

VACLAV SMIL

Çek asıllı Kanadalı bilim insanı Vaclav Smil, İkinci Dünya Savaşı sırasında, o dönemde Bohemya ve Moravya Protektorası'na bağlı olan, bugün ise Çekya topraklarındaki Pilsen'de doğdu (1943). Prag Karl Üniversitesi'nde fen bilimleri öğreniminden sonra coğrafya alanında doktorasını ABD'de Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nde tamamladı. Çekoslovakya'nın 1968'de Sovyetler Birliği tarafından işgaliyle önce 1969'da ABD'ye, ardından 1972'de Kanada'ya göç etti. Uzun yıllar Kanada'da Manitoba Üniversitesi'nde görev yapan ve buradan emekli olan Smil'in enerji, çevre, gıda, nüfus ve kamu yararına politikalar üzerine geniş bir yelpazede disiplinlerarası çalışmaları bulunuyor. Bu alanlarda kaleme aldığı makaleleri ve kitapları çeşitli dillere çevrildi. Dünyanın pek çok yerinde yüzlerce konferans vermiş olan Smil, Kanada Bilimler Akademisi üyesidir. Kamuoyunun bilim ve teknolojiyi daha iyi kavramasını sağlayan çalışmalarıyla Amerikan Bilimsel İlerleme Topluluğu (American Association for the Advancement of Science) Ödülü'nü 2000 yılında alan Smil, ABD dışından bu ödüle layık görülen ilk kişi olmuştur.



VACLAV SMIL
ENERJİ VE MEDENİYET
Bir TARİHÇE
ÇEVİREN EBRU KILIÇ

İSTANBUL BİLGİ ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI 708
BİLGİ VE TOPLUM 19

ENERGY AND CIVILIZATION
A HISTORY

Copyright © 2017 Massachusetts Institute of Technology (The MIT Press).
Bu kitabın telif hakları Kayı Ajans aracılığıyla alınmıştır.

ISBN 978-605-399-452-7

1. BASKI İSTANBUL, ŞUBAT 2023

KAPAK RESMİ ONDEN'DE SU DEĞİRMENİ (HOKUSAI, 36 FUJİ DAĞI MANZARASI).

© İSTANBUL BİLGİ ÜNİVERSİTESİ İKTİSADİ İŞLETMESİ
YAZIŞMA ADRESİ: HACIAHMET MAHALLESİ, PİR HÜSAMETTİN SOKAK, No:20, 34440, BEYOĞLU / İSTANBUL
TELEFON: 0212 311 64 63 - 311 61 34 / FAKS: 0212 216 24 15 • SERTİFİKA No: 51672

www.bilgiyay.com
E-POSTA yayin@bilgiyay.com
DAĞITIM dagitim@bilgiyay.com

YAYINA HAZIRLAYAN SİLA ARLI - CEM TÜZÜN
TASARIM MEHMET ULUSEL
DİZGİ VE UYGULAMA GÖRKEM DİDEM ÖZTUNCER
DÜZELTİ SEMİH ÖNCEL
DİZİN ERVA AKÇA
BASKI VE CİLT VİZYON BASİMEVİ KAĞITÇILIK MATBAACILIK VE YAYINCILIK SAN. TİC. LTD. ŞTİ.
BEYLİKDÜZÜ O.S.B. MAH. ORKİDE CAD. No:1/Z BEYLİKDÜZÜ İSTANBUL
TELEFON: 0212 671 61 51 / FAKS: 0212 671 61 50 • SERTİFİKA No: 52098

İSTANBUL BİLGİ UNIVERSITY LIBRARY CATALOGING-IN-PUBLICATION DATA
İSTANBUL BİLGİ ÜNİVERSİTESİ KÜTÜPHANESİ KATALOGLAMA BÖLÜMÜ TARAFINDAN KATALOGLANMIŞTIR.

Names: Smil, Vaclav, author. | Kılıç, Ebru, translator.
Title: Enerji ve medeniyet : bir tarihçe / Vaclav Smil ; çeviren Ebru Kılıç.
Description: İstanbul : İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2023. | Includes bibliographical references and index.
Series: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları; 708. Bilgi ve Toplum; 19.
Identifiers: ISBN: 9786053994527 (paperback)
Subjects: LCSH: Power resources --History. | Power resources --Social aspects. | Technology and civilization. | Energy consumption --Social aspects.
Classification: LCC: Tj163.5 .S62319 2023

VACLAV SMIL

**ENERJİ VE MEDENİYET
BİR TARİHÇE**

ÇEVİREN
EBRU KILIÇ

İçindekiler

ix Önsöz ve Teşekkür

1 BİRİNCİ BÖLÜM Enerji ve Toplum

5 Akışlar, Birikimler ve Kontroller

8 Kavramlar ve Ölçüler

16 Karmaşıklıklar ve Engeller

21 İKİNCİ BÖLÜM Tarih Öncesinde Enerji

28 Toplayıcı Toplular

42 Tarımın Kökenleri

49 ÜÇÜNCÜ BÖLÜM Geleneksel Tarım

53 Ortak ve Özgün Yöner

53 Tarla İşleri

58 Tahılların Hâkimiyeti

64 Ekim Döngüleri

66 Yoğunlaşmaya Giden Yollar

67 Yük Hayvanları

76 Sulama

83 Gübreleme

87 Ekinlerin Çeşitliliği

88 Israrla Varlığını Sürdürmek ve Yenilik

89 Antik Mısır

92 Çin

99 Mezoamerika Kültürleri

102 Avrupa

109 Kuzey Amerika

114 Geleneksel Tarımın Sınırları

115 Kazanımlar

121 Beslenme

124 Sınırlar

133 DÖRDÜNCÜ BÖLÜM Sanayi Öncesi Dönemde Asli İtici Güçler ve Yakıtlar

- 137** Asli İtici Güçler
 - 138** Hayvan gücü
 - 152** Su Gücü
 - 163** Rüzgâr Gücü
- 168** Biyokütle Yakıtları
 - 169** Odun ve Odun Kömürü
 - 174** Ekin Artıkları ve Tezek
- 176** Hane İhtiyaçları
 - 177** Yiyeceklerin Hazırlanması
 - 180** Isı ve ışık
- 183** Ulaştırma ve İnşaat
 - 184** Karada Hareket Etmek
 - 194** Kürekli Gemiler ile Yelkenli Gemiler
 - 203** Binalar ve Yapılar
- 212** Metalurji
 - 214** Demir Olmayan Metaller
 - 218** Demir ve Çelik
- 224** Savaşlar
 - 225** Hayvansal Enerjiler
 - 230** Patlayıcılar ve Tüfekler

233 BEŞİNCİ BÖLÜM Fosil Yakıtlar, Asli Elektrik ve Yenilenebilir Enerjiler

- 236** Büyük Dönüşüm
 - 238** Kömür Çıkarmanın Başlangıcı ve Yaygınlık Kazanması
 - 242** Odun Kömüründen Kok Kömürüne
 - 244** Buhar Makineleri
 - 254** Petrol ve İçten Yanmalı Motorlar
 - 264** Elektrik

- 275** Teknik Yenilikler
 - 279** Kömürler
 - 284** Hidrokarbonlar
 - 290** Elektrik
 - 294** Yenilenebilir Enerjiler
 - 299** Ulaştırımda Asli İtici Güçler

305 ALTINCI BÖLÜM Fosil Yakıtlara Bağlı Medeniyet

- 307** Görülmemiş Güç ve Kullanım Biçimleri
 - 315** Tarımda Enerji
 - 322** Sanayileşme
 - 334** Ulaştırma
 - 344** Enformasyon ve İletişim
 - 352** Ekonomik Büyüme
- 359** Sonuçlar ve Kaygılar
 - 360** Kentleşme
 - 364** Hayat Kalitesi
 - 372** Siyasal etkiler
 - 377** Silahlar ve Savaşlar
 - 390** Çevresel Değişiklikler

395 YEDİNCİ BÖLÜM Dünya Tarihinde Enerji

- 396** Büyük Enerji Kullanım Örüntüleri
 - 398** Enerji Çağları ve Geçiş Dönemleri
 - 408** Uzun Vadeli Eğilimler ve Maliyetlerin Düşmesi
 - 417** Değişmeyen Ne Olmuştur?
- 427** Belirlenimcilik ve Seçim Arasında
 - 429** Enerji İhtiyaçları ve Kullanımlarının Zorunlu Yönleri
 - 436** Kontrollerin Önemi
 - 441** Enerji Açıklamalarının Sınırları

455 Ekler

- 455** Temel Ölçüler
- 457** Bilimsel Birimler, Katları ve Altçarpanları

459 Enerjiyle İlgili Gelişmelerin Kronolojisi

470 Tarihte Enerji

475 Kaynakça Notları

479 Kaynakça

525 İsim Dizini

529 Genel Dizin

Önsöz ve Teşekkür

*E*nergy in World History'yi yazmayı Temmuz 1993'te bitirdim, kitap 1994'te çıktı ve yirmi yıl boyunca yeni baskıları yapıldı. 1994'ten beri enerji araştırmaları büyük bir genişleme döneminden geçiyor, ben de bu ilk kitabın üstüne açıkça enerji meseleleriyle ilgili dokuz kitap ile önemli bir bölümü enerjiyi konu alan bir düzine disiplinlerarası kitap daha yayımladım. Hal böyle olunca, bu büyüleyici konuya yeniden dönmeye karar verdiğimde yüzeysel bir güncellemenin işe yaramayacağı açıklık kazanmıştı. Sonuçta bu, yeni bir başlığı olan, yepyeni bir kitaptır: Metin orijinal metinden yaklaşık yüzde 60 daha uzundur, resim sayısı yüzde 40, dipnot sayısı iki kat daha fazladır. Kitabın içine serpiştirilmiş kutularda şaşırtıcı bazı hesaplamaların yanı sıra önemli konular ve temel tablolarla ilgili birçok ayrıntılı açıklama yer alır. Klasik eserlerden (Apuleius, Lucretius, Plutarkos) tutun, Braudel, Eden, Orwell ve Senancour gibi on dokuzuncu ve yirminci yüzyılda yaşamış gözlemcilerin eserlerine varıncaya dek çok çeşitli kaynaklardan alıntılar yaptım. Winnipeg'deki Bounce Design grafikleri güncelledi ve yenilerini hazırladı, Ian Saunders ve Anu Horsman Seattle'da Corbis'ten yirmi dört tane arşiv fotoğrafı ayarladı. Bu tür disiplinlerarası çalışmalarda her zaman olduğu gibi, yüzlerce tarihçi, bilim insanı, mühendis ve ekonomistin çalışmaları olmasaydı bu kitap da mümkün olmazdı.

Winnipeg, Ağustos 2016

BİRİNCİ BÖLÜM

Enerji ve Toplum

Enerji evrensel olan yegâne değer birimdir: Herhangi bir şeyin yapılabilmesi için, enerjinin birçok biçiminden birinin dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşümlerin evrendeki tezahürleri galaksilerin kendi etraflarındaki muazzam dönüşlerinden yıldızlardaki termonükleer tepkimelere, dünyadaki tezahürleriye levha tektoniğinin okyanus tabanlarını ayıran, yeni dağ sıraları yükselten, kara oluşturan kuvvetlerinden minik yağmur damlalarının birikimsel aşındırıcı etkilerine uzanır. (Romalıların dediği gibi, *gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo* – Bir damla su bir taşı kuvvetle değil, sürekli damlayarak deler.) Güneş enerjisi fotosentez yoluyla bitki biyokütlesine çevrilmeseydi, yeryüzünde hayat (Dünya dışından anlamlı bir sinyal alabilmek için yıllardır devam eden girişimlere karşın, hâlâ evrende bildiğimiz tek hayattır) imkânsız olurdu. İnsanların hayatta kalabilmesi, bu dönüşüme ve medeni varoluşları için daha birçok enerji akışına dayanır. Richard Adams'ın (1982, 27) dediği gibi:

Hummalı bir biçimde düşünceler üretebiliriz, ama onları eyleme dönüştürmek için gerekli kaynaklardan yoksunsak düşünce olarak kalırlar... Tarih öngörülemez biçimlerde hareket eder. Gelgelelim tarihteki olaylar mutlaka, enerji bileşenlerine uyum göstermesi gereken bir yapı ya da örgütlenme ile anlam kazanır..

İnsan toplumlarının evrimi sonucunda daha büyük nüfuslar ortaya çıkmış, sosyal düzenlemeler ve üretim düzenlemeleri giderek karmaşık bir hal almış ve giderek daha fazla sayıda insanın hayat kalitesi yükselmeye baş-

lamıştır. Temel bir biyofiziksel bakış açısına göre, hem insanın tarih öncesindeki evrimi hem tarihin izlediği yol, daha yoğunlaşmış ve daha değişken enerji biçimlerinin daha büyük birikimlerini ve akışlarını kontrol etme ve bunları daha düşük maliyete, daha yüksek verimle, daha keseye uygun biçimlerde ısı, ışık ve harekete çevirme arayışı olarak görülebilir. Bu eğilim Amerikalı matematikçi, kimyager ve istatistikçi Alfred Lotka (1880-1949) tarafından maksimum enerji kanununda şöyle genelleştirilmiştir: “İncelenen her örnekte doğal seçim, kullanılmamış bir madde kalıntısı ve kullanılabilir enerji olduğu sürece organik sistemin toplam kütlelerini, maddenin sistemde dolaşım oranını, sistemdeki toplam enerji akışını artıracak şekilde işler.” (Lotka 1922, 148).

Birbirini izleyen medeniyetlerin, başka bir deyişle biyosferdeki en büyük ve en karmaşık organizmaların tarihi bu yolu izlemiştir. İnsanların daha yüksek enerji akışlarına dayanması, organizmaların evriminin kaçınılmaz bir sürekliliği olarak görülebilir. Wilhelm Ostwald (1853-1932, kataliz üzerine yaptığı çalışmayla kimya alanında 1909’da Nobel Ödülü’nü almıştır) “enerji biliminin ikinci kanununu herhangi bir eylemi ve bütün eylemleri, özellikle de insan eylemlerinin bütünlüğünü” içine alacak şekilde açıkça genişleten ilk bilim insanı olmuştur: “Bütün enerjiler bu dönüşüme hazır değildir, sadece bazı enerji biçimleri hazırdır, bu nedenle onlara serbest enerji denmiştir... Bundan dolayıdır ki serbest enerji, her türden her varlığın tükettiği, her şeyin onun çevrilmesi, dönüşmesi sayesinde yapıldığı sermayedir” (Ostwald 1912, 83). Bu, Ostwald’ı enerji kuralını formüle etmeye götürmüştü: “*Vergeude keine Energie, verwerte sie*” – “Enerji israf etme, enerjiyi yararlı kıl” (Ostwald 1912, 85).

Ostwald’ın izinden gidenlerin, onun vardığı sonuçları nasıl yeniden ifade ettiğini, bazılarının enerji ile bütün insani işler arasındaki bağlantıya çok daha belirlenimci bir açıklık getirdiğini üç alıntıyla gösterebiliriz. 1970’lerin başında Howard Odum (1924-2002) Ostwald’ın işlediği kilit temanın bir versiyonunu ortaya koydu: “Enerji kaynaklarının elverişli olması, varolabilecek çalışma faaliyetinin miktarını belirler ve bu enerji akışlarının kontrol edilmesi, insanın işlerindeki ve doğaya göreli etkisindeki gücü belirler” (Odum 1971, 43). 1980’lerin sonunda Ronald Fox, evrimde enerjiyi konu alan bir kitabı “enerji akışı eşleşmesindeki her iyileştirmeye birlikte kültürel mekanizmalarında bir iyileşme olduğu” sözleriyle tamamlamıştı (Fox 1988, 166).

Enerji arzı ile sosyal ilerlemeler arasında bağlantı kurmak için bilim insanı olmak gerekmez. Eric Blair (George Orwell, 1903-1950) 1937'de yeraltındaki bir kömür madenini ziyareti sonrasında kaleme aldığı *The Road to Wigan Pier*'in ikinci bölümünde şöyle diyordu:

Medeniyetimiz, Chesterton hızı, insanın durup da düşünmeye başladığından anladığından çok daha eksiksiz bir biçimde kömür üzerine kurulmuştur. Bizi hayatta tutan makineler, makineleri yapan makineler hepsi de doğrudan ya da dolaylı olarak kömüre dayanır. Batı dünyasının metabolizmasında kömür madencisi, önem açısından toprağı sabanla süren insandan sonra ikinci sırada yer alır. Kirli olmayan hemen her şeyin omuzlarına yüklendiğı bir tür heykel sütundur. Bu nedenle fırsat bulursanız ve bu sıkıntıya katlanmak isterseniz, kömürün çıkarılma süreci gayet izlemeye değerdir. (Orwell 1937, 18)

Ama bu temel bağlantıyı (Orwell'in yaptığı gibi) yeniden ortaya koymak ile (Fox'un yaptığı gibi) enerji akışının her iyileşmesinde kültürel iyileştirmelerin gerçekleştiğini söylemek birbirinden farklıdır. Orwell'in vardığı sonucun istisnası gösterilemez. Fox'un dile getirdiğı şey ise, iki kuşak önce antropolog Leslie White'in (1900-1975) kültürel gelişimin birinci önemli kanunu dediğı belirlenimci bir görüşün yeniden ortaya konmasıdır açıkçası: "Başka her şey eşit olmak kaydıyla, kültürel gelişimin ölçüsü, her yıl kişi başına elde edilen ve işletilen enerji miktarı olarak doğrudan değişir" (White 1943, 346). Ostwald'ın temel formülasyonu ya da enerjinin evrilen toplumların yapısı ve dinamikleri üzerinde her şeyi içeren etkisi (Orwell'in tutumu) hakkında hiçbir tartışmaya gerek olmayabilir, ama enerji kullanım düzeyi ile kültürel başarılar arasında belirlenimci bir bağlantı kurulması, son derece tartışmalı bir önermedir. Bu nedenselliğı (ya da bunun eksikliğini) kitabın son bölümünde inceliyorum.

Kavramın temel niteliğı su götürmez. Robert Lindsay'in belirttiğı üzere:

Varoluşumuzdaki bütün unsurlara, onu gerçekten de kavradığımızı hissetmemizi sağlayacak bir biçimde uygulanabilen tek bir sözcük bulabilseydik, ekonomik ve güçlü bir şey başarmış olurduk. Enerji sözcüğünün ifade ettiği şeyle olan da budur. Deneyim anlayışımızı hiçbir kavram bu denli birleştirmemiştir.

Peki ama enerji nedir? Şaşırtıcıdır, Nobel Ödülü kazananlar bile görünürdeki bu basit soruya tatmin edici bir cevap vermekte büyük zorluk

çekmektedir. Richard Feynman (1918-1988) meşhur *Lectures on Physics*'te “Bugün fizikte, enerjinin ne olduğuna dair bir bilginin olmadığını anlamak önemlidir. Enerjinin belli bir miktarda küçük baloncuklar halinde geldiğini gösteren bir resim yok kafamızda” (Feynman 1988, 4-2).

Bildiğimiz tek şey, bütün maddenin durağan halde enerji olduğu, enerjinin kendisini birçok farklı biçimde gösterdiği, bu farklı enerji biçimlerinin birçoğu evrensel, her yerde ve kesintisiz, bazıları bir tek yerle son derece sınırlı, seyrek ve gelip geçici çok sayıda dönüşümle birbirine bağlanmıştır (Şekil 1.1). Bu birikimler, potansiyeller ve dönüşümlerin anlaşılması büyük ölçüde on dokuzuncu yüzyılda hızla genişlemiş ve sistematik bir hal almış, bu bilgi nükleer enerjinin nasıl açığa çıkarılacağını fotosentezin nasıl işlediğinden daha önce anladığımız (birincisi kuramsal olarak 1930'ların sonunda, pratikte 1943'te ilk reaktörün çalışmaya başlamasıyla gerçekleşmişti, fotosentezin sekansları ise ancak 1950'lerde açıklık kazandı) yirminci yüzyılda mükemmelleştirilmiştir; enerji dönüşümlerinin karmaşıklıkları üzerine anlamlı bir yorumdur bu.

NEREDEN NEREYE	ELEKTRO- MANYETİK	KİMYASAL	NÜKLEER	TERMAL	KİNETİK	ELEKTRİK
ELEKTRO- MANYETİK		Kimyasal İşildama	Nükleer Bombalar	Termal Radyasyon	İvmelenen Yükler	Elektro- manyetik Radyasyon
KİMYASAL	Fotosentez	Kimyasal İşleniş		Kaynama	Radyolizle Ayrıştırma	Elektroliz
NÜKLEER	Gama Nötron Tepkimeleri					
TERMAL	Solar Özümleme	Yanma	Fizyon Füzyon	Isı Alışverişi	Sürtünme	Dirençle Isıtma
KİNETİK	Radyometre	Metabolizma	Radyoaktivite Nükleer Bombalar	Termal Genişleme İçten Yanma	Dişliler	Elektrikli Motorlar
ELEKTRİK	Solar Hücre	Yakıt Hücreleri Piller	Nükleer Piller	Termo - Elektrik	Elektrik Jeneratörleri	

Şekil 1.1. Enerji çevrimleri matrisi. Olasılıkların var olduğu yerlerde başlıca iki dönüşümden fazlası tanımlanmamıştır.

AKIŞLAR, BİRİKİMLER VE KONTROLLER

Bilinen bütün enerji biçimleri insanın varoluşu açısından kritik önemdedir, önemlerine göre bir sıralama yapmayı engelleyen bir gerçektir bu. Tarihin akışının büyük bir bölümü hem evrensel ve gezegensel enerji akışlarıyla hem de bunların bölgesel ve yerel tezahürleriyle belirlenmiş ve sınırlanmıştır. Evrenin temel özellikleri sayılamayacak kadar çok galaksi ve yıldız sistemini düzenleyen kütleçekim enerjisinin hükmü altındadır. Kütleçekim gezegenimizin Güneş'e doğru uzaklıkta kalıp onun yörüngesinde dönmesini sağlar ve ayrıca Dünya'yı yaşanabilir kılan yeterince kütsel bir atmosferi tutar. (Kutu 1.1)

Bütün etkin yıldızlarda olduğu gibi Güneş'in de enerjisi füzyondan gelir, bu termonükleer tepkimelerin sonucu Dünya'ya elektromanyetik (solar, radyant) enerji olarak ulaşır. Bu enerjinin akışı görünebilir ışık da dâhil, geniş kapsamlı bir dalgaboyu tayfını kapsar. Bu muazzam akışın yaklaşık yüzde 30'u bulutlarla ve yüzeylerle yansıtılır, yaklaşık yüzde 20'si atmosfer ve bulutlarda soğurular ve geri kalanı, toplam akışın kabaca yarısı okyanuslar ve karalar tarafından massedilir, termal enerjiye dönüşür ve uzaya geri yansıtılır (Smil 2008a). Dünya'nın jeotermal enerjisi çok daha küçük bir ısı

Kutu 1.1

Kütleçekim ve Dünya'nın yaşanabilir bir yer olması

Karbona dayalı metabolizmanın uç noktadaki toleransı, organik moleküllerin oluşumu ve tepkimeleri için sıvı haline gerek duyulan suyun donma noktasıyla (en alt sınır) ve aminoasitlerin istikrarını bozan, proteinleri parçalayan ısılar ve basınçlarla (en üst sınır) belirlenir. Dünya'nın sürekli yaşanabilirlik bölgesi (hayatı destekleyen bir gezegen için en iyi koşulları sağlayan yörünge yarıçapı aralığı) çok dardır (Perkins 2013). Kısa süre önce yapılan bir hesaplamada sınıra daha önce düşünülenden çok daha yakın olduğumuz sonucuna varılmıştır: Kopparapu ile çalışma arkadaşları (2014) atmosfer bileşimi ve basıncı dikkate alındığında Dünya'nın yaşanabilir bölgenin iç sınırında, denetimsiz sera gazı etkisinin tolere edilemez derecede yüksek ısıya neden olduğu yarıçapın hemen dışında yörüngede döndüğü sonucuna varmıştır.

Bundan yaklaşık iki milyar yıl önce, Dünya'nın bu etkiye maruz kalmasını önleyecek kadar karbondioksit okyanuslar, arkea ve algler tarafından tutuluyordu; ama gezegen Güneş'ten sadece yüzde 1 daha uzak olsaydı, neredeyse bütün suyu buzullarda kapalı kalmış olurdu. Optimum bir aralıktaki ısılarda bile gezegen, azotun ağırlıkta olduğu, fotosentezden gelen oksijenle zenginleşmiş, yüzey ısını düzenleyen birkaç önemli gaz izi içeren benzersiz atmosferi olmasaydı son derece büyük bir çeşitlilik gösteren hayatı destekleyemezdi; bu ince gaz zarfı, gezegen, atmosferi yerinde tutan kütleçekimi yaratacak kadar büyük olmasaydı varlığını sürdüremezdi.

akışı oluşturur: Gezegenel kütlenin asıl kütleçekimsel birikiminin ve radyoaktif maddenin bozunumunun bir sonucudur bu ve okyanuslar ile kıtaları yeniden düzenleyip duran, volkanik patlamalar ile depremlere neden olan büyük tektonik süreçleri yönetir.

Dünyaya gelen ışıma enerjisinin sadece küçük bir bölümü, yüzde 0,05'inden azı fotosentez sayesinde bitkilerde yeni kimyasal enerji birikimine dönüşür, daha yüksek bütün yaşam biçimleri için yeri doldurulamaz bir dayanak oluşturur. Canlı metabolizması besinleri yeniden düzenleyip büyüyüp gelişen dokulara çevirir, daha yüksek bütün türlerde bedensel işlevleri ve sürekli ısıyı ayakta tutar. Sindirim ayrıca, çalışan kasların kullandığı mekanik (kinetik) enerjyi üretir. Hayvanlar enerji çevrimlerinde, bedenlerinin büyüklüğü ve erişilebilir besinlerin elverişli olmasıyla içkin olarak sınırlıdır. Türümüzü diğerlerinden ayıran temel niteliklerden biri de bu fiziksel sınırların, kasların daha verimli kullanılması ve bedenlerimizin dışındaki enerjilerin toplanması sayesinde genişletilmesi olmuştur.

İnsanın zekâsıyla kilit altından kurtulan bu beden dışı enerjiler hem daha güçlü ilk hareketlendiriciler hem de yanmaları ısı doğuran yakıtlar olarak giderek artan çeşitlilikte kullanılmıştır. Enerji stoklarını tetikleyen etkenler bilgi akışına ve muazzam çeşitlilikte yapay nesneye dayanır. Bu aygıtlar çekiç-taşlar ve manivelalar gibi basit aygıtlardan yakıtlı karmaşık motorlar ve nükleer fizyon enerjisi açığa çıkaran reaktörlere uzanan bir yelpazede yer



Şekil 1.2. Gabon'da bir şempanze (*Pan troglodytes*) alet kullanarak kuruyemiş kırıyor (Corbis).

alır. Bu ilerlemelerin temel evrimsel ve tarihsel sıralamasını geniş kapsamlı niceliksel terimlerle özetlemek kolaydır. Fotosentez yapmayan herhangi bir organizmada olduğu gibi insanın en temel enerji ihtiyacı gıdadır. İnsansıların yiyecek yağmalamaları ve artık toplamaları, primat atalarının yiyecek edinme pratiklerine çok benziyordu. Bazı primatlar, ayrıca su samurları ve filer de dâhil başka bazı memeliler, bazı kuşlar (kuzgunlar

İSİM DİZİNİ

- Amontons, Guillaume 148
Ampère, André-Marie 264
Apuleius, Lucius 178
Arşimet 77, 80, 81, 142, 143, 165, 179, 461, 470
Auer von Welsbach, Carl 241
- Babbage, Charles 346, 463
Bald, Robert 239
Bardeen, John 346, 347, 467
Bauer, Andreas F. 344, 467
Beau de Rochas, Alphonse 258
Bell, Alexander G. 345, 464
Benedict, Francis G. 149
Benz, Karl F. 465
Berliner, Emil 345, 465
Berners-Lee, Tim 350, 469
Bissell, George H. 256
Blériot, Louis C. 262, 466, 476
Bosch, Carl 317
Boulton, Matthew 247, 248
Bradley, Charles S. 67, 273
Brattain, Walter 346, 347
Braudel, Fernand 441
Braun, Ferdinand 346, 465
Braun, Wernher von 303, 467
Bruegel, Pieter 146
Brunelleschi, Filippo 205
Buehler, Ernest 347
Buz, Heinrich von 263
- Carrier, Willis 369
Casement, Robert 161
Charles IV 211
Cody, William F. 185
Cooke, William 344
Corliss, George H. 249
Coulomb, Charles-Augustin de 148-150, 264
Cubitt, William 148
- Daguerre, Louis J.-M. 345
Daimler, Gottlieb 258, 465
Daimler, Paul 260
Darby, Abraham 243, 462
Debussy, Claude 444
Deere, John 109
De Forest, Lee 346, 466
De la Rue, Warren 267
Diesel, Rudolf 262, 465
Dolivo-Dobrovolsky, Mikhail O. 275
Doret, Gustave 44
Drake, Edwin 256, 464
- Edison, Thomas A. 269, 345
Elcano, Juan S. 201
Ellul, Jacques 434, 477
Evans, Oliver 179, 249
- Faraday, Michael 265
Feynman, Richard 4
Ford, Henry 260, 295
Francis, James B. 162
Franklin, Benjamin 180
Frisch, Otto 292
Fulton, Richard 250
- Galvani, Luigi 264
Gaulard, Lucien H. 271
Gibbs, John D. 271
Goddard, Robert H. 303
Grey, Elisha 345
Gutenberg, Johannes 344
- Haber, Fritz 317, 466
Hall, Charles M. 332
Harrison, John 437
Henning, Hans 379
Herodot 141, 208, 209
Hérault, Paul L.-T. 332, 465
Hertz, Heinrich 346, 465

- Hill, Archibald V. 19
Hirst, Ivan 339
Hitler, Adolf 339, 373
Hollerith, Hermann 438
Hughes, Howard 285, 466
Humphrey, Davy 357, 463
Hüseyin, Saddam 376, 390
Hussey, Obed 110, 463
- Jacquard, Jean M. 438
Jefferson, Thomas 444
Jellinek, Emil 259
Jevons, Stanley 14
Jobs, Steven 350
Joule, James P. 9
- Kaplan, Viktor 162, 466
Keeling, Charles 393
Kilby, Jack S. 347, 348
Koenig, Friedrich 344, 426
Krupp, Friedrich A. 263
- Lane, John 109, 463
Langley, Samuel P. 260
Lawes, John D. 317
Leakey, Richard 21
Lee, Edmund 438
Lefebvre des Noëttes, Richard 71
Lenin, Vladimir I. 376, 450
Lenoir, Joseph E. 258, 464
Leonardo da Vinci 444
Levassor, Emile 259
Licklider, J.C.R. 350
Liebig, Justus von 317
Lilienfeld, Julius E. 346
Lotka, Alfred 2
Lukas, Anthony F. 256
- Madison, James 444
Macellan, Ferdinand 201, 462
Manly, Charles 260, 261
Mao, Zedong 283, 368, 374
Marconi, Guglielmo 346, 465, 466
Marsh, C. W. 110, 185, 464
Maxwell, James C. 345, 346
Maybach, Wilhelm 258-260
- McCormick, Cyrus 110, 463
Meitner, Lise 292
Michelangelo 211, 444
Monet, Claude 445
Montferrand, Auguste de 136
Moore, Gordon 348
Morse, Samuel 344, 463
Morton, Frederick 122
Murdoch, William 248
- Napoleon, Bonaparte 373
Neubold, Charles 109
Newcomen, Thomas 462
Niépce, Nicéphore 345
Nobel, Alfred 232, 379, 464
Noyce, Robert 347, 348
- Obert, Hermann 303
Odum, Howard 2, 320
Ohain, Hans P. von 300, 301, 467
Ørsted, Hans 264, 265
Orwell, George 3
Ostwald, Wilhelm 2
Otto, Nicolaus A. 258
- Papin, Denis 245, 462
Parsons, Charles A. 254, 271, 465, 471
Pelton, Lester A. 162, 465
Perkins, Jacob 249
Pissarro, Camille 445
Porsche, Ferdinand 338, 339
Rathenau, Emil 270
Revelle, Roger 393
Rickover, Hyman 292
Roentgen, Wilhelm, K. 351, 465
Roosevelt, Franklin D. 376
- Savery, Thomas 245, 411, 462
Scheutz, Edward 346
Schlumberger, Conrad 285, 296
Seaborg, Glen 450
Shannon, Claude 347
Shockley, William 347, 467
Smeaton, John 157, 167, 246
Sobrero, Ascanio 379
Soddy, Frederick 352

- Sprengel, Hermann 267
Spruytte, Jean 69, 71
Stanley, William 272, 465
Stephenson, George 144, 250
Strauss, Lewis L. 450
Suess, Hans 393
Swan, Joseph W. 267, 269, 464
- Taylor, Charles 261
Taylor, Frederick W. 326, 327
Teal, Gordon W. 347, 348
Tesla, Nikola 273, 274, 465
Thompson, Benjamin 180
Thoreau, Henry D. 171
Tomlinson, Ray 350
Trevithick, Richard 249, 463
Tsiolkovsky, Konstantin E. 303
- Vauban, Sebastien 231
- Verne, Jules 265
Vivaldi, Antonio 426
Volta, Alessandro 264, 344, 463
- Washington, George 254, 444
Watt, James 9-11, 246, 248, 438, 463
Westinghouse, George
Wheatstone, Charles 273
Whittle, Frank 300
Wilbrand, Joseph 379
Wilhelm II 373
Wood, Jethro 109
Woowdard, Henry 267
Wozniak, Steven 350
Wright, Orville 262
Wright, Wilbur 466
- Zola, Émile 445

GENEL DİZİN

11 Eylül 376, 378, 387

açlık 107, 124-126, 130, 319, 373, 442, 447, 450

Afrika 17, 22, 26, 27, 32, 46-48, 55, 66, 70, 125, 127, 137, 168, 169, 174, 202, 214-216, 218, 223, 277, 283, 287, 289, 294-296, 358, 359, 363, 365, 366, 398, 427, 439

ağaç 11, 16, 17, 29, 30, 31, 37, 41, 45, 51, 76, 89, 100, 125, 158, 169-171, 174, 183, 203, 214, 216, 220-222, 233, 261, 294, 298, 378, 398

ağşap 39, 40, 55, 58, 62, 70-72, 77, 78, 88, 90, 91, 93, 102, 104, 109, 112, 113, 117, 135, 136, 139-141, 143, 144, 146-148, 153, 156-158, 161, 164, 165, 178, 182, 187, 189, 204, 208, 220, 239, 255, 256, 259, 291, 328, 332, 340, 344, 380, 381, 460, 470

Airbus 301, 342, 396, 412

Alaska 39, 40, 287, 374

Alberta 34, 110, 256, 286

alet 6, 7, 25, 26, 32, 37, 38, 40, 41, 45, 50, 51, 53-57, 65, 73, 81, 107, 114, 131, 140, 141, 169, 178, 209, 214, 219, 223, 251, 322, 325, 349, 366, 367, 369, 400, 417, 428, 430, 460, 477

Almanya 16, 25, 50, 70, 107, 108, 127, 161, 168, 173, 230, 235, 260, 267, 270, 271, 274, 276, 279, 281, 283, 286, 289, 293, 296, 298-300, 303, 310, 311, 317, 330, 333, 336, 338, 339, 342, 354-358, 362, 371, 372, 376, 380, 385-387, 406, 441, 444, 446, 470

Alüminyum 15, 16, 259, 261, 329, 330, 332, 333, 384, 422

Amerika Birleşik Devletleri 118

amonyak 85, 288, 317-320, 394, 408, 420, 453, 466

amonyum nitrat 317, 379, 387

amonyum sülfat 84, 243, 317

ampul teli 268

Apple 350

arpa 42-44, 60, 63, 86, 88-91, 96, 105, 107, 108, 123, 431, 460

asli itici güç 124, 133, 135, 137-139, 148, 160, 161, 163, 167, 183, 196, 229, 234, 236, 237, 244, 246, 252, 253, 258, 263, 265, 268, 271, 274-277, 299-301, 303, 317, 322, 361, 377, 384, 395-403, 405, 408-411, 417, 418, 421, 423, 428, 429, 436, 437, 439, 442, 443, 447, 448, 470-472

Asya 17, 21, 46-48, 55-58, 64-67, 70, 74, 76, 77, 84, 85, 89, 101, 115, 119, 120, 123, 125, 127, 137, 151, 163, 169, 174-177, 179, 180, 185, 199, 215, 228, 250, 277, 280, 289, 294, 300, 316, 320, 336, 340, 342, 344, 355, 358, 363-366, 369, 389-391, 397, 398, 402, 415, 418, 431, 439, 440, 444, 461

at nalı 73, 219, 462

atlar 33, 66, 68-70, 73, 74, 76, 93, 103-105, 107, 112, 150-152, 191, 192, 197, 215, 227-229, 238, 239, 403, 408, 415, 457

Australopithecus 21

avcılar 22, 29, 31-36, 38, 40, 41, 47

avcılık 29, 32, 33, 42

Avrupa 10, 21, 26, 29, 38, 41, 44, 47, 50, 53-57, 60, 64-68, 70, 72-76, 84-86, 88-90, 92, 95, 102-109, 115-123, 127, 128, 130, 131, 134, 135, 138, 141, 143, 146, 151, 153, 158, 160, 161, 163-165, 169, 173, 176, 177, 179, 180, 182, 183, 185-189, 191-193, 196, 197, 199-204, 210, 211, 214, 215, 217-219, 228, 231, 232, 234, 236-238, 242, 243, 250, 259, 264, 267, 269, 270, 274, 279, 280, 286, 287, 289, 296, 298, 299, 300, 310-312, 316, 317, 323, 324, 335, 337, 340-342, 344, 358-360, 362, 365-367, 369, 389, 391, 397, 400-402, 404-406, 415, 416, 431, 437-440, 444, 445, 447, 452, 456, 461, 462, 466, 469

- Avustralya 33, 37, 45, 110, 168, 250, 279, 283, 372, 431
 Avusturya-Macaristan İmparatorluğu 259
 ayak değirmeni 142, 147-149, 470
 Aztekler 100, 101
- bakır 16, 83, 209, 212, 214-218, 220, 223, 266, 269, 272, 291, 330, 340, 438, 460, 461
 baklagil 12, 46, 49, 52, 59, 60, 83, 85-88, 97, 102, 106, 114, 125, 174, 431
 Bakü 255, 257, 325
 balina avcılığı 40, 463
 Barbegal 159, 471
 barut 138, 224, 225, 227, 230, 231, 379, 398, 412, 462
 Basarwa 33, 37
 Basra Körfezi 288, 289, 375
 Belçika 68, 259, 324
 benzin 262, 278, 287, 299, 300, 308, 316, 352, 362, 368, 381, 384, 389, 391, 411, 428
 -li motor 254, 259, 262, 336, 449
 beslenme 17 21, 23, 24, 36, 37, 40, 41, 46, 49, 59, 60, 64, 74, 75, 86-88, 97, 114, 119, 121-123, 125, 150-152, 175, 177, 178, 193, 199, 209, 312, 317, 322, 361, 370, 371, 400, 418, 422, 430, 447, 451, 467
 beygir gücü 9-11, 69, 71, 114, 135, 148, 149, 167, 184, 246, 254, 299, 316, 426
 beyin 23, 24
 biber 89, 99, 123
 biçerdöver 62, 66, 69, 70, 103, 110, 111, 463, 464
 biftek 322
 bilgi (enformasyon) 4, 6, 8, 28, 41, 60, 96, 102, 104, 108, 115, 120, 121, 167, 203, 206, 213, 260, 261, 327, 333, 343, 371, 395, 405, 423, 433, 443, 448
 bilgisayar 314, 329, 334, 346, 347, 350, 421, 426, 434, 438, 439, 449, 467-469
 Birinci Dünya Savaşı 137, 229, 254, 262, 271, 272, 276, 285, 291, 300, 314, 317, 325, 334, 373, 378, 380, 386, 466
 Birleşik Krallık 241, 243, 282, 282, 296, 324, 356, 385, 406, 467, 468
- bisiklet 193, 194, 260, 465
 bitki 1, 6, 7, 22, 27-31, 34, 36, 38, 40-45, 52, 58, 60, 64, 71, 83, 85, 86, 89, 99, 100, 119, 169, 182, 188, 234, 235, 238, 317, 319, 361, 392, 429, 431, 442, 453, 454, 467
 bitkilerin evcilleştirilmesi 42
 biyodizel 17, 295
 biyokütle 1, 17, 18, 38, 95, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 182, 183, 233, 234, 236, 237, 241, 242, 294, 308-310, 362-364, 393, 397, 398, 406, 407, 414, 418, 429, 447-449, 472, 476
 biyoyakıt 17, 294, 295, 298, 309, 367, 407
 bocurgat 11, 134, 136, 142, 143, 145, 150, 152, 159, 196, 205, 215, 239, 470
 Boeing 300-302, 312, 313, 329, 333, 342, 343, 378, 381, 383, 384, 396, 411, 412, 468, 469, 471
 boylam 437
 Brezilya 31, 288, 295, 296, 336, 339, 240, 342, 363, 403, 415, 426, 433, 446, 451, 469
 buğday 10, 17, 34, 42-44, 58-62, 64, 66, 76, 80, 82, 83, 86, 88-91, 96, 97, 99, 101, 103-105, 107, 108, 110, 112, 113, 115-117, 123, 209, 229, 312, 316, 321, 431, 457, 460
 buhar
 kazanı 247
 motoru 9, 14, 16, 137, 246, 251-254, 270, 274, 322, 323, 326, 335, 344, 357, 400, 402, 403, 405, 408, 410, 415, 422, 423, 449, 463, 471, 476
 türbini 14, 234, 237, 251, 253, 254, 270, 271, 276, 290, 291, 379, 396, 401, 403, 408, 422, 423, 465, 471
 buharlı
 gemi 229, 245, 249, 250, 252, 340, 341, 422, 449, 463
 kürek 252
 lokomotif 144, 167, 249, 250, 251, 254, 471, 472
 büyüme 9, 12, 28, 95, 120, 124, 202, 237, 245, 252, 269, 276, 282, 287, 293, 296, 297, 305-309, 314, 322, 352, 354, 355, 357, 358, 362, 364, 365, 370, 374, 406, 418, 421, 427, 429, 431, 436, 442, 447, 451, 452

- California 110, 112, 113, 115, 186, 256, 286, 298, 348, 428, 465, 471, 472
- çekiç 6, 25
- çelik 16, 56, 62, 109-111, 113, 117, 131, 137, 138, 184, 217, 218, 223, 244, 251, 257, 261, 263, 272, 276, 283, 286, 289-291, 312, 316, 325-327, 329-333, 338, 340, 384, 389, 404, 495, 433, 463, 464, 468
- cep telefonu 349-352, 366
- çevresel bozulma 46, 306
- çimento 16, 178, 210-212, 368, 408, 463
- Çin 47, 50, 54, 56, 65, 66, 72, 76, 77, 82, 84, 87, 88, 89, 92, 95, 96, 98, 121, 127, 140, 174, 176, 179, 182, 187, 189, 194, 196, 200, 214, 218, 242, 277, 281-283, 289, 294, 295, 298, 307, 311, 315, 319, 321, 336, 337, 357, 365, 367, 368, 371, 389, 397, 398, 401, 404, 405, 415, 417, 426, 427, 447, 469
- Çin Seddi 401
- çobanlık/göçebe çobanlık 46-48
- çocuk/bebek ölümü 36, 270, 370-372, 423
- değirmen taşı 152-154, 159, 164, 177-179, 265
- demir 15, 16, 53, 55, 83, 93, 109, 113, 124, 131, 134-137, 141, 143, 148, 155, 158, 162, 168, 171, 173, 178, 179, 184, 212-224, 231, 238, 240-245, 250, 251, 255, 271, 281, 283, 315, 322, 324, 325, 330, 332, 344, 353, 378, 384, 389, 391, 394, 400, 403-405, 408, 412, 414, 422, 430, 432, 433, 453, 454, 456, 461-464
- demiryolu 144, 166, 167, 186, 192, 197, 250, 268, 332, 335, 336, 340, 368, 291, 413, 456, 463, 464
- dinamit 232, 379, 464
- dizel motor 237, 253, 262, 263, 280, 291, 299, 300, 312, 316, 320, 341, 400, 412, 465, 471
- DNA 44, 45
- doğalgaz 17, 235, 255, 257, 279, 282, 283, 288, 289, 307, 309, 315, 318, 353, 390, 391, 406, 411, 433, 435, 436, 470, 476
- domates 89, 99, 123
- domuz 29, 30, 37, 42, 44, 82, 89, 92, 95, 176, 321, 322, 460
- döngü 33, 45, 52, 53, 64, 73, 86, 106, 108, 220, 233, 291, 354, 411, 419, 421, 422, 423, 429
- dövme demir 109, 219, 223, 241, 251
- dünya
- nüfusu 277, 305, 308, 314, 320, 321, 262, 362, 405, 420, 450, 453
 - Ticaret Merkezi 378
- düşük gelirli ülkeler 294, 308, 319, 358, 397, 398, 417
- eğik düzlem 134, 136, 139, 141, 142, 207
- eğitim 8, 18, 151, 322, 352, 357-359, 363, 364, 366, 368, 370, 371, 397, 420
- ekin 309, 316, 319-321, 361, 397, 431, 440, 453, 468
- ekmek 10, 39, 45, 61, 62, 74, 83, 107, 122, 123, 125, 142, 159, 173, 177-179
- ekonomi 14, 237, 242, 353, 399, 415
- el arabası 461
- elektriğe bağlanma 290, 326, 328
- elektrik enerjisi 412, 420, 450
- elektrikli motor 4, 265, 266, 270, 274, 280, 315, 320, 327, 415
- elektronik 291, 292, 312, 314, 315, 329, 333, 344-347, 349, 351, 366, 367, 368, 391, 397, 420, 426, 438, 439, 441, 466, 467
- emek 15, 31, 38, 45, 46, 48, 61, 62, 64, 66, 81, 84, 87, 93, 97, 101, 109, 112, 113, 117, 119, 124, 126, 127, 129, 134, 179, 189, 199, 204, 240, 315, 316, 317, 369, 373, 397, 401-403, 419, 430
- enerji
- çevrimi 4, 6, 8, 9, 12, 18, 133, 160, 198, 296, 299, 353, 355, 366, 407, 416, 428, 436, 441, 442, 449
 - tüketimi 12, 19, 238, 245, 277, 311, 354, 356, 359, 364, 366, 367, 368, 371, 384, 386, 397, 406, 414, 415, 418, 426, 427, 443, 446, 447, 452, 472, 473
 - verimliliği 414, 415, 437
- yoğunluğu 10, 12, 13, 15-17, 27, 31, 35, 39, 59, 170, 215, 234, 235, 243, 258, 262, 332, 356-358, 361, 386, 408, 419, 429, 431, 441

- ensefalizasyon 23, 24, 32
 entegre devre 347, 348, 438, 468
 entropi 8, 9, 12, 442
 Eski Dünya 28, 43, 47, 48, 54, 58, 70, 77, 99, 138, 139, 141, 176, 182, 190, 218, 398, 400, 406, 407, 413
 et 24, 27, 32-37, 41, 43, 61, 76, 97, 103, 108, 122-124, 321, 322, 431
 etanol 17, 295, 299, 303, 417, 469
 Etiyopya 22, 367, 371, 389
 evcilleştirme 43, 67

 fil 6, 34, 35, 89, 151, 228
 Filipinler 7, 201, 446
 Finlandiya 127, 128, 136
 fırın 7, 15, 135, 158, 176-180, 219, 224, 240, 243, 317, 331, 349, 366, 369, 400, 423, 468
 fitokütle 11, 13, 17, 27-29, 31, 41, 51, 52, 135, 168, 169, 174, 122, 233, 234, 236, 237, 242, 275, 295, 305, 473
 fosfat 317, 319, 464
 fosil yakıt 7, 15, 17, 18, 53, 114, 131, 203, 233-236, 244, 275-278, 283, 284, 288, 294, 298, 305-310, 314, 315, 320, 334, 344, 354, 355, 360-362, 364, 372, 373, 384, 390-394, 397-399, 402, 405, 407, 414, 417-420, 432-436, 441, 453, 469, 473
 fotokimyasal sis 339
 fotosentez 1, 4-6, 15, 22, 29, 50, 52, 83
 Fransa 11, 16, 26, 38, 39, 57, 83, 84, 107, 108, 114, 117, 118, 141, 145, 155, 169, 192, 197, 201, 230, 231, 238, 241, 250, 255, 259, 267, 276, 277, 280, 287, 291, 293, 298, 310, 321-324, 332, 333, 337, 339, 342, 345, 356, 358, 367, 371, 372, 374, 386, 389, 397, 406, 422, 445, 446, 469, 473
 frenk inciri (opuntia) 10

 gaz 5, 7, 14, 17, 168, 230, 234-237, 240, 241, 251, 257, 258, 268, 276, 278, 282, 285, 288-291, 299-301, 303, 312, 318, 384, 391, 393, 404, 408, 411, 412, 422, 423, 466, 467, 471, 476
 gaz türbini 7, 14, 234, 237, 276, 289-291, 300, 301, 303, 312, 384, 408, 411, 422, 423, 467, 471, 476
 gazete 248, 344
 geçiş 18, 42, 44, 50, 54, 100, 103-105, 126-128, 180, 234, 236-239, 241, 242, 273, 296, 298, 323, 334, 338, 340, 341, 394, 396, 398, 399, 406-408, 426, 430, 432, 436, 452, 453
 geleneksel tarım 14, 15, 19, 49-54, 58, 60-62, 66-68, 74, 76, 83-86, 88, 89, 92, 96, 114, 115, 121, 122, 124, 126, 130, 176, 418, 431, 434
 geri dönüşüm 50, 76, 83-85, 95, 125, 431
 gernik buğdayı 42, 44, 89
 gıda 6, 10, 15, 19, 27, 29, 30, 34, 35, 37-39, 43, 49, 51, 52, 58, 59, 61-63, 82, 95-97, 99, 101, 103, 107, 108, 112, 113, 119, 121-126, 129-131, 133, 138, 154, 155, 160, 173, 176-178, 209, 212, 213, 224, 234, 252, 259, 261, 262, 292, 300, 309-311, 314, 318, 319, 321, 322, 340, 342, 359, 361, 366, 393, 397, 414, 419, 422, 423, 429, 430, 434, 440, 447, 448, 451, 457
 göç 28, 32, 39, 40, 45-48, 50, 66, 72, 97, 127, 250, 274, 322, 335, 343, 362, 363, 370, 392, 419, 430, 434, 441, 451
 gramofon 345, 465
 GSYİH 354
 Guatemala 46, 99, 100, 451
 gübreleme 52, 67, 83, 85, 87, 93, 96, 104, 107, 117, 125, 127, 129, 317, 319, 418, 434
 güneş 1, 5, 7, 8, 13, 14, 40, 50, 51, 66, 89, 91, 114, 131, 176, 203, 204, 206, 234, 236, 239, 244, 279, 296-298, 305, 314, 315, 320, 370, 391, 407, 417, 429, 441, 444, 452, 453, 455, 456
 enerjisi 1, 7, 40, 51, 89, 114, 131, 233, 239, 279, 296, 298, 305, 314, 320, 391, 407, 441, 453
 Haçlılar 164, 228
 ham
 demir ocakları (bloomery) 220

- petrol 8, 12, 15, 114, 234, 235, 237, 253-255, 257, 258, 275, 278, 282, 284-287, 295, 307, 322, 341, 352-355, 360, 374, 375, 390, 407, 412, 413, 435, 437, 440, 465-469
- hava kirliliği 235, 252, 283, 289, 291, 328, 339, 363, 449
- Hawaii 7, 393, 394
- hayvan gücü 14, 54, 58, 65, 66, 68, 77, 78, 92, 96, 110, 114, 115, 117-120, 124, 126, 135, 138, 196, 204, 228, 317, 430, 432
- herbisit 315, 319, 320
- hidroelektrik üretimi 279, 295, 305
- hidrokarbon 16-18, 234, 235, 254, 255, 257, 277, 283-285, 308, 360, 407, 421, 432, 436, 440, 451, 453
- hidrolik parçalama 286, 289, 375, 390, 435, 469
- Hindistan 60, 61, 66, 75, 78, 99, 123, 126, 137, 147, 151, 175, 176, 179, 199, 201, 202, 251, 277, 281-283, 294-296, 321, 323, 325, 335, 357, 363, 366, 371, 389, 398, 415, 426, 439, 444, 445, 446, 461, 462
- Hhz 19, 68, 69, 105, 156, 159, 166, 184, 203, 224, 226, 231, 259, 261, 262, 275, 292, 312, 326, 339, 345, 377, 405, 411, 413, 424, 426, 457, 471
- Hollanda 104, 107, 108, 117, 118, 158, 163-168, 202, 202, 237, 289, 321, 323, 324, 376, 432, 433, 436, 438, 439, 462, 470, 471
- homo erectus 21, 24
- homo sapiens 21, 24, 26
- hypocaust 181
- IBM 346, 347, 350
- Intel 348, 349, 369
- ışıklandırma 168, 268, 269, 273, 415, 416
- ısıtma 4, 169, 170, 173, 176, 179-182, 237, 240, 242, 289, 309, 361, 363, 364, 367, 415, 423, 461
- içten yanmalı motor 237, 254, 258, 401, 411, 476
- iki ayak üzerinde yürümek 22, 23, 32, 33
- İkinci Dünya Savaşı 230, 235, 256, 264, 276, 280, 281, 285, 286, 288, 291, 292, 295, 299, 300, 303, 318, 319, 330, 332, 336, 339, 341, 346, 347, 351, 355, 362, 364, 373, 375, 377, 378, 380, 381, 385-387, 390, 400, 412, 413, 419, 441, 445, 467
- imalat sanayii 398
- İngiltere 13, 85, 103, 104, 107, 108, 110, 116-118, 127, 131, 134, 135, 141, 152, 154, 157, 158, 163, 164, 168, 174, 177, 191, 220, 221, 236, 238, 241, 243, 245, 249, 250, 292, 300, 310, 311, 324, 325, 335, 396, 397, 399, 402, 432, 441, 462, 463, 466
- İnkalar 58, 81, 85, 102, 190
- inovasyon 267, 268, 270
- inşaat 65, 82, 83, 136, 137, 141, 142, 146, 151, 183, 184, 187, 189, 204, 206-211, 219, 224, 227, 239, 252, 293, 325, 328, 335, 368, 396, 400, 401, 403, 404, 414, 477
- insani gelişme endeksi 371, 446
- Japonya 61, 63, 1115, 119, 120, 174, 214, 242, 269, 280, 281, 286, 287, 289, 293, 300, 311, 312, 315, 322-325, 327, 330, 334, 336-338, 340, 342, 351, 355, 356-358, 366, 367, 371, 372, 374, 380, 385-387, 389, 397, 414, 426, 439, 440, 441, 446, 452, 466, 469, 472, 473
- Java 50, 97, 119
- jeotermal 5, 236, 298, 315, 466
- jet motoru 276, 285, 300-302, 312, 329, 353, 410, 415, 422, 438, 471
- kaldıraç 23, 26, 80, 81, 134, 136, 139-141, 186, 205, 208, 226, 249, 255, 252
- kalore 9, 10, 235, 457
- kamyon 131, 229, 264, 299, 309, 337, 338, 340, 379, 380, 387, 412, 421, 428
- Kanada 45, 109, 173, 237, 256, 267, 279, 289, 293, 296, 309, 316, 342, 346, 356, 357, 372, 375, 385, 403
- kanalizasyon 84, 212, 361, 420

- karbon 22, 83, 170, 171, 214, 219, 220, 223, 234, 235, 243, 266, 267, 269, 277, 278, 329, 330, 342, 392-394, 408, 464
- karbondioksit (CO₂) 5, 61
- karbonsuzlaşma 280
- karşılıklı yıkım 388
- kaslar 6, 19, 24, 33, 48, 51, 52, 72-74, 77, 112, 133, 137, 138, 145, 147, 159, 185, 224-226, 229, 239, 315, 325, 396, 398, 400, 403, 412, 429, 430
- katedral 53, 146, 205, 210, 211, 219, 254, 401, 404
- katırlar 68, 112, 114, 186, 197, 228, 317, 400, 403, 434
- kayış 70, 71, 73, 143, 163, 179, 245, 249, 252, 322, 326, 328, 329, 428
- kemik 21, 22, 25, 32, 33, 40, 42, 45, 53, 54, 68, 73, 442, 460
- kent (bkz. şehir) 11, 12, 53, 84, 85, 95, 101, 108, 120, 122, 133, 151, 158, 177, 183, 192-194, 197, 204, 225-227, 231, 235, 240, 250, 258, 264, 267, 270, 272, 275, 312, 314, 323, 335, 338, 343, 359-363, 370, 376, 381, 386, 397, 419, 428, 433, 451, 463
- kentleşme 244, 245, 252, 305, 306, 316, 322, 359, 360, 362-364, 391, 417-419
- Kenya 25, 365
- kılıç 32, 217, 224-226, 228, 323, 377,
- kinetik enerji 6, 7, 137, 138, 154, 156, 157, 159, 166, 197, 225, 226, 230, 236, 245, 295, 334, 377, 378, 380, 404, 414
- kişi başı enerji 14, 310, 311, 406, 446
- kıtalararası balistik füze 303, 377, 384
- kıtlık 36, 102, 115, 124-126, 238, 242
- kok kömürü 15, 131, 220-222, 224, 235, 242-244, 279, 281, 282, 316, 325, 400, 405, 422, 432, 453
- kola 77, 226, 273
- kölelik/köleler 137, 177, 178, 199, 373, 399, 400, 440, 444, 457
- köprü 158, 190, 206, 211-214, 224
- koşum takımı 70, 71, 73, 103, 193, 437
- Kültür Devrimi 242, 374
- küresel ısınma 283, 306, 360, 392, 394, 417
- kurşun (projectiles) 144, 161, 212, 213, 215, 216, 230, 269, 298, 330, 377, 378, 455
- kütle/güç oranı 253, 254, 259, 261, 299-301, 303, 410
- Kuveyt 288, 376, 390
- Kuzey Levant 44
- Kuzine 463
- Lady Isabella 135, 161, 471
- Londra 151, 158, 173, 193, 238, 240, 248, 250, 254, 265, 266, 269, 273, 334, 341, 362, 439, 463
- Maasai 47, 48
- makara 134, 136, 139, 142, 143, 147, 179, 205, 220
- makrobesin 10, 41, 52, 83, 317
- makroparazit 440
- mamutlar 27, 33-35, 38
- mancınık 138, 140, 143, 196, 225-227, 230, 260, 412, 430
- matbaa 344, 438, 442
- Mayalar 82, 88, 100
- medeniyet 2, 3, 7, 9, 13, 18, 52, 61, 99-101, 120, 138, 180, 197, 233, 299, 305, 306, 314, 330, 349, 395, 396, 398, 400, 404, 427, 429, 433, 436, 441-443, 448, 450-454, 470, 475
- Megafauna 34
- mekanizasyon/makineleşme 325
- Meksika 7, 10, 29, 33, 44, 82, 88, 99, 100-102, 121, 125, 257, 339, 363, 446, 460
- Mercedes 259, 260, 333, 339, 384, 426
- metaller 50, 144, 168, 172, 214, 215, 217, 223, 237, 239, 328, 330, 333, 357, 369, 419, 431
- metalürji 133, 137, 159, 173, 174, 185, 212, 214, 216, 218, 235, 242, 243, 279, 281, 324, 332, 391, 404, 405, 422, 453, 477
- metan (CH₄) 235, 278, 391-393
- Mezoamerika 46, 51, 58, 99-101, 123, 210
- Mezopotamya 44, 54, 55, 70, 90, 122, 138, 141, 204, 209, 211, 214, 418, 460, 461
- mikroçip 292, 347, 349, 350, 421, 439

- mikroparazit 440
- mısır 11, 22, 44, 46, 49, 51, 58, 60, 63, 76, 81, 87, 93, 97, 101, 112, 114, 119, 123, 125, 295, 321, 431, 460
- Mısır 42, 46, 54, 60, 64, 77, 78, 80, 89-92, 97, 99, 103, 120, 121, 133, 135, 138, 175, 187, 188, 191, 198, 200, 206-208, 214-216, 218, 225, 296, 310, 311, 375, 401, 429, 432, 448, 451, 460, 461, 470
- Model T 260, 285, 299, 338, 381, 466, 471
- modern tarım 14, 15, 22, 87, 315, 320, 321, 434, 477
- Moğolistan 48
- Moore Kanunu 349
- motor 12, 249, 253, 254, 259, 261-264, 274, 299, 301, 302, 326, 333, 337, 339, 342, 449, 464, 465, 468
- mum 412, 457
- Nazi 376
- negentropi 9
- net enerji maliyeti 18, 19, 46, 61
- New York 111, 136, 151, 193, 254, 256, 269, 275, 334, 340, 343, 362, 387, 450
- Nil Nehri 64
- nitrojen 84, 95, 300, 317-319, 391
- nüfus yoğunluğu 28, 29, 38-40, 43, 46-48, 51, 86, 92, 97-99, 101-103, 106, 108, 119-121, 124, 128, 362, 417, 418, 429, 430
- nükleer
bomba 4, 292, 381-383, 388, 413, 467
santral 293
- obelisk 135, 136, 207
- obezite 359
- ocak 7, 12, 17, 18, 55, 109, 151, 171, 174, 177, 179, 180, 182, 187, 189, 203, 204, 207, 210, 214, 215, 218-223, 240, 243, 244, 314, 325, 329-331, 349, 353, 369, 411, 427, 432, 454, 460, 462, 464
- odun 11-13, 17, 18, 27, 40, 45, 114, 131, 137, 149, 168-177, 180, 181, 204, 214-216, 218, 220-223, 230, 233, 236, 238, 239, 241-244, 252, 275, 276, 278, 284, 294, 295, 298, 309, 315, 361, 369, 396, 398, 400, 404, 406, 407, 414, 418, 422, 427, 430, 432, 437, 444, 451
- kömürü 13, 117, 131, 168-172, 174, 204, 214-216, 218, 220-223, 230, 233, 238, 242, 244, 275, 276, 294, 315, 361, 396, 400, 407, 414, 422, 430, 432
- ok 94, 138, 225, 226, 228, 230, 430
- okyanus aşırı 341, 416, 439
- OPEC 276, 281, 287, 290, 299, 307, 353-355, 374-376, 421, 469
- orak 53, 56, 57, 62, 88, 90, 102, 104, 109, 112, 113, 115, 174, 219, 427
- ormanlar 29-31, 37, 50, 76, 106, 169, 171, 174, 220-223, 233, 294, 309, 360, 361, 393, 399, 400, 429
- Ortadoğu 15, 17, 44, 47, 55, 64, 70, 76, 77, 89, 92, 102, 105, 174, 176, 177, 182, 203, 254, 257, 353, 374-376, 444, 460, 461
- otoban 338, 368, 411, 433, 457, 468
- otobur 29, 32-34, 38
- otomobil 193, 194, 254, 258-260, 285, 287, 295, 299, 300, 308, 314, 316, 327, 332-334, 336-339, 241, 349, 352, 353, 359, 366, 367, 379, 387, 391, 397, 398, 409-412, 421-424, 426, 435, 436, 438, 449, 465, 469, 470, 476
- öküz 69, 80, 96, 104, 108, 110, 119, 205, 228, 229, 403, 472
- pamuk 88, 99, 150, 174, 240, 245, 261, 268
- Pantheon 183, 205, 210, 211
- Papua Yeni Gine 30
- paradoks 14, 395, 434
- Paris 84, 88, 127, 136, 151, 211, 222, 254, 266, 270, 275, 341, 362, 444, 466, 469
- Parthenon 183, 205, 210
- patates 44, 51, 58, 59, 64, 88, 96, 102, 107, 123, 126, 320, 431, 460
- patlayıcılar 16, 138, 224, 225, 230, 377-383, 385, 387, 465
- pestisit 315, 319, 320
- piramitler 133, 141, 205-210, 460
- pirinç 44, 46, 57-60, 62-67, 75, 76, 82, 87, 88, 92, 94, 95, 97, 99, 119, 120, 123, 124, 129, 151, 176, 217, 229, 321, 431, 461

- pişirme 7, 12, 13, 26, 27, 63, 90, 168, 169, 174, 176, 177, 179, 180, 204, 224, 237, 240, 279, 289, 309, 361, 364, 368, 369, 414, 427
- Pleistosen 34, 42
- potasyum 31, 83, 173, 230, 317, 319
nitrat 230
- primatlar 6, 21, 22, 24, 29
- protein 5, 10, 17, 30-32, 34, 35, 37, 41, 49, 59-61, 76, 83, 87, 88, 122, 123, 125, 174, 318, 319, 322, 429, 442
- Qing Hanedanı 82, 93, 96-98, 114, 119, 176, 323, 360, 447
- radasyon 4, 382, 388, 442
- radyo 345, 346, 449, 465, 466, 468, 469
- rampa 141, 142, 149, 207, 208, 413
- Rio Tinto 215, 216
- roket 7, 276, 299, 303, 349, 351, 378, 384, 449, 463, 467, 471
- Roma 54-56, 68, 71, 85, 92, 103, 107, 114, 118, 119, 122, 146, 154, 158, 159, 173, 181, 183, 189-191, 195, 198, 200, 201, 204, 211-213, 216, 227, 236, 254, 310, 311, 401, 424, 448
İmparatorluğu 92, 103, 154, 173, 183, 204, 212, 254, 310, 311, 448
- Rusya 50, 68, 127, 136, 228-230, 237, 242, 250, 255-257, 267, 279, 286, 290, 294, 303, 324, 325, 335, 342, 371, 372, 386, 388, 406, 439, 440, 446, 450, 451
İmparatorluğu 242
- rüzgâr 7, 8, 17, 34, 51, 52, 58, 135, 137, 138, 152, 163-167, 178, 179, 183, 197-200, 202, 203, 225, 233, 236, 238, 239, 279, 296-298, 305, 310, 314, 315, 340, 391, 398, 401, 402, 404, 407, 417, 430, 432, 437, 439, 441, 450, 461, 469, 471
enerjisi 8, 51, 152, 166, 200, 296, 305, 407, 417, 437
- gücü 138, 163, 166, 167, 179, 203, 225, 296, 401, 402, 430
- türbini 8, 17, 236, 239, 279, 296, 297, 441, 450, 469, 471
- saban 3, 51, 54-56, 58, 62, 65-67, 69, 74, 76, 88, 89, 91, 97, 104, 105, 109, 190, 222-224, 320, 403, 430, 470, 472
-la sürme 3, 51, 54, 55, 58, 65-67, 69, 88, 89, 91, 97, 105, 403, 430, 470, 472
- saman 17, 18, 67, 73-75, 83, 84, 90, 91, 106, 112, 114, 137, 151, 168, 170, 174, 176, 180, 193, 204, 229, 230, 259, 407, 427, 438, 451
- Sanayi Devrimi 245, 320, 323
- sanayileşme 12, 15, 86, 133, 135, 137, 159, 160, 244, 245, 247, 251, 252, 283, 288, 295, 305, 314, 322-326, 329, 330, 362, 365, 367, 3976, 397, 418, 419, 475, 477
- Santa Maria del Fiore 205
- Sen Petersburg 136, 362
- sifon 206, 212, 213
- silah 23, 26, 32, 33, 35, 142, 186, 200, 201, 214, 218, 219, 224, 225, 229-231, 292, 306, 360, 375-385, 387, 388, 390, 400, 405, 412, 413, 437, 454, 468, 477
- sindirim sistemi (gastrointestinal tract) 24, 27
- siyez buğdayı 44
- soba 294, 308, 309, 369
- soya fasülyesi 59, 50, 88, 95, 97, 295
- SSCB (Sovyetler Birliği) 282, 295, 296, 307, 366, 373, 376, 382, 385, 386, 388, 389, 440, 445, 451, 467, 468
- su
değirmeni 152, 153, 158, 215, 222, 244, 248, 334, 399, 471
gücü 152, 154, 158, 160-163, 214, 323, 324, 399, 400, 432
kemer (aqueduct) 158, 159, 206, 211-213
kirliliği 359, 363
türbini 162, 163, 168, 263, 296, 325, 328, 408, 409, 463-466, 471
- sulama 51, 52, 64, 65, 67, 74, 76, 77, 80-82, 87, 90, 92-95, 100-102, 119, 122, 127, 263, 316, 317, 320, 399, 401, 418, 430, 434, 460, 461, 477
- Suudi Arabistan 286, 288, 290, 307, 354, 359, 371, 374, 375, 440, 446

- süvari 228, 230
- şebekeler (grids) 272, 279, 292, 296
- şehir (bkz. kent) 11, 12, 52, 53, 84, 85, 95, 101, 108, 120, 122, 133, 151, 158, 177, 183, 192-194, 197, 204, 225, 226, 227, 231, 235, 240, 250, 258, 264, 267, 270, 272, 275, 312, 314, 323, 335, 338, 343, 359-363, 370, 376, 381, 386, 397, 419, 428, 433, 451, 463
- şeker kamışı 82, 151, 165, 174, 176, 295, 469
- şempanze 6, 23, 28
- şömine 7, 179, 180
- tahıl 8, 12, 22, 31, 35, 41, 44-46, 49, 50, 52, 53, 56-61, 63-66, 73-76, 83, 85-93, 96, 97, 101, 102, 105, 106, 108, 110-115, 117, 119, 122-125, 127-129, 137, 148, 150, 152, 158, 160, 165, 168, 174, 176-179, 187, 191, 193, 252, 316, 318, 321, 341, 361, 399, 404, 427, 430-432, 451, 457
- tahta 25, 33, 55, 56, 72, 73, 78, 141, 153, 164, 204, 428
- tank 77, 161, 173, 212, 229, 230, 251, 377, 378, 380, 381, 384, 466
- tanker 263, 264, 276, 278, 286, 287, 289, 300, 302, 384, 391, 398, 412, 465, 468
- Tanzanya 21, 37
- tarım devrimi 73, 89, 89
- tarım toplumu 125
- taş 16, 25, 26, 32, 34, 35, 38, 41, 56, 136, 146, 158, 161, 164, 177, 179, 181, 187, 189, 203-205, 207-212, 214-216, 218, 219, 231, 413, 424, 457, 460
- tekerlek 55, 79, 104, 109, 111, 133, 139-142, 144-146, 187, 189-191, 193, 248, 251, 259, 460
- Teksas 256, 257
- tekstil 161, 163, 251, 323, 324
- telefon 276, 344-346, 349-352, 366, 422, 464, 468, 469
- telekomünikasyon 297, 329, 344, 405, 419, 420
- telgraf 185, 261, 325, 344, 463
- Teotihuacan 100, 206, 210, 448, 449
- terleme 32, 33, 233
- termal enerji 5, 7, 8, 269, 282, 290, 298, 433
- termoregülasyon 33
- tezek 18, 107, 168, 170, 174, 176, 204, 294, 309
- tırmıklama 55, 62, 97, 104, 113
- tırpan 56, 57, 66, 80, 88, 140, 472
- TNT 379, 380, 382, 383
- top 225, 232, 378, 379, 381, 384, 462
- toplayıcılık 19, 21, 30-32, 36-38, 42, 43, 46, 49, 53, 54
- Toyota 327, 329, 339, 421
- traktör 114, 131, 263, 312, 316, 317, 403, 410, 466, 472
- tramvay 254
- transistör 346-349, 438, 467, 468
- trebüşe 225-227, 230
- tren 229, 250, 256, 279, 280, 300, 312, 314, 325, 335, 336, 397, 411-413, 464, 472
- tuğla 7, 16, 90, 168, 171, 172, 179, 180, 182, 203-205, 207, 210, 211, 240, 330, 414, 460
- turba 12, 203, 234, 235, 237, 432
- turbojeneratör 236, 251, 271, 290, 291, 408, 411, 471
- uçak 141, 229, 260-263, 277, 300-302, 312, 314, 329, 332-334, 336, 341-343, 372, 377, 378, 380, 381, 384-389, 396, 397, 411-413, 415, 426, 428, 444, 466-469
- ulaşım 133, 166, 185, 252, 334, 401, 423 devrimi 252
- uranyum 7, 383, 384, 388
- üre 288, 463
- üzengi 186, 228, 437, 461
- verimlilik 12, 14, 17-19, 29, 50, 52, 53, 80, 92, 99, 102, 112, 117, 130, 133, 153, 154, 157, 159, 160, 180, 200, 203, 220, 236, 250, 252, 254, 262, 271, 276, 277, 279, 286, 290, 305, 308, 316, 320, 326, 332, 353, 357, 360, 361, 365, 412, 415, 423, 436, 437, 441, 457

- Vietnam Savaşı 386, 387, 389
vinç 134, 135, 139, 142, 143, 146, 147,
205, 210, 225, 239, 252, 255, 340,
444, 463
Volkswagen 300, 338, 339, 421
yangın 158, 174, 178, 381, 386, 388, 438
yanma 4,7, 45, 180, 263, 290, 301
yay (bow) 185, 460, 462
yel değirmeni 135, 163-168, 203, 244, 248,
252, 398, 402-404, 409, 414, 415, 438,
462, 470, 471, 475
yenilenebilir enerji 35, 112
yerçekimi 77
yetersiz beslenme 150, 422
yükleme (loads) 136, 141, 186, 214, 230,
239, 243, 287, 377, 384
yüksek enerji toplulukları 15, 18, 397, 417
yürüme 10, 23, 33, 45, 143, 146, 147, 187,
413, 424
zengin ülkeler 14, 308, 311, 315, 321, 322,
329, 339, 340, 369, 372, 391, 415, 421,
422