



Laktasyondaki Süt İnekleri İçin Ulusal Veri Havuzuna Dayalı Kuru Madde Tüketim Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi ve Literatürdeki Modellerle Karşılaştırılması



5. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi
11-14 Aralık 2025, Titanic Mardan Palace Kundu - Antalya

Poyraz Yaşar Bozkaya¹, Uğur Serbester², Zeynel Cebeci³

ORCID

1: 0009-0008-7774-1946, 2: 0000-0003-4460-3797, 3: 0000-0002-7641-7094

**Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi , Zootekni Bölümü,
Adana, Türkiye**

Kuru Madde Tüketiminin Önemi

- Kuru Madde Tüketimi (KMT), laktasyondaki bir süt ineği için üretkenliğin ve sağlığın temel belirleyicisidir.
- Enerji, protein, mineral ve vitamin gereksinimlerin karşılanması doğrudan tüketilen kuru madde miktarına bağlıdır.
- KMT doğru tahmin edilerek hazırlanan bir rasyon ile besin maddelerinin yetersiz veya aşırı verilmesi önlenir ve besin maddelerinin verimli kullanımını teşvik edilir.

$$f(x) = \text{img alt="A cow" data-bbox="848 444 975 587"/>$$

$$f'(x) = \text{img alt="A carton of milk" data-bbox="871 621 958 764"/>$$

$$f''(x) = \text{img alt="A wedge of cheese" data-bbox="878 789 975 898"/>$$

KMT'Yİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

**HAYVAN
FAKTÖRLERİ**



**YEM & RASYON
FAKTÖRLERİ**



**FİZYYOLOJİK &
METABOLİK
DÜZENLEME**



**ÇEVRESEL &
YÖNETİMSEL
FAKTÖRLER**



Kuru madde tüketiminde etkili olan faktörler ve etki oranları (Roseler ve ark. 1997)

Faktör	Etki oranı
Süt verimi	%45
Yönetim ve Rasyonla ilgili faktörler	%22
Canlı ağırlık	%17
İklim	%10
Vücut kondisyon skoru	%6

Amaç

- Ülkeler hayvan, yem kaynağı, topografya ve iklim koşullarını dikkate alarak kendilerine özgü tahmin modelleri geliştirmekte ve belirli aralıklarla güncellemektedir.
- Bugüne kadar Türkiye'ye ait veri tabanlarına göre herhangi bir KMT modeli geliştirilmemiştir.
- Bu çalışmada Türkiye'de yaygın olarak kullanılan ya da literatürde yer alan KMT eşitliklerinin performanslarının karşılaştırılması ve Ülkemizde süt inekleri üzerinde yürütülen çalışmalardan oluşturulacak veri havuzuyla özgün bir KMT eşitliği geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Literatür Taraması ve Veri Tabanının Oluşturulması

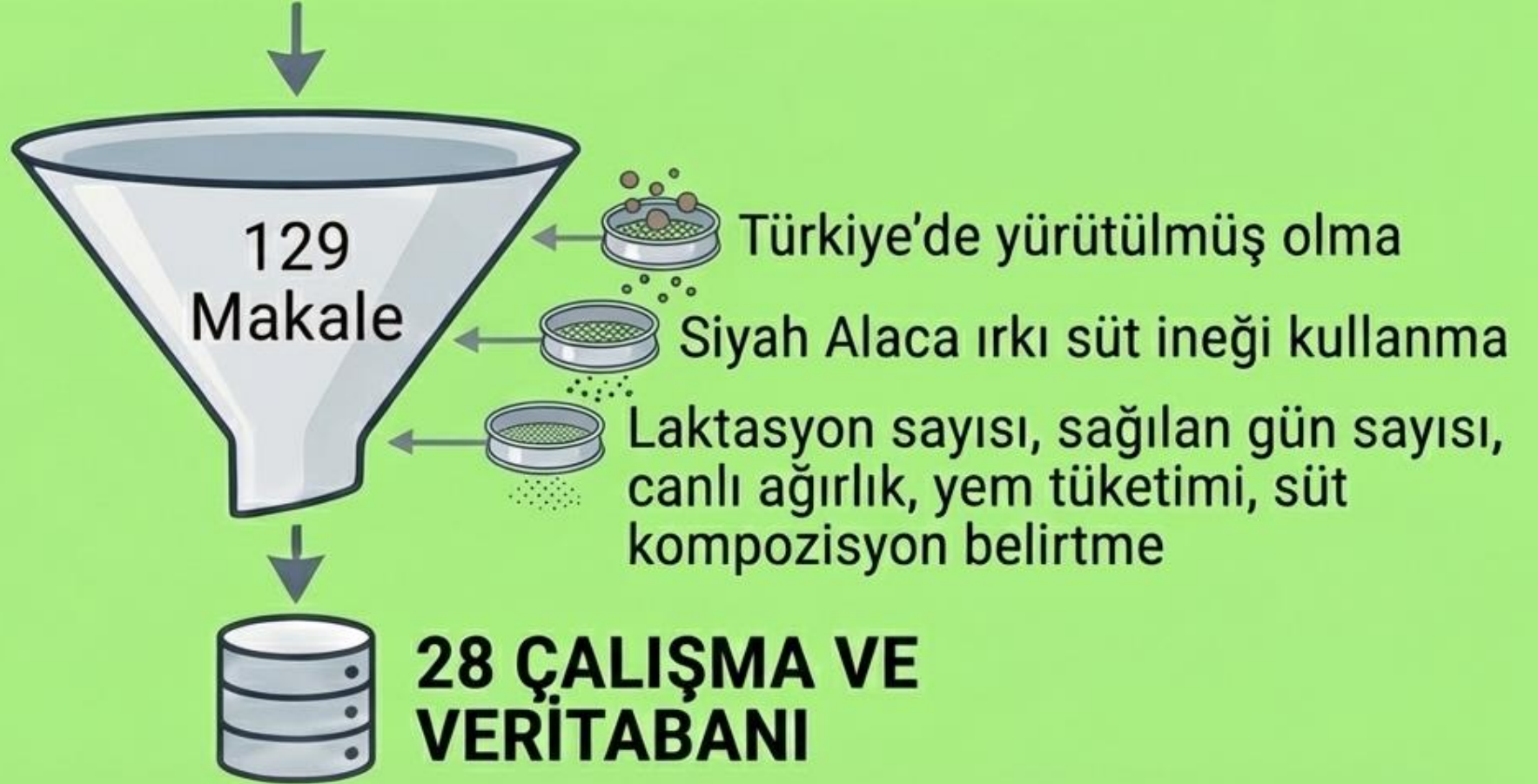
Literatür Kaynaklar	Web Adresi
Ulusal Tez Merkezi	https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/
TÜBİTAK Destekli Projeler Veri Tabanı	https://search.trdizin.gov.tr/tr/proje/ara
TRDizin	https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/ara?q
Web of Science	https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/

- Mevcut çalışmada kullanılan veri tabanı tablodaki literatür kaynaklarında yayınlanmış lisansüstü tez, proje sonuç raporu ve makalelerden oluşmuştur.

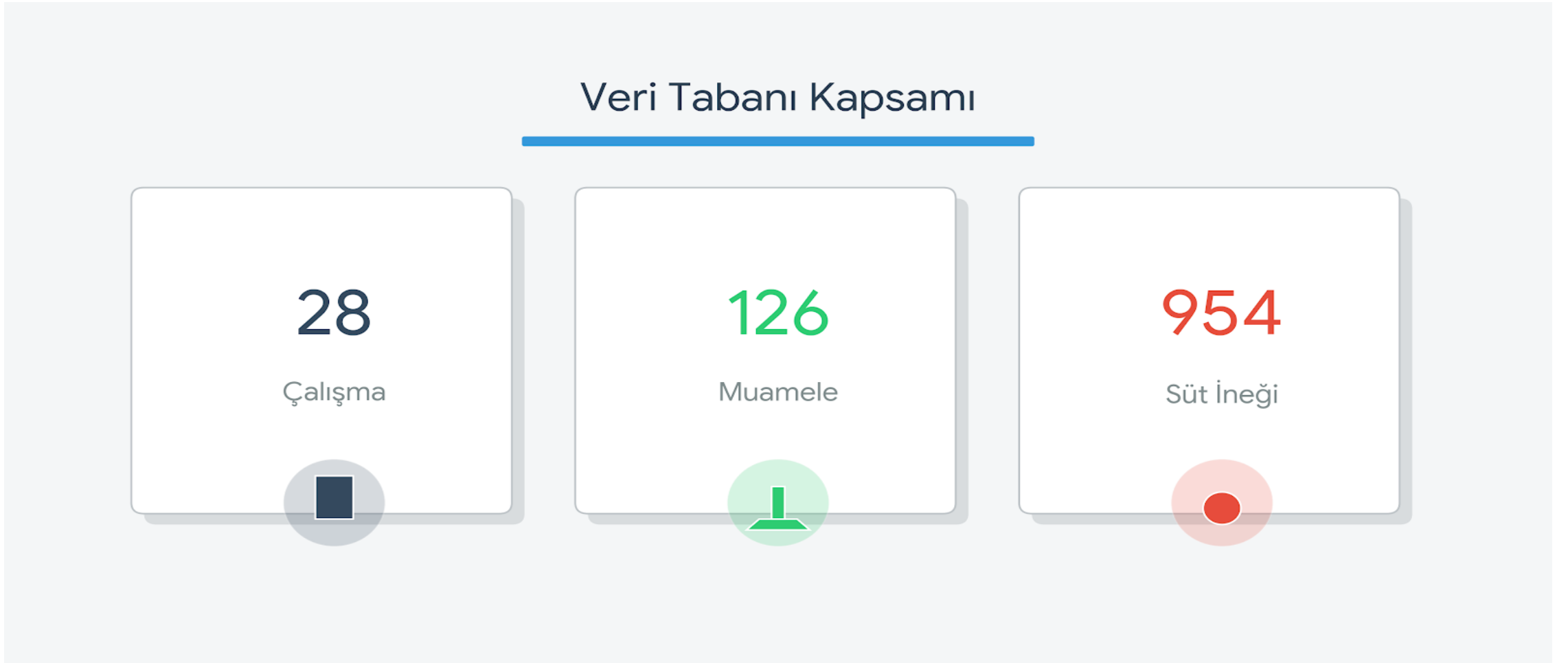
LİTERATÜR TARAMA VE VERİTABANI OLUŞTURMA SÜRECİ



Anahtar Kelimeler: Kuru Madde Tüketimi, Süt İneği



- Veri tabanında 28 çalışmada 126 muamelenin uygulandığı 954 baş süt ineği bilgileri bulunmaktadır. Veri tabanına ait tanımlayıcı istatistikler izelge 1'de verilmiştir.



Çizelge 1. Veri tabanına ait tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ortalama	En küçük	En büyük	Medyan	Standart hata
Laktasyon sayısı	2.4	1	5	2.3	0.08
Yaş (ay)	42.6	25	77	41.8	0.99
Canlı ağırlık (kg)	553.5	435.3	723	541.4	5.47
Sağılan gün sayısı	112.0	19.3	228.5	115	4.74
Kuru madde tüketimi (kg/gün)	19.3	10.3	32.8	19.5	0.33
Süt verimi (kg/gün)	25.2	14.9	50.9	25.0	0.56
Süt kompozisyonu					
Yağ (%)	3.3	1.5	4.3	3.3	0.05
Protein (%)	3.2	2.7	4.6	3.2	0.03
Laktoz (%)	4.5	2.7	5.6	4.6	0.04

Kuru Madde Tüketim Modelinin Oluşturulması ve Var Olan Modellerle Karşılaştırılması

- Veri tabanındaki çalışmalar toplam inek sayısı dikkate alınarak 80:20 oranında tesadüfi şekilde eğitim (n= 756 baş ineğe ait veri) ve test (n= 198 baş ineğe ait veri) veri setlerine bölünmüştür.
- Eğitim veri setinde 3 farklı kuru madde tüketim modeli geliştirilmiştir. Test veri setinde ise geliştirilen aday KMT modelleri Ülkemizde süt ineklerinin KMT'lerinin tahminlenmesinde yaygın olarak kullanılan NRC(2001) ve NASEM(2021) modelleriyle karşılaştırılmıştır.

- Türkiye'de yaygın olarak kullanılan NRC(2001) ve NASEM(2021) KMT tahminleme modellerinin kullandığı eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$NRC (2001) KMT(kg / gün) = 0.372 \times \%4 \text{ Yağa göre düzeltilmiş süt verimi} + 0.0968 \times \text{Canlı ağırlık}^{0.75} \times (1 - e^{(-0.192 \times (SGS + 3.67))})$$

$$NASEM (2021) KMT(kg / gün) (\text{hayvan verileri ile oluşturulmuş eşitlik}) = [(3.7 + \text{Laktasyon sayısı} \times 5.7) + 0.305 \times \text{Süt enerjisi (Mcal/gün)} + 0.022 \times \text{Canlı ağırlık (kg)} + (-0.689 + \text{Laktasyon sayısı} \times -1.87) \times \text{Vücut kondisyon skoru}] \times [1 - (0.212 + \text{Laktasyon sayısı} \times 0.136) \times e^{(-0.053 \times SGS)}]$$

İstatistiksel Analizler

- Çalışmada istatistiksel analizler için SAS paket programı (Versiyon 9.4, SAS Institute Inc. Cary, NC) kullanılmıştır.
- Aday modeller PROC GLMSELECT ve geriye doğru seçim yöntemiyle oluşturulmuştur.
- Değişken seçimi için Schwarz Bayesian Bilgi Kriteri (SBK) kullanılmıştır.
- Çoklu bağlantılılık VIF ile kontrol edilmiş, $VIF > 5$ olan değişkenler modelden çıkarılmıştır.
- Modeller Determinasyon Katsayısı (R^2), Tahmin Hata Kareler Ortalaması (THKO), Ortalama Sapma, Sapma Düzeltme Faktörü (SDF), Konkordans Korelasyon Katsayısı (KKK) ve Akaike Bilgi Kriteri (ABK) ölçütleriyle karşılaştırılmıştır.

Bulgular

- Eğitim ve test veri setlerinin bölümlenmesinde sistematik bir hata olup olmadığını incelemek için yapılan istatistiksel test sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Sonuçlara göre değişkenler açısından veri setleri arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır (tüm değişkenler için $P > 0.05$)

Çizelge 2. Veri setlerinde yer alan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

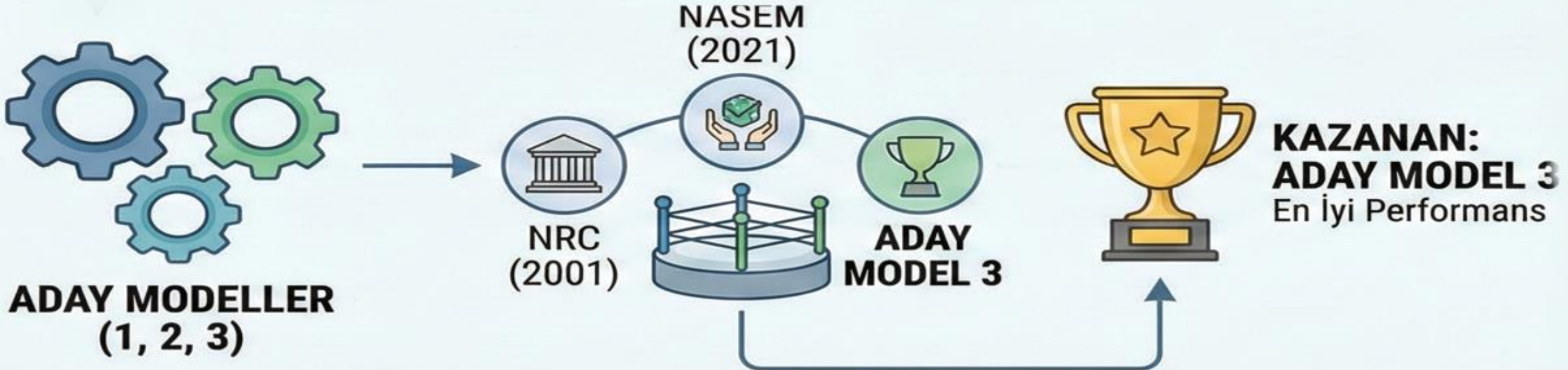
Değişken	Veri setleri		SEM ¹	P
	Eğitim	Test		
n	756	198		
Laktasyon sayısı	2.3	2.4	0.17	0.122
Yaş (ay)	41.9	43.1	2.17	0.255
Canlı ağırlık (kg)	565.0	569.2	11.73	0.363
Sağılan gün sayısı	103.8	100.4	9.56	0.643
Kuru madde tüketimi (kg/gün)	19.8	19.7	0.78	0.924
Süt verimi (kg/gün)	26.3	27.0	1.33	0.183
%4 Yağa göre düzeltilmiş süt verimi (kg/gün)	24.0	24.2	1.23	0.546
Süt kompozisyonu				
Yağ (%)	3.4	3.3	0.09	0.326
Protein (%)	3.2	3.2	0.05	0.645
Laktoz (%)	4.6	4.6	0.07	0.660

¹ SEM: ortalamaların havuzlanmış standart hatası.

- Test veri setinde karşılaştırılan modeller arasında en yüksek performans Aday Model 3'te görülmüştür. Bu modelin kullandığı eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$KMT \text{ (kg/gün)} = -6.199 + 0.013 * \text{Canlı ağırlık} + 0.029 * \text{Sağılan gün sayısı} + 0.461 * \text{Süt verimi} + 1.087 * \text{Süt proteini(\%)}$$

BÖ3: MODEL GELİŞTİRME VE KARŞILAŞTIRMA.

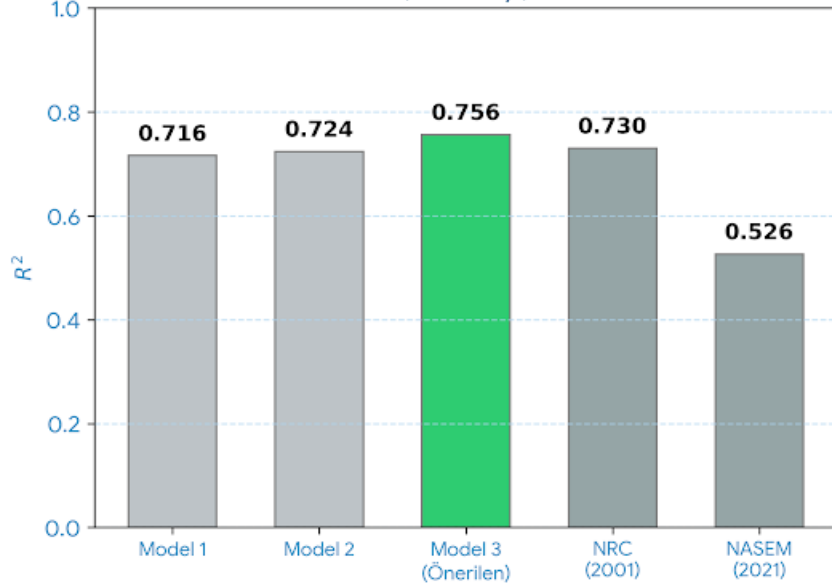


Çizelge 3. Aday modeller ve referans modellerin performanslarının karşılaştırılması

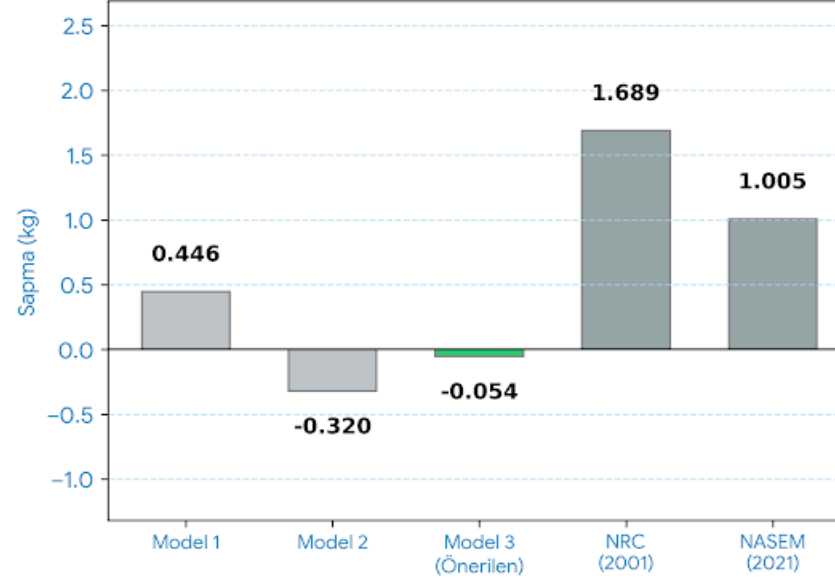
Kuru Madde Tüketim Modeli		Ortalama	Standart	R ²	THKO	Ortalama	SDF	KKK	ABK
			sapma			a sapma			
Gözlenen KMT -	(kg/gün)	19.9	3.93	-	-	-	-	-	-
Aday Model_1	-0.264+0.069 × Metabolik vücut büyüklüğü + 0.024 × Sağılan gün sayısı + 0.388 ×%4 Yağa göre düzeltilmiş süt verimi	19.4	2.59	0.716	4.918	0.446	0.911	0.771	112.82
Aday Model_2	-14.944+0.416 × Laktasyon sayısı + 0.015 × Canlı ağırlık + 0.024 × Sağılan gün sayısı + 0.437 × Süt verimi – 1.362 × Süt yağı + 1.611 × Süt laktozu	20.2	3.30	0.724	4.198	-0.320	0.981	0.835	112.18
Aday Model_3	-6.199 + 0.013 × Canlı ağırlık + 0.029 × Sağılan gün sayısı + 0.461 × Süt verimi + 1.087 × Süt proteini	19.9	3.27	0.756	3.642	-0.054	0.983	0.855	109.11
NRC(2001)	(0.372 × %4 Yağa göre düzeltilmiş süt verimi +0.0968 × Canlı ağırlık ^{0.75}) × (1-e ^{(-0.192×(SGS+3.67))})	18.2	2.66	0.730	7.326	1.689	0.824	0.704	111.64
NASEM(2021)	[(3.7+Laktasyon sayısı×5.7)+0.305×Süt enerjisi (Mcal/gün)+0.022×Canlı ağırlık (kg)+(-0.689+Laktasyon sayısı×-1.87)×Vücut kondisyon skoru]×[1-(0.212+Laktasyon sayısı×0.136)×e ^(-0.053×SGS)]	18.8	2.52	0.526	8.228	1.005	0.866	0.628	125.64

KMT Tahmin Modelleri Performans Karşılaştırması (Tüm Metrikler)

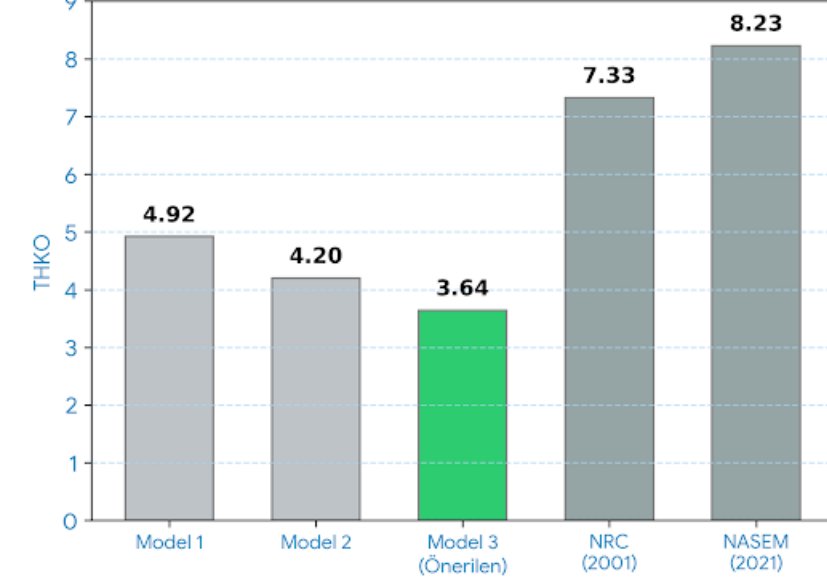
Determinasyon Katsayısı (R^2)
(Yüksek iyi)



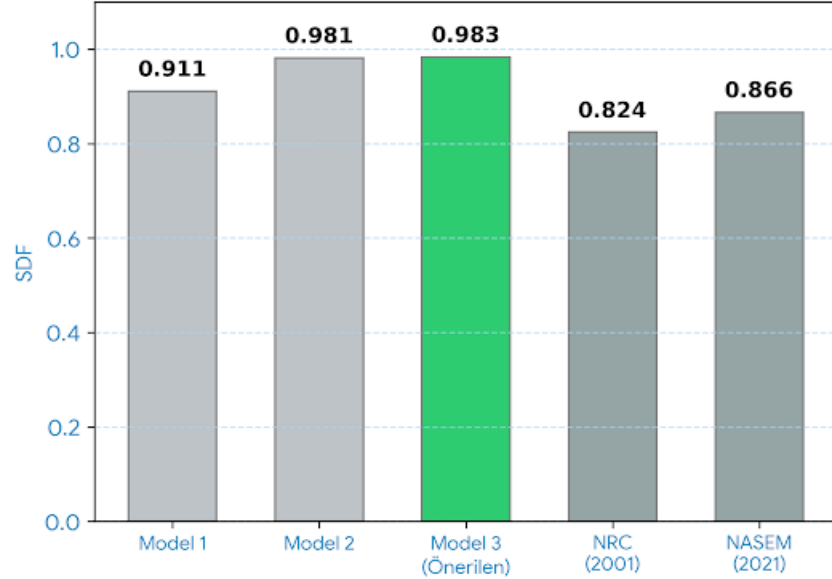
Ortalama Sapma (kg/gün)
(Sıfıra yakın iyi)



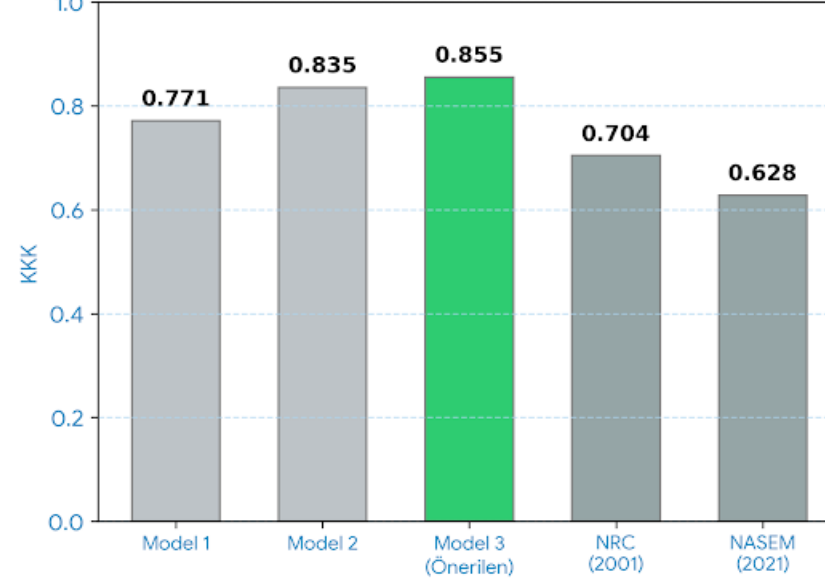
Tahmin Hata Kareleri Ort.
(THKO) (Düşük iyi)



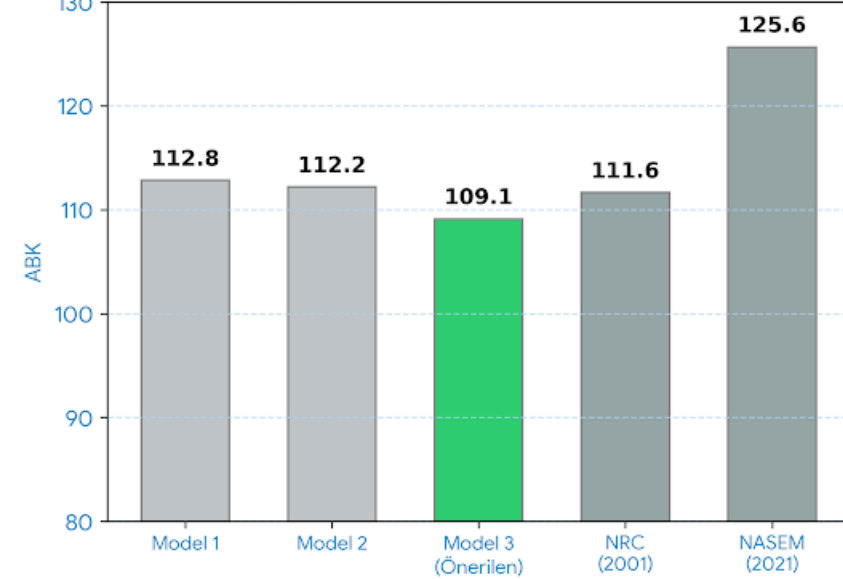
SDF Değerleri
(Yüksek iyi)



Konkordans Korelasyon Kat.
(KKK) (Yüksek iyi)



Akaike Bilgi Kriteri (ABK)
(Düşük iyi)

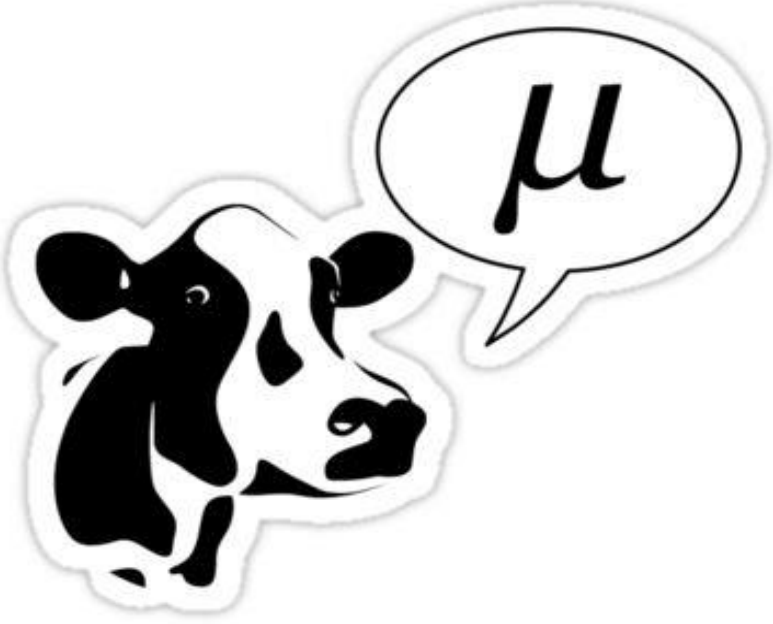


Tartışma ve Sonuç

- Geliştirilen modellerden 3 numaralı aday modelin diğer KMT tahmin modellerinden daha yüksek başarı sağladığı tespit edilmiştir.
- Model 3'te süt proteininin önemli bir tahmin değişkeni olarak yer alması literatürle uyumludur (Roseler ve ark. (1997) ve de Souza ve ark. (2019)). Ayrıca, NRC (2001) ve NASEM (2021) modellerinin geliştirildiği veri tabanlarındaki genetik yapı, yem tipi ve çevresel koşulların Türkiye'den farklı olması, bu modellerin ülkemiz verilerinde tahmin hatasına yol açmasının temel nedeni olabilir.
- Sonuç olarak, ulusal veri havuzuna dayalı geliştirilen Aday Model 3'ün hem istatistiksel hem de pratik açıdan en yüksek performansı sergilediği belirlenmiştir. Bu modelin saha koşullarında da kolaylıkla uygulanabilir olması, Türkiye'deki süt sığırcılığı işletmelerinde besleme planlaması ve modelleme çalışmalarına katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Cebeci Z, Tekeli E, Tahtalı Y. Tarım, Gıda ve Yaşam Bilimlerinde R İle Makine Öğrenmesi ve Veri Madenciliği. 1. Basım. Ankara: Atlas Akademik Basım Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti.; 2022.
- NASEM. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academies Press; 2021. <https://doi.org/10.17226/25806>.
- NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washington, DC: The National Academies Press; 2001. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- Roseler DK, Fox DG, Chase LE, Pell AN, Stone WC. Development and Evaluation of Equations for Prediction of Feed Intake for Lactating Holstein Dairy Cows. J Dairy Sci 1997;80. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76010-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76010-7).
- de Souza RA, Tempelman RJ, Allen MS, VandeHaar MJ. Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows. J Dairy Sci 2019;102. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16176>.
- Tedeschi LO. Assessment of the adequacy of mathematical models. Agric Syst 2006;89:225–47. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.004>.



Dinlediđiniz İçin
Teřekkür Ederim...

Poyraz Yaşar Bozkaya
Uğur Serbester
Zeynel Cebeci

