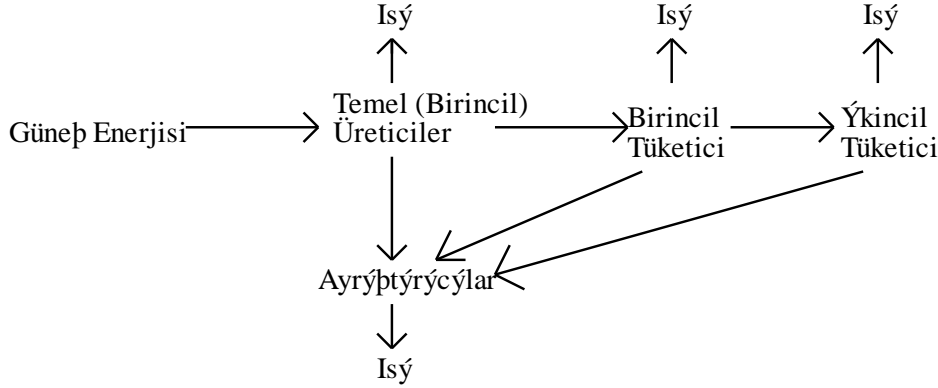


## 1. Ekosistemlerin İşlevleri

Tüm ekosistemlerde canlı ve cansız öğeler üç temel işlev ile birbirlerine bağlanırlar. Bunlar;

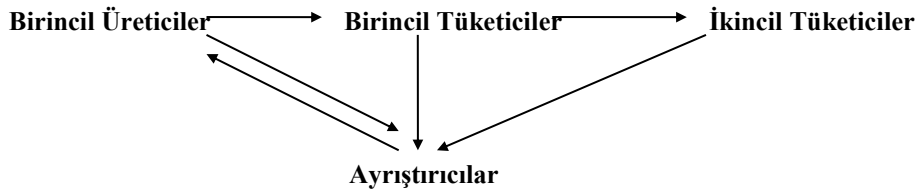
- Enerji akımı
- Kimyasal madde döngüleri
- Populasyon denetimleri dir.

Genel olarak ekosistemde enerji akışı şu basit şema ile gösterilebilir:



**Ekosistemdeki madde döngüsü**, enerji çevriminden farklılık gösterir. Zira sistem içindeki inorganik maddeler fotosentez **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** sonucu organik maddeye çevrildikten sonra şayet ekosisteme bir müdahale yoksa bunun büyük bir kısmı tekrar mineralize olmak üzere sistemde kalır ve tekrar tekrar ekosistemin gelişmesi için kullanılabilir. Oysa enerji akışında termodinamik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yasalara göre, her ekolojik grup işlevini sürdürürken bir miktar enerji iş yapamayacak düzeyde ısı enerjisi olarak serbest kalır. İşte bu nedenle ekosistemlerin dış enerji girdilerine gereksinimi vardır.

Ekosistemdeki madde döngüsü çok genel ve basitleştirilmiş olarak ekolojik gruplar arasında şu şekilde bir döngü gösterir:



**Populasyon denetimi** : Bir ekosistemdeki canlı öğeleri oluşturan bitki ve hayvan populasyonlarının denetimi olayı, sistemin dengeli bir bütün olarak işleyişini sağlamaktadır. Populasyon denetimi sistem içinde bulunan geri besleme mekanizmalarının varlığı ile oluşmaktadır. Bu geri besleme mekanizmalarını oluşturan ilişkiler, canlılar arasındaki simbiyoz **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**, rekabet **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** veya avcılık gibi ekolojik ilişkilerden olduğu kadar canlı ve cansızlar arasındaki interaksiyonlardan da oluşmaktadır.

Ekosistemdeki enerji ve substrat **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yeterliliği halinde canlı populasyonu, diğer çevre koşulları da uygun ise optimal **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** bir gelişme gösterir.

Çevre koşullarındaki değişimler, besin arzının azalması, hastalık ve yaşam alanındaki bozuklukların belirmesi ile sistem populasyonunu daralmaya yönlendirir. Bunun sonucunda

bütün tür bireylerinin zarar görmesi yerine, türün devamını sağlayabilecek düzeyde bir populasyon **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** dağılımı ile ekosistem **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** unsurları korunmuş olur.

## 1.2. Ekoloji Biliminin Gelişmesi

Ekoloji, biyoloji biliminin organizmalar ve onların çevreleri ile olan ilişkilerini inceleyen bir bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyimle ekoloji **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** doğanın yapısını, işleme tarzını incelemektedir.

Yunanca **oikos (ev) ve logos (bilim)** kelimelerinden türetilen **ekoloji** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** teriminin bilimsel tanımı yapılarak ilk kez 1869 yılında Alman biyoloğu **Ernst Haeckel** tarafından kullanılmıştır. Ancak daha önceleri Fransız zoologu **Isodore Geoffroy St. Hilarie** ekolojinin tanımını yaparak **ethology** terimini kullanmıştır.

19.yüzyılda doğa ile ilgilenen araştırmacı ve bilim adamları sayısında artış görülmektedir. Bu araştırmacılar genellikle **kıtalar** fauna **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve florası ile çalışanlar ve **adalar** biotası ile ilgilenenler olmak üzere iki grup oluşturmaktaydılar. **Alexander von Humboldt**'un 1807 Güney Amerika kıtasının tropik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ve ılıman kuşağında yapmış olduğu beş yıllık araştırmaları 26 ciltlik dev bir eserde toplanarak, bitkilerin dağılım coğrafyası konusunda çok önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Bu eserler fauna ve flora **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** araştırmalarını büyük ölçüde canlandırmıştır. Bitki besleme ve toprak verimliliği konularında ismi ilk olarak geçen bilim adamlarından **Justus von Liebig** (1840), gübre etkisi yapan bazı kimyasal elementlerin, bitki üretiminde sınırlayıcı etkilerini ortaya koyarak, ekolojide biyotopik faktörlerin önemini vurgulamıştır. **Spalding** (1872), böcek ekolojisi ve içgüdüsel davranış biçimleri incelemeleri **Verhulst** (1838) populasyonların matematiksel modellenmesi çalışmaları bu dönemde yeni boyut kazandırıcı çalışmalar olarak nitelendirilebilir. Daha sonraları **Henry Bates** adında genç bir araştırmacı yine Güney Amerika kıtasında tropik bölgede 1400 millik bir mesafeyi son derece güç koşullarda ve onbir yıl boyunca inceleyerek geçmiş ve böcek ekolojisi konusunda önemli katkılarda bulunmuştur. **Edward Forbes** (1849) Ege denizindeki hayvan toplulukları ile Akdeniz bölgesinin flora, fauna ve fosillerini araştırmıştır.

Adalar ekolojisi üzerine çalışanların en ünlüsü **Charles Darwin**'dir. Tahiti, Galapagos, Yeni Zelanda, St. Helen ve Azor adalarını inceledikten sonra elde ettiği ekolojik kavramların ışığında ünlü Evrim Teorisi'ni açıklamıştır. Aynı ekolden **Wallace** ise Malaya takım adalarının ekolojisi üzerine geniş çalışmalar yapmıştır.

Aynı yıllarda İngiliz doğa bilimcisi St. George Jackson Mivart benzer tanımla **hexicology** terimini önermiştir.

İngiliz ekolojist **Charles Elton** ekolojiiyi "Doğa Tarihi Bilimi" olarak tanımlayıp "hayvanların sosyolojisi ve ekonomisi" ilişkisini ortaya koymaktadır. Bir Amerikan bitki ekoloğu olan **Frederick Clements** ise ekolojiiyi "birlik (kommünite **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) lerin bilimi" olarak tanımlamaktadır. Alman ekoloğu **Karl Friedericks** " çevre bilimi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**" tanımını uygun görmektedir. Çağdaş en önemli ekoloğlardan Amerikalı ekolojist **Eugene Odum** ekolojiiyi " Doğanın yapı ve işlevlerinin bilimi" olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlara bakılarak ekolojinin çeşitli disiplinleri birbirine bağlayıcı ve disiplinler arası özelliği fark edilmektedir.

Tarihsel gelişim sürecinde ekolojinin bir bilim olarak tanınması 1900 yıllarına rastlamaktadır. Bununla birlikte ekoloji **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kapsamına giren olaylar ile ilgilenme tarih öncesi insana kadar gitmektedir. İlkel insanlar avlanmak, besin maddelerini toplamak ve uygun yerlere tuzak kurmak için hayvan davranışlarına ve çevre faktörlerine ait bilgilere sahip olmak zorunda idiler. Keza eski yunan **Aristo** doğa tarihi

üzerinde durmuş ve belirli çevre koşulları ile hayvan davranışları üzerine gözlemlerini öğrencilerine aktarmıştır.

Aristo'nun öğreticisi **Theophrastus**, çeşitli alanlarda bulunan bitki tipleri ile bitki birlikleri üzerine gözlemler yaparak "ilk ekolog" olma sıfatını almıştır. M.Ö. 300 yıllarında ekoloji **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** ile ilgili bulunan gözlem ve kayıtlar, rönesans dönemine kadar kaybolmuştur. 1790 tarihinde İsveçli **Linneus**'un bitki gelişmesinde çevresel faktörler üzerine yazmış olduğu makaleler, 1742' de Fransız araştırmacı ve bilim adamı **Reamur**'un karıncalar üzerine olan gözlemleri ve 1789 da İngiliz **Malthus**'un insan popülasyonları ile ilgili gözlemleri, ekolojinin ilk evreleri ile ilgili gelişmelerdir.

19. yüzyılın son çeyreğinde, ekolojinin temel kavramlarından **ekosistem** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış., kommünite** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kavramları gelişmiştir. Ekosistem kavramı ile ilk düşüncelerin Von Humboldt'a kadar uzandığı belirtilmektedir. O dönemlerde ekosistem kavramının olgunlaşması konusunda değişik gözlem ve ifadelerin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin Alman **Mobius** deniz dibi organizma grupları için **biyosönoz** adını kullanmaktaydı. **Forbes** göl ekosistemleri için **mikrokozmos** ve Rus ekologlar **Dokuchaev** ve **Orozov** karasal ve orman ekosistemleri üzerine çalışarak bunları **biosenosa** şeklinde adlandırmaktaydılar.

Botanik yönünden kommünite **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** kavramı ile ilgilenen araştırmacılar **Lecoq, Sendtner** ve **Kerner**' dir. Yirminci yüzyılın başlarında kommünite çalışmalarının yoğunlaştığı gözlenmektedir. **Davenport** (1903), **Forbes** (1907), **Warming** (1909), **Shelford** (1907-1908) bu çalışmaların öncüleridir. Blackman'ın (1905) **Ekolojik optimum**, Shelford'un **Fizyolojik ekoloji** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış., Jennig**'in (1904) **İlkel hayvanların davranışları**, Clements'in (1916) **Bitki türlerinde sıralı değişim** kavramları bu dönemlerde ekoloji bilimine yerleşmiştir. Çağdaş ekoloji özellikle **Charles Elton**'un (1927) **Hayvan Ekolojisi** isimli yapıtı ile önemli bir ivme ve yön kazanmıştır. Elton canlı ile onların çevre uyumlarını gözlemleyerek, bu uyumların Darwin görüşleri ve evrim ile ilgili olduğunu belirtmiştir.

**Tansley** (1935), **Allee ve ark.** (1949), **Andrawartha ve Birch** (1954), **Gause** (1934), **Lack** (1954), **Lotka** (1954), **Kormondy** ve **McCormick** (1981) ekoloji **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** biliminde temel yapıtları ve kavramları ortaya çıkaran kişiler olarak değerlendirilebilir.

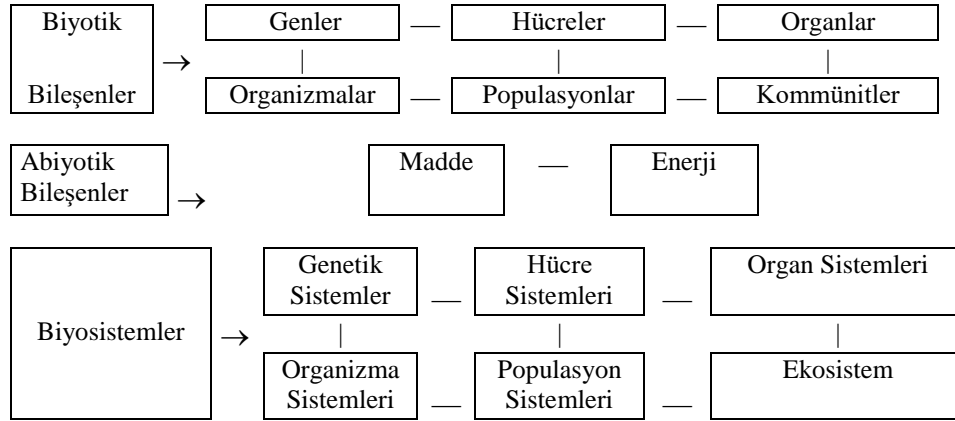
### 2.3. Toprak Zoolojisinin Gelişmesi

Bu bilim dalının tarihsel gelişimi bu konudaki öncü çalışmaları ile tanınan **Ehrenberg** ile yaklaşık 120 yıl önce başlamıştır. Ehrenberg o dönemlerde toprakta yaşayan küçük hayvansal canlıların aktiviteleri ve bunun önemi üzerine eserler vermiştir. Geçen yüzyılın seksenli yıllarında bu konudaki iki bilimsel eser büyük önem taşımaktadır. Bunlardan birincisi **Miller**'in (1887) "**Doğal Humus Formları ve Bunların Toprak ve Vejetasyon Üzerine Etkileri**" konulu eseridir. İkinci eser ise **Darwin**'in 1882 de yazdığı "**Solucanların Aktiviteleri Yolu ile Tarla Topraklarının Etkilenmesi ve Bu Organizmaların Yaşam Tarzları Üzerine Gözlemler**" dir. Diğer doğal bilimlerdeki gelişmeler gibi toprak zoolojisi konusunda detaylı çalışmalar, bazı inceleme yöntemlerinin de gelişmesi ile çağımızda derinlik kazanmıştır. 1930 yılında **Bornebusch**'un "**Orman Topraklarının Faunası**" isimli tanınmış eserini takiben, 1936 yılında **Frenzel** "**Çayır Topraklarının Hayvanlar Dünyası Üzerine Bir Araştırma**" konulu eserini yayınlamıştır. Ancak toprak zoolojisi araştırmalarının asıl gelişme döneminin başlangıcı olarak **France**'ın çalışmaları ve **Edafon (Edaphon)** kavramını belirlemesi gösterilmektedir. Yine 1930'da **Feriedrichs**'in "**Topraktaki Hayvanlar Dünyası, Etkileri ve Ekonomik Önemleri**" ve "**Tarım ve Orman Zoolojisinin Ana Hatları**" konulu eserleri ile bu konuda gelişmeler sağlandığı görülmektedir. Benzer konulu bir çalışma da 1931 yılında

Hoffman tarafından yayınlanmıştır (**Önemli Toprak Hayvanlarının Yaşamı ve Etkileri**). Çağdaş çalışmaların içinde ilk kez **Wurbach (1957) Toprak faunası** üzerine özel bir bölüm ayırmıştır. Kısa zaman araları ile **Kevan (1962)**, **Scahller (1962)**, **Dunger (1964)**, **Palissa (1964)** toprak zoolojisi dalında yeni eserler vermişlerdir. Çok sayıdaki değerli yayınlar arasında **Miller (1965)**'in sayısız çalışmalarının özel bir yeri bulunmaktadır. Bu yayınlarda **Toprak Biyolojisinin** üç önemli yan disiplinden oluştuğu ve bunların toprak bakteriyolojisi, toprak mikolojisi ve toprak zoolojisi oldukları vurgulanmakta ve bu canlı yaşamlarının toprakta iklim, fizik ve kimyasal faktörlerin etkisi altında oldukları belirtilmektedir. 1967 yılında **Burgess ve Raw "Toprak Biyolojisi"** isimli eserlerini yayınlamaları bu konuda mikrobiyolojik, botanik ve zoolojik yaklaşımları birlikte yorumlayarak yeni boyutlar kazandırmışlardır. Böylelikle toprak biyolojisi ekolojik bir bilim dalı olarak günümüzdeki konumuna kavuşmuştur.

## 2.4. Biyolojik Sistemler, Basamakları ve Biyolojik Spektrum

Biyolojik sistemler incelendiğinde, bazı alt sistemlerin birleşerek bir üst düzeydeki sistemi oluşturdukları görülür. Bu sistemler yelpazesinin bir ucunda hücreyi oluşturan alt sistemler (gen sistemleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) bulunur. Hücreler çeşitli şekillerde bir araya gelerek, bir üst düzeydeki sistemi yani dokuları oluştururlar. Modern ekolojiyi iyi anlayabilmek için canlıların oluşturduğu organizasyon derecesini göz önünde bulundurmak gerekir. Canlılar organizasyon derecesine göre sıralanacak olursa **Biyolojik Spektrum** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** tanımı ortaya çıkar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Biyosferde Biyolojik Spektrum Düzeyleri

Ekolojinin kapsamına giren en küçük birim organizmadır. Canlı dünya için kullanılan terim **biyosfer**dir. Ancak ekologlar biyosferin ekolojik bir sistem olduğunu vurgulamak amacı ile **ekosfer** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** tanımını kullanmaktadırlar. Ekosferdeki tüm canlı türleri çeşitli ekolojik ilişkiler ile birbirlerine bağlıdırlar. Bu nedenle biyolojik spektrum içinde bulunan her düzeydeki sistem, bir üst düzeye bağımlı olma niteliğini taşımaktadır. O halde ekolojik sistemler, değişik türde organizmalar ile onların cansız çevrelerinin oluşturduğu ve bir bütün olarak ele alınabilen birimlerdir. Ekolojik sistemlere kısaca **ekosistem** **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** denmektedir. Ekosistemin bir bütün olarak işleyişini incelemeyen önce, ekosistemi oluşturan öğeleri tanımak gerekmektedir. Giriş kısmında da belirtildiği gibi tüm ekosistemler şu temel öğelerden oluşmaktadır.

1. Canlı (biyotik **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) öğeler
  - a. Üreticiler (Fotosentetik bitkiler)

- b. Tüketiciler (Birincil tüketiciler:Herbivor organizmalar).
  - c. Ayrıştırıcılar (İkincil tüketiciler: Karnivor organizmalar).
- 2.Cansız (abiyotik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**) öğeler
- a. Anorganik maddeler
  - b. Organik maddeler
  - c. Fiziksel (çevresel) koşullar

Bütün biyolojik sistemler gibi, ekosistemler de **açık** sistemlerdir. Ekosistemin işlevini sürdürebilmesi için kendi dışından enerji sağlamak durumundadır. Bu dış enerji kaynağı güneş (ışık) enerjisi olmakla birlikte, bu şekli ile ekosistemler tarafından kullanılamaz. Birincil veya temel üreticiler olan fotosentetik bitkiler bu düzeyde devreye girerek radyant enerjiyi kimyasal enerjiye çevirirler. Bir ekosistemde ışık enerjisini fotosentez**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** yolu ile sürekli olarak kimyasal enerjiye dönüştüren yeşil bitkiler olmadığı takdirde, bu tür bir sistem uzun süre bağımsız olarak varlığını sürdürme yetisine sahip değildir. Toprak ekosistemini oluşturan canlı öğeler ile abiyotik**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** öğeler hakkında detaylı bilgiler konular ilerledikçe verilecektir. Ancak başlangıçta fiziksel koşullar ve etkileri hakkında genel olarak şu bilgiler verilebilir:

Ekosistemi etkileyen ve canlı davranışlarını belirleyen fiziksel koşullar şunlardır:

- a. Isı
- b. Işık
- c. Yağış
- d. Ortamdaki nem düzeyi
- e. Hava ve su kütlelerinin genel hareketleri

Fiziksel parametreler, canlıların ekosferdeki coğrafi dağılım ve miktarlarını geniş bir şekilde etkilemektedir. Her organizma, kendi evrimsel tarih süreci içinde belirli koşullara uyum sağlamıştır. Bu koşulların sağlanması ile organizmalar gelişim ve aktivite yönünden sistem içinde belirli populasyon**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** düzeylerinde bulunabilmektedirler. Yine organizmalar, içinde buldukları çevre koşullarının göstermiş olduğu belirli düzeydeki değişimlere de uyum sağlayabilir veya direnç gösterebilirler. Şüphesiz her organizmanın çevre koşullarının değişmesi veya bozulmasına karşı göstermiş olduğu tepki farklıdır. Toleransı yüksek olan organizmalar ekosferde çok geniş alanlara yayılabilirler veya çevre koşullarında meydana gelen şiddetli değişimler öncelikle duyarlı türlerin aktivite ve yaşam faaliyetlerine engel olur.