

KARMAŞIKLIK, SORUN ÇÖZME VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLUMLAR¹

(Complexity, problem solving and sustainable societies)

Joseph A. Tainter, 1996

Çeviren: Ender Gürol (endergurol@tnn.net)

GETTING DOWN TO EARTH'den: Ekoloji ekonomisinin pratik uygulamaları

Island Press, 1996; ISBN 1-55963-503-7 <http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/1559635037>

KISACASI

Ekoloji ekonomisinin pratik uygulamalarında tarih bilgisi esastır. Sorun çözme sistemleri, uzun vâdelerde, daha büyük karmaşıklık doğurmakta, daha büyük mâliyetlere neden olmaktadır. Zaman içinde, bu tür sistemler, gittikçe artan sübvansiyonlar gerektirir; yoksa çökerler. Sorun çözmeye karmaşıklık konusundaki azalan verim ve karşılaşılan sorunları tutarlı bir biçimde yanıtlama, geçmişteki toplumların yeteneklerini sınırlıyordu; oysa şimdi, çağdaş tepkileri küresel değişim biçimlendirmektedir. Bu ikilem karşısında, sorun çözmeyi sürdürmekte enerjinin rolünü ve gittikçe karmaşıklaşan sistemlerde tarihteki yerimizi anlamamız gerekiyor.

GİRİŞ

Sürdürülebilirlik sorununu anlama yolculuğumuzda, enerji dönüşümlerini, biyofiziksel sınırlamaları, çevresel bozulmayı, üretim ile tüketimi ve neoklasik ekonominin varsayımlarını yöneten insan özellikleri gibi etkenleri kavrama telaşına kapıldık. Bu konularda bilgimiz arttıkça ekoloji ekonomisinin pratik uygulamaları daha bir belirginleşmekte. Ne var ki, kaydedilen ilerlemelerde eksik olan önemli bir nokta var. Herhangi bir insani sorun, aslında daha önceki olay ve süreçlere gösterilen bir 'teпки anı'dır sadece.

Tarihsel kalıpların (*patterns*) gelişmesi, kuşaklar boyu sürer, bazen yüzyıllar alır. Ömür boyu süren bir deneyimin, bir olayın veya bir sürecin kaynağının tam olarak açığa çıkması pek enderdir. Örneğin, doğal kaynak üretimindeki istihdam düzeylerinin yatırım dönemine cevabı nice onyıllar sonra ortaya çıkabilir (Watt 1992).

Toplumların çökmesine neden olan etkenlerin gelişip oluşması yüzyıllar alır (Tainter 1988). Şimdiye ve geleceğe yönelik politikalar ayarlamak için, zamana dayalı tüm ölçeklerdeki sosyal ve ekonomik süreçleri anlamamız, ayrıca tarihsel kalıplar açısından nerede olduğumuzu bilmemiz gerekir. Varlığımızı sürdürülebilmemiz için tarih bilgisi şarttır (Tainter 1995a). Bu gibi temel bilgileri kapsamayan bir sürdürülebilirlik geliştirme programı söz konusu olamaz.

Yaşadığımız bu küresel çevresel değişim çağında, insanlığın en büyük kriziyle karşı karşıyayız. Küresel değişim denilen dönüşümler ağı, hız bakımından olsun, sonuçlarının coğrafi boyutu bakımından olsun, ve bundan etkilenen kişilerin çokluğu açısından olsun, bütün önceki deneyimleri sollamış durumda (Norgaard 1994).

Bununla birlikte, geçmişteki insan nüfusları da olağandışı durumlarla karşılaşmışlardı; onların sorunlarıyla bizinkiler arasında sadece bir derece farkı vardı. Rasyonel, sorun-çözücü bir toplumda, tarihsel deneyimleri anlamağa can atacağımız beklenebilir. Aslına bakılacak olursa, eğitime karşı takındığımız tavır ve yenilik peşinde koşma hevesimiz, tarihi bilgiye sırt çevirmemize neden oluyor (Tainter 1995a). Bilgisizlikleri yüzünden, politikaları saptayan kişiler, olayların nedenlerini yalnızca yakın geçmişte aramaya eğilimlidirler. Sonuç olarak,

¹ <http://www.oilcrash.com/articles/complex.htm>

sorunlarımızın uzun vâdeli nedenlerini anlamada, geçmiş çağlara oranla bugün, elimizde daha büyük fırsat var; bu fırsat genellikle görmezlikten geliniyor. Tarihteki yerimizi bilmediğimiz gibi, vatandaşların ve politika yapanların çoğu bu bilginin şart olduğundan habersiz.

Geçmiş toplumların sık sık karşılaştığı şey sorun çözmedeki karmaşıklığıdır. Çağdaş ekonomik analizlerde üzerinde durulmayan bir sıkıntı bu. Son 12,000 yıl zarfında insan toplumlari, nerdeyse karşı konmaz bir biçimde, karmaşıklık bakımından, başlarını alıp yürüdüler. Bu aslında genel anlamda başarılı bir deneyim oldu; karmaşıklığın avantajları vardır, bizlerin insan türü olarak başarılı olmamızın nedenlerinden biri, davranışımızdaki karmaşıklığı hızla artırma yeteneğimiz olmuştur (Tainter 1992, 1995). Öte yandan, karmaşıklığın varoluşumuza zararı da dokunabilir. Sorun çözümüleme karşısındaki takındığımız tavır, insan tarihindeki en karmaşık toplumu ve ekonomiyi geliştirmeye yönelik olduğundan, benzer stratejiler geliştiren geçmişteki toplumların nasıl davrandıklarını bilmemiz önemlidir.

Bu bölümde, geçmiş toplumların çökmesine neden olan etkenleri, sorun çözümlemede karmaşıklık ekonomisini ve günümüzde sorun çözmede göstermekte olduğumuz çabaları, tarihteki örneklerin bazı dolaylı sonuçlarını inceleyeceğim.

Bu inceleme göstermektedir ki, küresel değişime vereceğimiz cevabın bir parçası da sorun çözme sistemlerinin uzun vadeli evrimini anlamak olmalıdır.

Sosyo-ekonomik Karmaşıklığın Gelişmesi

Karmaşıklık, bu yazımızın anahtar kavramıdır. Daha önceki bir çalışmada bu konuda şöyle demişim:

Karmaşıklık genelde, toplumun büyüklüğü, bölümlerinin sayısı ve özellikleri, içerdığı uzmanlaşmış toplumsal rollerin çeşitliliği, gösterdiği belirli toplumsal kişiliklerin sayısı ve bütün bunları uyumlu ve işler bir bütün halinde düzenleyecek mekanizmaların türünlüğü olarak anlaşılır. Bu boyutların herhangi birini çoğaltmak bir toplumun karmaşıklığını artırır. (Karmaşıklıkta karşılaşılan bir karşıtlığı belirtmek için) avcılık - toplayıcılık ile geçimini sağlayan toplumlarda sadece bir kaç düzine belirgin toplumsal kişilik varken, çağdaş Avrupa nüfus sayımlarında 10,000 ilâ 20.000 arasında değişen özgün mesleki roller olduğu saptanmıştır; sanayi toplumlarında ise toplam olarak 1,000,000 türlü toplumsal kişilik bulunmaktadır (McGuire 1983; Tainter 1988)².

Karmaşıklığıdaki farklılıkların basit bir ifadesi olarak, Julian Steward, ilk etnografların 3,000 ilâ 6,000 kültürel unsur belgelemiş olduğu Kuzey Amerika'nın Batısındaki yerliler ile İkinci Dünya Savaşında Casablanca'ya 500,000'den fazla kültürel unsur demek olan insan yapısı araç-gereç indiren Amerikan Ordusu arasındaki karşıtlığa dikkat çekmişti (Steward 1955). Karmaşıklık ölçülebilir bir niceliktir.

İnsanlık tarihinin %99'undan çoğunda, sadece bir kaç düzine kişi, eşitlikçi (egaliteryen) topluluklarında görülen düşük-yoğunluktaki toplayıcı veya çiftçi olarak yaşamıştır (Carnerio 1978).

² Fizik bilimleri alanındaki bazı literatürlerde, nesnel olduğu kadar mümkün de olan bir tanımlamaya çalışırken, bir sistemin karmaşıklığının, onun düzensizliklerinin tanımının uzunluğu olduğu düşünülmektedir (Gell-Mann 1992, 194) Bu burada kullanılan tanımlamaya uymaktadır. Bölümleri ve farklılaşmış bölümleri daha az ve daha basit sistemler, bunların daha fazla olduğu bir topluma nazaran elbette daha kısa bir şekilde tanımlanabilir. (Tainter 1995b).

Başlıca insan emeğine dayalı bir kültür sistemi yılda kişi başına yaklaşık 1/20 beygir gücü üretebilmektedir. (White 1949, 1959). Düşük enerjiye ihtiyaçlı, farklılaşmamış toplumlardan karmaşık kültürel sistemlere doğru gelişim, *-a priori* olarak- düşünülemezdi.

Geleneksel görüş, insan topluluklarının daha büyük karmaşıklıklara yönelme eğiliminde olduğunu ileri sürer. Karmaşıklığın arzu edilesi bir şey olduğu varsayılmış ve bunun mantıksal bir sonucu olarak da yiyecek maddelerinde, boş zamanda ve insan yaratıcılığında artış meydana gelmiştir.

Bu senaryo her ne kadar herkesin bildiği bir olaya da, karmaşıklığın evrimini açıklamaya yetmemektedir. Kültürel karmaşıklık dünyasında, kaba bir deyimle, çalışmayan kişi hava almaktadır. Basit toplumlara göre karmaşık toplumların geçimini sağlamak daha pahalıya mal olmaktadır ve kişi başına daha yüksek sübvansiyon düzeyi gerektirmektedir.

Daha karmaşık olan bir toplumda, daha çok alt-grup ve toplumsal rol, gruplar ve bireyler arasında daha çok örgüt, daha çok yatay ve dikey kontrol, daha çok bilgi akışı, daha çok bilginin belli bir merkezde toplanması, daha çok uzmanlaşma ve daha çok bölümler arası karşılıklı bağımlılık vardır.

Bu boyutların herhangi birini genişletme, biyolojik, mekanik ya da kimyasal enerji gerektirir. Fosil yakıtların sağladığı yardımdan önce, bir toplumun karmaşıklığını artırmaktan anlaşılan şey nüfusunun çoğunluğunun daha çok çalışması zorunluluğuydu. (Tainter 1988, 1992, 1994a, 1995a, 1995b).

İnsan davranışı bir çok bakımdan karmaşıklığa karşı gibi görünüyor (Tainter 1995b). 'Çağdaş yaşamın karmaşıklığı' halk arasında sık duyulan bir şikayet konusudur. Halktaki hükümetten hoşnutsuzluk konularından bazıları hükümetin insan yaşamına karmaşıklık katmasından ileri gelmektedir. Basitliğin karmaşıklığa tercih edileceğini ileri sürdüğü için, özlülük ilkesi³ bilim alanında her zaman revaçta olmuştur.

Gerektirdiği zaman ve enerji yükü ile (kuşkusuz mâliyetle ilişkili olduğu için) karmaşıklıktan duyulan nefret ona ket vurdurmuştur. İnsan toplumlarının niçin gittikçe karmaşıklaştığını açıklamak alışlageldiğinden daha çetin bir durum arzemektedir. Karmaşıklığın artmasının nedeni çoğu zaman, bir işe yaradığı içindir. Karmaşıklık, zaruri ihtiyaç ya da sezilen yarar koşulları altında meydana çıkan bir sorun çözme stratejisidir. Tarih boyunca, halk topluluklarının karşılaştığı sıkıntılar ve problemler çoğu kez daha karmaşıklararak çözüme kavuşmuştur. Bunun tam bir incelemesini yapmak burada olanaksızsa da söz konusu eğilimi aşağıdaki alanlarda görmek mümkün :

1. Toplayıcılık ve tarım (Boserup 1965; Clark and Haswell 1966-1 ve başkaları 1972; Wilkinson 1973; Cuhen 1977; Minnis 1995; Nelson 1995);
2. Teknoloji (Wilkinson 1973; Nelson 1995);
3. Rekabet, savaş ve silah yarışı (Parker 1988; Tainter 1988): ve
4. Araştırma ve Geliştirme (Price 1963; Rescher 1978, 1980; Tostow 1980; Tainter 1988; 1995a).

Bu alanların her birinde, karmaşıklık, daha geniş çapta farklılaşma, uzmanlaşma ve bütünleşme ile artmaktadır.

Görülüyor ki karmaşıklığın oluşması ekonomik bir süreç: karmaşıklık mâliyetleri artırmakta ve yarar sağlamaktadır. Bir yatırımdır bu, getirisi de değişkendir. Karmaşıklık hem yararlı hem de

³ Bir şeyi açıklamak için gereğinden çok varsayımdan kaçınmayı öneren bilimsel ve felsefi kural.

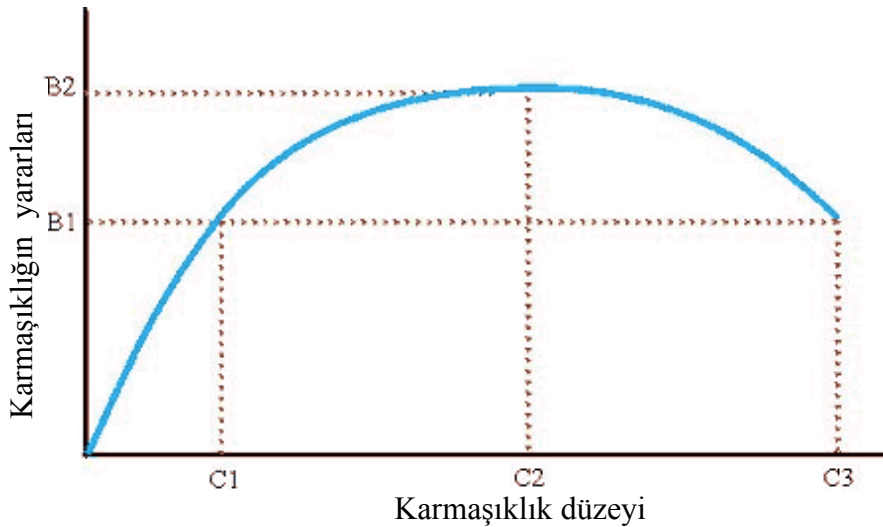
zararlı olabilir. Geçmişte tanıklık ettiğimiz sosyo-ekonomik karmaşıklık alanında artan giderler yüzünden verimin azalması, sonunda da, bazı durumlarda, negatif verime dönüşmesi söz konusu olduğunda, bunun yıkıcı potansiyeli apaçık görülmüştür. (Tainter 1988, 1994b).

Bu sonuç normal ekonomik süreçten doğmaktadır: daha karmaşık ve pahalı çözümlere kıyasen basit ve ucuz çözümler benimsenmektedir. İnsan nüfusu arttıkça, avcılık ve toplayıcılık, yerini, gittikçe ürettiğinden daha çok enerji tüketen, yoğun tarım ve sanayileşmiş yiyecek üretimine bırakmıştır (Clark and Hasell 1966; Cohen 1977, Hall ve arkadaşları 1992).

Mineral ve enerji üretimi, kolayca ve ucuz işletmeyle elde edilen kaynaklardan elde edilmesi, çıkarılması, işlenmesi ve dağıtımı daha phalıya mal olan yollara kaymaktadır. Sosyo-ekonomik organizasyon eşitlikçi-karşılıkçı, kısa vâdeli liderlik ve genellemiş rollerden, gittikçe uzmanlaşan karmaşık hiyerarşilere dönüşmüştür.

Şekil 4.1' deki grafik, bu argümanlara dayanmaktadır. Bir toplum karmaşıklıkta geliştikçe, kaynak üretimi, bilgi işlem, yönetim ve savunma gibi alanlardaki yatırımlar da genişlemektedir.

Bu giderlerin fayda/mâliyet eğrisi, en basit, genel ve ucuz çözümler benimsendiği takdirde (bu grafikte gösterilmemiştir) ilk başta olumlu bir yükselme gösterebilir. Ancak toplum yeni sıkıntılarla karşılaştığında ve ucuz çözümler yaya kalmaya başladığında, evrimleşme mâliyetleri artırma yönüne sapar. En sonunda, büyüyen bir toplum öyle bir noktaya gelir ki, karmaşıklığa yapılan sürekli yatırım daha büyük getiriler sağlar, geliri ancak giderleri karşılar hale gelir. Bu grafikteki B1 ve C1 noktasında görüldüğü gibi, toplum çökmek tehlikesiyle karşıya gelmiş demektir⁴.



Şekil 4.1 Artan karmaşıklıkta azalan verim (Tainter'e göre 1988)

Bu noktada bir toplumun çökmesine neden olacak iki şey vardır: Biri, marjinal yararı giderek azalan stratejilere ümit bağlayan halk üzerindeki, ortaya çıkan yeni yeni aciliyetlerin yarattığı baskılardır. Böyle bir durumda bir toplum ekonomik bakımdan zayıf düşer, büyük sıkıntıları karşılayabilecek rezervleri azalır. Geçmişte toplumun atlatabildiği bir kriz, bu durumda başa çıkılamaz hale gelir.

⁴ Çöküş karmaşıklığın daha düşük bir dereceye çabuk dönüşmesidir ve ilginç tarafı tipik olarak daha az enerji tüketimi gerektirir. (Tainter 1988).

İkincisi, karmaşıklığın giderek azalan yararı, karmaşıklığı daha az çekici yapar ve hoşnutsuzluğu besler. Vergiler ve diğer mâliyetler yükselip, söz konusu karmaşıklık getirileri yerel düzeyde de azalır, halkın gittikçe daha çok kısmı bağımsızlık fikrini benimsemeğe başlar. Toplum, liderlerinin uzun vâdeli hedeflerinden çok, o anki gereksinimleri sağlama peşine düşüncede, toplum “parçalanmağa” başlar. (*Sürecin bu bölümü A.B.D.’deki çağdaş ayrılıkçı hareketlerin nedenini açıklamaktadır.*)

Böyle bir durumda toplum, B2-C2 öncesindeki *azalan (marjinal) fayda eğrisi* üzerinde iken, bu noktayı aşip mâliyetlerin arttığı B1-C3 gibi noktalara vardıkça, daha düşük karmaşıklık düzeylerinin sağladığı yararlar göre daha da düşük düzeylere inilir. Bu, karmaşıklığa yapılan yatırımın getirileri açısından negatif alandır. Bu noktaya gelmiş olan bir toplum son derecede çökmeye açıktır. Bu noktada toplum, bir çökme durumunda karmaşıklığa yapacağı yatırımın getirisinin kayda değer ölçüde artacağını farkederek.

Toplumların çöküşünün nedenini açıklamak için geliştirilen ve test edilen bu düşünce tarzı (Tainter 1988), sorun çözmenin ekonomisindeki tarihsel eğilimleri de anlatmaktadır. *Kültürel karmaşıklık* tarihi, insanın sorun çözme tarihidir. Üretim, teknoloji, rekabet, politik organizasyon ve araştırma gibi bir çok yatırım sektöründe karmaşıklık, sürekli sorun çözme gereksinimiyle artmaktadır. Nisbeten kolay çözümler tükendikçe, problem çözümü gittikçe daha acımasız karmaşalıkla, daha yüksek mâliyetlerle, dolayısıyla da azalan verimlerle karşı karşıya gelmektedir. Bunun çökmeye sonuçlanması şart değildir; ancak çökmeye götürebilecek şartları, sorun zözmede artan karmaşıklık ve mâliyet artışını içeren şu 3 örneği gözden geçirerek anlamak önemlidir: Roma imparatorluğunun çöküşü, sanayinin gelişmesi ve çağdaş bilimdeki eğilimler.

Roma İmparatorluğunun Çöküşü

Karmaşıklığın azalan verim bakımından sonuçlarından birini Batı Roma İmparatorluğunun çöküşünde görebiliriz. Ağır vergilendirilmiş, güneş enerjisine dayalı bir toplum olarak, imparatorluk az miktarda mâlî rezervlere sahipti. Askeri bakımdan herhangi bir kriz vâki olduğunda, Roma imparatorları gümüş sikkelerin değerini düşürmek yoluyla (Şekil 4.2) yeni sermaye yaratmağa çalışıyorlardı. İ.S. üçüncü yüzyılda birbirini izleyen krizler imparatorları, orduyu iki kat büyütme ve hükümeti hem genişletip hem de karmaşıklığını artırmak zorunda bırakmışlardı. Bunu ödemek için çok miktarda değersiz sikke basmış, yiyecek ve içecekleri köylülerden parasını ödenmeden almış, vergileri daha da ağırlaştırmışlardı (*kiralalar çıktıktan sonra net verimin üçte ikisine kadar*). Enflasyon ise ekonomiyi altüst etmiştir.

Araziler ve nüfus imparatorluk düzeyinde incelenip salınabilecek vergiler hesaplanmıştır. Ödenmemiş olan herhangi bir vergi tahakkuku varsa toplulukların tümü bundan sorumlu tutulmuştur. Bir yandan köylüler açıktan kırılıp çocuklarını esir pazarlarında satarken, devasa istihkâmlar kurulmuş, bürokrasi iki misli artmış, taşra yönetimi daha karmaşık hale getirilmiş, Germen kabilelere büyük çapta altın finansmanında bulunmuş, yeni imparatorluk kentleri ve sarayları kurulmuştur.

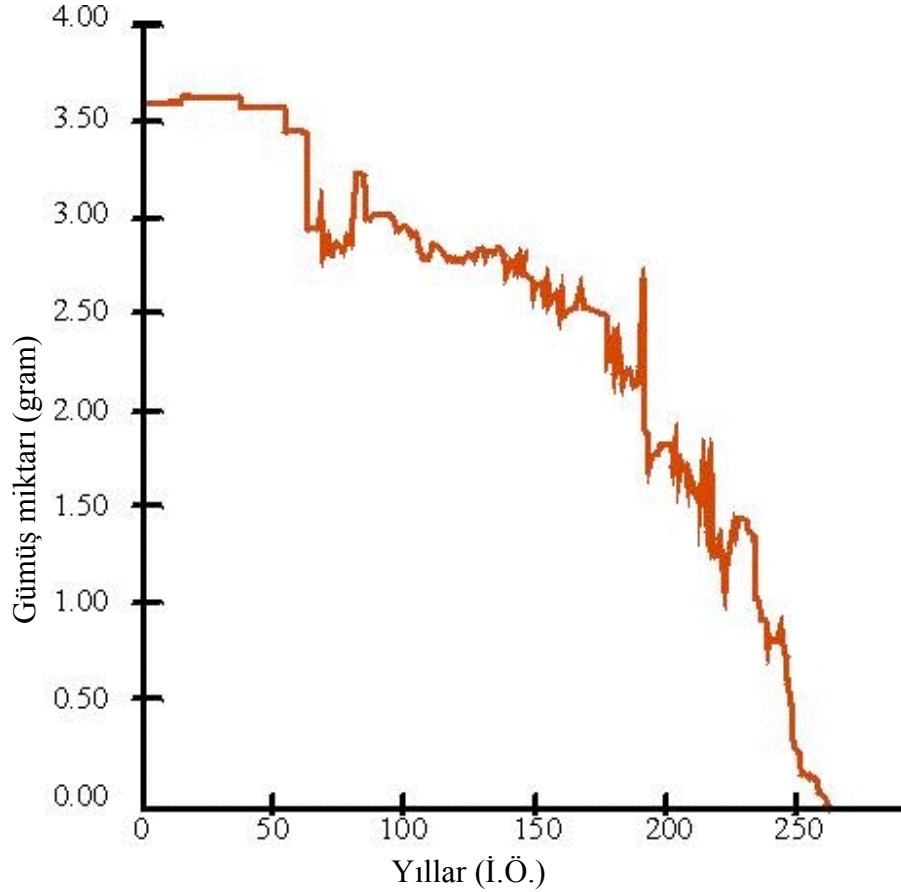
Yükselen vergilere paralel olarak da verimsiz araziler terkedilmiş ve buralardaki nüfus azalmağa başlamış, köylüler geniş aileleri devam ettiremez olmuşlardır. Baskıcı yaptırımlardan korunabilmek için, zenginler kendi kendine yeterli kırsal alanlara kaçmışlardır. En sonunda, vergilerden kaçabilmek için köylüler gönüllü olarak toprak sahipleriyle feodal ilişkilere girmişlerdir.

Birkaç zengin aile ise, imparatorluğun batısındaki kendi geniş topraklarında imparatorluk idaresine meydan okumaya başladılar. İmparatorluk ise verimli topraklar ve köylü nüfusu gibi

belli başlı kaynaklarını kullanıp kenini sürdürebildi (Jones 1964, 1974; Wickham 1984; Tainter 1988, 1994b).

Roma İmparatorluğu, sorunları çözebilme yolunda karmaşıklığın artırılmasının nasıl yüksek maliyetlere, azalan getirilere, halk desteğinin azalmasına, ekonomik zayıflığa ve nihayet çökmeye yol açtığını en iyi belgelemiş olan örnektir.

Sonuçta ise artık varlığı pahasına sorunları çözmeye⁵ tahammül edememiştir.



Şekil 4.2. Roma gümüş parasının değer kaybı (İ.Ö. 0-269 arasında)

Nüfus, Kaynaklar ve Sanayi

Roma İmparatorluğunun kaderi karmaşık toplumların kaçınılmaz yazgısı değildir. Bambaşka türlü sonuçlanan bir tarihsel olguyu incelemek yararlı olabilir. Ekonomi tarihinin en ilginç eserlerinin birinde, Richard Wilkinson (1973), “*orta çağ İngilteresinin ortaçağ sonları ve ertesindeki evresinde, nüfus artışı ve ormansızlaştırma ekonomik gelişimi teşvik etmiş, dolayısıyla kısmen sanayi devrimine önayak olmuştur*” demektedir.

⁵ **Çevirenin Notu:** Metin boyunca ve özellikle de bu son bölümde, *sorun çözme becerisi*'nin bir anlamda *karmaşıklığın yönetimi becerisi* olduğuna işaret edilmemiştir. Gerek Roma İmparatorluğu gerekse diğer örneklerde kanımızca vurgulanması gereken esas nokta, varlığı kaçınılmaz olan karmaşıklığın iyi yönetilebilmesi (Şekil 4.1'in B2-C2 öncesi) halinde sürdürülebilirliğin pekala sağlanabileceğidir. Bu ise bazı hallerde var olan bir sorun devamına razı olunması biçiminde dahi olabilir.

1300, 1600 yıllarında ve 18.yüzyıl sonlarında büyük nüfus artışı tarım ve sanayide yoğunlaşmayı doğurmuştur. Artan nüfusun tarım arazisi ve yakıt gereksinimini karşılamak için ormanların kesilmesi yüzünden, İngiltere'nin ısınma, yemek pişirme ve üretim ihtiyaçları için odun yetmemeğe başlamıştır.

Pek istekle benimsenmese de kömürün önemi gittikçe artmış, kömürü oduna nazaran dağıtım ve üretimi daha pahalı, kısıtlı ve güç olan bir meta haline getirmiştir.

Kömürün ekonomideki önemi arttıkça nispeten kolay elde edilebilir yataklar tükenmiştir. Bu sefer ocakların daha derin kazılması gerekmiş, bu da yeraltı sularının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sonunda buhar makinesinin keşfiyle yeraltı sularının pompalanarak boşaltılması yoluna gidilmiştir.

Kömüre dayanan ekonominin gelişmesiyle, bir dağıtım sistemi ve buhar makinesi, sanayi devriminin en önemli teknik unsurları olarak yerlerini almışlardır. Ekonomik refahın büyük üretici olan sanayileşmecilik, yokluk ve çöküş nedeni denilen kaynak tükenişinin sonuçlarını dengelemek üzere ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, artan karmaşıklık sistemi bazı sektörlerde çok geçmeden gelir azalmasına neden olmuştur. Bu nokta daha sonra yeniden ele alınacaktır.

Bilim ve Problem çözme

Çağdaş bilim insanlığın sorun⁶ çözmedeki en büyük başarısıdır. Bilim toplumun kurumsal bir görünümüdür; araştırmayı yüksek getirisi olan bir etkinlik olarak düşünmek hoşumuza gidiyor. Bununla birlikte, genel bilgiler, her bilim disiplininin ilk zamanlarında ortaya çıkmışsa da, geri kalan işler gittikçe uzmanlık işi olmaya başlamıştır.

Bu tür sorunların çözümlenmesi giderek daha güçleşmekte, daha pahalıya mal olmakta, ilerleme de ortalama olarak çok yavaş olmaktadır (Rescher 1978, 1980; Tainter 1988). Araştırmaya giderek artan oranda yapılan harcamaların getirileri de giderek düşmektedir.

Bazı ünlü bilim adamları bu konuyu incelemişlerdir. Walter Rostow, marjinal üretkenliğin bireysel alanlarda ilkin yükseldiğini sonra da düştüğünü ileri sürmüştür (1980). Büyük fizik bilgini Max Planck, Nicholas Rescher'in '*Planck'ın Artan Çaba İlkesi*' diye adlandırdığı bir bildirisinde, "*(Bilimde) yer alan her ilerleme, işi daha da güçleştirmektedir*" demektedir (Rescher 1980). Bir yandan daha kolay sorunlar çözülürken, bilim ister istemez daha karmaşık araştırma alanlarına, daha pahalı organizasyonlara yönelmektedir (Rescher 1980).

Rescher, "*bilim, onu oluşturan her bir uzmanlık dalında ilerledikçe, bulguların gerçekleştirilmesi için gereken topyekun kaynak-mâliyetinde önemli bir artış olmaktadır...*" diyor (1978). Bilimin büyüklüğünde ve mâliyetinde üstel artış, sürekli bir ilerlemeyi sırf ayakta tutabilmek için gerekli. (Rescher 1980). Derek de Solla Price 1963'de, bilimin, daha o zamanda, nüfustan ya da ekonomiden olsun daha hızlı büyümekte olduğunu ve gelmiş geçmiş bütün bilim adamlarının %80-90'ının, eserini yazmakta olduğu sırada hayatta olduğunu belirtmiştir (Price 1963). Aynı dönemde, bu gibi etkenler Dael Wolfe'nin "*Bir dolara düşen araştırma ne kadar?*" adlı Science'da bir anket düzenlemişti. (Wolfe 1960).

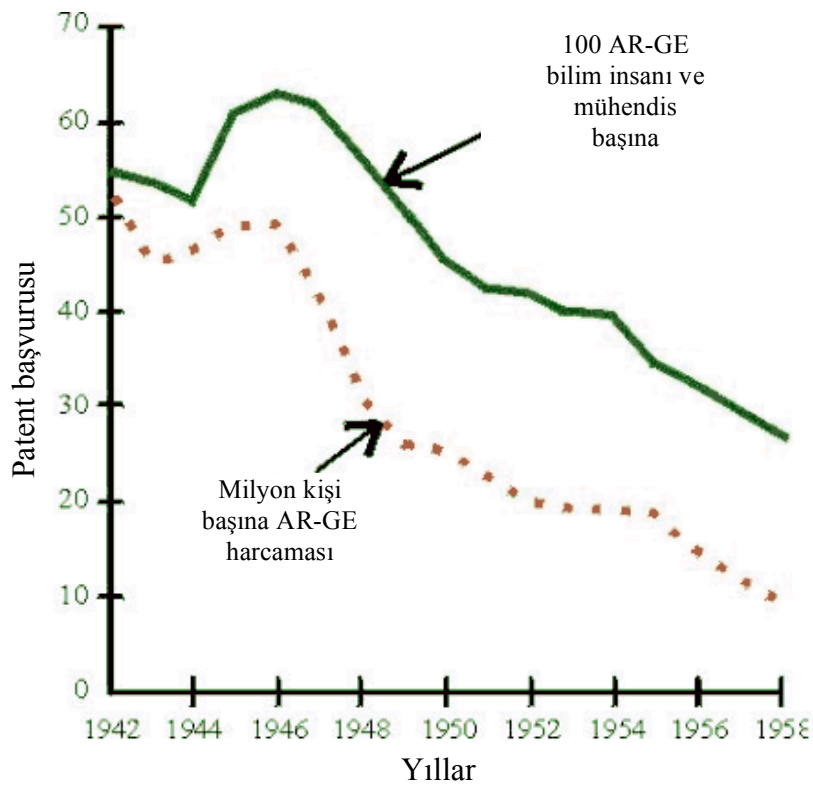
Bilim adamları araştırmalarında fayda/maliyet oranını pek düşünmezler. Oysa, patent almak gibi bir ölçüt ile bilime yatırdığımızın verimliliğini değerlendirecek olsak (Şekil 4.3) bazı araştırma türlerinde verimliliğin düştüğünü görürüz. Bu konuyu inceleyenler arasında (Machlup 1962; Schookler 1966; Grikiches 1984) patent almanın tartışmalı bir gösterge olduğunu ve kendi başına giderler açısından ekonomik getiriye ifade etmeyeceğini ileri sürmüşlerdir.

⁶ *Problem* ve *sorun* sözcükleri dönüşümlü olarak birbirlerinin yerlerine kullanılmaktadır. (Ç.N.)

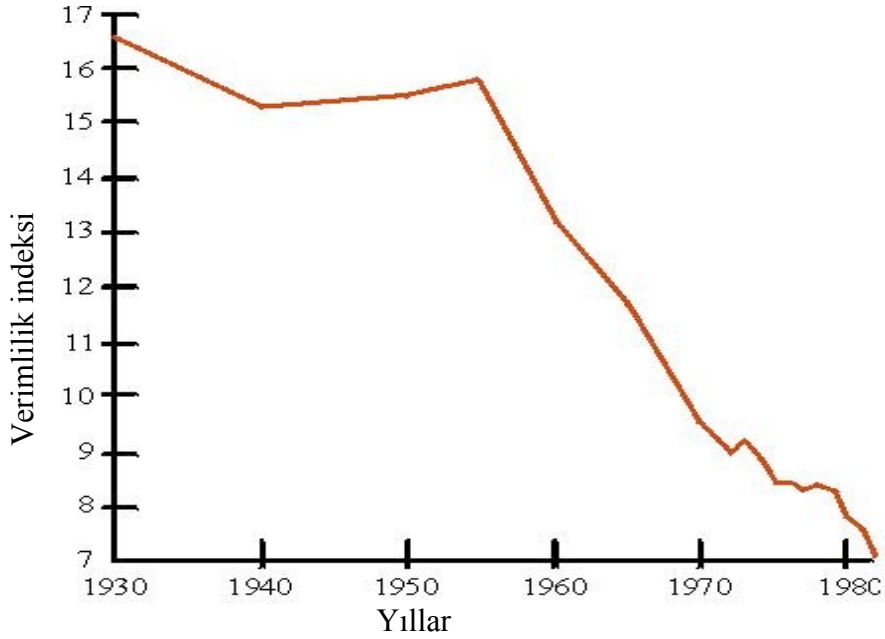
Tıp, yatırım getirisinin daha kolay saptanabileceği uygulamalı bir dilim dalıdır. Şek. 4.4'de 1930-1982 arasındaki 52 yıllık bir dönemde ortalama ömrü uzatmağa yönelik A.B.D. sağlık hizmetlerinin üretkenliği nerdeyse %60 azalmıştır.

A.B.D. sağlık sisteminin azalan verimliliği, sorun çözmenin tarihi gelişimini açıkça göstermektedir. Rescher (1980) şöyle dikkat çekiyor: *En son buluşlara (state-of-the-art) dayanan teşhis teknolojisinin bulguları bir kez gerçekleştirildi mi, daha pahalı düzeylere yükselmek kaçınılmazdır...* Doğa bilimleri alanında, teknolojik bir çeşit silahlanma yarışı içindeyiz; doğa karşısında kazandığımız her zafer, ilerde yeni keşiflerde bulunma güçlüğünü daha da artırmaktadır.

Tıp üretkenliğindeki düşüşün nedeni ilk başta pahalı olmayan hastalık ve rahatsızlıklara karşı elde edilen başarıdır (penisilin keşfine yol açan temel araştırma \$20,000'dan fazla değildir). Her pahalıya mal olan hastalık yenildiğinde ortalama ömürdeki artış daha azalmaktadır.



Şekil 4.3 Araştırma girdilerindeki patent uygulamaları
(1942-1958 Machlup verileri 1962)



Şekil 4.4 Amerika Birleşik Devletleri Sağlık Bakım üretkenliği; Worthington 1975 verilerinden; A.B.D. Nüfus Sayım Bürosu 1983) Üretkenlik göstergesi = (ortalama ömür) / Kişi Başına Milli Gelir yüzdesi olarak milli sağlık giderleri).

Örneklerin ne anlama geldiği

Roma İmparatorluğu, sanayileşme ve bilim sadece kendi içerikleri açısından değil, aynı zamanda şunlara açıklık getirecekleri için de önemlidirler:

- 1) Gittikçe artan bir karmaşıklık, yükselen mâliyeler ve düşen marjinal gelirin çizdiği yol boyunca *problem çözme* nasıl gelişiyor? (Tainter 1988),
- 2) Bu sürecin çeşitli sonuçları.

Gelecek bölümde bu örneklerin çağdaş sorunlara yaklaşımımızdaki çabalarımız için ne anlamlara geldiğini ele alacağız.

Sorun çözme, enerji ve sürdürülebilirlik

Bu tarihî inceleme *pratikliğin* ve *sürdürülebilirliğin* ne anlama geldiğine ışık tutmaktadır. Bir kaç yıl önce, çökmüş bulunan yaklaşık iki düzine toplumu anlatmışım (Tainter 1988). Söz konusu toplumların herhangi birinin çökmesinin nedeni üyelerinin veya liderlerinin problemleri çözmek için pratik çarelere başvurmada kusur etmiş olmaları değildi, hatta olamazdı da. (Tainter 1988)

Roma İmparatorluğu deneyimi burada yine bize çok şey öğretmektedir. Bir kriz karşısında *paranın değerini düşürmek*, *vergileri artırmak*, *orduyu büyütme* ve *zorunlu askere alma* gibi Roma hükümetinin başvurduğu çarelerin çoğu o anki sorunların pratik çareleriydi. Bu önlemlerin alınmasını düşünmemek olamazdı.

Birbiri ardından alınan bu önlemler üst üste binince imparatorluk daha da zayıfladı, tarım alanları ve köylülerden oluşan sermaye stoku vergilendirmeler ve zorla askere alma nedeniyle

de kuruyup çöktü. Zamanla, bu tür pratik çözümler⁷ icat etmek, Roma imparatorluğunu, karmaşıklığın negatif getiriye yol açtığı alana iterek tüketti . Ekoloji ekonomisi gibi problem çözme sistemlerine odaklanmak, otomatik olarak ne toplum açısından değerini artırır ne de varlığını sürdürme yeteneğini güçlendirir. Sorun çözme sistemlerinin tarihi gelişimi anlaşılmalı ve çözümlenelerde dikkate alınmalıdır.

Çağın sorunlarını inceleyenlerin çoğu çevresel ve ekonomik problemleri çözümlerin hem bilgi hem de eğitim gerektireceği konusunda hemfikirdir. Mevcut sorunlara karşı cevabımızın önemli bir kısmı, küresel değişim de dahil, çevresel sorunlardaki araştırmalarımızı artırmak olmuştur.

Bilgimiz arttıkça ve pratik çareler ortaya çıktıkça, hükümetler bu çözümleri uygulayacak, bürokrasiler de onları icra mevkiine koyacaktır. Yeni teknolojiler geliştirilecektir. Bu adımların her biri belirli bir problemin pratik çözümü olarak ortaya çıkacaktır. Bununla birlikte, biriken bu pratik adımlar pek muhtemelen artan bir karmaşıklık bırakacak, daha yüksek mâliyetler ve problem çözümü açısından azalan verimle sonuçlanacaktır. Richard Norgaard problemi iyi ifade etmiştir: “*Gündemi genişleterek sürekliliği sağlama, türlü büyüklüklerde daha çok veri toplama, yorum, planlama, politik karar-alma ve bürokratik kontrol gerektirecektir*” (Noorgaard 1994).

Donella Meadows ve meslek arkadaşları çağdaş problem çözümlerinin ekonomik sıkıntılarının pek güzel örneklerini vermişlerdir. Örneğin, 1951-1966 arası, dünya yiyecek üretimini %34 artırmak için, traktör %63, suni gübre %146 ve haşarat öldürücü ilaç %300 oranında gider artışı kaydetmiştir.

Şeker işleyen bir fabrikanın organik atıklarının kaldırmadaki %30 artışa oranla mâliyeti %100 artmaktadır. Bir A.B.D. kentinin havasındaki sülfür dioksiti 9.6 oranında ya da havadaki zerrelere 3.1 oranında azaltmak için, çevre kirlenmesi kontrolü mâliyeti 520 kez artmaktadır (Meadows ve başkaları 1972). Bütün çevre sorunları bu tür sınırlamalarla karşılaşacaktır.

Bürokratik kuralların kendi daha çok karmaşıklığa yol açmakta; daha yüksek mâliyetlere neden olmaktadır. Yeni kurallar çıkartıldıkça ve vergiler salındıkça, kurala tâbi kılınan ve vergi salınan kişiler kaçak yollar aramakta, kanun koyucularsa bu yolları tıkamaya çalışmaktadır. Kaçak keşfinin ve kapatılmasının rekabet halindeki helezonu gelişirken karmaşıklık sürekli artmaktadır (Olson 1982).

Hükümet giderlerinin politik destek bulamadığı günümüzde böyle bir stratejinin tutar tarafı yoktur. Çevre korumanın kurallar yoluyla değil de, iyi tutum ve davranışların teşvik tedbirleriyle uygulanması önerilmektedir sık sık. Her ne kadar bu yöntemin avantajları varsa da, karmaşıklık sorununa yeni bir şey getirmemektedir. Öte yandan, topyekün kurallara ilişkin mâliyetlerde de sanıldığı gibi indirme sağlanamamaktadır. Bu mâliyetler ancak vergi makamlarına ve genel olarak bir bütün halinde topluma aktarılabilir

Eğitim, kural koyma ve yeni teknolojiler, sorunlarımızı bir dereceye kadar da olsa, azaltmayacak demek değildir; yeterli yatırım ile bu mümkündür. Ne var ki, bu yatırımlar pahalıya mâl olmakta ve toplumun gayrisafi milli hasılasındaki payının giderek artmasına yol açmaktadır.

Sorun çözmeye ilişkin azalan verim gerçeği karşısında, konvansiyonel yöntemlerimizle çevre sorunlarına yaklaşımımız, bilime, mühendisliğe ve hükümete daha çok kaynak tahsis etmemiz gerekeceği anlamına gelmektedir. Yüksek bir ekonomik büyüme yokluğunda bu durum,

⁷ Burada pratik çözümler deyimıyla kök-sorunlara yönelik olmayan palyatif çözümler kastediliyor (Ç.N.).

yaşam standardında -en azından geçici- bir düşmeye neden olacaktır; çünkü halkın yiyecek maddelerine, iskâna, giyim kuşama, sağlık harcamalarına, taşıt ve eğlence giderlerine harcayacağı para nispeten düşecektir.

Sorun çözmedeki pahalı mâliyete karşı kaynaklarımızı daha akıllıca ve etkince kullanmamız önerilmektedir. Örneğin Timothy Allen ile Thomas Hoekstra, ekosistemlerin sürdürülebilirliklerinin yönetiminde, yöneticilerin, doğal düzenleyici (regulatory) süreçte eksik olan şeyi saptayıp sadece onu sağlamalarını öne sürmüşlerdir. Ekosistem gerisini halledecektir. Herhangi başka bir yola başvurmadan ekosistemin (yani güneş enerjisi) yönetsel çabaları desteklemesine izin verilmelidir (Allen ve Hoekstra 1992). Bu, akıllıca bir öneridir. Ne var ki aynı zamanda bu çok bilgi gerektirir, ki o da bizde yoktur. Bu defa ise gereken karmaşık ve pahalı araştırma için fosil yakıt sübvansiyonuna ihtiyacımız var demektir.

Tarımdaki haşarat kontrolü bu ikilemi gözler önüne seriyor. Haşarat öldürücü ilaçların sprey uygulaması mâliyeti artırırken, faydayı azalttığı için entegre haşarat yönetimi geliştirilmiştir. Bu sistem, kimyasal maddeleri azaltmak için biyolojik bilgiye dayanmakta ve haşarat nüfusunun kontrolünü, biyolojik kontrolleri, kimyasal maddelerin akıllıca kullanılmasını ve ürün çeşiti ile ekip dikme tarihlerini dikkatli bir biçimde saptama üzerine dayanmaktadır (Norgaard 1994).

Bu yaklaşım bir yandan bilimcilerin temel araştırmalarını, öte yandan da tarımcıların dikkatli kontrolünü gerektirmektedir. Entegre haşarat yönetimi, *karmaşıklık karşıtlığı* ilkesini ihlâl ederken, bir yandan da niçin hala yaygın kullanılmadığını –kısmen de olsa- açıklamaktadır.

Bu gibi sorunlar, varlığı sürdürülebilecek bir toplumu meydana getiren şeyin ne olduğunu açıklamaya yardım etmektedir. Sorun çözme sistemlerinin daha büyük karmaşıklık, daha yüksek mâliyetler ve azalan verime yol açması olgusunun sürdürülebilirlik açısından önemli sonuçları vardır.

Zaman içinde bu şekilde gelişen sistemler ya beklediği finansman kaynaklarından yoksun kalıp problemleri çözemez duruma gelmekte ve çökmekte ya da büyük enerji sübvansiyonlarına ihtiyaç göstermektedir. Roma İmparatorluğu, Mayalar, Amerika Güney Batısındaki Chacoa Toplumu, Orta Çağ ve Rönesans Avrupasındaki savaşlar ve çağdaş problem çözmenin bazı yönleri (yani ayrıntılı olarak incelediğim her vakada) gibi olgularda tarihi örnekler hep bunu gösteriyor. (Tainter 1988, 1992, 1994b, 1995a).

Bu tarihsel örneklerin gösterdiği şey varlığını sürdürebilecek bir toplumun özelliklerinden birinin, -ya giderek artan veya istikrarlı getiriye sahip ya da tedariki, mâliyeti ve kalitesi güven altına alınmış enerji sübvansiyonu ile finanse edilebilecek azalan verimli- sürdürülebilir bir sorun çözme sistemi olduğudur.

Sanayileşme bu noktayı örneklemektedir. Sanayileşme kendi karmaşıklık ve yüksek mâliyet sorunlarını doğurmuştur. Kömür ve fabrika ürünlerini dağıtacak demiryolları ve kanallar, gittikçe para ve ücretlere dayanan bir ekonomi ve yeni teknolojilerin oluşumu, etkenlerden başlıcalarıdır. Her ne kadar bu tür karmaşıklık unsurlarının genelde ekonomik büyümeyi kolaylaştırdığı düşünülürse de, bu ancak enerji sübvansiyonu altında mümkün olabilir.

Buhar makinesi gibi yeni teknolojilerin bazıları, gelişimlerinin ta başlarında dahi yenileşim (innovation) açısından azalan getiriler göstermiştir. (Wilkinson 1973; Giarini ve Louberge 1978; Giarini 1984).

Sanayileşmeyi, türümüzün bütün geçmiş tarihinden ayıran şey, bol, yoğun ve yüksek kaliteli enerjidir (Hall ve arkadaşları 1992)⁸. Sübvansiyone edilerek sağlanan ucuz fosil yakıtlar nedeniyle, sanayileşmenin çoğu sonuçları fiiliyatta sorun olmamıştır. Sanayi toplumları bunlarla başedebilmiştir. Enerji mâliyeti kolayca ve sıkıntıya düşmeden karşılanabildiğinde, sosyal amaçlı yatırımlarda fayda/mâliyet oranı önemli ölçüde göz ardı edilebilir (çağdaş sanayi tarım alanında bu böyle olmuştur).

Fosil yakıtlar sanayiciliği yaratmış ve ondan doğan diğerleri de (bilim, nakliyat, tıp, istihdam, tüketicilik, yüksek teknoloji savaşı ve çağdaş politik organizasyon), varlığını bir çok kuşak sürdürülebilir bir sorun çözme sistemini ortaya çıkarmıştır.

Enerji kültürel karmaşıklığın daima temeli olmuş ve olacaktır. Küresel değişim gibi konuları anlamak ve çözümlenmek çabalarımız, gittikçe artan politik, teknolojik, ekonomik ve bilimsel karmaşıklık gibi konuları içerirse, ki öyle olacağı görünmektedir, o takdirde kişi başına düşen enerji varlığı, sınırlayıcı bir faktör olacaktır.

Statik veya azalan enerji teminine dayalı karmaşıklığı artırabilmek için, dünya çapında yaşam standartlarını düşürmeyi gerektirecektir. Net bir krizin ortaya çıkmaması halinde ise çok az kişi bunu destekleyecektir.

Karmaşıklığa yapılan cari ve gelecekteki yatırımlara karşı politik desteği sürdürebilmek, ya kişi başına enerjinin fiziksel sağlanabilirliğini arttırmak ya da yaşam standardımızın enerji mâliyetini düşürecek teknik, politik veya ekonomik yenileşimleri gerektirir. Kuşkusuz bu gibi yenileşimler enerjiyi gerektirir ve böylece enerji-karmaşıklık ilişkisindeki sınırlamaların altları çizilmiş olur.

⁸ Sanayileşmeyi teşvik eden tek unsur doğal olarak kömür olmamıştır. Diğer etkenler arasında yakıt odununun azalması (Wilkinson 1973), topraktan yararlanma kanunlarındaki değişiklikler, üretimde istihdam edilebilecek işçilerin mevcudiyeti bulunmaktadır.

Sonuçlar

Geçmişini inceleyen bu bölüm, gelecekte tutulabilecek yolları netleştirmektedir. Sık sık üzerinde durulan yollardan biri *kültürel ve ekonomik basitlik ile düşük enerji maliyetleridir*. Bu, birkaç kuşak boyunca karşılaşılabilecek şiddet, açlık ve nüfus kaybı doğuracak olan bir "kriz" sonucu meydana gelebilir. Bunun bir alternatifi de insanoğlunun güneş enerjisi ve yeşil yakıt, enerji-tutumlu teknolojiler ve genel tüketimde iktisat yoluyla sağlayacağı "yumuşak iniş" tir.

Bu ütöpik bir seçenek olup, yukarıda ifade edildiği gibi, eğer sanayi uluslarının karşılaşılabileceği büyük, uzun süreli güçlükler ve ekonomik büyüme ve tüketicilik eğiliminin ideoloji alanından sökülüp atılabildiği zaman ancak gerçekleşebilir⁹.

Bir başka seçenek daha, topyekün karmaşıklığı artırma ve enerjinin daha büyük çapta kullanılması için problem çözmede gelecekte daha büyük yatırımların gerekeceğidir. Bu seçeneği dürten şeyler, sağladığı maddi rahatlıklar, seçenek yokluğu ve bunun iyi olduğuna dair kanımızdır. Eğer son 12,000 yıldan uzun bir zamandır insanlığın izlediği sorun çözme yolu devam edecek olursa, yakın gelecekte de herhalde aynı yolu izleyeceğiz.

Çağdaş sorunları anlamamız ve çözümleme çabalarımız azalan getiri doğursa da doğurmasa da, açık olan bir şey var: Tarih içinde nerede bulunduğumuzu bilmenin şart olduğu (Tainter1995a). Eğer makro ekonomik örneklerin gelişmesi kuşaklar ve yüzyıllar sürececek olur ve bizler bu süreç içinde nerede olduğumuzu anlamazsak, şimdiki içinde bulunduğumuz şartları kavramamız olanaksızlaşır.

Bir toplumun sorun çözme yeteneklerinin nasıl değiştiğini anlamak konusunda tarihte ilk kişiler olabilme fırsatına sahibiz. Bunun mümkün olduğunu bilip de onu eyleme dönüştürmezsek, ekoloji ekonomisinin pratik uygulaması büyük yenilgiye uğrayacaktır.

Teşekkürler

Bu bölüm Üçüncü International Society for Ecological Economics, San Jose, Costa Rica, 28 Ekim 1994 genel kurulunda gözden geçirilmiştir: Konuşmamı yapmak üzere beni davet eden Cutler J. Cleveland, Robert Costanza ve Olman Seguraya, konferans süresince benden yardımını esirgemeyen Maureen Garita Matamoros'a, kuruldaki konuşmamda yorumlarda bulunan Denver Burns, John Faux, Charles A.S.Hall, Thomas Hoekstra, Kerkvliet ve Danel Underwood'a ve bu yazıyı gözden geçiren Richard Periman ve Carol Raish'a teşekkürlerimi arz ederim.

- Allen, T. F. H. and T. W. Hoekstra. 1992. Toward a Unified Ecology. New York: Columbia University Press.

⁹ Bu analizde "yeşil" denen alternatifleri dikkate almadım. Bunların kısa vâdede uygulanabilir görünmemesinin iki nedeni vardır. Bir kere sanayi ekonomileri konvansiyonel enerjiyi de içeren mevcut üretim sistemiyle yakından ilgilidir (Hall ve başkaları 1992: Watt 1992). Büyük çapta hızlı sanayi konversonunun sermaye maliyetleri çok yüksek olur. Sonra da 1973'den beri edinilen deneyim, sınıfl toplumlarının çoğu üyeleri sırf uzun vâdeli enerji veya başka kaynaklar sağlamaya ilişkin soyut tahminler yüzünden tüketim örneklerini değiştirmezler. Ancak enerji ücretleri ve enerjiye dayanan mal ve hizmet ücretleri uzun bir süre birdenbire hızla yükselirse böyle olur. Alışmış oldukları dünyanın dönüşümsüz olarak değiştiğine halkı inandırmak için uzun süren güçlükler söz konusudur. Küçük çaptaki ya da sadece aralarla yeralan güçlükler liderlerin kişisel kazancı için halktaki hoşnutsuzluktan yararlanırlar. Ekonomik büyüme ideolojimizin bir bölümü gibi mitolojik düzeye çıkarılmıştır, bu da halk arasında tarafsız bir tartışmayı olanaksız kılmaktadır. (Giarini ve Louberge 1978).

- Asch, N. B., R. I. Ford, and D. L. Asch. 1972. Paleoethnobotany of the Koster site: The Archaic horizons. Illinois State Museum Reports of Investigations 24. Illinois Valley Archeological Program, Research Papers 6.
- Boserup, E. 1965. *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change Under Population Pressure*. Chicago: Aldine.
- Carneiro, R. L. 1978. Political expansion as an expression of the principle of competitive exclusion. In *Origins of the State: the Anthropology of Political Evolution*, eds. Ronald Cohen and Elman R. Service. Philadelphia: Institute for the Study of Human Issues.
- Clark, C and M. Haswell. 1966. *The Economics of Subsistence Agriculture*. London: MacMillan.
- Cohen, M. N. 1977. *The Food Crisis in Prehistory: Overpopulation and the Origins of Agriculture*. New Haven: Yale University Press.
- Gell-Mann, M. 1992. Complexity and complex adaptive systems. In *The Evolution of Human Languages*, eds. J. A. Hawkins and M. Gell-Mann, pp. 3-18. Santa Fe Institute. *Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings Volume X1*. Reading: Addison-Wesley.
- Gell-Mann, M. 1994. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. New York: W. H. Freeman.
- Giarini, O. ed. 1984. *Cycles, Value and Employment: Responses to the Economic Crisis*. Oxford: Pergamon.
- Giarini, O. and H. Louberge. 1978. *The Diminishing Returns of Technology: An Essay on the Crisis in Economic Growth*. Oxford: Pergamon.
- Griliches, Z. 1984. Introduction. In *Research and Development, Patents, and Productivity*, ed. Zvi Griliches, pp. 1- 19. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Hall, Charles A. S., C. J. Cleveland, and R. Kaufmann. 1992. *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*. Niwot: University Press of Colorado.
- Jones, A. H. M. 1964. *The Later Roman Empire 284-602: A Social, Economic and Administrative Survey*. Norman: University of Oklahoma Press.
- Jones, A. H. M. 1974. *The Roman Economy: Studies in Ancient Economic and Administrative History*. Oxford: Basil Blackwell.
- Machlup, Fritz. 1962. *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton: Princeton University Press.
- McGuire, R. H. 1983. Breaking down cultural complexity: inequality and heterogeneity. In *Advances in Archaeological Method and Theory, Volume 6*, ed. Michael B. Schiffer, pp. 91-142. New York: Academic Press.
- Meadows, D., H. Dennis, L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens 111. 1972. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.
- Minnis, P. E. 1995. Notes on economic uncertainty and human behavior in the prehistoric North American southwest. In *Evolving Complexity and Environmental Risk in the Prehistoric Southwest*, eds. J. A. Tainter and B. B. Tainter, pp. 57-78. Santa Fe Institute, *Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings Volume XXIV*. Reading: Addison Wesley.
- Nelson, M. C. 1995. Technological strategies responsive to subsistence stress. In *Evolving Complexity and Environmental Risk in the Prehistoric Southwest*, eds. J. A. Tainter and B. B. Tainter, pp. 107-144. Santa Fe Institute, *Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings Volume XXIV*. Reading: Addison-Wesley.
- Norgaard, R. B. 1994. *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*. London and New York: Routledge.
- Olson, M. 1982. *The Rise and Decline of Nations*. New Haven: Yale University Press.
- Parker, G. 1988. *The Military Revolution: Military Innovation and the Rise of the West, 1500-1800*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Price, Derek de Solla. 1963. *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.

- Rescher, N. 1978. *Scientific Progress: a Philosophical Essay on the Economics of Research in Natural Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Rescher, N. 1980. *Unpopular Essays on Technological Progress*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Rostow, W. W. 1980. *Why the Poor Get Richer and the Rich Slow Down*. Austin: University of Texas Press.
- Schmookler, J. 1966. *Invention and Economic Growth*. Cambridge: Harvard University Press.
- Steward, J. H. 1955. *Theory of Culture Change*. Urbana: University of Illinois Press.
- Tainter, J. A. 1988. *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tainter, J. A. 1992. Evolutionary consequences of war. In *Effects of War on Society*, ed. G. Ausenda, pp. 103-130. San Marino: Center for Interdisciplinary Research on Social Stress.
- Tainter, J. A. 1994a. Southwestern contributions to the understanding of core-periphery relations. In *Understanding Complexity in the Prehistoric Southwest*, eds. G. J. Gumerman, and M. Gell-Mann, pp. 25-36. Santa Fe Institute, *Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings Volume XVI*. Reading: Addison-Wesley.
- Tainter, Joseph A. 1994b. La fine dell'amministrazione centrale: il collasso dell'Impero romano in Occidente. In *Storia d'Europa, Volume Secondo: Preistoria e Antichità*, eds. Jean Guilaine and Salvatore Settis, pp. 1207-1255. Turin: Einaudi.
- Tainter, J. A. 1995a. Sustainability of complex societies. *Futures* 27: 397-407.
- Tainter, J. A. 1995b. Introduction: prehistoric societies as evolving complex systems. In: *Evolving Complexity and Environmental Risk in the Prehistoric Southwest*, eds. J. A. Tainter and B. B. Tainter. pp 1-23 Santa Fe Institute, *Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings Volume XXIV*. Reading: Addison-Wesley.
- U.S. Bureau of the Census. 1983. *Statistical Abstract of the United States: 1984* 104d Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Watt, K. E. E. 1992. *Taming the Future: A Revolutionary Breakthrough in Scientific Forecasting*. Davis: Contextured Webb Press.
- White, L. A. 1949. *The Science of Culture*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- White, L. A. 1959. *The Evolution of Culture*. New York: McGraw-Hill.
- Wickham, C. 1984. The other transition: From the ancient world to feudalism. *Past and Present* 103: 3-36.
- Wilkinson, R. G. 1973. *Poverty and Progress: An Ecological Model of Economic Development*. London: Methuen.
- Wolfe, D. 1960. How much research for a dollar? *Science* 132: 517.
- Worthington, N. L. 1975. National health expenditures, 1929-1974. *Social Security Bulletin* 38(2): 3-20.