



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **TERMODİNAMİK VE TÜRKİYE BÖLGESEL YAŞAM SÜRESİ TAHMİNİ**

**LÜTFULLAH KUDDUSİ**  
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



# TERMODİNAMİK VE TÜRKİYE BÖLGESEL YAŞAM SÜRESİ TAHMİNİ

*Thermodynamics and Turkey Regional Life Span Estimation*

**Lütfullah KUDDUSİ**

## ÖZET

Bu çalışmada, termodinamik yasaları kullanılarak Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların yaşam süresi (ömrü) tahmin edilmiştir. Ömür tahmini Türkiye'nin değişik bölgelerinde yaşayan insanların gıda alışkanlıklarına dayanmaktadır. Değişik bölgelerin gıda alışkanlıkları için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılmıştır. Sonuçta, İç Anadolu'da yaşayan insanların yaşam süresi en uzun, Doğu Anadolu'da yaşayan insanların yaşam süresi en kısa olarak tahmin edilmiştir. Genel olarak, Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların yaşam süresi uzunluğu bakımından aşağıdaki eşitsizlik elde edilmiştir.

Doğu Anadolu < Güneydoğu Anadolu < Karadeniz < Akdeniz < Marmara < Ege < İç Anadolu

Ülkemizin değişik bölgelerinde mevcut gıda alışkanlıklarında uygun değişiklik yapılarak yaşam süresinin uzatılabilmesi tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Termodinamik, Birinci yasa, İkinci yasa, Entropi üretimi, Gıda, Yaşam süresi, Ömür.

## ABSTRACT

The life span of Turkish people living in the seven regions of Turkey is estimated by applying the thermodynamic laws. The life span estimation is based on the food habits of people living in the different regions of Turkey. The data related with food habits of people is provided by Turkish Statistical Institute (TÜİK). The findings are that the life spans of people living in Central Anatolia and Eastern Anatolia regions are the longest and shortest, respectively. Generally, the following inequality regarding the life span of people living in the seven regions of Turkey is found:

Eastern Anatolia < Southeast Anatolia < Black Sea < Mediterranean < Marmara < Aegean < Central Anatolia.

As a result of this study, long life span may be achieved if food habits of people is changed suitably.

**Key Words:** Thermodynamics, First law, Second law, Entropy generation, Food, Life span.

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun kaç yıl yaşayacağı (ömrü) her zaman merak konusu olmuştur. Dolayısıyla, geçmiş zamandan günümüze çeşitli metotlar kullanılarak insanoğlunun ömrü tahmin edilmiştir. Entropi üretimi bunlardan biridir. Canlılar hayatlarını sürdürebilmeleri için enerjiye gereksinimleri var. İhtiyaç duyulan enerji termodinamik terminolojisinde "ısı" ve "iş" şeklindedir. İnsanoğlunda bu ihtiyacın kaynağı, yani ısı ve iş, tükettiği gıdalardır.

Tüm tüketilen gıdalar üç bileşenden oluşmuştur; karbonhidrat, yağ ve protein. Canlıların aldığı havada oksijen mevcuttur. Oksijen, vücuda giren karbonhidrat, yağ ve proteinin yanması için gerekli bir bileşendir. Bu bileşenlerin yanmaları sonucu vücutta gerekli olan ısı ve iş elde edilir. İnsan vücudunda iş enerjisi ATP molekülleri şeklinde depolanır. Termodinamik biliminde ısı makinası ısıyı işe dönüştüren makina olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamadan yola çıkarak insan vücudunu bir ısı makinası olarak görmek mümkündür çünkü gıdaların yanmaları sonucu insan vücudunda üretilen ısı enerjisinin bir kısmı iş enerjisine dönüştürülür. Bir ısı makinasının verimi ısının işe dönüştürülen yüzdesi olarak tanımlanmıştır. İnsan vücudunun bu tanımlamaya göre verimi 25-30% [1] olarak belirlenmiştir. İnsan vücudu termodinamik tanımlamaya uygun bir "sistem" olarak seçilebilir. Bir sistem çevresiyle ısı veya iş veya hem ısı hem de iş alışverişinde bulunabilir. İş alışverişi sistemin entropisinde bir değişiklik meydana getirmeyen ancak ısı alışverişi sistemin entropisini değiştirir. Yani, insan vücuduna veya vücudundan olan ısı geçişi "entropi üretimi" ile beraberdir. İnsanoğlu yaşadıkça gıda tükettiği için vücudunda ısı geçişi ve onun sonucu entropi üretimi söz konusu olacaktır. İnsanoğlu ancak yaşamadığı takdirde entropi üretimi durur. Bu gerçekten yola çıkarak bir insanın tükettiği gıdalar sonucu birim zamanda ürettiği entropi hesaplanabilir. Çok büyük bir insan kitlesinin ömür boyu ürettikleri entropi kullanılarak bir insanın birim kütlesi başına ömür boyu ürettiği entropinin ortalaması hesaplanabilmiştir. Birim kütle başına ortalama ömür boyu entropi üretimi değeri sabit kabul edilmiştir. Bu durumda, bir insanın yaşam süresi, birim kütle başına ortalama ömür boyu entropi üretimi değerinin birim kütle başına birim zamanda entropi üretiminin bölünmesinden elde edilir. Bu çalışmada, insanoğlunun yaşam süresi bu yolla hesaplanmıştır.

Hesaplamalara geçmeden önce yaşam süresi hesabında entropi üretimi metodunu kullanan araştırmacıların çalışmaları irdelenecektir.

Silva ve Annamalai [2, 3] termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarını insan vücuduna uygulayarak birim kütle başına ortalama ömür boyu entropi üretimi değerinin 11404 kJ/kg.K olduğunu hesaplamışlar. Bu değer ve ABD ahalisinin tükettiği gıda verileri kullanılarak erkek ve bayanların yaşam süreleri sırasıyla 73.78 ve 81.61 yıl olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, değişik gıda diyetlerinin yaşam süresi üzerinde ekli araştırılmıştır.

Gıdaların oksijen ile birim zamandaki reaksiyon hızına **Bazal Metabolizma Hızı (BMR) denir. Bazal metabolizma hızı değişik durumlarda, örnek olarak dinlenme, egzersiz, gençlik, yaşlılık, hastalık ve sağlıkta farklı değerlerde olur. Sayılan durumlardan bir insan en uzun "dinlenme" durumunda yaşar. Bu bakımdan çalışmaların çoğunda dinlenme durumu esas alınmış ve o durum için hesaplama yapılmıştır.** Hershey ve Wang [4] çalışmalarında bir insanın ömür boyu dinlenme durumunda olduğunu varsayarak ve bu durumdaki bazal metabolizma hızını kullanarak erkek ve bayanların birim kilogram başına ömür boyu entropi üretimlerini sırasıyla 10025 kJ/kg.K ve 10678 kJ/kg.K bulmuşlar.

Hershey [5] insan yaşlandıkça **bazal metabolizma hızının düştüğünü ifade etmiştir. Bazal metabolizma hızı ve yaşam süresi boyunca tüketilen hava değerlerini kullanarak ömür boyu entropi üretimi hesaplanabilir. Bu yolla hesaplanan erkek ve bayanların bir kilogram kütlesi başına ömür boyu entropi üretimi sırasıyla yaklaşık 10027kJ/kg.K ve 10680 kJ/kg.K ve dolayısıyla, erkek ve bayanların yaşam süreleri sırasıyla 84 ve 96 yıl bulunmuştur.**

Annamalai ve Puri [6] termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarını insan vücuduna uygulayarak birim kütle için ortalama ömür boyu entropi üretimini 10000 kJ/kg.K bulmuşlardır. Bu değeri kullanarak insan ömrünü 77 yıl olarak hesaplamışlardır.

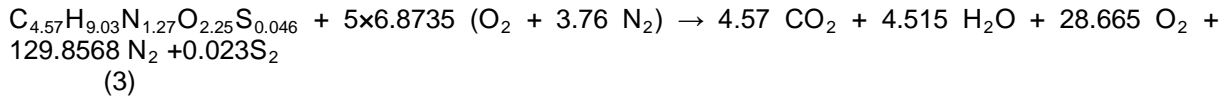
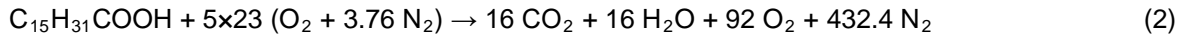
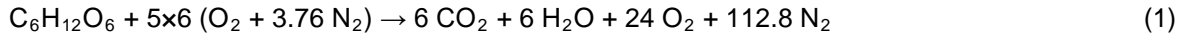
Lütfullah Kuddusi [7, 8] yaptığı çalışmalarında entropi üretimi yoluyla Türk insanının yaşam süresini tahmin etmiş, gıda alışkanlığında uygun değişiklik yapılarak ömrün uzatılabileceğini göstermiştir. Bu bildiri yapılan çalışmaların bir özeti mahiyetindedir.

## 2. TANITIM

Bütün tüketilen gıdalar karbonhidratlardan, yağlardan ve proteinlerden oluşmaktadır. Gıdaların içerdiği karbonhidrat, yağ ve protein miktarları farklıdır olmakla beraber bunlar esas itibarıyla sırasıyla glikoz, palmitik asit ve 20 amino asit grubundan meydana gelmektedir. Amino asit grubunun kimyasal formülü Nelson ve Cox [9] tarafından  $C_{4.57}H_{9.03}N_{1.27}O_{2.25}S_{0.046}$  şeklinde verilmiştir. Bu üç kimyasal vücutta oksijen ile tepkimeye girerek insan için gerekli olan ısı ve iş enerjisini üretir.

## 3. TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ YASASININ İNSAN VÜCUDUNA UYGULAMASI

İnsan vücudunda tepkime için gereken oksijen etrafımızdaki havadan temin edilmektedir. Bir tepkime için gereken en az havaya (oksijene) stokiometrik hava (oksijen), stokiometrik miktardan fazlasına "fazla hava" denir. Sağlıklı bir insanda tepkimeler 400% fazla hava ile meydana gelir [6]. Bu üç tür kimyasalın 400% fazla hava ile "tam yama"ları aşağıdaki gibidir.



Termodinamiğin birinci yasası bu tepkimelere uygulanırsa,

$$Q - W = H_p - H_r \quad (4)$$

Elde edilir. Burada,  $Q$  ve  $W$  sırasıyla sistemin çevresiyle olan ısı ve iş alışverişi,  $H_p$  ve  $H_r$  ise sırasıyla tepkimeden çıkanların ve tepkimeye girenlerin toplam entalpisidir. İnsan vücudunda meydana gelen tepkimelerin "sabit hacim"de olduğunu düşünerek iş alış veriş söz konusu değil ve tepkimelerle ilgili termodinamiğin birinci yasası aşağıdaki hali alır.

$$Q = H_p - H_r \quad (5)$$

Veya daha detaylı olarak

$$Q = \sum n_p (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_p - \sum n_r (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_r \quad (6)$$

Burada  $n_p$  ve  $n_r$  sırasıyla tepkimeden çıkanlar ve tepkimeye girenlerin mol sayısı,  $\bar{h}_f^o$ ,  $\bar{h}$  ve  $\bar{h}^o$  sırasıyla oluşum entalpi, tepkime sıcaklığında entalpi ve standart şartlarda entalpi değerleridir. Gıdaların standart sıcaklıkta, 25°C, tüketildiği ve vücut sıcaklığı olan 37°C'a yükseldiği varsayılmıştır. Bu sıcaklıklarda tepkimeden çıkanlar ve tepkimeye girenlerin entalpileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloda glikoz, palmitik asit ve 20 amino asit ortalaması entalpileri Nelson ve Cox [9] çalışmasından alınmıştır.

**Tablo 1.** Tepkimeden çıkanlar ve tepkimeye girenlerin entalpileri

Madde	$\bar{h}_f^o$ kJ/kmol	$\bar{h}_{298K(25C)}$ kJ/kmol	$\bar{h}_{310K(37C)}$ kJ/kmol
$C_6H_{12}O_6$	$-1260 \times 10^3$	—	—
$C_{15}H_{31}COOH$	$-835 \times 10^3$	—	—
$C_{4.57}H_{9.03}N_{1.27}O_{2.25}S_{0.046}$	$-385 \times 10^3$	—	—
$O_2$	0	8682	9030
$N_2$	0	8669	9014
$H_2O$ (gaz)	-241820	9904	10302
$CO_2$	-393520	9364	9807

Tablo 1 verileri ışığında denklem (6) kullanılarak 400% fazla hava ile sabit hacimde meydana gelen tepkimelerin ortaya çıkardığı ısı hesaplanabilir.

$$Q = [n_{CO_2}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{CO_2} + n_{H_2O}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{H_2O} + n_{O_2}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{O_2} + n_{N_2}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{N_2}]_p - [n_{C_6H_{12}O_6}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{C_6H_{12}O_6} + n_{O_2}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{O_2} + n_{N_2}(\bar{h}_f^0 + \bar{h} - \bar{h}^0)_{N_2}]_r \quad (7)$$

$$Q = [6(-393520 + 9807 - 9364)_{CO_2} + 6(-241820 + 10302 - 9904)_{H_2O}] + 24(0 + 9030 - 8682)_{O_2} + 112.8(0 + 9014 - 8669)_{N_2}]_p - [1(-1.26 \times 10^6 + 0)_{C_6H_{12}O_6} + 30(0 + 0)_{O_2} + 112.8(0 + 0)_{N_2}]_r \quad (8)$$

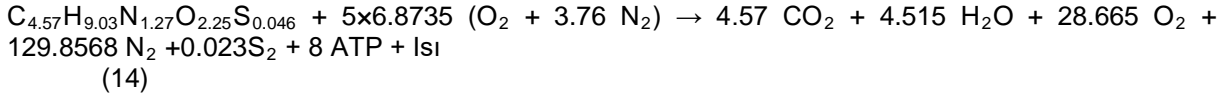
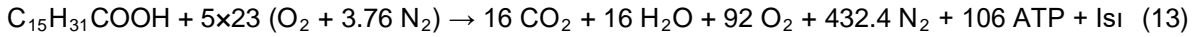
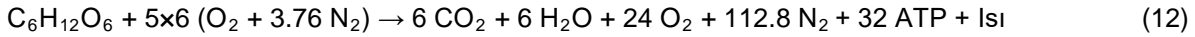
$$Q = -2499726 \text{ kJ/(kmol Glikoz)} \quad (9)$$

Ve benzer şekilde,

$$Q = -9135790 \text{ kJ/(kmol Palmitik Asit)} \quad (10)$$

$$Q = -2446606.304 \text{ kJ/(kmol 20 amino asit grubunun ortalaması)} \quad (11)$$

Yukarıda hesaplanan ısılar insan vücudunda değil, yanma odasında ortaya çıkar. İnsan vücudu ısının yanı sıra "iş" enerjisi ihtiyacını temin eden ATP molekülleri de üretir. Bu durumda, insan vücudundaki tepkimeler aşağıdaki gibi meydana gelir.



İnsan vücudu iş enerjisini ısı enerjisinden üretir. Termodinamik anlamada, ısıdan iş üreten makineye "ısı makinası" adı verilir. Bu tanıma uygun olarak insan vücudu bir "ısı makinası"dır ve onun metabolik verimi bir ısı makinasının aynıdır.

$$\text{İnsan vücudunun metabolik verimi } \eta = \frac{W_{ATP}}{Q} = \frac{\text{ATP moleküllerinden elde olunan toplam iş}}{\text{Üretilen toplam ısı}} \quad (15)$$

Silva ve Annamalai [3] ve Silva [10] çalışmalarında glikoz, palmitic asit ve 20 amino asit grubunun ortalamasının metabolik verimini aşağıdaki gibi vermişlerdir.

$$\text{İnsan vücudunda glikozun metabolik verimi} \quad \eta = 34.6\% \quad (16)$$

$$\text{İnsan vücudunda palmitik asidin metabolik verimi} \quad \eta = 32.2\% \quad (17)$$

$$\text{İnsan vücudunda 20 amino asit grubunun ortalamasının metabolik verimini} \quad \eta = 10.4\% \quad (18)$$

İş alış verişi entropi üretimine sebep olmaz, ancak ısı alış verişi entropi üretimine sebep olur. Bu durumda, insan vücudundan çevreye olan ısı geçişi entropi üretimine sebep olacak. İnsan vücudunda glikoz, palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalamasının tepkimesi sonucu ortaya çıkan ısının entropi üretimine sebep olan kısmı şöyle hesaplanır.

$$Q_{entropi} = Q - W_{ATP} = Q - \eta Q = (1 - \eta)Q \quad (19)$$

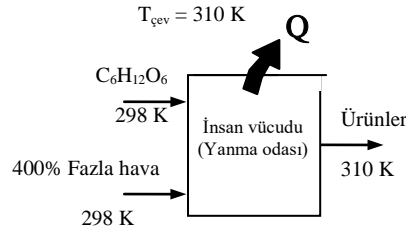
Yani,

$$Q_{entropi, \text{Glikoz}} = (1 - \eta)Q = (1 - 0.346)(-2499726) = -1634820.804 \text{ kJ/(kmol Glikoz)} \quad (20)$$

$$Q_{entropi, \text{palmitik asit}} = (1 - \eta)Q = (1 - 0.322)(-9135790) = -6194065.62 \text{ kJ/(kmol palmitik asit)} \quad (21)$$

$$Q_{entropi, \text{20 amino asit grubunun ortalaması}} = (1 - \eta)Q = (1 - 0.104)(-2446606.304) = -2192159.25 \text{ kJ/(kmol 20 amino asit grubunun ortalaması)} \quad (22)$$

#### 4. TERMODİNAMİĞİN İKİNCİ YASASININ İNSAN VÜCUDUNA UYGULAMASI



Şekil 1. Glikozun insan vücudunda metabolizması

Şekil 1’de glikozun insan vücudunda tepkimesi örnek olarak verilmiş ve entropi üretimi hesabında kullanılan insan vücudu (cildi) ve çevre sıcaklıkları gösterilmiştir. Sistemin (insan vücudunun) her hangi bir hal değişiminde entropi üretimi sistemin ve çevrenin entropi değişimlerinin toplamına eşittir.

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{sis}} + \Delta S_{\text{çev}} \quad (23)$$

Burada,  $S_{\text{üretim}}$ ,  $\Delta S_{\text{sis}}$  ve  $\Delta S_{\text{çev}}$  sırasıyla entropi üretimi, sistemin entropi değişimi ve çevrenin entropi değişimidir. Sistemin ve çevrenin entropi değişimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta S_{\text{sis}} = S_p - S_r \quad (24)$$

$$\Delta S_{\text{çev}} = \frac{Q_{\text{çev}}}{T_{\text{çev}}} = \frac{-Q_{\text{entropi}}}{T_{\text{çev}}} \quad (25)$$

$S_p$  ve  $S_r$  tepkimeden çıkanların ve tepkimeye girenlerin toplam entropisini göstermektedir. Bu eşitlikler vasıtasıyla insan vücudunda tepkimeden dolayı entropi üretimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_{\text{üretim}} = \sum_{i=1}^n (n\bar{s})_{i,p} - \sum_{i=1}^m (n\bar{s})_{i,r} + \frac{-Q_{\text{entropi}}}{T_{\text{çev}}} \quad (26)$$

$n$  ve  $\bar{s}$  sırasıyla mol sayısı ve  $i$  bileşeninin birim molü için entropisidir. Bir mükemmel gaz karışımında  $i$  bileşeninin entropisi

$$S_i = n_i \bar{s}_i(T, P_i) = n_i [\bar{s}_i^\circ(T, P_0) - R_u \ln(\gamma_{ni} P)] \quad (27)$$

şeklinde hesaplanır. Karakterlerin tanımı şöyledir;  $S_i$  karışımındaki  $i$  bileşeninin toplam entropisi,  $T$  karışım sıcaklığı,  $P_i$  karışımındaki  $i$  bileşeninin kısmi basıncı,  $P_0$  çevre basıncı,  $P$  karışım basıncı,  $\bar{s}_i^\circ$  karışımındaki  $i$  bileşeninin çevre basıncında ve  $T$  sıcaklığında mutlak entropisi ( $\bar{s}_i^\circ = \int_0^T c_{p,i}(T) \frac{dT}{T}$ ),  $R_u$  universal gaz sabiti,  $\gamma_{ni}$  karışımındaki  $i$  bileşeninin mol oranı. İnsan vücudunda  $P = 1 \text{ atm}$  ve  $R_u = 8.314 \text{ kJ/(kmol.K)}$  olarak varsayılmıştır.

Tablo 2’de verilen değerleri ve verilen denklemleri kullanarak insan vücudunda glikoz tepkimesi sonucu entropi üretimi hesaplanır.

$$S_{\text{üretim,glikoz}} = \Delta S_{\text{sis}} + \Delta S_{\text{çev}} = S_p - S_r + \frac{-Q_{\text{entropi,glikoz}}}{T_{\text{çev}}} = 29884.7 - 28587 + \frac{-(-1624820.804)}{310} = 6573.32 \text{ kJ/(K.kmol Glikoz)} \quad (28)$$

Glikozun mol kütlesi hesaplanır.

$$M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180 \text{ kg/kmol Glikoz} \quad (29)$$

Glikozun mol kütlesi birim kütle başına entropi üretiminin hesabında kullanılır.

$$S_{\text{üretim,glikoz}} = \frac{6573.32}{180} = 36.52 \text{ kJ/(K.kg Glikoz)} \quad (30)$$

**Tablo 2.** Glikoz ile ilgili değerler

	$n_i$	$y_{ni}$	$\bar{s}_i^\circ(T, 1atm)$ (298K)	$R_u \ln(y_{ni} P)$	$\bar{s}_i$	$n_i \bar{s}_i$
$C_6H_{12}O_6$	1	1	212	---	212	212
$O_2$	5×6	0.21	205.04	-12.98	218.02	6540.6
$N_2$	5×6×3.76	0.79	191.61	-1.96	193.57	21834.7
						$S_r = 28587.3$
(310 K)						
$CO_2$	6	0.0403	213.7	-26.70	240.4	1442.4
$H_2O$	6	0.0403	188.8	-26.70	215.5	1293
$O_2$	24	0.1613	205	-15.17	220.17	5284.1
$N_2$	112.8	0.7581	191.54	-2.30	193.84	21865.2
						$S_p = 29884.7$
		148.8	1			

Palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalaması ilgili entropi ve diğer veriler sırasıyla Tablo 3 ve 4'te verilmiştir. Glikoz ve palmitik asitin Tablo 2 ve 3'teki entropi değerleri Ref. [9, 10]'dan, 20 amino asit grubunun ortalaması entropisi ilgili web sitelerinden alınmıştır.

Glikoza benzer olarak palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalaması ilgili entropi üretimi hesaplanmıştır.

$$S_{\text{üretim, palmitik asit}} = 111350.86 - 109224.37 + \frac{-(-6194065.62)}{310} = 22107.35 \text{ kJ/(K.kmol Palmitik asit)} \quad (31)$$

$$S_{\text{üretim, 20 amino asit grubunun ortalaması}} = 33546.78 - 32672.98 + \frac{-(-2192159.25)}{310} = 7945.28 \text{ kJ/(K.kmol 20 amino asit grubunun ortalaması)} \quad (32)$$

Palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalamasının mol kütlesi hesaplanır.

$$M_{C_{15}H_{31}COOH} = 15 \times 12 + 31 \times 1 + 1 \times 12 + 1 \times 16 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 256 \text{ kg/(kmol Palmitik asit)} \quad (33)$$

$$M_{C_{4.57}H_{9.03}N_{1.27}O_{2.25}S_{0.046}} = 4.57 \times 12 + 9.03 \times 1 + 1.27 \times 14 + 2.25 \times 16 + 0.046 \times 32 = 119.12 \text{ kg/(kmol 20 amino asit grubunun ortalamasının)} \quad (34)$$

Yukarıdaki mol kütleleri Palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalamasının birim kütle başına entropi üretiminin hesabında kullanılır.

$$S_{\text{üretim, palmitik asit}} = \frac{22107.35}{256} = 86.36 \text{ kJ/ (K.kg Palmitik asit)} \quad (35)$$

$$S_{\text{üretim, 20 amino asit grubunun ortalaması}} = \frac{7945.28}{119} = 66.77 \text{ kJ/ (K.kg 20 amino asit grubunun ortalaması)} \quad (36)$$

Bu vesile ile bir kilogram glikoz, palmitik asit ve 20 amino asit grubunun ortalaması insan vücudunda sebep olduğu entropi üretimi hesaplanmıştır.

**Tablo 3.** Palmitik asit ile ilgili değerler

	$n_i$	$y_{ni}$	$\bar{s}_i^\circ(T, 1atm)$ (298K)	$R_u \ln(y_{ni}P)$	$\bar{s}_i$	$n_i \bar{s}_i$
$C_{15}H_{31}COOH$	1	1	452.4	---	452.4	452.4
$O_2$	$5 \times 23$	0.21	205.04	-12.98	218.02	25072.3
$N_2$	$5 \times 23 \times 3.76$	0.79	191.61	-1.96	193.57	83699.67
						$S_r = 109224.37$
(310 K)						
$CO_2$	16	0.0288	213.7	-29.49	243.19	3891.04
$H_2O$	16	0.0288	188.8	-29.49	218.29	3492.64
$O_2$	92	0.1653	205	-14.97	219.97	20237.24
$N_2$	432.4	0.7771	191.54	-2.10	193.64	83729.94
						$S_p = 111350.86$

**Tablo 4.** 20 amino asit grubunun ortalaması ile ilgili değerler

	$n_i$	$y_{ni}$	$\bar{s}_i^\circ(T, 1atm)$ (298K)	$R_u \ln(y_{ni}P)$	$\bar{s}_i$	$n_i \bar{s}_i$
$C_{4.57}H_{9.03}N_{1.27}O_{2.25}S_{0.04}$	1	1	$1.401 \times 119$	---	$1.401 \times 119$	$1 \times 1.401 \times 119$
$O_2$	$5 \times 6.8735$	0.21	205.04	-12.98	218.02	7492.80
$N_2$	$5 \times 6.8735 \times 3.76$	0.79	191.61	-1.96	193.57	25013.46
						$S_r = 32672.98$
(310 K)						
$CO_2$	4.57	0.0273	213.7	-29.94	243.64	1113.43
$H_2O$	4.515	0.0269	188.8	-30.06	218.86	988.15
$O_2$	28.665	0.1710	205	-14.68	219.68	6297.13
$N_2$	129.8568	0.7748	191.54	-2.12	193.66	25148.07
						$S_r = 33546.78$

## 5. TÜRKİYE’NİN YEDİ BÖLGESİNE YAŞAYAN İNSANLARIN GIDA ALIŞKANLIKLARI

Türkiye İstatistik Kurumu [11] Türkiye'nin yedi bölgesinde, Şekil 2, yaşayan insanların gıda alışkanlıklarını vermiştir. Türkiye İstatistik Kurumu gıda alışkanlığı verileri Ungan vd [12] bildirimlerine dayanmaktadır. Bu veriler Tablo 5’te verilmiştir. Ayrıca, besinlerin karbonhidrat, yağ ve protein içerikleri Tablo 6’de ve Türklerin tükettiği gıda grubu yüzdeleri Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 5, 6 ve 7 verileri kullanılarak Türklerin bölgesel olarak aldığı karbonhidrat, yağ ve protein miktarı hesaplanabilir. Bu değerler kullanılarak bir Türkün ürettiği entropi hesaplanabilir.



**Şekil 2.** Türkiye'nin yedi bölgesi**Tablo 5.** Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların gıda alışkanlığı

Gıda Grubu (100 g)	Marmara %	Güneydoğu Anadolu %	Akdeniz %	Ege %	İç Anadolu %	Doğu Anadolu %	Karadeniz %
Tahıl ve tahıl ürünleri	26	40	29	25	23	34	30
Et ve et ürünleri	3	3	3	2	2	4	3
Balık	1	0	0	1	0	0	1
Süt, süt ürünleri ve yumurta	13	11	13	12	10	12	13
Katı ve bitkisel (sıvı) yağlar	4	3	3	3	3	4	4
Meyveler	15	13	17	22	15	13	14
Sebze	21	22	28	26	21	26	26
Şeker, şekerleme, tatlılar	4	1	4	4	4	3	5
Tuz, baharat	1	1	1	1	1	1	1
Hazır yemek ve diğer gıdalar	1	1	1	1	1	1	1
İçecekler	11	5	2	3	20	2	2

**Tablo 6.** Gıda gruplarının protein, yağ ve karbonhidrat içeriği

Gıda Grubu (100 g)	Protein (g)	Yağ (g)	Karbonhidrat (g)
Tahıl ve tahıl ürünleri	9.68	3.47	76.65
Et ve et ürünleri	21.77	22.67	0.2
Balık	19.45	10.88	0
Süt, süt ürünleri ve yumurta	12.82	13.06	3.68
Katı ve bitkisel (sıvı) yağlar	0.2	93.82	0.23
Meyveler	0.83	0.33	13.3
Sebze	6.45	1.06	16.77
Şeker, şekerleme, tatlılar	4.12	10.42	52.45
Tuz, baharat	13.52	17.52	55.24
Hazır yemek ve diğer gıdalar	10.63	24.73	4.75
İçecekler	0.44	0	14.57

**Tablo 7.** Türklerin tükettiği gıda grubu yüzdeleri

Gıda Grubu (100 g)	Marmara %	Güneydoğu Anadolu %	Akdeniz %	Ege %	İç Anadolu %	Doğu Anadolu %	Karadeniz %
Tahıl ve tahıl ürünleri	26	40	29	25	23	34	30
Et ve et ürünleri	3	3	3	2	2	4	3
Balık	1	0	0	1	0	0	1
Süt, süt ürünleri ve yumurta	13	11	13	12	10	12	13
Katı ve bitkisel (sıvı) yağlar	4	3	3	3	3	4	4
Meyveler	15	13	17	22	15	13	14
Sebze	21	22	28	26	21	26	26
Şeker, şekerleme, tatlılar	4	1	4	4	4	3	5
Tuz, baharat	1	1	1	1	1	1	1
Hazır yemek ve diğer gıdalar	1	1	1	1	1	1	1
İçecekler	11	5	2	3	20	2	2
Toplam	100	100	100	100	100	100	100

## 6. İNSAN VÜCUDUNDA KİMYASAL TEPKİMELENDEN DOĞAN ENTROPİ ÜRETİMİ

Bir insanın günlük gıda tüketimi 1.14 kg/gün [13] veya  $1.32 \times 10^{-5}$  kg/s ve, kütlesi 65 kg [6] varsayılmıştır. Bu değerleri ve Tablo 7 verilerini kullanarak denklemler 30-36 vasıtasıyla Marmara bölgesinde yaşayan bir Türkün entropi üretimi hesaplanmıştır.

Protein alımından kaynaklanan entropi üretimi:

$$7.01 \frac{\text{g}}{100\text{g gıda}} \times \frac{\text{kg}}{1000\text{g}} \times 66.77 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg}} = 0.4681 \frac{\text{kJ}}{\text{K.100g gıda}} = 4.681 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg gıda}} \quad (37)$$

Yağ alımından kaynaklanan entropi üretimi:

$$8.26 \frac{\text{g}}{100\text{g gıda}} \times \frac{\text{kg}}{1000\text{g}} \times 86.36 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg}} = 0.7133 \frac{\text{kJ}}{\text{K.100g gıda}} = 7.133 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg gıda}} \quad (38)$$

Karbonhidrat alımından kaynaklanan entropi üretimi:

$$30.25 \frac{\text{g}}{100\text{g gıda}} \times \frac{\text{kg}}{1000\text{g}} \times 36.52 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg}} = 1.1047 \frac{\text{kJ}}{\text{K.100g gıda}} = 11.047 \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg gıda}} \quad (39)$$

Toplam entropi üretimi birim zamandaki gıda tüketimi ile çarpılırsa, birim zamanda entropi üretimi hesaplanabilir.

$$(4.681 + 7.133 + 11.047) \frac{\text{kJ}}{\text{K.kg gıda}} \times 1.32 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 30.18 \times 10^{-5} \frac{\text{KW}}{\text{K}} \quad (40)$$

Bu değer bir insanın varsayılan kütlesine bölünürse, birim zamanda birim kütle için entropi üretimi bulunur.

$$30.18 \times 10^{-5} \frac{\text{KW}}{\text{K}} \frac{1}{65\text{kg}} = 0.46 \times 10^{-5} \frac{\text{KW}}{\text{K.kg}} \quad (41)$$

Silva ve Annamalai [2, 3] bir insanın birim kütlesi başına ömür boyu ortalama entropi üretimini 11404 kJ/(K.kg) bulmuşlardır. Bu değer birim zamanda birim kütle için entropi üretimine bölünürse, yaşam süresi hesaplanabilir. Marmara bölgesinde yaşayan bir Türk için bu işlem yapılmıştır.

$$\frac{11404 \text{ kJ}/(\text{K.kg})}{0.46 \times 10^{-5} \text{ KW}/(\text{K.kg})} \times \frac{1 \text{ yıl}}{(365 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ s}} = 78.61 \text{ yıl} \quad \text{Marmara bölgesi} \quad (42)$$

Yukarıdaki yaşam süresi tahmini sadece insan vücudunda gıdaların metabolizmasına dayanmaktadır. Entropi üretiminde az rolü olan hava ve su alımı gibi faktörler ihmal edilmiştir.

Tablo 5, 6 ve 7 verileri kullanılarak Türkiye'nin diğer bölgelerinde yaşayan insanların birim zamanda birim kütlesi için entropi üretimi hesaplanmış ve Tablo 8'de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak Marmara'ya benzer olarak Türkiye'nin diğer bölgelerinde yaşayan insanların yaşam süreleri hesaplanmıştır.

**Tablo 8.** Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların birim zamanda birim kütlesi için entropi üretimi

	Marmara	Güneydoğu Anadolu	Akdeniz	Ege	İç Anadolu	Doğu Anadolu	Karadeniz
İnsanın bir kg kütlesi için toplam entropi üretimi (kW/K.kg)	$0.46 \times 10^{-5}$	$0.51 \times 10^{-5}$	$0.47 \times 10^{-5}$	$0.44 \times 10^{-5}$	$0.41 \times 10^{-5}$	$0.52 \times 10^{-5}$	$0.50 \times 10^{-5}$



$$\frac{11404}{0.51 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 70.91 \text{ yıl} \quad \text{Güney Doğu Anadolu bölgesi} \quad (43)$$
$$\frac{11404}{0.47 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 76.94 \text{ yıl} \quad \text{Akdeniz bölgesi} \quad (44)$$
$$\frac{11404}{0.44 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 82.19 \text{ yıl} \quad \text{Ege bölgesi} \quad (45)$$
$$\frac{11404}{0.41 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 88.20 \text{ yıl} \quad \text{Orta Anadolu bölgesi} \quad (46)$$
$$\frac{11404}{0.52 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 69.54 \text{ yıl} \quad \text{Doğu Anadolu bölgesi} \quad (47)$$
$$\frac{11404}{0.50 \times 10^{-5}} \times \frac{1}{265 \times 24 \times 60 \times 60} = 72.32 \text{ yıl} \quad \text{Karadeniz bölgesi} \quad (48)$$

Sonuç olarak, Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların yaşam süreleri için aşağıdaki eşitsizlik söz konusudur.

Doğu Anadolu < Güneydoğu Anadolu < Karadeniz < Akdeniz < Marmara < Ege < İç Anadolu

## SONUÇ

Termodinamiğin ikinci yasasına göre entropi üretimi daha az olan bir hal değişimi daha iyidir. Teorik olarak, entropi üretimi sıfır olan bir hal değişimi en iyidir. Bu yasaya uygun olarak, insan vücudundaki hal değişimleri ile ilgili entropi üretimi daha az olursa, daha iyi bir insan vücudu demektir. Türkiye'nin yedi bölgesinde yaşayan insanların entropi üretimi aşağıdaki eşitsizlikte verilmiştir.

Doğu Anadolu > Güneydoğu Anadolu > Karadeniz > Akdeniz > Marmara > Ege > İç Anadolu

En az entropi üretimi İç Anadolu, en çok entropi üretimi Doğu Anadolu insanlarındadır. Termodinamiğin ikinci yasasına göre İç Anadolu insanları Doğu Anadolu insanlarına nazaran daha iyi koşullarda yaşıyorlar. Bu durum doğal olarak yaşam sürelerine yansiyarak daha uzun yaşamaktadırlar.

Uzun yaşam sürelerini elde etmek için gıda alışkanlığını daha az entropi üretimi yapacak şekilde değiştirmek gerekir. Genel olarak, yukarıdaki analize göre daha az entropi üretimini (daha uzun yaşam süresini) sağlamak için tüketilen gıdada sırasıyla yağ, protein ve karbonhidratın düşürülmesi yerinde olur.

## KAYNAKLAR

- [1] M. Goldstein and I. F. Goldstein, The Refrigerator and the Universe, Harvard Press, 1993.
- [2] Carlos Silva and Kalyan Annamalai, "Entropy Generation and Human Aging: Lifespan Entropy and Effect of Physical Activity Level", Entropy 2008, 10 (2), pp.100-123; DOI: 10.3390/entropy-e10020100
- [3] Carlos A. Silva and Kalyan Annamalai, "Entropy Generation and Human Aging: Lifespan Entropy and Effect of Diet Composition and Caloric Restriction Diets", Journal of Thermodynamics, Volume 2009, Article ID 186723, 10 pages, doi:10.1155/2009/186723.
- [4] D. Hershey and H. Wang, "A New Age-Scale for Humans", Lexington Books, 1980.
- [5] Daniel Hershey, "Entropy Theory of Aging Systems: Humans, Corporations and the Universe", Imperial College Press, London, GBR, 2009.
- [6] K. Annamalai and I. Puri, "Advanced Thermodynamics Engineering", CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2002.
- [7] Lütfullah Kuddusi, "Thermodynamics and life span estimation", Energy, Vol. 80, pp. 227-238, 1 February 2015, DOI:10.1016/j.energy.2014.11.065.



- [8] Lütfullah Kuddusi, “Life Span, a Thermodynamic Approach”, LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 12.01.2016, ISBN 978-3-659-79535-0.  
DOI:10.13140/RG.2.1.2942.9524
- [9] D. Nelson ve M. Cox, *Lehninger Principles of Biochemistry*, Worth, Worth, NY, USA, 2003.
- [10] C. A. Silva, “Entropy generation in the human body. Estimation by means of energy requirements”, MSME Final Report, Texas A&M University, 2004.
- [11] Türkiye İstatistik Kurumunun web sitesi [www.tuik.gov.tr/](http://www.tuik.gov.tr/).
- [12] Ungan, S., Ünsalan R., Kaynak K. 1998. “Türkiye’de Gıda Tüketim Harcama ve Kompozisyon Verileri Analizi”. Araştırma Sempozyumu 1998 Bildirisi, Ankara.
- [13] M. A. Rahman, “A novel method for estimating the entropy generation rate in a human body”, *Thermal Science*, vol. 11, No. 1, pp. 75–92, 2007.

## ÖZGEÇMİŞ

### Lütfullah KUDDUSİ

1957’de doğdu. 1986 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Bölümünden mezun olmuştur. Aynı Üniversiteden 1988 yılında Yüksek Lisans 1993 yılında Doktor unvanını almıştır. 1988-1992 ve 2001-2004 Yılları arasında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2005-2006 yılları arasında İTÜ Makina Fakültesi Makina Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı’nda Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmıştır. 2006-2011 yılları arasında Doç. Dr. ve 2011’den itibaren Prof. Dr. olarak aynı fakültede ve aynı anabilim dalında görev yapmaktadır. Termodinamik, ısı geçişi, sayısal analiz ve mikro akış ve ısı geçişi konularında çalışmaktadır.