

ERU-Sat Model Uydu ile Kentsel Hava Kalitesinin Dikey Profillemesi ve Makine Öğrenimi Destekli Analizi

Ali Berkant EKER¹, Raziye YENER¹, Yunus YARDIM¹, Nesibe ÖZEL¹

¹Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

1. ÖZET

Sabit hava kalitesi istasyonları, atmosferin alt katmanlarındaki dikey değişimleri yeterince temsil edememektedir. Bu çalışmada ERU-Sat kullanılarak 10–100 m aralığında mikroiklim ve hava kalitesi parametreleri dikey olarak ölçülmüş, elde edilen veriler makine öğrenmesi yöntemleriyle analiz edilmiştir. Ölçümler, PM2.5 değerlerinin genel olarak irtifayla arttığını göstermiştir.

2. YÖNTEM

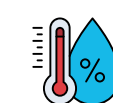
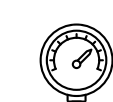
2.1 ERU-SAT MOBİL ÖLÇÜM PLATFORMU

Yaklaşık 10 x 10 x 10 cm boyutlarında 1U Cubesat form faktöründedir. Platformda birçok çevresel ve navigasyon sensörü yer almakta, veriler RF900 telemetri ağırlantısı ile gerçek zamanlı olarak yer istasyonuna aktarılmaktadır.

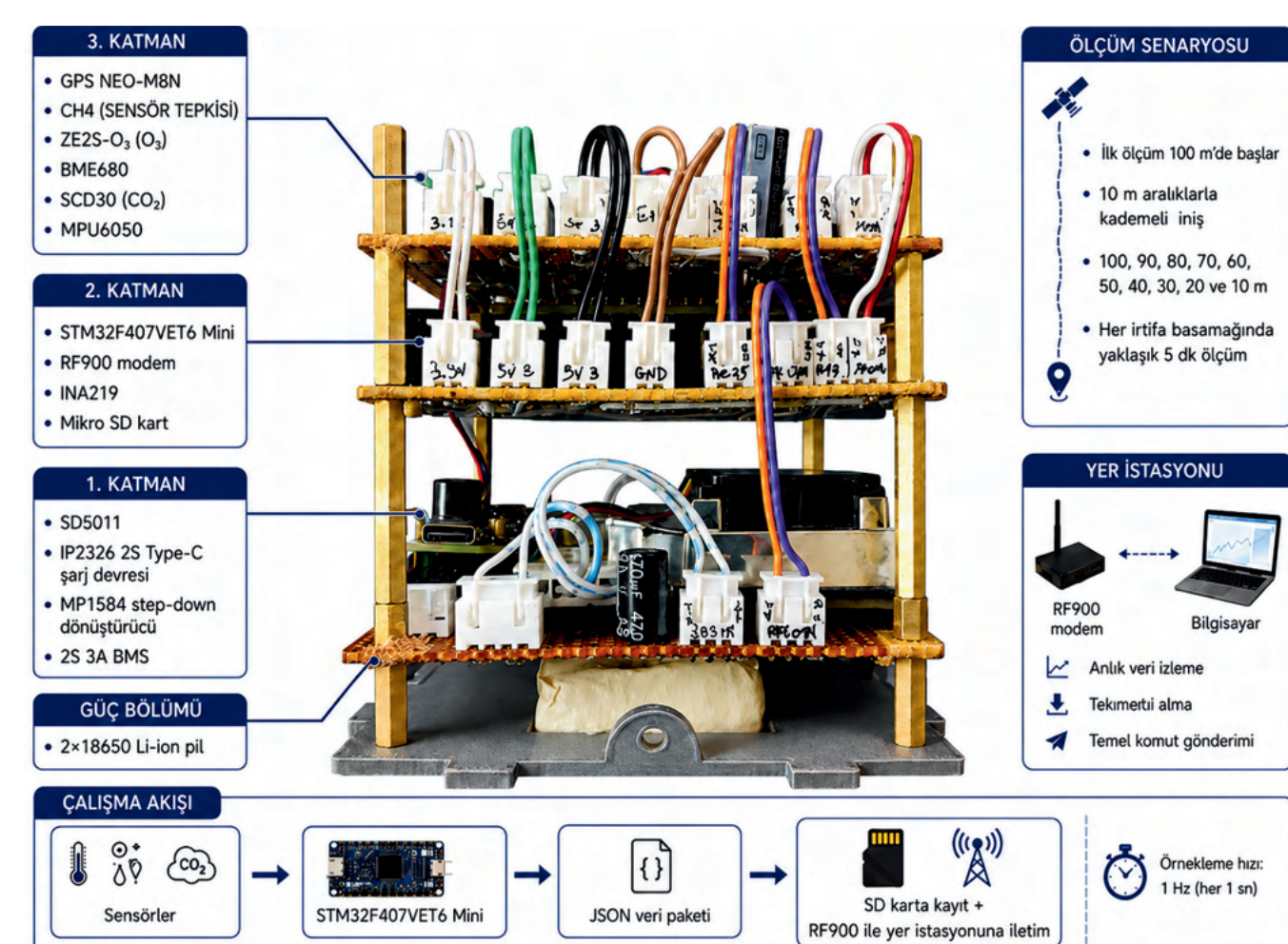


Şekil 1. ERU-Sat Model Uydu platformunun tasarımı ve görünümü

2.2 SENSÖRLER

	Sıcaklık & Bağıl Nem	= BME680
	Basınç	= BME 680
	CO2 (Karbondiyoksit)	= SCD30
	O3 (Ozon)	= ZE25-O3
	Partikül Madde (PM2.5&PM10)	= SDS011
	GPS/İrtifa	= NEO-M8N
	İvme & Jiroskop	= MPU6050

2.3 SİSTEM MİMARİSİ

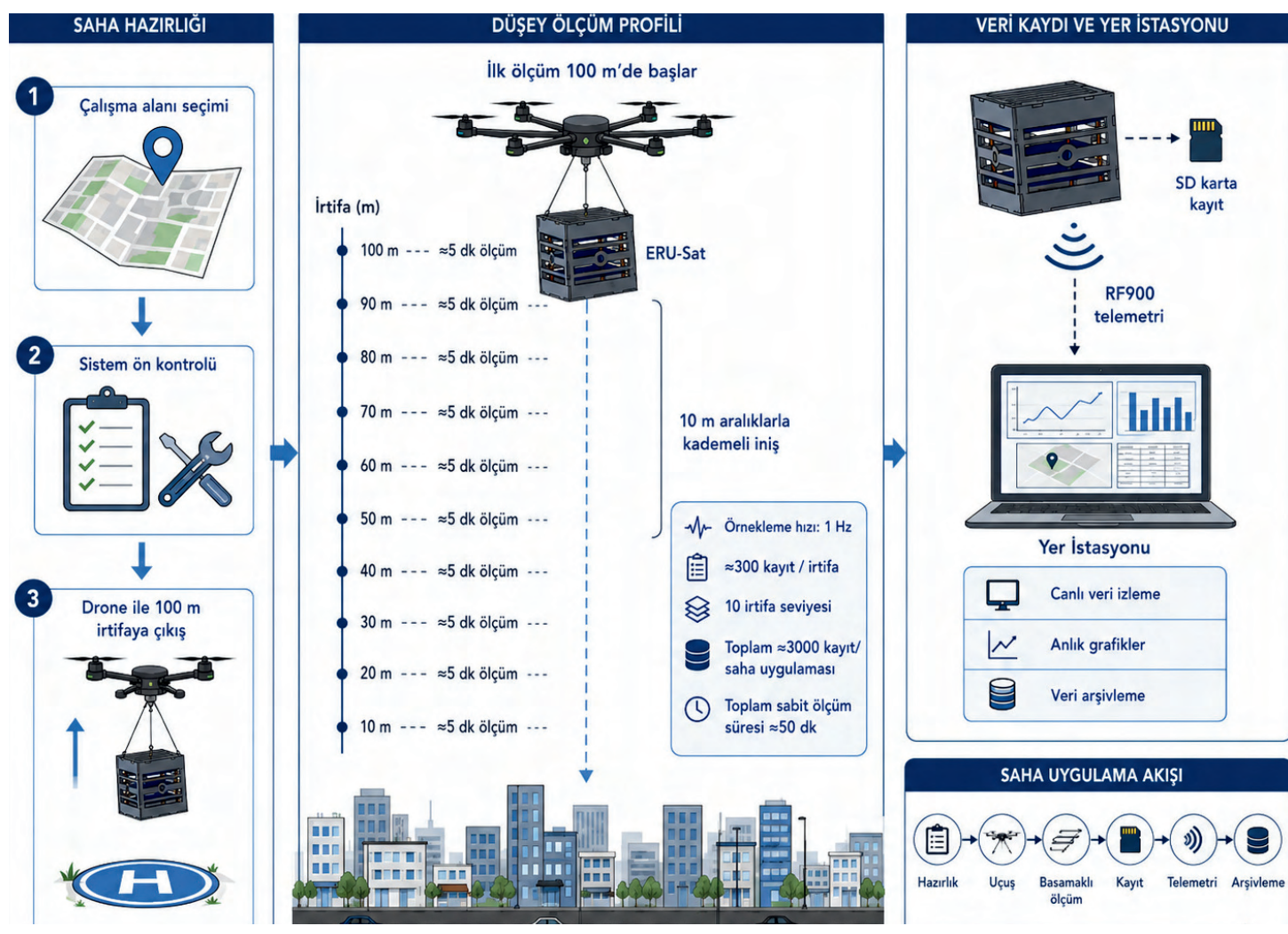


Şekil 2. ERU-Sat Model Uydu platformu Temel Sistem Mimarisi

2.4 DİKEY ÖLÇÜM YÖNTEMİ

- Model Uydu, İHA ile 100m irtifaya çıkarılmıştır.
- 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10 m seviyelerinde ölçüm alınmıştır.
- Her irtifa basamağında ~ 5 dk sabit kalmış ve ~ 1 Hz örnekleme ile her katmanda 300 kayıt toplanmıştır.
- Uçuşlar, 23-26 Temmuz 2026 tarihlerinde Erciyes Üniversitesi yerleşkesinde gerçekleştirilmiştir.

2.5 DİKEY ÖLÇÜM SENARYOSU



Şekil 3. Sistem Dikey Ölçüm Senaryosu

3. UYGULAMALAR

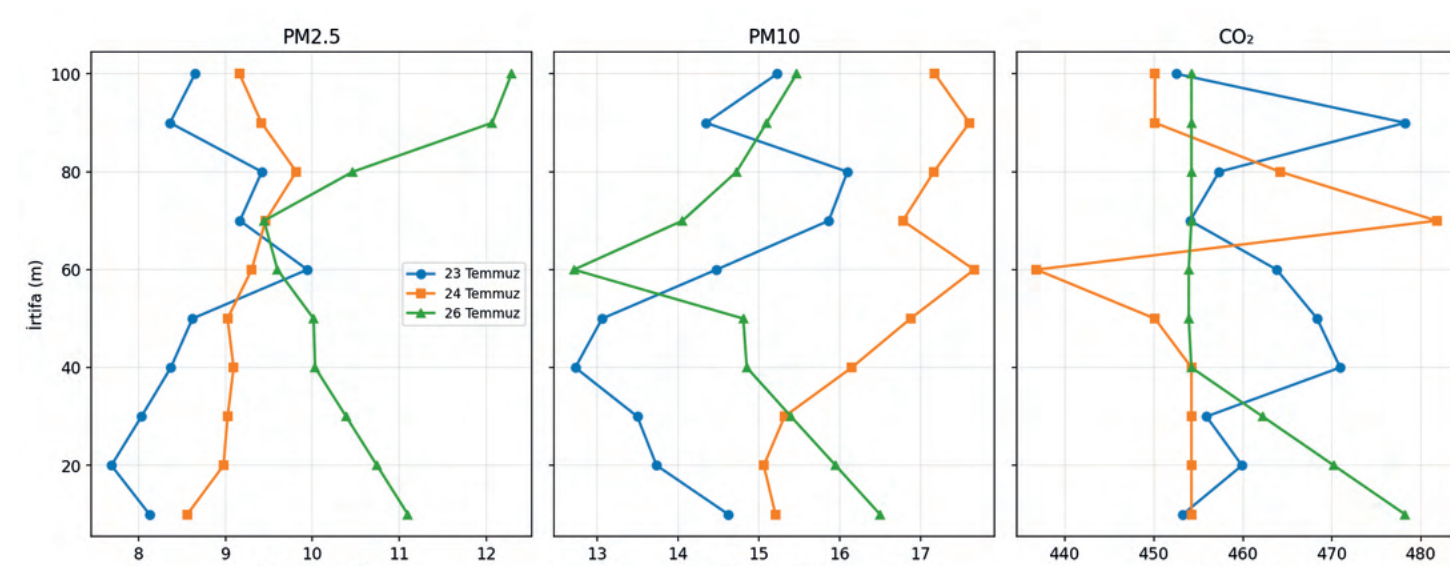
3.1 SAHA UYGULAMASI



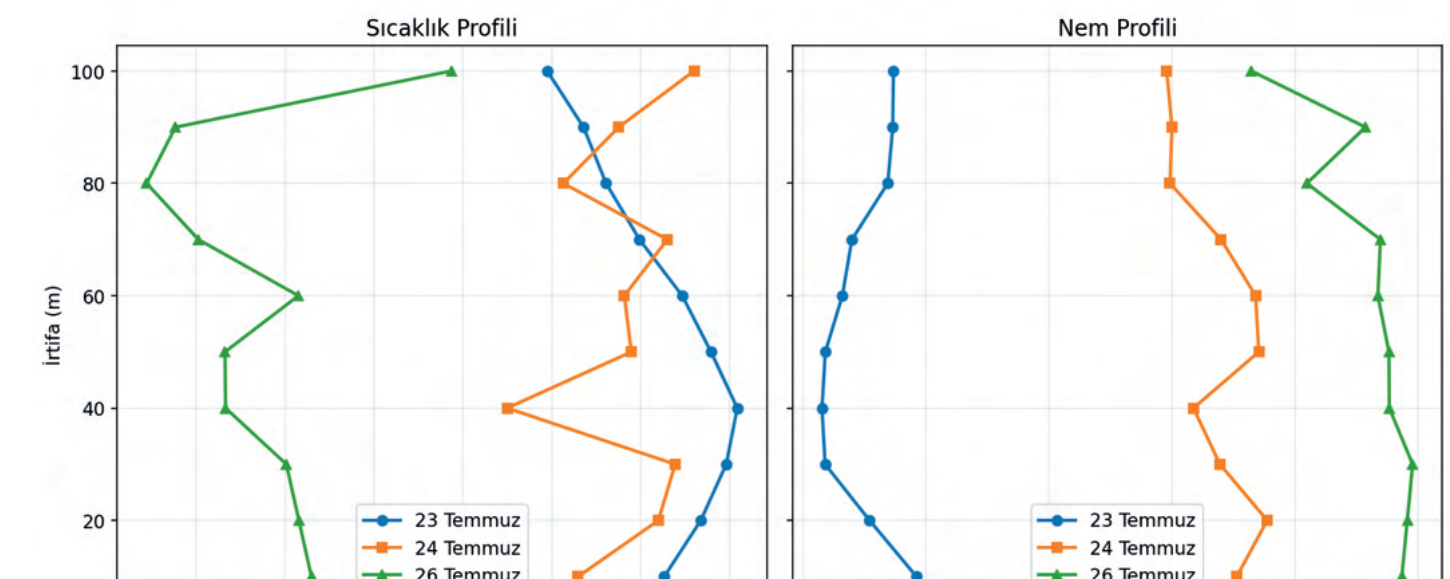
Şekil 4. Saha uygulamaları sırasında taşıma hattının ve proje ekibinin havadan görünümü

4. BULGULAR

a) DİKEY PROFİL BULGULARI



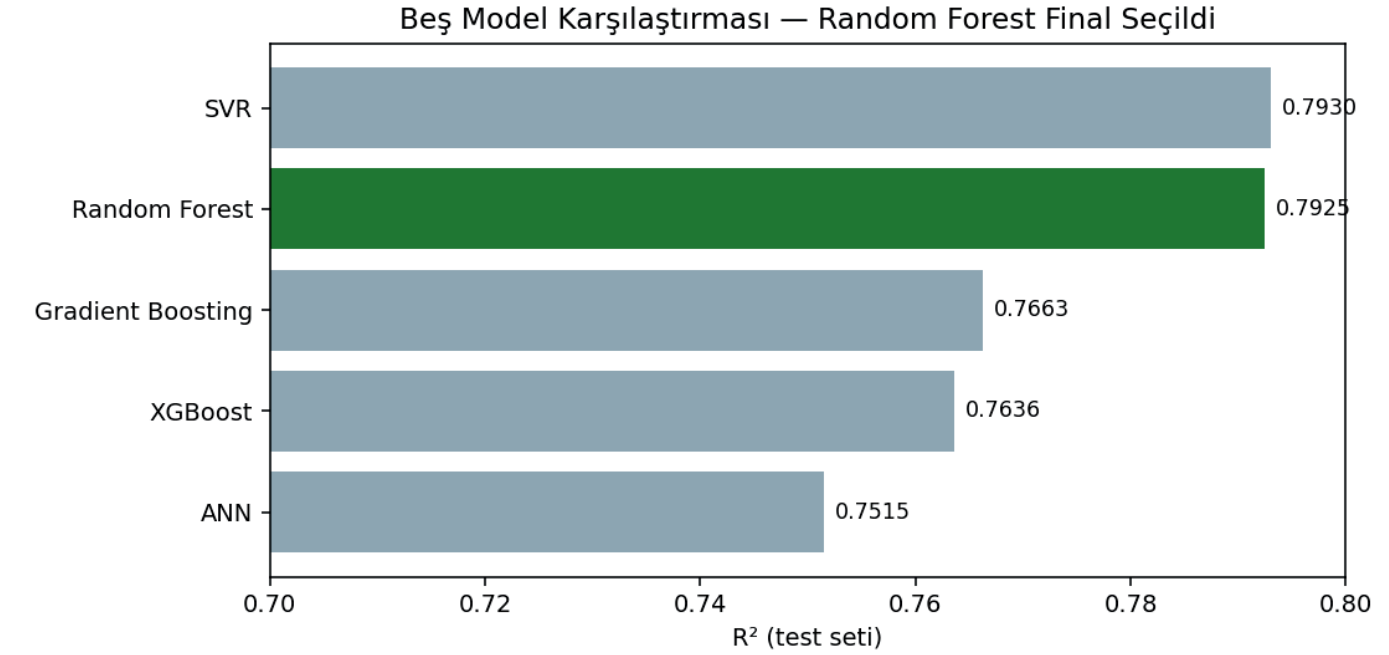
Şekil 5. ERU-Sat ile 10 - 100 m irtifa aralığında ölçülen mikroiklim ve hava kalitesi parametrelerinin dikey profilleri



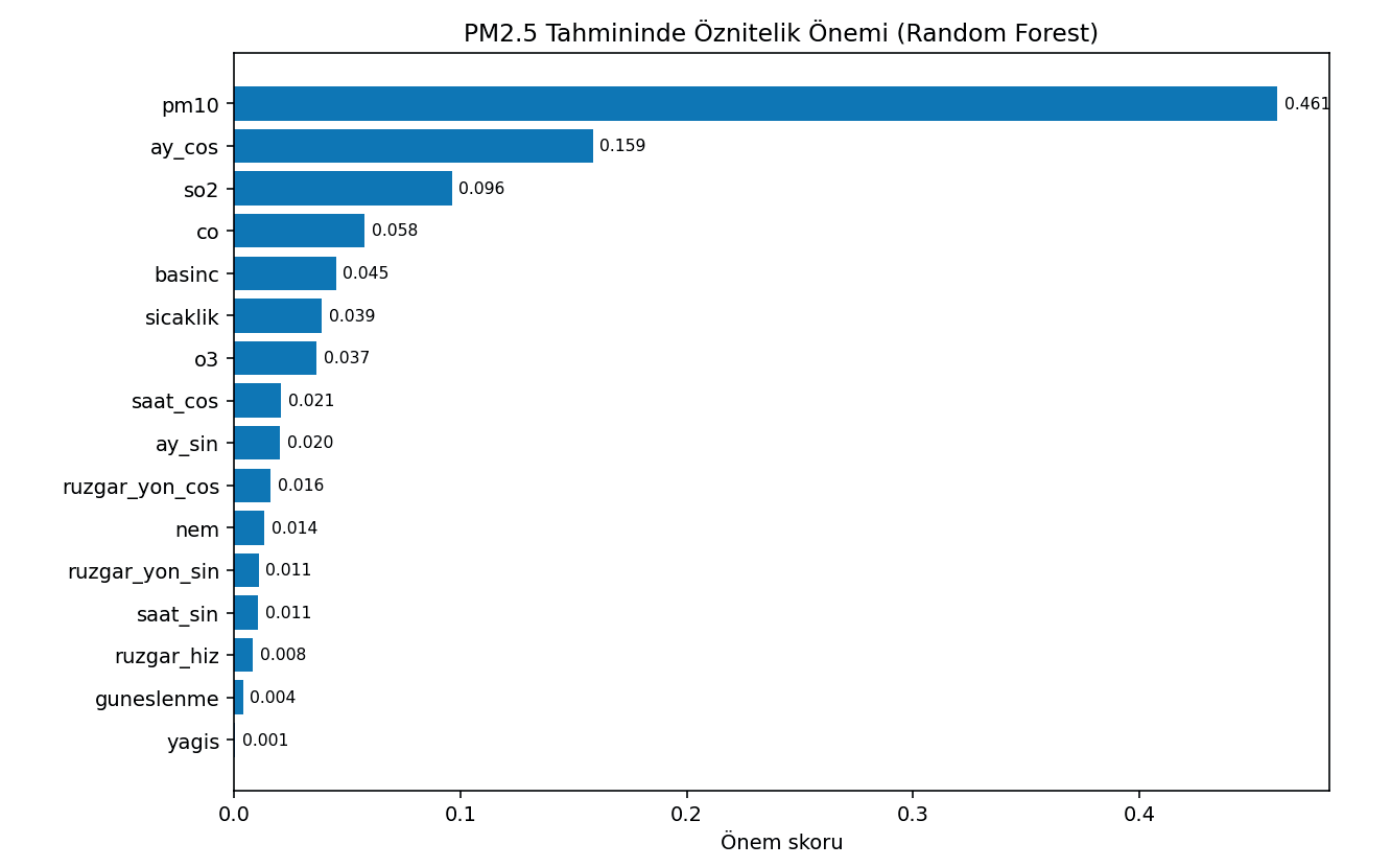
Şekil 6. Üç profil için sıcaklık ve bağıl nemin irtifaya göre dikey dağılımı

b) MAKİNE ÖĞRENMESİ BULGULARI

2021–2025 dönemine ait yer seviyesi verileri kullanılarak SVR, Rastgele Orman, Gradyan Artırma, XGBoost ve YSA modelleri karşılaştırılmıştır.



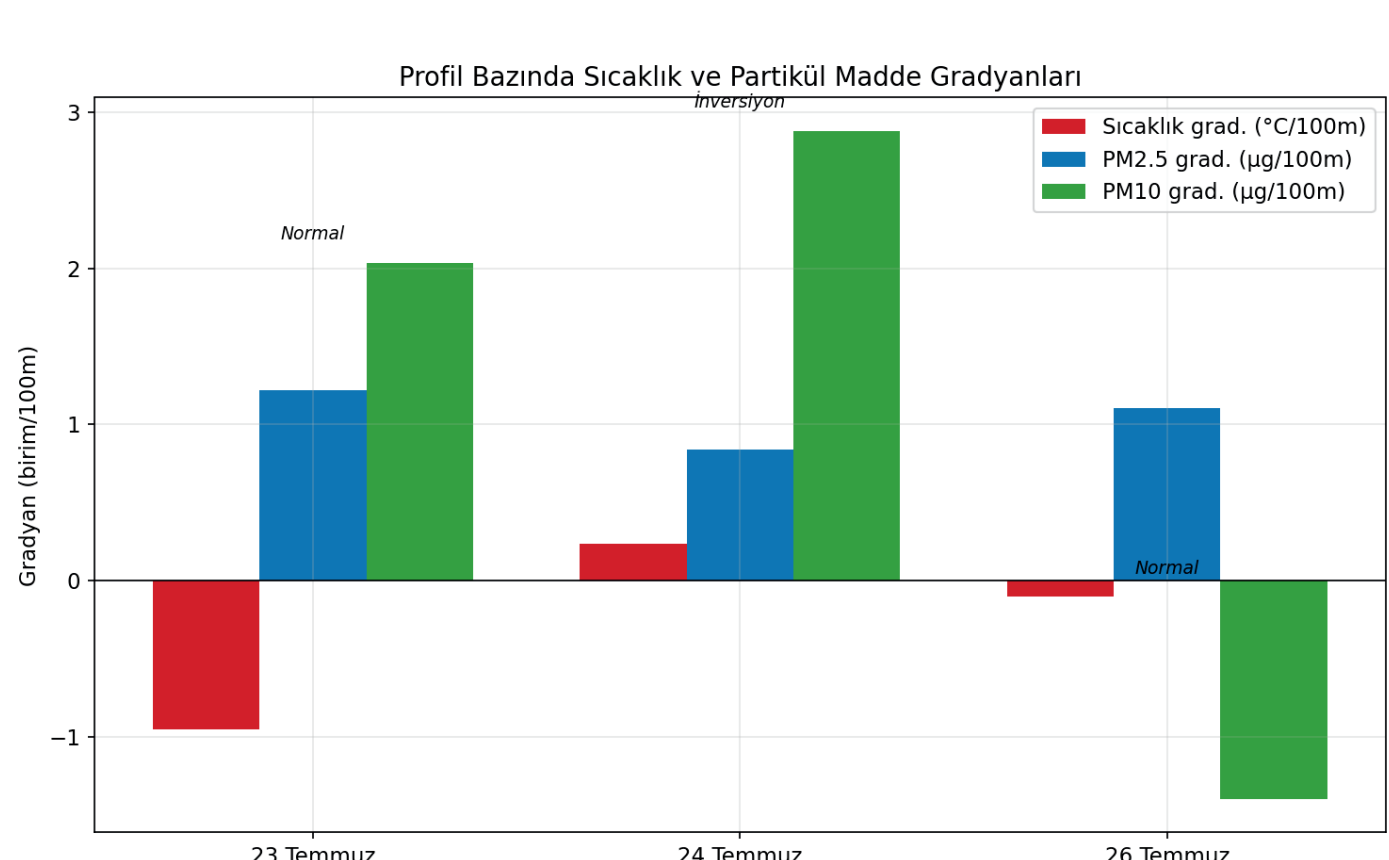
Şekil 7. Beş makine öğrenmesi modelinin sınav kümesindeki R² değerlerine göre karşılaştırılması.



Şekil 8. Nihai rastgele orman modelinden elde edilen öznitelik önem değerleri

Rastgele Orman modeli, düşük hata değerleri ve yorumlanabilirliği nedeniyle nihai model olarak seçilmiştir.

c) PROFİL GRADYANTLARI BULGULARI



Şekil 9. Profil bazında sıcaklık ve partikül madde gradyanları.

5. SONUÇ

- ERU-Sat ile 10–100 m aralığında mikroiklim ve hava kalitesi parametrelerine ait dikey profiller başarıyla elde edilmiştir.
- PM2.5 ve PM10 değerlerinin genel olarak irtifa ile artış gösterdiği belirlenmiştir.
- Projenin sonraki geliştirme aşamasında, farklı bölgelerde ve meteorolojik koşullarda tekrarlı dikey ölçümlerin gerçekleştirilmesi, veri setinin genişletilmesi ve gerçek zamanlı çevresel risk değerlendirmesine yönelik makine öğrenmesi altyapısının geliştirilmesi hedeflenmektedir.