Artvin Çoruh Üniversitesi
Orman Fakültesi Dergisi
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Yıl: 2023, Cilt: 24, Sayı:1, Sayfa:37-45

ofd.artvin.edu.tr

Artvin Coruh University
Journal of Forestry Faculty
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Year: 2023, Vol: 24, Issue:1, Pages:37-45

Biyopeletlerin kısa analiz ve elementel analiz sonuçlarına göre üst ısıl değerlerinin hesaplanması

Calculation of high heating values of biopellets based on proximate analysis and elemental analysis results

Zehra YILDIZ[1] Eşref TOPKOÇ[2]

[1]Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, Tarsus/Mersin
[2] Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Tarsus/Mersin

Eser Bilgisi / *Article Info*
Araştırma makalesi / *Research article*
DOI:10.17474/artvinofd.1186672
Sorumlu yazar / *Corresponding author*
Zehra YILDIZ
e-mail: zyildiz@tarsus.edu.tr
Geliş tarihi / *Received*
12.10.2022
Düzeltme tarihi / *Received in revised form*
19.12.2022
Kabul Tarihi / Accepted
20.12.2022
Elektronik erişim / *Online available*
15.05.2023

Anahtar kelimeler:
Biyopelet
Üst ısıl değer
Kısa analiz
Elementel analiz

Keywords:
Biopellet
High calorific value
Proximate analysis
Elemental analysis

Özet

Yerli, yenilenebilir, ekolojik ve ekonomik bir yakıt olarak biyopeletler kömür ve odun gibi geleneksel yakıtlara alternatiftir. Ülkemizde tarımsal atık potansiyeli yüksek olup, tarımsal artıkların biyopelet olarak değerlendirilmesi çevre kirliliğini ve yakıt tüketiminde dışa bağımlılığı azaltacağı için ülkemizin enerji üretimine önemli etkisi olacaktır. En önemli yakıt özelliği, yakıtın ısıl değerdir. Bu çalışmada yedi farklı biyopeletin ısıl değeri hem deneysel hem de teorik olarak belirlenmiştir. Biyopeletlerin kısa analizi ve elementel analizi yapılmış, elde edilen verileri kullanılarak literatürde yer alan biyokütle için uygulanan bazı matematiksel modeller yardımıyla üst ısıl değer (ÜID) hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kısa analiz için ve elementel analiz için yedi farklı eşitlik kullanılmıştır. Eşitlik E1, E2, E3, E4, E5, E6 ve E7 biyokütlenin kül, uçucu madde ve sabit karbon içeriklerini dikkate alarak ÜID'ni tahmin etmek için kullanılmıştır. Eşitlik E8'den E14'e kadar yedi model ise elementel analiz sonuçları dikkate alınarak ÜID'i tahmin etmek için kullanılmıştır. Ayrıca, adyabatik kalorimetre bombası kullanılarak numunelerin ÜID'leri deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel olarak belirlenen ÜID değerler ile en uyumlu olan kısa analiz sonuçlarından hesaplanan ÜID denkleminin E4 olduğu belirlenmiştir. Bu denklemlere göre biyopeletin ısıl değerini uçucu madde ve sabit karbon miktarı etkilemiştir. Deneysel olarak belirlenen ÜID ile en uyumlu olan elementel analiz sonuçlarından hesaplanan ÜID denklemi sadece karbon miktarına bağlı basit bir denklem olan E8 dir. Kısa analiz ve elementel analiz modelleri için sırasıyla en iyi R^2 değerleri 0.8721 ve 0.7234'dir.

Abstract

As a domestic, renewable, ecological and economical fuel, biopellets are an alternative to traditional fuels such as coal and wood. There is a high potential for agricultural waste in our country, and the utilization of agricultural residues as biopellets will have a significant impact on the energy production of our country, as it will reduce environmental pollution and foreign dependency in fuel consumption. The most important fuel property is the heating value of the fuel. In this study, the heating values of seven different biopellets were determined both experimentally and theoretically. Proximate analysis and elemental analysis of biopellets were made, and the high calorific value (HHV) was calculated with the help of some mathematical models applied for biomass in the literature using the data obtained. Seven different equations for proximate analysis and seven different equations for elemental analysis were used in the calculations. Equation E1, E2, E3, E4, E5, E6 and E7 were used to estimate the HHV by considering the ash, volatile matter and fixed carbon contents of the biomass. Seven models from Equation E8 to E14 were used to estimate HHV by considering elemental analysis results. In addition, the HHVs of the samples were determined experimentally using an adiabatic bomb calorimeter. It was determined that the HHV equation calculated from the results of the proximate analysis, which was most compatible with the experimentally determined HHV values, was E4. According to the equation, only volatile matter and fixed carbon values affected the thermal values of the biopellet the most. The HHV equation calculated from the elemental analysis results, which is most compatible with the experimentally determined HHV, is E8, which is a simple equation that depends only on the amount of carbon. The best R^2 values for proximate analysis and elemental analysis models are 0.8721 and 0.7234, respectively.

GİRİŞ

Yakıt, yandığı zaman faydalanabilecek kadar ısı veren maddelerdir. Dolayısıyla yakıttan elde edilecek ısı miktarı en önemli yakıt özelliğidir. Oda sıcaklığında belirlenen yakıt miktarının tamamen yanması ile verilen ısı ve yanma ürünlerinin oda sıcaklığında soğutulduğu zaman açığa çıkan ısı miktarı yakıtın ısı değerini verir. Eğer yanma ürünlerinden su, buhar halindeyse alt ısıl değer, sıvı halindeyse üst ısıl değer elde edilir. Alt ısıl değeri ile üst ısıl değer arasındaki fark baca gazındaki suyun buharlaşma

ısısıdır (Çengel 2013, Acar ve ark. 2016). Çoğu kez baca gazlarında su buhar halindedir. Bu nedenle yakıtlar alt ısıl değerleri ile kıyaslanırlar. Türkiye ve Avrupa ülkelerinin çoğunda yakıt ısıl değerinde referans alt ısıl değer, İngiltere ve ABD de ise üst ısıl değer kullanılır (Çengel 2013). Ancak pelet standartlarında ısı değeri olarak üst ısıl değer dikkate alınmaktadır. ÜID'nin tahmini, ısıl sistemler üzerinde performans modellemesinin ve hesaplamalarının temel adımlarından biridir. ÜID tahmini için geliştirilen bağıntılar yakma, gazlaştırma ve piroliz sürecinin performans modelleme uygulamalarında avantaj sağlar (Korkmaz 2022). Bileşimi tam olarak bilinmeyen petrol, kömür ve biyoyakıt gibi yakıtların ısıl değerleri kalorimetre ile ölçülebilir. Bileşimi bilinen maddelerin yanma entalpisi dolayısıyla ısıl değeri, cihaza gerek kalmadan, yanma denklemi kurularak ürünlerin entalpi toplamlarından girenlerin entalpi toplamı çıkarılarak Hess yasası gereğince hesaplanabilir. Kalorimetri cihazı olmadığı ve yakıt bileşiminin bilinmediği durumda yakıtın elementel analizi veya kısa analizi ile yakıtın ısıl değeri farklı yakıt türüne göre belirlenen matematiksel modeller ile hesaplanabilir. Elementel analiz, masraflı ve zaman alıcı olabilir. Ancak nem, uçucu madde, kül ve sabit karbon miktarının belirlendiği kısa analiz değerleri kalorimetre bombasından daha ucuz olan ve laboratuvarda bulunabilen bir kül fırını kullanılarak kolayca belirlenebilmektedir. Ayrıca, kısa analiz veya elemental analiz sonuçlarından model ile hesaplanan üst ısıl değerleri deneysel yöntemle elde edilen verilerin doğruluğunun kontrolü için kullanılabilir. Literatürde var olan modeller kömürün ısıl değerinin hesaplanmasında uzun yıllar kullanılmıştır ancak biyokütle için kullanımı yaygın değildir (Özyuğuran ve ark. 2018).

Biyokütle için yakıtın kısa analizi ve elementel bileşimine göre hesaplanan üst ısıl değere ait birçok model bulunmaktadır. Yin, lignoselülozik bileşiklerden oluşan biyokütlelerin kısa analizi ve elementel analizine göre üst ısı değerlerinin hesaplanması için iki doğrusal regresyonla denklem geliştirmiştir. Garcia ve arkadaşları hem elementel hem de kısa analiz verilerini kullanarak üst ısı değerlerini hesaplamış, kısa analiz verileri ile belirlenen üst ısı değerlerinin daha iyi sonuç verdiğini ve özellikle nem içeriğinin etkili olduğu belirtmiştir. Garcia ve arkadaşları kısa analiz, kısa analiz verilerini kullanarak 21 lineer ve ikinci dereceden denklemleri biyokütle üst ısıl değer hesaplanmasında kullanmış ve dört korelasyonun iyi uyuştuğunu kül miktarına bağlı denklemlerin daha kötü sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Parikh ve arkadaşları, kömür, linyit, her tür biyokütle malzemesi ve kömürden kalıntı türevi gibi tüm katı karbonlu yakıtlara için, mevcut korelasyonlardan yararlanarak yeni bir korelasyon önermiş ve bu korelasyonun ortalama mutlak hatasını benzer türdeki önceki korelasyonlardan çok daha düşük bulmuşlardır (Garcia ve ark. 2014a, Duranay ve Yılgın 2018, Korkmaz 2022).

Bu çalışmada sera atıkları peleti, odunsu atık peleti, çam peleti, çam+mdf peleti, ayçiçeği kabuğu peleti, fındık küspesi peleti ve kavak+kozalak peleti olmak üzere yedi farklı biyopeletin kısa (nem, kül, uçucu madde, sabit karbon) ve elementel (C, H, N, S, O) analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada kısa analiz ve elementel analiz sonuçlarının üst ısıl değere bağlayan toplam 14 model kullanılmıştır. Üst ısıl değeri mevcut korelasyonlardan biyokütle veya her türlü yakıtlar için kullanılan denklemlerle hesaplama yapılmış ve deneysel olarak bulunan üst ısıl değer ile karşılaştırılmıştır. Bazı modellerde hesaplanan değerler ile deneysel değerlerin iyi uyuştuğu R^2 değerlerinden görülmüştür. Kısa analiz verileri, ucuz ve kolay bir şekilde biyopeletlerin ısıl değerinin tahmininde kullanılabileceğini görülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, domates sera atıkları peleti (SAP), meşe odunu atık peleti (OAP), çam peleti (ÇAP), çam+mdf peleti (ÇMP), fındık küspesi peleti (FKP), ayçiçeği kabuğu peleti (AKP) ve kavak+kozalak peleti (KKP) olmak üzere yedi farklı pelet kullanılmıştır. Herbir pelet numuneleri Türkiye de pelet üretimi yapan farklı işletmelerden alınmıştır. Analiz öncesi pelet numuneleri havanda öğütülmüştür. Peletlerin nem, kül ve uçucu madde gibi kısa analizleri yapılmıştır. Sabit karbon miktarı ise nem, kül ve uçucu madde miktarının yüzden çıkarılması ile elde edilmiştir. Üst ısıl değer adyabatik kalorimetre bombası ile belirlenmiştir. Pelet numunelerinin içerdiği karbon, hidrojen, azot ve kükürt içeriği gibi kimyasal bileşimi elementel analiz cihazı ile belirlenmiştir. Oksijen miktarı,

diğer elementlerin toplamının yüzden çıkarılması ile bulunmuştur. Her analiz en az üç defa tekrarlanmış, elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

Yöntem

Nem Tayini

Nem tayini ASTM E871-82'e göre yapılmıştır. Nem analizi için öğütülmüş pelet numunesi petri kabına %0.1 duyarlılıkta bir miktar alınarak, 105 ± 2°C' de etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Sabit tartım sonucunda nem miktarı (N), eşitlik 1'deki gibi ağırlık farkından hesaplanmıştır. Eşitlik 1'de yer alan m_0 ve m_t sırasıyla kurutma öncesi pelet ağırlığı ve kurutma sonrası pelet ağırlığını (g) ifade etmektedir.

$$\% \text{ Nem } = \frac{m_0 - \text{mt}}{\text{mt}} 100 \qquad (1)$$

Kül Tayini

Kül tayini, ASTM D1102-84'e göre yapılmıştır. Porselen krozelerdeki öğütülmüş numune, 600°C'de kül fırınında sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Kül miktarı (K), eşitlik 2'deki gibi m_t, kül miktarının m_0 başlangıç numune miktarına oranlanması ile elde edilmiştir

$$\% \text{ Kül } = \frac{m_t}{m_0} 100 \qquad (2)$$

Uçucu Madde Miktarı Tayini

Uçucu madde miktarı tayini, ASTM E 872'e göre yapılmıştır. Krozeye alınan 1 g numune kül fırınında 900 ± 20° C'de 7 dakika bekletildikten sonra tartım alınmıştır ve bu işlem sabit tartım elde edilene kadar devam etmiştir. Uçucu madde miktarı (UM) eşitlik 3 ile hesaplanmıştır. Eşitlik 3 de yer alan m_t, örneğin ısıtmadan sonraki ağırlığı (g) ve m_0 ise başlangıç numune ağırlığı (g) ve N kullanılan örneğin nem miktarı (%) ifade etmektedir.

$$\text{Uçucu madde miktarı (\%)} = \left(\frac{\text{mt} - m_0}{m_0}\right)(100 - N) \qquad (3)$$

Sabit Karbon Miktarı Tayini

Sabit karbon miktarı (SK), nem, kül ve uçucu madde miktarının yüzden çıkarılması ile elde edilmiştir.

Isıl Değerinin Belirlenmesi

Pelet numunelerinin üst ısıl değeri, ASTM 5865-13 standardına göre IKA Werke marka kalorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Numuneler standart koşullarda bir kalorimetre bombasında oksijen ortamında yakılıp, kalorimetre kabı içindeki suyun sıcaklık derecesinin artışına ve sistemin ortalama gerçek ısı sığasına göre ısıl değeri veren yanma entalpisi hesaplanarak tayin edilmiştir.

Elementel Analiz Değerlerinin Belirlenmesi

Pelet numunelerinin karbon (C), hidrojen (H), azot (N) ve kükürt (S) tayini Thermo Marka Flash 2000 model elementel analiz cihazı ile yapılmıştır. Oksijen (O) miktarı, diğer elementlerin toplamının yüzden çıkarılması ile bulunmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yedi farklı biyopelet numunesi kullanılmıştır. Bu biyopeletlerin kısa analiz kapsamında nem, kül, uçucu madde ve sabit karbon miktarları belirlenmiştir. Biyopeletlere ait kuru temelde kısa analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Pelet numunelerinin kısa analiz sonuçlarının ortalaması ve standart sapmaları

Numune Adı	N (%)	K (%)	UM (%)	SK (%)
SAP	7.27±0.07	18.47±0.01	69.95±0.02	4.31±0.03
OAP	7.08±0.10	0.54±0.02	77.17±0.05	15.21±0.03
ÇAP	8.51±0.08	5.07±0.01	72.02±0.06	14.4±0.05
ÇMP	6.06±0.07	2.41±0.06	73.22±0.05	18.31±0.04
FKP	17.22±0.09	3.17±0.09	50.51±0.04	29.1±0.06
AKP	7.92±0.08	3.55±0.07	70.64±0.03	17.89±0.05
KKP	7.02±0.06	1.02±0.09	71.34±0.07	20.62±0.04

Bu çalışmada biyokütle veya her türlü yakıtın kısa analiz sonuçlarının ÜID tahmini için kullanıldığı Çizelge 2'de verilen yedi matematiksel model seçilmiştir (Parikh ve ark. 2005, Yin 2011, Callejón-Ferre ve ark. 2011, García ve ark. 2014a, Duranay ve Yılgın 2018, Akkaya 2016, Korkmaz 2022).

Çizelge 2. Kısa analiz sonuçlarına göre üst ısıl değeri modelleri (MJ/kg)

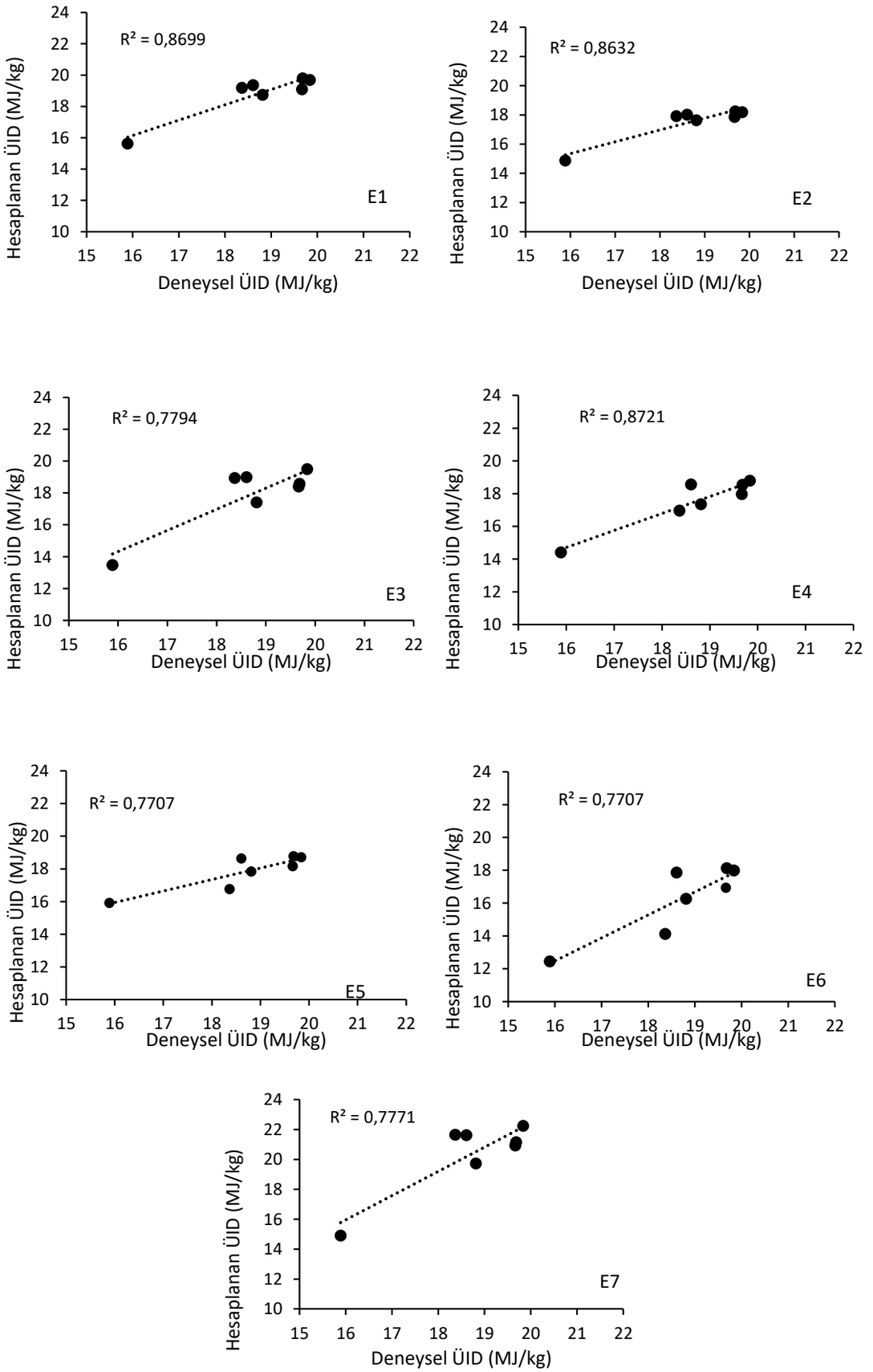
No.	Eşitlik
E1	ÜID = 19.914-0.2324K
E2	ÜID= 18.3-0.00398K^2-0.1121K
E3	ÜID = 0.3543SK+0.1708UM
E4	ÜID = 0.1905UM+0.2521SK
E5	ÜID = 0.15734(UM + SK) + 4.24397
E6	ÜID = -10.8141 + 0.3133 (UM + SK)
E7	ÜID = 0.4108 SK+0.1934UM-0.0211K

Çizelge 1'de verilen kısa analiz sonuçlarına denklemlerde yerine yazılarak E1'den E7'ye kadar olan denklemler ile hesaplanan ÜID değerleri ve deneysel olarak belirlenen ÜID değeri (DÜID) Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kısa analiz sonuçlarına göre üst ısıl değer tahminleri (MJ/kg)

Numune Adı	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	DÜID
SAP	15.622	14.872	13.474	14.412	15.928	12.452	14.909	15.887
OAP	19.789	18.238	18.570	18.535	18.779	18.129	21.162	19.681
ÇAP	18.736	17.629	17.403	17.350	17.841	16.261	19.737	18.811
ÇMP	19.354	18.007	18.993	18.564	18.645	17.862	21.632	18.606
FKP	19.177	17.905	18.937	16.958	16.770	14.128	21.656	18.364
AKP	19.089	17.852	18.404	17.967	18.173	16.922	20.936	19.665
KKP	19.677	18.182	19.491	18.789	18.713	17.997	22.246	19.836

Şekil 1'de deneysel ÜID ve modellerden hesaplanan ÜID'lerin uyumu görülmektedir. Şekil 1 incelendiğinde, eşitliklerin R^2 değerlerinin 0.7707-0.8721 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kısa analiz sonuçlarına göre hesaplanan ÜID ile deneysel ÜID arasında en fazla uyum R^2=0.8721 ile uçucu madde ve sabit karbon miktarına bağlı olan ÜID modeli olan E4 (ÜID=0.1905UM+0.2521SK) eşitliğinde görülmüştür. Daha sonra en iyi uyum R^2=0.8699 ile ÜID'in sadece kül miktarına bağlı olduğu E1 (ÜID=19.914-0.2324K) modelinde olduğu belirlenmiştir. Ham biyokütlenin kül içeriği daha yüksek, ısıl değeri daha düşüktür çünkü kül enerji içermeyen bir üründür. Biyopeletlerin ısıl değeri dikkate alındığında yüksek kül içerikli peletlerin düşük ısı ürettiği görülmektedir (Munawar ve Subiyanto 2014). Bu çalışmada deneysel olarak en düşük üst ısıl değere kül içeriği en yüksek olan sera atıkları peletleri sahiptir. En düşük R^2=0.7707 ile deneysel ÜID ve hesaplanan ÜID arasındaki en az uyum E5 (ÜID=0.15734(UM+SK)+4.24397) ve E6 (ÜID=-10.8141+0.3133(UM+SK)) eşitliğinde görülmüştür.



Şekil 1. Deneysel ve kısa analiz sonuçları ile hesaplanan üst ısıl değerler arasındaki ilişki

Çalışmada kullanılan biyopeletlerin elementel analiz kapsamında C, H, N, S ve O miktarları belirlenmiştir. C, H ve O yakıtın doğrudan organik kısmının bileşimini veren biyokütlenin ana elementleridir. C, ısıl değere en fazla katkıda bulunan elementtir. Genellikle tarımsal biyokütlede karbon içeriği (%45), odunsu (%47) ve biyokütle harmanından (%46-47) kısmen daha azdır (Harun ve Afzal 2016). Biyopeletlere ait ±1'den daha düşük standart sapmaya sahip olup, elementel analiz sonuçlarının ortalaması Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Pelet numunelerinin elementel analiz sonuçları (%)

Numune Adı	C	H	N	S	O
SAP	40.61	5.59	2.90	0.79	50.11
OAP	45.17	4.65	-	-	50.18
ÇAP	46.60	5.89	-	-	47.51
ÇMP	43.67	5.59	3.29	-	47.45
FKP	45.63	5.29	1.66	0.10	47.32
AKP	50.56	6.10	0.85	0.09	42.40
KKP	47.94	5.91	0.09	-	46.06

Bu çalışmada ÜID hesaplanması için biyokütle veya her türlü yakıtın elementel analiz sonuçlarının kullanıldığı yedi matematiksel model seçilmiştir ve sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir (Callejón-Ferre ve ark. 2011, Yin 2011, García ve ark. 2014b, Özyuğuran ve ark. 2018).

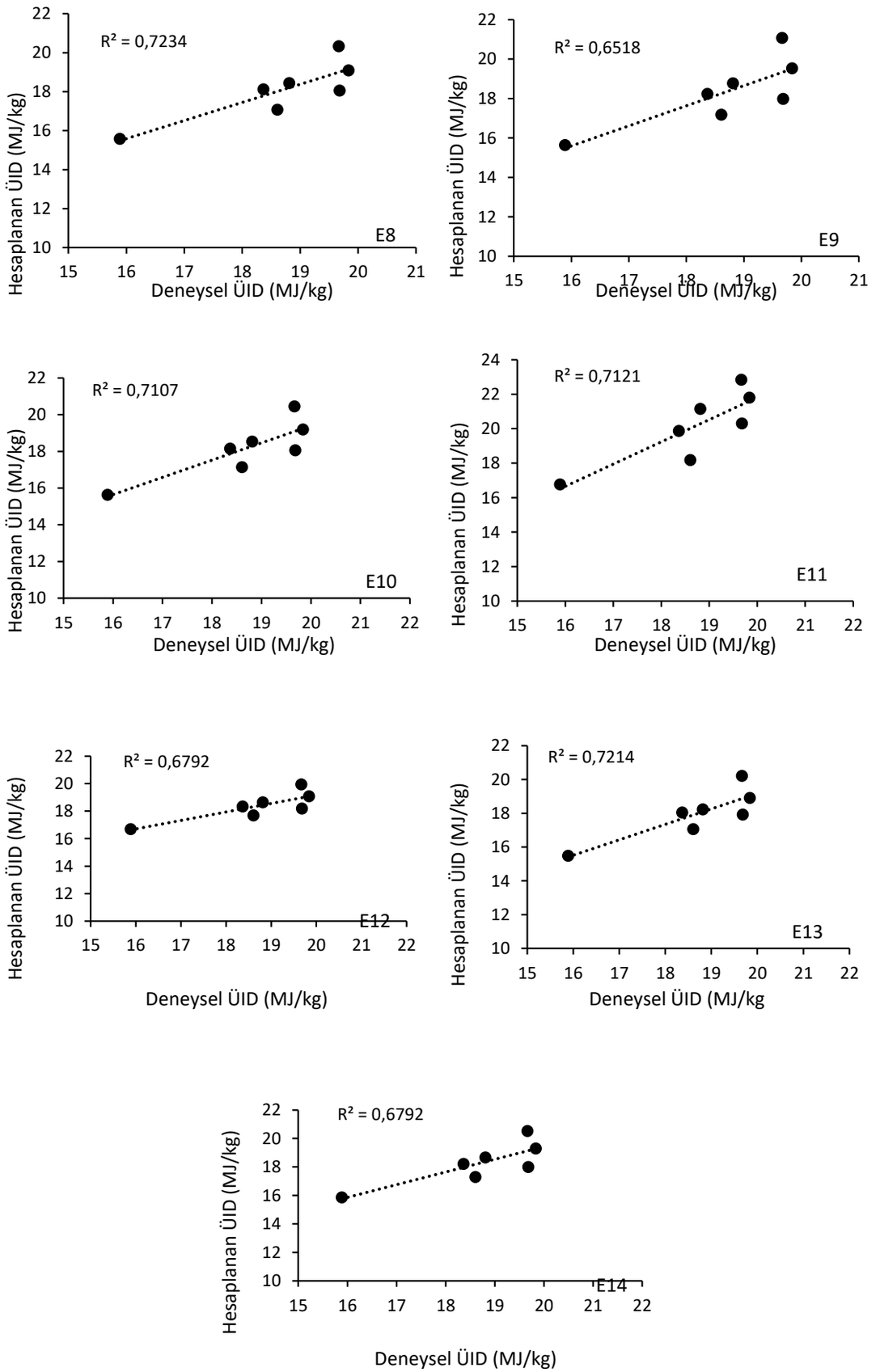
Çizelge 5. Elementel analiz sonuçlarına göre üst ısıl değer tahminleri (MJ/kg)

No	Eşitlik
E8	ÜID = 0.3259C+3.4597
E9	ÜID =-3.147+0.468C
E10	ÜID = 5.736+0.006C^2
E11	ÜID =-2.907+0.491C-0.261H
E12	ÜID =-5.290+0.493C+5.052(H−1)
E13	ÜID =-3.440+0.517(C +N)-0.433(H +N)
E14	ÜID =-3.393+0.507C-0.341H+0.067N

Çizelge 4'de verilen elementel analiz sonuçları denklemlerde yerine yazılarak E8'den E14'e kadar olan denklemler ile hesaplanan ÜID değerleri ve DÜID değeri Çizelge 6'da verilmiştir. SAP ve ÇMP'nin hesaplanan ÜID ile DÜID değerlerinin yakın olduğu görülmektedir. AKP'nin ÜID ile DÜID değerlerinin en az uyum gösterdiği Çizelge 6'da görülmektedir.

Çizelge 6. Elementel analiz sonuçlarına göre üst ısıl değer tahminleri (MJ/kg)

Numune Adı	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	DÜID
SAP	15.574	15.631	15.634	16.769	16.694	15.484	15.858	15.887
OAP	18.058	17.978	18.065	20.303	18.181	17.923	17.993	19.681
ÇAP	18.436	18.765	18.542	21.147	18.647	18.225	18.662	18.811
ÇMP	17.076	17.178	17.143	18.182	17.692	17.062	17.291	18.606
FKP	18.117	18.229	18.161	19.876	18.331	18.049	18.208	18.364
AKP	20.326	21.074	20.464	22.844	19.937	20.218	20.515	19.665
KKP	19.089	19.525	19.199	21.802	19.083	18.903	19.289	19.836



Şekil 2. Deneysel ve elementel analiz sonuçları ile hesaplanan üst ısıl değerler arasındaki ilişki

Şekil 2'de deneysel ÜID ve modellerden hesaplanan ÜID'lerin uyumu görülmektedir. Şekil 2 görüldüğü gibi R2 değerleri 0.6518-0.7234 aralığında değişmektedir. Elementel analiz sonuçlarına göre hesaplanan ÜID ile deneysel ÜID arasında en fazla uyum R2=0.7234 ile sadece karbon miktarına bağlı olan en basit ÜID modeli olan E8'dir (ÜID=0.3259C+3.4597). Daha sonra en iyi uyum R2=0.7214 ile E13 (ÜID=-3.440+0.517(C +N)-0.433(H +N)) modelinde olduğu belirlenmiştir. En düşük R2=0.6518 ile deneysel ÜID ve hesaplanan ÜID arasındaki en az uyum E9 (ÜID=-3.147+0.468C) eşitliğinde görülmüştür.

Bu çalışmada yedi farklı biyopeletin üst ısıl değeri için kullanılan toplam 14 modelden en uygun değerleri veren kısa analiz sonuçlarından uçucu madde ve sabit karbon, elementel analiz sonuçlarından ise karbon miktarının olduğu söylenebilir. Garcia ve arkadaşları, yaptığı çalışmada üst ısıl değere uygun en iyi korelasyon karbon ve oksijen ile sabit karbon ve kül olduğunu bulmuşlardır (Garcia ve ark. 2014a). Erol ve arkadaşlarının yirmi farklı biyokütlenin üst ısıl değerlerinin kısa analiz sonuçlarına göre yaptığı korelasyonlardan sadece sabit karbona bağlı bağıntının daha uygun sonuç verdiğini ortaya koymuşlardır (Erol ve ark. 2010). Callejón-Ferre ve arkadaşları sera atıklarının üst ısıl değerinin belirlenmesinde 20 elementel ve kısa analiz sonuçlarına bağlı modelden elde ettiği sonuçlardan en iyi uyumu 6 değişkenli bir denklem olduğunu belirtmişler. Elementel analiz sonuçlarına göre en uygun denklemin sadece karbona, kısa analiz sonuçlarından ise kül ve uçucu madde miktarına bağlı olan modelin verdiğini göstermişlerdir (Callejón-Ferrea ve ark. 2011). Bu çalışmada biyopeletlerin üst ısıl değerini veren en uygun modeller sadece karbon ve uçucu madde ile sabit karbona bağlı denklemler olup, daha önce yapılan çalışmalarda üst ısıl değeri en uygun modellerin sabit karbon, uçucu madde, kül ve karbon olduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalar ile uyumludur.

SONUÇLAR

Kısa analiz sonuçlarıyla hesaplanan modellerden en yüksek R^2 yi veren E4 eşitliği, uçucu madde ve sabit karbon miktarına bağlıdır. Elementel analiz verileriyle hesaplanan modeller içinde en yüksek R^2 yi veren ise E8 eşitliğidir ve sadece karbon miktarına bağlıdır. Biyopelletlerin üst ısıl değerlerini en çok etkileyen uçucu madde, sabit karbon ve karbon miktarı olduğu söylenebilir. Kısa analiz sonuçlarına göre hesaplanan üst ısıl değerlerin, deneysel olarak hesaplananlarla daha uyumlu olduğu görülmüştür.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim dalında yürütülen "Çeşitli tarımsal atıklardan elde edilen biyopeletlerin bazı yakıt özelliklerinin değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Acar S, Ayanoglu A, Demirbas A (2016) Determination of higher heating values (HHVs) of biomass fuels. Uluslararası Yakıtlar Yanma ve Yangın Dergisi, (3): 1-3.

Akkaya E (2016) ANFIS based prediction model for biomass heating value using proximate analysis components. Fuel, 180: 687-693.

ASTM D 1102-84 (2013) Standard Test Method for Ash in Wood. ASTM International: West Conshohocken, PA.

ASTM D 5865-13 (2013) Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, ASTM International: West Conshohocken, PA.

ASTM E 872 (2013) Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels, ASTM International: West Conshohocken, PA.

ASTM E 871-82 (2013) Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels. ASTM International: West Conshohocken, PA.

Callejón-Ferrea AJ, Velázquez-Martíb B, López-Martíneza JA, Manzano-Agugliaro F (2011) Greenhouse crop residues: Energy potential and models for the prediction of their higher heating value. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15:948–955.

Çengel Y (2013) Termodinamik. Palme Yayınevi.

Duranay N, Yılgın M (2018) Kısa analiz verileri kullanılarak biyokütlenin üst ısı değerinin hesaplanması. Academic Platform Journal of Engineering and Science 6-2: 103-108.

Erol M, Haykiri-Acma H, Küçükbayrak S (2010) Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. Renewable Energy, 35(1): 170-173.

García R, Pizarro C, Lavín AG, Bueno JL (2014a) Spanish biofuels heating value estimation. Part II: Proximate analysis data. Fuel, 117: 1139-11.

García R, Pizarro C, Lavín AG, Bueno JL (2014b) Spanish biofuels heating value estimation. Part I: Ultimate analysis data. Fuel, 117:1130–1138.

Harun NY, Afzal MT (2016) Effect of particle size on mechanical properties of pellets made from biomass blend. Procedia Engineering 148:93-99.

Korkmaz AA (2022) Farklı linyitlerin kısa ve elementel analiz verilerine dayanarak üst ısıl değerlerinin hesaplanması. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (1): 49-60.

Munawara SS, Subiyan B (2014) Characterization of biomass pellet made from solid waste oil palm industry. Procedia Environmental Sciences, 20:336 – 341.

Özyuğuran A, Yaman S, Küçükbayrak S (2018) Prediction of calorific value of biomass based on elemental analysis. International Advanced Researches and Engineering Journal 02(03): 254-260.

Parikha J, Channiwalab SA, Ghosal GK (2005) A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. Fuel, 84:487-494.

Yin CY (2011) Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. Fuel, 90:1128–1132.