



## OTOMASYONLU BİR SERANIN WEKA PROGRAMI İLE ENERJİ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

\*Ali BÜYÜKMERT<sup>1</sup>, Yüksel AYDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Aydın

(Geliş/Received: 18.10.2024, Kabul/Accepted: 04.11.2024, Yayınlanma/Published: 31.12.2024)

### ÖZ

Günümüzde enerji, ülkelerin gelişmişlik düzeyini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Her geçen gün enerjiye olan bağımlılığımız daha da artmaktadır. Enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmış ve buna bağlı olarak mevcut enerjiyi etkin kullanmayla ilgili de çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda her geçen gün önemi daha da artan tarımsal üretimde kullanılan enerjinin de etkin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmayla topraksız tarım yapan seranın enerji tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma yapılan sera Aydın-Denizli il sınırında bulunmakta olup ve yaklaşık 50000 m<sup>2</sup> kapalı alana sahiptir. Serada domates yetiştirilmektedir. Seranın iklim şartlarının sağlanması, besleme solüsyonunun hazırlanması ve solüsyonun besleme tesislerine aktarım işlemleri otomatik sistemler aracılığıyla yapılmaktadır. Analiz için 2021-2023 yılları arasında seranın faal olduğu zamandaki veriler kullanılmıştır. Bu veriler dış ortam sıcaklığı, nem oranı, radyasyon değeri, yayılı radyasyon değeri, rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk süresi, güneşlenme süresi, hava basıncı, domatesin gelişim periyotları ve elektrik tüketimidir. Elektrik tüketimindeki artışı etkileyen faktörler Weka programı rastgele karar ağacı (random tree) algoritması ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda enerji tüketiminin artmasını etkileyen en önemli faktörün domatesin gelişim periyotları olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Enerji Tüketimi, Sera, Weka, Sınıflandırma.

## ANALYSIS OF THE FACTORS AFFECTING ENERGY CONSUMPTION OF A FULLY AUTOMATED GREENHOUSE WITH THE WEKA PROGRAM

### ABSTRACT

Today, energy is one of the important factors affecting the development level of countries. Every day our dependence on energy increases. Due to the limited availability of energy sources, interest in renewable energy sources has increased recently, and there has been a lot of work done on using existing energy effectively. In this context, the energy used in agricultural studies, which is increasing in importance every day, should be used effectively. With this study, it is aimed to determine the factors that affect the energy consumption of the greenhouse that makes soilless agriculture. The working greenhouse is located on the province border of Aydın-Denizli and has a closed area of about 50000 m<sup>2</sup>. Providing the climatic conditions of the greenhouse, preparing the feed solution and transferring it to the feeding facilities of the solution are carried out through automated systems. Between 2021 and 2023, data from the greenhouse's active period was utilized for the analysis. These data include outdoor temperature, humidity, radiation value, diffuse radiation value, wind speed, wind direction, cloudiness time, sunbathing time, air pressure, tomato development periods and electricity consumption. The factors affecting the increase in electricity consumption were analyzed by the Weka program random tree algorithm. As a result of the study, it was concluded that the most important factor affecting the increase in energy consumption was the development periods of the tomato.

**Keywords:** Energy Consumption, Greenhouse, Weka, Classification.

## 1. Giriş (Introduction)

Dünyada enerji tüketimi her geçen yıl artmaktadır. Son 40 yılda birincil enerji tüketimindeki küresel bazdaki artışla birlikte fosil yakıtların kullanımı da oldukça fazla olmuştur. Dünya enerji senaryolarına göre önümüzdeki günlerde enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin hızla ayrışacağı vurgulanmıştır. Bu durum, teknolojiyle ilgili gelişimin daha hızlı olmasıyla daha da belirginleşecektir [1]. Ülkelerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi kısıtlı fosil yakıtlardan sağlaması, çevre kirliliğinin başlıca nedenidir [2]. Bu nedenle yenilenebilir enerji kullanımı, çevre ve sürdürülebilir kalkınma için çok önemlidir. Dünya genelinde yenilenebilir enerji tüketimindeki artış, 2012 – 2021 yılları arasında yaklaşık 4 kat artmıştır [3]. Ülkemizde de yenilenebilir enerji üretimi her geçen gün artmaktadır [4]. Küresel ekonomik büyümenin aynı oranlarda artacağı düşünüldüğünde, 2050 yılında dünyanın 1000 EJ birincil enerjiye ihtiyaç duyacağı tahmin edilmektedir. 2030 yılından sonra fosil yakıt ve nükleer yakıt kullanımındaki problemlerden dolayı, söz konusu enerjinin büyük oranı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması gerekecektir [5-7].

Ülkemizde enerji tüketim yerlerinden bir diğeri de tarımsal üretim tesisleridir. Soğuk mevsimlerde istenilen iklim şartlarının sağlanabilmesi için seraların ısıtılması gerekmektedir. Seralarda yetiştirilen bitkinin sağlıklı gelişimi için ısıtmanın düzenli bir şekilde yapılması gerekir. Ülkemizin ılıman bölgelerinde yapılan seracılıkta da ısıtma yapılmak zorundadır ve buralarda bile ısıtma masrafı üretim giderleri içinde ciddi bir paya sahiptir [8]. Topraksız tarım yapan tam otomasyon seralarda ısıtmanın yanı sıra bitki gelişiminin istenilen düzeyde olması için gerekli olan besleme suyunun hazırlanması ve bitkilere iletimi için fazladan enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada özellikle tam otomasyon seralarda enerjinin etkin kullanımı üretim maliyetlerini ciddi oranda düşürecektir. İhtiyaç duyulan bu enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlandığı takdirde daha çevreci bir çözüm bulunmuş olacaktır.

Bu süreçte yenilenebilir enerji kullanımına yönelirken enerji tüketim yerlerinin de mevcut enerjiyi verimli bir şekilde kullanması büyük önem arz etmektedir [9]. Endüstriyel büyüme ile enerji tüketimi doğru orantılıdır. Ancak yapılan çalışmalarda enerji verimliliğinin, bu büyümenin sonucu olarak ortaya çıkacak olan sera gazı emisyonunu telafi edecek düzeyde olduğu gösterilmektedir [10].

Enerjiyi verimli kullanabilmek için tesisin enerji tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi de son derece önemlidir. Bu çerçevede, veri madenciliği, yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi gibi sezgisel algoritmalarla daha sağlıklı analizlerin yapılması mümkün olacaktır.

## 2. Seralarda Enerji Tüketimi (Energy Consumption in Greenhouses )

Seralar, dış ortamdan bağımsız, bitki yetiştirilmesine uygun iklim koşullarının sağlandığı tarımsal üretim yapan tesislerdir. Enerjinin pahalı olduğu günümüzde seralarda bitki yetiştirerek ürün elde etmek oldukça masraflıdır[8]. Tam otomasyon seralarda ısıtma ve bitki besin solüsyonu sistemi için gerekli olan enerji tüketim giderleri, seranın üretim giderleri üzerinde çok büyük bir paya sahiptir. Isıtma giderleri toplam işletme giderlerinin %20-80'i arasında olmaktadır [11].

Ülkemizde artan nüfus hızı ve tarım alanlarının sınırlı olmasından dolayı her geçen gün artan gıda talebini karşılayabilmek için seralara yönelik özel önlemler alınmaktadır. Bu önlemler arasında meyve ve sebzelerin düşük üretim maliyetleri çerçevesinde yetiştirilmesi de bulunmaktadır. Sektörel sürdürülebilirliğin sağlanması adına seraların yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması ve topraksız tarımın yaygınlaştırılması gibi gelişmeler teşvik edilmektedir [12].

Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde enerjinin etkin kullanımına yönelik alınması gereken tedbirlerin seranın ısıtma sistemine yönelik olduğu görülmektedir. Ancak günümüzde topraksız tarımın enerji ve iş gücü tasarrufu, toprak kirlenmesinin engellenmesi, topraklı tarıma göre birim alandan daha çok ürün elde edilmesi, bitki yetiştirmek için verimli toprak ihtiyacının ortadan kalkması ve benzeri birçok avantajı nedeniyle topraksız üretim yapan sera sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle seralarda ısınmanın yanı sıra bitki için gerekli olan besin solüsyonu sistemi için de ciddi bir enerji gerekmektedir. Dolayısıyla enerji tüketimiyle ilgili tedbirler almadan önce, enerji tüketimini etkileyen faktörlerin bilinmesi daha etkili tedbirler almamıza imkan sağlayacaktır.

### 3. Weka Programının (Weka Program)

Weka, java dilinde yazılmış, Yeni Zelanda'daki Waikato Üniversitesi'nde geliştirilen sezgisel arayüze sahip popüler bir makine öğrenme yazılımı paket programıdır [12]. Weka, sezgisel arayüzü sayesinde araştırmacılar arasında oldukça popülerdir. Öğrenme algoritmalarının en optimal sonuçlara ulaşabilmesi için bayes optimizasyon yöntemini kullanarak performansını en üst düzeye çıkarmıştır.

Weka, karar ağacı algoritmaları ile büyük veri kümelerini analiz ederek çok daha anlamlı analizler ve tahminler yapılabilmesini sağlar. En yaygın kullanılan karar ağacı algoritmaları J48 ve Rastgele Karar Ağacı (Random Tree) algoritmalarıdır. Burada Shannon teorisi ile veri sınıflarının en az entropi ve olasılık değerleri hesaplanarak yapılan “böl ve yönet” yöntemine göre yukarıdan aşağıya doğru bir karar ağacı yapısı oluşturulur [13].

Shannon teorisi;

$$P_1 \cdot \log_2 P_1 + P_2 \cdot \log_2 P_2 + P_3 \cdot \log_2 P_3 + \dots P_n \cdot \log_2 P_n \quad (1)$$

$$H = -k \sum_{i=1}^n (p_i \log_2 p_i) \quad (2)$$

P, değişkenlerin olasılığı; H, Shannon aksiyonu (Olayın seçimindeki frekans değerini ifade eder).

Shannon, üretilen bir bilgi için doğruluk derecesini ölçen bir tanım yapmıştır. Shannon teorisine göre entropi, veriler içerisindeki belirsizlikler sayısallaştırılarak rastgele değişkenlerin tahmini yapılır. Bu şekilde Shannon teorisi, makine öğrenmesi karar ağacı oluşturulmasında entropi hesabıyla ağaç oluşumundaki kök düğümlerin tespit edilmesine imkan tanır [14].

### 4. Materyal ve Metot (Material and Method)

Bu çalışma 37°56'44.6"N 28°50'39.7"E koordinatlarında Denizli ili Sarayköy ilçesinde A&S Tarım bünyesinde bulunan serada yapılmıştır. Sera blok ve mesnetli tip olup plastik örtülü 50000 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip, topraksız tarım yapan tam otomasyon bir seradır. Serada domates yetiştirilmekte ve yılda bir ürün alınmaktadır. Sera, Eylül ayından başlayarak Mayıs ayına kadar olan 9 aylık sürede faaldir. İhtiyaç duyulan ısı, jeotermal tesislerinden gelen sıcak sudan sağlanmaktadır. Jeotermal tesislerden gelen sıcak suyun ısı, sera bölgesinde bulunan bir boyler vasıtasıyla ısıtma suyuna aktarılmakta ve sirkülasyon pompaları aracılığıyla ısıtılması istenilen bölgelere gönderilmektedir. Sera iç sıcaklığı, otomatik sistemler aracılığıyla kontrol altında tutulmaktadır.



Şekil 1. A&S Tarım Kuş bakışı görünüş (A&S Tarım Bird's eye view)

Seranın bulunduğu bölgedeki hava verileri Arduino kart aracılığıyla alınmıştır. Hava sıcaklığı, hava basıncı, rüzgar hızı, rüzgar yönü, radyasyon değerleri, bağıl nem, güneşlenme süresi, bulutluluk ve güneş ışınım değerleri Arduino kart aracılığıyla 5 dakika aralıklarla ölçülerek saatlik ortalamaları alınıp kart üzerinde bulunan micro SD karta Excel formatında kaydedilmiştir. Ayrıca Arduino kart üzerinde bulunan gerçek zamanlı saat sayesinde veriler tarih ve saatleriyle birlikte kaydedilmiştir.

Wi-Fi kamera aracılığıyla seranın elektrik sayacı üzerinden 2 yıl boyunca saatlik olarak tüketim değerleri alınmıştır. Tüketim değerleri, kamera kayıtlarının her hafta incelenmesiyle saatlik olarak Excel

dosyasına kaydedilmiştir. Modem aracılığıyla da mobil cihazlar üzerinden kamera kayıtları anlık olarak kontrol edilmiştir. Kamera, hava istasyonu ve Wi-Fi modem için gerekli olan enerji 130 W'lık 12V polikristal yapılı güneş paneli ve 5 adet 12V – 7 amperlik bataryalar kullanılarak kesintisiz ve temiz enerji ile sağlanmıştır.

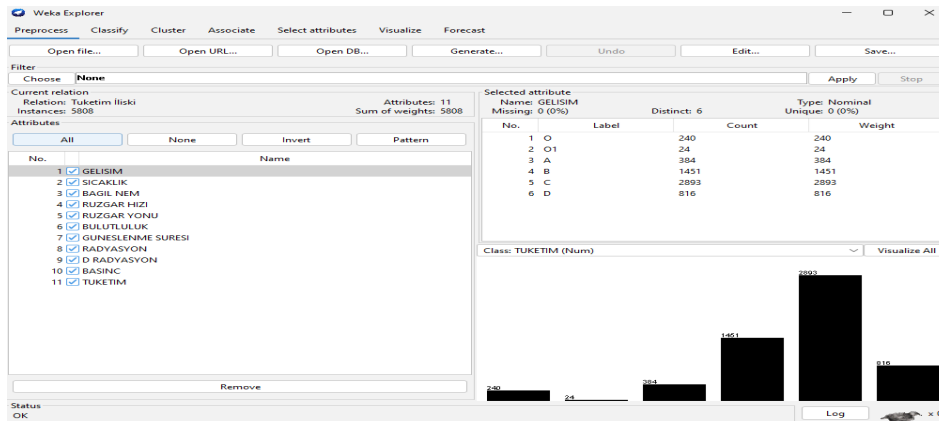


**Şekil 2.** 12V, 130 W, 32 hücreli polikristal yapılı güneş paneli (12V, 130 W, 32-cell polycrystalline solar panel)

Sera, Eylül ayı ile bir sonraki yılın Mayıs ayına kadar olan 9 aylık periyotta faal durumdadır. Analiz için 2021-2023 yılları arasındaki seranın faal olduğu iki periyottaki veriler kullanılmıştır. Domatesin gelişim periyodu, fidenin köklenme süreci, çiçeklenme süreci, meyve oluşum süreci ve hasat süreci olarak dört farklı şekilde kategorize edilerek incelenmiştir.

Weka, sezgisel arayüze sahip popüler bir makine öğrenme yazılımı ve paket programı olması sebebiyle bu çalışma için tercih edilmiştir. Weka programına veri girişi şu şekilde yapılmıştır: Explorer menüsü içerisinde Excel'de hazırlanmış olan veriler csv (Comma Separated Values) formatında girişleri yapılmıştır. Open File seçeneği ile Weka'ya girilen verilerin veri sütunları, nümerik ya da nominal şeklinde kategorize edildikten sonra Weka dosyası (arff) olarak kaydedilmiştir.

Weka programı ile enerji tüketimindeki artış sebeplerinin belirlenmesinde daha anlamlı sonuçlar veren karar ağacı algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar içerisinde daha önce yapılan araştırmalarda yaygın olarak tercih edildiği gözlemlenen rastgele karar ağacı (Random Tree) algoritması kullanılmıştır.



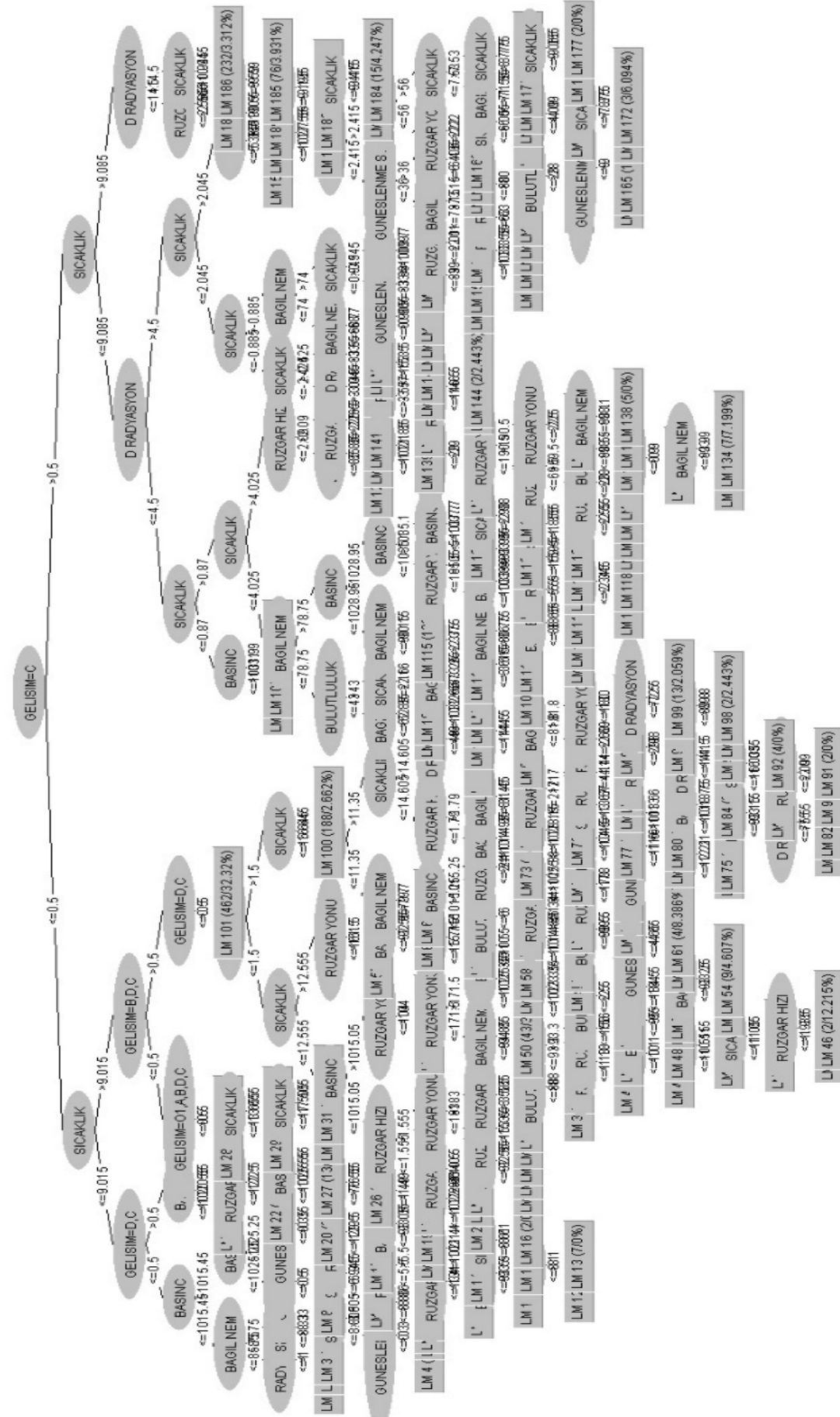
**Şekil 3.** Weka veri girişi ekranı (Weka data entry screen)

No.	1: GELİŞİM (Nominal)	2: SICAKLIK (Numeric)	3: BAĞIL NEM (Numeric)	4: RUZGAR HIZI (Numeric)	5: RUZGAR YONU (Numeric)	6: BULUTLULUK (Numeric)	7: GÜNEŞLENME SÜRESİ (Numeric)	8: RADYASYON (Numeric)	9: D RADYASYON (Numeric)	10: BASINÇ (Numeric)	11: TÜKETİM (Numeric)
1	B	18.53	72.3	4.3	210.0	97.0	0.0	0.0	0.0	1013.7	0.22
2	B	18.46	74.6	3.8	181.0	97.0	0.0	0.0	0.0	1013.8	0.27
3	B	17.76	78.4	1.62	222.0	29.0	0.0	0.0	0.0	1019.5	0.51
4	O	14.88	84.3	1.93	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1016.1	0.56
5	O	16.23	78.8	2.3	85.0	3.0	0.0	0.0	0.0	1015.8	0.61
6	O	16.19	94.2	1.96	156.0	96.0	5.9	0.0	0.0	1012.9	0.66
7	O	16.35	93.9	2.01	153.0	97.0	16.3	31.0	24.0	1012.9	0.67
8	O	15.9	94.8	2.12	171.0	93.0	0.0	0.0	0.0	1013.2	0.69
9	O	18.82	68.4	2.5	94.0	0.0	11.6	0.0	0.0	1015.9	0.7
10	O	15.57	94.2	1.74	166.0	91.0	0.0	0.0	0.0	1012.8	0.7
11	O	16.56	93.4	1.81	173.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1016.4	0.7
12	O	15.95	94.9	1.96	165.0	77.0	0.0	0.0	0.0	1013.2	0.71
13	O	15.21	95.4	1.92	128.0	90.0	0.0	0.0	0.0	1012.9	0.72
14	O	16.58	92.8	1.66	147.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1015.7	0.72
15	O	16.1	92.5	1.61	150.0	95.0	0.0	0.0	0.0	1011.9	0.73
16	O	15.95	94.6	1.04	163.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1016.5	0.73
17	O	15.48	86.7	1.0	126.0	84.0	0.0	0.0	0.0	1020.6	0.73
18	O	17.88	71.9	2.4	89.0	3.0	0.0	0.0	0.0	1016.1	0.74
19	O	14.03	87.0	1.64	104.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1016.0	0.74
20	O	15.84	94.3	0.8	172.0	85.0	0.0	0.0	0.0	1013.5	0.74
21	O	24.5	47.7	2.45	78.0	13.0	35.1	389.0	124.0	1015.8	0.75
22	O	21.05	60.1	2.1	95.0	0.0	55.1	45.0	23.0	1015.5	0.75
23	O	13.41	89.1	1.92	98.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1015.6	0.75
24	O	15.74	95.1	1.3	157.0	79.0	0.0	0.0	0.0	1013.3	0.76

Şekil 4. Weka programına girilen örnek veri seti (The sample data set that was entered in the Weka program)

## 5. Araştırma Bulguları (Research Findings)

Bu çalışmada domates gelişimi, 2021-2023 yılları arasındaki hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk değeri, güneşlenme süresi, radyasyon değeri, yayılı radyasyon değeri, hava basıncı ve enerji tüketimi ile ilgili veriler kullanılmıştır. Her bir veri setinden yaklaşık 5808 adet veri elde edilmiştir. Toplamda Weka ile yaklaşık 63888 adet veri analizi gerçekleştirilmiştir. Weka yapılan sınıflandırma analizlerinde verilerin yaklaşık %80'ini anlamlı bulmuştur. Rastgele ağaç sınıflandırmasında %4.7 kök hatası, karar ağacı ise Şekil 5' teki gibi çıkmıştır.



Şekil 5. Karar ağacı (Decision tree)

Karar ağacının sonuçları incelendiğinde, yukarıda belirtilen veri setlerinin tüketimi etkileyen en önemli faktörün domates fidesinin gelişim periyodu olduğu açıkça görülmektedir. Gelişim periyodunda en fazla

domatesin meyve oluşumu ve hasat sürecinin etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tüketimi etkileyen ikinci faktör ise dış ortam sıcaklığıdır. Üçüncü faktör, domatesin köklenmesi ve çiçeklenme süreci ile yayılı radyasyon değeridir. Etki eden diğer faktörler sırasıyla rüzgar hızı, hava basıncı ve bağıl nem olmuştur.

## 6. Tartışma ve Sonuç (Results and Discussion)

Bu sonuçlara göre meyve oluşumu ve hasat süreci enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörlerdir. Bitki, meyve oluşumu ve olgunlaşma sürecinde daha fazla besine ihtiyaç duyduğu için besin solüsyon sistemi diğer zamanlara nazaran daha fazla çalışmaktadır. Bu nedenle enerji tüketimi artmaktadır.

Enerji tüketimini etkileyen ikinci faktör ise dış ortam sıcaklığıdır. Dış ortam sıcaklığı düştüğünde otomasyon ısıtma sistemini devreye alarak iç sıcaklığı arzu edilen düzeyde tutar. Sıcaklığın yükselmesi durumunda ise fideler suya ihtiyaç duyar ve solüsyon sistemi devreye girer. Bu sebeplerden dolayı dış ortam sıcaklığı enerji tüketiminde önemli bir faktördür.

Bitki, köklenme ve çiçeklenme sürecinde ekstra besine ihtiyaç duyduğu için üçüncü etkileyen faktör olarak domatesin köklenme ve çiçeklenme süreci ile yayılı radyasyonun etkili olduğu gözlemlenmektedir. Yayılı radyasyonun da sıcaklığın 9.085°C üzerinde olduğunda ve radyasyon değerinin 4.5 W/m<sup>2</sup> değerinin üzerinde olduğu durumda enerji tüketimini artırdığı gözlemlenmiştir.

İnceleme yapılan seranın tam otomasyon olması ve seranın ısıtılması için gerekli olan enerjiyi jeotermal kaynaktan sağlamasından dolayı üretim sürecinde toplam enerji tüketiminin çoğunluğunun domates fidesinin gelişim sürecinde harcandığı görülmüştür. Bu da domates fidesinin köklenme, çiçeklenme, meyve oluşumu ve olgunlaşma süreçlerinde besleme solüsyonuna daha fazla ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır.

Seranın enerji tüketimiyle ilgili daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda enerji tüketiminin ana sebebi olarak ısıtma sistemi gösterilmekte ve söz konusu çalışmalarda enerji tüketimini azaltmak için ısıtma sistemine yönelik tedbirler alınması önerilmektedir. Bu çalışmayla topraksız tarım yapan bir seranın enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörün ısıtma sistemi değil, bunun yerine besin solüsyon sistemi olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu çalışma, enerji tüketimini azaltmak için ısıtma sistemlerinin yanı sıra besin solüsyon sistemine yönelik tedbirlerin de alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Günümüzde her geçen gün topraksız tarım yapan sera sayısının hızla arttığı görülmektedir. Verilerin alındığı seranın bulunduğu bölge Denizli/Sarayköy organize sera bölgesi olarak ilan edilmiştir. Bu bölgede ve ülke genelinde yaygınlaşmakta olan bu sektörün enerjiyi daha etkin kullanması adına bu çalışmanın yol gösterici ve özgün olduğunu söylemek mümkündür.

Topraksız tarım yapan seralarda enerji tüketimini azaltmaya yönelik ısıtma ve besin solüsyonu sisteminde kullanılan pompaların elektrik faz frekans değerleri değiştirilerek optimum verim elde edilebilir. Büyük alanlara sahip seralarda solüsyon dağıtım sistemi daha çok zonlara ayrılarak daha etkin ve verimli hale getirilebilir. Otomasyon sisteminde belirli periyotlarla bakım ve kalibrasyonların yapılması da enerji tüketimini azaltacaktır.

Bundan sonraki süreçte seraların toplam elektrik tüketiminin yanı sıra ısıtma ve besleme solüsyon sistemlerinin de enerji tüketim verileri alınarak Weka ile daha hassas karar ağaçları ve yapay sinir ağı analizleri yapılabilir.

Bundan sonraki çalışmalarda en az üç ya da dört sezon verileri kullanılarak oluşturulan karar ağacında daha az dallanma olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu veriler bitkinin gelişim periyotlarına göre sınıflandırılırsa, örneğin; bitkinin köklenme süreci verileri ayrı bir veri kümesi, olgunlaşma süreci ayrı bir veri kümesi gibi ayrı ayrı analiz edildiğinde daha hassas sonuçlar elde edilir ve süreçlerin mevsimsel etkileri de gözlemlenebilir. Bunun sonucunda da en az enerji harcayarak üretim yapılabilecek aylar belirlenebilir.

Bu şekildeki verilerle başka bir çalışmada yapay sinir ağı ve makine öğrenmesi kullanılarak seranın gelecek enerji tüketim tahminleri yapılabilir ve bu tahminlere göre ihtiyaç duyulacak enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayacak bir hibrit sistem tasarlanabilir.

## 7. Teşekkür (Acknowledgements)

A&S Tarım'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

## 8. Kaynaklar (References)

- [1] Kober, T., et al., Global energy perspectives to 2060–WEC's World Energy Scenarios 2019, *Energy Strategy Reviews*, 31 (2020): 100523.
- [2] Erdin, Ceren, and Gokhan Ozkaya, Turkey's 2023 energy strategies and investment opportunities for renewable energy sources: Site selection based on ELECTRE, *Sustainability*, 11.7 (2019): 2136.
- [3] Melikoglu, Mehmet, Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection, *Renewable Energy*, 50 (2013): 570-575.
- [4] Tester, Jefferson W., et al., *Sustainable energy: choosing among options*, MIT press, 2012.
- [5] Spreng, Daniel, Distribution of energy consumption and the 2000 W/capita target, *Energy Policy*, 33.15 (2005): 1905-1911.
- [6] Moriarty, Patrick, and Damon Honnery, *Rise and fall of the carbon civilisation: resolving global environmental and resource problems*, London: Springer, 2011.
- [7] Kendirli, Berna, and Belgin Çakmak, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2.1 (2010): 95-103.
- [8] Wang, Lianghu, and Jun Shao, Digital economy, entrepreneurship and energy efficiency, *Energy* 269 (2023): 126801.
- [9] Jahanger, Atif, et al., Do technology and renewable energy contribute to energy efficiency and carbon neutrality? Evidence from top ten manufacturing countries, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56 (2023): 103084.
- [10] Zaimoğlu, Zeynep, Farklı İklim Bölgelerindeki Seralar için Isı Gereksinimlerinin Modellenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32.4 (2017): 79-86.
- [11] Baytorun, A, Nafi, and Özkan Gügercin, Seralarda enerji verimliliğinin artırılması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 30.2 (2015): 125-136.
- [12] Arora, Rohit, Comparative analysis of classification algorithms on different datasets using WEKA, *International Journal of Computer Applications*, 54.13 (2012).
- [13] Nalçakan, Yağız, Şan Sitki Bayramoğlu, and Samed Tuna, Sosyal Medya Verileri Üzerinde Yapay Öğrenme ile Duygu Analizi Çalışması, *Technical Report*, 2015.
- [14] Bahadır, Oğuzhan, and Hande Türkmençalıkoğlu, Bilgi Kuramında Shannon Entropisi ve Uygulamaları, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32 (2021): 491-497.