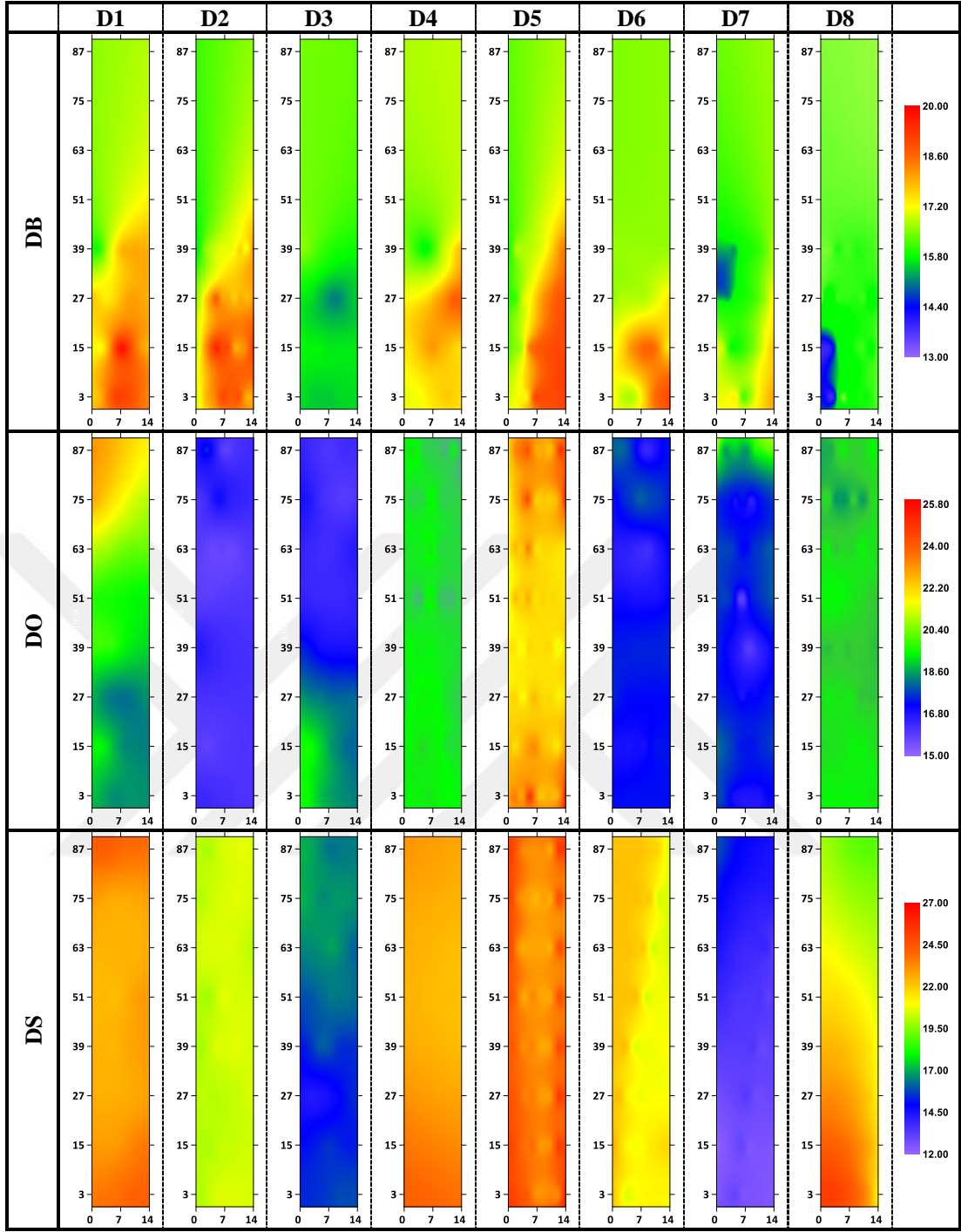
Dönem ortalarında kümes içi amonyak değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 11’de verilmiştir. Buna göre D1, D2, D6 ve D7 dönemlerinde RBF-MQ, D3 ve D4 dönemlerinde OK-Gausiyan, D5 döneminde OK-Küresel ve D8 döneminde OK-Üssel yöntemleri en doğru tahmin eden yöntemlerdir. IDW1 yöntemi en fazla hata değerine sahip model olurken bunu IDW2 ve RBF-TPS yöntemleri izlemiştir.

Dönem sonlarında kümes içi amonyak değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 12’de verilmiştir. Buna göre RBF-MQ (D3, D6, D7 ve D8), OK-Gausiyan (D1 ve D4), OK-Üssel (D2) ve OK-Küresel (D5) yöntemleri incelenen yöntemler arasında kümes içi amonyak değerlerinin alansal dağılımını en doğru tahmin eden yöntemler olurken, IDW1 yöntemi ise tahmin hatasının en fazla olduğu yöntem olmuştur.

Kümes içi amonyak dağılım haritalar incelendiğinde yetiştirme dönemlerinin başlarında kümesin ilk bölümlerinde ve yan duvarların kenarlarında amonyak miktarları diğer bölümlerden daha yüksek çıkmıştır (Şekil 5.42). Bunun ana nedeni bu bölümlerde hava değişiminin diğer bölümlere göre daha az olmasıdır (Cemek vd, 2016).

Wheeler vd (2006)'nin ifade ettiği gibi soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı D5 ve D3 dönemlerinde özellikle fana yakın bölümlerde amonyak değerlerinin sınır değerini (25 ppm) aştığı görülmüştür. Yaz ve geçiş dönemlerde yetiştiriciliğin yapıldığı dönemlerde (D2, D3, D6 ve D7) ise amonyak değerleri 15.00-21.00 ppm arasında değişmiştir.

Dönem sonlarında ise soğuk mevsimlerin hâkim olduğu dönemlerde (D1, D4, D5 ve D8) özellikle de yan duvarlara yakın bölümlerde amonyak değerlerinin 25 ppm'den yüksek çıktığı belirlenmiştir. Yaz döneminde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 ve D7 dönemlerinde ise en düşük amonyak değerlerine rastlanılmıştır. Bu dönemlerde amonyak değerlerinin düşük çıkmasının ana nedeni tünel havalandırma yöntemi kullanılarak yeterli miktarda havalandırmanın yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır (Lima vd, 2011).



Şekil 5.42. Kümes içi amonyak dağılım haritaları

5.3.5. Altlık Nem İçeriği

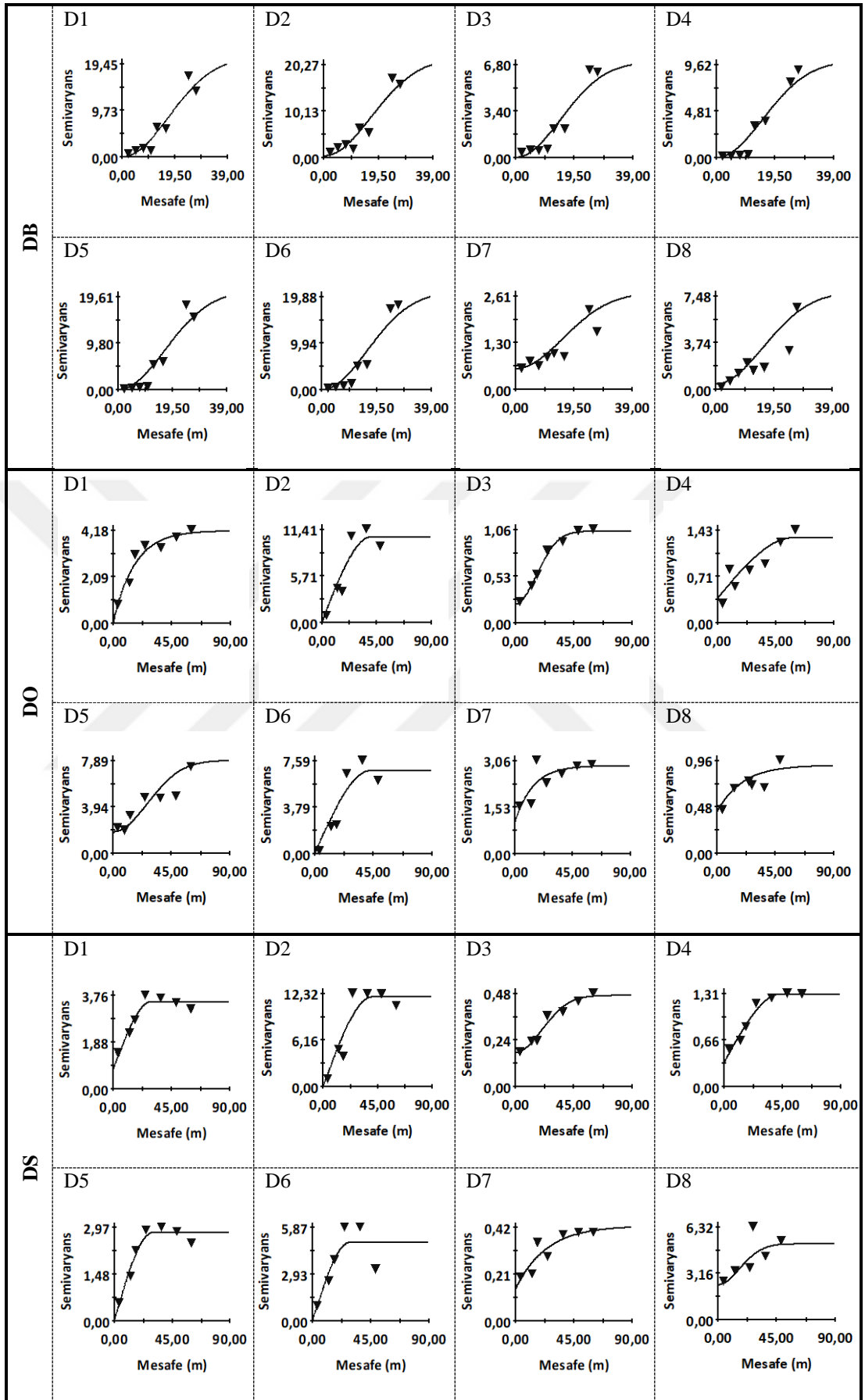
Altlık nem içeriğinin kümes içindeki dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.34'de verilmiştir. Altlık nem içeriği değerlerindeki anizotropinin belirlenmesi için varyogramlar 0°, 45°, 90° ve 135° aralıklarla analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlardan altlık nem içeriği dağılımlarının izotropik olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, altlık nem içeriğinin tahmini için izotropik varyogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.43).

Yetiştirme dönemlerinin hemen hemen hepsinde teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların iyi bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği belirlenmiştir. Tahmin için genellikle gausiyan ve küresel varyogram çeşitleri ön plana çıkmış ve yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir.

Tablo 5.34. Altlık nem içeriği değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C _o	C _o +C	A (m)	r ²	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.100	21.015	38.881	0.916	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.380	21.750	38.361	0.917	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.010	7.030	36.564	0.928	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.010	10.029	37.793	0.958	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.010	21.010	38.066	0.993	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.010	22.902	39.525	0.949	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.576	2.813	38.658	0.807	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.420	7.849	38.705	0.772	Yüksek	Gausiyan
DO	D1	0.010	4.168	49.800	0.936	Yüksek	Üssel
	D2	0.010	10.470	40.700	0.872	Yüksek	Küresel
	D3	0.217	1.046	40.357	0.991	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.386	1.308	58.900	0.812	Orta	Küresel
	D5	1.803	7.905	64.871	0.682	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.100	6.756	42.800	0.883	Yüksek	Küresel
	D7	1.021	2.890	42.300	0.622	Orta	Üssel
	D8	0.420	0.908	59.000	0.745	Orta	Üssel
DS	D1	0.942	3.349	29.300	0.928	Orta	Küresel
	D2	0.010	11.870	40.900	0.871	Yüksek	Küresel
	D3	0.178	0.476	50.575	0.965	Orta	Gausiyan
	D4	0.341	1.309	43.800	0.959	Orta	Küresel
	D5	0.001	2.789	29.800	0.945	Yüksek	Küresel
	D6	0.001	4.878	28.400	0.723	Yüksek	Küresel
	D7	0.142	0.423	71.400	0.811	Orta	Üssel
	D8	2.386	5.142	40.998	0.550	Orta	Gausiyan

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o: Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C: Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r²: Belirleme katsayısı.



Şekil 5.43. Altlık nem içeriği değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Kontrolsüz etki varyansının çok küçük değerlerde olması kümes içinde kısa yapısal uzaklıklarda altlık nem içeriği değerlerindeki değişkenliğin çok az olduğunu ifade etmektedir.

Altlık nem içeriği değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 36.564 m ile 39.525 m arasında, dönem ortalarında 40.357 m ile 64.871 m arasında ve dönem sonlarında ise 28.400 m ile 71.400 m arasında değişmektedir.

Altlık nem içeriğinin tahmini için en uygun varyogram tipi belirlendikten sonra, modelin etkinliği ve uyumluluğu belirlemek için yapılan çapraz doğrulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, Gausiyan yönteminin incelenen diğer stokastik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Tablo 5.35).

Tablo 5.35. Altlık nem içeriğini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (%)	RMSE (%)	
DB	D1	OK-Gausiyan	0.973	0.426	0.547
	D2	OK-Gausiyan	0.960	0.359	0.640
	D3	OK-Gausiyan	0.862	0.544	0.695
	D4	OK-Gausiyan	0.966	0.340	0.444
	D5	OK-Gausiyan	0.983	0.321	0.437
	D6	OK-Gausiyan	0.967	0.280	0.573
	D7	OK-Gausiyan	0.652	0.631	0.800
	D8	OK-Gausiyan	0.920	0.285	0.444
DO	D1	OK-Üssel	0.929	0.275	0.436
	D2	OK-Küresel	0.970	0.291	0.476
	D3	OK-Gausiyan	0.890	0.172	0.281
	D4	OK-Küresel	0.705	0.192	0.300
	D5	OK-Gausiyan	0.688	1.060	1.344
	D6	OK-Küresel	0.991	0.159	0.201
	D7	OK-Üssel	0.525	0.821	1.026
	D8	OK-Üssel	0.568	0.543	0.793
DS	D1	OK-Küresel	0.951	0.747	0.858
	D2	OK-Küresel	0.961	0.353	0.571
	D3	OK-Gausiyan	0.651	0.192	0.345
	D4	OK-Küresel	0.634	0.429	0.661
	D5	OK-Küresel	0.945	0.260	0.358
	D6	OK-Küresel	0.923	0.363	0.526
	D7	OK-Üssel	0.553	0.235	0.322
	D8	OK-Gausiyan	0.978	0.191	0.325

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.36). IDW yöntemleri altlık nem içeriğinin tahmininde RBF yöntemlerine kıyasla daha iyi sonuçlar vermişlerdir. IDW yöntemlerinden IDW2 ve IDW3 modelleri, RBF yöntemlerinden MQ ve MLOG modellerinin tahmin yetenekleri diğer deterministik enterpolasyon yöntemlerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 5.36. Altlık nem içeriğini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (%)	RMSE (%)	
DB	D1	RBF-MLOG	0.978	0.388	0.498
	D2	RBF-MLOG	0.967	0.334	0.586
	D3	IDW2	0.864	0.500	0.689
	D4	IDW2	0.963	0.348	0.461
	D5	RBF-MQ	0.980	0.327	0.465
	D6	IDW3	0.969	0.233	0.550
	D7	RBF-MLOG	0.616	0.625	0.811
	D8	RBF-MQ	0.916	0.264	0.457
DO	D1	RBF-MQ	0.935	0.257	0.417
	D2	RBF-MLOG	0.972	0.292	0.464
	D3	RBF-MLOG	0.889	0.167	0.283
	D4	IDW3	0.713	0.175	0.304
	D5	RBF-MQ	0.658	1.069	1.424
	D6	RBF-MQ	0.991	0.152	0.195
	D7	RBF-MQ	0.508	0.836	1.056
	D8	RBF-MQ	0.564	0.542	0.808
DS	D1	RBF-MQ	0.850	1.260	1.508
	D2	RBF-MQ	0.964	0.343	0.548
	D3	RBF-IM	0.731	0.175	0.305
	D4	RBF-IM	0.635	0.406	0.661
	D5	RBF-MLOG	0.944	0.244	0.357
	D6	RBF-MLOG	0.917	0.368	0.540
	D7	RBF-MQ	0.548	0.229	0.338
	D8	RBF-MQ	0.981	0.148	0.309

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında kümes içi altlık nem içeriği değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 13'de verilmiştir. Buna göre en doğru şekilde tahmin eden yöntemler OK-Gausiyan (D4, D5 ve D7), RBF-MLOG (D1 ve D2), RBF-MQ (D8), IDW2 (D3) ve IDW3 (D6) olarak belirlenmiştir. Tahmin hatasının en fazla olduğu modeller ise IDW1 ve RBF-TPS modelleridir.

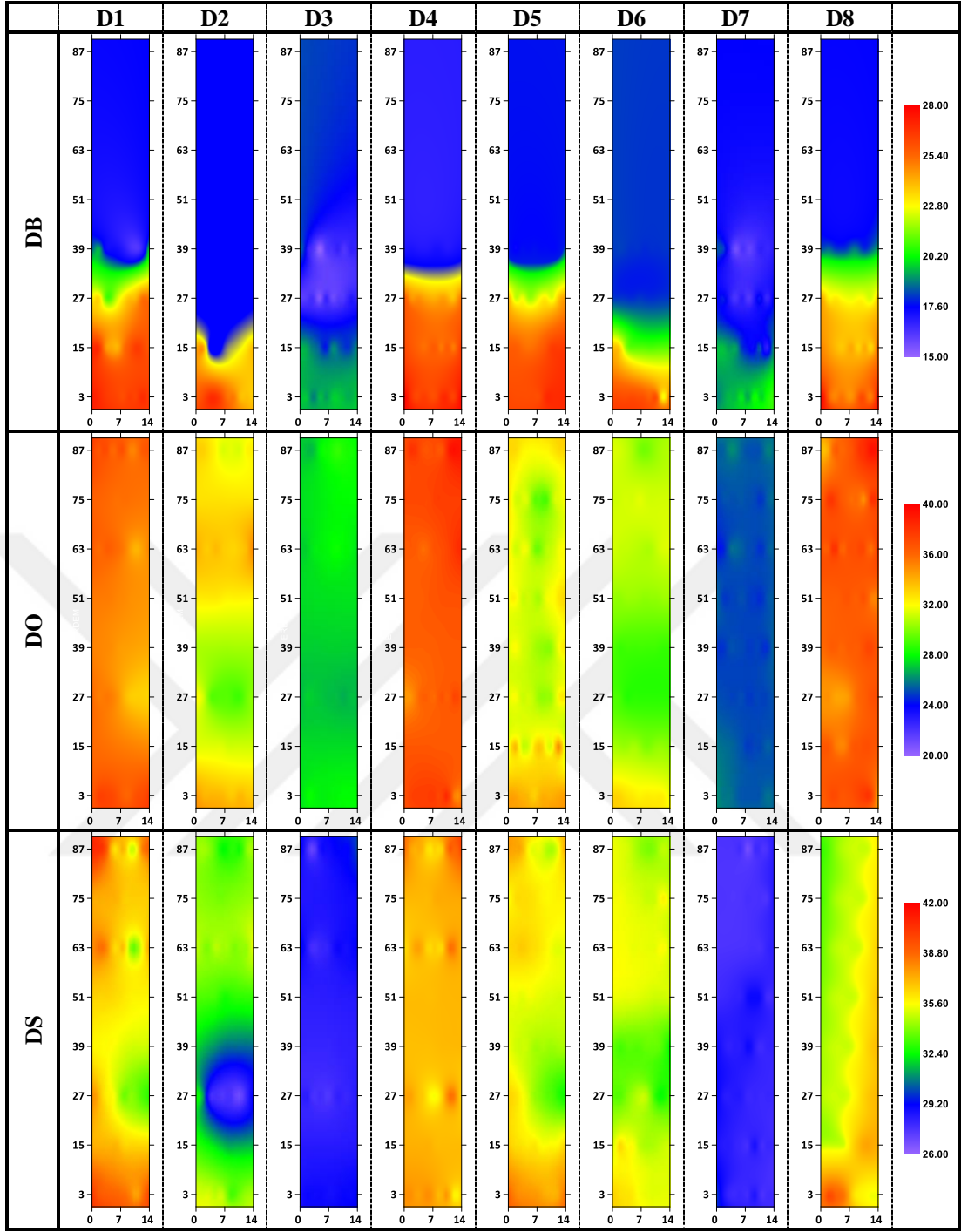
Dönem ortalarında altlık nem içeriği değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 14'de verilmiştir. Buna göre D1, D6 ve D8 dönemlerinde RBF-MQ, D3 ve D5 dönemlerinde OK-Gausiyan, D2 döneminde RBF-MLOG, D4 döneminde IDW3 ve D7 döneminde OK-Üssel yöntemleri en doğru tahmin eden yöntemlerdir. IDW1 ve RBF-TPS yöntemleri en fazla hata değerine sahip modeller olarak belirlenmiştir.

Dönem sonlarında altlık nem içeriği değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 15'de verilmiştir. Buna göre RBF-MQ (D2, D7 ve D8), RBF-IM (D3 ve D4), OK-Küresel (D1 ve D6) ve RBF-MLOG (D5) yöntemleri incelenen yöntemler arasında altlık nem içeriği

değerlerinin alansal dağılımını en doğru tahmin eden yöntemler olurken, IDW1 yöntemi ise tahmin hatasının en fazla olduğu yöntem olmuştur.

Kümes içi altlık nem içeriğinin dönemsel olarak dağılım haritaları en iyi enterpolasyon yöntemi seçilerek oluşturulmuştur (Şekil 5.44). Haritalar incelendiğinde dönem başlarında kış ve geçiş mevsimlerinde yetiştiriciliğin yapıldığı (D1, D2, D4, D5, D6 ve D8) dönemlerde altlık nem içerikleri yaz döneminde yetiştiriciliğin yapıldığı (D3 ve D7) dönemlerine kıyasla yüksek çıkmıştır.

Dönem ortalarında ve sonlarında en yüksek nem içerikleri D4, D8 ve D1 dönemlerinde görülürken, en düşük nem içerikleri D7 ve D3 dönemlerinde görülmüştür. Tüm dönemlerde kümesin ilk bölümlerindeki altlık nem içeriğinin diğer bölümlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı dönemlerde özellikle kümesin giriş kapısının bulunduğu bölümlerde altlık nem içeriğinde artış gözlemlenmiştir. Bunun ana nedeni olarak kapıdaki yalıtımın yetersizliği düşünülmüştür. Böylece kümes içine sızan soğuk ve nemli hava altlıkta nem yoğunlaşmasına neden olmaktadır.



Şekil 5.44. Altlık nem içeriği dağılım haritaları

5.3.6. Altlık Sıcaklığı

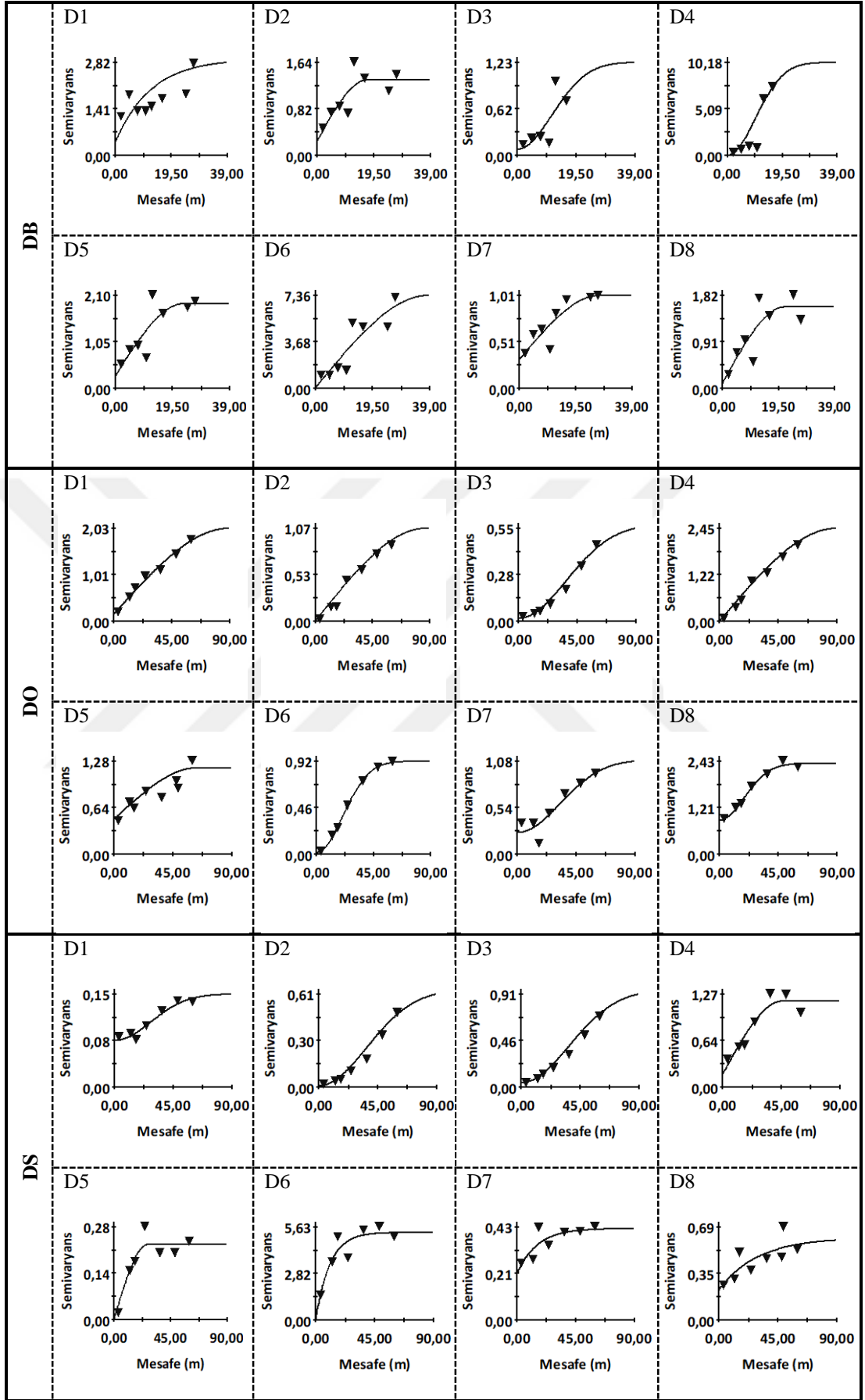
Altlık sıcaklık değerlerinin kümes içindeki dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.37’de verilmiştir. Altlık sıcaklık değerlerindeki anizotropinin belirlenmesi için farklı yönlerde varyogramlar analizi yapılmış ve dağılımların izotropik olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, altlık sıcaklık değerlerinin tahmini için izotropik varyogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.45).

Teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların genellikle iyi bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği belirlenmiştir. Tahmin için genellikle küresel ve gausiyan varyogram modelleri ön plana çıkmış ve yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir.

Tablo 5.37. Altlık sıcaklık değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C_0	C_0+C	A (m)	r^2	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.389	2.941	37.900	0.571	Yüksek	Üssel
	D2	0.243	1.326	17.450	0.679	Yüksek	Küresel
	D3	0.081	1.237	28.631	0.596	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.001	10.188	24.439	0.774	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.227	1.911	23.540	0.704	Yüksek	Küresel
	D6	0.010	7.359	38.775	0.804	Yüksek	Küresel
	D7	0.312	1.012	28.250	0.787	Orta	Küresel
	D8	0.098	1.584	21.810	0.733	Yüksek	Küresel
DO	D1	0.146	2.027	89.991	0.983	Yüksek	Küresel
	D2	0.001	1.069	88.600	0.977	Yüksek	Küresel
	D3	0.017	0.581	89.966	0.983	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.010	2.448	90.000	0.987	Yüksek	Küresel
	D5	0.477	1.191	64.182	0.778	Orta	Küresel
	D6	0.017	0.918	50.922	0.999	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.248	1.102	80.367	0.863	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.889	2.365	46.592	0.985	Orta	Gausiyan
DS	D1	0.076	0.153	68.433	0.937	Orta	Gausiyan
	D2	0.010	0.639	89.947	0.974	Yüksek	Gausiyan
	D3	0.045	0.958	89.858	0.990	Yüksek	Gausiyan
	D4	0.175	1.172	45.900	0.893	Yüksek	Küresel
	D5	0.000	0.224	26.900	0.886	Yüksek	Küresel
	D6	0.010	5.311	32.400	0.843	Yüksek	Üssel
	D7	0.207	0.421	46.800	0.676	Orta	Üssel
	D8	0.227	0.610	89.100	0.592	Orta	Üssel

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_0 : Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_0+C : Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r^2 : Belirleme katsayısı.



Şekil 5.45. Altlık sıcaklık değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Kontrolsüz etki varyansı kümesin incelenen diğer özelliklerinde olduğu gibi çok küçük değerlere sahiptir. Böyle olması atlık sıcaklık değerinin kümes içinde kısa yapısal uzaklıklarda değişkenliği çok az olduğunu göstermektedir.

Altılık sıcaklık değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 17.450 m ile 38.775 m arasında, dönem ortalarında 46.592 m ile 89.991 m arasında ve dönem sonlarında ise 26.900 m ile 89.947 m arasında değişmektedir.

Altılık sıcaklık değerlerinin tahmini için en uygun varyogram tipi belirlendikten sonra, modelin etkinliği ve uyumluluğu belirlemek için yapılan çapraz doğrulama sonucunda, hesaplanan ve tahmin edilen altılık sıcaklık değerleri arasında yüksek oranda ilişki bulunduğu, hatalarında düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.38).

Tablo 5.38. Altılık sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (°C)	RMSE (°C)	
DB	D1	OK-Üssel	0.692	0.434	0.599
	D2	OK-Küresel	0.574	0.422	0.725
	D3	OK-Gausiyan	0.816	0.244	0.350
	D4	OK-Gausiyan	0.940	0.405	0.539
	D5	OK-Küresel	0.594	0.442	0.581
	D6	OK-Küresel	0.734	0.868	1.085
	D7	OK-Küresel	0.496	0.521	0.629
	D8	OK-Küresel	0.841	0.359	0.469
DO	D1	OK-Küresel	0.955	0.334	0.417
	D2	OK-Küresel	0.994	0.035	0.051
	D3	OK-Gausiyan	0.955	0.082	0.109
	D4	OK-Küresel	0.969	0.109	0.177
	D5	OK-Küresel	0.696	0.749	0.922
	D6	OK-Gausiyan	0.990	0.046	0.073
	D7	OK-Gausiyan	0.981	0.077	0.107
	D8	OK-Gausiyan	0.763	0.481	0.633
DS	D1	OK-Gausiyan	0.994	0.046	0.074
	D2	OK-Gausiyan	0.931	0.078	0.126
	D3	OK-Gausiyan	0.930	0.077	0.148
	D4	OK-Küresel	0.832	0.266	0.382
	D5	OK-Küresel	0.940	0.081	0.106
	D6	OK-Üssel	0.794	0.596	0.914
	D7	OK-Üssel	0.469	0.242	0.367
	D8	OK-Üssel	0.800	0.460	0.709

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.39). Altılık sıcaklık değerlerinin tahmininde genellikle IDW yöntemleri (IDW3) daha iyi sonuçlar vermişlerdir. RBF yöntemlerinden ise IM, MQ ve MLOG modelleri ön plana çıkmıştır.

Tablo 5.39. Altlık sıcaklık değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE (°C)	RMSE (°C)	
DB	D1	IDW3	0.615	0.442	0.623
	D2	RBF-MLOG	0.571	0.410	0.725
	D3	RBF-IM	0.813	0.248	0.353
	D4	IDW3	0.930	0.408	0.580
	D5	RBF-MQ	0.539	0.495	0.636
	D6	IDW1	0.719	0.878	1.116
	D7	RBF-IM	0.502	0.498	0.615
	D8	RBF-MLOG	0.869	0.332	0.430
DO	D1	RBF-MQ	0.925	0.279	0.449
	D2	RBF-MQ	0.991	0.043	0.062
	D3	IDW3	0.917	0.086	0.128
	D4	IDW3	0.963	0.120	0.195
	D5	IDW3	0.658	0.816	1.003
	D6	RBF-MQ	0.988	0.049	0.081
	D7	RBF-MLOG	0.964	0.097	0.146
	D8	IDW3	0.762	0.494	0.634
DS	D1	RBF-MLOG	0.994	0.052	0.080
	D2	IDW3	0.925	0.065	0.131
	D3	IDW3	0.904	0.089	0.174
	D4	IDW3	0.762	0.283	0.456
	D5	IDW3	0.917	0.094	0.123
	D6	RBF-MLOG	0.790	0.589	0.926
	D7	RBF-IM	0.502	0.226	0.354
	D8	RBF-IM	0.725	0.542	0.834

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında altlık sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 16'da verilmiştir. Buna göre en doğru şekilde tahmin eden yöntemler OK-Gausiyan (D3 ve D4), OK-Küresel (D5 ve D6), RBF-MLOG (D2 ve D8), OK-Üssel (D1) ve RBF-IM (D7) olarak belirlenmiştir. Tahmin hatasının en fazla olduğu modeller ise IDW1 ve RBF-TPS modelleri olmuştur.

Dönem ortalarında altlık sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 17'de verilmiştir. Buna göre D3, D6, D7 ve D8 dönemlerinde OK-Gausiyan, D2, D4 ve D5 dönemlerinde OK-Küresel ve D1 döneminde ise RBF-MQ yöntemleri en doğru tahmin eden yöntemlerdir. IDW1, RBF-TPS ve RBF-NCS yöntemleri en fazla hata değerine sahip modeller olarak belirlenmiştir.

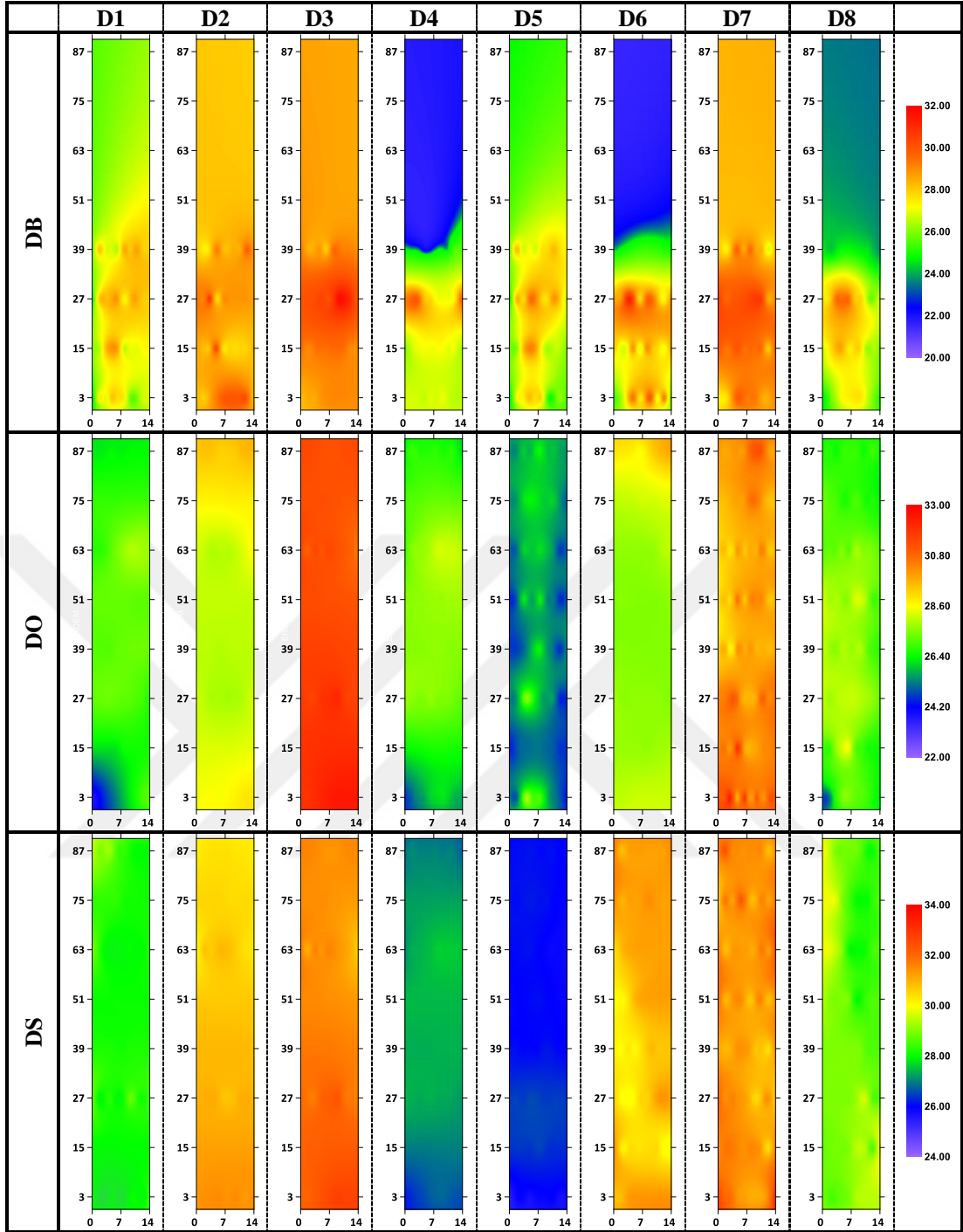
Dönem sonlarında altlık sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 18'de verilmiştir. Buna göre OK-Gausiyan (D1 ve D3), OK-Küresel (D4 ve D5), OK-Üssel (D6 ve D8), IDW3 (D2) ve RBF-IM (D7) yöntemleri incelenen yöntemler arasında altlık sıcaklık değerlerinin

alansal dağılımını en doğru tahmin eden yöntemler olurken, IDW1 yöntemi ise tahmin hatasının en fazla olduğu yöntem olmuştur.

Kümes içi altlık sıcaklık değerlerinin dönemsel olarak dağılım haritaları en iyi enterpolasyon yöntemi seçilerek oluşturulmuştur (Şekil 5.46).

Dönem başlarında en yüksek altlık sıcaklık değerleri ısıtma borusunun da bulunduğu 27. m'lerde görülmüştür. Sadece ilk 39 m'de ısıtma yapıldığından en düşük sıcaklıklar bölme perdesinin bulunduğu (39.00 m) alanlarda tespit edilmiştir. Dönemler arası altlık sıcaklığı değerleri çok fazla değişim göstermemiştir.

Dönem ortalarında yaz mevsiminde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 ve D7 dönemlerinde altlık sıcaklıkları en yüksek değerlerdedir. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur Soğuk mevsimlerde yetiştiriciliğin yapıldığı D1, D4, D5 ve D8 dönemlerinde özellikle ana giriş kapısının bulunduğu bölümlerde sıcaklık değerlerinin düşük kaldığını söylemek mümkündür.



Şekil 5.46. Altık sıcaklık dağılım haritaları

5.3.7. Altlık pH Değeri

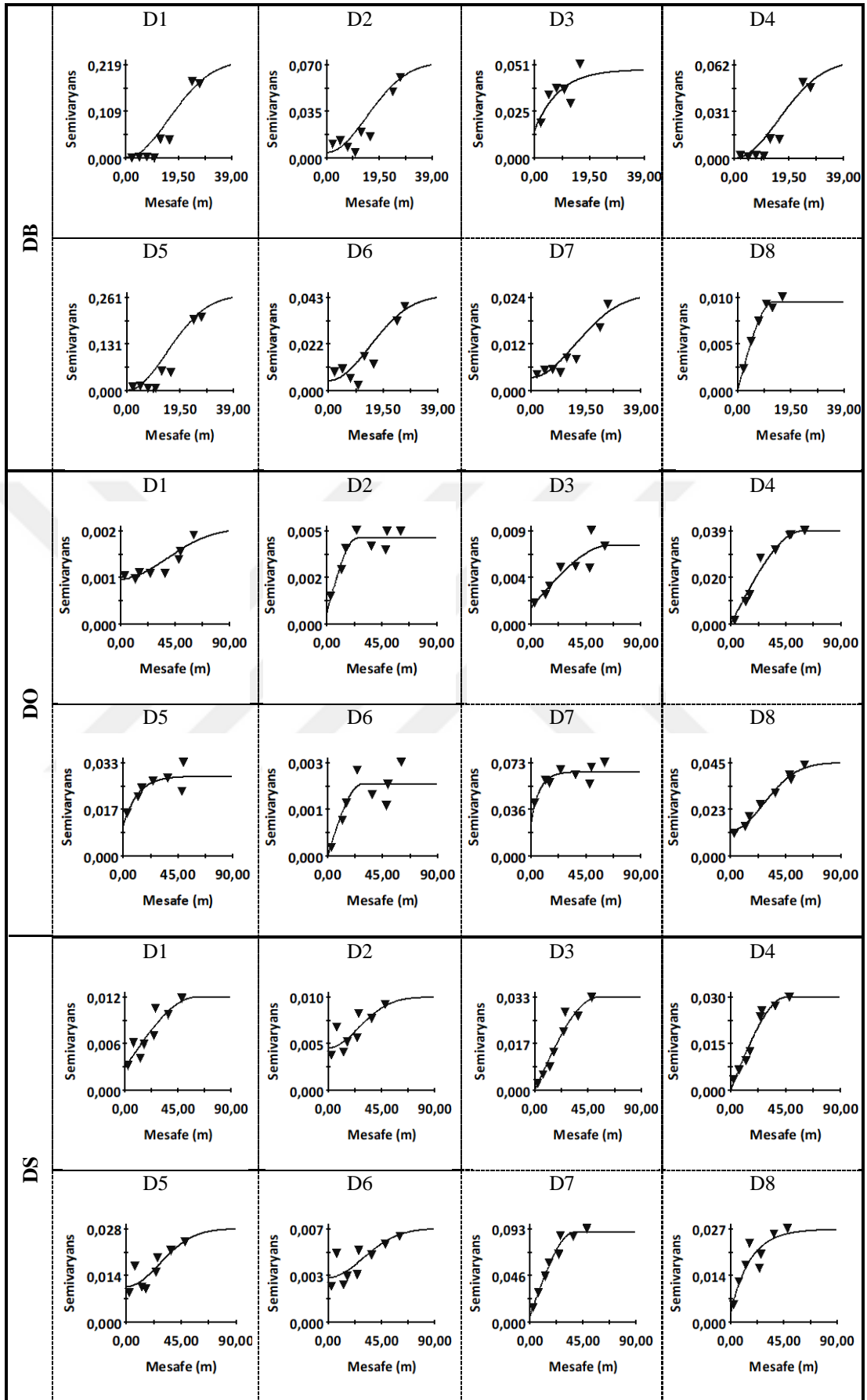
Altlık pH değerlerinin kümes içindeki dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan yarıvaryogram analizi sonucu elde edilen modeller ve parametreleri Tablo 5.40'da verilmiştir. Altlık pH değerlerindeki anizotropinin belirlenmesi için farklı açılarda varyogram analizi yapılmış ve dağılımların izotropik olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, altlık pH değerlerinin tahmini için izotropik varyogram modelleri ile OK yöntemi kullanılmıştır (Şekil 5.47).

Teorik varyogramlar ile deneysel varyogramların genellikle iyi bir uyum ($r^2 > 0.70$) gösterdiği belirlenmiştir. Tahmin için genellikle gausiyan ve küresel varyogram modelleri ön plana çıkmış ve yüksek oranda uzaysal bağımlılık göstermişlerdir.

Tablo 5.40. Altlık pH değerlerine ait izotropik yarıvaryogram bileşenleri

Dönemler	C _o	C _o +C	A (m)	r ²	Uzaysal bağımlılık	Varyogram tipi	
DS	D1	0.001	0.230	38.946	0.917	Yüksek	Gausiyan
	D2	0.030	0.072	36.426	0.824	Orta	Gausiyan
	D3	0.015	0.048	26.130	0.583	Orta	Üssel
	D4	0.000	0.065	38.871	0.907	Yüksek	Gausiyan
	D5	0.001	0.269	35.923	0.894	Yüksek	Gausiyan
	D6	0.005	0.044	35.880	0.802	Yüksek	Gausiyan
	D7	0.004	0.025	38.818	0.886	Yüksek	Gausiyan
	D8	0.000	0.009	13.051	0.982	Yüksek	Küresel
DO	D1	0.001	0.002	88.386	0.814	Orta	Gausiyan
	D2	0.001	0.004	25.000	0.881	Orta	Küresel
	D3	0.001	0.007	65.000	0.809	Yüksek	Küresel
	D4	0.001	0.039	59.000	0.981	Yüksek	Küresel
	D5	0.011	0.028	34.800	0.710	Orta	Üssel
	D6	0.000	0.003	28.000	0.751	Yüksek	Küresel
	D7	0.025	0.066	21.600	0.720	Orta	Üssel
	D8	0.012	0.046	66.518	0.983	Orta	Gausiyan
DS	D1	0.003	0.012	60.600	0.823	Orta	Küresel
	D2	0.004	0.010	63.566	0.667	Orta	Gausiyan
	D3	0.000	0.033	53.800	0.945	Yüksek	Küresel
	D4	0.000	0.030	46.100	0.964	Yüksek	Küresel
	D5	0.011	0.028	67.550	0.732	Orta	Gausiyan
	D6	0.003	0.007	72.635	0.643	Orta	Gausiyan
	D7	0.006	0.089	37.900	0.971	Yüksek	Küresel
	D8	0.003	0.027	50.400	0.822	Yüksek	Üssel

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, C_o: Kontrolsüz etki varyansı (nugget), C_o+C: Yapısal etki (sill), A: Etki mesafesi (range), r²: Belirleme katsayısı.



Şekil 5.47. Altlık pH değerleri için yarıvaryogram grafikleri

Kontrolsüz etki varyansının çok küçük değerlere sahip olması, atlık pH değerinin kümes içinde kısa yapısal uzaklıklarda değişkenliğinin çok az olduğunu göstermektedir.

Atlık pH değerlerinin etki mesafeleri dönem başlarında 13.051 m ile 38.946 m arasında, dönem ortalarında 21.600 m ile 88.386 m arasında ve dönem sonlarında ise 37.900 m ile 72.635 m arasında değişmektedir.

Atlık pH değerlerinin tahmini için en uygun varyogram tipi belirlendikten sonra, modelin etkinliği ve uyumluluğu belirlemek için yapılan çapraz doğrulama sonucunda, hesaplanan ve tahmin edilen atlık pH değerleri arasında yüksek oranda ilişki (r^2) bulunduğu, hatalarında (MAE ve RMSE) düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.41).

Tablo 5.41. Atlık pH değerlerini en iyi tahmin eden stokastik modeller ve hata değerleri

Dönemler	Model	r^2	MAE	RMSE	
DB	D1	OK-Gausiyan	0.995	0.019	0.023
	D2	OK-Gausiyan	0.925	0.036	0.053
	D3	OK-Üssel	0.869	0.033	0.047
	D4	OK-Gausiyan	0.920	0.035	0.048
	D5	OK-Gausiyan	0.924	0.075	0.095
	D6	OK-Gausiyan	0.747	0.075	0.093
	D7	OK-Gausiyan	0.712	0.061	0.075
	D8	OK-Küresel	0.930	0.028	0.032
DO	D1	OK-Gausiyan	0.759	0.012	0.020
	D2	OK-Küresel	0.742	0.020	0.032
	D3	OK-Küresel	0.867	0.019	0.027
	D4	OK-Küresel	0.953	0.021	0.032
	D5	OK-Üssel	0.830	0.030	0.038
	D6	OK-Küresel	0.967	0.006	0.008
	D7	OK-Üssel	0.849	0.052	0.062
	D8	OK-Gausiyan	0.763	0.063	0.079
DS	D1	OK-Küresel	0.883	0.010	0.019
	D2	OK-Gausiyan	0.961	0.014	0.016
	D3	OK-Küresel	0.957	0.021	0.030
	D4	OK-Küresel	0.949	0.024	0.033
	D5	OK-Gausiyan	0.904	0.034	0.042
	D6	OK-Gausiyan	0.773	0.011	0.015
	D7	OK-Küresel	0.826	0.070	0.104
	D8	OK-Üssel	0.920	0.034	0.042

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

İncelenen modeller arasından en yüksek r^2 , en düşük RMSE ve MAE değerini veren model en uygun deterministik model olarak seçilmiştir (Tablo 5.42). Atlık pH değerlerinin tahmininde IDW3 ve MQ modelleri diğer modellere göre daha iyi sonuçlar vermişlerdir.

Tablo 5.42. Altlık pH değerlerini en iyi tahmin eden deterministik modeller ve hata değerleri

	Dönemler	Model	r^2	MAE	RMSE
DB	D1	IDW3	0.994	0.020	0.024
	D2	RBF-MLOG	0.808	0.062	0.091
	D3	IDW3	0.819	0.037	0.055
	D4	IDW3	0.916	0.036	0.049
	D5	RBF-MQ	0.948	0.063	0.079
	D6	RBF-MQ	0.762	0.066	0.091
	D7	RBF-IM	0.669	0.064	0.080
	D8	IDW3	0.855	0.026	0.036
DO	D1	RBF-IM	0.626	0.014	0.025
	D2	RBF-MQ	0.719	0.020	0.033
	D3	IDW3	0.770	0.019	0.036
	D4	IDW3	0.947	0.023	0.034
	D5	IDW3	0.802	0.030	0.041
	D6	IDW3	0.942	0.006	0.011
	D7	IDW3	0.724	0.048	0.084
	D8	RBF-IM	0.757	0.063	0.080
DS	D1	RBF-IM	0.784	0.010	0.018
	D2	IDW3	0.864	0.024	0.029
	D3	RBF-MQ	0.941	0.020	0.034
	D4	RBF-MLOG	0.923	0.024	0.039
	D5	RBF-MLOG	0.872	0.039	0.048
	D6	RBF-IM	0.604	0.016	0.021
	D7	IDW3	0.768	0.080	0.121
	D8	IDW3	0.886	0.040	0.050

DB: Dönem başı, DO: Dönem ortası, DS: Dönem sonu, r^2 : Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Dönem başlarında altlık pH değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 19'da verilmiştir. Buna göre en doğru şekilde tahmin eden yöntemler OK-Gausiyan (D1, D2, D6 ve D7), OK-Küresel (D3), OK-Küresel (D8), IDW3 (D4) VE RBF-MQ (D5) olarak belirlenmiştir. Tahmin hatasının en fazla olduğu model ise IDW1 modelidir.

Dönem ortalarında altlık pH değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 20'de verilmiştir. Buna göre D3 ve D4 dönemlerinde OK-Küresel, D6 ve D7 dönemlerinde IDW3, D1 döneminde OK-Gausiyan, D2 döneminde RBF-MQ, D5 döneminde OK-Üssel ve D8 döneminde RBF-IM yöntemleri en doğru tahmin eden yöntemlerdir. IDW1, RBF-TPS ve RBF-NCS yöntemleri en fazla hata değerine sahip modeller olarak belirlenmiştir.

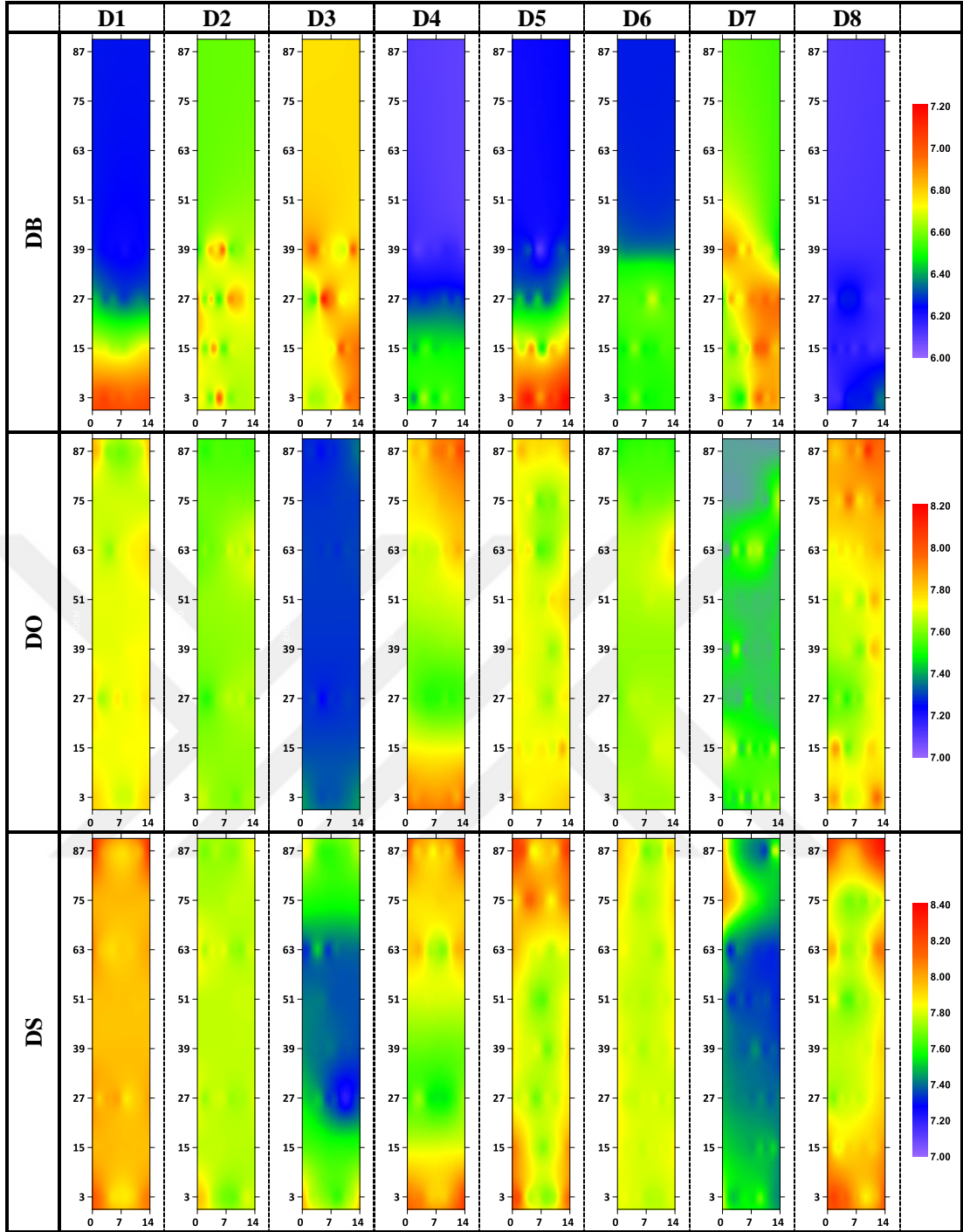
Dönem sonlarında altlık pH değerlerinin tahmininde kullanılan yöntemlerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler Ek 21'de verilmiştir. Buna göre OK-Gausiyan (D2, D5 ve D6), OK-Küresel (D4 ve D7), OK-Üssel (D8), RBF-IM (D1) ve RBF-MQ (D3) yöntemleri incelenen yöntemler arasında altlık pH değerlerinin alansal dağılımını en doğru tahmin eden yöntemler olurken, IDW1 yöntemi ise genel olarak tahmin hatasının en fazla olduğu yöntem olmuştur.

Kümes içi altlık pH değerlerinin dönemsel olarak dağılım haritaları en iyi enterpolasyon yöntemi seçilerek oluşturulmuştur (Şekil 5.48). Dönem başlarında kümesin ilk bölümlerinde ve yan duvarların kenarlarında yüksek pH değerleri görülmüştür.

Dönem ortalarında yaz mevsiminde yetiştiriciliğin yapıldığı D3 döneminde altlık pH değeri en düşük seviyelerde iken, D4 ve D8 dönemlerinde özellikle fana yakın bölümlerinde en yüksek seviyelere ulaşmıştır.

Dönem sonlarında ise D3 ve D7 dönemlerinde kümesin orta kısımlarında pH değeri diğer dönemlere kıyasla daha düşük seyretmiştir. Diğer dönemlerde genel olarak kümesin ilk bölümleri, yan duvar kenarları ve fana yakın olan bölümlerde pH değeri daha yüksek çıkmıştır.





Şekil 5.48. Altılık pH dağılım haritaları

5.4. Yapay Zekâ Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.4.1. Amonyak Tahmini

Kümes içi amonyak konsantrasyonlarının kolaylıkla belirlenmesi mümkün değildir. Amonyakın oluşum sürecine sıcaklık, nem, havalandırma, altlık nem miktarı, altlık pH'sı ve altlıktaki mikrobiyel faaliyetler gibi birçok faktör etki etmektedir. Altlık pH'sının 9 ve üzerinde olması durumunda ürikaz enzimlerini sentezleyen üreolitik bakteriler altlık nemini kullanarak ürik asidi amonyak ve amonyuma dönüştürmekte, üreyi amonyak ve karbondioksite parçalamaktadırlar. Açığa çıkan amonyak ucucu özellikte olup altlığın 3-8 cm üzerinde bulunurken, amonyum ise suda çözünür olup altlığın bünyesinde yer almaktadır (Gholap, 2012).

Doğrudan amonyak değerini ölçen aletlerin pahalı olması, sürekli kalibrasyon gerekliliği gibi nedenlerden dolayı günümüz ticari işletmeleri için mümkün olmayabilmektedir (Coufal vd, 2006b; Wang vd, 2014a; West, 2020). Bunun yerine ölçümü kolay ve ucuz olan parametreler kullanılarak amonyak tahmin modeli geliştirilmesi daha uygun olacaktır.

Yapay zeka modellerinin oluşturulmasında kullanılacak girdi değişkenlerini belirlemek için Şekil 5.10'da yapılan korelasyon analizi kullanılmıştır. Buna göre altlık kalite özelliklerinde AN ve pH değişkenleri ile NH₃ arasında P<0.01 düzeyinde önemli pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur. AS ve NH₃ arasında ise P<0.01 düzeyinde önemli negatif yönde zayıf bir ilişki bulunmuştur. Weaver Jr ve Meijerhof (1991) amonyak salınımını azaltmak için en uygun yöntemin AN'yi kontrol etmek olduğunu ifade etmiştir. Wang vd (2006) amonyak salınımının AN'den çok fazla etkilendiğini, ancak hava ve altlık sıcaklığı, hava değişim oranı ve altlık pH'sı gibi faktörlerin de gözardı edilmemesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kümes içi çevre koşullarından T ve V değişkenleri ile NH₃ arasında P<0.01 düzeyinde önemli negatif yönde bir ilişki bulunmuştur. RH ve NH₃ arasında ise P<0.01 düzeyinde önemli pozitif yönde zayıf bir ilişki bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen verilerin %70'i (n=1120) eğitim, %15'i (n=240) test ve %15'i (n=240) doğrulama veri setleri olarak alınmıştır. Yapay zeka modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 5.43'de verilmiştir.

ANFIS kullanılarak NH₃'ün tahmini için eğitim, test ve doğrulama verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel performans kriterleri Tablo 5.44'de verilmiştir.

Buna göre yalnız altlık kalite parametreleri kullanıldığında en iyi sonucu AN, AS ve pH girdi seti, yalnız iklimsel parametreler kullanıldığında ise en iyi sonucu T, RH ve V girdi seti vermiştir. Tüm modeller incelendiğinde AN, T ve V girdi setleri kullanılarak tahmin yapılan M10 modeli en doğru sonuçları vermiştir.

Tablo 5.43. Yapay zekâ modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Değişken	Birim	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
Eğitim veri seti	AN	%	15.32	42.88	30.69	6.61	-0.39	-0.91	21.53
	AS	°C	20.00	33.40	27.93	2.42	-0.26	0.02	8.65
	pH	---	6.02	8.34	7.49	0.53	-1.30	0.64	7.10
	T	°C	19.10	32.44	24.74	3.33	-0.01	-0.98	13.46
	RH	%	51.02	79.75	64.60	6.48	0.27	-0.68	10.03
	V	m s ⁻¹	0.11	1.86	0.54	0.50	2.68	7.97	92.89
	NH3	ppm	13.00	26.30	19.35	3.07	0.28	-0.87	15.88
Test veri seti	AN	%	16.20	42.60	30.88	6.60	-0.41	-0.98	21.37
	AS	°C	21.50	33.00	27.86	2.46	-0.08	-0.79	8.83
	pH	---	6.05	8.26	7.50	0.53	-1.35	1.00	7.08
	T	°C	19.10	32.36	24.68	3.28	-0.09	-0.91	13.29
	RH	%	54.14	78.86	64.97	6.05	0.29	-0.54	9.31
	V	m s ⁻¹	0.12	2.10	0.64	0.66	2.28	4.56	103.83
	NH3	ppm	13.20	26.70	19.36	2.98	0.28	-0.84	15.42
Doğrulama veri seti	AN	%	15.02	41.41	29.78	6.86	-0.27	-1.11	23.02
	AS	°C	20.00	33.40	27.82	2.66	-0.44	-0.01	9.56
	pH	---	6.02	8.30	7.43	0.57	-1.16	0.16	7.65
	T	°C	19.20	32.39	24.98	3.35	-0.07	-1.01	13.41
	RH	%	50.35	79.81	64.56	6.66	0.26	-0.81	10.31
	V	m s ⁻¹	0.12	1.93	0.54	0.49	2.47	6.63	90.53
	NH3	ppm	13.30	26.20	19.20	3.00	0.25	-0.84	15.61

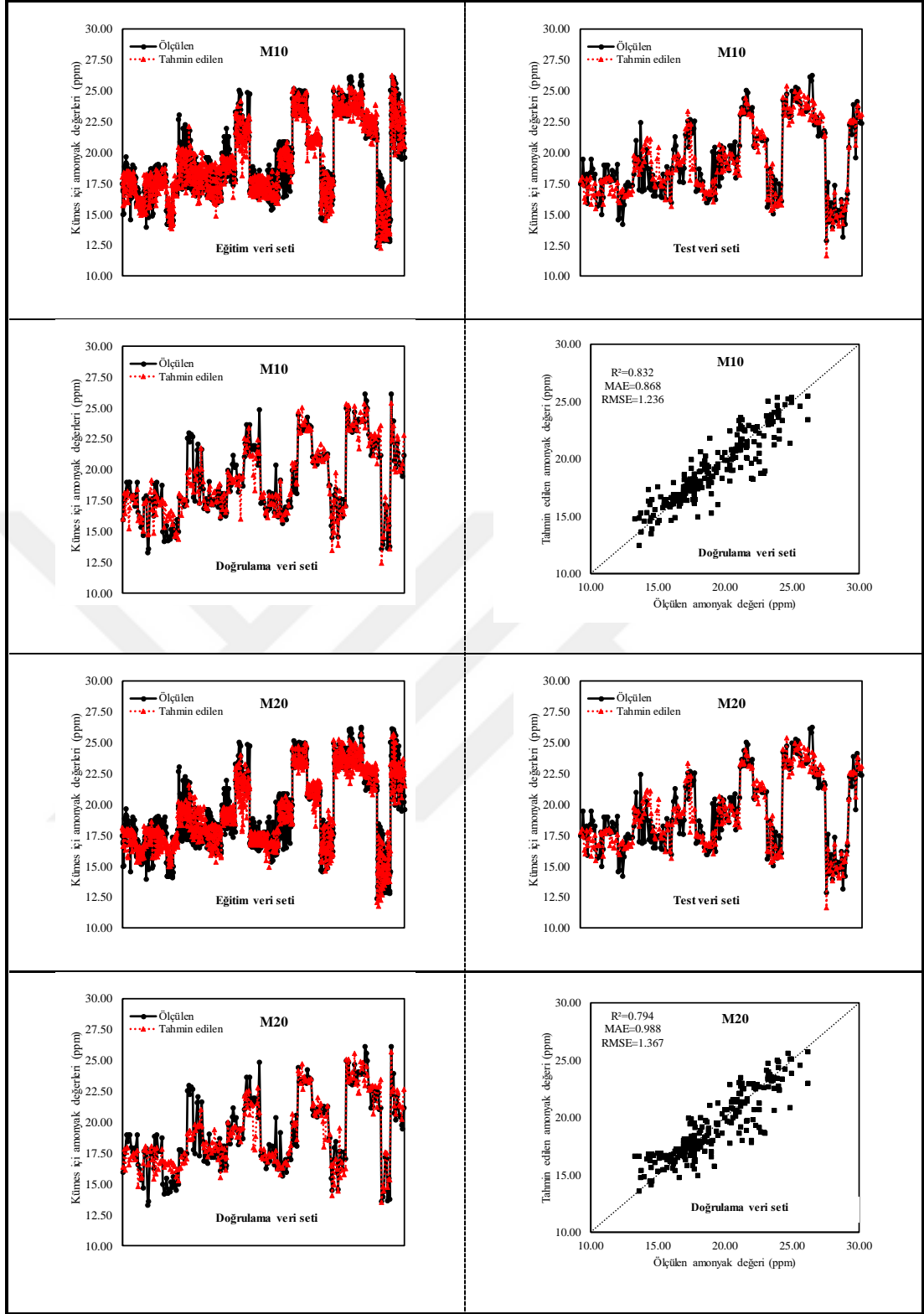
Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

MLP kullanılarak NH₃'ün tahmini için eğitim, test ve doğrulama verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel performans kriterleri Tablo 5.45'da verilmiştir. Buna göre yalnız altlık kalite parametreleri kullanıldığında en iyi sonucu ANFIS modellerinde olduğu gibi AN, AS ve pH girdi seti, yalnız kümes çevre koşullarına ait parametreler kullanıldığında ise en iyi sonucu T, RH ve V girdi seti vermiştir.

ANFIS ve MLP modelleri karşılaştırıldığında ANFIS modellerinin MLP modellerine göre tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. M10 ve M20 modeline ait doğrulama setinin ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.49'da verilmiştir. Buna göre M10 modeli (ANFIS-SC(3,0,1)) kullanılarak elde edilen sonuçlardan ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri arasında %83.20 oranında ilişki varken, M20 modelinde (MLP(BR,3-10-1)) %79.40 oranında ilişki bulunmuştur.

Geliştirilen MLP modelinin formülü eşitlik (5.1)'de verilmiştir. Modelin tahmininde kullanılan ağırlık (w_1, w_2) ve bias (b_1, b_2) değerleri Ek 22'de verilmiştir.

$$NH3_{tah} = \sum_{k=1}^K \left[\left(\frac{2}{1 + \exp \left(-2 \left(\sum_{j=1}^K \sum_{l=1}^L ((w_1(i, j)x(i)) + b_1(j)) \right) \right) - 1 \right) w_2(k) b_2 \right] \quad (5.1)$$



Şekil 5.49. M10 ve M20 modelleri için ölçülen ve tahmin edilen amonyak değerleri

Tablo 5.44. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

	Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Test veri seti			Doğrulama veri seti		
				R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Altlık kalite özellikleri	AN	M1	ANFIS-SC(1,0.1)	0.629	1.444	1.872	0.595	1.526	1.904	0.622	1.437	1.844
	AN, AS	M2	ANFIS-SC(2,0.1)	0.765	1.069	1.490	0.681	1.274	1.716	0.684	1.258	1.692
	AN, pH	M3	ANFIS-SC(2,0.1)	0.738	1.155	1.572	0.674	1.318	1.719	0.704	1.237	1.631
	AN, AS, pH	M4	ANFIS-SC(3,0.1)	0.810	0.920	1.339	0.720	1.192	1.609	0.760	1.074	1.494
İklimsel parametreler	T	M5	ANFIS-SC(1,0.1)	0.672	1.326	1.760	0.654	1.369	1.759	0.611	1.462	1.872
	T,RH	M6	ANFIS-SC(2,0.1)	0.827	0.933	1.276	0.799	0.992	1.341	0.693	1.118	1.678
	T,V	M7	ANFIS-SC(2,0.1)	0.845	0.907	1.208	0.829	0.924	1.238	0.786	1.024	1.391
	T, RH, V	M8	ANFIS-SC(3,0.1)	0.909	0.635	0.926	0.852	0.831	1.167	0.858	0.738	1.130
Genel modeller	AN, T	M9	ANFIS-SC(2,0.1)	0.839	0.900	1.232	0.804	0.947	1.340	0.763	1.087	1.470
	AN, T, V	M10	ANFIS-SC(3,0.1)	0.910	0.661	0.919	0.853	0.857	1.169	0.832	0.868	1.236

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Tablo 5.45. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

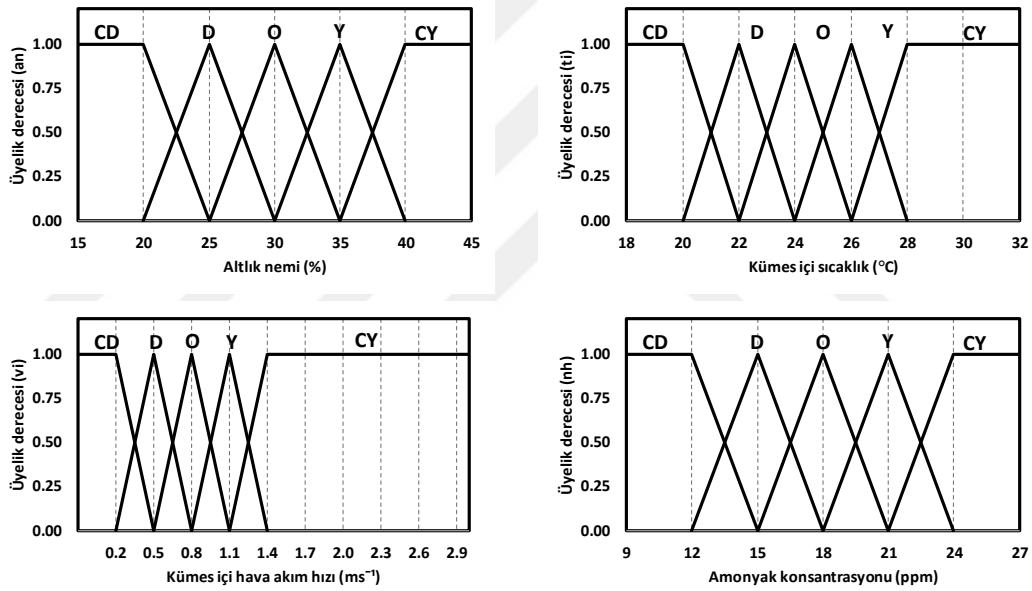
	Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Test veri seti			Doğrulama veri seti		
				R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Altlık kalite özellikleri	AN	M11	MLP(LM,1-10-1)	0.615	1.468	1.905	0.602	1.507	1.887	0.613	1.455	1.867
	AN, AS	M12	MLP(LM,2-10-1)	0.641	1.411	1.840	0.599	1.527	1.887	0.632	1.418	1.816
	AN, pH	M13	MLP(BR,2-7-1)	0.685	1.286	1.723	0.670	1.362	1.722	0.695	1.306	1.652
	AN, AS, pH	M14	MLP(BR,3-10-1)	0.719	1.236	1.629	0.686	1.328	1.677	0.704	1.313	1.629
İklimsel parametreler	T	M15	MLP(LM,1-7-1)	0.663	1.371	1.783	0.661	1.379	1.736	0.595	1.498	1.909
	T,RH	M16	MLP(BR,2-7-1)	0.770	1.113	1.471	0.767	1.113	1.440	0.684	1.231	1.691
	T,V	M17	MLP(LM,2-7-1)	0.810	1.036	1.338	0.823	0.975	1.263	0.772	1.129	1.431
	T, RH, V	M18	MLP(BR,3-7-1)	0.835	0.962	1.246	0.831	0.990	1.241	0.801	1.031	1.337
Genel modeller	AN, T	M19	MLP(LM,2-7-1)	0.813	1.007	1.327	0.783	1.029	1.406	0.734	1.183	1.549
	AN, T, V	M20	MLP(BR,3-10-1)	0.867	0.847	1.122	0.827	0.931	1.253	0.800	0.990	1.344

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Amonyak salınımının Mamdani bulanık çıkarım sistemi ile tahmininde kullanılacak girdiler ANFIS ve MLP modellerinde en iyi sonucu veren AN, T, V değişkenleri olarak belirlenmiştir. Modelde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler ve değer aralıkları Tablo 5.46 ve Şekil 5.50’de verilmiştir.

Tablo 5.46. Amonyak tahmin modelinde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler ve değer aralıkları

Sözel değerler	Girdiler			Çıktı
	AN (%)	T (°C)	V (m s ⁻¹)	NH3 (ppm)
Çok düşük (CD)	15.0-25.0	17.0-22.0	0.0-0.5	9.0-15.0
Düşük (D)	20.0-30.0	20.0-24.0	0.2-0.8	12.0-18.0
Orta (O)	25.0-35.0	22.0-26.0	0.5-1.1	15.0-21.0
Yüksek (Y)	30.0-40.0	24.0-28.0	0.8-1.4	18.0-24.0
Çok yüksek (CY)	35.0-45.0	26.0-32.0	1.1-3.0	21.0-27.0



Şekil 5.50. Amonyak tahmin modelinde kullanılan girdi ve çıktıların üyelik fonksiyon tipleri

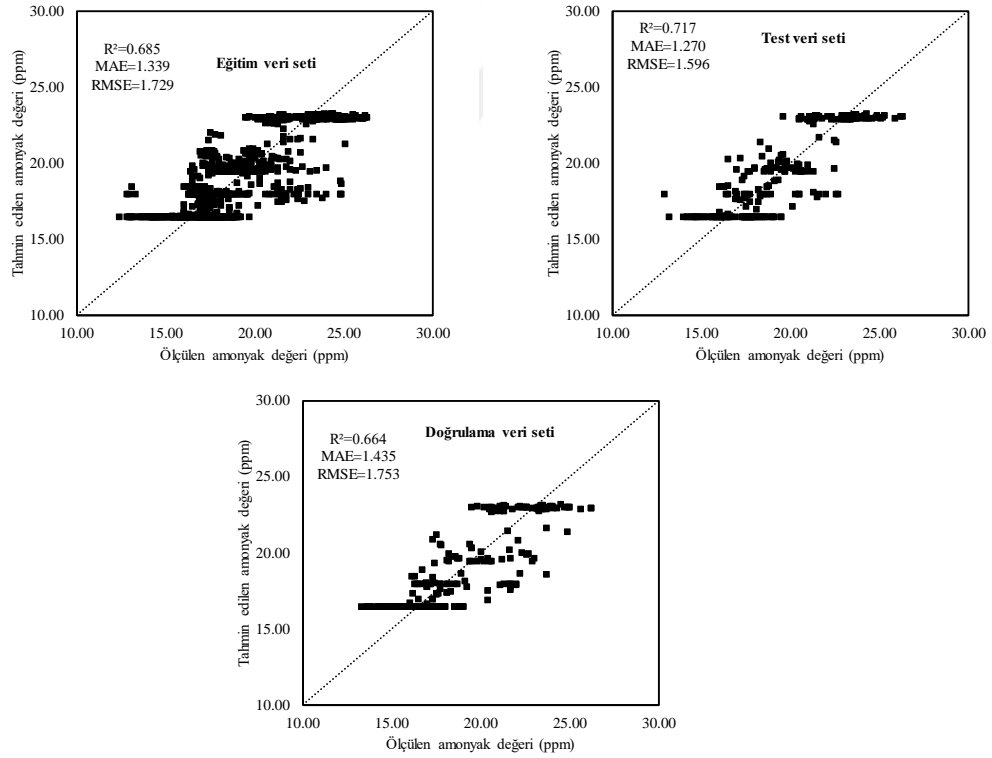
Mamdani bulanık çıkarım sisteminde farklı durulaştırma yöntemleri kullanılarak NH3’ün tahmini için eğitim, test ve doğrulama verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel performans kriterleri Tablo 5.47’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde en iyi tahmin yapan durulaştırma yöntemleri sırasıyla Centroid, Bisector, Som, Mom ve Lom olmuştur.

Tablo 5.47. Amonyak tahmin modelinde durulaştırma yöntemlerinin istatistiksel karşılaştırmaları

Yöntem	Eğitim veri seti			Test veri seti			Doğrulama veri seti		
	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Centroid	0.685	1.339	1.729	0.717	1.270	1.596	0.664	1.435	1.753
Bisector	0.680	1.355	1.749	0.705	1.305	1.637	0.662	1.455	1.766
Mom	0.636	1.518	1.956	0.674	1.465	1.829	0.594	1.645	2.032
Som	0.643	3.009	3.515	0.701	2.916	3.391	0.605	2.963	3.508
Lom	0.404	2.674	3.211	0.433	2.574	3.082	0.367	2.672	3.161

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

En iyi sonuç veren durulaştırma yöntemine (Centroid) göre eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ilişkin dağılım grafikleri Şekil 5.51’de verilmiştir. Grafiklerinden de görüldüğü üzere bazı bölümlerde veriler yatay bir Şekilde dağılmışlardır. Ölçüm yapılan farklı amonyak değerlerine kural atamalarında benzer değerlerin gelmesi buna yol açmıştır. Özellikle çok düşük (CD) ve çok yüksek (CY) kural atamalarında farklı dilsel ifadelerin ilave edilmesiyle (örneğin çok çok düşük (CCD) ve çok çok yüksek (CCY)) modelin doğruluğunun arttırılabilecektir.

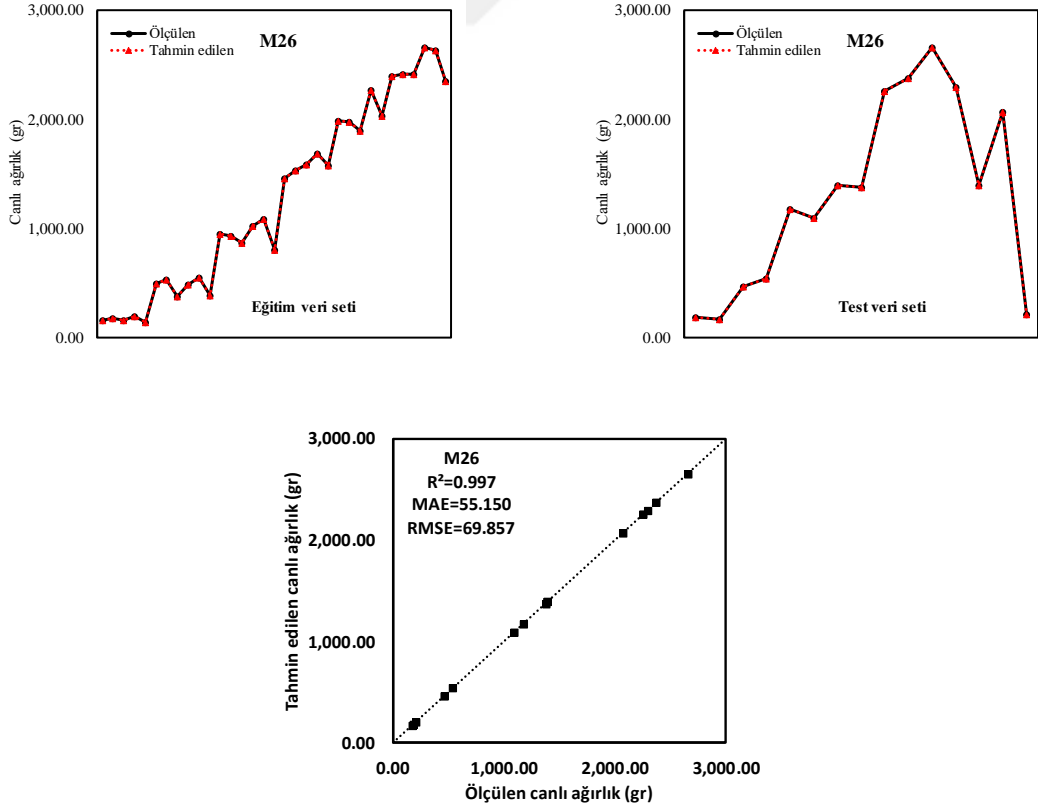


Şekil 5.51. Centroid durulaştırma yöntemi kullanılarak oluşturulan amonyak tahmin modelinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ilişkin dağılım grafikler

5.4.2. Canlı Ağırlık Tahmini

Yapay zeka kullanılarak canlı ağırlığının (CA) tahmininde kümes içi sıcaklığı (T), bağıl nem (RH) ve yem tüketimi (YEM) girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen verilerin %70'i (n=33) eğitim ve %30'u (n=15) test veri setleri olarak alınmıştır. Yapay zeka modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin eğitim ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 5.48'de verilmiştir.

ANFIS kullanılarak CA'nın tahmini için eğitim ve test verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel performans kriterleri Tablo 5.49'da verilmiştir. ANFIS-SC modelleri ANFIS-GP modellerine göre CA'nın tahmininde daha iyi performans göstermişlerdir. MLP modellerinde ise BR eğitim algoritmasının tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.50). Her iki yapay zeka yöntemi karşılaştırıldığında M26 (MLP-BR-3,7,1) modeli CA'yı en doğru tahmin eden model olmuştur. M26 modeline ait eğitim ve test setinin ölçülen ve tahmin edilen değerler Şekil 5.52'da verilmiştir. Buna göre M26 modeli kullanılarak elde edilen sonuçlardan ölçülen ve tahmin edilen CA değerleri arasında %99.70 oranında ilişki bulunmuştur. M26 modelinin ağırlık ve bias değerleri Ek 23'de verilmiştir.



Şekil 5.52. M26 modelleri için ölçülen ve tahmin edilen canlı ağırlık değerleri

Tablo 5.48. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan verilerin eğitim, test ve doğrulama veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Değişken	Birim	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
Eğitim veri seti	T	°C	20.11	30.70	25.35	3.11	-0.11	-0.81	12.27
	RH	%	55.43	85.86	65.99	6.72	0.61	1.01	10.19
	YEM	gr	150.00	4812.00	1947.88	1514.13	0.44	-1.18	77.73
	CA	gr	146.00	2666.00	1280.73	847.37	0.16	-1.42	66.16
Test veri seti	T	°C	20.36	30.10	25.45	3.36	-0.12	-1.24	13.22
	RH	%	56.43	75.86	65.30	6.77	0.21	-1.36	10.36
	YEM	gr	169.00	4349.00	1998.29	1512.54	0.35	-1.34	75.69
	CA	gr	174.00	2660.00	1326.94	868.59	0.07	-1.40	65.46

Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Tablo 5.49. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Doğrulama veri seti		
			R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
T	M21	ANFIS-SC(1,0,2)	0.900	189.516	257.819	0.944	195.580	272.774
T, RH	M22	ANFIS-SC(2,1,0)	0.794	258.215	370.117	0.879	262.331	333.405
T, RH, YEM	M23	ANFIS-SC(3,1,0)	0.995	41.970	57.714	0.993	58.131	77.662

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Tablo 5.50. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Doğrulama veri seti		
			R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
T	M24	MLP(SCG,1-7-1)	0.844	227.797	322.396	0.923	250.049	332.622
T, RH	M25	MLP(BR,2-7-1)	0.804	267.297	365.875	0.890	297.981	333.208
T, RH, YEM	M26	MLP(BR,3-7-1)	0.996	37.349	55.097	0.997	55.150	69.857

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Canlı ağırlık değerlerinin Mamdani bulanık çıkarım sistemi ile tahmininde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler Tablo 5.51’de verilmiştir. Hayvanların için en uygun çevre koşulları ve yem tüketimleri yetiştirme süresi boyunca değiştiği için bulanık kurallar haftalar göz önüne alınarak yapılmıştır. Yetiştirme döneminin 1-6 haftalarındaki kümes içi sıcaklık (ti), kümes içi bağıl nem (rhi), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler Ek 24-29’da verilmiştir.

Tablo 5.51. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan veriler ve dilsel ifadeler

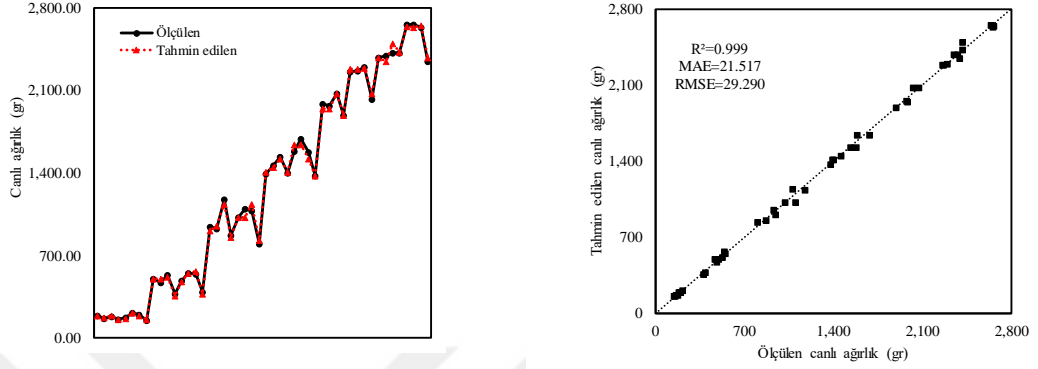
	Sözel değerler	Girdiler			Çıktı
		Kümes içi sıcaklık (°C)	Kümes içi bağıl nem (%)	Yem tüketimi (gr)	Canlı ağırlık (gr)
Hafta 1	Çok düşük (CD)	23.0-27.0	30.0-50.0	100.0-160.0	100.0-160.0
	Düşük (D)	25.0-29.0	40.0-60.0	140.0-180.0	140.0-180.0
	Orta (O)	27.0-31.0	50.0-70.0	160.0-200.0	160.0-200.0
	Yüksek (Y)	29.0-33.0	60.0-80.0	180.0-220.0	180.0-220.0
	Çok yüksek (CY)	31.0-35.0	70.0-100.0	200.0-260.0	200.0-260.0
Hafta 2	Çok düşük (CD)	20.0-24.0	30.0-50.0	250.0-400.0	250.0-400.0
	Düşük (D)	22.0-26.0	40.0-60.0	350.0-450.0	350.0-450.0
	Orta (O)	24.0-28.0	50.0-70.0	400.0-500.0	400.0-500.0
	Yüksek (Y)	26.0-30.0	60.0-80.0	450.0-550.0	450.0-550.0
	Çok yüksek (CY)	28.0-32.0	70.0-100.0	500.0-650.0	500.0-650.0
Hafta 3	Çok düşük (CD)	18.0-22.0	30.0-50.0	1000.0-1175.0	700.0-875.0
	Düşük (D)	20.0-24.0	40.0-60.0	1100.0-1250.0	800.0-950.0
	Orta (O)	22.0-26.0	50.0-70.0	1175.0-1325.0	875.0-1025.0
	Yüksek (Y)	24.0-28.0	60.0-80.0	1250.0-1400.0	950.0-1100.0
	Çok yüksek (CY)	26.0-30.0	70.0-100.0	1325.0-1500.0	1025.0-1200.0
Hafta 4	Çok düşük (CD)	18.0-21.0	30.0-50.0	1800.0-2000.0	1250.0-1375.0
	Düşük (D)	19.5-22.5	40.0-60.0	1900.0-2100.0	1300.0-1450.0
	Orta (O)	21.0-24.0	50.0-70.0	2000.0-2200.0	1375.0-1525.0
	Yüksek (Y)	22.5-25.5	60.0-80.0	2100.0-2300.0	1450.0-1600.0
	Çok yüksek (CY)	24.0-28.0	70.0-100.0	2200.0-2500.0	1525.0-1700.0
Hafta 5	Çok düşük (CD)	18.0-20.5	30.0-50.0	3000.0-3200.0	1750.0-1950.0
	Düşük (D)	19.0-22.0	40.0-60.0	3100.0-3300.0	1850.0-2050.0
	Orta (O)	20.5-23.5	50.0-70.0	3200.0-3400.0	1950.0-2150.0
	Yüksek (Y)	22.0-25.0	60.0-80.0	3300.0-3500.0	2050.0-2250.0
	Çok yüksek (CY)	23.5-27.0	70.0-100.0	3400.0-3700.0	2150.0-2400.0
Hafta 6	Çok düşük (CD)	16.0-18.5	30.0-50.0	4000.0-4300.0	2250.0-2375.0
	Düşük (D)	17.0-20.0	40.0-60.0	4150.0-4450.0	2300.0-2450.0
	Orta (O)	18.5-21.5	50.0-70.0	4300.0-4600.0	2375.0-2525.0
	Yüksek (Y)	20.0-23.0	60.0-80.0	4450.0-4750.0	2450.0-2600.0
	Çok yüksek (CY)	23.0-26.0	70.0-100.0	4600.0-4900.0	2525.0-2750.0

Tablo 5.52. Canlı ağırlık tahmin ve hata değerleri

Haftalar	Dönemler	Ölçülen	Tahmin edilen	SS	Hata (%)
Hafta 1	D1	190.00	189.38	0.44	0.33
	D2	164.00	169.97	4.22	3.64
	D3	182.00	188.52	4.61	3.58
	D4	158.00	159.98	1.40	1.25
	D5	174.00	169.18	3.41	2.77
	D6	213.00	214.08	0.76	0.51
	D7	196.00	192.69	2.34	1.69
	D8	146.00	159.99	9.89	9.58
Hafta 2	D1	499.00	500.23	0.87	0.25
	D2	469.00	500.02	21.93	6.61
	D3	532.00	518.85	9.30	2.47
	D4	378.00	360.83	12.14	4.54
	D5	484.00	475.02	6.35	1.86
	D6	553.00	550.63	1.68	0.43
	D7	546.00	567.41	15.14	3.92
	D8	392.00	372.55	13.75	4.96
Hafta 3	D1	948.00	912.49	25.11	3.75
	D2	931.00	949.98	13.42	2.04
	D3	1177.00	1134.13	30.31	3.64
	D4	869.00	856.06	9.15	1.49
	D5	1024.00	1025.03	0.73	0.10
	D6	1101.00	1025.00	53.74	6.90
	D7	1085.00	1139.86	38.79	5.06
	D8	802.00	834.15	22.73	4.01
Hafta 4	D1	1397.00	1412.50	10.96	1.11
	D2	1466.00	1450.00	11.31	1.09
	D3	1536.00	1525.00	7.78	0.72
	D4	1400.00	1412.50	8.84	0.89
	D5	1588.00	1645.02	40.32	3.59
	D6	1689.00	1640.15	34.54	2.89
	D7	1580.00	1525.00	38.89	3.48
	D8	1379.00	1375.00	2.83	0.29
Hafta 5	D1	1989.00	1949.94	27.62	1.96
	D2	1976.00	1951.50	17.32	1.24
	D3	2074.00	2075.00	0.71	0.05
	D4	1896.00	1893.25	1.94	0.15
	D5	2261.00	2285.85	17.57	1.10
	D6	2273.00	2287.33	10.13	0.63
	D7	2303.00	2292.26	7.59	0.47
	D8	2032.00	2075.00	30.41	2.12
Hafta 6	D1	2380.00	2384.07	2.88	0.17
	D2	2400.00	2352.92	33.29	1.96
	D3	2420.00	2500.00	56.57	3.31
	D4	2420.00	2427.41	5.24	0.31
	D5	2666.00	2646.45	13.82	0.73
	D6	2660.00	2640.00	14.14	0.75
	D7	2640.00	2656.27	11.50	0.62
	D8	2350.00	2380.94	21.88	1.32
Ortalama					2.22

SS: Standart sapma

Ölçülen-tahmin edilen canlı ağırlık değerleri ve hata değerleri Tablo 5.52’de verilmiştir. Buna göre ortalama %2.22 hata ile canlı ağırlık belirlenmiştir. Oluşturulan modelin R^2 , MAE ve RMSE değerleri sırasıyla 0.999, 21.517 ve 29.290 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.53).

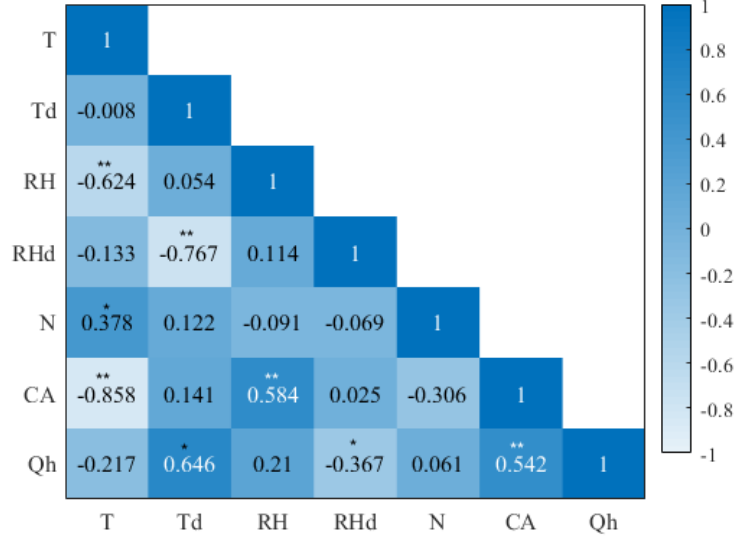


Şekil 5.53. Ölçülen ve tahmin edilen canlı ağırlık değerlerinin dağılım grafikleri

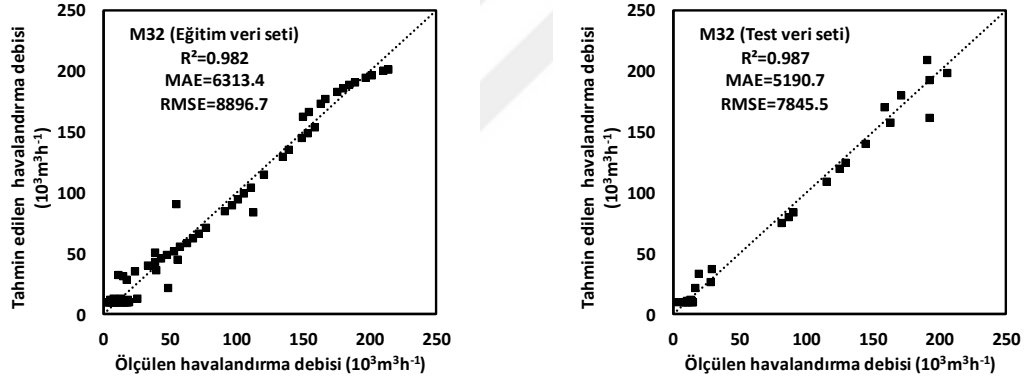
5.4.3. Havalandırma Miktarının Belirlenmesi

Havalandırma miktarının (Q_h) tahmininde kümes içi sıcaklığı (T), kümes içi bağıl nem (RH), dış ortam sıcaklığı (T_d), dış ortam bağıl nemi (RH_d), hayvan sayısı (N) ve canlı ağırlık (CA) girdi olarak kullanılmıştır. Modellerin oluşturulmasında kullanılacak girdi değişkenlerini belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil 5.54). Buna göre Q_h ile ilişkili olan T_d , RH_d ve CA değerleri yapay zeka yöntemlerinde girdi olarak alınmıştır. Çalışmada elde edilen verilerin %70’i ($n=84$) eğitim ve %30’u ($n=36$) test veri setleri olarak alınmıştır. Yapay zeka modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin eğitim ve test veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 5.53’de verilmiştir.

ANFIS kullanılarak Q_h ’ın tahmini için eğitim ve test verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel performans kriterleri Tablo 5.54’de verilmiştir. ANFIS-SC(3,0.1) modeli T_d , RH_d , CA girdilerini kullanarak Q_h ’yi en doğru şekilde tahmin etmiştir. MLP modellerinde ise BR eğitim algoritmasının tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.55). Her iki yapay zeka yöntemi karşılaştırıldığında M32 (MLP-BR-3,3,1) modeli Q_h ’yi en doğru tahmin eden model olmuştur. M32 modeline ait eğitim ve test setinin ölçülen ve tahmin edilen değerler Şekil 5.55’de verilmiştir. Buna göre M32 modeli kullanılarak elde edilen sonuçlardan ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında %98.70 oranında ilişki bulunmuştur. M32 modelinin ağırlık ve bias değerleri Ek 30’da verilmiştir.



Şekil 5.54. İncelenen değişkenler arasındaki korelasyon



Şekil 5.55. M32 modeline ait eğitim ve test setlerinin dağılım grafikleri

Tablo 5.53. Havalandırma miktarının belirlenmesinde kullanılan verilerin eğitim ve test veri setlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Değişken	Birim	Min.	Maks.	Ort.	SS.	ÇK.	BK.	VK.
Eğitim veri seti	Td	°C	-5.00	33.00	14.79	10.76	-0.01	-0.35	72.74
	RHd	%	45.00	100.00	73.47	15.59	-0.39	-0.07	21.21
	CA	gr	146.00	2666.00	1262.22	1003.52	0.36	-1.55	79.50
	Qh	m ³ h ⁻¹	3233.61	214500.00	49052.11	60679.41	2.01	3.38	123.70
Test veri seti	Td	°C	-5.00	33.00	13.88	11.38	0.19	0.26	0.26
	RHd	%	45.00	100.00	69.89	16.86	0.36	0.17	0.17
	CA	gr	174.00	2420.00	1175.18	978.75	0.51	-1.72	-1.72
	Qh	m ³ h ⁻¹	4053.83	192685.04	49861.14	60076.99	2.58	6.97	6.97

Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer, Ort: Ortalama değer, SS: Standart sapma, ÇK: Çarpıklık katsayısı, BK: Basıklık katsayısı, VK: Varyasyon katsayısı (%).

Tablo 5.54. ANFIS modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Test veri seti		
			R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Td	M27	ANFIS-SC(1,0,2)	0.592	28572.677	42212.394	0.682	24184.055	40459.607
Td, RHd	M28	ANFIS-SC(2,0,1)	0.585	28820.285	42600.526	0.663	25771.161	41586.177
Td, RHd, CA	M29	ANFIS-SC(3,0,1)	0.999	430.469	810.404	0.905	14931.103	21780.726

R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Tablo 5.55. MLP modellerinin eğitim, test ve doğrulama veri setlerinin performansları

Girdiler	Modelin Adı	Modelin Ağ Yapısı	Eğitim veri seti			Test veri seti		
			R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Td	M30	MLP(BR,1-3-1)	0.525	33551.387	49017.002	0.666	32401.043	49710.389
Td, RHd	M31	MLP(BR,2-5-1)	0.590	28342.119	42347.848	0.713	23997.359	38886.173
Td, RHd, CA	M32	MLP(BR,3-3-1)	0.982	6313.386	8896.688	0.987	5190.654	7845.524

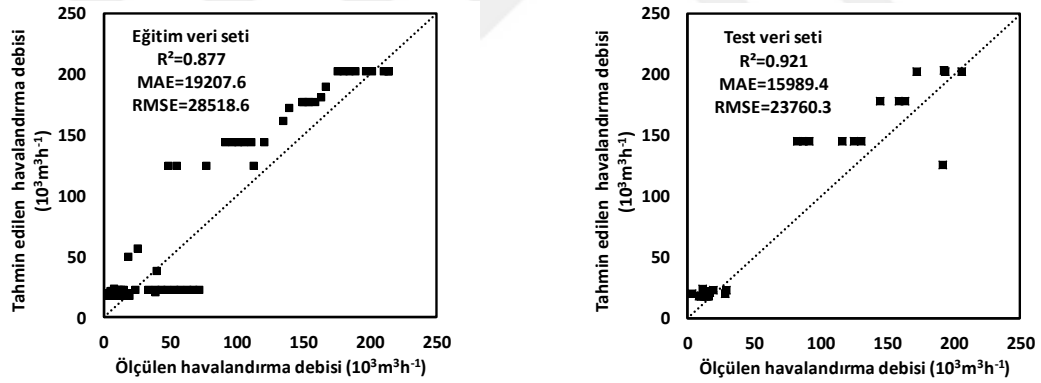
R²: Belirleme katsayısı, MAE Ortalama mutlak hata, RMSE: Tahmin hatasının standart sapması.

Havalandırma miktarının Mamdani bulanık çıkarım sistemi ile tahmininde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler Tablo 5.56'da verilmiştir. Dış ortam sıcaklığı (Td), dış ortam bağıl nemi (RHd), canlı ağırlık (CA) ve havalandırma miktarlarının (Qh) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler Ek 31'de verilmiştir.

Tablo 5.56. Havalandırma miktarının tahmininde kullanılan girdi ve çıktı verileri için oluşturulan dilsel ifadeler

Sözel değerler	Girdiler			Çıktı
	Td (°C)	RHd (%)	CA (gr)	Qh ($10^3 \times m^3 h^{-1}$)
Çok düşük (CD)	-5.0-5.0	20.0-50.0	0-800	0-50
Düşük (D)	0.0-13.5	40.0-60.0	250-1350	20-100
Orta (O)	5.0-20.0	50.0-70.0	800-2000	50-150
Yüksek (Y)	13.5-31.0	60.0-80.0	1350-2400	100-200
Çok yüksek (CY)	22.0-35.0	70.0-100.0	2000-2600	150-250

Ölçülen ve tahmin edilen havalandırma miktarlarının eğitim ve test veri setleri için dağılım grafikleri Şekil 5.56'da verilmiştir. Modelin eğitim verileri için R^2 , MAE ve RMSE değerleri sırasıyla 0.877, 19207.6 ve 28518.6, test verileri içinse 0.921, 15989.4 ve 23760.3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.56. Ölçülen ve tahmin edilen havalandırma miktarlarının dağılım grafikleri

5.5. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Tez çalışmasının bu bölümünde kümes içi çevre koşulları ve altlık kalite özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan doğrudan ölçüm, sayısal (HAD), jeostatistiksel ve yapay zeka yöntemleri karşılaştırılarak birbirlerine göre üstünlükleri ve eksiklikleri tartışılmıştır.

Doğrudan ölçüm yöntemi her ne kadar en doğru sonucu verse de, ölçüm alınacak nokta sayısının sınırlı olması, yoğun iş gücü ve zaman gereksinimi, pahalı ekipman ve aletlere gerek duyulması gibi birçok nedenden dolayı araştırmacılar ve üreticiler için uygulanması zordur. Bunun yerine uygulanması daha kolay, zamandan ve işgücünden tasarruf sağlayabilecek yöntemler kullanılabilir.

Sayısal yöntem olarak da ifade ettiğimiz HAD yöntemi, doğrudan ölçümlerdeki olumsuz durumların çözümü için alternatif bir yöntemdir. Ayrıca kümesin bir bütün olarak görsel analiz yapılmasına da olanak tanımaktadır. Bu sayede ortaya çıkan sorunlar daha kolay tespit edilebilecek ve buna uygun çözümler geliştirilebilecektir. Bu yöntemin başarıyla yürütülmesi için kümesin yapısının düzgün şekilde sisteme aktarılması ve sonra da doğru şekilde kümes yapısının bölüntülenmesi (ağ yapma) gerekmektedir. Akışkan davranışı ne kadar doğru modellenirse, sınır ve başlangıç koşulları ne kadar düzgün alınırsa sonuçların güvenilirliği de o kadar doğru olacaktır. Bu yöntemde jeostatistiksel yöntem gibi örnekleme yapılmasına gerek yoktur. Yalnızca başlangıç ve sınır koşullarının bilinmesi yeterlidir. Yöntem özellikle kümesin planlama ve projelendirme aşamalarında kullanılırsa, sorunlu bölgeler önceden belirlenebilir ve buna göre kümesin planlamasında değişiklikler yapılarak üretim için en doğru şekilde kümes tasarlanabilecektir. Yapılan tez çalışmasında kümes içi sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak değerleri sırasıyla ortalama %1.13, %1.58, %16.84 ve %3.03 bağıl hata ile belirlenmiştir.

Jeostatistiksel yöntemlerde veri setinin uzaysal devamlılığı ve değişimi modellenmektedir. Yöntem örneklenmiş noktalardaki verileri kullanarak örneklenmemiş diğer noktaların belirlenmesi ilkesine dayanır. Yöntemin doğruluğu veri kalitesine ve seçilen enterpolasyon tekniğine göre değişmektedir. Bu yöntemde de verilerin dağılımı görsel olarak oluşturulabilir ve sorunlu bölgeler tespit edilebilir. Fakat bu sorunların çözümü için HAD yöntemi gibi kümesi yeniden tasarlayıp analiz etmek mümkün değildir. Çalışmada kümes içi iklimsel parametrelerden sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak değerleri sırasıyla ortalama %0.49, %0.57, %2.48 ve

%0.71 bağıl hata ile tahmin edilmiştir. Bu yöntemde örnek alınan noktalardaki veriler kullanılarak diğerleri tahmin edildiğinden HAD yöntemine göre daha düşük hata değerleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca jeoistatistiksel yöntemler kullanılarak altlık nem içeriği, altlık sıcaklığı ve altlık pH değeri sırasıyla ortalama %1.45, %1.14 ve %0.51 hata ile belirlenmiştir.

Yapay zeka yöntemleri ise, çözülmesi ve anlaşılması zor olan ilişkilerin bilgisayarlar yardımıyla modellenmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem çalışmada kullanılan diğer yöntemler gibi kümes içindeki sorunların tespitinde değil, kümeste ölçümü zor ve pratik olmayan bazı parametrelerin belirli bir hata payı ile tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Çalışmada amonyak konsantrasyonu, hayvan canlı ağırlığı ve havalandırma miktarı sırasıyla ortalama %4.84, %2.12 ve %19.96 bağıl hata ile tahmin edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kümes içi çevre koşulları deterministik ve stokastik yöntemler kullanılarak belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda özet halinde verilmiştir.

Kümes içinde ölçülen sıcaklık değerlerinin genel olarak literatürde verilen değerlerle uyumlu olduğu, fakat özellikle yaz mevsiminde üretimin yapıldığı dönemlerin son haftalarında kümes içi sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Tünel havalandırmasının uygulandığı bu dönemlerde dış ortamdaki sıcak havanın ıslak peteklerden soğutularak kümes içine alınması sıcaklık stresini azaltacak olası çözümler arasında düşünülebilir.

Kümes içi bağıl nem değerleri genellikle literatürlere uyumlu olarak %50-70 arasında değişmiştir. Fakat geçiş döneminde üretimin yapıldığı D8 döneminde bağıl nem değerleri %70'in üzerinde seyretmiştir. Bu dönemde dış ortam bağıl neminin yüksek olması nedeniyle ek fan çalıştırmanın yanında kümes içi sıcaklığının bir miktar artırılmasıyla bağıl nem değerinin istenilen seviyelere gelmesi mümkün olacaktır.

Kümes içi hava akım hızı değerleri genellikle istenilen sınırlarda olmasına rağmen kümesin ilk kısımlarında özellikle köşe bölümlerinde hava akımının yetersiz kaldığı görülmüştür. Kümesin bu bölümlerinde kümes içi sirkülasyon veya karıştırıcı fanlar kullanılarak yeterli hava akımının sağlanabileceği belirlenmiştir.

Kümes içi amonyak değerleri özellikle minimum havalandırmanın yapıldığı kış dönemlerinde kritik seviyeyi (>25 ppm) aştığı gözlemlenmiştir. Bu dönemlerde havalandırma miktarı artırılarak bu sorunu çözmek mümkündür. Bu dönemlerde özellikle kümesin kenarlarında bulunan bölümlerde ve kümesin ilk kısımlarında altlık neminin arttığı görülmüştür. Bunun nedenlerinden en önemlisi olarak kümes içine alınan nemli soğuk havanın çatı boşluğunda yeterince dolaşmadan hayvan seviyesine indiği ve böylece altlıklarda ıslanma meydana getirdiği düşünülmüştür. Havalandırma miktarının artırılmasıyla beraber kümesin de ısıtılması bu sorunun olumsuzluklarını ortadan kaldıracaktır.

Çalışmanın jeostatistik yöntemler kısmında kümes içi çevre koşulları ve altlık kalite özellikleri modellenmiştir. Modelleme aşamasında genellikle Gausiyen modeli en doğru tahmin sonucu veren dolayısıyla en az hataya sahip olan model olarak öne çıkmıştır. Genel olarak ortalama bağıl hata değerleri kümes içi sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı ve amonyak konsantrasyonu için sırasıyla %0.49, %0.57, %2.48 ve

%0.71 olarak belirlenmiştir. Altlık nem içeriği, altlık sıcaklık ve altlık pH değerleri için ise ortalama bağıl hata % 1.45, % 1.14 ve %0.51 olarak hesaplanmıştır. En az hatayı veren yöntem seçilerek oluşturulan tahmin haritalarından kümeslerde farklı dönemlerde yetiştiricilik yapıldığında ortaya çıkan farklılıklar belirlenmiştir.

Kümes içi çevre koşulları birçok faktörden etkilenen ve birbirleriyle etkileşim içinde olan karmaşık bir yapıdır. Bu yapıyı çözmek için doğrudan ölçüm yöntemleri yeterli olmamakta, yoğun zaman ve iş gücü kullanımı gerektirmektedir. Bunun yerine bilgisayarlar yardımıyla bu yapı sayısal olarak çözülebilmektedir. Yapılan bu çalışmada HAD kullanılarak hayvanların çoğunlukla strese girdikleri son dönemlerdeki çevre koşulları modellenmiştir. Modellenen parametrelerin doğruluğu ölçülen değerler kullanılarak yapılmıştır. Sıcaklık, bağıl nem ve hava akım hızı ve amonyak tahminlerinde ölçüm değerleriyle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir (bağıl hata değerleri sırasıyla % 1.13, % 1.58, % 16.84 ve % 3.03).

HAD yönteminin özellikle kümeslerin planlama ve tasarım aşamalarında kullanılmasının daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu aşamalarda kümes içinde ortaya çıkabilecek sorunlar önceden tespit edilerek en uygun kümesler tasarlanabilecektir. Böylece ülkemizde yaygın olarak görülen ikame ve tip proje uygulamalarının yerine, o bölgenin iklim koşullarını ve hayvanların çevresel isteklerini de gözönüne alan modern kümesler inşa edilebilecektir.

Kümes içi amonyak ölçümünün zor olması, ölçümlerde sabit kalmayıp değişkenlik göstermesi ve ölçüm alet-ekipmanlarının pahalı olması nedeniyle amonyak değerleri farklı parametreler (sıcaklık, nem vb) kullanılarak yapay zeka yöntemleriyle tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan sıcaklık, bağıl nem ve hava akım hızını kullanarak amonyak değeri %4.84 hata oranıyla tahmin edilmiştir.

Tavukçuluk sektöründe canlı ağırlığının belirlenmesinde uygulanan klasik yöntemlerin zaman alıcı olması, teknolojik yöntemlerin ise ekonomik olmaması nedeniyle işletmelerde düzenli bir şekilde ölçüm yapılamamaktadır. Bu çalışmada hayvanların canlı ağırlıkları ölçümü daha kolay olan parametreler (sıcaklık ve nem vb.) kullanılarak yapay zeka yöntemleri ile %2.21 hata oranıyla tahmin edilmiştir.

Kümes içi çevre koşullarının en uygun düzeyde tutulması hayvanların refahını dolayısıyla da verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Kümes içinde sıcaklık ve nemin değişimine bağlı olarak çalışacak fan sayısının (havalandırma miktarı) belirlenmesi işletmeler için büyük öneme sahiptir. Kümes içi iklimsel çevre, uzman kişiler tarafından modellenerek kontrolü otomasyon sistemleri tarafından sağlanırsa

minimum enerji gideri ile maksimum verim hedefine ulaşmak mümkün olabilecektir. Çalışmada kümes iç ve dış çevre koşulları dikkate alınarak en uygun havalandırma miktarı belirlenmiştir. Yapay zeka kullanılarak elde edilen modellerde %19.96 bağıl hata ile havalandırma miktarı tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak ülkemizde yapay zeka yöntemleri kullanılarak kümes içi çevre koşullarının modellenmesine ilişkin çalışmaların çok sınırlı sayıda olduğu ve HAD yönteminin de kullanılmadığı dikkate alındığında, bu çalışmanın ülkemiz literatürüne ve kümeslerin tasarım planlama çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Adhikary, P. P., and Dash, C. J. (2017). Comparison of deterministic and stochastic methods to predict spatial variation of groundwater depth. *Applied Water Science*, 7(1), 339-348.
- Aerts, J., and Berckmans, D. (2004). A virtual chicken for climate control design: static and dynamic simulations of heat losses. *Transactions of the ASAE*, 47(5), 1765.
- Altan, A. (2004). "Kümesler ve donanımları". M. Türkoğlu ve M. Sarıca (Eds.), *Tavukçuluk Bilimi (Yetiştirme ve Hastalıklar)* (s. 208-249). Ankara: Bey Ofset.
- Amraei, S., Abdanan Mehdizadeh, S., and Salari, S. (2017). Broiler weight estimation based on machine vision and artificial neural network. *British poultry science*, 58(2), 200-205.
- Ansys (2019). *Ansys Meshing User's Guide*. Retrieved September 22, 2020 from <https://www.ansys.com>.
- Armutlulu, İ. H. (2008). *İşletmelerde Uygulamalı İstatistik*. İstanbul: Alfa Yayıncılık.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- ASHRAE (2013). *Fundamentals*, American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning Engineers. Retrieved December 13, 2020 from <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook>
- Avşaroğlu, H. (2008). *Çukurova koşullarında broiler kümeslerinde kullanılan bir pedli serinletme sisteminin performans özellikleri ve kümes içi sıcaklık dağılımı*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Awbi, H. B. (2003). *Ventilation of buildings*. New York: Taylor & Francis.
- Banda, P., Cemek, B., and Küçüktopcu, E. (2018). Estimation of daily reference evapotranspiration by neuro computing techniques using limited data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(7), 916-929.
- Baracho, M., Nääs, I., Nascimento, G., Cassiano, J., and Oliveira, K. (2011). Surface temperature distribution in broiler houses. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13(3), 177-182.
- Barbari, M., Schiassi, L., Nogueira, V., Ferraz, G., Ferraz, P., and Damasceno, F. (2019). Spatial variability of litter temperature, relative air humidity and skin temperature of chicks in a commercial broiler house. *Agronomy Research*, 17(2), 408-417.
- Bayraktar, H., Artukoğlu, M., and Altan, A. (2004). Evaluation of the pad cooling system effectiveness used in hot weather conditions in broiler houses: Izmir case study. *Hayvansal Üretim*, 45(2).
- Blanes-Vidal, V., Guijarro, E., Balasch, S., and Torres, A. (2008). Application of computational fluid dynamics to the prediction of airflow in a mechanically ventilated commercial poultry building. *Biosystems Engineering*, 100(1), 105-116.
- Bottcher, R., Baughman, G., and Driggers, L. (1988). Temperature stratification in broiler houses and the effects of ceiling fans. *Applied Engineering in Agriculture*, 4(1), 66-71.
- Burrough, P. (1991). "Sampling designs for quantifying map unit composition". M. J. Mausbach and L. P. Wilding (Eds.). In *Spatial variabilities of soils and landforms* (p 89-125): SSSA special publication.
- Bustamante, E., Calvet, S., Estellés, F., Torres, A. G., and Hospitaler, A. (2017). Measurement and numerical simulation of single-sided mechanical ventilation in broiler houses. *Biosystems Engineering*, 160, 55-68.

- Bustamante, E., García-Diego, F.-J., Calvet, S., Estellés, F., Beltrán, P., Hospitaler, A., and Torres, A. G. (2013). Exploring ventilation efficiency in poultry buildings: the validation of computational fluid dynamics (CFD) in a cross-mechanically ventilated broiler farm. *Energies*, 6(5), 2605-2623.
- Bustamante, E., García-Diego, F.-J., Calvet, S., Torres, A. G., and Hospitaler, A. (2015). Measurement and numerical simulation of air velocity in a tunnel-ventilated broiler house. *Sustainability*, 7(2), 2066-2085.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R., and Konopka, A. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501-1511.
- Cantürk, A. (2018). *Patlıcan bitkisinin sulama programlamasının belirlenmesinde bulanık mantık uygulamaları*. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun.
- Carlile, F. S. (1984). Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Science Journal*, 40(2), 99-113.
- Carr, L., Wheaton, F., and Douglass, L. (1990). Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. *Transactions of the ASAE*, 33(4), 1337-1342.
- Carvalho, T. M. R. d., Moura, D. J. d., Souza, Z. M. d., Souza, G. S. d., Bueno, L. G. d. F., and Lima, K. A. O. d. (2012). Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(1), 194-202.
- Cassuce, D. C., Tinôco, I. d. F., Baêta, F. C., Zolnier, S., Cecon, P. R., and Vieira, M. d. F. (2013). Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Engenharia Agrícola*, 33(1), 28-36.
- Cemek, B., Kucuktopcu, E., and Demir, Y. (2016). Determination of spatial distribution of ammonia levels in broiler houses. *Agronomy Research*, 14(2), 359-366.
- Chang, J. C., and Hanna, S. R. (2004). Air quality model performance evaluation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87(1-3), 167-196.
- Chen, Y. J., Chen, Y. N., Liu, J. Z., and Zhang, E. X. (2009). Influence of intermittent water releases on groundwater chemistry at the lower reaches of the Tarim River, China. *Environmental monitoring and assessment*, 158(1), 251-264.
- Cheng, Q., Li, H., Rong, L., Feng, X., Zhang, G., and Li, B. (2018). Using CFD to assess the influence of ceiling deflector design on airflow distribution in hen house with tunnel ventilation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 165-174.
- Chepete, H. J., Xin, H., Puma, M. C., and Gates, R. S. (2004). Heat and moisture production of poultry and their housing systems: Pullets and layers. *ASHRAE Transactions*, 110(2), 286.
- Coelho, D. J. d. R., Tinôco, I. F., Souza, C. F., Baptista, F. J., Barbari, M., and Oliveira, K. P. (2019). Thermal environment of masonry-walled poultry house in the initial life stage of broilers. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(3), 203-208.
- Corkery, G. P., Ward, S., and Hemmingway, P. (2013). "The effect of air quality parameters on poultry broiler performance". *2013 ASAE Annual Meeting*.
- Coufal, C., Chavez, C., Niemeyer, P., and Carey, J. (2006a). Measurement of broiler litter production rates and nutrient content using recycled litter. *Poultry Science*, 85(3), 398-403.

- Coufal, C., Chavez, C., Niemeyer, P., and Carey, J. (2006b). Nitrogen emissions from broilers measured by mass balance over eighteen consecutive flocks. *Poultry Science*, 85(3), 384-391.
- Coulombe, F., Rouse, D. R., and Paradis, P.-L. (2020). CFD simulations to improve air distribution inside cold climate broiler houses involving heat exchangers. *Biosystems Engineering*, 198, 105-118.
- Curi, T. M. d. C., Moura, D. J. d., Massari, J. M., Mesquita, M., and Pereira, D. F. (2017). Computational fluid dynamics (CFD) application for ventilation studies in broiler houses. *Engenharia Agrícola*, 37(1), 1-12.
- Curi, T. M. R. d. C., Conti, D., Vercellino, R. d. A., Massari, J. M., Moura, D. J. d., Souza, Z. M. d., and Montanari, R. (2017). Positioning of sensors for control of ventilation systems in broiler houses: a case study. *Scientia Agrícola*, 74(2), 101-109.
- Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of Control, Signals and Systems*, 2(4), 303-314.
- Çil, B. (2008). *İstatistik*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Du, L., Yang, C., Dominy, R., Yang, L., Hu, C., Du, H., . . . Jiang, X. (2019a). Computational Fluid Dynamics aided investigation and optimization of a tunnel-ventilated poultry house in China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 159, 1-15.
- Du, L., Yang, L., Yang, C., Dominy, R., Hu, C., Du, H., . . . Jiang, X. (2019b). Investigation of bio-aerosol dispersion in a tunnel-ventilated poultry house. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105043.
- Dunlop, M. W. (2017). *Quantifying poultry litter conditions and relationships with odour emissions*. Doctoral dissertation, University of New South Wales.
- Erşahin, S., ve Karahan, G. (2015). “Toprak değişkenliği ve analizi”. S. Erşahin, T. Öztaş, A. Namlı, ve G. Karahan (Eds.), *Toprak Amenajmanı* (s. 623-666). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Eser, A. (2016). *Sivas altın yatağına kriging ve jeoistatistiksel simülasyon yöntemlerinin uygulanması*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Fidaros, D., Baxevanou, C., Bartzanas, T., and Kittas, C. (2018). Numerical study of mechanically ventilated broiler house equipped with evaporative pads. *Computers and Electronics in Agriculture*, 149, 101-109.
- Fyfe, C. (2000). *Artificial neural networks and information theory*. Paisley: Department of Computing and Information System, The university of Paisley.
- Gedik, F.A.Y. (2011). *İletişim ağ problemlerinin çözümünde neuro-fuzzy yaklaşımı*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gholap, D. (2012). *Evaluation of air and litter quality with microbiological fluctuations in commercial broiler facilities using a biological or chemical litter treatment*. Master Thesis. Graduate Faculty of Auburn University, Auburn.
- Hanna, S.R., Chang, J. (2011). “Setting Acceptance Criteria for Air Quality Models”. In: Steyn D., and Trini Castelli S. (eds) *Air Pollution Modeling and its Application XXI*. Dordrecht: Springer.
- Haykin, S. (2001). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Beijing: Tsinghua University Press.
- Haykin, S. (2010). *Neural Networks and Learning Machines*. New Jersey: Pearson Education.
- Haznedar, B. (2017). *Benzetilmiş Tavlama Algoritması İle Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sisteminin (ANFIS) Eğitilmesi*. Doktora tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

- Hong, S. (2015). *Handy natural ventilation rate calculator based on computational fluid dynamics*. Marie-Curie Actions–International Fellowships Report (331197).
- Hornik, K., Stinchcombe, M., and White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2(5), 359-366.
- Isaaks, E. H., & Srivastava, R. (1989). *Applied geostatistics*. New York: Oxford University Press.
- Jang, J.-S. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665-685.
- Jang, J.-S. R. (1991). "Fuzzy modeling using generalized neural networks and kalman filter algorithm". *9th National Conference on Artificial Intelligence*, Anaheim, CA, USA.
- Jongbo, A. O. (2020). The Evaluation of the environmental parameters of battery-caged poultry house in the humid tropical climate. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, e753-e753.
- Kılıç, İ., ve Şimşek, E. (2008). Derin tabanlı bir yumurta tavuğu kümesinde iç ortam çevre koşullarının yeterliliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 17-29.
- Kristensen, H. H., and Wathes, C. (2000). Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poultry Science Journal*, 56(3), 235-245.
- Küçüktopcu, E., and Cemek, B. (2019a). Evaluating the influence of turbulence models used in computational fluid dynamics for the prediction of airflows inside poultry houses. *Biosystems Engineering*, 183, 1-12.
- Küçüktopcu, E., and Cemek, B. (2019b). Modelling Indoor Environmental Conditions in a Commercial Broiler House. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(4), 440-448.
- Kwon, K.-s., Lee, I.-b., Zhang, G. Q., and Ha, T. (2015). Computational fluid dynamics analysis of the thermal distribution of animal occupied zones using the jet-drop-distance concept in a mechanically ventilated broiler house. *Biosystems Engineering*, 136, 51-68.
- Lauder, B. E., and Spalding, D. B. (1974). The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3, 269-289.
- Lee, I.-b., Sase, S., and Sung, S.-h. (2007). Evaluation of CFD accuracy for the ventilation study of a naturally ventilated broiler house. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 41(1), 53-64.
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2010). *Broiler breeder production*. Nottingham: University Press.
- Lima, K., Moura, D., Carvalho, T., Bueno, L., and Vercellino, R. (2011). Ammonia emissions in tunnel-ventilated broiler houses. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13(4), 265-270.
- Lindley, J. A., and Whitaker, J. H. (1996). *Agricultural buildings and structures*. St Joseph: American Society of Agricultural Engineers (ASAE).
- Liu, Z., Wang, L., Beasley, D., and Oviedo, E. (2007). Effect of moisture content on ammonia emissions from broiler litter: A laboratory study. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 58(1), 41-53.
- Lloyd, C. D. (2010). *Local models for spatial analysis*. New York: CRC press.
- McArthur, A. (1987). Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *Journal of Theoretical Biology*, 126(2), 203-238.
- MGM (2020). *İllere ait mevsim normalleri*. Erişim: 20 Aralık 2020, <https://www.mgm.gov.tr>.

- Miles, D., Rowe, D., and Owens, P. (2008). Winter broiler litter gases and nitrogen compounds: temporal and spatial trends. *Atmospheric Environment*, 42(14), 3351-3363.
- Mistriotis, A., De Jong, T., Wagemans, M., and Bot, G. (1997). Computational Fluid Dynamics (CFD) as a tool for the analysis of ventilation and indoor microclimate in agricultural buildings. *Wageningen Journal of Life Sciences*, 45(1), 81-96.
- Mitchell, H. (1930). The surface area of single comb white leghorn chickens. *The Journal of Nutrition*, 2(5), 443-449.
- Morgan, N. K., Walk, C. L., Bedford, M. R., Scholey, D. V., and Burton, E. J. (2016). Effect of feeding broilers diets differing in susceptible phytate content. *Animal Nutrition*, 2(1), 33-39.
- Mortensen, A. K., Lisouski, P., and Ahrendt, P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 319-326.
- Mostafa, E., Lee, I.-B., Song, S.-H., Kwon, K.-S., Seo, I.-H., Hong, S.-W., . . . Han, H.-T. (2012). Computational fluid dynamics simulation of air temperature distribution inside broiler building fitted with duct ventilation system. *Biosystems Engineering*, 112(4), 293-303.
- Mueller, H., and Krause, K. (2007). Flow simulation for design of ventilation systems in animal houses. *Building Simulation*, New York, 932-936.
- Mutaf, S., & Sönmez, R. (1984). *Hayvan Barinaklarında İklimsel Çevre Denetimi*. İzmir: Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Namlı, L. (2003). *Sınır Tabaka Akışlarının Farklı Türbülans Modelleriyle Karşılaştırmalı Çözümü*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Naseem, S., and King, A. J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment techniques for its reduction during poultry production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16), 15269-15293.
- Nielsen, P. V. (1974). *Flow in Air Conditioned Rooms: Model experiments and numerical solution of the flow equations*.
- Osorio, J. A., Rocha, K. S., Tinôco, I. D. F. F., Gates, R. S., Zapata, O. L., Mendes, L. B., & Damasceno, F. A. (2011). "Use of CFD modeling for determination of ammonia emission in non-insulated poultry houses with natural ventilation". 2011 ASABE Annual Meeting.
- Öztaş, T. (1995). "Jeoistatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması". *İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu*, Ankara.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Öztürk, F., ve Durmuş, İ. (2001). Türkiye'deki tavukçuluk işletmelerinin genel durumu. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 3(2), 7-16.
- Pourvosoghi, N., Nikbakht, A., Sharifian, F., and Najafi, R. (2018). Numerical analyses of air velocity and temperature distribution in poultry house using computational fluid dynamics. *Agricultural Engineering*, 56(3).
- Reece, F., Bates, B., and Lott, B. (1979). Ammonia control in broiler houses. *Poultry Science*, 58(3), 754-755.
- Reece, F., and Lott, B. (1982). The effect of environmental temperature on sensible and latent heat production of broiler chickens. *Poultry Science*, 61(8), 1590-1593.
- Rico-Contreras, J. O., Aguilar-Lasserre, A. A., Méndez-Contreras, J. M., López-Andrés, J. J., and Cid-Chama, G. (2017). Moisture content prediction in poultry litter using artificial intelligence techniques and Monte Carlo simulation to

- determine the economic yield from energy use. *Journal of Environmental Management*, 202, 254-267.
- Rojano, F., Bournet, P.-E., Hassouna, M., Robin, P., Kacira, M., and Choi, C. Y. (2016). Computational modelling of thermal and humidity gradients for a naturally ventilated poultry house. *Biosystems Engineering*, 151, 273-285.
- Saraz, J. A., Rocha, K. S., Damasceno, F. A., Tinoco, I. F., Osorio, R., and Tobón, J. C. (2017). A CFD approach to assess the effects of different opening combinations in poultry houses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(12), 852-857.
- Setiadi, R., Munadi, and Tauviqirrahman, M. (2018). "Numerical analysis for temperature profile of the closed house using computational fluid dynamics". *Engineering International Conference (EIC2017)*.
- Shih, T.-H., Liou, W. W., Shabbir, A., Yang, Z., and Zhu, J. (1995). A new k- ϵ eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows. *Computers & Fluids*, 24(3), 227-238.
- Simmons, J., Lott, B., and May, J. (1997). Heat loss from broiler chickens subjected to various air speeds and ambient temperatures. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(5), 665-669.
- Şekerden, Ö. (2013). *Örneklerle Hayvancılık Fizibilite Raporu ve Proje Hazırlama Tekniği*. İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- Şen, Z. (2009). *Bulanık mantık ilkeleri ve modelleme: (Mühendislik ve sosyal bilimler)*. İstanbul: Su Vakfı.
- Tehinse, T., Falayi, F., Aduewa, T., Alatise, M., and Osho, B. (2020). Analysis of Thermally Controlled Poultry Housing Using CFD. *Journal of Engineering Research and Reports*, 40-48.
- Thomason, D., Lepley, K., and Dendy, M. (1987). American soybean association Poultry Brooding. USA, 65p.
- Tinoco, I. F., Osorio S, J. A., Mendes, L. B., and Rocha, K. S. (2016). Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(3), 256-262.
- Tolon, M., ve Tosunoğlu, N. G. (2008). Tüketici tatmini verilerinin analizi: yapay sinir ağları ve regresyon analizi karşılaştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2).
- Tong, X., Hong, S.-W., and Zhao, L. (2019a). CFD modeling of airflow, thermal environment, and ammonia concentration distribution in a commercial manure-belt layer house with mixed ventilation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 281-299.
- Tong, X., Hong, S.-W., and Zhao, L. (2019b). CFD modelling of airflow pattern and thermal environment in a commercial manure-belt layer house with tunnel ventilation. *Biosystems Engineering*, 178, 275-293.
- Tong, X., Zhao, L., Heber, A. J., and Ni, J.-Q. (2020). Development of a farm-scale, quasi-mechanistic model to estimate ammonia emissions from commercial manure-belt layer houses. *Biosystems Engineering*, 196, 67-87.
- Trokhaniak, V., Rutylo, M., Rogovskii, I., Titova, L., Luzan, O., and Bannyi, O. (2019). Experimental studies and numerical simulation of speed modes of air environment in a poultry house. *Agricultural Engineering*, 58(3).
- USDA (2020). *Livestock and poultry: world markets and trade*. Retrieved December 13, 2020 from <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>.

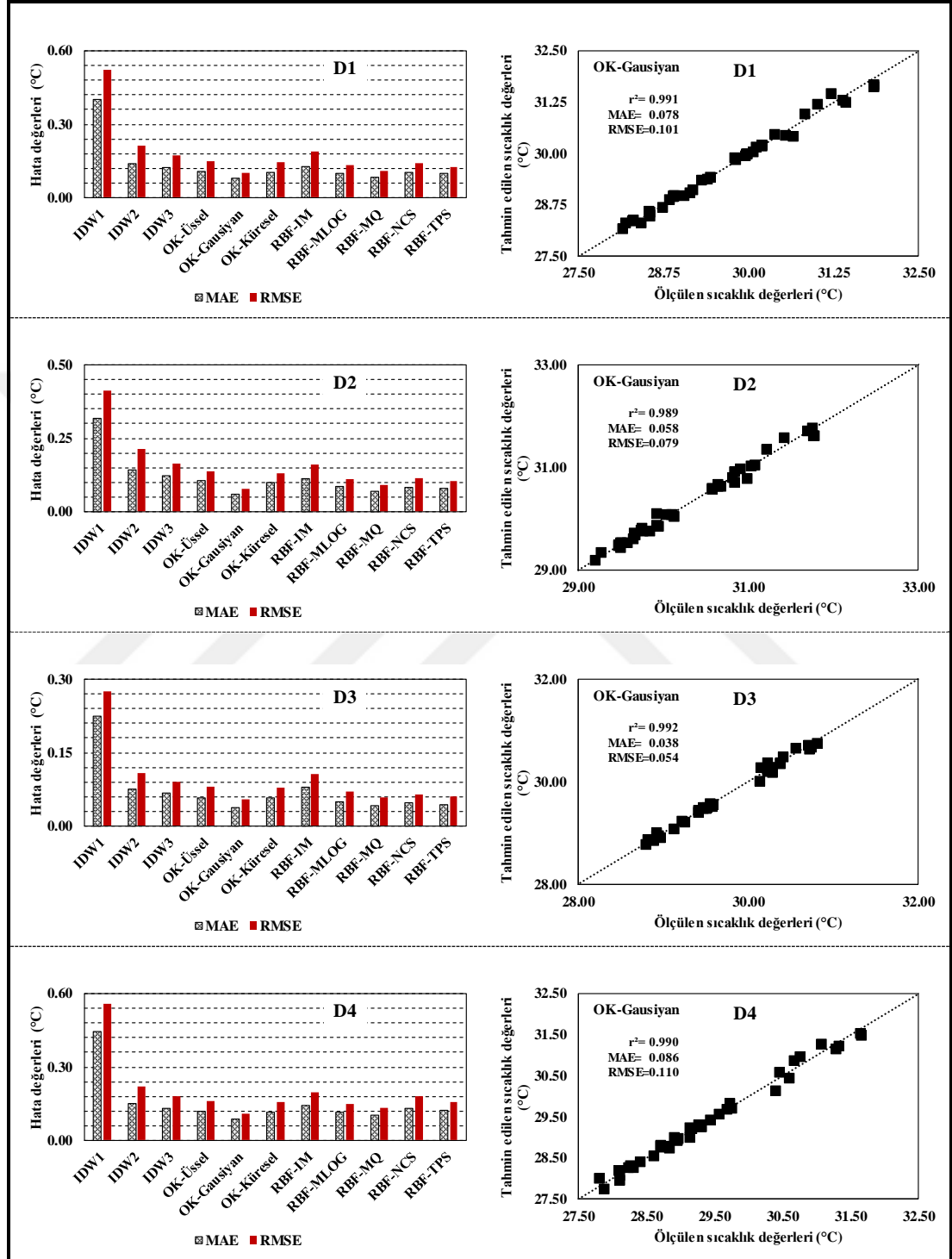
- Van Ouwerkerk, E., Voskamp, J., & Aliskan, Y. (1994). "Climate simulation and validation for an aviary system for laying hens". *XII CIGR World Congress and Agency 94 Conference on Agricultural Engineering*.
- Vilela, M., Gates, R. S., Martins, M., Barbari, M., Conti, L., Rossi, G., . . . Andrade, R. (2019). Computational fluids dynamics (CFD) in the spatial distribution of air velocity in prototype designed for animal experimentation in controlled environments. *Agronomy Research*, 17(3), 890-899.
- Walsberg, G. E. (1978). The relationship of the external surface area of birds to skin surface area and body mass. *Journal of Experimental Biology*, 76(1), 185-189.
- Wang, L., Liu, Z., Beasley, D. B., Munilla, R., and Baughman, G. R. (2006). "Measuring ammonia emissions from broiler litter". *2006 ASAE Annual Meeting*.
- Wang, S., Zhao, L., Wang, X., Manuzon, R., Darr, M., Li, H., and Keener, H. M. (2014). Estimation of ammonia emission from manure belt poultry layer houses using an alternative mass balance method. *Transactions of the ASABE*, 57(3), 937-947.
- Wang, Z., Gao, T., Jiang, Z., Min, Y., Mo, J., and Gao, Y. (2014). Effect of ventilation on distributions, concentrations, and emissions of air pollutants in a manure-belt layer house. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(4), 763-772.
- Wathes, C., and Clark, J. (1981). Sensible heat transfer from the fowl: Boundary-layer resistance of a model fowl. *British Poultry Science*, 22(2), 161-173.
- Weaver Jr, W. D., and Meijerhof, R. (1991). The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science*, 70(4), 746-755.
- Webster, R. (2001). Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 52(2), 331-340.
- Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for environmental scientists*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- West, D. R. (2020). *Litter Characteristics, Ammonia Emissions, and Leg Health of Heavy Broilers as Impacted by Air Velocity Treatments: A Chamber Study*. Master Thesis. Graduate Faculty of North Carolina State University.
- Wheeler, E., and Bottcher, R. (1995). *Evaluating mechanical ventilation systems: evaluating livestock housing environments. G-82 Fact Sheet*. Agricultural and Biological Engineering Department, University Park, Pa.
- Wheeler, E. F., Casey, K. D., Gates, R. S., Xin, H., Zajackowski, J. L., Topper, P. A., . . . Pescatore, A. J. (2006). Ammonia emissions from twelve US broiler chicken houses. *Transactions of the ASABE*, 49(5), 1495-1512.
- Winn, P., and Godfrey, E. (1967). The effect of humidity on growth and feed conversion of broiler chickens. *International Journal of Biometeorology*, 11(1), 39-50.
- Worley, M., and Manbeck, H. (1995). Modeling particle transport and air flow in ceiling inlet ventilation systems. *Transactions of the ASAE*, 38(1), 231-239.
- Wright, G. B. (2003). *Radial basis function interpolation: numerical and analytical developments*. Ph. D thesis. University of Colorado, CO, United States.
- Xin, H., Berry, I. L., Tabler, G. T., and Costello, T. A. (2001). Heat and moisture production of poultry and their housing systems: broilers. *Transactions of the ASAE*, 44(6), 1851.
- Yadav, N., Yadav, A., and Kumar, M. (2015). *An introduction to neural network methods for differential equations*. New York: Springer.

- Yakhot, V., and Orszag, S. A. (1986). Renormalization group analysis of turbulence. I. Basic theory. *Journal of Scientific Computing*, 1(1), 3-51.
- Yakubu, A., Oluremi, O., and Ekpo, E. (2018). Predicting heat stress index in Sasso hens using automatic linear modeling and artificial neural network. *International Journal of Biometeorology*, 62(7), 1181-1186.
- Yeo, U.-H., Lee, I.-B., Kim, R.-W., Lee, S.-Y., and Kim, J.-G. (2019). Computational fluid dynamics evaluation of pig house ventilation systems for improving the internal rearing environment. *Biosystems Engineering*, 186, 259-278.
- Yüksel, A. N., & Şişman, C. B. (2015). *Hayvan Barınaklarının Planlanması*. İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zhang, G., and Strøm, J. S. (1999). Jet drop models for control of non-isothermal free jets in a side-wall multi-inlet ventilation system. *Transactions of the ASAE*, 42(4), 1121.

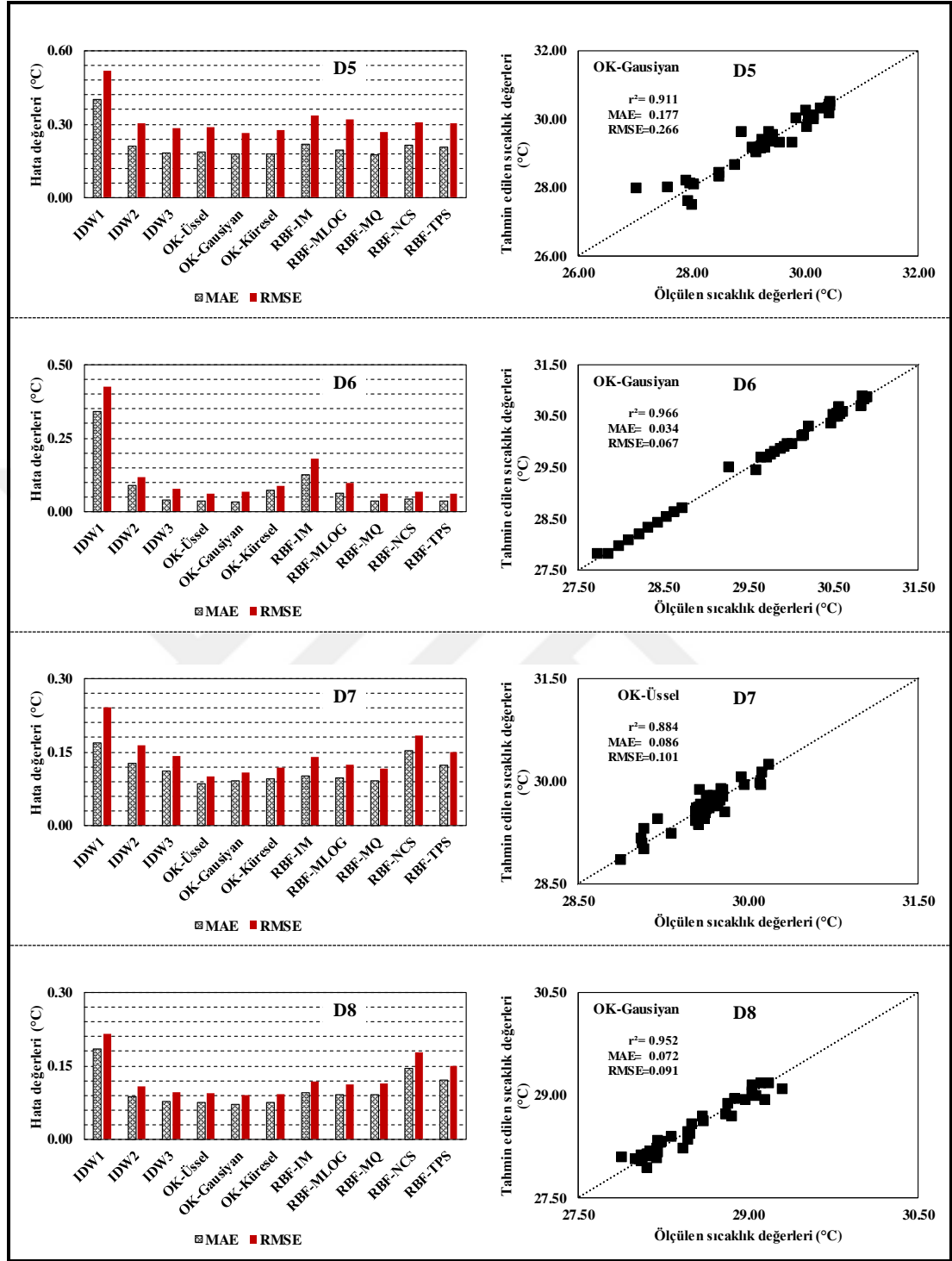


EKLER

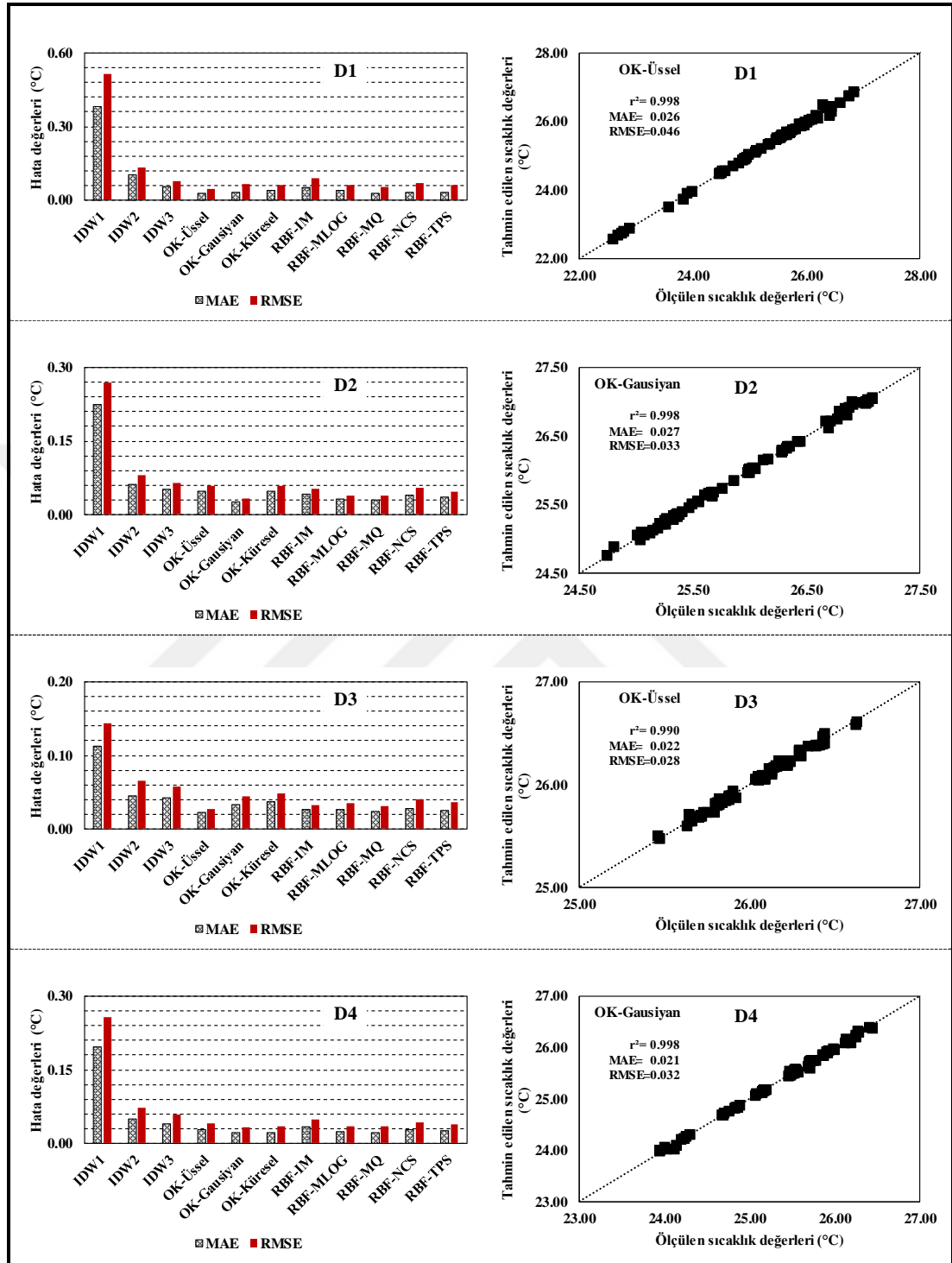
Ek 1. Dönem başlarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



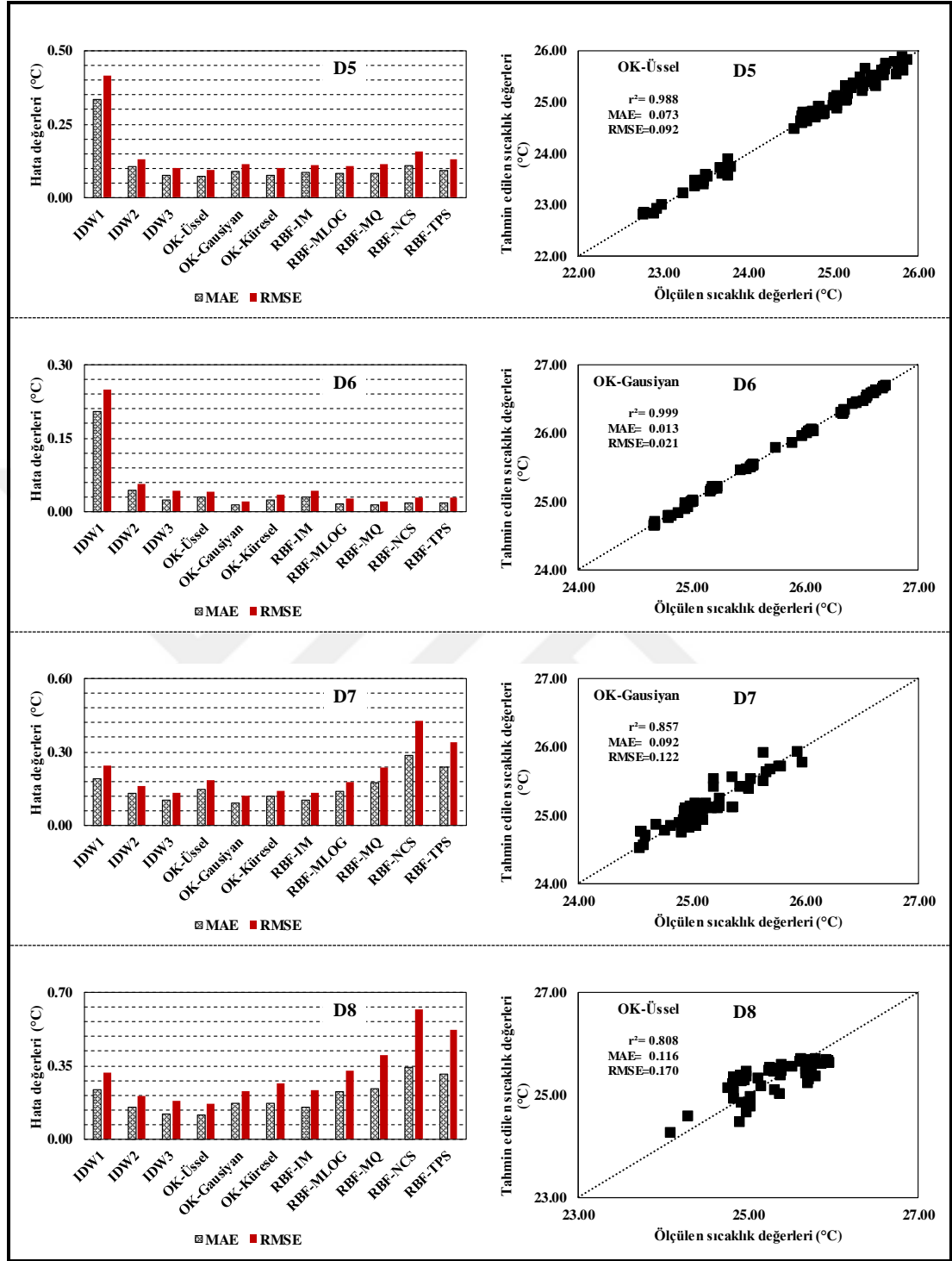
Ek 1. (devam)



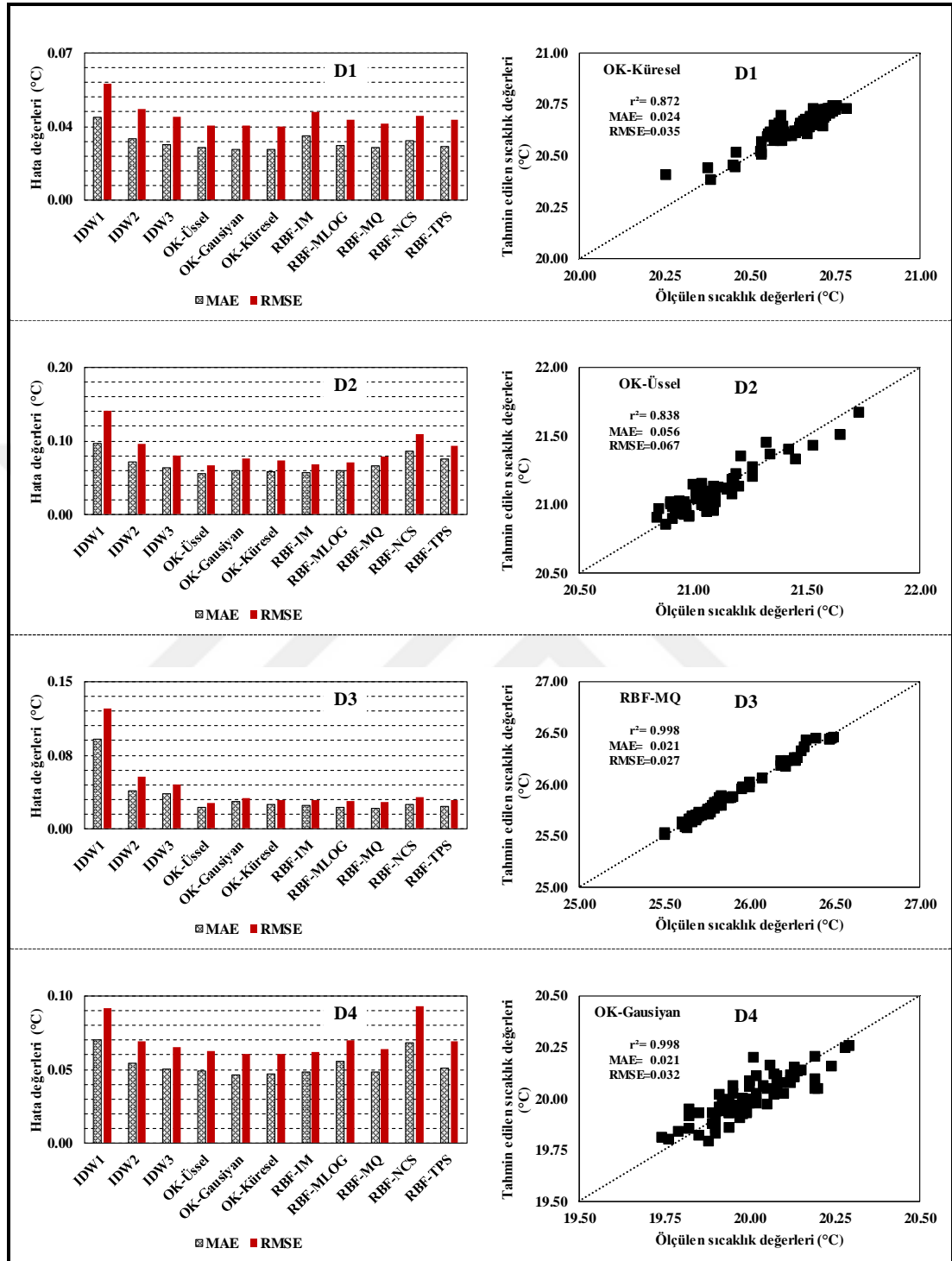
Ek 2. Dönem ortalarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



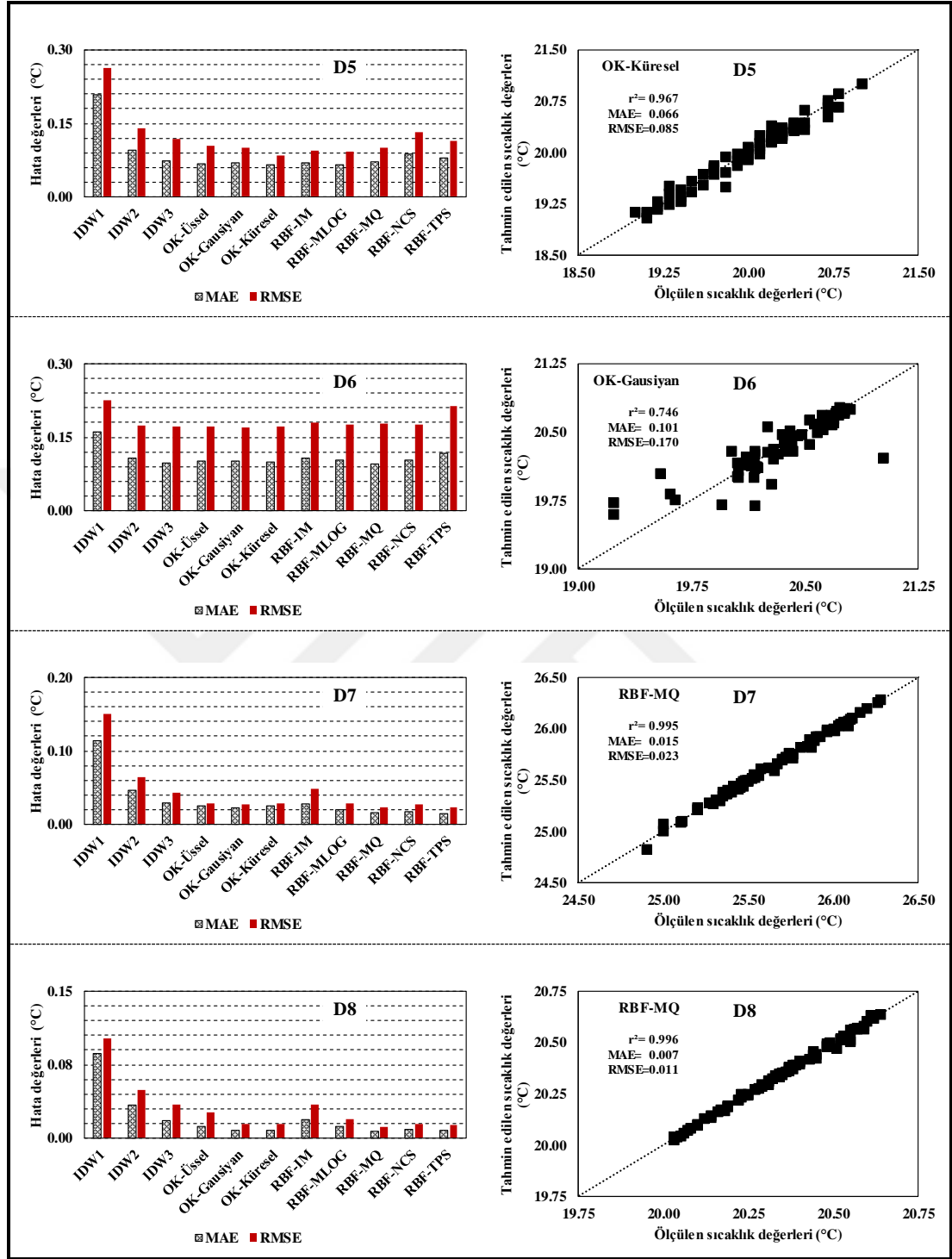
Ek 2. (devam)



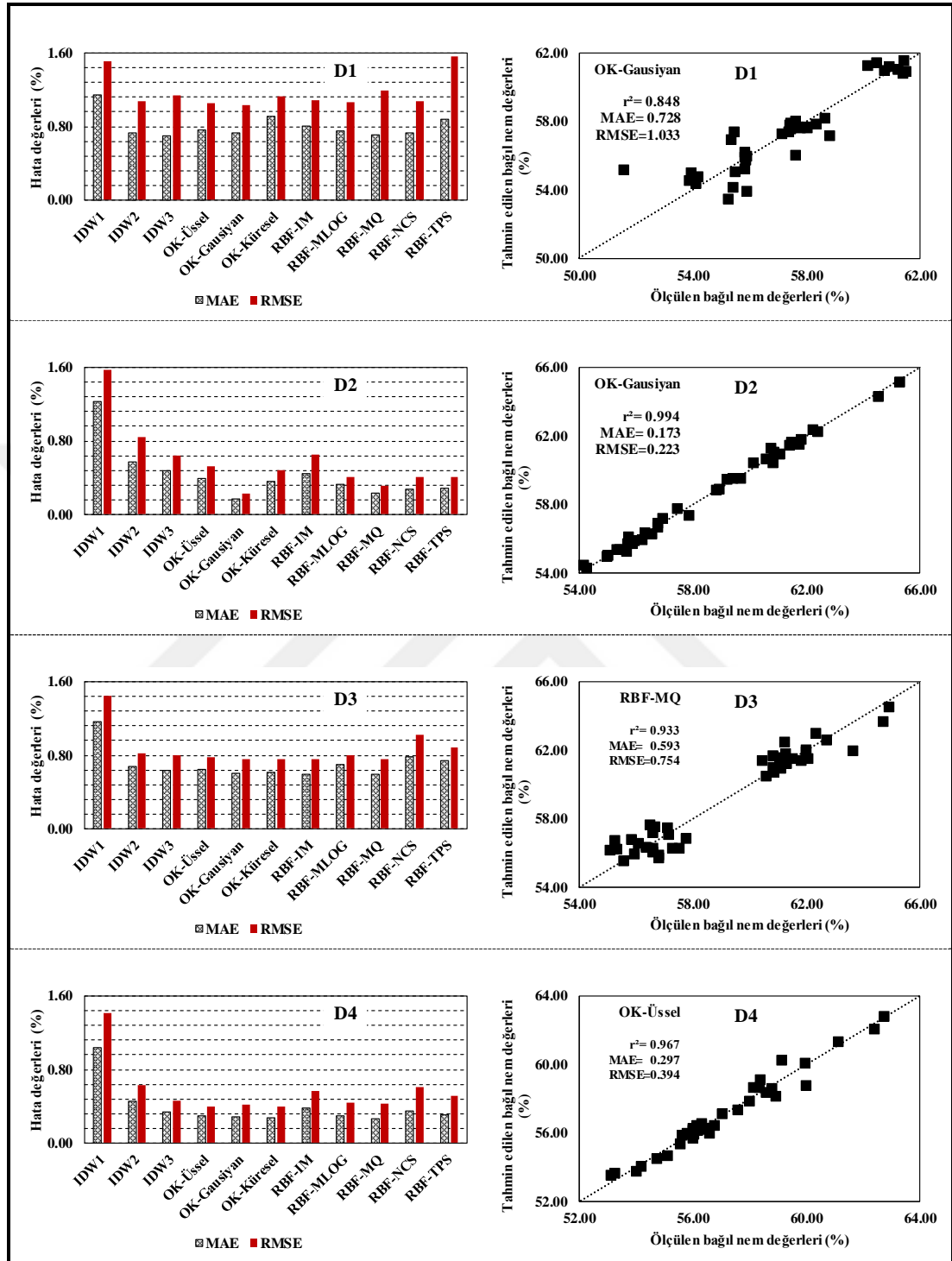
Ek 3. Dönem sonlarında kümes içi sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



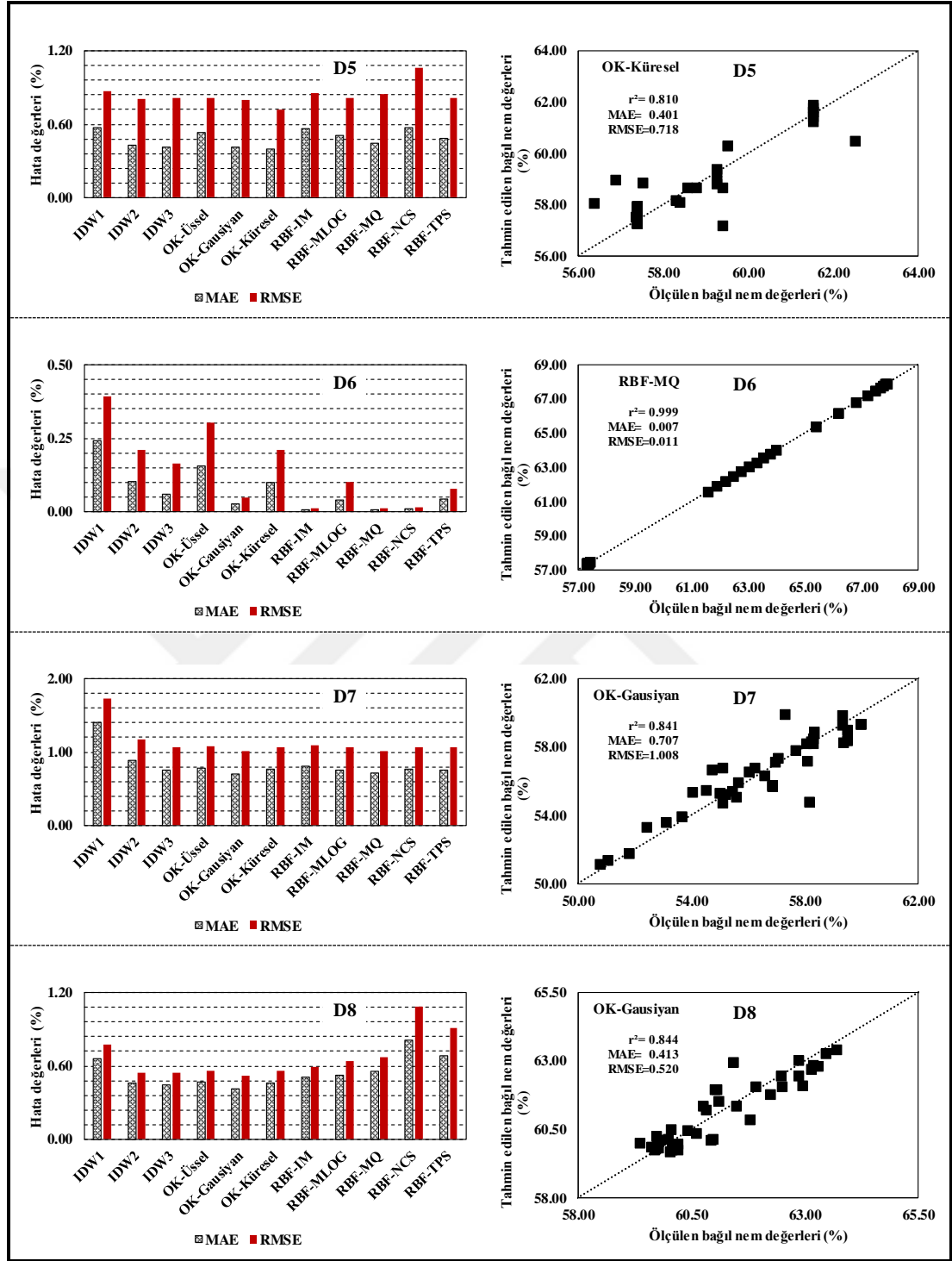
Ek 3. (devam)



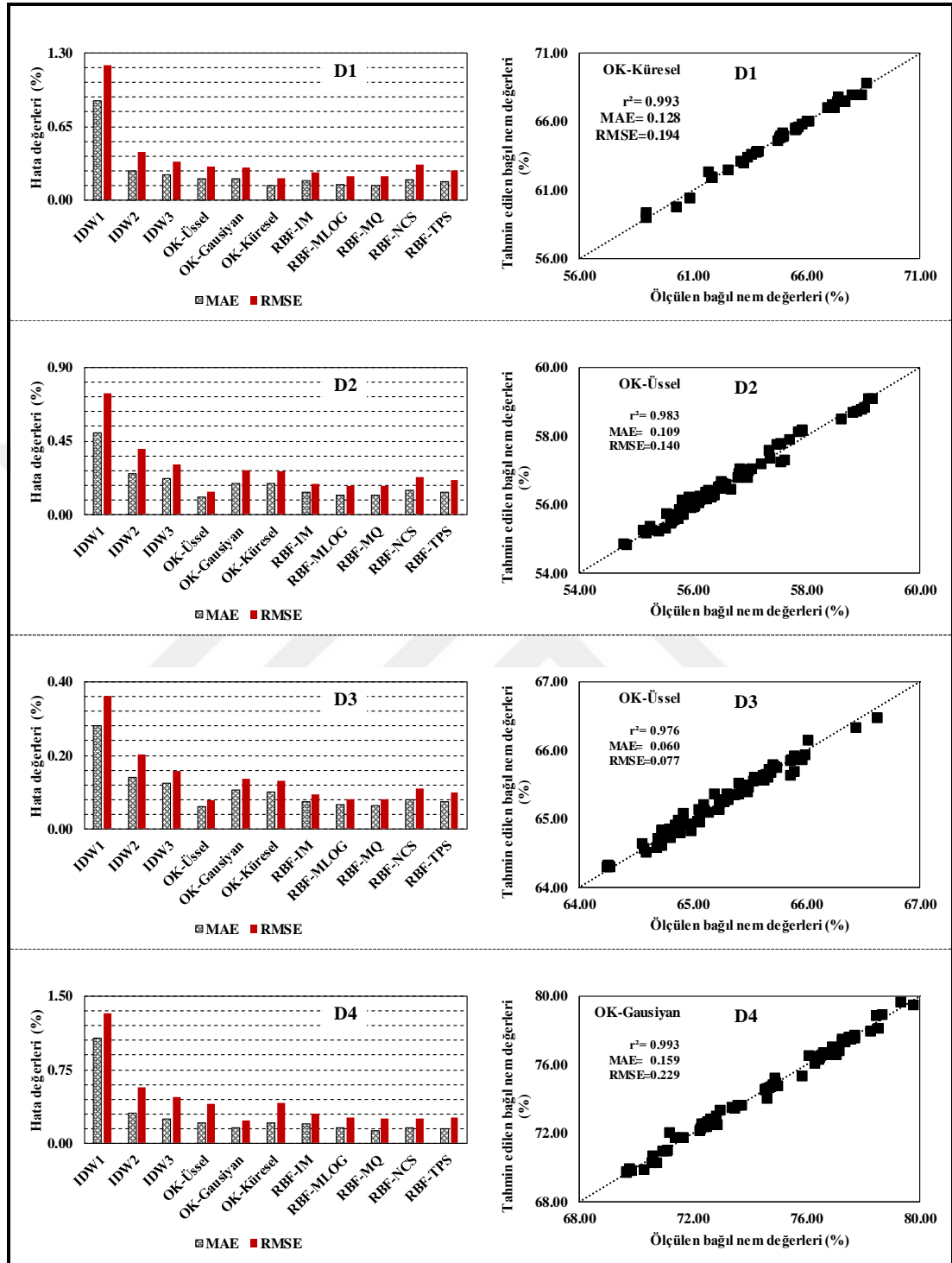
Ek 4. Dönem başlarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



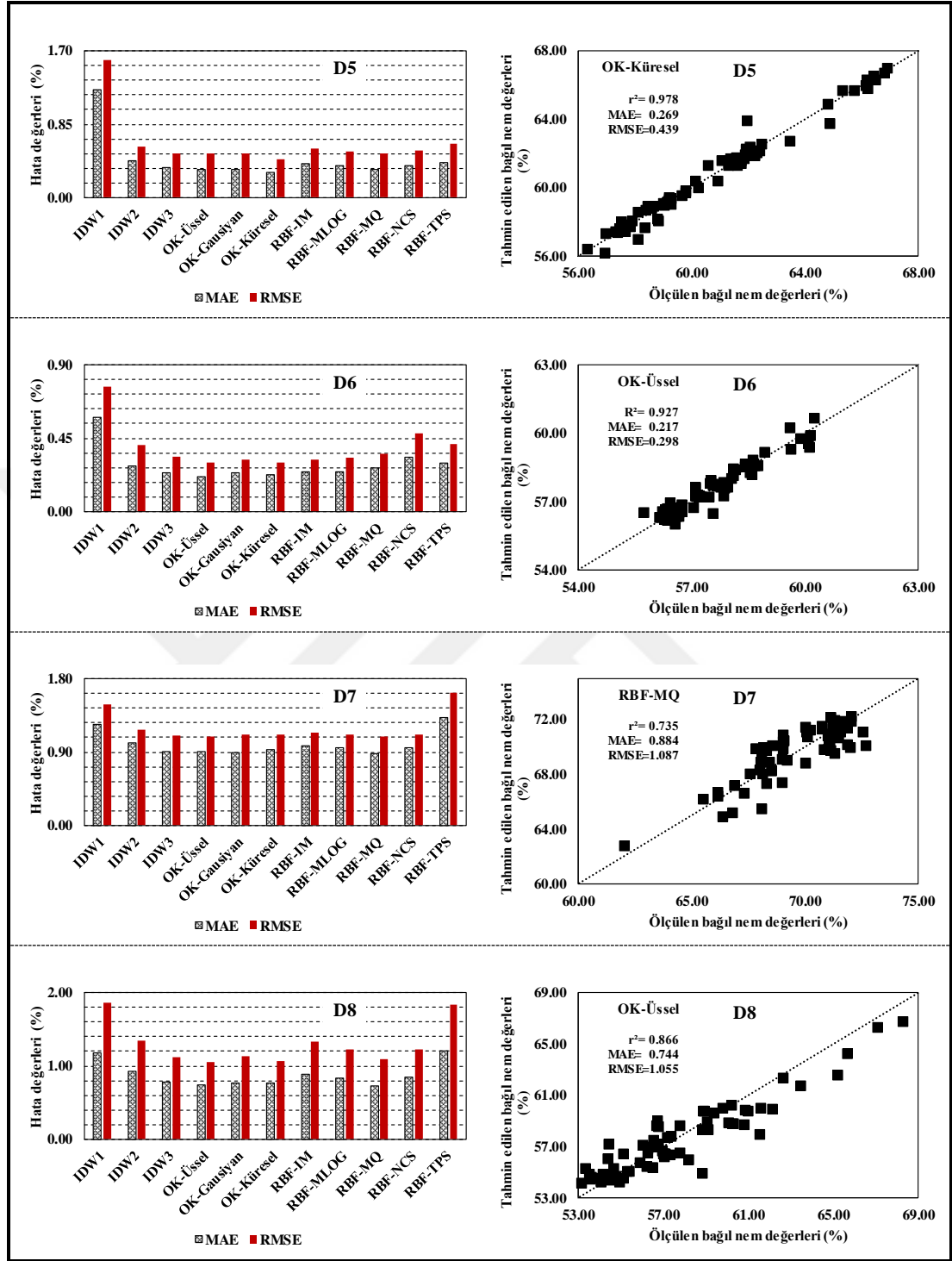
Ek 4. (devam)



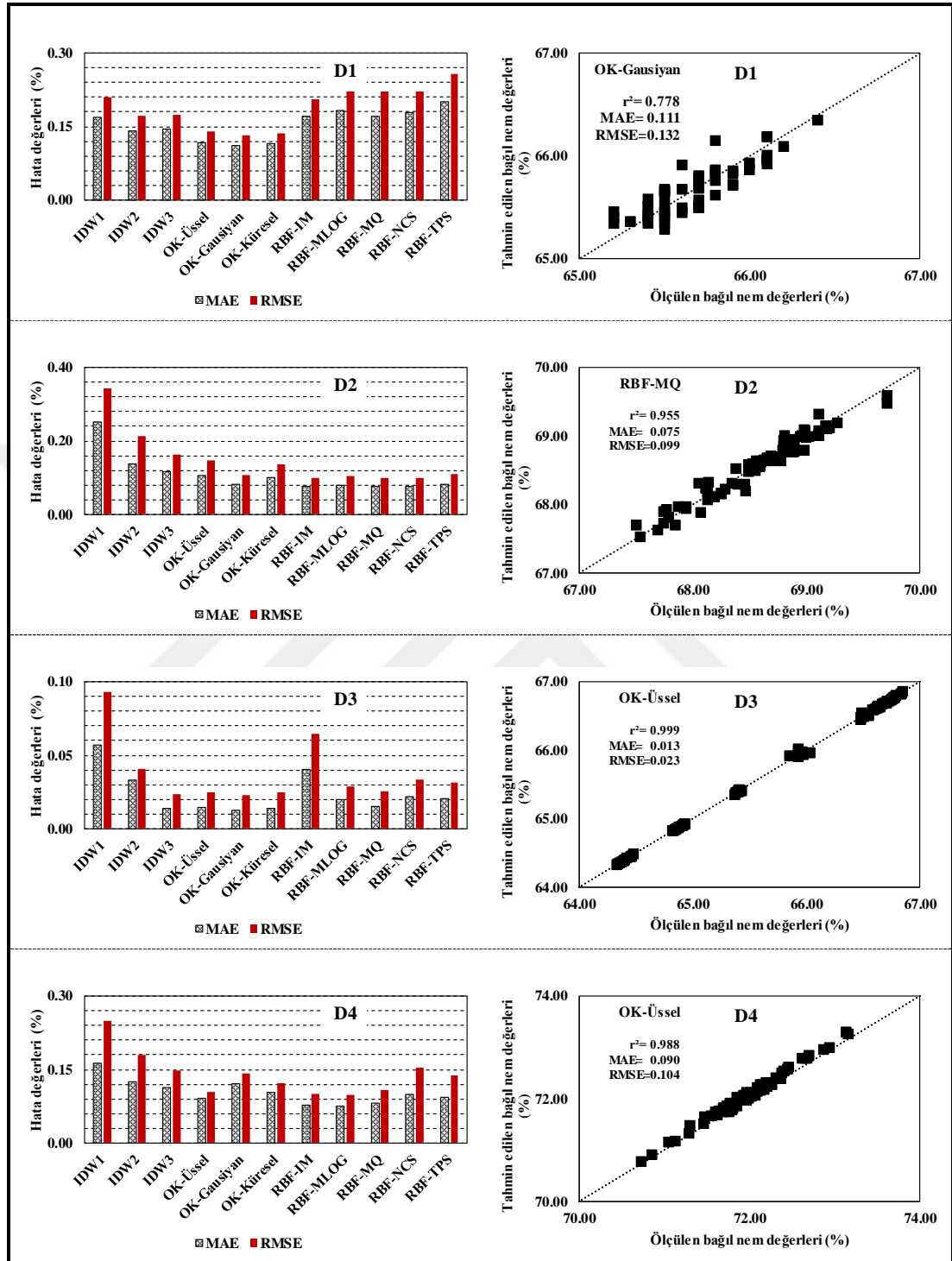
Ek 5. Dönem ortalarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



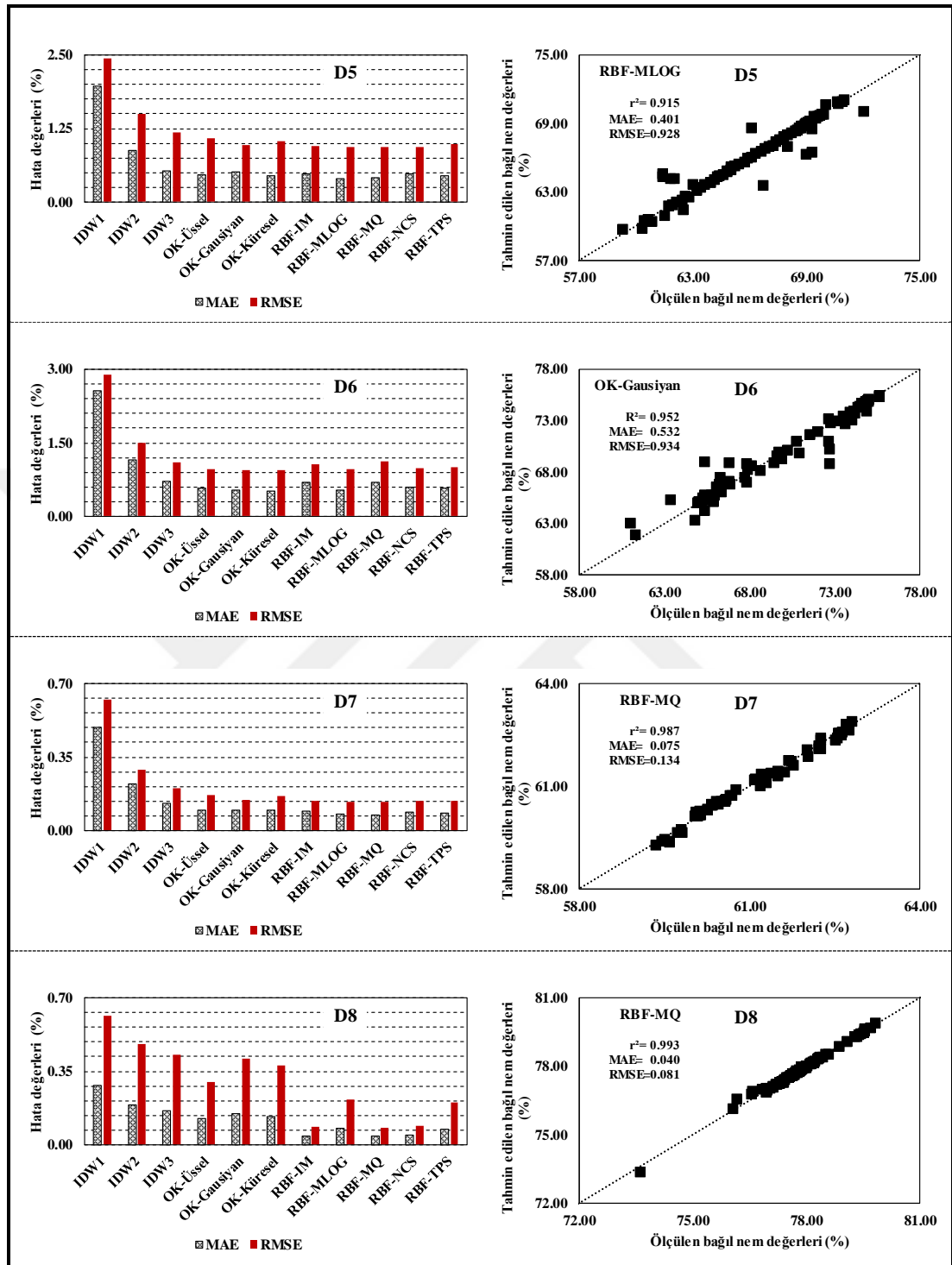
Ek 5. (devam)



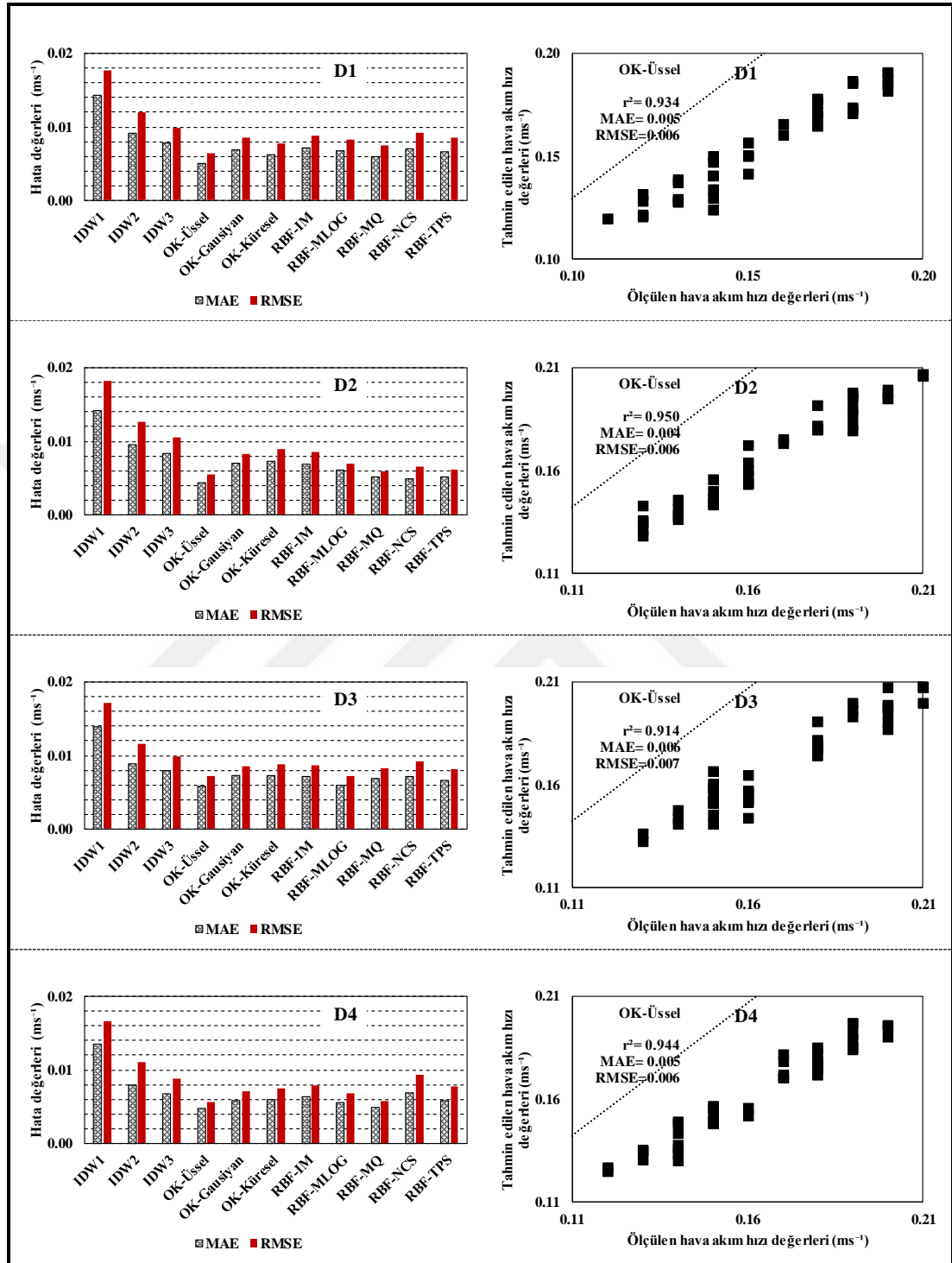
Ek 6. Dönem sonlarında kümes içi bağıl nem tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



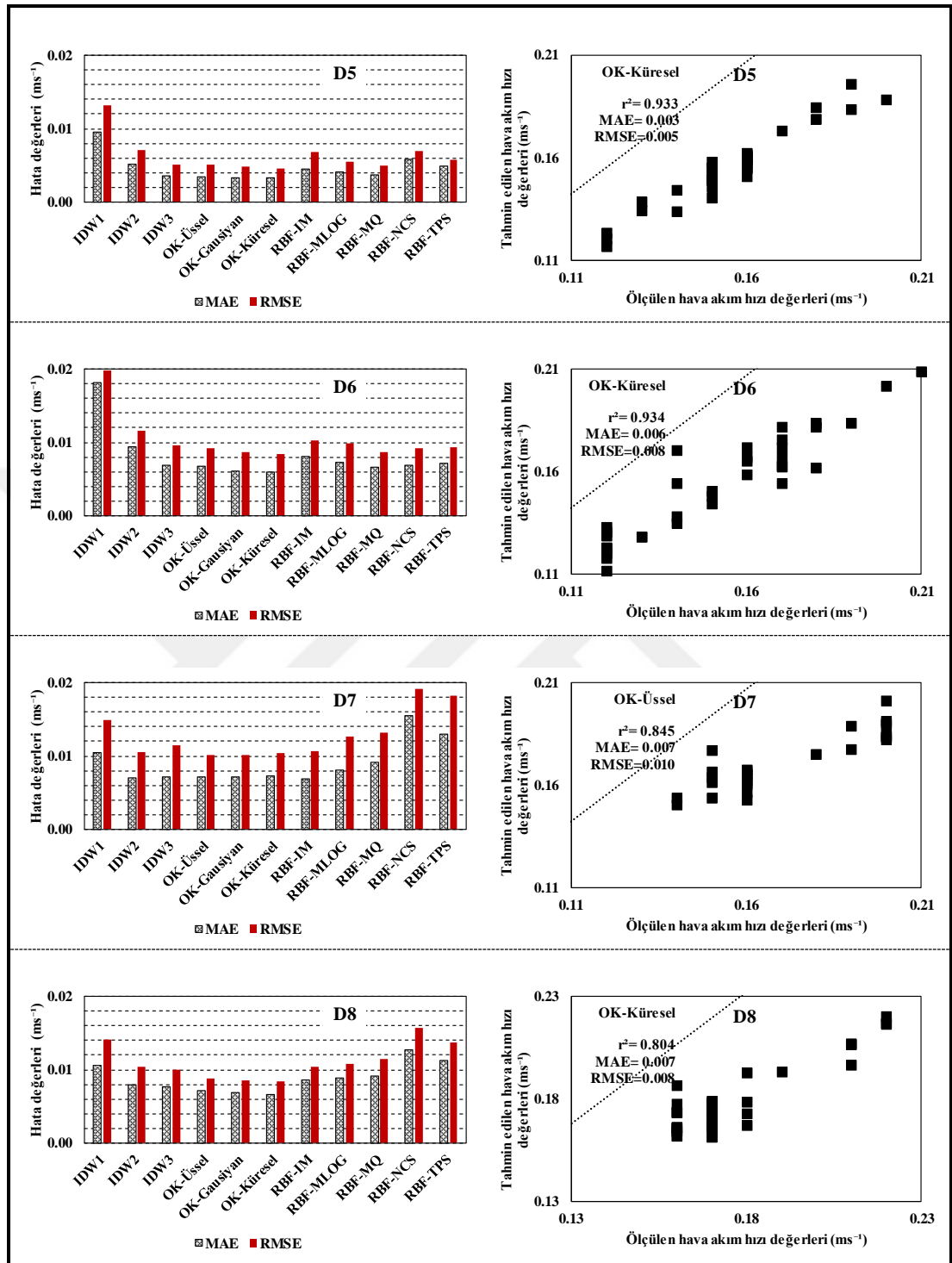
Ek 6. (devam)



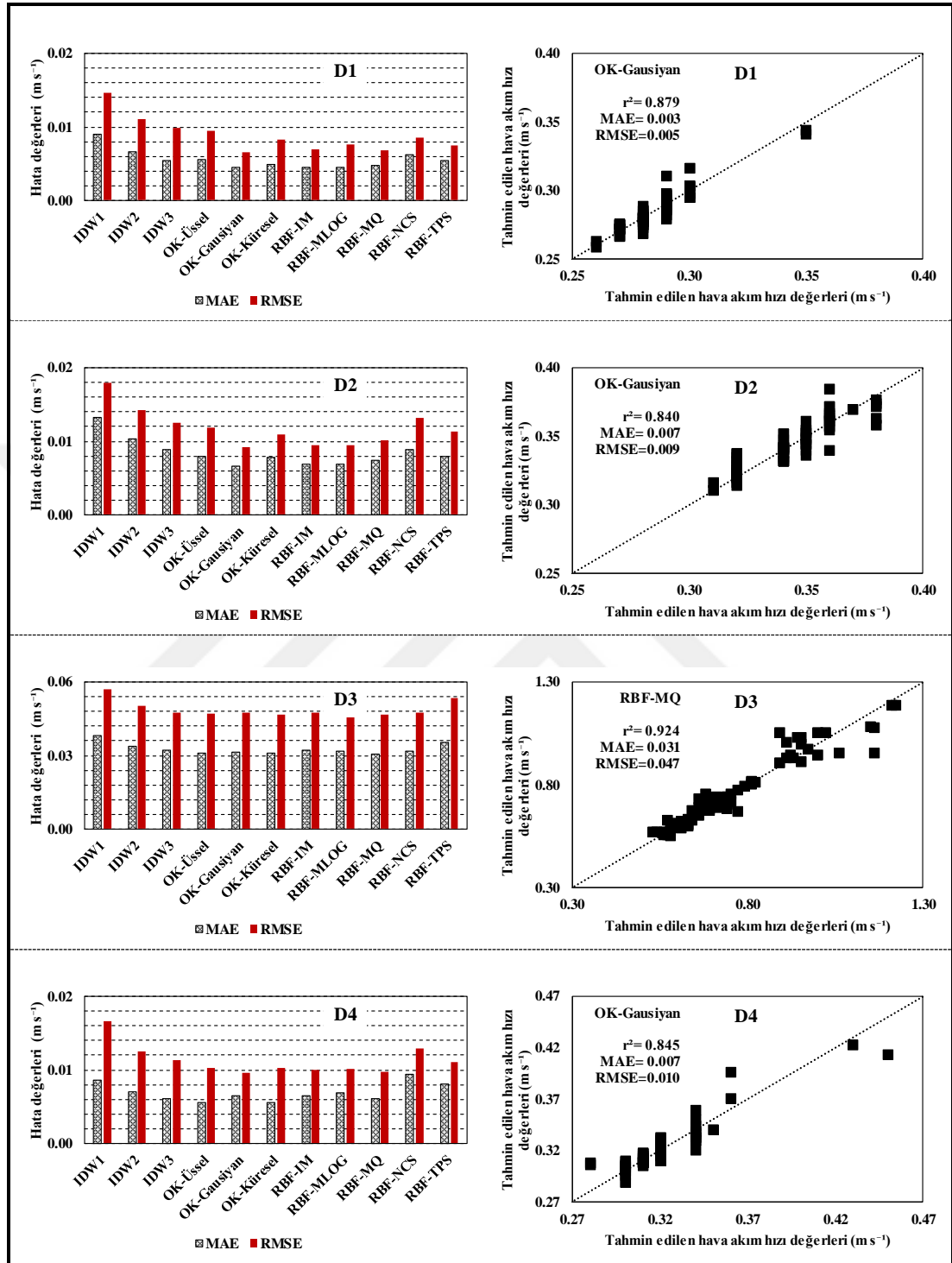
Ek 7. Dönem başlarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



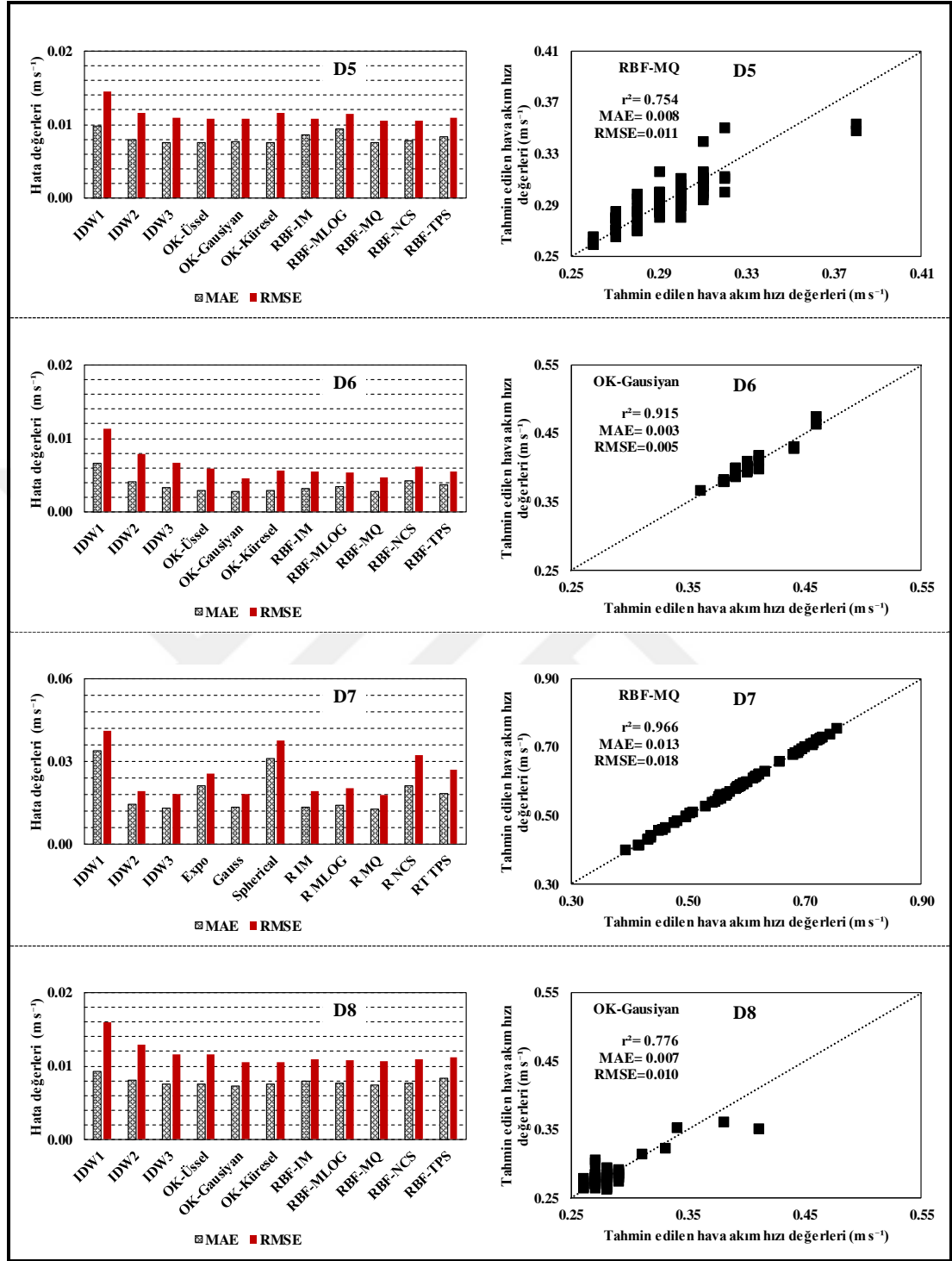
Ek 7. (devam)



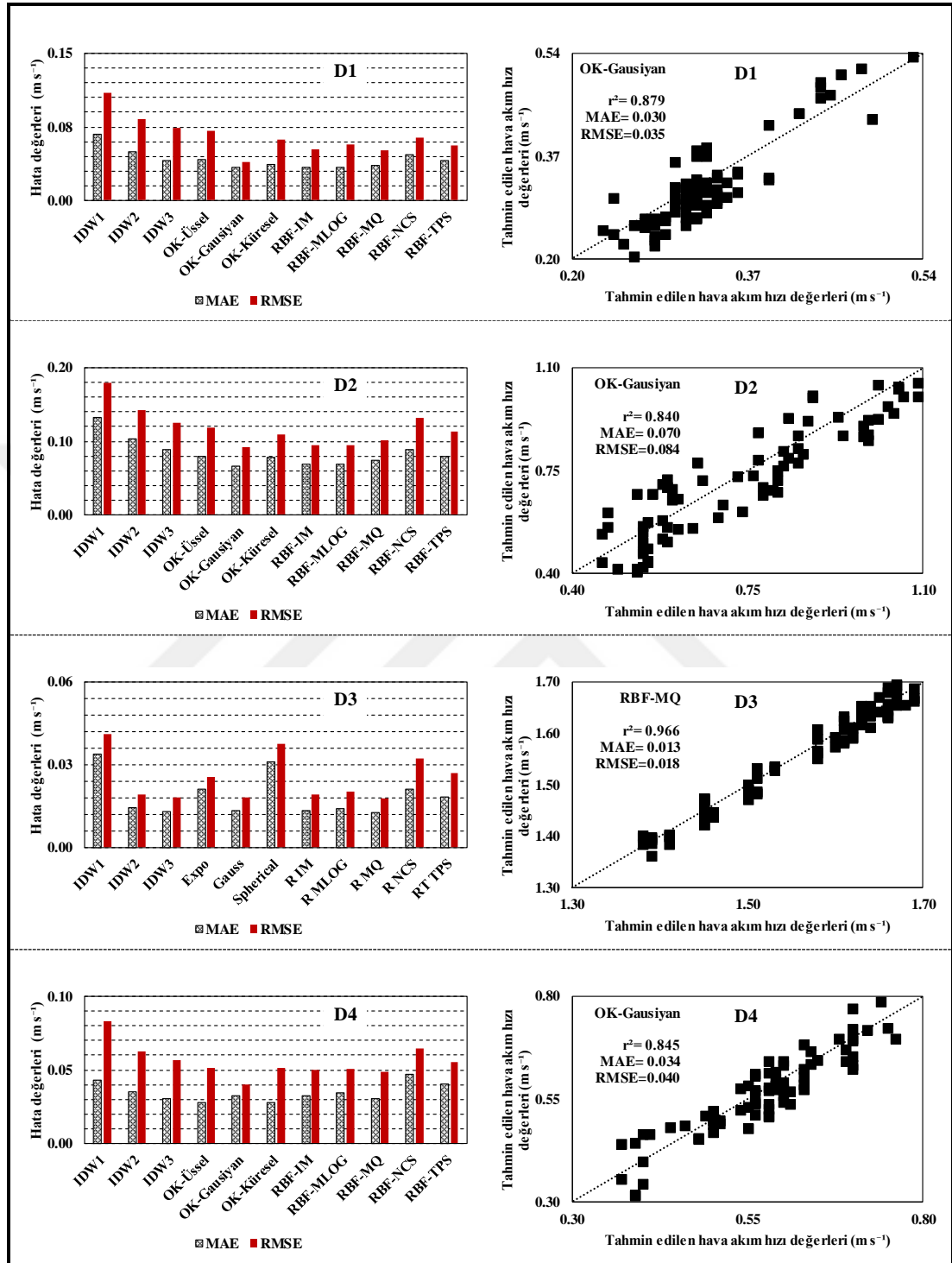
Ek 8. Dönem ortalarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



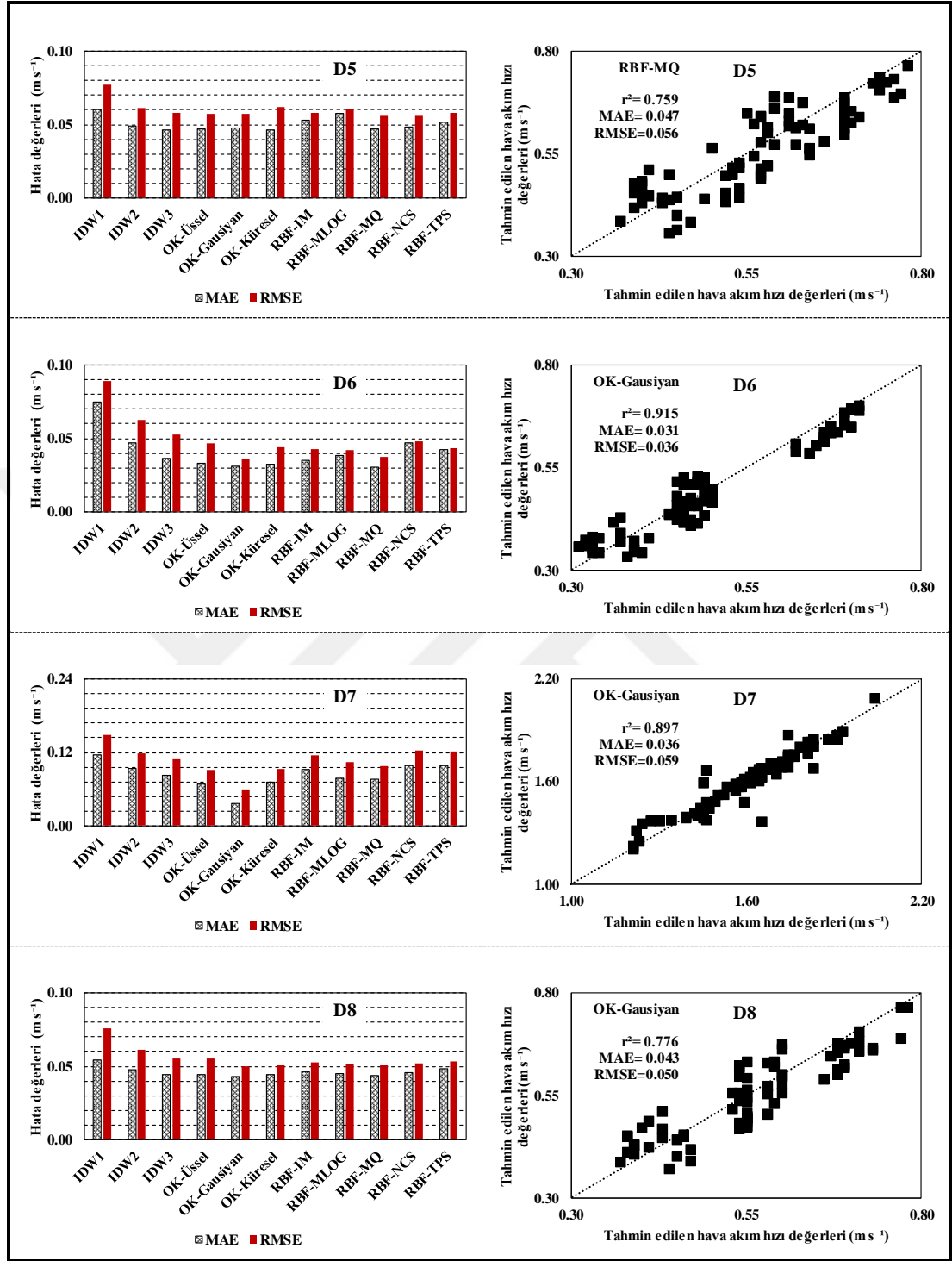
Ek 8. (devam)



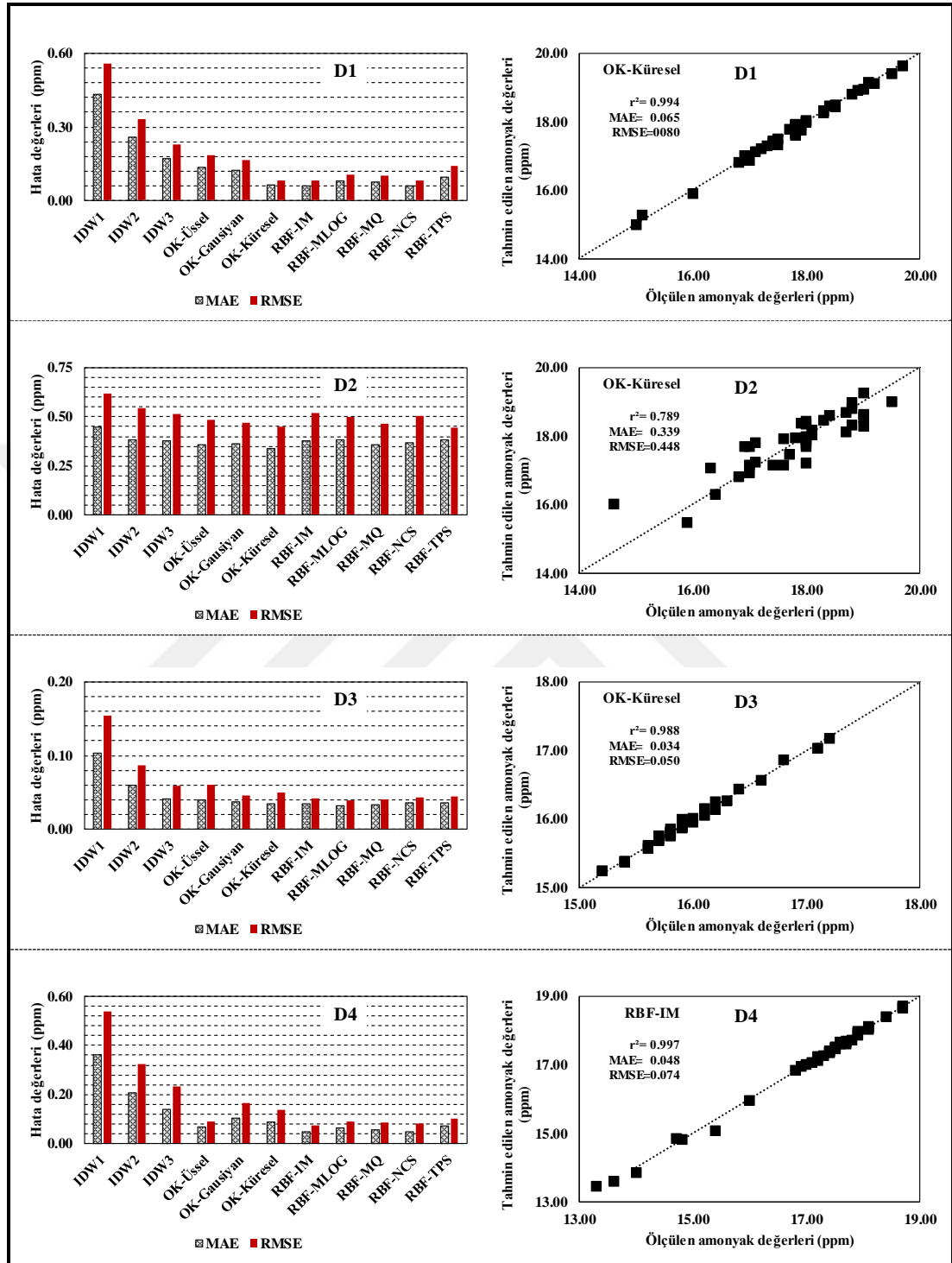
Ek 9. Dönem sonlarında kümes içi hava akım hızı tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



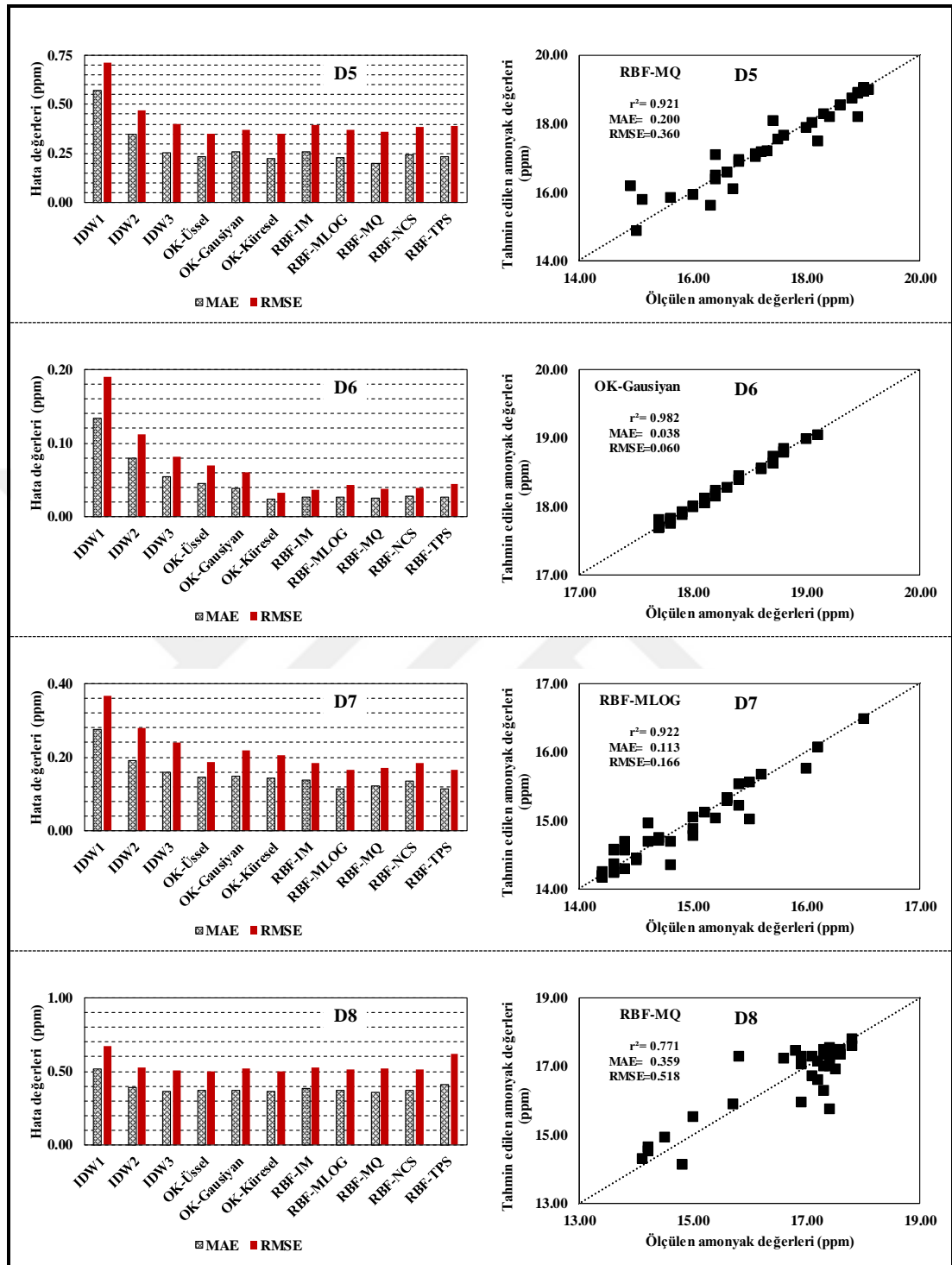
Ek 9. (devam)



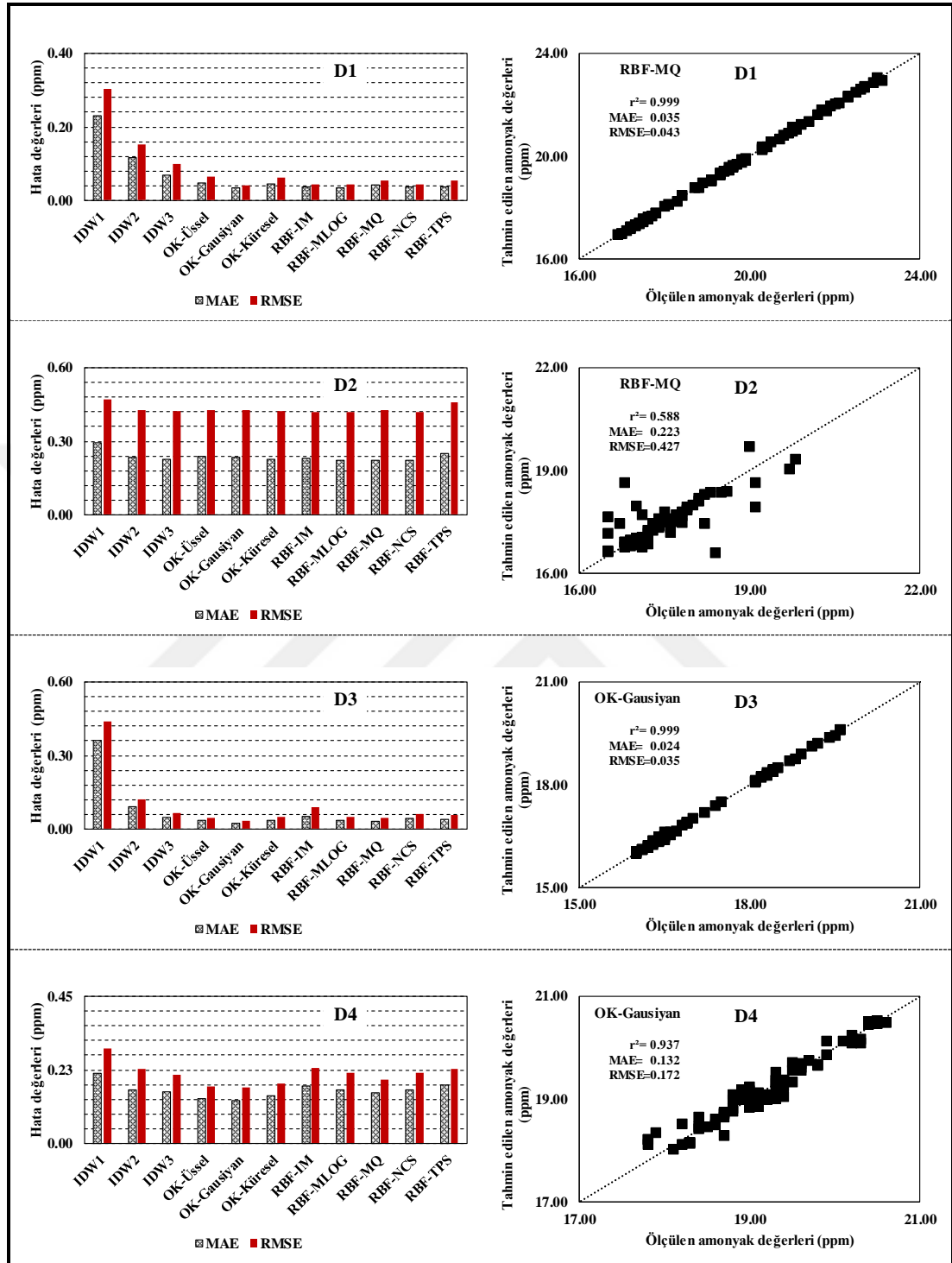
Ek 10. Dönem başlarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



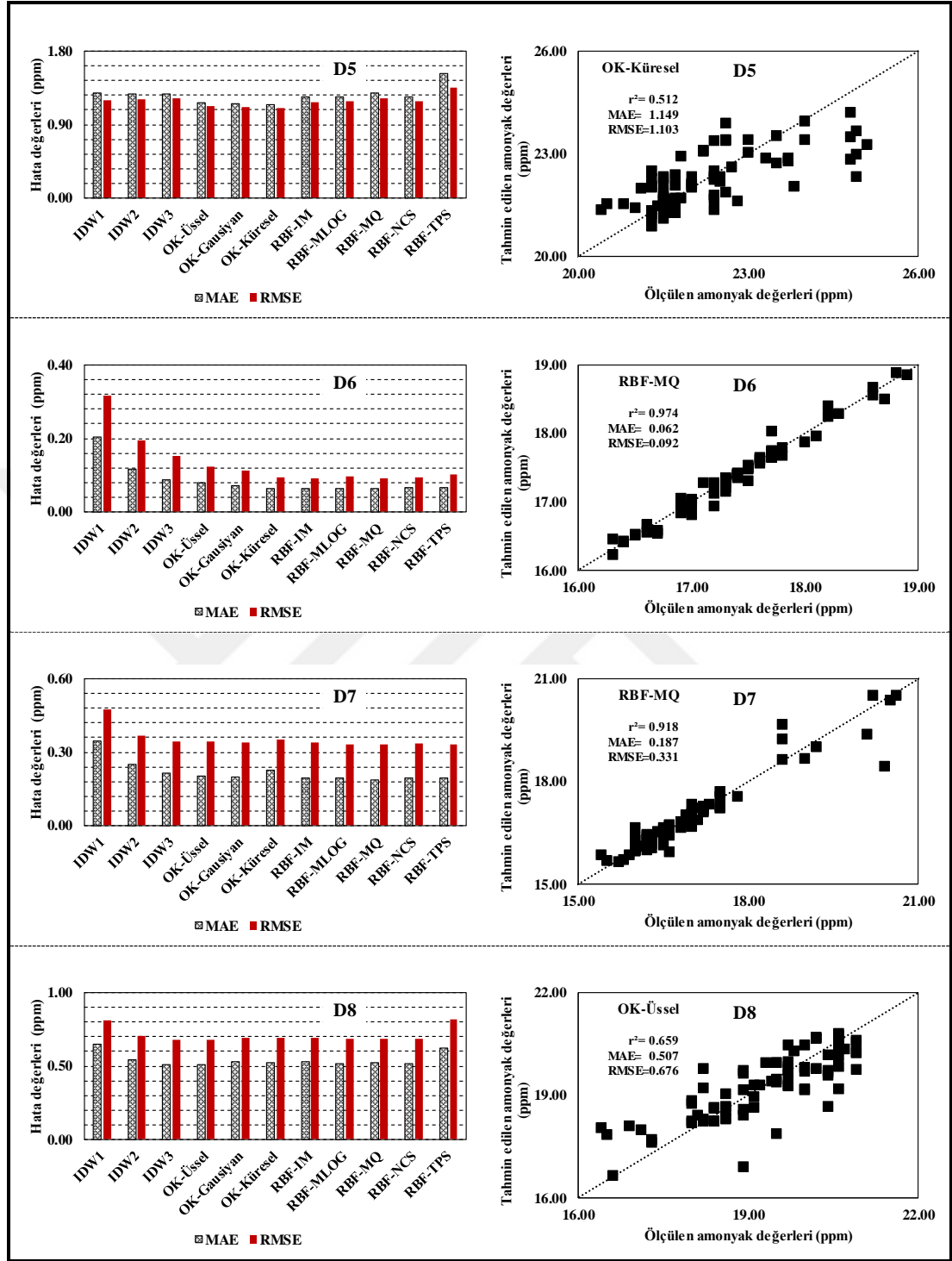
Ek 10. (devam)



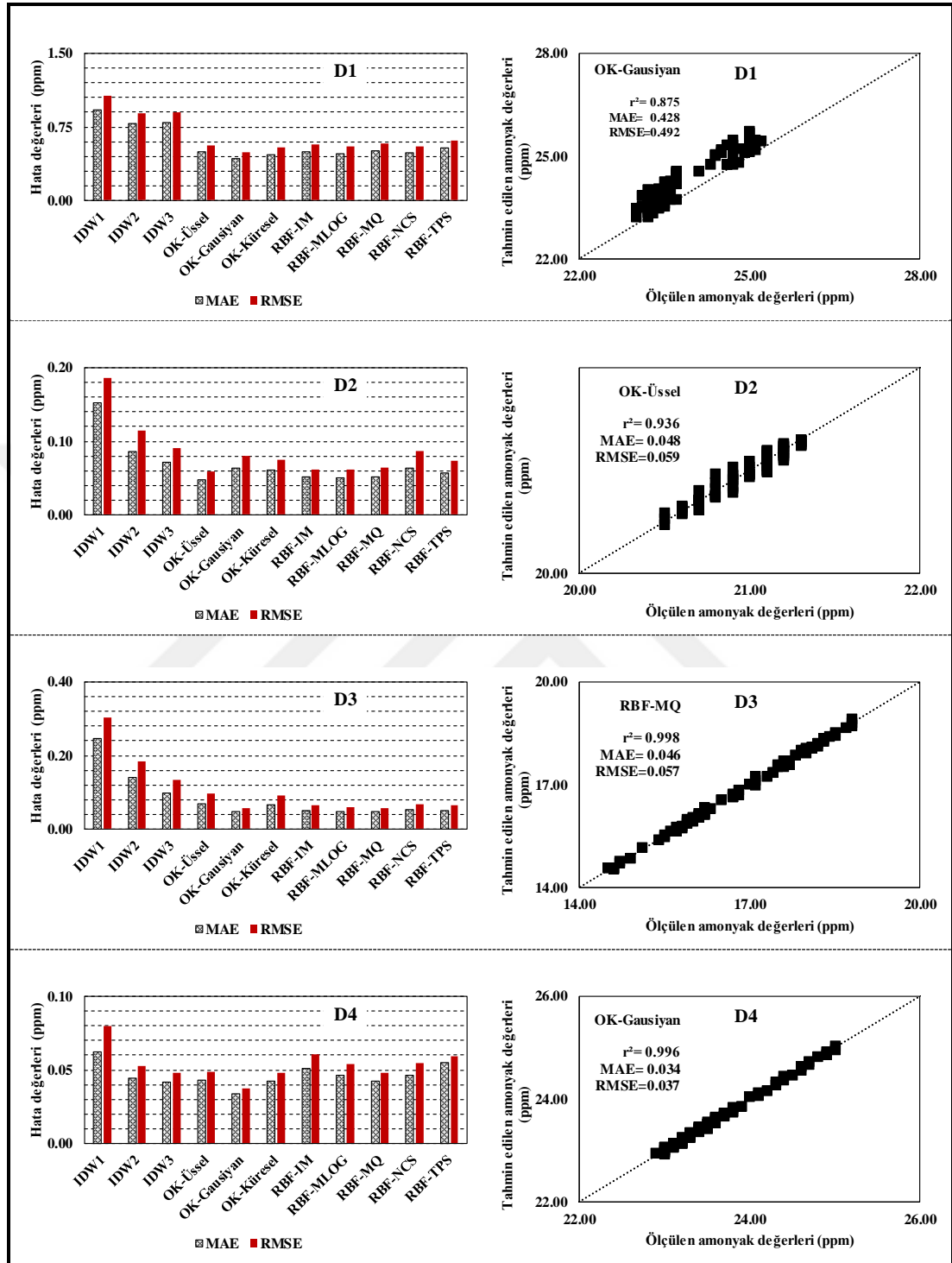
Ek 11. Dönem ortalarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



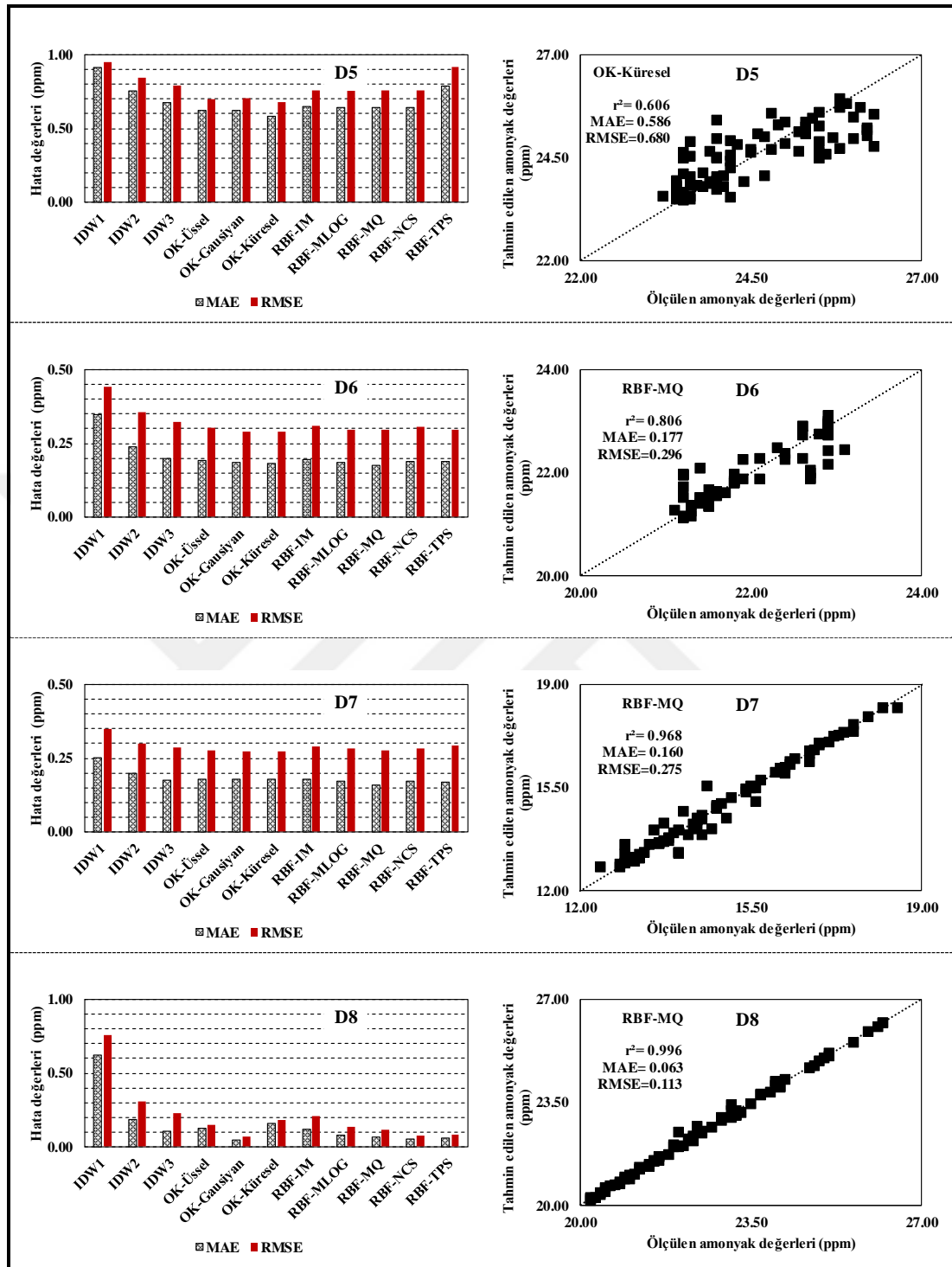
Ek 11. (devam)



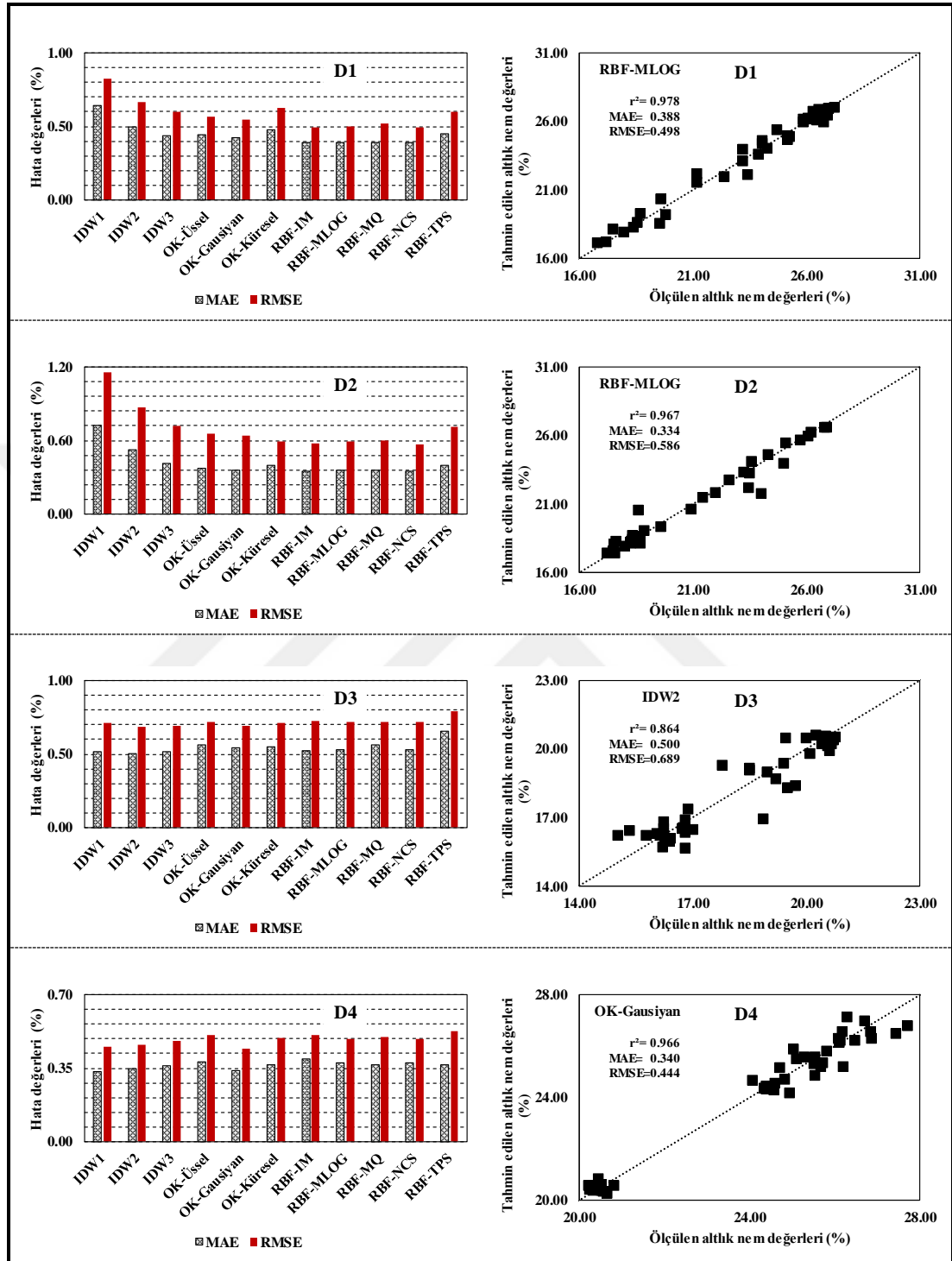
Ek 12. Dönem sonlarında kümes içi amonyak tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



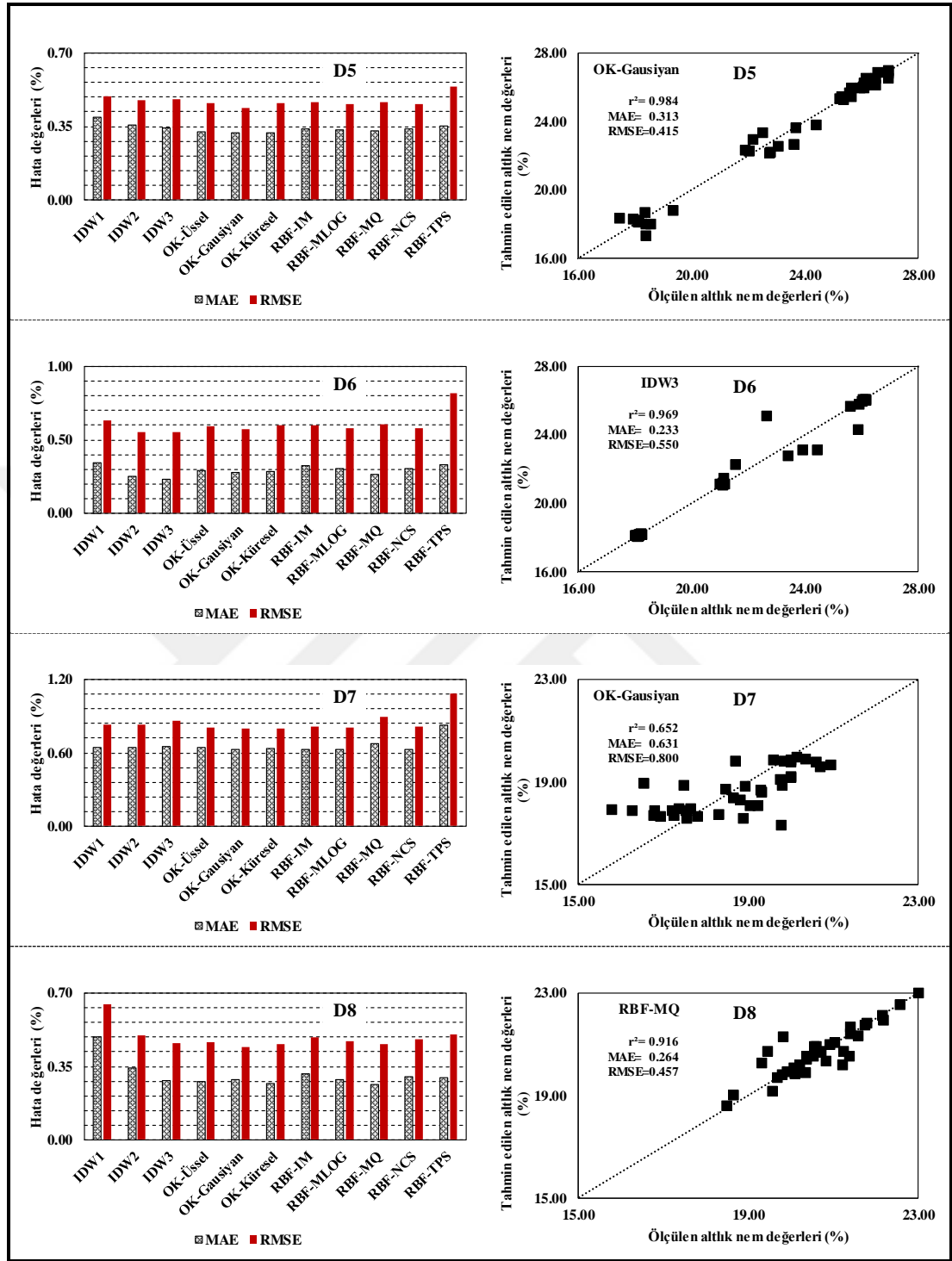
Ek 12. (devam)



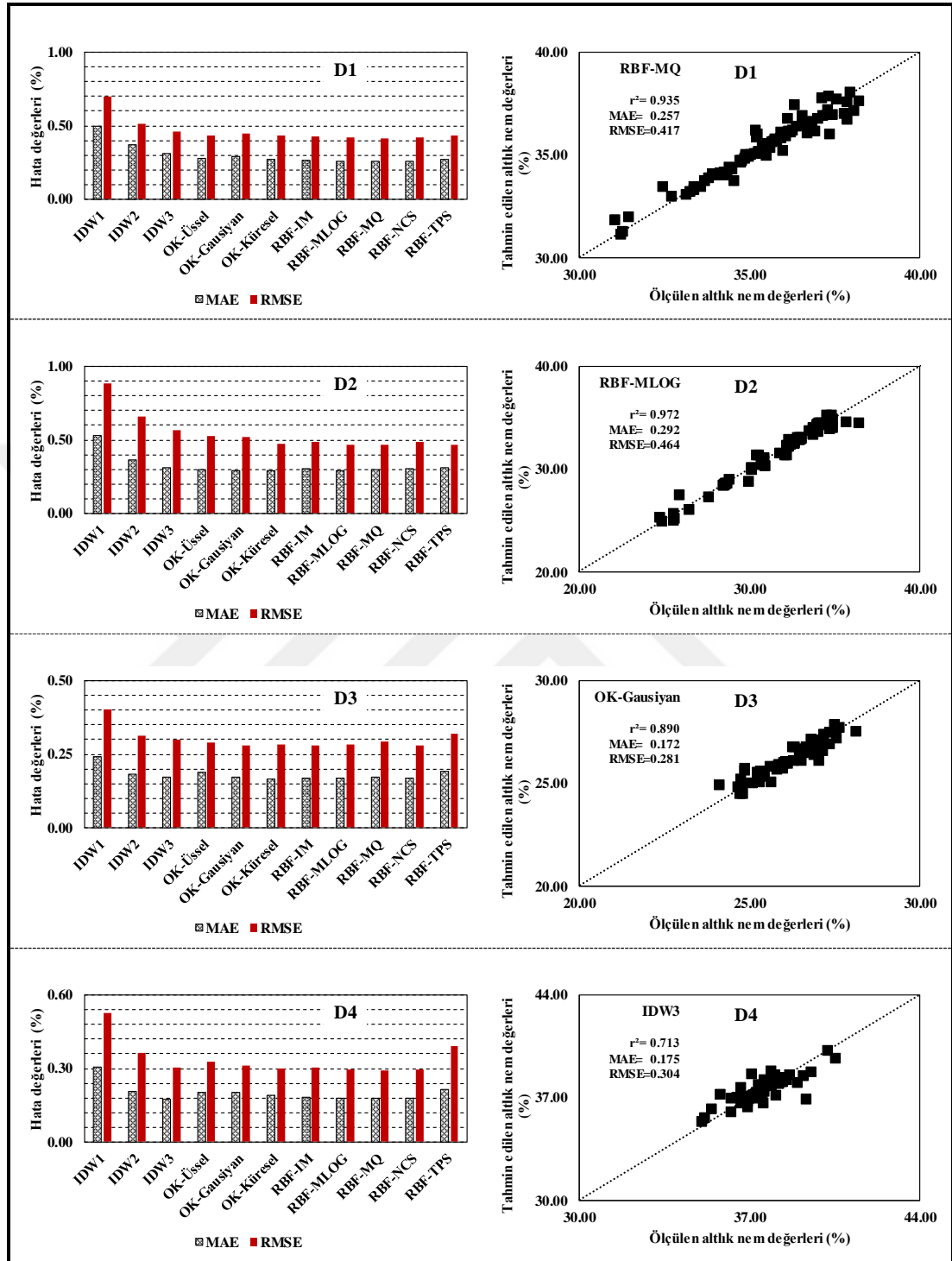
Ek 13. Dönem başlarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



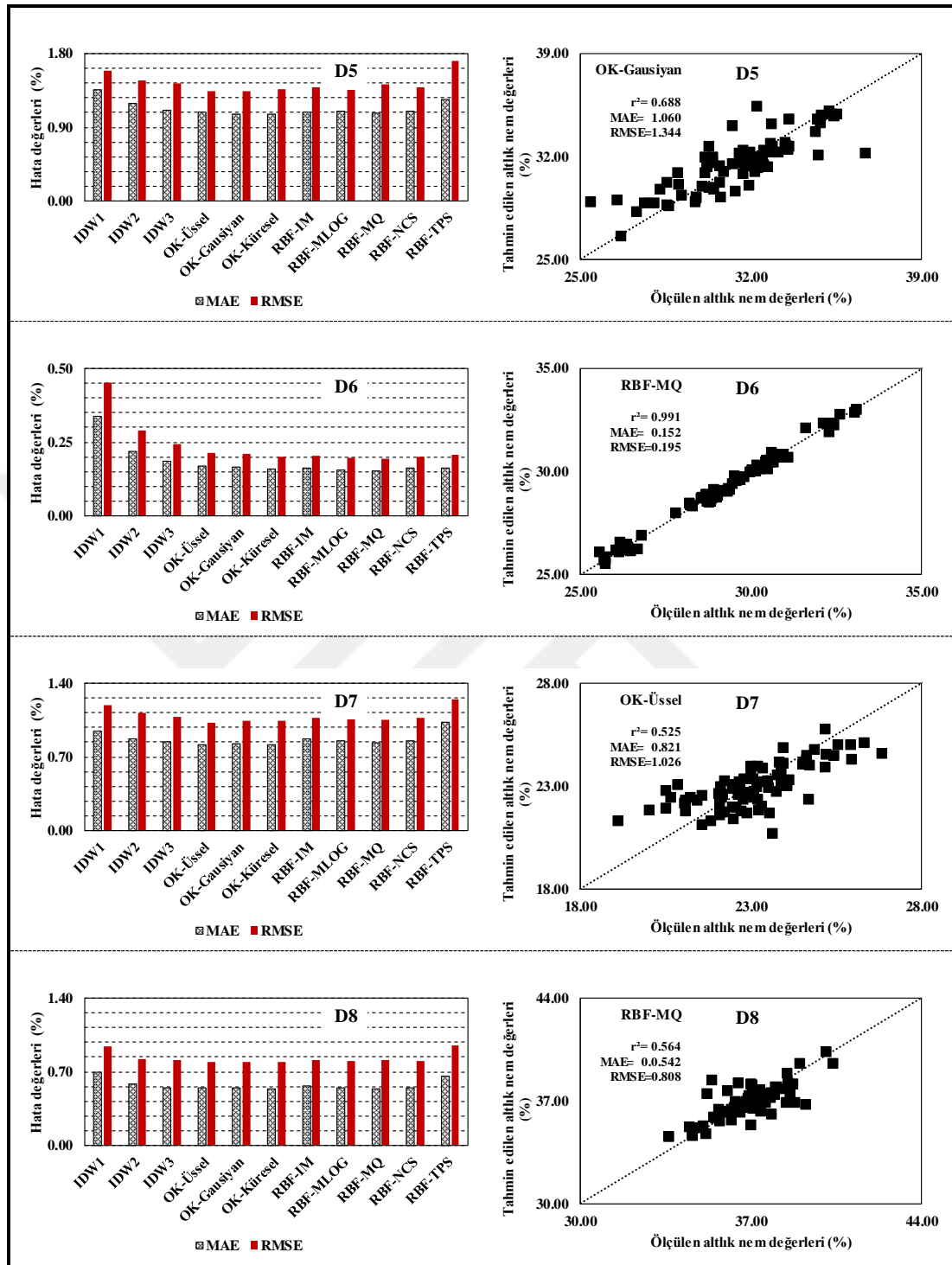
Ek 13. (devam)



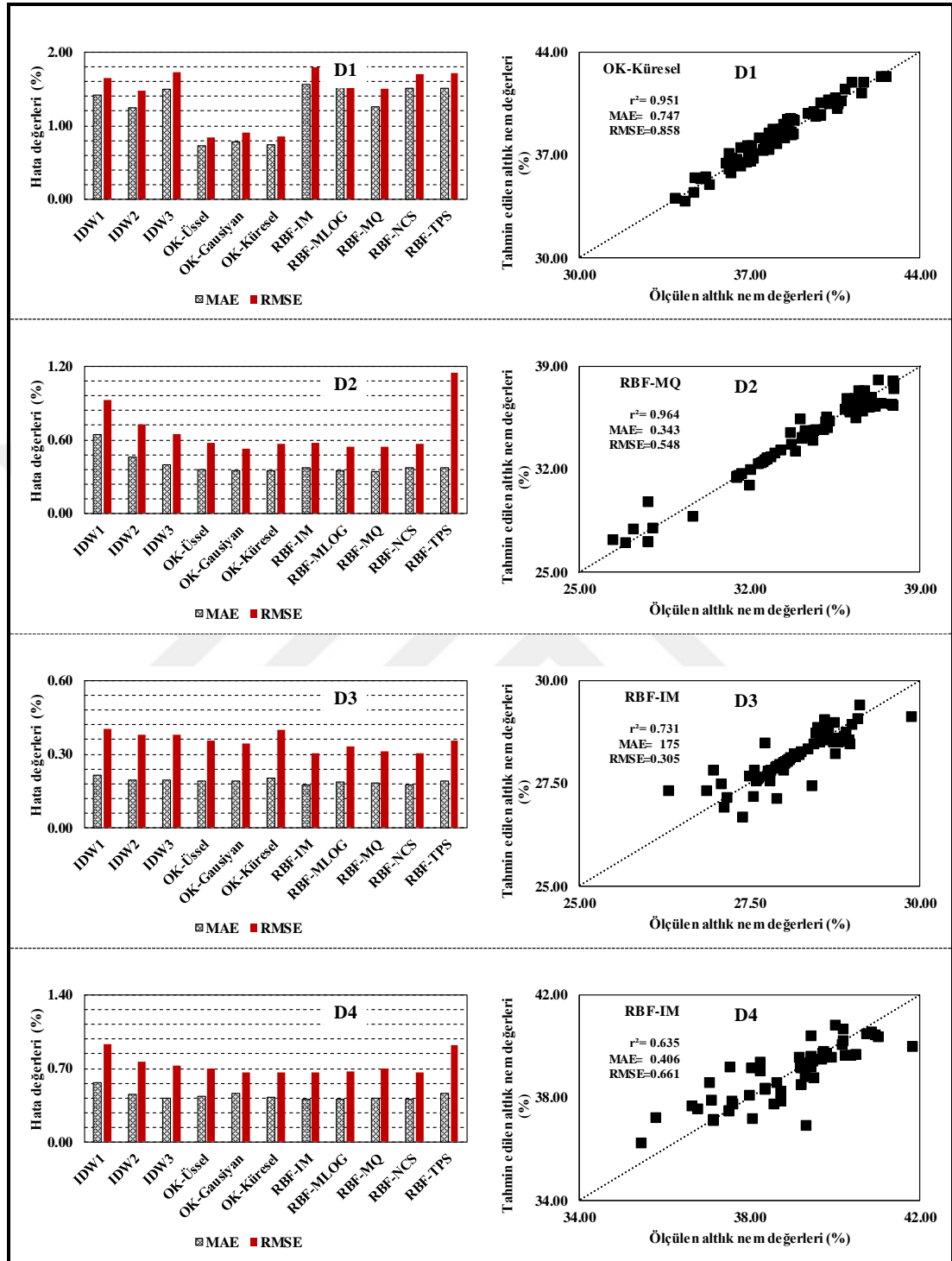
Ek 14. Dönem ortalarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



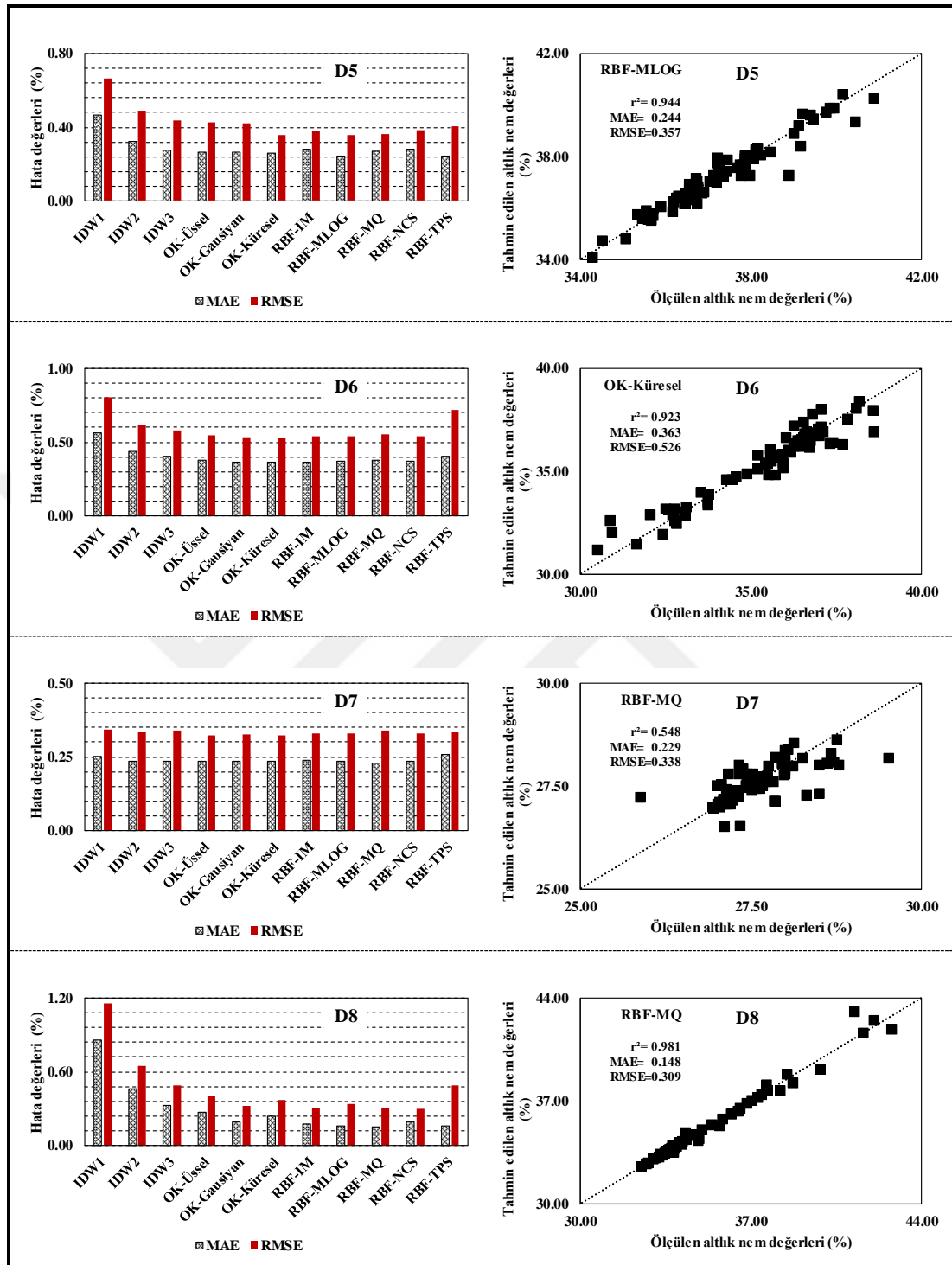
Ek 14. (devam)



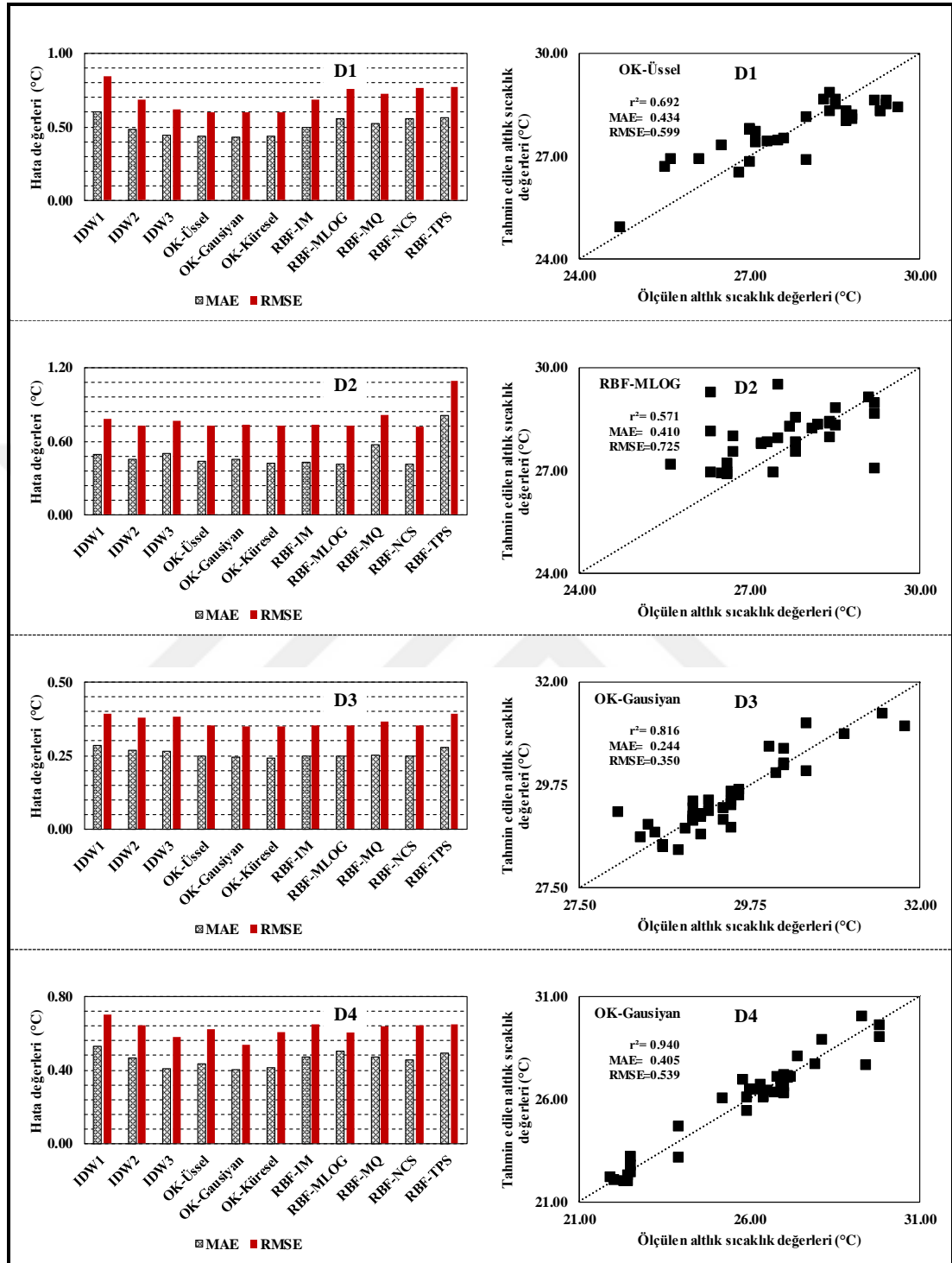
Ek 15. Dönem sonlarında altlık nem içeriğinin tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



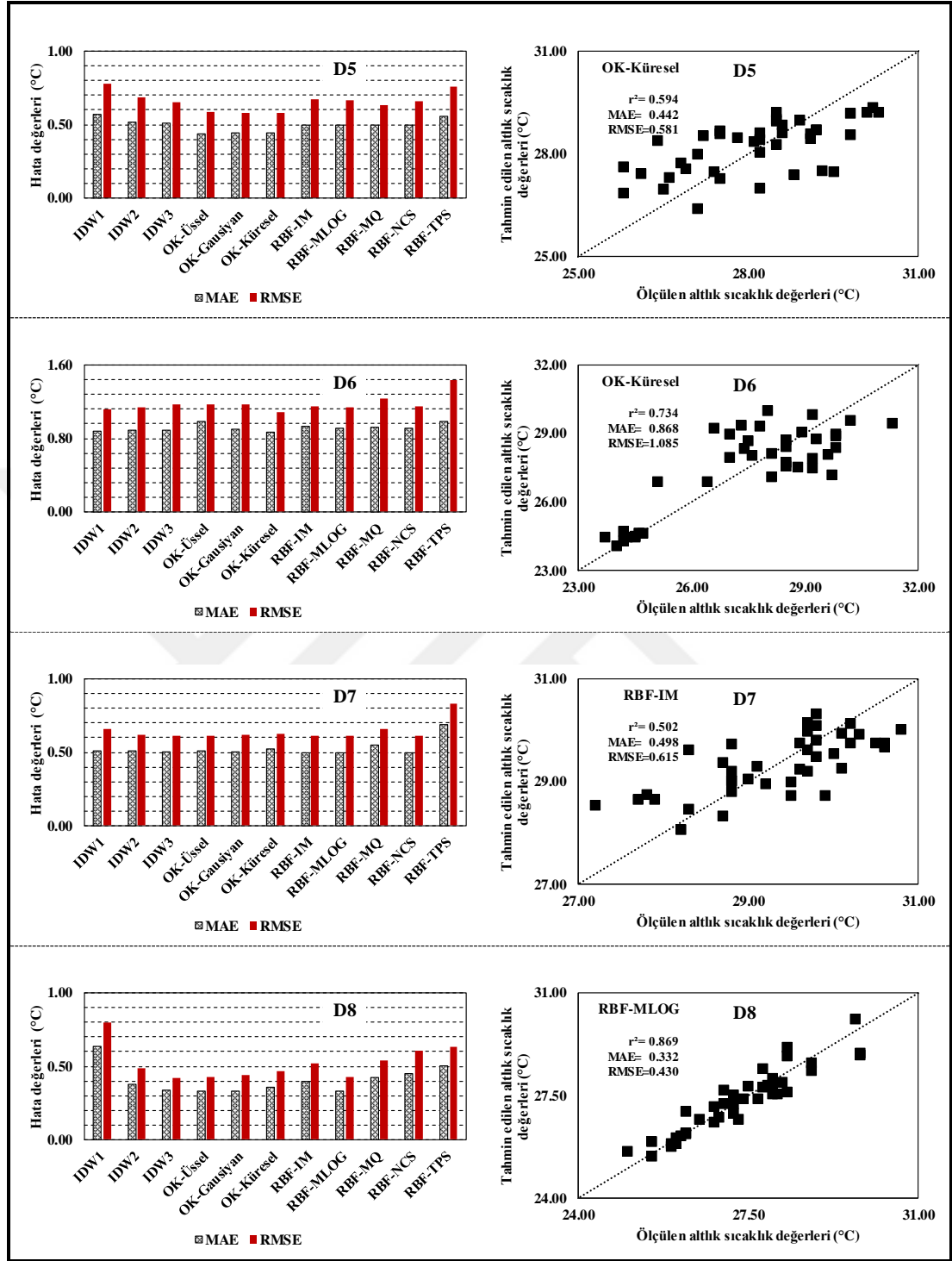
Ek 15. (devam)



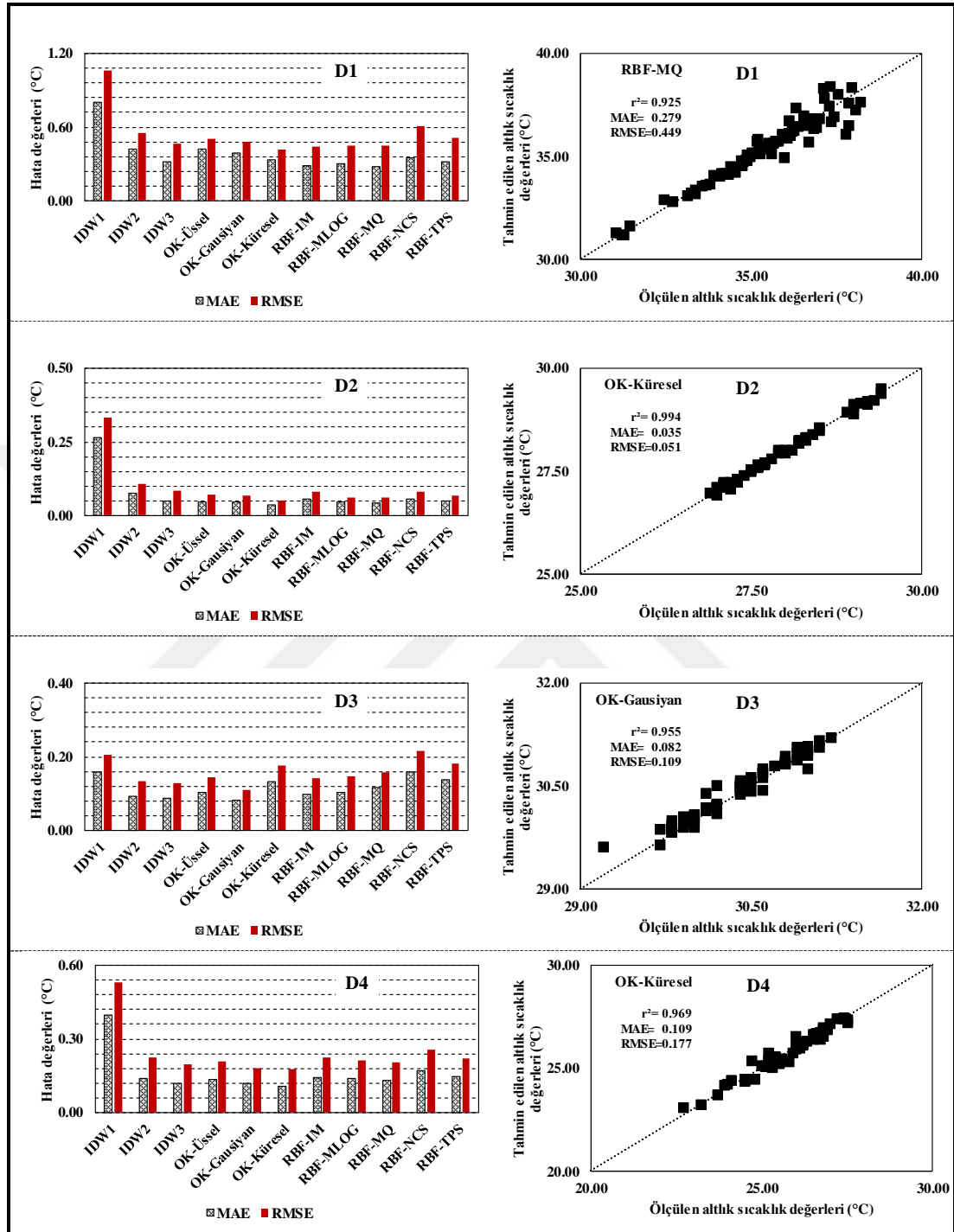
Ek 16. Dönem başlarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



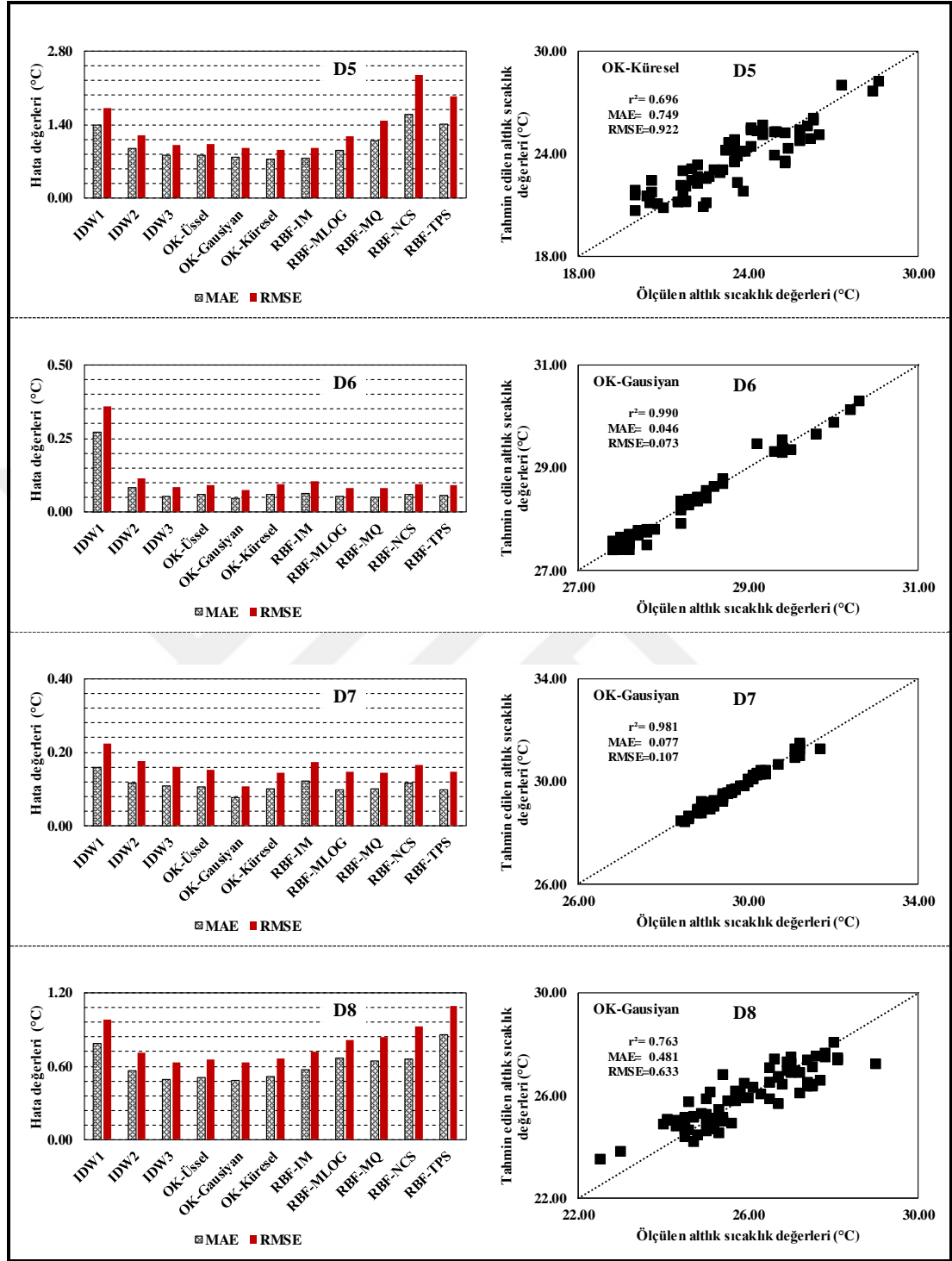
Ek 16. (devam)



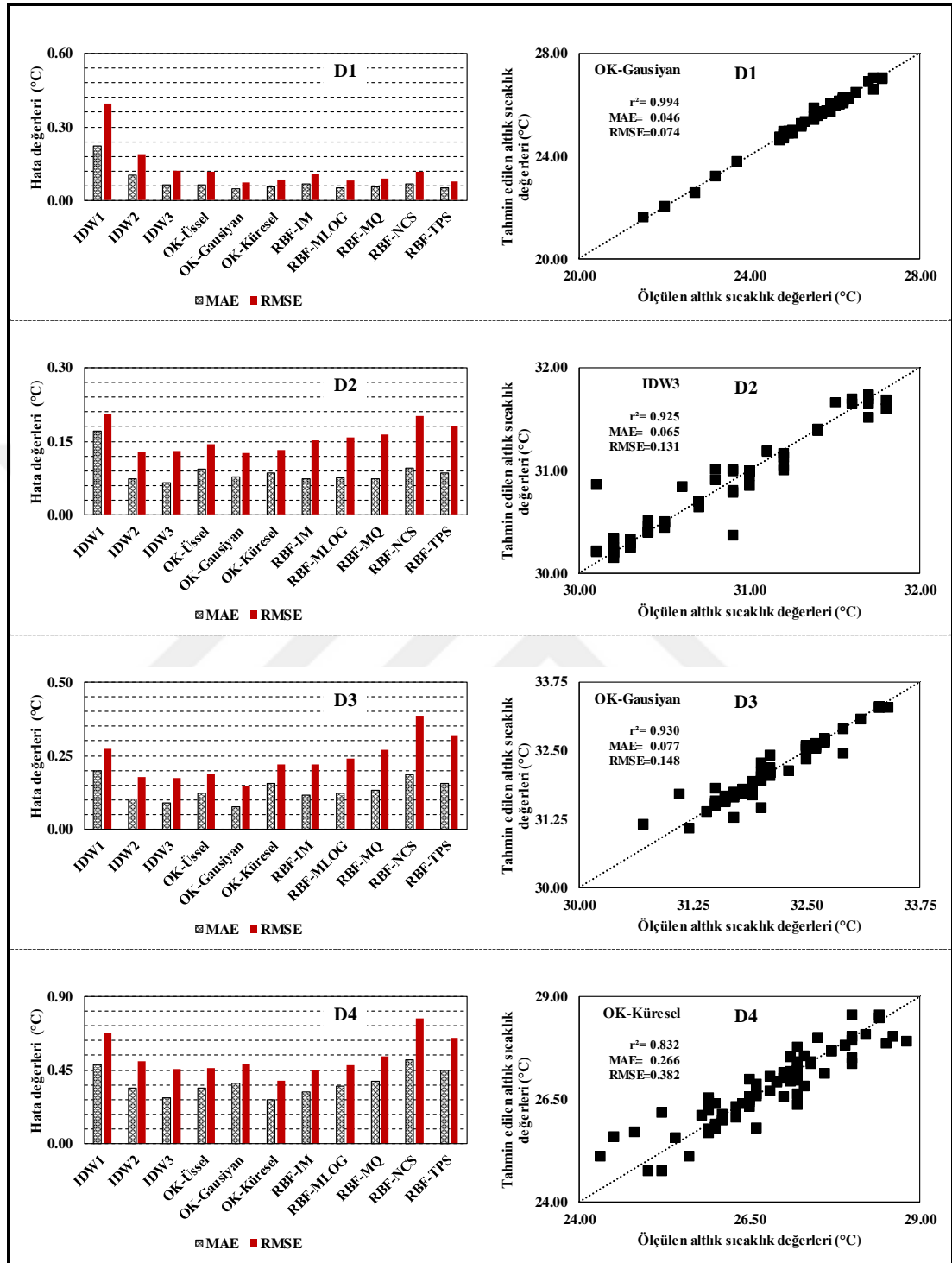
Ek 17. Dönem ortalarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



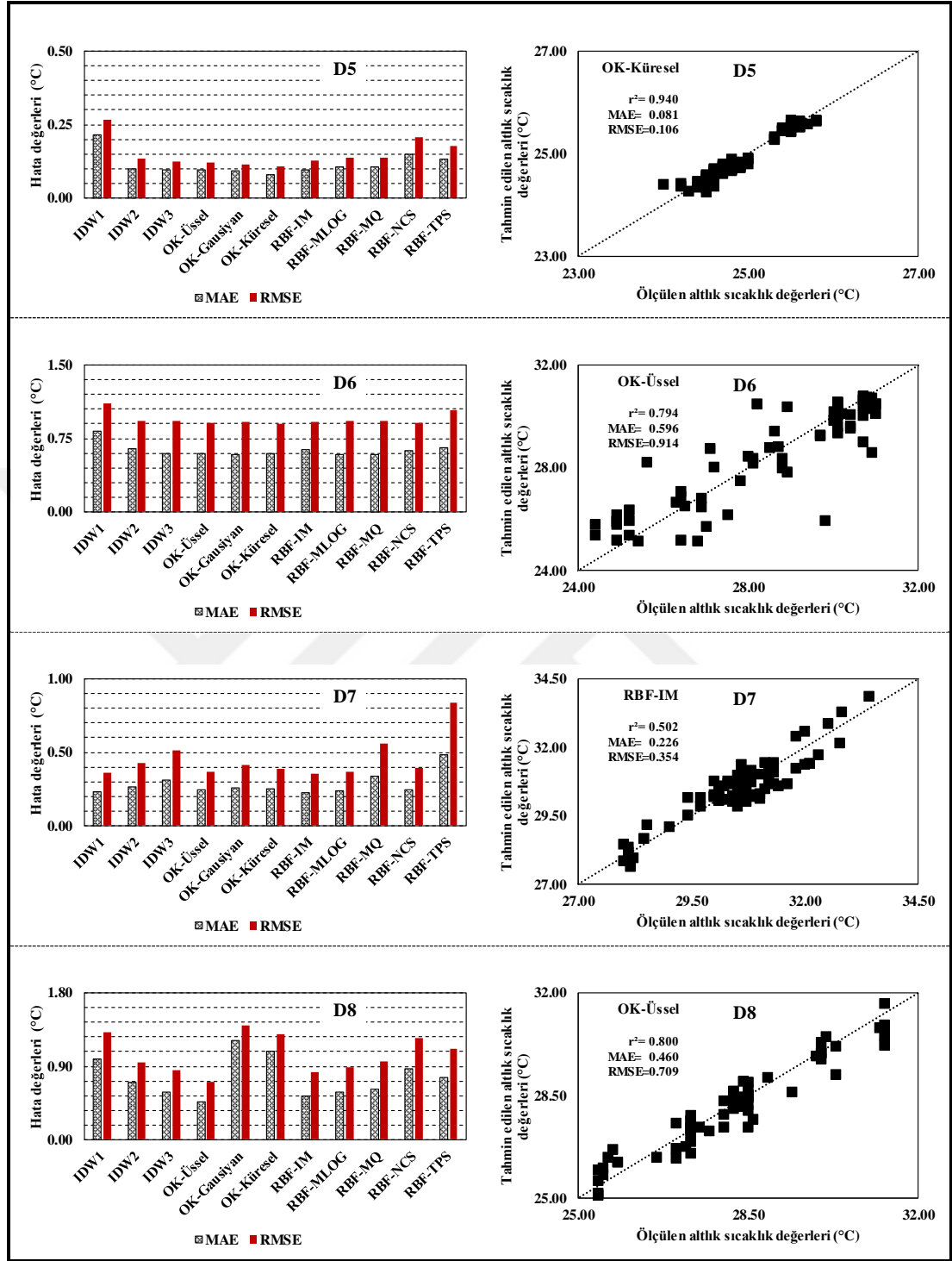
Ek 17. (devam)



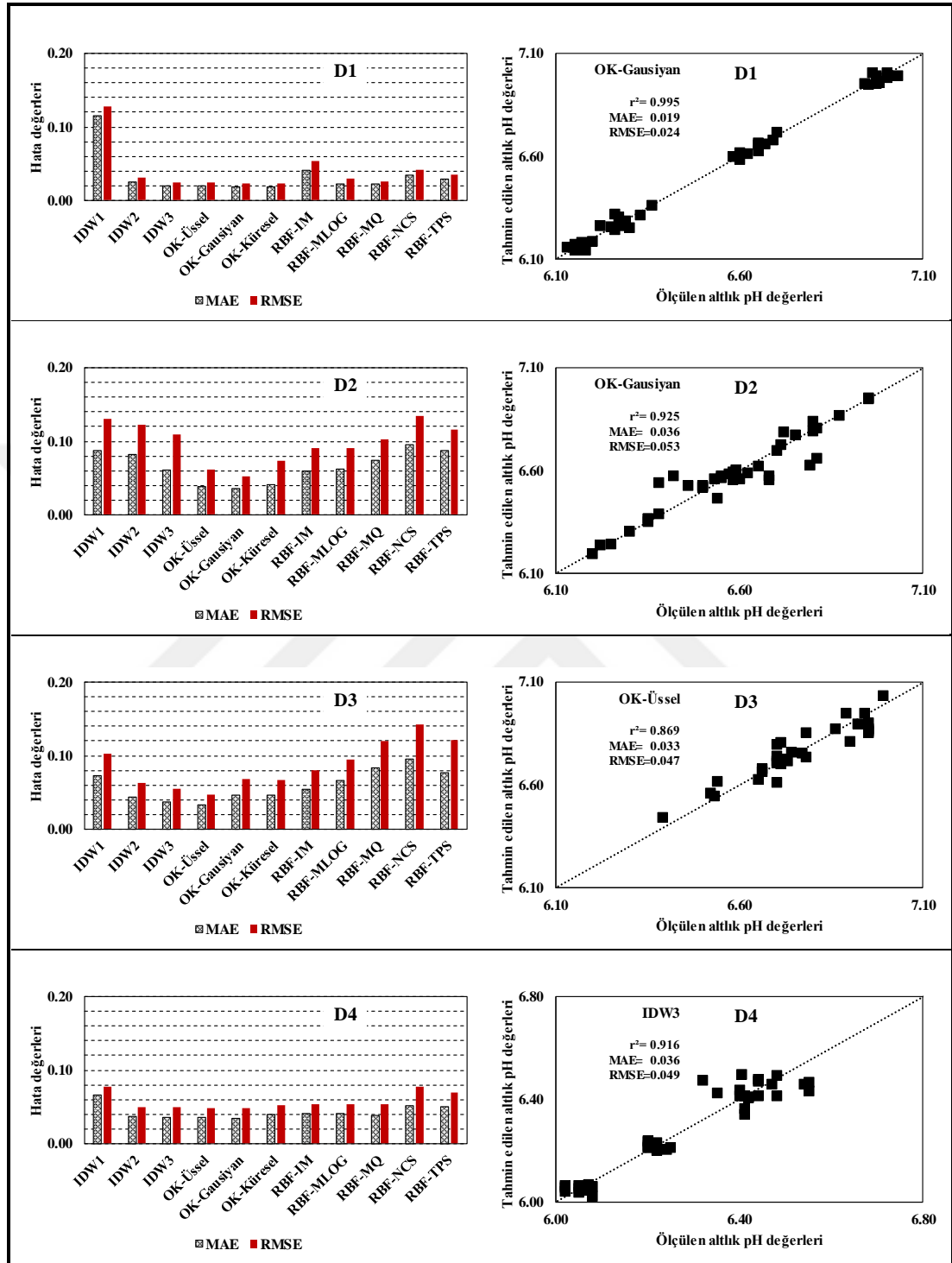
Ek 18. Dönem sonlarında altlık sıcaklık tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



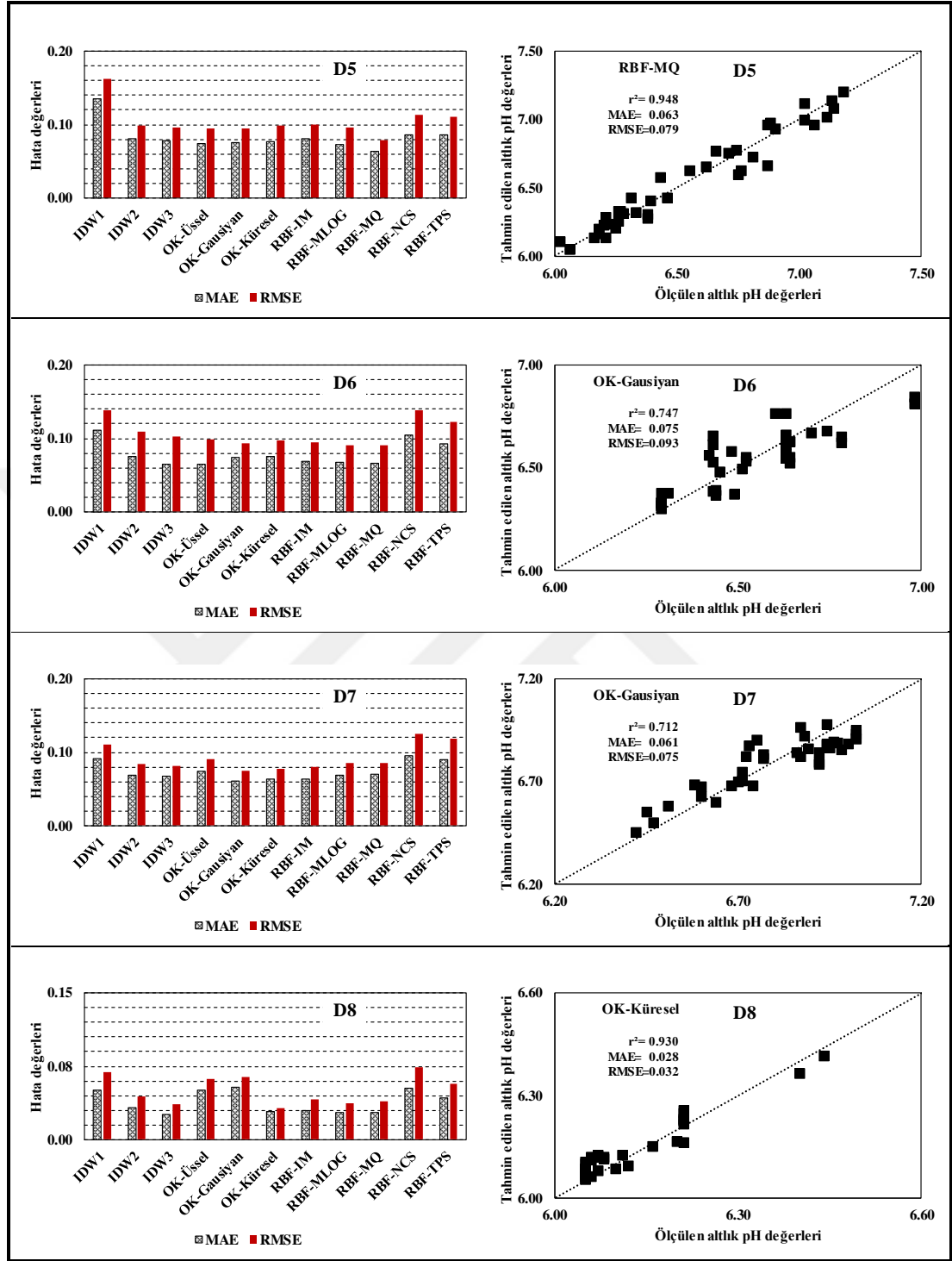
Ek 18. (devam)



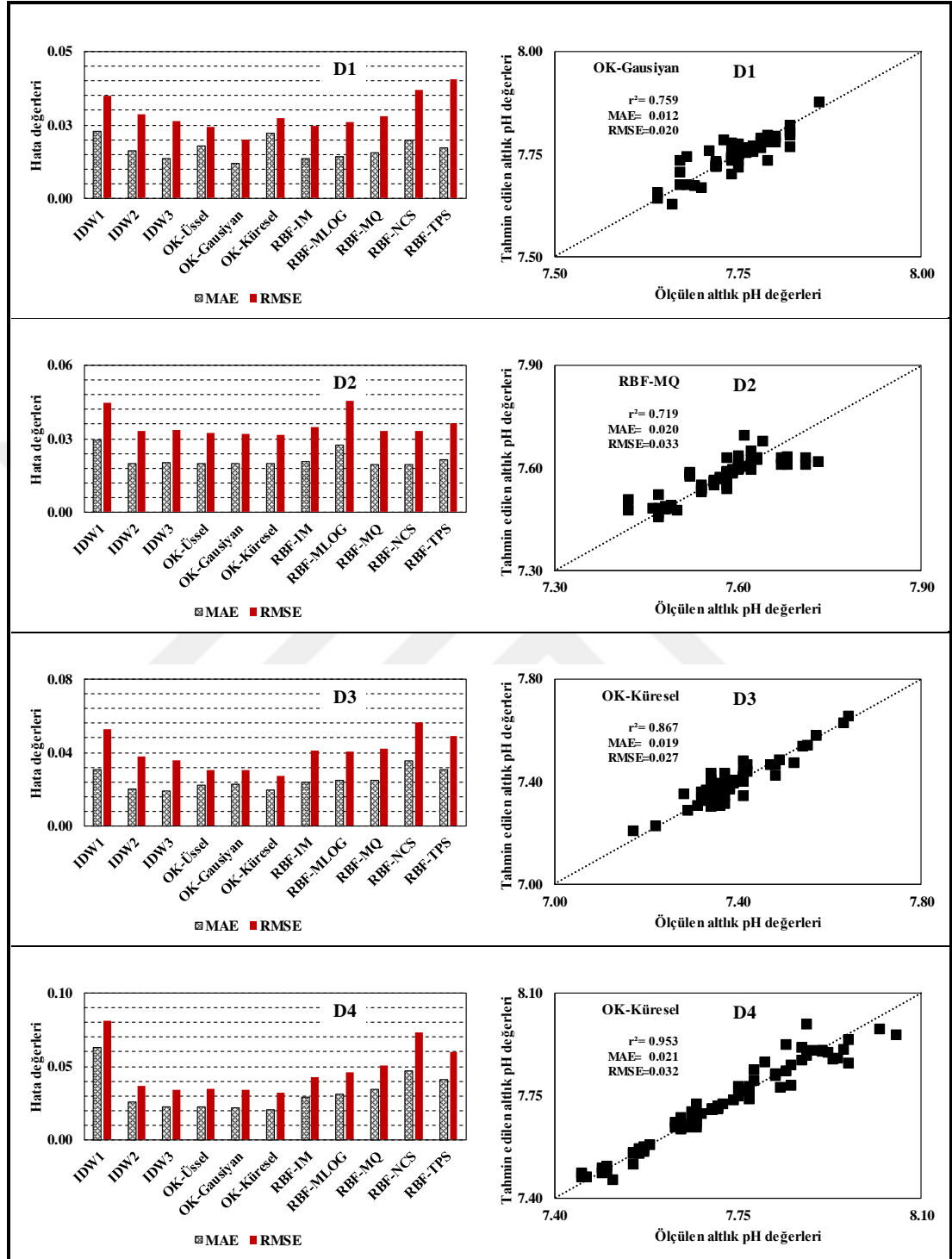
Ek 19. Dönem başlarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



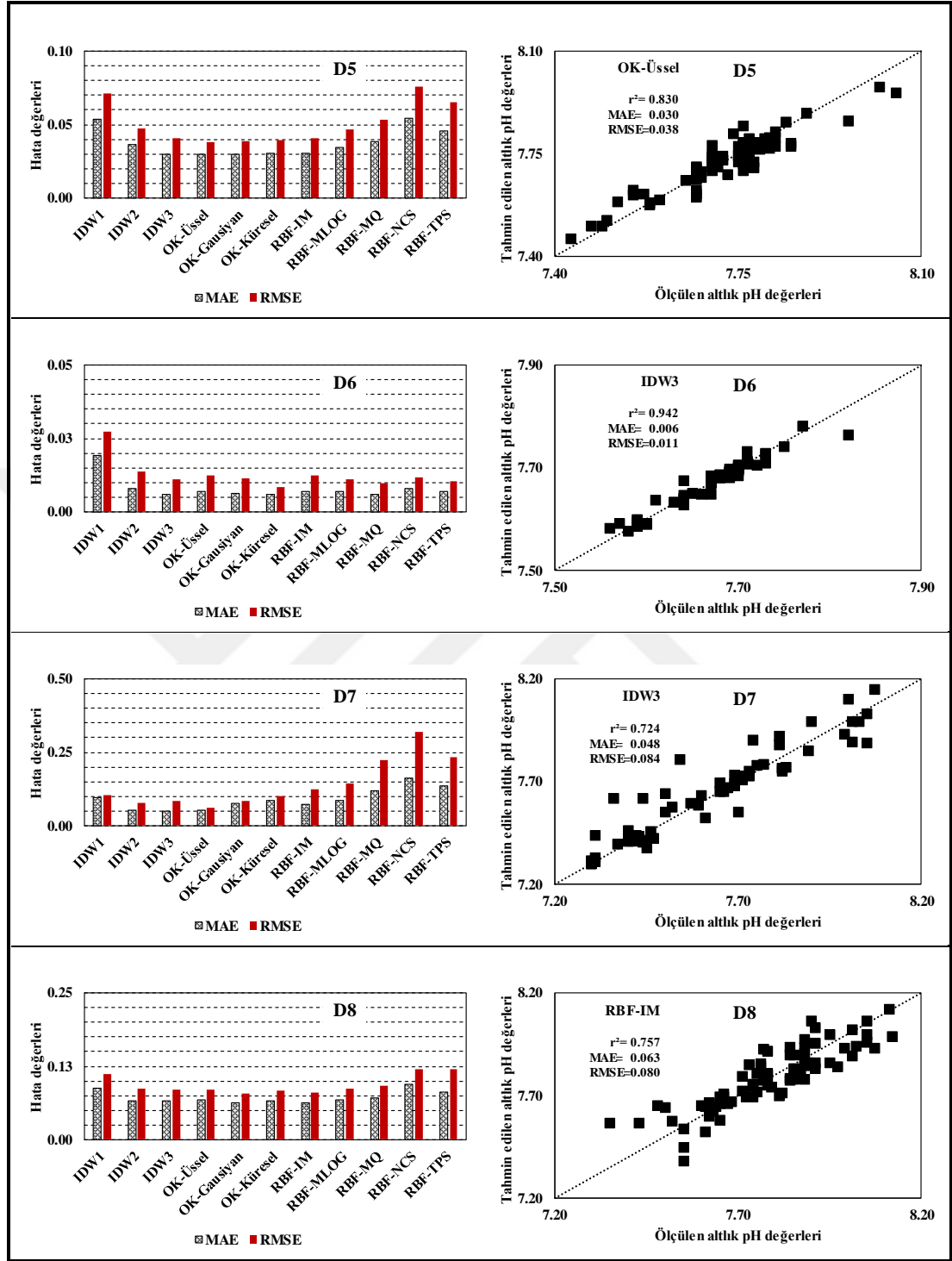
Ek 19. (devam)



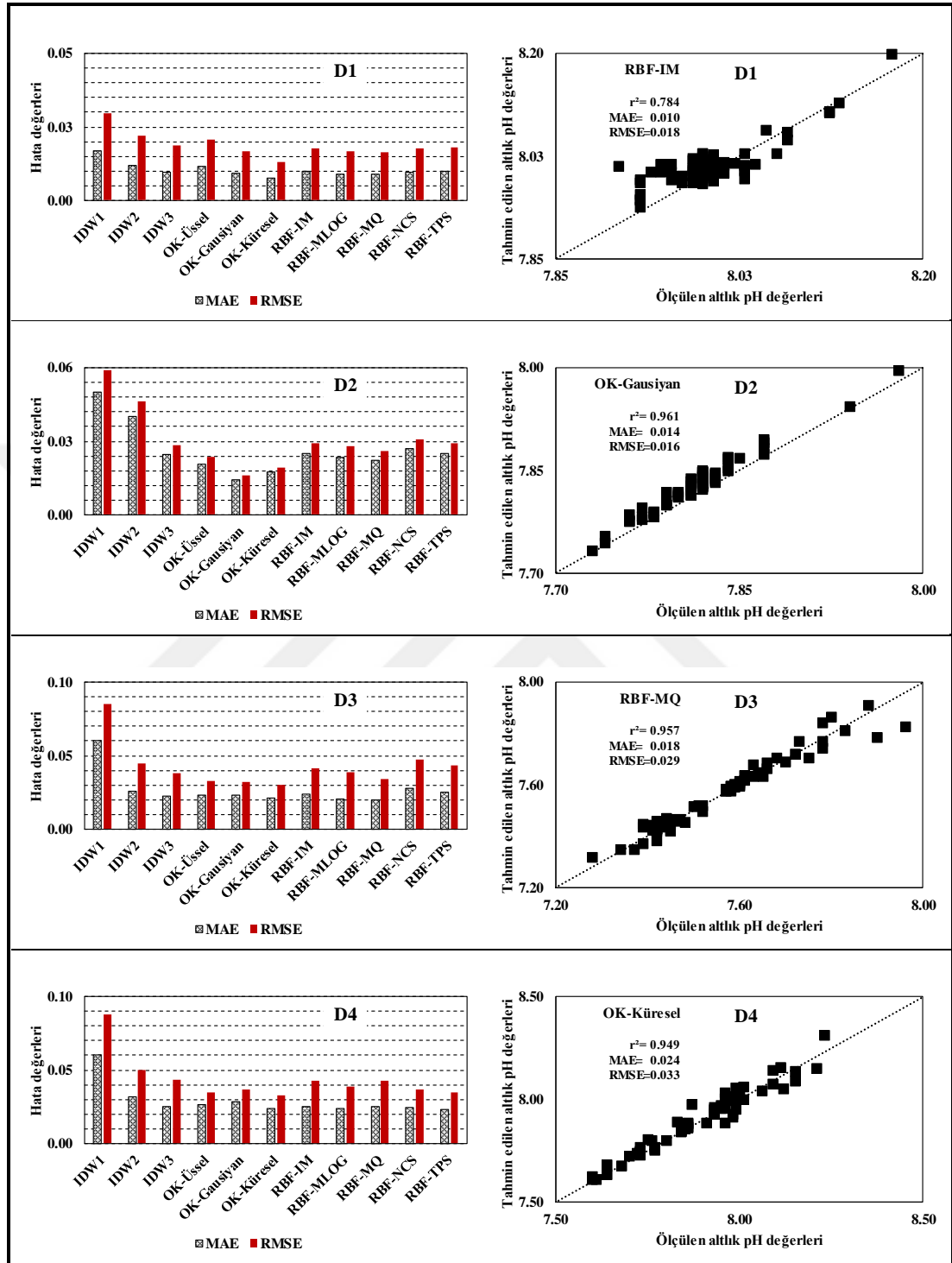
Ek 20. Dönem ortalarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



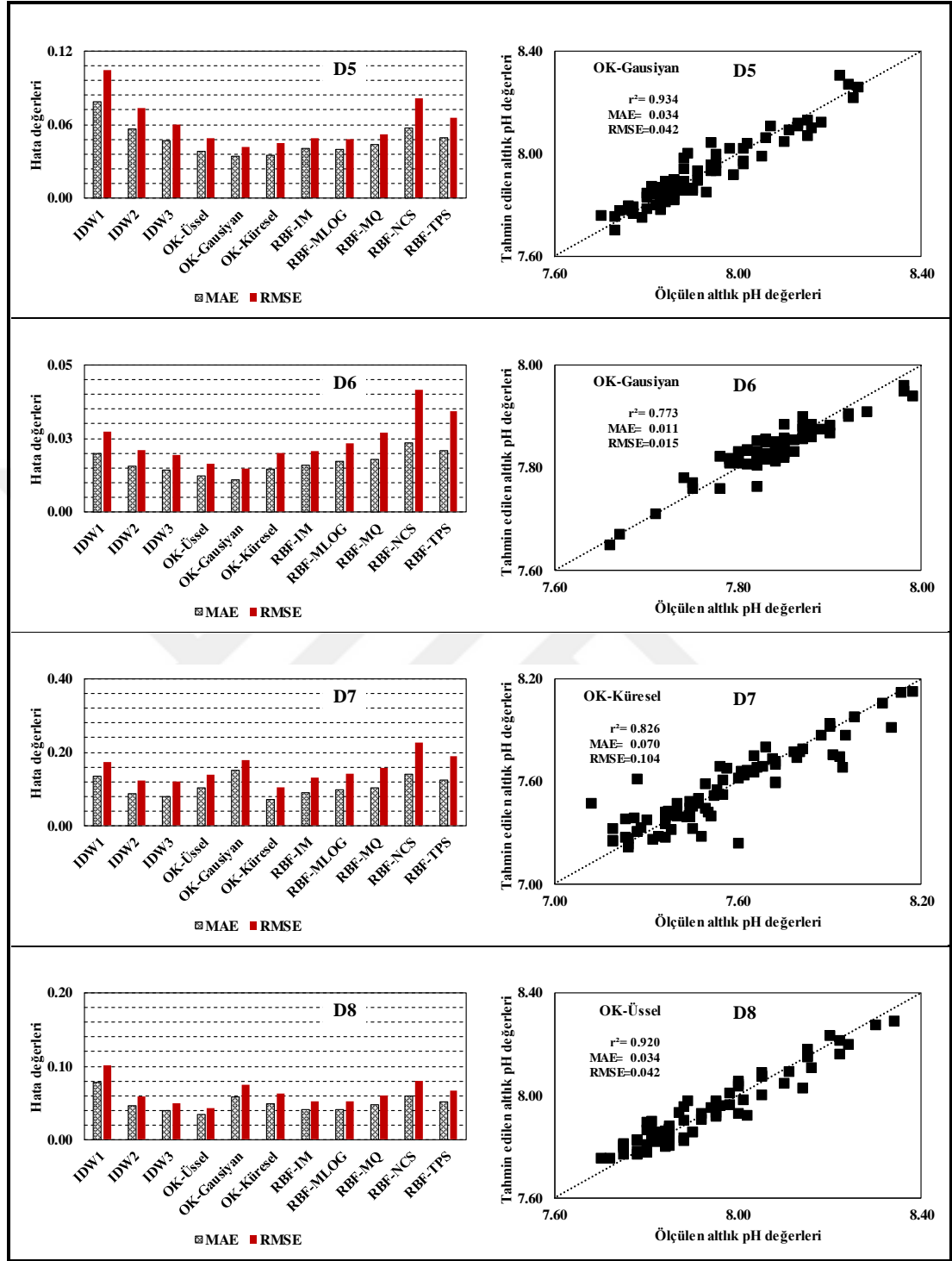
Ek 20. (devam)



Ek 21. Dönem sonlarında altlık pH tahmininde kullanılan modellerin hata değerleri ve en doğru tahmin eden yöntemler



Ek 21. (devam)



Ek 22. Amonyak tahmininde kullanılan ağırlık ve bias değerleri

$$w_1 = \begin{bmatrix} -0.1314 & -0.5414 & -4.4082 \\ -0.6806 & -0.2341 & -5.1833 \\ 0.0362 & 0.1140 & 0.9203 \\ -0.4509 & -0.1200 & -1.4416 \\ -0.1685 & 0.7763 & -0.7877 \\ -0.2194 & 0.5477 & 0.9429 \\ -0.2905 & 0.1075 & -2.1262 \\ 0.2340 & -1.1342 & -6.5004 \\ -0.1354 & -0.1577 & 0.0174 \\ -0.1303 & -0.3358 & -2.7025 \end{bmatrix}$$

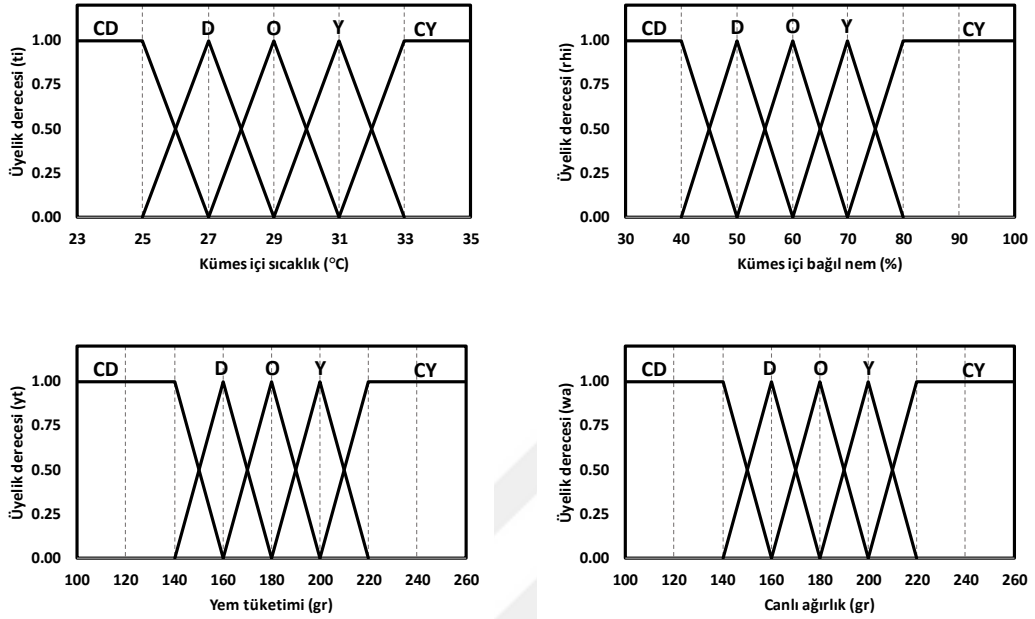
$$w_2 = \begin{bmatrix} 7.0554 \\ -3.6308 \\ -4.1654 \\ 4.4711 \\ 5.6557 \\ 6.3411 \\ -5.0285 \\ 5.4726 \\ -7.1477 \\ -7.6503 \end{bmatrix}^T, b_1 = \begin{bmatrix} 18.1762 \\ 32.5720 \\ -4.9130 \\ 20.0185 \\ -13.7936 \\ -1.4375 \\ 10.8963 \\ 23.3426 \\ 0.0003 \\ 12.5022 \end{bmatrix}, b_2 = [7.1505]$$

Ek 23. Canlı ağırlık tahmininde kullanılan ağırlık ve bias değerleri

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0.0942 & 0.7239 & -0.0652 \\ 0.0044 & 0.3341 & -0.0013 \\ -0.0117 & -0.0114 & 0.0014 \\ 0.1039 & -0.0527 & 0.1895 \\ 0.1561 & -0.5903 & -0.0057 \\ 0.0074 & -0.0016 & -0.0003 \\ 1.8448 & -0.5319 & 1.9240 \end{bmatrix}$$

$$w_2 = \begin{bmatrix} 92.7553 \\ 264.2152 \\ 407.9374 \\ 268.2087 \\ -268.1709 \\ -1674.0559 \\ 219.1058 \end{bmatrix}^T, b_1 = \begin{bmatrix} 0.0172 \\ -0.0231 \\ 0.0334 \\ 0.0701 \\ 0.0000 \\ 0.5598 \\ 0.0728 \end{bmatrix}, b_2 = [268.355]$$

Ek 24. Yetiştirme döneminin 1. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 23 \leq t_i \leq 25; & 1 \\ 25 < t_i < 27; & (27 - t_i) / 2 \\ t_i \geq 27; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{25.00} + \frac{0.90}{25.20} + \dots + \frac{0.50}{26.00} + \dots + \frac{0.10}{26.80} + \frac{0.00}{27.00} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 25 \text{ veya } t_i \geq 29; & 0 \\ 25 < t_i < 27; & (t_i - 25) / 2 \\ 27 < t_i < 29; & (29 - t_i) / 2 \\ t_i = 27; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{25.00} + \frac{0.10}{25.20} + \dots + \frac{1.00}{27.00} + \dots + \frac{0.10}{28.80} + \frac{0.00}{29.00} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 27 \text{ veya } t_i \geq 31; & 0 \\ 27 < t_i < 29; & (t_i - 27) / 2 \\ 29 < t_i < 31; & (31 - t_i) / 2 \\ t_i = 29; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{27.00} + \frac{0.10}{27.20} + \dots + \frac{1.00}{29.00} + \dots + \frac{0.10}{30.80} + \frac{0.00}{31.00} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 29 \text{ veya } ti \geq 33; & 0 \\ 29 < ti < 31; & (ti - 29) / 2 \\ 31 < ti < 33; & (33 - ti) / 2 \\ ti = 31; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{29.00} + \frac{0.10}{29.20} + \dots + \frac{1.00}{31.00} + \dots + \frac{0.10}{32.80} + \frac{0.00}{33.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 31; & 0 \\ 31 < ti < 33; & (ti - 31) / 2 \\ 33 \leq ti \leq 35; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{31.00} + \frac{0.10}{31.20} + \dots + \frac{0.50}{32.00} + \dots + \frac{0.90}{32.80} + \frac{1.00}{33.00} \right\}$$

Kümes içi bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi) / 10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40) / 10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi) / 10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50) / 10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi) / 10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60) / 10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi) / 10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70) / 10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 100 \leq yt \leq 140; & 1 \\ 140 < yt < 160; & (160 - yt) / 20 \\ yt \geq 160; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{140.00} + \frac{0.90}{142.00} + \dots + \frac{0.50}{150.00} + \dots + \frac{0.10}{158.00} + \frac{0.00}{160.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 140 \text{ veya } yt \geq 180; & 0 \\ 140 < yt < 160; & (yt - 140) / 20 \\ 160 < yt < 180; & (180 - yt) / 20 \\ yt = 160; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{140.00} + \frac{0.10}{142.00} + \dots + \frac{1.00}{150.00} + \dots + \frac{0.10}{178.00} + \frac{0.00}{180.00} \right\}$$

$$\mu_o(yt) = \begin{cases} yt \leq 160 \text{ veya } yt \geq 200; & 0 \\ 160 < yt < 180; & (yt - 160) / 20 \\ 180 < yt < 200; & (200 - yt) / 20 \\ yt = 180; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_o(yt) = \left\{ \frac{0.00}{160.00} + \frac{0.10}{162.00} + \dots + \frac{1.00}{170.00} + \dots + \frac{0.10}{198.00} + \frac{0.00}{200.00} \right\}$$

$$\mu_y(yt) = \begin{cases} yt \leq 180 \text{ veya } yt \geq 220; & 0 \\ 180 < yt < 200; & (yt - 180) / 20 \\ 200 < yt < 220; & (220 - yt) / 20 \\ yt = 200; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{180.00} + \frac{0.10}{182.00} + \dots + \frac{1.00}{190.00} + \dots + \frac{0.10}{218.00} + \frac{0.00}{220.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 200; & 0 \\ 200 < yt < 220; & (yt - 200) / 20 \\ 220 \leq yt \leq 260; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{200.00} + \frac{0.10}{202.00} + \dots + \frac{0.50}{210.00} + \dots + \frac{0.90}{218.00} + \frac{1.00}{220.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 100 \leq wa \leq 140; & 1 \\ 140 < wa < 160; & (160 - wa) / 20 \\ wa \geq 160; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{140.00} + \frac{0.90}{142.00} + \dots + \frac{0.50}{150.00} + \dots + \frac{0.10}{158.00} + \frac{0.00}{160.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 140 \text{ veya } wa \geq 180; & 0 \\ 140 < wa < 160; & (wa - 140) / 20 \\ 160 < wa < 180; & (180 - wa) / 20 \\ wa = 160; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{140.00} + \frac{0.10}{142.00} + \dots + \frac{1.00}{150.00} + \dots + \frac{0.10}{178.00} + \frac{0.00}{180.00} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 160 \text{ veya } wa \geq 200; & 0 \\ 160 < wa < 180; & (wa - 160) / 20 \\ 180 < wa < 200; & (200 - wa) / 20 \\ wa = 180; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{160.00} + \frac{0.10}{162.00} + \dots + \frac{1.00}{170.00} + \dots + \frac{0.10}{198.00} + \frac{0.00}{200.00} \right\}$$

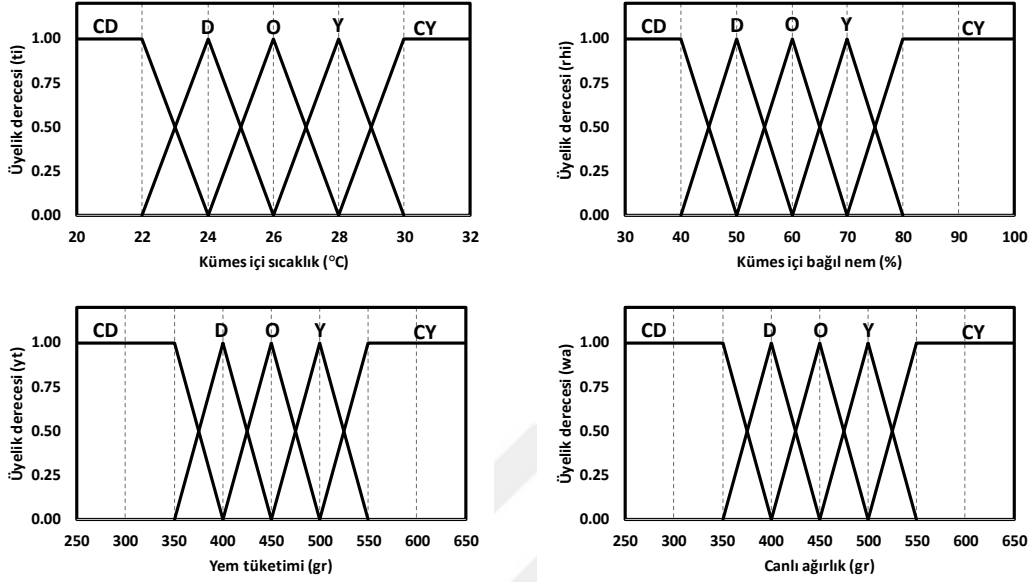
$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 180 \text{ veya } wa \geq 220; & 0 \\ 180 < wa < 200; & (wa - 180) / 20 \\ 200 < wa < 220; & (220 - wa) / 20 \\ wa = 200; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{180.00} + \frac{0.10}{182.00} + \dots + \frac{1.00}{190.00} + \dots + \frac{0.10}{218.00} + \frac{0.00}{220.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 200; & 0 \\ 200 < wa < 220; & (wa - 200) / 20 \\ 220 \leq wa \leq 260; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{200.00} + \frac{0.10}{202.00} + \dots + \frac{0.50}{210.00} + \dots + \frac{0.90}{218.00} + \frac{1.00}{220.00} \right\}$$

Ek 25. Yetiştirme döneminin 2. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 20 \leq t_i \leq 22; & 1 \\ 22 < t_i < 24; & (24 - t_i) / 2 \\ t_i \geq 24; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{22.00} + \frac{0.90}{22.20} + \dots + \frac{0.50}{23.00} + \dots + \frac{0.10}{23.80} + \frac{0.00}{24.00} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 22 \text{ veya } t_i \geq 26; & 0 \\ 22 < t_i < 24; & (t_i - 22) / 2 \\ 24 < t_i < 26; & (26 - t_i) / 2 \\ t_i = 24; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{22.00} + \frac{0.10}{22.20} + \dots + \frac{1.00}{24.00} + \dots + \frac{0.10}{26.80} + \frac{0.00}{26.00} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 24 \text{ veya } t_i \geq 28; & 0 \\ 24 < t_i < 26; & (t_i - 24) / 2 \\ 26 < t_i < 28; & (28 - t_i) / 2 \\ t_i = 26; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{24.00} + \frac{0.10}{24.20} + \dots + \frac{1.00}{26.00} + \dots + \frac{0.10}{27.80} + \frac{0.00}{28.00} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 26 \text{ veya } ti \geq 30; & 0 \\ 26 < ti < 28; & (ti - 26) / 2 \\ 28 < ti < 30; & (30 - ti) / 2 \\ ti = 28; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{26.00} + \frac{0.10}{26.20} + \dots + \frac{1.00}{28.00} + \dots + \frac{0.10}{29.80} + \frac{0.00}{30.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 28; & 0 \\ 28 < ti < 30; & (ti - 28) / 2 \\ 30 \leq ti \leq 32; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{28.00} + \frac{0.10}{28.20} + \dots + \frac{0.50}{29.00} + \dots + \frac{0.90}{29.80} + \frac{1.00}{30.00} \right\}$$

Kümes içi bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi) / 10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40) / 10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi) / 10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50) / 10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi) / 10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60) / 10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi) / 10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70) / 10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 250 \leq yt \leq 350; & 1 \\ 350 < yt < 400; & (400 - yt) / 50 \\ yt \geq 400; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{350.00} + \frac{0.90}{355.00} + \dots + \frac{0.50}{375.00} + \dots + \frac{0.10}{395.00} + \frac{0.00}{400.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 350 \text{ veya } yt \geq 450; & 0 \\ 350 < yt < 400; & (yt - 350) / 50 \\ 400 < yt < 450; & (450 - yt) / 50 \\ yt = 400; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{350.00} + \frac{0.10}{355.00} + \dots + \frac{1.00}{400.00} + \dots + \frac{0.10}{445.00} + \frac{0.00}{450.00} \right\}$$

$$\mu_o(yt) = \begin{cases} yt \leq 400 \text{ veya } yt \geq 500; & 0 \\ 400 < yt < 450; & (yt - 400) / 50 \\ 450 < yt < 500; & (500 - yt) / 50 \\ yt = 450; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_o(yt) = \left\{ \frac{0.00}{400.00} + \frac{0.10}{405.00} + \dots + \frac{1.00}{450.00} + \dots + \frac{0.10}{495.00} + \frac{0.00}{500.00} \right\}$$

$$\mu_y(yt) = \begin{cases} yt \leq 450 \text{ veya } yt \geq 550; & 0 \\ 450 < yt < 500; & (yt - 450) / 50 \\ 500 < yt < 550; & (550 - yt) / 50 \\ yt = 500; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{450.00} + \frac{0.10}{455.00} + \dots + \frac{1.00}{500.00} + \dots + \frac{0.10}{545.00} + \frac{0.00}{550.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 500; & 0 \\ 500 < yt < 550; & (yt - 500) / 50 \\ 550 \leq yt \leq 600; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{500.00} + \frac{0.10}{505.00} + \dots + \frac{0.50}{525.00} + \dots + \frac{0.90}{545.00} + \frac{1.00}{550.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 250 \leq wa \leq 350; & 1 \\ 350 < wa < 400; & (400 - wa) / 50 \\ wa \geq 400; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{350.00} + \frac{0.90}{355.00} + \dots + \frac{0.50}{375.00} + \dots + \frac{0.10}{395.00} + \frac{0.00}{400.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 350 \text{ veya } wa \geq 450; & 0 \\ 350 < wa < 400; & (wa - 350) / 50 \\ 400 < wa < 450; & (450 - wa) / 50 \\ wa = 400; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{350.00} + \frac{0.10}{355.00} + \dots + \frac{1.00}{400.00} + \dots + \frac{0.10}{445.00} + \frac{0.00}{450.00} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 400 \text{ veya } wa \geq 500; & 0 \\ 400 < wa < 450; & (wa - 400) / 50 \\ 450 < wa < 500; & (500 - wa) / 50 \\ wa = 450; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{400.00} + \frac{0.10}{405.00} + \dots + \frac{1.00}{450.00} + \dots + \frac{0.10}{495.00} + \frac{0.00}{500.00} \right\}$$

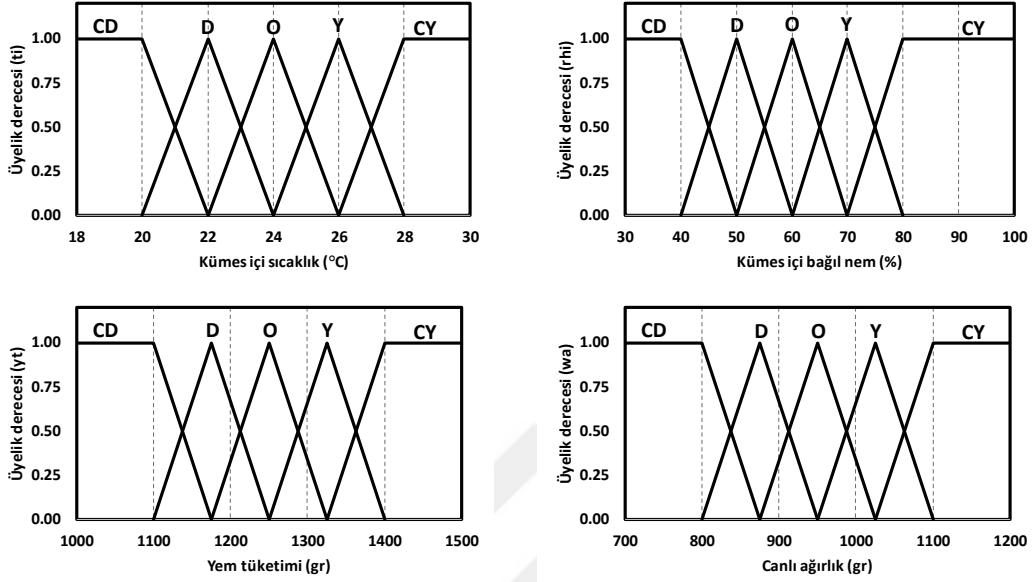
$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 450 \text{ veya } wa \geq 550; & 0 \\ 450 < wa < 500; & (wa - 450) / 50 \\ 500 < wa < 550; & (550 - wa) / 50 \\ wa = 500; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{450.00} + \frac{0.10}{455.00} + \dots + \frac{1.00}{500.00} + \dots + \frac{0.10}{545.00} + \frac{0.00}{550.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 500; & 0 \\ 500 < wa < 550; & (wa - 500) / 50 \\ 550 \leq wa \leq 600; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{500.00} + \frac{0.10}{505.00} + \dots + \frac{0.50}{525.00} + \dots + \frac{0.90}{545.00} + \frac{1.00}{550.00} \right\}$$

Ek 26. Yetiştirme döneminin 3. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 18 \leq t_i \leq 20; & 1 \\ 20 < t_i < 22; & (22 - t_i) / 2 \\ t_i \geq 22; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{20.00} + \frac{0.90}{20.20} + \dots + \frac{0.50}{21.00} + \dots + \frac{0.10}{21.80} + \frac{0.00}{22.00} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 20 \text{ veya } t_i \geq 24; & 0 \\ 20 < t_i < 22; & (t_i - 20) / 2 \\ 22 < t_i < 24; & (24 - t_i) / 2 \\ t_i = 22; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{20.00} + \frac{0.10}{20.20} + \dots + \frac{1.00}{22.00} + \dots + \frac{0.10}{23.80} + \frac{0.00}{24.00} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 22 \text{ veya } t_i \geq 26; & 0 \\ 22 < t_i < 24; & (t_i - 22) / 2 \\ 24 < t_i < 26; & (26 - t_i) / 2 \\ t_i = 24; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{22.00} + \frac{0.10}{22.20} + \dots + \frac{1.00}{24.00} + \dots + \frac{0.10}{25.80} + \frac{0.00}{26.00} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 24 \text{ veya } ti \geq 28; & 0 \\ 24 < ti < 26; & (ti - 24) / 2 \\ 26 < ti < 28; & (28 - ti) / 2 \\ ti = 26; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{24.00} + \frac{0.10}{24.20} + \dots + \frac{1.00}{26.00} + \dots + \frac{0.10}{27.80} + \frac{0.00}{28.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 26; & 0 \\ 26 < ti < 28; & (ti - 26) / 2 \\ 28 \leq ti \leq 30; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{26.00} + \frac{0.10}{26.20} + \dots + \frac{0.50}{27.00} + \dots + \frac{0.90}{27.80} + \frac{1.00}{28.00} \right\}$$

Kümes için bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi) / 10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40) / 10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi) / 10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50) / 10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi) / 10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60) / 10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi) / 10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70) / 10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 1000 \leq yt \leq 1100; & 1 \\ 1100 < yt < 1175; & (1175 - yt) / 75 \\ yt \geq 1175; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{1100.00} + \frac{0.90}{1107.50} + \dots + \frac{0.50}{1137.50} + \dots + \frac{0.10}{1167.50} + \frac{0.00}{1175.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 1100 \text{ veya } yt \geq 1250; & 0 \\ 1100 < yt < 1175; & (yt - 1100) / 75 \\ 1175 < yt < 1250; & (1250 - yt) / 75 \\ yt = 1175; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{1100.00} + \frac{0.10}{1107.50} + \dots + \frac{1.00}{1175.00} + \dots + \frac{0.10}{1242.50} + \frac{0.00}{1250.00} \right\}$$

$$\mu_o(yt) = \begin{cases} yt \leq 1175 \text{ veya } yt \geq 1325; & 0 \\ 1175 < yt < 1250; & (yt - 1175) / 75 \\ 1250 < yt < 1325; & (1325 - yt) / 75 \\ yt = 1250; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_o(yt) = \left\{ \frac{0.00}{1175.00} + \frac{0.10}{1182.50} + \dots + \frac{1.00}{1250.00} + \dots + \frac{0.10}{1317.50} + \frac{0.00}{1325.00} \right\}$$

$$\mu_y(yt) = \begin{cases} yt \leq 1250 \text{ veya } yt \geq 1400; & 0 \\ 1250 < yt < 1325; & (yt - 1250) / 75 \\ 1325 < yt < 1400; & (1400 - yt) / 75 \\ yt = 1325; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{1250.00} + \frac{0.10}{1257.50} + \dots + \frac{1.00}{1325.00} + \dots + \frac{0.10}{1392.50} + \frac{0.00}{1400.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 1325; & 0 \\ 1325 < yt < 1400; & (yt - 1325) / 75 \\ 1400 \leq yt \leq 1500; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{1325.00} + \frac{0.10}{1332.50} + \dots + \frac{0.50}{1362.50} + \dots + \frac{0.90}{1392.50} + \frac{1.00}{1400.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 700 \leq wa \leq 800; & 1 \\ 800 < wa < 875; & (875 - wa) / 75 \\ wa \geq 875; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{800.00} + \frac{0.90}{807.50} + \dots + \frac{0.50}{837.50} + \dots + \frac{0.10}{867.50} + \frac{0.00}{875.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 800 \text{ veya } wa \geq 950; & 0 \\ 800 < wa < 875; & (wa - 800) / 75 \\ 875 < wa < 950; & (950 - wa) / 75 \\ wa = 875; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{800.00} + \frac{0.10}{807.50} + \dots + \frac{1.00}{875.00} + \dots + \frac{0.10}{942.50} + \frac{0.00}{950.00} \right\}$$

$$\mu_o(wa) = \begin{cases} wa \leq 875 \text{ veya } wa \geq 1025; & 0 \\ 875 < wa < 950; & (wa - 875) / 75 \\ 950 < wa < 1025; & (1025 - wa) / 75 \\ wa = 950; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_o(wa) = \left\{ \frac{0.00}{875.00} + \frac{0.10}{902.50} + \dots + \frac{1.00}{950.00} + \dots + \frac{0.10}{1017.50} + \frac{0.00}{1025.00} \right\}$$

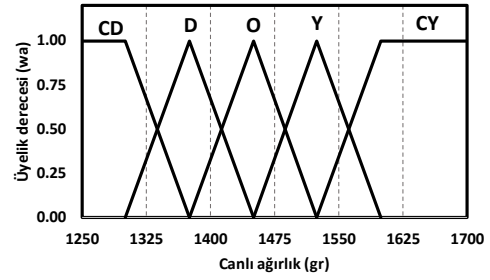
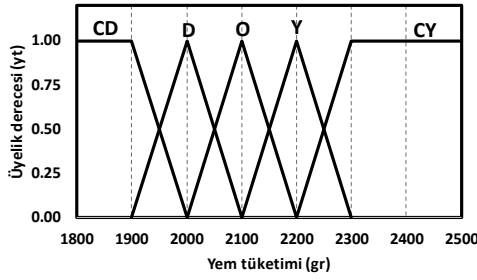
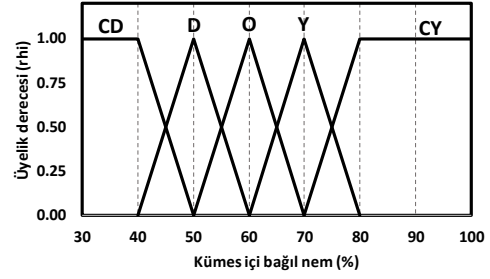
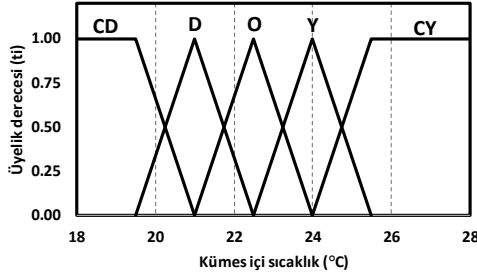
$$\mu_y(wa) = \begin{cases} wa \leq 950 \text{ veya } wa \geq 1100; & 0 \\ 950 < wa < 1025; & (wa - 950) / 75 \\ 1025 < wa < 1100; & (1100 - wa) / 75 \\ wa = 1025; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{950.00} + \frac{0.10}{957.50} + \dots + \frac{1.00}{1025.00} + \dots + \frac{0.10}{1092.50} + \frac{0.00}{1100.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 1025; & 0 \\ 1025 < wa < 1100; & (wa - 1025) / 75 \\ 1100 \leq wa \leq 1200; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1025.00} + \frac{0.10}{1032.50} + \dots + \frac{0.50}{1062.50} + \dots + \frac{0.90}{1092.50} + \frac{1.00}{1100.00} \right\}$$

Ek 27. Yetiştirme döneminin 4. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 18 \leq t_i \leq 19.5; & 1 \\ 19.5 < t_i < 21; & (21 - t_i) / 1.5 \\ t_i \geq 21; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{19.50} + \frac{0.90}{19.65} + \dots + \frac{0.50}{20.25} + \dots + \frac{0.10}{20.85} + \frac{0.00}{21.00} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 19.5 \text{ veya } t_i \geq 22.5; & 0 \\ 19.5 < t_i < 21; & (t_i - 19.5) / 1.5 \\ 21 < t_i < 22.5; & (22.5 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 21; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{19.50} + \frac{0.10}{19.65} + \dots + \frac{1.00}{21.00} + \dots + \frac{0.10}{22.35} + \frac{0.00}{22.50} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 21 \text{ veya } t_i \geq 24; & 0 \\ 21 < t_i < 22.5; & (t_i - 21) / 1.5 \\ 22.5 < t_i < 24; & (24 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 22.5; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{21.00} + \frac{0.10}{21.15} + \dots + \frac{1.00}{22.50} + \dots + \frac{0.10}{23.85} + \frac{0.00}{24.00} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 22.5 \text{ veya } ti \geq 25.5; & 0 \\ 22.5 < ti < 24; & (ti - 22.5)/1.5 \\ 24 < ti < 25.5; & (25.5 - ti)/1.5 \\ ti = 24; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{22.50} + \frac{0.10}{22.65} + \dots + \frac{1.00}{24.00} + \dots + \frac{0.10}{25.35} + \frac{0.00}{25.50} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 24; & 0 \\ 24 < ti < 25.50; & (ti - 24)/1.5 \\ 25.50 \leq ti \leq 28; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{24.00} + \frac{0.10}{24.15} + \dots + \frac{0.50}{24.75} + \dots + \frac{0.90}{25.35} + \frac{1.00}{25.50} \right\}$$

Kümes içi bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi)/10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40)/10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi)/10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50)/10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi)/10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60)/10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi)/10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70)/10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 1800 \leq yt \leq 1900; & 1 \\ 1900 < yt < 2000; & (2000 - yt)/100 \\ yt \geq 2000; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{1900.00} + \frac{0.90}{1910.00} + \dots + \frac{0.50}{1950.00} + \dots + \frac{0.10}{1990.00} + \frac{0.00}{2000.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 1900 \text{ veya } yt \geq 2100; & 0 \\ 1900 < yt < 2000; & (yt - 1900)/100 \\ 2000 < yt < 2100; & (2100 - yt)/100 \\ yt = 2000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{1900.00} + \frac{0.10}{1910.00} + \dots + \frac{1.00}{2000.00} + \dots + \frac{0.10}{2090.00} + \frac{0.00}{2100.00} \right\}$$

$$\mu_O(yt) = \begin{cases} yt \leq 2000 \text{ veya } yt \geq 2200; & 0 \\ 2000 < yt < 2100; & (yt - 2000)/100 \\ 2100 < yt < 2200; & (2200 - yt)/100 \\ yt = 2100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(yt) = \left\{ \frac{0.00}{2000.00} + \frac{0.10}{2010.00} + \dots + \frac{1.00}{2100.00} + \dots + \frac{0.10}{2190.00} + \frac{0.00}{2200.00} \right\}$$

$$\mu_Y(yt) = \begin{cases} yt \leq 2100 \text{ veya } yt \geq 2300; & 0 \\ 2100 < yt < 2200; & (yt - 2100)/100 \\ 2200 < yt < 2300; & (2300 - yt)/100 \\ yt = 2200; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{2100.00} + \frac{0.10}{2110.00} + \dots + \frac{1.00}{2200.00} + \dots + \frac{0.10}{2290.00} + \frac{0.00}{2300.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 2200; & 0 \\ 2200 < yt < 2300; & (yt - 2200)/100 \\ 2300 \leq yt \leq 2500; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{2200.00} + \frac{0.10}{2210.00} + \dots + \frac{0.50}{2250.00} + \dots + \frac{0.90}{2290.00} + \frac{1.00}{2300.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 1250 \leq wa \leq 1300; & 1 \\ 1300 < wa < 1375; & (1375 - wa) / 75 \\ wa \geq 1375; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{1300.00} + \frac{0.90}{1307.50} + \dots + \frac{0.50}{1337.50} + \dots + \frac{0.10}{1367.50} + \frac{0.00}{1375.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 1300 \text{ veya } wa \geq 1450; & 0 \\ 1300 < wa < 1375; & (wa - 1300) / 75 \\ 1375 < wa < 1450; & (1450 - wa) / 75 \\ wa = 1375; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1300.00} + \frac{0.10}{1307.50} + \dots + \frac{1.00}{1375.00} + \dots + \frac{0.10}{1442.50} + \frac{0.00}{1450.00} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 1375 \text{ veya } wa \geq 1525; & 0 \\ 1375 < wa < 1450; & (wa - 1375) / 75 \\ 1450 < wa < 1525; & (1525 - wa) / 75 \\ wa = 1450; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1375.00} + \frac{0.10}{1382.50} + \dots + \frac{1.00}{1450.00} + \dots + \frac{0.10}{1517.50} + \frac{0.00}{1525.00} \right\}$$

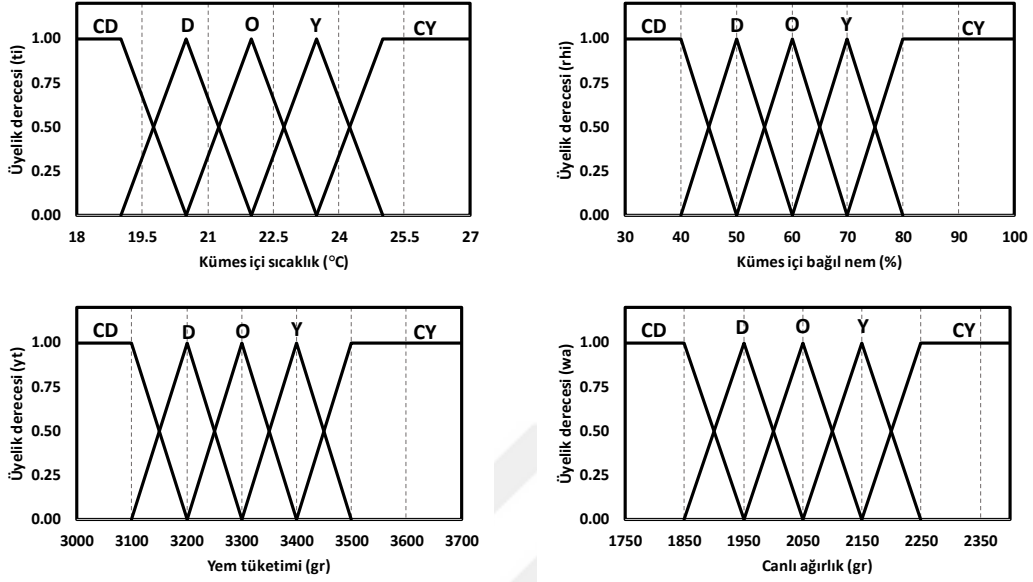
$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 1450 \text{ veya } wa \geq 1600; & 0 \\ 1450 < wa < 1525; & (wa - 1450) / 75 \\ 1525 < wa < 1600; & (1600 - wa) / 75 \\ wa = 1525; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1450.00} + \frac{0.10}{1457.50} + \dots + \frac{1.00}{1525.00} + \dots + \frac{0.10}{1592.50} + \frac{0.00}{1600.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 1525; & 0 \\ 1525 < wa < 1600; & (wa - 1525) / 75 \\ 1600 \leq wa \leq 1700; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1525.00} + \frac{0.10}{1532.50} + \dots + \frac{0.50}{1562.50} + \dots + \frac{0.90}{1592.50} + \frac{1.00}{1600.00} \right\}$$

Ek 28. Yetiştirme döneminin 5. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler.



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 18 \leq t_i \leq 19; & 1 \\ 19 < t_i < 20.5; & (20.5 - t_i) / 1.5 \\ t_i \geq 20.5; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{19.00} + \frac{0.90}{19.15} + \dots + \frac{0.50}{19.75} + \dots + \frac{0.10}{20.35} + \frac{0.00}{20.50} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 19 \text{ veya } t_i \geq 22; & 0 \\ 19 < t_i < 20.5; & (t_i - 19) / 1.5 \\ 20.5 < t_i < 22; & (22 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 20.5; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{19.00} + \frac{0.10}{19.15} + \dots + \frac{1.00}{19.50} + \dots + \frac{0.10}{21.85} + \frac{0.00}{22.00} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 20.5 \text{ veya } t_i \geq 23.5; & 0 \\ 20.5 < t_i < 22; & (t_i - 20.5) / 1.5 \\ 22 < t_i < 23.5; & (23.5 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 22; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{20.50} + \frac{0.10}{20.65} + \dots + \frac{1.00}{22.00} + \dots + \frac{0.10}{23.35} + \frac{0.00}{23.50} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 22 \text{ veya } ti \geq 25; & 0 \\ 22 < ti < 23.5; & (ti - 22) / 1.5 \\ 23.5 < ti < 25; & (25 - ti) / 1.5 \\ ti = 23.5; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{22.00} + \frac{0.10}{22.15} + \dots + \frac{1.00}{23.50} + \dots + \frac{0.10}{24.85} + \frac{0.00}{25.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 23.5; & 0 \\ 23.5 < ti < 25; & (ti - 23.5) / 1.5 \\ 25 \leq ti \leq 27.50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{23.50} + \frac{0.10}{23.65} + \dots + \frac{0.50}{24.25} + \dots + \frac{0.90}{24.85} + \frac{1.00}{25.00} \right\}$$

Kümes içi bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi) / 10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40) / 10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi) / 10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50) / 10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi) / 10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60) / 10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi) / 10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70)/10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 1000 \leq yt \leq 3100; & 1 \\ 3100 < yt < 3200; & (3200 - yt)/100 \\ yt \geq 3200; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{3100.00} + \frac{0.90}{3110.00} + \dots + \frac{0.50}{3150.00} + \dots + \frac{0.10}{3190.00} + \frac{0.00}{3200.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 3100 \text{ veya } yt \geq 3300; & 0 \\ 3100 < yt < 3200; & (yt - 3100)/100 \\ 3200 < yt < 3300; & (3300 - yt)/100 \\ yt = 3200; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{3100.00} + \frac{0.10}{3110.00} + \dots + \frac{1.00}{3200.00} + \dots + \frac{0.10}{3290.00} + \frac{0.00}{3300.00} \right\}$$

$$\mu_o(yt) = \begin{cases} yt \leq 3200 \text{ veya } yt \geq 3400; & 0 \\ 3200 < yt < 3300; & (yt - 3200)/100 \\ 3300 < yt < 3400; & (3400 - yt)/100 \\ yt = 3300; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_o(yt) = \left\{ \frac{0.00}{3200.00} + \frac{0.10}{3210.00} + \dots + \frac{1.00}{3300.00} + \dots + \frac{0.10}{3390.00} + \frac{0.00}{3400.00} \right\}$$

$$\mu_Y(yt) = \begin{cases} yt \leq 3300 \text{ veya } yt \geq 3500; & 0 \\ 3300 < yt < 3400; & (yt - 3300)/100 \\ 3400 < yt < 3500; & (3500 - yt)/100 \\ yt = 3400; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{3300.00} + \frac{0.10}{3310.00} + \dots + \frac{1.00}{3400.00} + \dots + \frac{0.10}{3490.00} + \frac{0.00}{3500.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 3400; & 0 \\ 3400 < yt < 3500; & (yt - 3400)/100 \\ 3500 \leq yt \leq 3750; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{3400.00} + \frac{0.10}{3410.00} + \dots + \frac{0.50}{3450.00} + \dots + \frac{0.90}{3490.00} + \frac{1.00}{3500.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 1750 \leq wa \leq 1850; & 1 \\ 1850 < wa < 1950; & (1950 - wa)/100 \\ wa \geq 1950; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{1850.00} + \frac{0.90}{1860.00} + \dots + \frac{0.50}{1900.00} + \dots + \frac{0.10}{1940.00} + \frac{0.00}{1950.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 1850 \text{ veya } wa \geq 2050; & 0 \\ 1850 < wa < 1950; & (wa - 1850)/100 \\ 1950 < wa < 2050; & (2050 - wa)/100 \\ wa = 1950; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1850.00} + \frac{0.10}{1860.00} + \dots + \frac{1.00}{1950.00} + \dots + \frac{0.10}{2040.00} + \frac{0.00}{2050.00} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 1950 \text{ veya } wa \geq 2150; & 0 \\ 1950 < wa < 2050; & (wa - 1950)/100 \\ 2050 < wa < 2150; & (2150 - wa)/100 \\ wa = 2050; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1950.00} + \frac{0.10}{1960.00} + \dots + \frac{1.00}{2050.00} + \dots + \frac{0.10}{2140.00} + \frac{0.00}{2150.00} \right\}$$

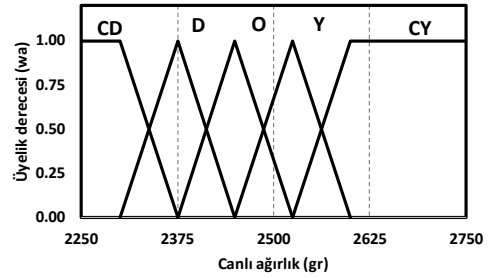
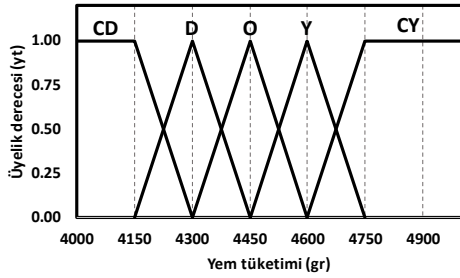
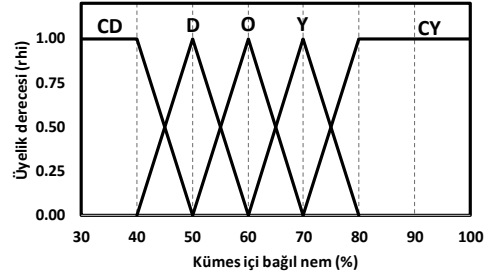
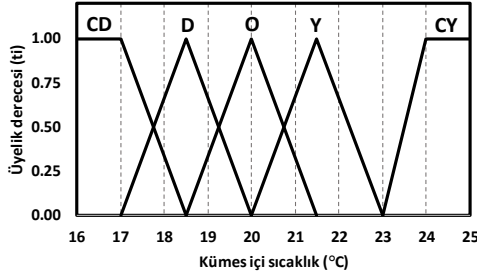
$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 2050 \text{ veya } wa \geq 2250; & 0 \\ 2050 < wa < 2150; & (wa - 2050)/100 \\ 2150 < wa < 2250; & (2250 - wa)/100 \\ wa = 2150; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2050.00} + \frac{0.10}{2060.00} + \dots + \frac{1.00}{2150.00} + \dots + \frac{0.10}{2240.00} + \frac{0.00}{2250.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 2150; & 0 \\ 2150 < wa < 2250; & (wa - 2150)/100 \\ 2250 \leq wa \leq 2400; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2150.00} + \frac{0.10}{2160.00} + \dots + \frac{0.50}{2200.00} + \dots + \frac{0.90}{2240.00} + \frac{1.00}{2250.00} \right\}$$

Ek 29. Yetiştirme döneminin 6. haftasındaki kümes içi sıcaklık (t_i), kümes içi bağıl nem (r_{hi}), yem tüketimi (yt) ve canlı ağırlık (wa) dilsel değerleri için matematiksel ifadeler



Kümes içi sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(t_i) = \begin{cases} 16 \leq t_i \leq 17; & 1 \\ 17 < t_i < 18.5; & (18.5 - t_i) / 1.5 \\ t_i \geq 18.5; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(t_i) = \left\{ \frac{1.00}{17.00} + \frac{0.90}{17.15} + \dots + \frac{0.50}{17.75} + \dots + \frac{0.10}{18.35} + \frac{0.00}{18.50} \right\}$$

$$\mu_D(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 17 \text{ veya } t_i \geq 20; & 0 \\ 17 < t_i < 18.5; & (t_i - 17) / 1.5 \\ 18.5 < t_i < 20; & (20 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 18.5; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{17.00} + \frac{0.10}{17.15} + \dots + \frac{1.00}{17.50} + \dots + \frac{0.10}{19.85} + \frac{0.00}{20.00} \right\}$$

$$\mu_O(t_i) = \begin{cases} t_i \leq 18.5 \text{ veya } t_i \geq 21.5; & 0 \\ 18.5 < t_i < 20; & (t_i - 18.5) / 1.5 \\ 20 < t_i < 21.5; & (21.5 - t_i) / 1.5 \\ t_i = 20; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(t_i) = \left\{ \frac{0.00}{18.50} + \frac{0.10}{18.65} + \dots + \frac{1.00}{20.00} + \dots + \frac{0.10}{21.35} + \frac{0.00}{21.50} \right\}$$

$$\mu_Y (ti) = \begin{cases} ti \leq 20 \text{ veya } ti \geq 23; & 0 \\ 20 < ti < 21.5; & (ti - 20) / 1.5 \\ 21.5 < ti < 23; & (23 - ti) / 1.5 \\ ti = 21.5; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (ti) = \left\{ \frac{0.00}{20.00} + \frac{0.10}{20.15} + \dots + \frac{1.00}{21.50} + \dots + \frac{0.10}{22.85} + \frac{0.00}{23.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \begin{cases} ti \leq 21.5; & 0 \\ 21.5 < ti < 23; & (ti - 21.5) / 1.5 \\ 23 \leq ti \leq 25; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(ti) = \left\{ \frac{0.00}{21.50} + \frac{0.10}{21.65} + \dots + \frac{0.50}{22.25} + \dots + \frac{0.90}{22.85} + \frac{1.00}{23.00} \right\}$$

Kümes içi bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhi) = \begin{cases} 30 \leq rhi \leq 40; & 1 \\ 40 < rhi < 50; & (50 - rhi) / 10 \\ rhi \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhi) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 40 \text{ veya } rhi \geq 60; & 0 \\ 40 < rhi < 50; & (rhi - 40) / 10 \\ 50 < rhi < 60; & (60 - rhi) / 10 \\ rhi = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 50 \text{ veya } rhi \geq 70; & 0 \\ 50 < rhi < 60; & (rhi - 50) / 10 \\ 60 < rhi < 70; & (70 - rhi) / 10 \\ rhi = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y (rhi) = \begin{cases} rhi \leq 60 \text{ veya } rhi \geq 80; & 0 \\ 60 < rhi < 70; & (rhi - 60) / 10 \\ 70 < rhi < 80; & (80 - rhi) / 10 \\ rhi = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y (rhi) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \begin{cases} rhi \leq 70; & 0 \\ 70 < rhi < 80; & (rhi - 70)/10 \\ 80 \leq rhi \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhi) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Yem tüketim değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(yt) = \begin{cases} 4000 \leq yt \leq 4300; & 1 \\ 4000 < yt < 4150; & (4150 - yt)/150 \\ yt \geq 4150; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(yt) = \left\{ \frac{1.00}{4150.00} + \frac{0.90}{4015.00} + \dots + \frac{0.50}{4075.00} + \dots + \frac{0.10}{4135.00} + \frac{0.00}{4150.00} \right\}$$

$$\mu_D(yt) = \begin{cases} yt \leq 4150 \text{ veya } yt \geq 4450; & 0 \\ 4150 < yt < 4300; & (yt - 4150)/150 \\ 4300 < yt < 4450; & (4450 - yt)/150 \\ yt = 4300; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(yt) = \left\{ \frac{0.00}{4150.00} + \frac{0.10}{4165.00} + \dots + \frac{1.00}{4300.00} + \dots + \frac{0.10}{4435.00} + \frac{0.00}{4450.00} \right\}$$

$$\mu_O(yt) = \begin{cases} yt \leq 4300 \text{ veya } yt \geq 4600; & 0 \\ 4300 < yt < 4450; & (yt - 4300)/150 \\ 4450 < yt < 4600; & (4600 - yt)/150 \\ yt = 4450; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(yt) = \left\{ \frac{0.00}{4300.00} + \frac{0.10}{4315.00} + \dots + \frac{1.00}{4450.00} + \dots + \frac{0.10}{4585.00} + \frac{0.00}{4600.00} \right\}$$

$$\mu_Y(yt) = \begin{cases} yt \leq 4450 \text{ veya } yt \geq 4750; & 0 \\ 4450 < yt < 4600; & (yt - 4450)/150 \\ 4600 < yt < 4750; & (4750 - yt)/150 \\ yt = 4600; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(yt) = \left\{ \frac{0.00}{4450.00} + \frac{0.10}{4465.00} + \dots + \frac{1.00}{4600.00} + \dots + \frac{0.10}{4735.00} + \frac{0.00}{4750.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \begin{cases} yt \leq 4600; & 0 \\ 4600 < yt < 4750; & (yt - 4600)/150 \\ 4750 \leq yt \leq 5000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(yt) = \left\{ \frac{0.00}{4600.00} + \frac{0.10}{4615.00} + \dots + \frac{0.50}{4650.00} + \dots + \frac{0.90}{4735.00} + \frac{1.00}{4750.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 2250 \leq wa \leq 2300; & 1 \\ 2300 < wa < 2375; & (2375 - wa) / 75 \\ wa \geq 2375; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{2300.00} + \frac{0.90}{2307.50} + \dots + \frac{0.50}{2337.50} + \dots + \frac{0.10}{2367.50} + \frac{0.00}{2375.00} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 2300 \text{ veya } wa \geq 2450; & 0 \\ 2300 < wa < 2375; & (wa - 2300) / 75 \\ 2375 < wa < 2450; & (2450 - wa) / 75 \\ wa = 2375; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2300.00} + \frac{0.10}{2307.50} + \dots + \frac{1.00}{2375.00} + \dots + \frac{0.10}{2442.50} + \frac{0.00}{2450.00} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 2375 \text{ veya } wa \geq 2525; & 0 \\ 2375 < wa < 2450; & (wa - 2375) / 75 \\ 2450 < wa < 2525; & (2525 - wa) / 75 \\ wa = 2450; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2375.00} + \frac{0.10}{2382.50} + \dots + \frac{1.00}{2450.00} + \dots + \frac{0.10}{2517.50} + \frac{0.00}{2525.00} \right\}$$

$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 2450 \text{ veya } wa \geq 2600; & 0 \\ 2450 < wa < 2525; & (wa - 2450) / 75 \\ 2525 < wa < 2600; & (2600 - wa) / 75 \\ wa = 2525; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2450.00} + \frac{0.10}{2457.50} + \dots + \frac{1.00}{2525.00} + \dots + \frac{0.10}{2592.50} + \frac{0.00}{2600.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 2525; & 0 \\ 2525 < wa < 2600; & (wa - 2525) / 75 \\ 2600 \leq wa \leq 2750; & 1 \end{cases}$$

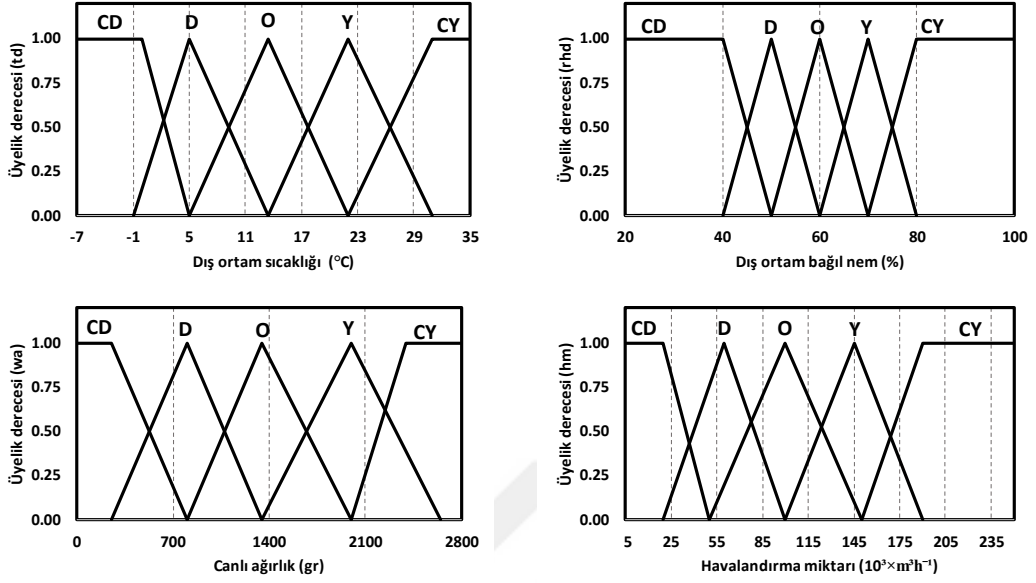
$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2525.00} + \frac{0.10}{2532.50} + \dots + \frac{0.50}{2562.50} + \dots + \frac{0.90}{2592.50} + \frac{1.00}{2600.00} \right\}$$

Ek 30. Havalandırma miktarının belirlenmesinde kullanılan ağırlık ve bias değerleri

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0.0154 & 0.0534 & 0.1367 \\ 0.1432 & 0.0254 & 0.0010 \\ 1.3146 & -1.1286 & -2.1019 \end{bmatrix}$$

$$w_2 = \begin{bmatrix} 38161.1658 \\ 103596.8384 \\ -38143.2810 \end{bmatrix}^T, b_1 = \begin{bmatrix} 0.0009 \\ -7.1099 \\ -0.0004 \end{bmatrix}, b_2 = [38163.7485]$$

Ek 31. Havalandırma miktarının tahmininde kullanılan dilsel değerler ve matematiksel ifadeler



Dış ortam sıcaklık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(td) = \begin{cases} -5 \leq td \leq 0; & 1 \\ 0 < td < 5; & (5 - td) / 5 \\ td \geq 0; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(td) = \left\{ \frac{1.00}{-5} + \frac{0.80}{1} + \dots + \frac{0.50}{2.5} + \dots + \frac{0.20}{4} + \frac{0.00}{5} \right\}$$

$$\mu_D(td) = \begin{cases} td \leq 0 \text{ veya } td \geq 13.5; & 0 \\ 0 < td < 6.75; & (td - 0) / 6.75 \\ 6.75 < td < 13.5; & (13.5 - td) / 6.75 \\ td = 6.75; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(td) = \left\{ \frac{0.00}{0.00} + \frac{0.10}{0.68} + \dots + \frac{1.00}{6.75} + \dots + \frac{0.10}{12.82} + \frac{0.00}{13.50} \right\}$$

$$\mu_O(td) = \begin{cases} td \leq 5 \text{ veya } td \geq 20; & 0 \\ 5 < td < 13.5; & (td - 5) / 6.5 \\ 13.5 < td < 20; & (20 - td) / 6.5 \\ td = 20; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(td) = \left\{ \frac{0.00}{5.00} + \frac{0.10}{5.65} + \dots + \frac{1.00}{13.50} + \dots + \frac{0.10}{19.35} + \frac{0.00}{20.00} \right\}$$

$$\mu_Y(td) = \begin{cases} td \leq 13.5 \text{ veya } td \geq 31; & 0 \\ 13.5 < td < 22; & (td - 13.5)/8 \\ 22 < td < 31; & (31 - td)/8 \\ td = 22; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(td) = \left\{ \frac{0.00}{13.50} + \frac{0.10}{14.30} + \dots + \frac{1.00}{22.00} + \dots + \frac{0.10}{30.20} + \frac{0.00}{31.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(td) = \begin{cases} td \leq 22; & 0 \\ 22 < td < 31; & (td - 22)/9 \\ 31 \leq td \leq 35; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(td) = \left\{ \frac{0.00}{22.00} + \frac{0.10}{22.90} + \dots + \frac{0.50}{26.50} + \dots + \frac{0.90}{30.10} + \frac{1.00}{31.00} \right\}$$

Dış ortam bağıl nem değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(rhd) = \begin{cases} 20 \leq rhd \leq 40; & 1 \\ 40 < rhd < 50; & (50 - rhd)/10 \\ rhd \geq 50; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(rhd) = \left\{ \frac{1.00}{40.00} + \frac{0.90}{41.00} + \dots + \frac{0.50}{45.00} + \dots + \frac{0.10}{49.00} + \frac{0.00}{50.00} \right\}$$

$$\mu_D(rhd) = \begin{cases} rhd \leq 40 \text{ veya } rhd \geq 60; & 0 \\ 40 < rhd < 50; & (rhd - 40)/10 \\ 50 < rhd < 60; & (60 - rhd)/10 \\ rhd = 50; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(rhd) = \left\{ \frac{0.00}{40.00} + \frac{0.10}{41.00} + \dots + \frac{1.00}{50.00} + \dots + \frac{0.10}{59.00} + \frac{0.00}{60.00} \right\}$$

$$\mu_O(rhd) = \begin{cases} rhd \leq 50 \text{ veya } rhd \geq 70; & 0 \\ 50 < rhd < 60; & (rhd - 50)/10 \\ 60 < rhd < 70; & (70 - rhd)/10 \\ rhd = 60; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(rhd) = \left\{ \frac{0.00}{50.00} + \frac{0.10}{51.00} + \dots + \frac{1.00}{60.00} + \dots + \frac{0.10}{69.00} + \frac{0.00}{70.00} \right\}$$

$$\mu_Y(rhd) = \begin{cases} rhd \leq 60 \text{ veya } rhd \geq 80; & 0 \\ 60 < rhd < 70; & (rhd - 60)/10 \\ 70 < rhd < 80; & (80 - rhd)/10 \\ rhd = 70; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(rhd) = \left\{ \frac{0.00}{60.00} + \frac{0.10}{61.00} + \dots + \frac{1.00}{70.00} + \dots + \frac{0.10}{79.00} + \frac{0.00}{80.00} \right\}$$

$$\mu_{CY}(rhd) = \begin{cases} rhd \leq 70; & 0 \\ 70 < rhd < 80; & (rhd - 70)/10 \\ 80 \leq rhd \leq 100; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(rhd) = \left\{ \frac{0.00}{70.00} + \frac{0.10}{71.00} + \dots + \frac{0.50}{75.00} + \dots + \frac{0.90}{79.00} + \frac{1.00}{80.00} \right\}$$

Canlı ağırlık değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(wa) = \begin{cases} 250 \leq wa \leq 800; & 1 \\ 250 < wa < 800; & (800 - wa)/550 \\ wa \geq 800; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(wa) = \left\{ \frac{1.00}{250} + \frac{0.90}{305} + \dots + \frac{0.50}{525} + \dots + \frac{0.10}{745} + \frac{0.00}{800} \right\}$$

$$\mu_D(wa) = \begin{cases} wa \leq 250 \text{ veya } wa \geq 1350; & 0 \\ 250 < wa < 800; & (wa - 250)/550 \\ 800 < wa < 1350; & (1350 - wa)/550 \\ wa = 800; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(wa) = \left\{ \frac{0.00}{250} + \frac{0.10}{305} + \dots + \frac{1.00}{800} + \dots + \frac{0.10}{1295} + \frac{0.00}{1350} \right\}$$

$$\mu_O(wa) = \begin{cases} wa \leq 800 \text{ veya } wa \geq 2000; & 0 \\ 800 < wa < 1350; & (wa - 800)/550 \\ 1350 < wa < 2000; & (2000 - wa)/550 \\ wa = 1350; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(wa) = \left\{ \frac{0.00}{800} + \frac{0.10}{855} + \dots + \frac{1.00}{1350} + \dots + \frac{0.10}{1945} + \frac{0.00}{2000} \right\}$$

$$\mu_Y(wa) = \begin{cases} wa \leq 1350 \text{ veya } wa \geq 2650; & 0 \\ 1350 < wa < 2000; & (wa - 1350)/550 \\ 2000 < wa < 2650; & (2650 - wa)/550 \\ wa = 2000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(wa) = \left\{ \frac{0.00}{1350} + \frac{0.10}{1405} + \dots + \frac{1.00}{2000} + \dots + \frac{0.10}{2595} + \frac{0.00}{2650} \right\}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \begin{cases} wa \leq 2000; & 0 \\ 2000 < wa < 2400; & (wa - 2000)/400 \\ 2400 \leq wa \leq 2600; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(wa) = \left\{ \frac{0.00}{2000} + \frac{0.10}{2040} + \dots + \frac{0.50}{2080} + \dots + \frac{0.90}{2360} + \frac{1.00}{2400} \right\}$$

Havalandırma değerleri için bulanık ifadeler ve matematiksel tanımlamaları;

$$\mu_{CD}(hm) = \begin{cases} 5000 \leq hm \leq 20000; & 1 \\ 20000 < hm < 50000; & (50000 - hm) / 30000 \\ hm \geq 50000; & 0 \end{cases}$$

$$\mu_{CD}(hm) = \left\{ \frac{1.00}{20000} + \frac{0.80}{26000} + \dots + \frac{0.50}{35000} + \dots + \frac{0.20}{44000} + \frac{0.00}{50000} \right\}$$

$$\mu_D(hm) = \begin{cases} hm \leq 20000 \text{ veya } hm \geq 100000; & 0 \\ 20000 < hm < 60000; & (hm - 20000) / 40000 \\ 60000 < hm < 100000; & (100000 - hm) / 40000 \\ hm = 60000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_D(hm) = \left\{ \frac{0.00}{20000} + \frac{0.10}{24000} + \dots + \frac{1.00}{60000} + \dots + \frac{0.10}{96000} + \frac{0.00}{100000} \right\}$$

$$\mu_O(hm) = \begin{cases} hm \leq 50000 \text{ veya } hm \geq 150000; & 0 \\ 50000 < hm < 100000; & (hm - 50000) / 50000 \\ 100000 < hm < 150000; & (150000 - hm) / 50000 \\ hm = 100000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_O(hm) = \left\{ \frac{0.00}{50000} + \frac{0.10}{55000} + \dots + \frac{1.00}{100000} + \dots + \frac{0.10}{145000} + \frac{0.00}{150000} \right\}$$

$$\mu_Y(hm) = \begin{cases} hm \leq 100000 \text{ veya } hm \geq 200000; & 0 \\ 100000 < hm < 150000; & (hm - 100000) / 50000 \\ 150000 < hm < 200000; & (200000 - hm) / 50000 \\ hm = 150000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_Y(hm) = \left\{ \frac{0.00}{100000} + \frac{0.10}{105000} + \dots + \frac{1.00}{150000} + \dots + \frac{0.10}{195000} + \frac{0.00}{200000} \right\}$$

$$\mu_{CY}(hm) = \begin{cases} hm \leq 150000; & 0 \\ 150000 < hm < 200000; & (hm - 150000) / 50000 \\ 200000 \leq hm \leq 250000; & 1 \end{cases}$$

$$\mu_{CY}(hm) = \left\{ \frac{0.00}{150000} + \frac{0.10}{155000} + \dots + \frac{0.50}{175000} + \dots + \frac{0.90}{195000} + \frac{1.00}{200000} \right\}$$

ÖZGEÇMİŞ

Karaman Fatih Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesini bitirdikten sonra Kocaeli Üniversitesi Denizcilik MYO Gemi İnşaatı programından 2007 yılında mezun oldu. Özel sektörde tersanelerin farklı birimlerinde (gemi teçhizatı-kalite kontrol) görev yaptı. 2012 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesinden fakülte birincisi olarak mezun oldu. 2017 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Yüksek Lisans programını bitirdi. Lisans mezuniyetinden bu yana Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapan KÜÇÜKTOPCU, iyi derecede İngilizce bilmekte olup evli ve bir kız çocuk babasıdır (24.11.2020).

Yayınlanmış Çalışmalar:

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI,SSCI)

1. Cemek, B., Ünlükara, A., Kurunç, A., & **Küçüktopcu, E.** (2020). Leaf area modeling of bell pepper (*Capsicum annum L.*) grown under different stress conditions by soft computing approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105514.
2. **Küçüktopcu, E.**, Cemek, B. (2020). The use of artificial neural networks to estimate optimum insulation thickness, energy savings, and carbon dioxide emissions. *Environmental Progress & Sustainable Energy* e13478.
3. **Küçüktopcu, E.**, & Cemek, B. (2019). Evaluating the influence of turbulence models used in computational fluid dynamics for the prediction of airflows inside poultry houses. *Biosystems Engineering*, 183, 1-12.
4. Öztürk, A., Cemek, B., Demirsoy, H., & **Küçüktopcu, E.** (2019). Modelling of the leaf area for various pear cultivars using neuro computing approaches. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(4), 1-11.
5. **Küçüktopcu, E.**, & Cemek, B. (2019). Modelling Indoor Environmental Conditions in a Commercial Broiler House. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(4), 440-448.
6. **Küçüktopcu, E.**, & Cemek, B. (2018). A study on environmental impact of insulation thickness of poultry building walls. *Energy*, 150, 583-590.
7. Banda, P., Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2018). Estimation of daily reference evapotranspiration by neuro computing techniques using limited data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(7), 916-929.

Uluslararası diğer hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

1. **Küçüktopcu, E.**, & Cemek, B. (2020) Monitoring poultry barns thermal problems using thermal cameras. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 404-409.
2. **Küçüktopcu, E.**, & Cemek, B. (2019) The determination of optimum thermal insulation thickness for external walls of laying hens building. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 327-335.

3. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.**, & Güler, K. (2019) Investigating the Suitability of Drainage Channels Water for Irrigation in Bafra Plain. *Türkiye Su Bilimleri ve Yönetimi Dergisi*, 3(2), 28-43.
4. Cemek, B., Atış, A., & **Küçüktopcu, E.** (2017). Evaluation of temperature distribution in different greenhouse models using computational fluid dynamics (CFD). *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 54-63.
5. **Küçüktopcu, E.**, Cemek, B., & Banda, P. (2017). Determination of poultry house indoor heating and cooling days using degree-day method. *Agronomy Research*, 15(3), 760-766.
6. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.**, & Demir, Y. (2016). Determination of spatial distribution of ammonia levels in broiler houses. *Agronomy Research*, 14(2), 359-366.

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

1. Yıldırım, D., Cemek, B. & **Küçüktopcu, E.** (2019). Bulanık Yapay Sinir Ağları ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Günlük Buharlaşma Tahmini. *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, 24-31.

Konferans Sunumu

1. Mohamed J.M, Cemek B, & **Küçüktopcu, E.** (2019). Evaluation of Some Spatial Climate Layers in Somalia Via GIS and Statistical Analysis Techniques, *9th International Symposium on Atmospheric Sciences*, Bildiriler kitabı (pp. 627-635), İstanbul, Türkiye.
2. Mawadda AM, Cemek B, & **Küçüktopcu, E.** (2019). Spatial Analysis of Temperature Humidity Index Used to Evaluate Risky Sites for Cattle Production in Sudan. *9th International Symposium on Atmospheric Sciences*, Bildiriler kitabı (pp. 234-243), İstanbul, Türkiye.
3. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.** Akyüz, A. & Mustaqımah ,M (2019). Spatial estimation of solar radiation using ordinary kriging, *9th International Symposium on Atmospheric Sciences*, Bildiriler kitabı (pp. 271-278), İstanbul, Türkiye.
4. Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2018). Modelling of Temperature Distribution in Exterior Wall Using Finite Element Method, *1st International, 14th National Congress on Agricultural Structures and Irrigation*, Bildiriler kitabı (pp. 107-111), Antalya, Türkiye.
5. Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2018). Comparative Prediction of Different Turbulence Models in Determination of Climate Conditions in Greenhouse, *1st International, 14th National Congress on Agricultural Structures and Irrigation*, Bildiriler kitabı (pp. 481-490), Antalya, Türkiye.
6. Kara, F., Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2017). Estimation of Soil Temperature in the Middle Black Sea Region of Turkey by Artificial Neural Network, *International conference on computational and statistical methods in Applied Sciences*, Samsun, Türkiye
7. Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2017). Comparison of Different Normalization Techniques for Ammonia Emission Estimation, *International conference on computational and statistical methods in Applied Sciences*, Samsun, Türkiye
8. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.** & Demir, Y. (2015). Spatial analysis of temperature and humidity in broiler houses having different litter materials. *In 2nd ICSAE 2015, International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, Bildiriler kitabı (pp. 353-357), Konya, Türkiye.

9. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.** & Banda, P. (2015). Estimation of ammonia emissions released from broiler litter using different artificial neural network models. *In 2nd ICSAE 2015, International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, Bildiriler kitabı,(pp. 1032-1037), Konya, Türkiye.
10. Cemek, B., Arslan, H., Guler, M., & **Küçüktopcu, E.** (2015). Estimation of field capacity and permanent wilting point using artificial neural networks. *In 2nd ICSAE 2015, International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, Bildiriler kitabı (pp. 1002-1009), Konya, Türkiye
11. Cemek, B., Atis, A., & **Küçüktopcu, E.** (2015). Evaluation of various turbulence models performance for greenhouse simulation. *In Second International Symposium on Agricultural Engineering*, Belgrade-Zemun, Sırbistan.

Konferans Bildirileri

1. Ünlükara, A., Cemek, B., Osman, A.A., & **Küçüktopcu, E.** (2018). Samsun İli Angstrom Katsayıları ve Referans Evapotranspirasyonu, Bursa, Türkiye.
2. Cemek, B., **Küçüktopcu, E.**, Yıldırım, D., & Arslan, H. (2018). Kızılırmak Deltası Su Seviyesinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahmin Edilmesi, Bursa, Türkiye
3. Yıldırım, D., Cemek, B., & **Küçüktopcu, E.** (2017). Bulanık Yapay Sinir Ağları ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Günlük Buharlaşma Tahmini, Kırklareli, Türkiye

Projeler

1. Broiler Kümesinde İç Ortam Çevre Koşullarının Sayısal Analizi (Yürütücü Bilal CEMEK, Bursiyerler **Erdem Küçüktopcu** ve Ayşe Akyüz) TÜBİTAK 1002
2. Kümes içi çevre koşullarının belirlenmesinde deterministik ve stokastik yöntemlerin kullanımı (Yürütücü Bilal Cemek, Araştırmacı **Erdem Küçüktopcu**) BAP 1901

Kazanılan Ödüller

1. Fakülte Birinciliği (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi)
2. Üstün Başarı Ödülü (Türk Eğitim Vakfı)

Burslar

1. Lisans Bursu (Türk Eğitim Vakfı)
2. TÜBİTAK Bursu (TOVAK)

