

# DOĞAL ALANLARIN VE TÜRLERİN KORUNMASI İNSANLIK İÇİN NEDEN ÖNEM TAŞIR?

Dr. Kâni İŞİK  
Hacettepe Üniversitesi  
Biyoloji Bölümü

İnsan türünün ruhsal ve bedensel yapısı, yüzbin yıllık evrimsel geçmişi boyunca tahrip edilmemiş durumda bulunan doğal şartlara göre şekillenmiştir. Endüstri çağının oluşturduğu hızlı çevre şartları değişimi, canlıların bu arada insanın da yapısına aykırıdır. Bu yüzden Doğa Ana, insan türünün kısa süreli amaçları uğruna, kendisinin bölük-pörçük, delik-deşik, kirli-paslı edilmesini asla hoş görmeyecek; tahrip devam ederse bu şımarık tür de nesli tüketilerek cezalandırılacaktır. Bu nedenle insanoğlu sahip olduğu zekâsını ve makinelerini doğanın dengesini değiştirmek için değil, doğal olarak süregelen değişikliklere kendi neslini daha iyi uydurabilmek için kullanmak zorundadır.

## Doğa Dizgesi = Ekosistem

Giriş paragrafındaki bu görüş, kültür düzeyi gelişmiş ülkelerde doğa bilincine erişmiş olan insanların ve doğa bilimcilerinin bir görüşüdür. Bu görüşün gerçekle ne derece ilgili olduğunu aşağıda açıklamaya çalışalım.

Doğa, yerküresinin oluşumundan beri vardır. Ama "doğa dizgesi" (bilimsel terimle "ekosistem") yeni yeni kullanılmaya başlanan bir kavramdır. Bu kavramı açıklamak için önce aşağıdaki satırlarda birkaç doğa dizgesini gözleylim.

Bir yaz günü Akdeniz veya Ege Bölgesi kenar kuşağında bozulmamış bir doğal maki bitki birliğinin yayıldığı alana girilir ve çevreye bakılırsa türlü türlü hayvanlar, bitkiler, rengârenk çiçekler, böğürtlenler ve yaban üzümleri görürüz. Değişik ahenkte kuş sesleri, çeşitli tonlarda böcek vızıltıları buradaki canlılar topluluğuna ayrı bir çeşni katar. Bitkiler bu birlikteki birçok öteki canlılara yaprak, nektar ve çiçektozlarıyla yiyecek sağlarken, kuş ve böcekler de çiçektozlarının dağılımında, çiçeklerin döllenip kısır kalmamasında yardımcı olurlar... Aynı yerde yürürken örümcek ağlarının yüzümüze gözümüze yapışarak bizi tedirgin ettiğini, ama bu ağ tuzaklarının biz geçici konuklar için değil, bu

çevredeki pek çok ve çeşitli böceklerin yakalanması için kurulduğunu anlarız. Maki bitki birliği doğa dizgesine özgü bu birkaç gözlenebilir kalburüstü olay yanında, daha nice olaylar bu ortamda geceli gündüzlü süregelmektedir.

Bir de bir dağ kuşağı (bilimsel terimle "alpin") doğa dizgesini kısaca gözleyelim: Yalçın kayalar üzerinde tüneyen gururlu ve yapayalnız bir kartal; başka bir kayanın üzerinde pür dikkat ve tüm çeviklikleriyle bir grup dağ keçisi; şuraya buraya serpilmiş bodur ağaçlar, çalılar ve çekici güzellikleriyle türlü türlü dağ çiçekleri...

Bu iki tip doğa dizgesine ek olarak diğer doğa dizgelerinden de örnekler verilebilir. Bir kayın ormanı, bir elma bahçesi, bir bataklık, bir çayırılık, bir havuz, bir derenin veya bir denizin herhangi bir kesimi içerdikleri bitki ve hayvanlarla ve fiziksel çevreleri ile birlikte birer doğa dizgesidirler. Hepsinde ortak yön, bu dizgeleri oluşturan canlı ve cansız öğeler arasında sürekli ve çetrefil bir etkileşimin bulunuşudur. Her doğa dizgesi, iklimsel ve topraksal etmenlerin ve değişik canlı türlerinin karşılıklı etkileşimi sonucunda, yüzbinlerce yıllar boyu süregelen doğal uyum neticesinde kendisine özgü nitelikleriyle ortaya çıkmıştır. Dizgenin sınırları amaca göre değiştirilebilir. Örneğin, Ankara şehri yapay doğa dizgesinden bahsedebileceği gibi, bütün İç Anadolu'yu içeren step doğa dizgesinden de bahsedilebilir.

## Doğa Dengesinde Bozulma ve Nesil Tükenmesi

Bir doğa dizgesi içinde süregelen etkileşim silsilesindeki canlı gruplarından herhangi birine doğrudan veya dolaylı yapılan bir zarar, bütün sisteme de zarar verebilmekte, doğadaki yaşam dengesini bozabilmektedir. Bornea adalarından birinde gözlenen şu olay doğa dengesindeki bozulmaların nelere yol açabileceğini açıklaması bakımından ilginçtir: Adada sıtma hastalığını önlemek için sivrisineklere karşı savaş açılır ve geniş alanlara DDT serpilir. Yöreye özgü bir kertenkele türü de bu sivrisineklere yiyecek

beslenmektedir. Kertenkeleler, ilâcın etkisinde kalan sivrisinekleri yakalayarak yer. Bölgedeki evcil ve yabani kediler de kertenkeleleri yemektir. Neticede bütün kediler zehirlenerek ölür. Etkileşim silsilesindeki bir canlı grubunun böylece aradan çıkarılmasıyla ortaya çıkan sonuç ise, farelerin hızla çoğalması ve halk arasında sıtma hastalığı yerine daha amansız bir hastalığın, veba salgınının yayılmasıdır.

Yukardaki örnekte, insan etkisiyle doğa dengesinin bozulması sonucu ortaya çıkan bu felâket aradan fazla bir zaman geçmeden kendisini göstermiştir. Bu olayda olduğu gibi fazla zaman aşımına uğramadan ortaya çıkan felâketlerin tanınması ve onarımı nispeten kolaydır. Oysa birçok felâket, doğa dizgesinin öğelerinden biri veya birkaçının ortadan kaldırılmasından çok uzun süreler geçtikten sonra kendisini göstermekte, o doğa birimini içeren ülkede onarımı güç, hatta olanaksız yaralar açabilmektedir.

Bir doğa dizgesinin öğeleri arasında görülen bu etkileşimden anlaşılmaktadır ki doğa dizgeleri içerdikleri canlı ve cansız varlıklarla birlikte gelişmiş, birlikte evrimleşmişlerdir. Şekil 1'de belirtildiği gibi, ele alınan bir doğa dizgesinin bugünkü şekli, milyonlarca yıldır süregelen bir değişimin, bir evrimin ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bu dizgeler gelecek yüzyıllarda da değişmeye, evrimleşmeye devam edecektir. Ama içerdikleri canlı veya cansız öğelerden herhangi birinin insan etkisiyle aradan çıkarılması ya da yapısının kısa sürede değiştirilmesi, bütün öğeler için zararlı olacaktır.

Milyonlarca yıldır doğal yolla olagelen bu evrimleşme süresince fiziksel çevrede irili ufaklı çeşitli değişiklikler olmuş; bu arada bu değişikliklere uyamayan, yeni ortamlara uyum esnekliği olmayan birçok canlı türünün de nesli tükenmiştir. Fiziksel çevredeki değişimin hızı, o ortamda yaşayan bir türün kendi gen havuzunu değiştirebilme hızını (bunun neticesi olarak da yeni ortamlara uyum yapabilme kapasitesini) geçtiği hallerde o türün nesli tükenmektedir. Örneğin, Buzul Çağının âni olarak (jeolojik anlamda) gelmesiyle kuzey yarımküresinde o zamanın birçok türünün nesli tükenip gitmiştir. Çünkü Buzul Çağının hızla gelmesi ve iklimin hızla değişmesi olayları, bu türlerin bir sonraki kuşaklarında yeni ortama uyabilecek bir genetik yapı oluşmasına zaman bırakmamıştır. Doğal çevredeki değişim hızı, türün değişim hızını çok aşmış, neticede birçok türün nesli tükenmiştir. Bugün de volkanlar, yeni dağ oluşumu, çığır gibi doğal olaylar yayılış alanları dar olan birçok türün

nesillerinin yok olmasına yol açmış ve açmaktadır.

Kaliforniya Üniversitesinden (Berkeley) Dr. Jukes, yerküresinde hayatın başladığı andan bugüne kadar nesilleri tükenmiş türlerin sayılarının yüz milyonu bulduğunu belirtmektedir. Bu tahminin doğruluğunu vurgulayan ünlü genetikçi ve evrimci G. G. Simpson ise "nesil tükenme olayının genel bir olay, ama neslini devam ettirebilmenin ise istisnai bir durum olduğunu" açıklar. Geçmişteki kanıtlara dayanılarak belirtilen bu görüşler, nesil tükenme olayının doğal bir olay olduğunu, bir türün neslinin —er ya da geç— tükenmesinin kaçınılmazlığını belirtmektedir.

Öyleyse neden kaygı duyuyoruz?

### **İnsan Türü: Yerküresine Gelmiş Geçmiş En Amansız Tür**

Unutulmamalıdır ki yukarıda belirtilen nesil tükenme olayları doğal yolla olmuştur. Bu yolla, doğa dizgesindeki kazanç ve kayıplar eşit olmakta, doğanın öğeleri arasında sürekli bir denge sağlanabilmektedir. Oysa, insan etmeni yüzünden olan nesil tükenmesi doğal yolla olandan çok farklıdır. Son ikiyüz yıllık zaman diliminde nesli tükenen türlerin sayısının, insan türü ortaya çıkmadan önceki herhangi bir jeolojik çağın ikiyüz milyon yıllık zaman diliminde nesli tükenen türlerin sayısından kat kat fazla olduğu tahmin edilmektedir. Buna şaşmamak gerekir. Çünkü insan türü doğada yeni bir girdi, yeni bir etmendir. Sadece yüzbin yıllık bir evrimsel geçmişi vardır. İnsan etmeni, diğer doğa dizgesi öğelerinden farklı olarak zekâya, âlet yapma ve bu âletleri kullanabilme yeteneklerine sahiptir. Önceleri zekâsı ve sopsasıyla, daha sonra ateşi ve okuyla birçok hayvan türünü insafsızca avlamış, ormanları yakıp sökmüş, doğayı bilinçsizce tahrip etmiştir. Bugün de bunlara ek olarak, yan etkilerini hesaplamadan ve gerekli koruma tedbirlerini almadan barajlar yapmakta, gölleri ve bataklıkları kurutmakta, orman alanlarını yok etmekte, evcilleştirdiği hayvanları sürüler halinde doğaya salıp dengesiz bir otlatma yapmakta, taş, kiremit, asfalt, beton ve demir yığınlarıyla kentler kurmakta, doğa öğelerinin şimdiye kadar tanık olmadığı yeni yeni kimyasal artıkları doğaya bırakmakta, neticede doğa dizgelerini hızla değiştirip tanınmaz bir hale getirmektedir. Yer küresi, böyle amansız bir tür ile daha önce hiç karşı karşıya gelmemiştir.

Hayat dolu topraklarımızın, ıslıl ıslıl ırmaklarımızın, pırıl pırıl göllerimizin, kulaç kulaç denizlerimiz, arşın arşın göklerimiz, endüstri artık-

larıyla kirlenmesi sonucu doğa dizgelerinin niteliği gittikçe bozulmaktadır. "İnsan" denilen türün ortaya çıkmasıyla, ve hele teknolojik devirde, fiziksel çevrenin değişim hızı şiddetle artmakta, türlerin gen havuzlarının yeni ortama göre şekillenebilme ve uyum yapabilme hızları ise doğal çevredeki değişim hızının çok gerilerinde kalmaktadır. Neticede birçok türün nesli tükenmekte, birçoğu da tükenip gitme tehlikesi ile yüz yüze gelmiş bulunmaktadır. Bu nesilleri tükenme tehlikesi olan türler arasında insanın kendisi de vardır.

### Doğaya Sahip Çıkmak

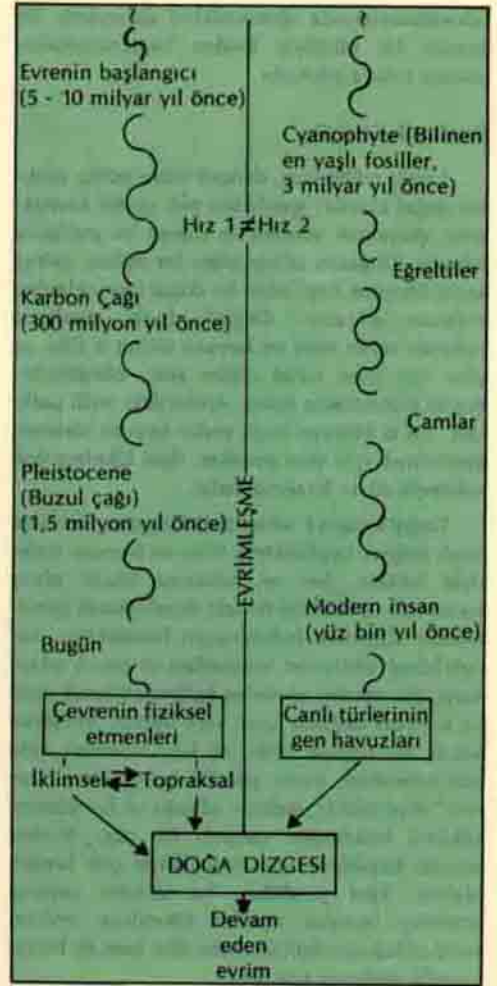
İşte bu nedenle, kültür düzeyi gelişmiş ülkelerde bir "doğa bilinci", bir "çevre bilinci" oluşmuştur. Doğaya sahip çıkan, o uğurda sesini sık sık yükselten etkili bir zümre vardır. Milletvekili ve senatör adayları seçim gezilerinde doğa korunması için gerekli her türlü tedbiri alacakları üzerinde halkına kesin söz vererek oy istemekte; önemli ulusal sorunlar nedeniyle halkına seslenen Cumhurbaşkanları doğa korunması sorununu ön sıraya almaktadır.

Bu toplumlarda oluşan bilinçle göre her canlı türü yaşamak ve neslini sürdürebilmek hakkına sahiptir. Bu bilinçle erişmiş bir insana göre, teknolojik çağda yaşamakta olan şimdiki insan kuşağı, doğa dengesini süratle bozmakla, gelecek kuşakların da hakkı olan "doğadan zevk alma", "tertemiz bir hava teneffüs etme", "ender türleri görebilme" ve bütün bunlardan "manevi haz duyma ve ilham alma" hakkını insafsızca kullanmaktadır.

İzmit ve İzmir Körfezlerimizin ölü birer deniz çölü haline gelmesine niçin göz yumulmaktadır? Her yıl yaz aylarında çayır çayır yakılan, hektar hektar sökülün ormanlarımız neden bu hale getirilmiştir? Sadece Güney Anadolu Bölgesine özgü, ender ve güzelliğiyle destanlarımıza konu olan alageyikler nerededir? Herbir parçasının ayrı bir özelliği olan doğa dizgelerimizin korunması için halkımızda gerekli doğa bilincini yaratmanın suçluları kimlerdir? İşte bu ve buna benzer soruları, geç de kalmış olsak, soranlarımız çoğaldıkça biz de doğa bilincine ulaşan bir toplum olabilir, etkili bir kamuoyu yaratabiliriz.

### Bilim Cennetleri

Doğal alanlar, bilimsel araştırmalar yapabilmek, doğal olayları zaman ve zemine göre gözleyip değerlendirebilmek için pek çok doğurgan sorularla dolu, paha biçilmez birer bilim cennetidir. Bilim adamları, çevremizde olup



bitenlerin sınırlarını tam olarak çözebilmek için çoğu kez doğa ile birlikte olmak zorundadır. Birçok bilim adamının önemli bulgularına yol açan ilk fikirler, kendileri laboratuvarlarının içinde dalmış haldeyken değil, doğal çevre ile başbaşa kaldıkları sırada gördükleri olayları,

laboratuvarlarında sürdürdükleri deneylerle bilimsel bir dürtüyle ânenin bağlantılarını sonuca ortaya çıkarmıştır.

### **Ekonomik Gizilgüç**

Tahrip edilmemiş, dengeli idare edilip işletilen doğal alanlar, içerdikleri pek çeşitli kaynaklarla, ekonomik yönden de yüksek bir gizilgüce sahiptir. Doğasını tahrip eden bir millet, yalnız kendi ülkesine özgü olan bu doğal kaynaklardan mahrum olacaktır. Değişik doğal alanlarda bulunan ender bitki ve hayvan türleri o ülke ve yöre için birer turist çekim aracı olmaktadır. Bugün milyonlarca turist, Afrika'daki millî parklara, sırf o bölgeye özgü ender hayvan türlerini görebilmek için akın etmekte, ilgili ülkelere çok miktarda döviz bırakmaktadır.

Değişik yapıya sahip doğal alanlar, buralara özgü değişik çeşitlilikteki bitki ve hayvan türleriyle birlikte, her ne pahasına olursa olsun korunmalı ve bilimsel temele dayalı olarak işletilmelidir. Dermanı bulunmayan hastalıklara, zararlı böcek afetlerine, mantarlara ve zararlı otlara karşı, yan etkileri olmadan kullanılacak tıbbî ve kimyevî değerlerde yeni yeni ilâçlar, bileşikler ancak bu değişik bitki ve hayvanlardan elde edilebilecektir. Bizim şimdiki kuşağımızın "zararlı" diye bildiği, tedirgin olduğu ve bu yüzden kökünü kurutmaya çalıştığı bir tür, bizden sonraki kuşakların yeni buluşlarıyla çok faydalı olabilir. Eğer şimdiden, bu türlerin yaşama ortamları bozulur, nesilleri tüketilirse, onların sahip olduğu gizilgüçten hem ülke hem de bütün insanlık mahrum olacaktır.

Doğal alanlarda bulunan bazı yabancı bitki türleri sahip oldukları ender genetik yapılarıyla, hastalıklara dayanıklı, ve hatta verim gücü yüksek olan yeni yeni evcil ırklar yaratılmasında çok faydalı olmaktadır. Çeşitli yapıdaki doğa birimlerinin korunması olayı, hızla değişen çevre koşullarına aynı hızla uyum yapabilecek yeni türler yaratılmasının garantisini de beraberinde getirmektedir.

Bir dinsel görüşe göre, insanların bütün canlıların en gözdesi olduğuna, öteki canlıların sırf insanlara hizmet etmeleri için yaratıldığına inanılır. Oysa yine kutsal din kitaplarında verilen bilgilere göre, Büyük Afet olmadan önce Tanrı, Nuh Peygambere, her hayvan türünün bir dişisini bir de erkekini gemisine almasını emretmiştir. Afet geçince gemi Ağrı Dağına konaklamış, böylece tüm hayvan türleri de nesillerini devam ettirebilme olanağına kavuşmuşlardır. Bu olay, insanların diğer canlıları istedikleri gibi kesip

asmaya hakları olmadığını, fakat her canlının yaşama ve neslini sürdürme hakkına sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

### **Kültürel Katkı**

Doğa bilincine erişmiş toplumlar bilir ki doğada çeşitlilik insan kültürüne çeşni ve renk katar. Bireylerin tasavvur ve yaratma güçleri çoğu kez yaşam çevresinde gördüğü varlıkların çeşitliliğiyle orantılı olarak artar. Bir çöl bölgesinde yaşayan bir kabilenin bireyleri ile bir orman bölgesinde yaşayan başka bir kabilenin bireylerinin kültür düzeyi ve yaratma güçleri arasındaki fark, orman kabilesi lehine çok fazladır. Çünkü göl doğa birimi monoton bir yapıya, orman doğa birimi ise binbir çeşitlilikle dolu kamçılayıcı bir ortama sahiptir.

Ayrıca, insanların yaşadığı doğal çevrenin kendine özgü nitelikleri o bölgede yaşayan toplumun kültüründe kendisini yansıtır. Bu nedenle, önceleri ulaşım amacıyla uygulanan kayak sporu, kar yağışının bol olduğu kuzey ülkelerinde doğup gelişmiş; heyecanlı bir spor olan cirit oyunu da at ve otun bol olduğu Orta Asya bozkır doğa dizgelerinde ortaya çıkmıştır. Eski Mısırlılar yapıtlarına hurma, buğday, karga resimleri çizerlerken, eski Yunanlılar ve Romalılar da zeytin ve üzümün yaprak ve danelerini desen olarak kullanmışlardır. Kuzey kutbu yaşayan eskimoların ise, bizim sadece "kar yağışı" diye nitelendirdiğimiz olayın çeşitli şekillerini tanımlamak için kırka yakın kelime kullandıkları söylenmektedir.

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri, sihirleyici havası ve derin sessizliğiyle doğal çevre, insana ilham kaynağı olan bir ortam olmuştur. Dinsel bilgilere göre İsa, Musa ve Muhammed sık sık doğal çevre ile yalnız ve başbaşa kalmayı tercih etmişler, "Tanrı'dan gelen mesajlarını" orada buldukları sırada almışlardır. Birçok sanatçı, yazar, şair, müzisyen ölümsüzleşen eserlerini orada, onunla başbaşa iken, ondan ilham alarak vermişlerdir.

### **S O N U Ç**

İnsan türü ruhsal yapısı yönünden yaşamında çeşitlilik ve sakinlik isteyen bir canlıdır. Bu türün fertleri, şehirlerin monoton ve gürültülü çevresinden kurtulup, binbir çeşitlilikle dolu doğal çevreye kavuşma tutkusuna içindedir. Bu tutkuyu büyük şehir sakinlerinde daha şiddetle görmekteyiz. Çünkü "şehir doğa birimi" insan türü için

çok yenidir, ancak son birkaç yüz yıllık, daha cömertce bir tahminle son birkaç bin yıllık bir geçmişe sahip yapay bir olgudur. Oysa insanın ruhen ve bedenlen şekillenmesi, yüzbinlerce yıldan beri, uçsuz bucaksız sere serpe uzanan, el değmemiş, insan türü sayısı pek az olan, asrımpızın her türlü kargaşasından uzak bir doğal çevre

şartları altında oluşmuştur. Bu yüzden Doğa Ana, insan türünün kısa süreli amaçları uğruna, kendisinin bölük-pörçük, delik-deşik, kirli-paslı edilmesini asla hoş görmeyecek ve doğa tahribi devam ederse, bu şımarık türü de, diğer yüz milyon tür gibi, neslini tüketerek cezalandıracaktır.

## İŞLEM AYGITLARININ GELİŞMESİ

Ö. TUZUNALP

İşlemlere yardımcı olabilecek aygıtların kullanılması çok eski zamanlara kadar gider. ABACUS bunlardan biridir. İşlem aygıtlarının kullanılması 17. asırdan bu yana giderek artmıştır. İlk masa işlem aygıtı 1642 tarihinde PASCAL tarafından ileri sürülmüş aynı yıllarda sürgülü işlem cetveli kullanılmaya başlamıştır. Bunu takip eden yıllarda işlem aygıtları iki ayrı yolda gelişmelerini devam ettirmişlerdir. Bunlardan biri sayısal işlem aygıtları diğeri ise benzer işlem aygıtlarıdır. İlk sayısal işlem aygıtı CHARLES BABBAGE (1792 - 1871) tarafından düşünülmüş ve gayet karmaşık iki makine yapılmıştır. Bunlardan biri —Fark Makinesi— toplama işlemini yapabilmekteydi. Bu makinede toplama işlemi mekanik olarak dişlilerle yapılmaktaydı. BABBAGE'in gayesi fonksiyonları işlemleyen bir makine yapmak ve fonksiyonların farklılık özelliklerinden faydalanarak matematiksel tablolar hazırlamaktır. Bu gaye için öncelikle  $x^2$  değerlendirilmesi için farklılıklar işlemi yapılmıştır. Bu işlem aşağıda gösterilmektedir:

x	$x^2$	İlk Fark	İkinci Fark
10	100	—	—
11	121	21	—
12	144	23	2
13	169	25	2
14	196	27	2

Görüldüğü gibi ikinci fark her zaman değişmez olarak 2 kalmaktadır.

Farklılıkların uygun bir şekilde toplamı  $x^2$ 'in değerini vermektedir. Bu yapılması gereken yegâne aritmetik işlemidir. Mekanik bir bozukluk olmadığı takdirde, çözümün hassasiyeti makinenin çalışacağı anlamlı rakamların sayısına bağlıdır. Yukarıda verilmiş örnekte, makina üç

anamlı sayı ile hassas olarak doğru çözümlü vermektedir. Farklılık makinesinin ilk çalışan örneği 1822'de teşhir edilmişti. Bundan sonra BABBAGE çalışmalarını hızlandırmış 20 desimal yerli ve altıncı kademede çalışan daha büyük farklılık makineleri yapmıştır. Bu proje, daha da ileri gitmesi şiddetle arzu edilmesine rağmen hükümetin desteğinin kesilmesi sonucu terk edilmişti. BABBAGE'in ikinci makinesi modern sayısal bilgisayarların ilk müjdesini veriyordu. Bu makineye AYIRICI MAKİNA adı verilmiş ve projeye 1833 tarihinde başlanmıştır. Fakat yapımı çağdışı olarak nitelendirilmişti. BABBAGE'in çalışmaları sonra bir asır kadar bir zaman unutulmuştur. BABBAGE'in saptadığı esaslar önce ABD ve İngiltere'de yapılan elektronik sayısal bilgisayarların öncüleri tarafından 1940'larda tekrar keşfedilmiştir.

LORD KELVIN (W. Thompson) konuya sonradan değişik bir yaklaşım getirmiştir. 1876 yılında Royal Society'ye verdiği iki makale ile mekanik entegratörler ve mekanik toplayıcıların birbirine bağlanıp ikinci dereceden devamlı bir differansiyel denklemin nasıl çözülebileceğini göstermiştir. Bir mekanik entegratörün bir şekli kardeşi (J. Thompson) tarafından bir yıl önce yapılmıştır. Aşağıdaki şekillerde iki çeşit mekanik entegratör gösterilmektedir. Bunlardan ilki disk ve tekerlek tipidir (Şekil 1).

Burada bağımsız değişken şaftın dönüşüdür. Sürtünme tekerleğinin şaftın merkezine olan mesafesi ayarlanabilir olup, şaftın  $\delta x$  radyanlık küçük bir dönmesine, tekerleğin  $\delta y$  radyanlık küçük bir dönmesi tekabül eder.

Bu bağıntı

$$\delta y = c_1 \cdot r \cdot \delta x$$

olarak ifade edilmekte ve burada  $c_1$ , bir sabiti ve  $r$  de şaftın sürtünme tekerleğine olan mesafesini göstermektedir. Tekerleğin tüm dönüşü  $r$ 'in  $x$ 'e göre integralini ölçmektedir.

$$y = k \int r dx$$