

Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Sistem Düşünme Düzeylerinin İncelenmesi: Biyoçeşitlilik

Fatma ŞAHİN¹

Gönderim Tarihi: 16.02.2021

Yayın Tarihi: 31.05.2021

Öz

Günümüzde fen eğitimi araştırmaları, kompleks problemleri ve sistemleri incelemeye daha çok önem vermeye başlamıştır. Bunun nedeni yaşadığımız dünyada artan kompleks problemlerdir. Bu problemleri anlamak ve çözebilmek için daha bütüncül bir düşünme anlayışına gerek vardır. Bu bütüncül düşünme anlayışında sistem düşünme ön plana çıkmaktadır. Sistem düşünme, sistemdeki belirli olayları tek tek görmek yerine, sistemin genel yapısını, işlevlerini ve döngülerini görmeyi içermektedir. Kompleks problemlerin arttığı günümüzde, eğitimde de sistem düşünme yaklaşımına yer verilmesinin önemi ortaya çıkmıştır. Ancak, öğretmen adaylarının sistem düşüncesi açısından karmaşık sistemleri nasıl anladıkları hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu çalışmanın bu eksikliğe katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın amacı; Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik kavramı ile ilgili sistem düşünme düzeylerini belirlemektir. Çalışma nitel ve nicel verilerin birlikte kullanıldığı karma desen olarak tasarlanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu İstanbulda bulunan bir devlet üniversitenin Eğitim Fakültesine devam eden 35 Fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmuştur. Veriler, açık uçlu sorulardan oluşan 'Biyoçeşitlilik Kavram Anketi' ve 'Kavram Haritaları' ile toplanmıştır. Açık uçlu sorular içerik analizi ile değerlendirilmiş, kavram haritaları ise nicel olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre öğretmen adaylarının orta düzeyin altında sistem düşünmeye sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının, biyoçeşitliliğin gizli boyutları, uluslararası etkileşimler ve zamansal düşünmede başarı düzeylerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sistem düşünmenin değerlendirilmesinde kavram haritalarının elverişli bir araç olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sistem, Sistem düşünme, Biyoçeşitlilik, Kavram haritası

An Investigation of the System Thinking Levels of Science Teachers Candidates: Biodiversity

Abstract

Nowadays, science education researches start to give more importance to the examination of the complex problems and systems. This case results from complex problems of our world which are in trend of increase. Having more holistic thinking technique is needed to understand and solve these problems. In this kind of holistic thinking, system thinking stands out. System thinking, instead of seeing particular acts in system each by each, involves to see general system structure, system's function and its cycles. Nowadays, problems are about to increase and so importance of giving place to the system thinking approach in education emerges. However, so little things are known about how teachers candidates understand the complex systems in the view of system thinking. It is thought that this study will make a contribution to this know-how absence. The purpose of the study is to determine the science teachers candidates' levels of system thinking which is about bio-diversity. This study is designed as a mix of numeric and qualitative data. The study group was composed of 35 science teacher candidates of a public university placed in İstanbul. The data was

collected by “Bio-diversity Concept questionnaire” that include open end questions and “Concept Maps”. Open end questions were evaluated by content analysis while concept maps were evaluated by numeric analysis. According to this study, it is determined that teacher candidates’ system thinking level is under the mid-level. Teacher candidates’ succes level is low in secret dimensions of bio-diversity, international interactions and time-wise thinking. In system thinking evaluation, it is seen that concept maps are available tools.

Key Words: System, System thinking, Biodiversity, Concept map

Giriş

1900'lerin başında, mantıksal pozitivism felsefesine dayanan, indirgemeci yaklaşım (sistemleri analiz etme) eğitimde kabul görmekteydi (Suppe, 1977). Bugün bile indirgemeci felsefeye dayanan sistemleri analiz etme yaklaşımı yaygın olarak eğitimde kullanılmaktadır (Uebel ve Vienna, 2019). İndirgemeci yaklaşım, bir sistemi oluşturan parçaları ayrı ayrı analiz etmeye dayanmaktadır. Bu yaklaşım bir sistemin parçalarını basitleştirmenin ve sistemi anlamaya başlamanın bir yolu olabilmektedir. Ancak sadece parçaların anlaşılmasıyla sistemin açıklanamayacağı da bir gerçektir. Bir sistem parçalarının toplamından daha büyüktür (Jackson, 2003). Günümüzde indirgemeci yaklaşıma alternatif olarak sistemik bir yaklaşım olan sistem düşünme geliştirilmiştir. Sistem düşünme, parçalar arasındaki amaçlı etkileşimler ağının ve parçalar arasındaki etkileşimler sonucunda bir sistemin nasıl ortaya çıktığını anlamayı sağlamaktadır (Dori ve ark., 2019).

Kompleks Kavramlar ve Sistem Düşünme

Sistem düşünmenin temelini oluşturan sistem kavramının çeşitli tanımları yapılmıştır. Bunlardan bazıları şunlardır: Bir sistem, parçalar ve / veya süreçler topluluğudur (Behla ve Ferreira, 2014). Sistem, varlığını koruyan ve bir bütün olarak etkileşimi ile işlev gören bir olgudur (Hudson, 2010). Sistem, karmaşık ve birleşik bir bütün oluşturan birbiriyle etkileşen, birbiriyle ilişkili, birbirine bağlı parçaların özel bir amacı olan ve bu amacı en iyi şekilde yerine getirebilmesi için tüm parçaların birlikte görevlerini yapmasıdır (Davidz, 2006). Sistemin bütününe özellikleri, genellikle münferit sistem bileşenleri ile aynı değildir (Kasser, Hitchins, Frank ve Zhao, 2013). Kompleks bir sistemi derinlemesine anlamak için, tek tek bileşenlerinin anlaşılması yeterli olmayıp, tüm sistem bileşenleri arasındaki etkileşim ağı anlaşılmalıdır. Bu nedenle tüm sistem bileşenleri arasındaki etkileşim bütüncül olarak ele alınmalıdır. Kompleks ve dinamik sistemleri açıklama, anlama ve yorumlama için sistem düşünme gereklidir (Evagorou, Korfiatis, Nicolaou ve Constantinou, 2009). Bu yolla birçok bileşenin çok düzeyli yapısını, dinamik ve doğrusal olmayan ilişkilerini anlama yeteneğinin gelişimine yardımcı olmaktadır (Hmelo-Silver ve Azevedo, 2006). Sistem düşünme özellikle kompleks kavramların anlaşılması ve Kompleks problemlerin çözülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Assaraf ve Orion, 2010; Evagorou ve ark., 2009; Hogan, 2000; Riess ve Mischo, 2010; Sommer ve Lu“cken, 2010). Karmaşık ve dinamik bir sistem, süreçler, bilgi akışları, ilişkiler gibi birbirine bağımlı ve etkileşen bileşenlerden oluşmaktadır (Anderson ve Johnson, 1997). Boersma ve ark. (2011) sistem düşünmeyi birçok parçadan oluşan bir pazıla benzetmiştir. Pazılın parçaları gibi sistemin alt sistemleri arasındaki dinamik etkileşimlerin anlaşılmasının daha büyük bir bütünü daha eksiksiz bir şekilde anlaşılmasına izin verdiğini belirtilmiştir (Meadows, 2008; Lister, 1998).

Verhoeff (2008) sistem düşünmeyi, karmaşık ve birleşik bir bütünü oluşturan, birbirine bağlı parçaların belirli bir amaç doğrultusunda etkileşimli olarak birlikte çalışması olarak tanımlamıştır. Başka bir tanımda ise sistem düşünme, bir sistemin parçaları arasındaki bağlantıları tanımaya odaklanan, sistemin kararlılığını ve bununla ilgili sonuç döngüsünü anlamadır (Assaraf ve Orion, 2005). Senge (1990) sistem düşünürlerin kendi zihinsel modellerini değiştirebildiklerini, düşünme tarzlarını kontrol edebildiklerini ve problem çözme sürecini ele alabildiklerini belirtmiştir. Sistem

düşünmenin önemli bir özelliği, problem çözmede sistemin sınırlarını belirleme ve sistemin gizli boyutlarını ortaya çıkarma yeteneğine dayanmasıdır. Ayrıca değerler ve inançlar gibi sosyal faktörleri de içermekte ve sistemin davranışını zaman boyutunda analiz etmek için, geriye dönük ve ileriye dönük düşünme becerilerini de kapsamaktadır (Assaraf ve Orion, 2010; Boersma ve ark., 2011; Evagorou ve ark., 2009; Hogan, 2000; Riess ve Mischo, 2010). Sistem düşünme, sistemdeki belirli olayları görmek yerine, sistemin genel yapısını, desenlerini ve döngülerini görmeyi içeren geniş bir perspektiften görmenin ve sistemi oluşturan parçaların birbirleriyle ilişkilerini ve fonksiyonlarını bir bütün olarak anlamının bir yoludur (Boersma, ve ark., 2011; Anderson ve Johnson, 1997).

Eğitimde Sistem Düşünmenin Önemi

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012) tarafından yayınlanan son K-12 'Bilim Eğitimi Standartları'nda, farklı yaş seviyelerindeki öğrenciler arasında sistem düşünme becerilerinin geliştirilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır. Uzmanlar arasında, erken yaşlarda sistem düşünmenin geliştirilmesi gerektiği konusunda bir fikir birliği yoktur. Bazı bilimsel araştırmalar ilköğretimde öğrencilerin, temel düzeyde sistem düşüncesine sahip olduklarına dair bazı kanıtlar gördüklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmalara atıfta bulunarak sistem düşünmenin geliştirilmesinin mümkün olduğunca erken yapılmasını önermişlerdir (Assaraf ve Orion, 2010; Evagorou ve ark., 2009; Sommer ve Lu'cken, 2010). Frank (2000) ise sistem düşünmede üst düzey düşünme becerilerine ihtiyaç duyulduğunu belirterek ilköğretim için erken bulmaktadır. Jacobson ve Wilensky (2006), üniversite çağındaki birçok öğrencinin bile karmaşık sistemik süreçleri açıklamada basit nedensel ifadeler kullandığını belirtmiştir. Bununla birlikte, Boersma ve ark. (2011) öğrencilere nedensellik, biçim - işlev ilişkisi ve sistem kavramlarına karşılık gelen temel bilişsel yapıları sağlamak için ilk ve ortaokul eğitiminde sistem düşünme becerilerine yer verilmesini önermektedir. Bu arada eğitim düzeyine bakılmaksızın, uygun sistem düşünme değerlendirme araçlarına ihtiyaç olduğu, aksi takdirde, sistem düşünme gelişim düzeyini belirlemenin zor olabileceği açıklanmıştır (Boersma ve ark., 2011). Sistem düşünme becerilerinin, kompleks olayları anlama ve kompleks problemlerin çözümü için gerekli olduğu bildirilmiştir (Evagorou ve ark., 2009; Yener, 2020). Birçok çalışma 'Sistem Düşünme'nin geliştirilmesinde aktif öğretim stratejilerinin kullanılmasını önermişlerdir (HmeloSilver ve Azevedo, 2006; Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005, 2010; Evagorou ve ark., 2009; Wilensky ve Reisman, 2006; Liu, 2009).

Sistem Düşünmenin Değerlendirilmesi

Araştırmacılar sistem düşünmenin değerlendirilmesini kolaylaştırmak için seviyelere ayrılarak incelenmiştir. Draper (1992) sistem düşünmeyi 7 kategoriye ayırarak değerlendirmiştir. Bunlar yapısal, dinamik, genel, operasyonel, bilimsel, kapalı döngü ve süreç düşünmedir. Stave ve Hopper (2007) sistem düşünmeyi; ara bağlantıları tanıma, geri bildirim belirleme, dinamik davranış anlama, akış ve değişken türlerini ayırt etme, kavramsal modeller kullanma, simülasyon modelleri oluşturma ve politikaları test etme olarak yedi aşamada değerlendirmiştir. Ben-Zvi Assaraf ve ark., (2010) ise sistem düşünme becerilerini 8 seviyede tanımlamıştır. Bunlar; (1) bir sistemin bileşenlerini ve süreçlerini belirlemek, (2) bir sistemin bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirlemek, (3) bir sistem içindeki dinamik ilişkileri belirlemek, (4) sistemin bileşenlerini, süreçlerini ve etkileşimlerini bir çerçeve içinde düzenlemek ilişkilerin, (5) bir sistem içindeki madde ve enerji döngülerini tanımlamak, (6) bir sistemin gizli boyutlarını tanımak (yani, fenomenleri kolayca görülmeyen kalıplar ve karşılıklı ilişkiler yoluyla anlamak), (7) bir sistem hakkında genellemeler yapmak, ve (8) retrospektif düşünme (gerisine, geçmişine bakarak anlama)'dir. Ben-Zvi Assaraf ve ark., (2010) yaptıkları çalışmalarında bu sekiz seviyeyi üç hiyerarşik seviyede

toplamaştır. Bunlar; 1. Sistem bileşeni analizi (aşama 1), 2. Sentez (aşama 2-5) ve 3. Uygulama (aşama 6-8)'dir.

Sistem Düşünmenin Değerlendirilmesinde Kavram Haritalarının Kullanılması

Kavram haritaları fikirlerin, olayların, nesnelere ya da sistemlerin zihinsel modellerinin dışarıya vurulan bilişsel temsilleri olarak kabul edilmektedir (Brewer, 2002; Seel, 2001; Yin ve ark., 2005). Zihinsel modellerin dışarıya temsilleri olarak kabul edilen kavram haritaları, yalnızca kavramsal anlayışı değil aynı zamanda karmaşık bir sistemin içeriğindeki sorunları çözme yeteneğini de göstermektedir (Johnson-Laird, 2001). Bu nedenle kavram haritaları, kavramsal anlayışın zihinsel modellerini değerlendirmek için uygun bir araç olarak kabul edilmektedir (Assaraf ve Orion, 2010; Evagorou ve ark., 2009; Mintzes, Wandersee ve Novak, 1998; Ruiz-Primo ve Shavelson, 1996; Sommer ve Lu'cken, 2010; Tripto, Ben-Zvi Assaraf ve Amit, 2013). Bazı fen eğitimi çalışmaları da öğrencilerin kavramsal anlayışlarını değerlendirmek için öğretim öncesi ve sonrası kavram haritaları kullanmışlardır (Ruiz-Primo ve ark., 2001; Rye ve Rubbe, 1998; Songer ve Mintez, 1994; Özyurt ve Şahin, 2016). Kavram haritalarında kavram, hiyerarşi, bağlantı ve çapraz ilişki sayıları öğrencilerin sistem düşünmesini değerlendirmek için güvenilir bir parametre olduğunu göstermektedir (White ve Gunstone, 1992). Odom ve Kelly (2001) kavram haritalarının öğrencilerin sistem düşünmesini yansıtanın yanı sıra, karmaşık sistemleri öğrenmelerini de kolaylaştırdığını gösterilmiştir.

Biyçeşitliliği Anlamada Sistem Düşünme

Biyçeşitlilik, yeryüzünün bir bölgesindeki genlerin, türlerin, ekosistemlerin ve Dünya'da bulunan yaşam formlarının çeşitliliğidir (Scott ve Gough, 2009). Biyçeşitlilik türler ve ekosistemler arasındaki çeşitliliği de içermektedir (CBD, 1992 ve 2009). Toplumların en temel ihtiyaç ve gereksinimleri biyçeşitlilik tarafından sağlanmaktadır (Beringer, ve Adomşent, 2008). Biyçeşitliliğin topluma sunduğu temel hizmetler arasında ilaç, besin sağlamanın yanı sıra, iklim düzenlemesi, besin zinciri, hidrolojik döngüler, su ve havayı temizleme, toprak oluşumu ve korunması (UNCED, 1993), tozlaşma ve haşere kontrolü, karbon tutulması ve depolanması gelmektedir (UNESCO, 2005). Sürdürülebilir kalkınma, yalnızca teknolojik çözümler, politik düzenlemeler veya finansal araçlarla sağlanamaz. Biyçeşitlilik sürdürülebilir kalkınmanın en önemli bileşenlerinden birisidir (Uyanık ve ark., 2012; UNESCO, 2017). Biyçeşitlilik ekoloji, ekonomik ve sosyal boyutları olan kompleks bir kavramdır. Bu kavramın içeriğinde kültür, sağlık, sosyal, siyasi ve ekonomik olaylar da yer almaktadır. Biyçeşitlilik; tarım, halk sağlığı, ekolojik denge ve iklim değişikliği ile de yakından ilgilidir (Peterson, 2003). Biyçeşitlilikteki düşüş insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Biyçeşitlilikte insanların yaptığı bu değişim yine insanları büyük ölçüde etkilemektedir (Siegel, 2006). Biyçeşitliliğin kaybı, günümüzün ve geleceğin en önemli küresel çevre sorunlarından biri olduğu vurgulanmıştır. Biyçeşitlilik çok farklı bileşenlerden oluşan kompleks bir kavram olduğundan, tam olarak anlaşılabilmesi için sistem düşünmeye ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Birdsall, 2014; Dobson, 2011; Bunge, 2000).

Biyçeşitlilik Eğitiminde Sistem Düşünmenin Yeri

Lindemann-Matthies (2009) araştırmasında, biyçeşitliliğin, sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak tanımlanmış, ancak hem toplumun hem de öğrencilerin çok iyi bilmediği bir kavram olduğunu belirtmiştir. Sürdürülebilir kalkınmada önemli bir payı olan biyçeşitliliğin ekonomik, sosyal, etik açıdan önemini bilen ve biyçeşitliliğin korunmasında duyarlı, bilgili bir topluma ihtiyaç duyulmaktadır (McCoy ve ark., 2007; Uzun ve Sağlam, 2005). İngiltere'de Çevre Eğitimi Konseyinde sürdürülebilir kalkınma için biyçeşitlilik eğitiminin amaçları belirlenmiş ve biyçeşitlilik okuryazarlığının geliştirilmesi vurgulanmıştır (McLeish 1997; UNCED, 1993; Lewis,

2014; Bunge, 2000; Cloud, 2009). Biyoçeşitlilik eğitimi teşvik etmek için yeni bir eğitim programının yapılması da önerilmiştir (Meffe ve Carroll, 1997; Sterling, 2003; Sterling, 2009). Mevcut programlarda biyoçeşitlilik konuları çevre eğitimi dersi içinde yer almaktadır. Çevre eğitiminin temel amacı; herkesi çevreyi korumak ve geliştirmek için gereken bilgi, değer, tutum, bağlılık ve becerileri edinmelerini sağlayan çevre okuryazarı yapmaktır (Sterling, 2003). Çevre eğitimi biyolojik çeşitlilik eğitimi için bir köprü olabileceği ancak yeterli olmadığı açıklanmıştır (Alexandar, 2014; Sterling, 2009; Mayr, 2004). Biyoçeşitlilik eğitimi okullarda başarılı bir şekilde uygulanmasında öğretmenlere önemli görevler düşmektedir (Borg, 2012; WCED, 1987). Biyoçeşitlilik eğitimi sadece kavramsal öğrenme boyutunda kalmamalı, öğrencilerin sistemi daha geniş açıdan anlayabilecek, dinamikleri ve süreçleri anlayabilecek şekilde hazırlanmalıdır (Tilbury ve Calvo 2005; Stevenson, 2006; Van Weelie ve Wals 2002; Mayer 1992; Barker ve Slings 1998). Biyoçeşitlilik eğitimi sınıf ortamı yerine sınıf dışı ekolojik ortamlarda verilmesi önerilmektedir. Sınıf dışı eğitim, sınıf içi eğitimi geliştirip desteklemelidir (Ramadoss ve Moli, 2011).

Biyoçeşitliliğin ekonomik, sosyal, etik açıdan önemini bilen ve biyoçeşitliliğin korunmasında duyarlı, bilgili bir toplum kitlesine ihtiyaç duyulmaktadır (McCoy ve ark., 2007). Bu açıdan bakıldığında biyoçeşitlilik ve sürdürülebilir kalkınma eğitiminde en büyük görev öğretmenlere düşmektedir. Öğretmenlerin hizmet öncesinde aldıkları biyoçeşitlilik eğitimi potansiyel çarpan etkisine sahiptir (Gayford, 2000; Käpylä ve Wahlström, 2000; Powers 2004). Şöyleki her öğretmen, bilgilerini hem meslektaşlarıyla paylaşmakta hem de çok sayıda öğrenciyi eğitmektedir. Bu nedenle öğretmen eğitimi sisteminin kalitesini sağlamada esastır (Barker ve Elliot, 2000). Çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalar, hizmet öncesi öğretmen eğitimi programlarında biyoçeşitlilik eğitimine yeterince vurgu yapılmadığını göstermiştir (Plevyak ve ark., 2001; Fiebelkorn ve Menzel, 2013). Böylece öğretmen adaylarının büyük bir kısmı eğitimleri sırasında yeterli biyoçeşitlilik eğitimi alamamaktadır (Gayford, 2000; Barker ve Elliot, 2000). Bu da hizmete başladıklarında bilgilerine olan özgüven eksikliği nedeniyle, biyoçeşitlilik eğitimi vermede yeterince istekli olmadıklarını göstermiştir (Fullan, 1991; Lane ve ark., 1995; Lieber ve ark., 2000); (Gayford, 2000; Brewer, 2002; Howitt, 2007; Falkenberg, 2014; Dikmenli, 2010; Kassas, 2000).

Araştırma Soruları

Sistem düşünme temelli Biyoçeşitlilik eğitimi için ilköğretimin ve Fen bilgisi öğretmenlerinin rolü düşünülerek bu çalışma tasarlanmıştır. Bu çalışmada; Fen Bilgisi öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik kavramı ile ilgili sistem düşünme düzeylerini belirlemek amaçlanmış ve aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

1. Öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik bilgileri hangi düzeyde sistem düşüncesini yansıtmaktadır?
2. Öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik ile ilgili yaptıkları kavram haritaları hangi düzeyde sistem düşüncelerini yansıtmaktadır?

2. Yöntem

Bu çalışmada Fen Bilgisi öğretmen adaylarının sahip oldukları sistem düşünme becerilerini ortaya çıkarmak amacıyla araştırma içiçe gömülü karma desen olarak tasarlanmıştır. Creswell ve Clark (2011)'a göre, karma yöntem araştırması nitel ve nicel yöntemlerle veri toplama, analiz etme ve bütünleştirmeye olanak sağlamaktadır. Miles ve Huberman (2015) da karma desenin daha zengin ve derinlemesine analiz yapmaya fırsat verdiğini belirtmiştir. Araştırmanın nitel verilerini sağlayan açık uçlu sorular içerik analizi ile değerlendirilmiştir. İçerik analizi verileri tanımlamaya, verilerin içinde saklı olabilecek gerçekleri ortaya çıkarmaya yardım etmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Biyoçeşitlilik sistem düşünme anketindeki soruların içerik analizi ile kavramlar, kavramlar arası

ilişkiler, döngüler ve saklı ilişkilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Araştırmada kullanılan kavram haritaları ise nicel olarak analiz edilmiştir.

2.1. Araştırma Grubu

Araştırma 2019-2020 güz döneminde bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliğine devam eden 35 (25 kadın, 10 erkek) dördüncü sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmada etik kurallar gereği öğrencilerin çalışmaya katılımları gönüllülük esasına göre ve izinleri alınarak yapılmıştır.

2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmalarda geçerlik ve güvenilirliği arttırmak için araştırma verilerinin toplanmasında birden fazla veri toplama yöntemi kullanılması gerekmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2003). Bu çalışmada da öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik kavramına ait sistem düşünme düzeylerini tespit etmek için 'Biyçeşitlilik sistem düşünme anketi' ve öğretmen adaylarının oluşturdukları 'Kavram Haritaları' kullanılmıştır.

2.2.1. Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Anketi

Araştırmacı tarafından hazırlanan 'Biyçeşitlilik Sistem Düşünme Anketi' 24 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Anketin kapsam geçerliliği için ilgili literatür incelenerek hazırlanmıştır. Çalışmada güvenirliliğin sağlanması için alanında uzman iki Biyoloji ve bir kimya öğretim üyesi tarafından yardım alınmıştır. Kali ve ark., (2003) sistem düşünme ile ilgili açık uçlu soruların, öğrencilerin sistemin yapısını, fonksiyonunu ve döngüsel yapısını anlamasını sağlayan sistem düşünme düzeylerini ortaya çıkarabilecek şekilde hazırlanması gerektiğini belirtmiştir. Anketteki açık uçlu sorular da biyoçeşitliliği sistem düşünme seviyelerini sorgulayabilecek şekilde hazırlanmıştır. Anket sorularının sistem düşünme basamakları Ben-Zvi Assaraf ve ark., (2010)'nın belirlediği sekiz seviyeden oluşan sistem düşünme becerisine göre hazırlanmıştır. Biyoçeşitlilik sistem düşünme anketi sorularının α güvenirlilik katsayısı .83'dür. Soruların Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Aşamalarına göre dağılımı ve örnek sorular tablo 1'de verilmiştir. Ek 1'de yer alan tabloda da ankette yer alan sorular biyoçeşitlilik sistem düşünmenin sekiz aşamasına göre düzenlenmiş şekli görülmektedir.

Tablo 1: *Biyçeşitlilik Sistem Düşünme Anketi Sorularının Dağılımı*

Biyçeşitlilik Sistem Düşünme Aşamaları	Soru Sayısı	Örnek Sorular
Ön Koşul	5	Biyçeşitliliği tanımlayın. Biyoçeşitlilikte yer alan temel kavramlar nelerdir? Bunları açıklayın.
Temel Düzeyde Sistem Düşünme (1. Aşama)	5	Biyçeşitliliğin çeşitleri ve bileşenleri nelerdir? Habitatın güvenliği nasıl sağlanır?
Orta Düzeyde Sistem Düşünme (2-5. Aşamalar)		
2.Aşama	2	Birlikte yaşam formları ile besin ağı arasındaki etkileşim nasıldır?
3. Aşama	2	Biyçeşitliliğin tehdit altında olduğunu düşünüyor musun? Tehditler neler Olabilir?

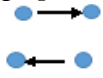



4. Aşama	2	Biyçeşitlilik krizi nedir? Dünya'yı hangi yönlerden etkiler?
5. Aşama	2	Biyçeşitlilik ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisini açıklayın. Biyçeşitlilik hangi biyolojik olaylarla değişir? Burada teknolojinin rolü ne olur?
Uzman Düzeyde Sistem Düşünme		
6. Aşama	2	Biyçeşitliliğin gizli boyutları nelerdir? Açıklayın
7. Aşama	2	Biyçeşitliliğin döngüsel doğasını örnekle açıklayın
8. Aşama	2	Biyçeşitliliğin geçmiş tarihini düşünerek gelecekte nasıl bir biyçeşitliliğe sahip olabileceğimizi hayal edip tartışın.

2.2.2. Biyçeşitlilik Kavram Haritası

Öğretmen adaylarının sistemleri düşünme becerilerini tespit etmek için kavram haritaları kullanılmıştır. Sistem düşünmenin temeli kompleks sistemleri oluşturan kavramlar olaylar ve işlemler arasındaki ilişkilerin açıklanmasına dayanmaktadır. Kavram haritaları da kavramlar arası ilişkileri içermektedir (Novak ve Gowin, 1984). Bu nedenle sistem düşünmenin değerlendirilmesi için kavram haritaları uygun araçlar olarak görülmektedir (Tripto, Assaraf ve Amit, 2013). Bu çalışmada kavram haritaları iki şekilde değerlendirilmiştir.

1. Birincisi kavram haritaları sistem düşünme seviyelerine göre değerlendirilmesidir. Bunun için öğretmen adaylarının yaptıkları kavram haritalarında önce kavram, önerme, hiyerarşi ve çapraz ilişkiler sayılmıştır. Kavramlar önkoşul; önermeler temel; hiyerarşiler orta ve yanal ilişkiler uzman düzeyde sistem düşünme olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra kavram haritaları Assaraf ve ark. (2010)'nın belirlediği 8 aşamadan oluşan sistem düşünme becerisine göre değerlendirilmiştir. Bunun için her bir öğrencinin kavram haritasında yer alan kavramlar, önermeler, hiyerarşiler ve yanal ilişkiler sistem düşünmenin 8 basamağına göre sayılmıştır (Ek 2). Daha sonra tüm öğrencilerin ortalama puanı ve standart sapması hesaplanmıştır.

2. Kavram haritalarını değerlendirmede ikinci yöntem olarak Kinchin, Hay ve Adams (2000)'ın geliştirdikleri zihinsel gösterim modeline (Şekil 1) dayanmaktadır. Bu modele göre öğretmen adaylarının yaptıkları kavram haritaları A, B, C ve D modellerine göre hangi gruba girdikleri incelenerek frekans ve yüzde olarak hesaplanmıştır.

A MODEL (Tekli, İkili üçlü kavram grupları) 	B Model (Merkezdeki kavrama bağlı kavramlar) 	C Model (Zincir gibi sıralanmış kavramlar) 	D Model (Ağ oluşturmuş kavramlar) 
--	---	---	--

Şekil 1: Kavram Haritalarının Zihinsel Gösterim Modeli

A modeli temel düzeyde sistem düşünme, B ve C orta düzeyde sistem düşünmeyi ve D uzman düzeyde sistem düşünmenin zihinsel gösterimi olarak değerlendirilmiştir.

2.3. Araştırmanın Uygulanması

Araştırma verileri 2 aşamada toplanmıştır. Birinci aşamada öğretmen adaylarına sistem düşünme hakkında araştırmacı öğretim elemanı tarafından bilgi verilmiştir. Arkasından öğretmen adaylarından biyoçeşitlilik sistem düşünme anketini cevaplamaları istenmiştir. Bu sorular kapsamlı ve araştırma gerektiren konular olduğundan, öğretmen adaylarına yeterince zaman verilmiş ve ihtiyaç duydukları kaynaklardan faydalanmaları sağlanmıştır. İkinci aşamada öğretmen adaylarından biyoçeşitlilik ile ilgili bireysel kavram haritası hazırlamaları istenmiştir. Kavram haritasını da sistem düşünme aşamalarını dikkate alarak hazırlamaları hatırlatılmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

2.4.1. Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Anketi: Anket 24 açık uçlu sorudan (3 Ön koşul, 3 temel, 9 orta, 9 uzman) oluşmaktadır. Soruların her biri sistem düşünme seviyesine göre uzman (4 Puan), orta (3 puan), temel (2 puan) ve sistem düşünme yok (1 puan) olarak puanlanmıştır. Puanlama sonucunda öğretmen adaylarının sistem düşünme aşamalarında hangi sistem düşünme seviyesine ulaştığı frekans ve yüzde olarak hesaplanmıştır. Araştırmadaki sorular iki uzman tarafından okunup puanlanmış ve iki puanlayıcı arasındaki korelasyon katsayısı 0.84 olarak hesaplanmıştır.

2.4.2. Kavram Haritaları: Öğretmen adaylarının kavram haritaları kavram sayısı, önermeler, hiyerarşik düzeyler sayılmış ve kavram haritası rubriğine (Ek 2) göre puanlanmıştır. Kavram haritalarının güvenilirliği için tüm kavram haritalarının yüzde 10'u iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak analiz edilmiş ve % 90 anlaşma sağlanana kadar tartışılmış ve ortak mutabakat sağlanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Öğretmen Adaylarının Biyoçeşitlilik İle İlgili Sistem Düşünme Seviyelerine Ait Bulgular

3.1.1. Öğretmen Adaylarının Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Seviyelerinin Açık Uçlu Sorulara Verdikleri Cevapların Değerlendirilmesi

Öğretmen adaylarının Biyoçeşitlilik sistem düşünme anketindeki açık uçlu sorulara verdikleri cevapların ortalama puanı ve standart sapması verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Öğretmen Adaylarının Biyoçeşitlilik İle İlgili Sistem Düşünme Seviyeleri

Sistem Düşünme Seviyeleri	Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Temaları	X	SD
Ön Koşul (Sistem Düşünme Yok)	Bir Sistemin temel kavramlarını çok basit ve ilişkisiz belirleme	3.15	1.12
Temel Düzeyde (Kısmen Sistem Düşünme, Analiz 1. Aşama)	Bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi	2.50	1.23
Orta Düzey Sistem Düşünme (Sentez, 2-5. Aşamalar)	Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme yeteneği	2.51	1.09
	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme yeteneği	1.84	1.11
	Genelleme yapabilme yeteneği	1.81	1.22
	Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme yeteneği	1.71	1.12

Uzman Düzeyde Sistem Düşünme (Uygulama, 6-8. Aşamalar)	Sistemin gizli boyutlarını anlama	1.45	0.11
	Sistemlerin döngüsel doğasını anlama yeteneği	1.11	1.02
	Retrospektif(Zamansal) düşünme (Olayların geçmişi ve geleceğini düşünme)	1.00	0.14

$p < 0.05$

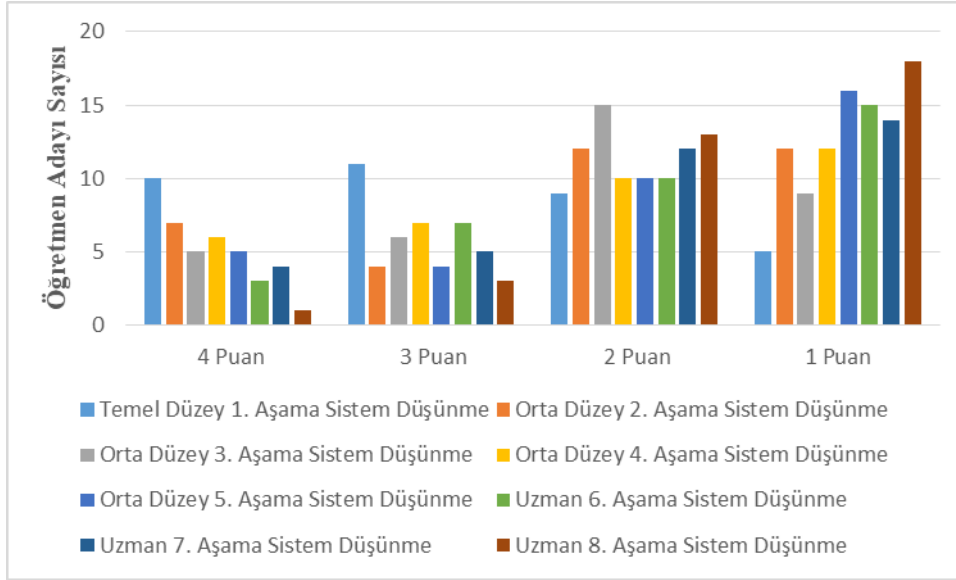
Sistem düşünme anketinde sistem düşünme basamağı olmayıp, sistem düşünmeye önkoşul olan ‘Bir Sistemin temel kavramlarını çok basit ve ilişkisiz belirleme’ basamağında yer alan beş soruda öğretmen adaylarının ortalama puanlarının 3.15 olduğu tespit edilmiştir. Buradaki sorular sadece kavram bilgisini (tür, gen, biyoçeşitlilik, mutasyon, adaptasyon, evrim, popülasyon, komünite, biyotik ve abiyotik faktörler, habitat, biyom, biyosfer, varyasyon, evrim, doğal seleksiyon, taksonomi kavram bilgisi gibi) sorgulamaktadır. Süreç ve bileşenler arasındaki ilişkiyi sorgulamamaktadır. Bu basamakta geleneksel eğitimde verilen biyoçeşitlilik kavramları yer almaktadır.

Sistem düşünmenin birinci basamağı olan ‘Bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi’nde, öğretmen adaylarının ortalama puanı 2.50 olarak hesaplanmıştır. Bu basamak sistem düşünmenin ilk basamağıdır. Bu aşamada öğretmen adaylarının, biyoçeşitliliğin abiyotik, biyotik bileşenleri biyoçeşitlilikte bir türün yok olmasının diğer türlere etkisi, habitatteki dengenin etkilenmesi, yine habitata giren bir yaban türün habitatteki diğer canlıları nasıl etkilediği konularında temel düzeyin biraz üstünde sistem düşünme seviyesine sahip oldukları bulunmuştur. Bu aşamada öğretmen adaylarının büyük bir kısmı, toplumun biyoçeşitliliği etkilemesi ve biyoçeşitliliğin topluma etkisini daha iyi açıklarken habitat güvenliği ve yabancı türlerin habitata etkisini çok iyi anlayamadıklarını ve sistem düşünme açısından anlamadıkları görülmüştür. Özellikle yaban türlerinin habitatta yerli türlerle rekabete geçerek biyoçeşitliliğe nasıl zarar verebileceğini açıklayamamışlardır.

Orta düzey biyoçeşitlilik sistem düşünme seviyesinin analizi için öğretmen adaylarının ‘Türler arası ilişkiler, Birlikte Yaşam, Besin Zinciri, Ekolojik Denge, Rekabet, Biyotik topluluklar, ekolojik süreçler’ini açıklama düzeyleri analiz edilmiştir. Orta düzey sistem düşünme basamağında dört beceri alanı bulunmaktadır. Öğretmen adaylarının bu dört beceriden; sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme yeteneğinde 2.51, sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme yeteneğinde 1.84; genelleme yapabilme yeteneğinde 1.81 ve sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme yeteneğinde 1.71 puan aldıkları görülmüştür. Öğretmen adayları bu dört beceriden birincisi olan sistem bileşenlerini belirlemede diğer üç beceriye göre daha iyi oldukları bulunmuştur. Diğer üç beceride ise temel düzeyde sistem düşünmeye sahip oldukları görülmüştür. Özellikle biyoçeşitliliğe bütüncül bakma ve biyoçeşitliliğin döngüsel ilişkilerini açıklayamadıkları tespit edilmiştir.

Sistem düşünmenin en üst basamağı olan uzman aşamasında öğretmen adaylarından, biyoçeşitliliğin gizli boyutlarını anlama, döngüsel doğasını anlama ve zamansal düşünme becerileri analiz edilmiştir. Uzman düzeyde sistem düşünme seviyesinde öğretmen adaylarından biyoçeşitliliğin gizli boyutlarını (ekosistemlerin bir göl kadar küçük ya da tropikal yağmur ormanları kadar büyük olabileceği, mikroorganizmalar gibi gözle görülemeyen elemanları da olduğu, biyoçeşitlilikte tozlaşma gibi), döngüsel doğasını anlamada (yediğimiz besinleri, soluduğumuz oksijeni ve diğer birçok gereksinimimizi sağlayan biyosfere verdiğimiz zararları, azot, oksijen gibi madde döngülerinin biyoçeşitliliğe etkisi gibi), zamansal düşünme (biyoçeşitliliğin geçmişini ve geleceğini düşünerek biyoçeşitliliğin bize miras kaldığı, bizim de miras bırakacak şekilde korumamız gerektiğinin farkında olma) düşünme becerilerini geliştirmeleri beklenmiştir. Bu aşamada öğretmen

adaylarının ortalama puanları sırasıyla, 1.45, 1.11 ve 1.00 gibi çok düşük düzeyde kaldığı görülmektedir. Bu da seviye 1ve Seviyel'in altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu da öğretmen adaylarının uzman düzeyde sistem düşünceye ulaşamadıkları görülmektedir. Grafik 1'de çalışmaya katılan öğretmen adaylarının sistem düşünmenin 8 basamağına ait sistem düşünme seviyeleri frekans olarak verilmiştir.

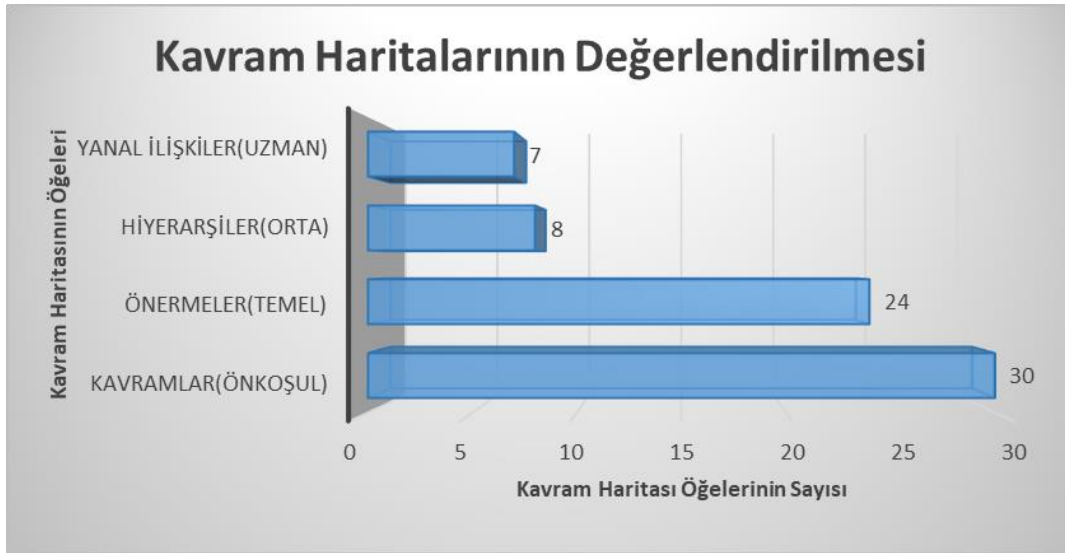


Grafik 1: Öğretmen Adaylarının Sistem Düşünme Seviyeleri

Grafik 1 incelendiğinde 4 tam puan temel düzey sistem basamağında 10 öğretmen adayı alırken, en üst düzey sistem düşünme basamağı olan 8. Aşamada sadece 1 öğretmen adayı 4 puan alabilmiştir. 3 puan da 11 öğretmen adayı temel düzey sistem düşünmede kalmıştır. Aynı şekilde 1 puan alan öğretmen adaylarının en çok (18) olduğu sistem düşünme basamağı da 8. Aşama olduğu görülmektedir. Sistem düşünmenin 3. aşamasında 15 öğretmen adayı 2 puan almıştır.

3.1.2. Öğretmen Adaylarının Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme Seviyelerinin Kavram Haritalarıyla Değerlendirilmesi

Öğretmen adaylarının sistem düşünme becerilerinin değerlendirilmesinde kullanılan kavram haritalarından elde edilen veriler aşağıda analiz edilmiştir. Genel olarak kavram haritaları incelendiğinde öğretmen adayları genelde biyolojik kavramlar çerçevesinde kavram haritaları çizmiş, sistemin biyoloji dışındaki ilişkilerini, fonksiyonlarını, zamansal etkileşimlere ya yer vermemiş ya da sınırlı vermiştir. Yine öğretmen adaylarının çizdikleri kavram haritaları çok az hiyerarşik düzey ve sınırlı yanal ilişkiler içermekteydi (Ek 3).



Grafik 2: Öğretmen Adaylarının Kavram Haritalarının Genel Değerlendirilmesi

Grafik 2’de görüldüğü gibi tüm öğretmen adaylarının yaptıkları kavram haritalarında yer alan kavram, önerme, hiyerarşi ve yanall ilişkileri tek tek sayılıp sonra ortalaması alınmıştır. Buna göre öğretmen adayları yaptıkları kavram haritalarında ortalama 30 kavram, 24 doğru önerme, 8 hiyerarşi ve 7 yanall ilişki kurabildikleri tespit edilmiştir. Kavram haritaları sistem düşünme açısından değerlendirildiğinde kavramlar sistem düşünme sayılmayan ön koşul (Seviye 1) bilgiye, önermeler temel (Seviye 2), hiyerarşiler orta (Seviye 3) ve yanall ilişkiler uzman (Seviye 4) düzeyde sistem düşünmeye karşılık gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında öğretmen adaylarının çok azı orta ve uzman düzeyde sistem düşünme becerilerine sahip olduğu bulunmuştur.






Tablo 3: Öğretmen Adaylarının Kavram Haritalarının Sistem Düşünme Seviyelerine Ait Bulgular

Sistem Düşünme Seviyeleri	Sistem Düşünme Aşamaları	Ortalama Kavram sayı	Standart Sapma
Ön Koşul (Sistem Düşünme Yok)	Biyoçeşitlilik temel kavramları	30	5.68
Temel Düzeyde Sistem Düşünme	Bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi	2.74	1.18
	Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme yeteneği	3.42	1.71
Orta Düzey Sistem Düşünme	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme yeteneği	2.83	1.19
	Genelleme yapabilme yeteneği	1.77	0.06
	Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme yeteneği	2.77	0.98
	Sistemin gizli boyutlarını anlama	1.05	1.02
Uzman Düzeyde Sistem Düşünme	Sistemlerin döngüsel doğasını anlama yeteneği	1.55	1.06
	Retrospektif(Zamansal) düşünme	0.74	0.06

Tablo 3’de öğretmen adaylarının oluşturdukları kavram haritalarının sistem düşünme düzeylerinin ortalama puanları görülmektedir. Ortalama kavram sayısı 30; Bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi, 2.74; Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme yeteneği, 3.42; Sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme yeteneği,

2.83; Genelleme yapabilme yeteneği, 1.77; Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme yeteneği, 2.77; Sistemin gizli boyutlarını anlama; 1.05; Sistemlerin döngüsel doğasını anlama yeteneği, 1.55; Retrospektif düşünme, 0.74 olduğu tespit edilmiştir. Kavram haritalarının incelenmesi sonucunda öğretmen adaylarının sistem düşünme seviyelerinin genel olarak temel ve orta düzeyde olduğu uzman düzeye ulaşamadığı görülmüştür.

Tablo 4. Öğretmen Adaylarına Ait Kavram Haritalarının Kinchin, Hay ve Adams (2000) Modeline Göre Değerlendirilmesi

Kavram Haritası Değerlendirme Modeli	f	%
A Model (Tekli, İkili Üçlü Kavram Grupları) Seviye 1 Sistem Düşünme  	7	20
B Model (İşinsal Sıralanmış Kavramlar) Seviye 2 Sistem Düşünme 	6	17.14
C Model (Zincir Kavramlar) Seviye 3 Sistem Düşünme 	14	40
D Model (Ağ Oluşturmuş Kavramlar) Seviye 4 Sistem Düşünme 	8	22.85

Kinchin, Hay ve Adams (2000), kavram haritalarının bireylerin zihinsel yapılarının dışı vurumu olduğunu ve geliştirdiği modelde kavramların zihinsel yapılarını 4 şekilde sınıflandırmıştır. Tablo 4'de öğretmen adayların yaptıkları kavram haritalarının bu modele göre değerlendirilmesi görülmektedir. Elde edilen verilere göre öğretmen adaylarının büyük bir kısmı (14) kavram haritalarında merkezde ana kavram ve bunun etrafında yer alan kavramlardan (B model) oluştuğu görülmektedir. 7 öğretmen adayı sadece ikili, üçlü kavram ilişkisi kuran A model; 6 öğretmen adayı zincir şeklinde C model kavram haritası yapmıştır. Öğretmen adaylarının 8'i ise D model ağ şeklinde yanal ilişkilerin olduğu kavram haritaları yapmışlardır. Ek 3'de öğretmen adaylarının çizdikleri kavram haritalarına örnekler verilmiştir.

4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Yapılan bu çalışmada öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik ile ilgili sistem düşünme seviyeleri incelenmiştir. Öğretmen adaylarının biyoçeşitlilik sistem düşünme seviyeleri açık uçlu biyoçeşitlilik anketi ve kavram haritaları ile değerlendirilmiştir.

4.1. Öğretmen Adaylarının Biyoçeşitlilik Sistem Düşünme İle İlgili Sonuç ve Tartışma

4.1.1. Biyoçeşitlilik Sistem Anketi Sonuçları Ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada sistem düşünmenin sekiz basamağına ait açık uçlu sorularından elde edilen bulgular tartışılmıştır. Sistem Düşünmenin Birinci basamağı olan 'bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi belirleme'de öğretmen adaylarının temel düzeyin biraz üstünde (X:2.5) sistem düşünme seviyesine sahip oldukları bulunmuştur. Bu basamakta öğretmen

adaylarının biyoçeşitliliğin habitat, Tür, genetik, ekosistem, abiyotik, biyotik bileşenleri, habitat güvenliği, endemik türler, nesli tükenen canlı kavramlarını, bileşenlerini ve bağlantılarını kısmi düzeyde tanımlamışlar ve zayıf ilişkiler kurabilmişlerdir. Biyoçeşitliliğe toplumun etkisi ve toplumun biyoçeşitliliğe olan etkisini daha iyi açıklayabilmişlerdir. Sistem düşünmenin ikinci basamağı olan ‘sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme becerisi’ ni anlamada öğretmen adaylarının ortalama puanı 2.51 olarak tespit edilmiştir. Bu basamakta öğretmen adaylarından, türler arası ilişkiler, yaşam birliktelikleri, besin zinciri, ekolojik çeşitlilik, rekabet, biyotik topluluklar, ekolojik süreçler arasındaki ilişkileri belirlemeleri beklenmektedir. Öğretmen adayları bu ilişkilerden türler arası ilişkiler, yaşam birliktelikleri ve besin zincirindeki ilişkileri açıklamada başarılı olurlarken, rekabet, biyotik topluluklar, ekolojik süreçlerdeki ilişkileri açıklamada yetersiz kalmışlardır. Yine bu basamakta abiyotik faktörlerin biyoçeşitlilikle yağış, sıcaklık faktörleri arasındaki ilişkileri kolay açıklayabilmişler, ancak atmosfer gazları ve toprak bileşenleri arasındaki ilişkiyi kurma zayıf kalmıştır.

Sistem düşünmenin üçüncü aşaması, ‘sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme becerisi’nde öğretmen adaylarının genel ortalamaları 1.84 olduğu bulunmuştur. Bu basamakta beklenen sistem düşünme becerisinin orta düzeyin altında kaldığı görülmektedir. Örneğin insan aktivitelerinin biyoçeşitliliği arttırabileceği (yapay ve doğal koruma ve biyoteknolojik çalışmalar gibi) ya da aşırı ve kontrolsüz tüketimle azaltılabileceğini bütüncül olarak sürdürülebilir kalkınma ile organize ederek açıklamaları beklenmiştir. Ancak bu açıklamaları birkaç öğretmen adayı yapabilmıştır. Yine bu aşamada devlet politikalarının da sürdürülebilir biyoçeşitlilikteki ilişkisini organize etme oldukça zayıf kalmıştır. Sistem düşünmenin dördüncü basamağı ‘Genelleme yapabilme becerisi’dir. Sistemin bileşenlerini, süreçlerini ve aralarındaki entegrasyonu bir bütün olarak açıklamada öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.81 olduğu tespit edilmiştir. Bu basamakta öğretmen adaylarının biyoçeşitliliğin kompleks bir problem olduğu, bu nedenle bütüncül ve disiplinlerarası bakış açısıyla sağlık, turizm, kültür, ekonomik ve psikolojik boyutlarının farkında olmaları beklenmiştir. Ancak öğretmen adayları bu boyutlara ayrı ayrı cevap vermede başarılı olurken bütüncül bir bakış açısıyla açıklayamadıkları görülmüştür.

‘Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme becerisi’ sistem düşünmenin beşinci aşamasını oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının bu basamaktaki ortalama puanları 1.71 olarak bulunmuştur. Bu aşamada öğretmen adaylarının bir sistem içindeki bileşen ve süreçlerin döngülerini tanımlamada yeterli sistem düşünmeye sahip olmadıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarının biyoçeşitlilikte zamanla değişimlerin olduğu daha sonra bunun dengelendiğini açıklamada oldukça zayıf sistem düşünmeye sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bu döngülerin doğal ve yapay yollarla olabileceğini hemen hemen hiçbir öğretmen adayı açıklayamamıştır.

Sistem düşünme 6, 7 ve 8. Basamakları uzman düzeyde sistem düşünme becerisini içermektedir. Bunlardan altıncı basamak sistemin gizli boyutlarını anlamadır. Bu aşamada öğretmen adaylarının ortalama puanı, 1.45 olduğu bulunmuştur. Öğretmen adaylarının sistemin mikroorganizmalar gibi küçük ve yağmur ormanları gibi büyük elemanları olabileceği, yine tozlaşma gibi biyoçeşitliliğe etki eden bir faktörün çok ön planda yer almaması gibi konuları fark edemedikleri ve ilişki kuramadıkları görülmüştür. Sistem düşünmeni yedinci basamağı olan ‘Sistemlerin döngüsel doğasını anlama becerisi’nde öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.11 gibi oldukça düşük bir sistem düşünme becerisi olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamada üç ve daha fazla bileşenin ve sürecin etkileşimini tanımlama ve açıklama gibi üst düzey düşünme becerileri beklenmektedir. Sistem düşünmenin sekizinci basamağı ve en üst düzeyde düşünme becerisi gerektiren aşaması retrospektif düşünmedir. Retrospektif düşünme biyoçeşitliliğin geçmiş zamandaki durumu ile gelecekte ne olabileceğini birlikte düşünme ve hayal etmedir. Oldukça üst düzeyde bir beceri gerektirdiğinden öğretmen adaylarının ortalama puanı 1.00 olduğu tespit edilmiştir. Öğretmen adayları bu basamakta

biyoçeşitliliğin ulusal ve küresel kültürel bir miras olduğunu ve onu gelecek nesillere miras bırakacağımızı; biyolojik çeşitliliğin zaman içinde gelişip değişebileceğinin farkında olmaları beklenmekteydi. Ancak öğretmen adayları biyoçeşitliliğe daha çok ulusal açıdan bakmışlardır. Yine ülkemiz için biyoçeşitliliğin korunmasının ciddi bir problem olduğunu düşünmemektedirler. Ulusal olarak biyoçeşitliliğimizin zengin olduğunu düşünmektedirler. Bu arada biyoçeşitliliğin ihracatını ve uluslararası bitki ve hayvan türlerinin kaçakçılığını problem olarak görmemektedirler.

Yapılan bu çalışmada öğretmen adaylarının sistem düşünmenin sekiz basamağının her birinde aynı düzeyde olmadıkları, farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. Bazı araştırmacılarda çalışmalarında bu sonucu desteklemiştir. Şöyleki, sistem düşünmenin tüm becerilerine ulaşmak aynı derecede kolay olmadığı ve her birey farklı basamaklarda daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (Hmelo-Silver ve Pfeffer, 2004). Hmelo ve ark. (2000) yaptıkları çalışmalarında temel düzeyde bir sistem düşünme isteyen sistemin yapısı ile ilgili becerilerin öğrenciler tarafından daha kolay geliştiğini ortaya koymuştur. Assaraf ve Orion (2005) sistemde ilişkilerin tanınması, elemanların tanınmasından daha üst düzey bir beceri gerektirdiği bildirilmiştir. Bunun yanında retrospektif düşünme ise çok üst düzey düşünme becerisi gerektirdiğinden daha zor geliştirilmektedir (Hogan ve Thomas, 2001). Yine uzman düzeyde sistem düşünme isteyen dinamik bir sistemdeki geri bildirim becerisinin gelişimi fazla çaba istemektedir. Geri bildirim, bir değişikliğin zaman içinde dengelenebileceği, kısa vadeli bir etki yaratabileceği ve daha sonra onu üreten değişime etki etmek için geri bildirimde bulunabilecek düşüncesidir. Geri bildirim düşüncesi öğrenciler için karmaşık görünen akıl yürütme becerilerini içermektedir. Bazı çalışmalar da bu yaştaki çocuklarda bu tür beceriyi geliştirmenin çok zor olduğu bildirilmiştir (Grotzer ve Bell- Basca, 2003; Hogan, 2001; Sheehy ve ark., 2000). Birçok çalışma, ilkökul öğrencilerinin geri bildirim düşünme becerileri ile başa çıkamadıklarını belirtmiştir (Grotzer ve Bell- Basca, 2003). Öğrencilerin zorlandıkları sistem düşünme becerilerinden bazıları da sistemin mekansal ve zamansal sınırlarını tanımlamak, sistemin gizli boyutlarını fark etmek ve retrospektif düşünmedir. Sistemlerin bazı bileşenleri gözle görülebilir şekilde büyük, bazı bileşenleri de gözle görünmeyecek kadar küçük (gizli) olabilir (Jones ve ark., 2009; Hmelo ve ark., 2000). Bir sistemin mikroskobik ve makroskobik seviyelerinde meydana gelen olayları birbirine bağlamak zor olduğu gibi, gizli boyutların karmaşıklığı da yanlış anlamalara sebep olabilmektedir (Penner, 2000).

Çalışmalar sistem düşünmenin gelişebilmesi için içerik bilginin öğretimi ve aktarımı ile sınırlı olan eğitim yerine, ulusal ve uluslararası gerçek yaşam problemlerini anlamaya ilişkin bilgi ve üretime dayalı, dinamik, faaliyet temelli ve katılımcı eğitim programlarının geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Hofman, 2015; Flood, 2010; Nisiforou ve Charalambides, 2012; Palmberg ve ark., 2015). Sistem düşünmenin önündeki başka bir engelin de öğrencilerin sistemi anlamaya çalışırken, genellikle sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri basit nedensel ilişkiler olarak açıklama eğiliminde olmaları olarak belirtilmiştir (Perkins ve Grotzer, 2005; Booth, Sweeney ve Sterman, 2001). Sistem düşünme öğretmenlik eğitiminde bir eğitim öğretim yöntemi olarak henüz yer almamaktadır. Uluslararası düzeyde kabul gören biyoçeşitlilikte sistem düşünme; sistemin temel elemanlarının birbirleriyle olan ilişkilerinin ve sistemin nasıl çalıştığının anlaşılması ve biyoçeşitlilik ile sürdürülebilirlik ilişkisinin anlaşılması anlamına gelmektedir (Sterling ve ark., 2010). Biyoçeşitliliğin korunması, derinlemesine tartışılması ve yansıtılmasının öğrenilmesi için yeni pedagojik öğrenme yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir (Gayford, 2000). Biyoçeşitlilik disiplinler arası bir konu olmasına rağmen (Gayford, 2000), biyoçeşitlilik eğitiminde bütünlük bir yaklaşım uygulanmadığını belirtmiştir. Biyoçeşitlilik eğitimi öğrencilere içerik bilgisi sağlayacak şekilde öğretilmektedir. Biyoçeşitliliğin dinamik ve süreçlerinin eğitimine önem verilmemektedir. Yapılan çalışmalarda sistem düşünmenin önünde bazı engellerin olduğu bildirilmiştir. Bu engellerden birisinin eğitim programlarında sistem düşünmeye yer verilmemesidir (Puk ve Stibbards, 2012;

Dikmenli, 2010). Sistem düşünme için eğitim programlarında gerçek yaşam problemlerine yer verilmesi önerilmiştir (Maani ve Maharai, 2004; NRC, 2000; Penner, 2000; Richmond, 2001; Sheehy ve ark., 2000; Levis ve ark. 2014; Cloud, 2009; Alexandar ve Poyyamoli, 2014).

Literatürde yapılan sistem düşünme çalışmaları daha çok ortaokul ve üniversite öğrencilerine odaklanmış olup (Golan ve Reiser, 2004), ilkökul öğrencileri ile ilgili çalışmalar çok sınırlı kaldığı belirtilmiştir (Hmelo-Silver ve Azevedo, 2006). Bazı çalışmalar sistem düşünmenin üst düzey düşünme becerisi gerektirdiğinden, ilköğretimde verilemeyeceğini bildirmişlerdir. Buna karşılık Evagorou ve ark. (2009) ilkökul öğrencilerinin de uygun şekilde tasarlanmış bir öğrenme ortamıyla desteklendiklerinde sistem düşünme becerisi geliştirebileceklerini bildirmiştir. İlköğretim, öğrencilerde farkındalık gelişimi için uygun bir yaş olduğu belirtilmiştir (Piaget ve Inhelder 1983; Schenk-Danzinger 1983). Buna rağmen birçok ülkenin ilköğretim programlarında, biyoçeşitlilik eğitimini destekleyen resmi politikaları yoktur (Gayford, 2000). Böyle bir resmi politika eksikliği, biyoçeşitlilik eğitimini öğretmenlerin inisiyatifine bırakmaktadır (Brewer 2002; Howitt 2007).

4.1.2. Biyoçeşitlilik Sistem Düşünmenin Kavram Haritaları İle Değerlendirmesine Ait Sonuç ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada öğretmen adaylarının yaptıkları kavram haritaları iki şekilde değerlendirilmiştir. Birinci değerlendirmede kavram, önerme, hiyerarşi ve yanal ilişkiler sistem düşünme aşamalarına göre sayılıp değerlendirilmiştir. Buna göre ortalama kavram sayısı 30 olarak tespit edilmiştir. Biyoçeşitlilikteki kavram sayısı düşünüldüğünde ortalama kavram sayısının çok az olduğu görülmektedir. Sayılan bu kavramlar ve ilişkiler sistem düşünmenin sekiz aşamasına göre sınıflandırıldığında; sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme, 2.74; Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme, 3.42; Sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişkiler çerçevesinde organize etme, 2.83; Genelleme yapabilme, 1.77; Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme, 2.77; Sistemin gizli boyutlarını anlama; 1.05; Sistemlerin döngüsel doğasını anlama, 1.55; Retrospektif düşünme, 0.74 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar açık uçlu sorulardan elde edilen sonuçlarla benzer olduğundan, bu çalışmada da kavram haritalarının sistem düşünme becerilerini değerlendirme aracı olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Araştırmalar kavram haritalarında; kavram, bağlantı ve çeşitlilikteki artışların öğrencilerin sistem düşünme seviyesini belirlemek için güvenilir bir parametre olduğunu belirtmiştir (White ve Gunstone, 1992; Songer ve Mintzes, 1994; Verhoeff ve ark., 2008). Kavram haritalarının değerlendirme aracı olarak kullanıldığı birçok çalışma vardır (Chang ve Chiu, 2004; Şahin, 2002). Ancak sistem düşünmeyi değerlendirmek için kavram haritalarının kullanılması henüz yenidir (Assaraf, Dodick ve Tripto, 2013; Stern ve Roseman, 2004). Odom ve Kelly (2001) kavram haritalarının öğrencilerin sistem düşüncelerini yansıttığı gibi karmaşık sistemleri öğrenmelerini de kolaylaştırdığını göstermişlerdir. Raved ve Yarden (2014) dolaşım sistemi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında; kavram haritalarının analizi ile öğrencilerin biyoloji eğitimi boyunca edindikleri alan bilgilerinin hangi bileşenlerini karmaşık sistemleri anlamada başarılı bir şekilde kullanıp uygulamaya koydukları hakkında bir fikir verebileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada öğretmen adaylarına ait kavram haritaları Kinchin, Hay ve Adams (2000) modeline göre de değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre öğretmen adaylarının büyük bir kısmı (n: 14) kavram haritalarını merkezde ana kavram ve bunun etrafında yer alan kavramlardan oluşan B modeline göre, 7 öğretmen adayı sadece ikili, üçlü kavram ilişkisi kuran A modeline göre, 6 öğretmen adayı zincir şeklinde C modeline göre kavram haritası yapmıştır. Öğretmen adaylarının 8'i ise D modelindeki gibi ağ şeklinde yanal ilişkilerin olduğu kavram haritaları yapmışlardır. D modeli sistem düşünmenin üst düzeyini göstermektedir.

Sistem düşünme ile ilgili çalışmalar, sistemdeki etkileşimlerin mikroskopik ve gizli boyutlarının kolayca görülememesi nedeniyle, sistemlerin dinamizmini anlamının zor olduğunu bildirmiştir (Hmelo-Silver ve ark., 2000; Safayeni, Derbentseva ve Canas, 2005). Kavram haritaları sistem düşünmenin bu zorluğunu gidermede yardımcı olacak bir araç olarak görülmektedir (Tripto ve ark., 2013). Bu çalışmalar öğrencilerin kavram haritaları ile sistemin daha spesifik ve farklı bağlantılarını bulmalarının daha kolay olduğunu belirtmiştir (Tripto, 2013). Buckley ve Boulter (2000) yaptıkları çalışmalarında, kavram haritalarının karmaşık ve doğrusal olmayan bir şekilde organize edilmiş olayların anlaşılmasını ve zihinsel modellerin dış temsili olarak sistem düşünmenin değerlendirmesini kolaylaştırdığını bulmuşlardır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır:

1. Önemi çok farkında olmadığımız biyoçeşitlilik eğitimi hem kavramsal gelişim hem de tutum geliştirme için erken yaşta başlatılması gerektiği,
2. Biyoçeşitlilik eğitimi için sistem düşünme becerilerinin geliştirilmesi
3. Sistem düşünmenin değerlendirilmesinde açık uçlu anket ile paralellik gösteren kavram haritalarının kullanılmasının uygun olduğu bulunmuştur.

Kaynakça

- Alexandar, R., Poyyamoli, G. (2014). The Effectiveness of environmental education for sustainable development based on active teaching and learning at high school level. A case study from Puducherry and Cuddalore regions, India. *JSE*, 7, 1-20
- Anderson, V., & Johnson, L. (1997). *Systems thinking basics: From concepts to causal loops*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Assaraf, O.B. Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth science system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (5), 518–560.
- Assaraf, O.B. Z. and Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (5), 540–563
- Assaraf, O.B. Z. Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research Science Education*, 43, 33-56.
- Barker, S., & D. Slingsby. (1998). From nature table to niche: Curriculum progression in ecological concepts. *International Journal of Science Education* 20(4), 479–86.
- Barker, S., & P. Elliot. (2000). Planning a skills-based resource for biodiversity education. *Journal of Biological Education* 34(3), 123–27.
- Behla, D.V., & Ferreira, S.(2014). Systems Thinking: An Analysis of Key Factors and Relationships. *Procedia Computer Science* 36, 104 – 109
- Beringer, A., & Adomßent, M. (2008). Sustainable university research and development: Inspecting sustainability in higher education research. *Environ. Educ. Res.* 14, 607–623.
- Birdsall, S. (2014). Measuring student teachers' understandings and self-awareness of sustainability. *Environ. Educ. Res.* 20, 814–835.
- Boersma, K., Waarlo, A.J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education*, 45(4), 190–197.
- Booth S. L. (2001). *When a butterfly sneezes: A guide for helping kids explore interconnections in our world through favourite stories*. USE: Pegasus.
- Borg, C., Gericke, N., Höglund, H.O., & Bergman, E. (2012). The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: Discipline bound differences and teaching traditions. *Res. Sci. Technol. Educ.* 30, 185–207.

- Brewer, C. (2002). Conservation education partnerships in schoolyard laboratories: A call back to action. *Conservation Biology* 16(3), 577–79.
- Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (2000). *Investigating the role of representations and expressed models in building mental models*. In Gilbert, J. K. and Boulter, C. J. (Eds.), *Developing Models in Science Education*, Kluwer, Dordrecht, Holland, 105–122
- Bunge, M. (2000). Systemism: The alternative to individualism and holism. *J. Socio-Econ.* 29, 147–157.
- CBD. (2009). *Sustaining Life on Earth*. Retrieved from <https://www.cbd.int/convention/guide.shtml>
- CBD. (1992). *Handbook Of The Convention On Biological Diversity*. available online: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>.
- Chang, S.N., & Chiu, M.H. (2004). Probing Students' Conceptions Concerning Homeostasis of Blood Sugar via Concept Mapping. *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Vancouver/Canada, 1-4
- Cloud, J.P. (2009). Some systems thinking concepts for environmental educators during the decade of education for sustainable development. In *Education for Sustainable Development*; Chalkley, B., Haigh, M., Higgitt, D., Eds. Routledge: New York, NY, USA, 225–229.
- Creswell, J.W., & Clark, P. (2011). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks: Sage
- Davidz, H. (2006). *Enabling Systems Thinking to Accelerate the Development of Senior Systems Engineers*. Doctoral Dissertation: Massachusetts Institute of Technology
- Dikmenli, M. (2010). Biology student teachers' conceptual frameworks regarding biodiversity. *Education*. 130, 479–489.
- Dobson, A. (2011). *Sustainability Citizenship*; Greenhouse: London, UK
- Dori, D., Sillitto, H., Griego, R.M., McKinney, D., Arnold, E.P., Godfrey, P., Martin, J., Jackson, S., & Krob, D. (2019). System definition, system worldviews, and systemness characteristics. *IEEE Syst. J.* 1–11, doi:10.1109/JSYST.2019.2904116.
- Draper, F. (1992). Systems Thinking and Curriculum. *Presentation at 1992 "Systems Thinking in Education" Conference*, Tucson, Arizona
- Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: A case study with fifth- and sixth-graders. *International Journal of Science Education*, 31(5), 655–674.
- Falkenberg, T., Babiuk, G. (2014). The status of education for sustainability in initial teacher education programmes: A Canadian case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 15(4), 418-430
- Fiebelkorn, F., Menzel, S. (2013). Student Teachers' Understanding of the Terminology, Distribution, and Loss of Biodiversity: Perspectives from a Biodiversity Hotspot and an Industrialized Country. *Res Sci Educ*, 43(4), 1593–1615
- Flood, R.L. (2010). The relationship of 'Systems thinking' to action research. *SPAR*, 23, 269–284.
- Frank, M. (2000). Engineering systems thinking and systems thinking. *Inc. Syst. Eng.* 3, 163–168
- Fullan, M.G. (2002). The change leader. *Educational Leadership* 59(8), 16–20.
- Gayford, C. (2000). Biodiversity education: a teacher's perspective. *Environmental Education Research* 6(4), 347–362
- Golan, R. and Reiser, B. (2004). Investigating students' reasoning about the complexity manifested in molecular genetics phenomena. *Paper presented at the Proceeding of American Educational Research Association*, San Diego.
- Grotzer, T. A. and Bell-Basca, B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education*, 38(2), 16–30.
- Hmelo, C. E., Holton, D., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 247–298.

- Hmelo-Silver, C. E., & Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: some core challenges. *The Journal of the Learning Sciences*, 15 (1), 53-61.
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28, 127-138.
- Hofman, M. (2015). What is an education for sustainable development supposed to achieve—A question about what, how and why. *J. Educ. Sustain. Dev.* 9, 213-228.
- Hogan, K., & Thomas, D. (2001). Cognitive comparison of students' systems modeling in ecology. *Journal of Science Education and Technology*, 10(4), 319-345
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84(1), 51-70.
- Howitt, C. (2007). Pre-service elementary teachers' perceptions of factors in an holistic methods course influencing their confidence in teaching science. *Research in Science Education* 37(1), 41-58.
- Hudson, S. (2010). *Systems engineering competencies framework*. INCOSE UK; UK
- Jackson, M.C. (2003). *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*; John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, England.
- Jacobson, M., & Wilensky, U. (2006). Complex Systems in Education: Scientific and Education Importance and Implications for the Learning Sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11-34.
- Jones, M. G., & Taylor, A. R. (2009). Developing a sense of scale: looking backward. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 460-475.
- Kali, Y., Orion, N., & Elon, B. (2003). The effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 545-565
- Kápylá, M., & Wahlström, R. (2004). An Environmental Education Program for Teacher Trainers in Finland. *The Journal of Environmental Education* 31(2), 31-37. DOI: 10.1080/00958960009598637
- Kassas, M. (2000). Environmental education: Biodiversity. *Environmentalist* 22, 345-351.
- Kasser, J., Hitchins, D., Frank, M., & Zhao, Y. (2013). A framework for benchmarking competency assessment models. *Journal of Systems Engineering*. 16, 29-44.
- Kinchin, I.M., Hay, D.B., & Adams, A., (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educ. Res.* 42, 43-57. <https://doi.org/10.1080/001318800363908>.
- Lane, J. F, Wilke, R. Champeau. R., & Sivek, D. (1995). Strength and weaknesses of teacher environmental education preparation in Wisconsin. *The Journal of Environmental Education* 27(1), 36-45.
- Lewis, E., Mansfield, C., & Baudains, C. (2014). Ten tonne plan: Education for Sustainability from a whole systems thinking perspective. *Appl. Environ. Educ. Commun.* 13, 128-141.
- Lieber, J., M. Hanson, J. Marci, P.J. Beckman, S.L. Odom, S.R. Sandall, I.S. Schwartz, E. Horn., & Wolery, R. (2000). Key influences on the initiation and implementation of inclusive preschool programs. *Exceptional Children* 67(1), 83-98.
- Lindemann-Matthies, P., Constantinou, C., Junge, X., Köhler, K., Mayer, J., Nagel, U., & Raper, G., (2009). The integration of biodiversity education in the initial education of primary school teachers: four comparative case studies from Europe. *Environmental Education Research*, 15(1), 17-37.
- Lister N.M.E. (1998). A systems approach to biodiversity conservation planning. *Environ Monit Assess* 49, 123-55.
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C.E. (2009). Promoting Complex Systems Learning through the Use of Conceptual Representations in Hypermedia. *Science Teaching*, 46(9), 1023-1040.
- Maani, K., & Maharaj, V. (2004). Links between systems thinking and complex decision making. *Systems Dynamics Review*, 20(1), 21-48.
- Mayer, J. (1992). *Formenvielfalt im Biologieunterricht [Biological diversity in biology education]*. Kiel: IPN.

- Mayr, E. (2004). *What Makes Biology Unique? Considerations of the Autonomy of a Scientific Discipline*; Cambridge University Press: Cambridge, UK
- McCoy, W. M., McCoy, A. K., & Levey, J. D., (2007). Teaching Biodiversity to Students in Inner City & Under-Resourced Schools. *The American Biology Teacher*, 69(8):473-476.
- McLeish, E. (1997). *Educating for life. Guidelines for biodiversity education*. Reading: Council for Environmental Education.
- Meadows D.H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. White River Junction, VT, USA: Chelsea Green Publishing Company. Kitano H. 2002. Systems biology: a brief overview. *Science* 295, 1662-4
- Meffe, G., & Carroll, R. (1997). *Principles of Conservation Biology, 2nd Edition*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Sterling, S. Whole Systems Thinking as a Basis for Paradigm Change in Education: Explorations in the Context of Sustainability. 2003. Available online: <http://www.bath.ac.uk/cree/sterling/sterlingthesis.pdf> (accessed on 20 January 2020).
- Miles, M.B. & Huberman, A.M. (2015). *Nitel veri analizi* (Ed. S. Altun Akbaba ve A. Ersoy, 1. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Mintzes, J.J., Wandersee, J.H., & Novak, J.D. (1998). *Teaching science for understanding: A human constructivist view*. San Diego: Academic Press.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. J. D. Bransford, A. L. Brown, R.R. Cocking & S. Donovan (eds). Committee on developments in the science of learning and committee on learning research and educational practice. Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nisiforou, O., & Charalambides, A.G. (2012). Assessing undergraduate university students' level of knowledge, attitudes and behaviour towards biodiversity: A case study in Cyprus. *IJSE* 34, 1027-1051.
- Novak, D. J., & Gowin, B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Odom, A.L., & Kelly, P.V. (2001). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education*. 85(6), 615-635
- Özyurt, B.B., & Şahin, F. (2016). An analysis of the relationship between systematic thinking skills and academic achievement of middle school students. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 1473-1487
- Palmberg, I., Berg, I., Jeronen, E., Kärkkäinen, S., Norrgård-Sillanpää, P., Persson, C., Vilkonis, R., Yli-Panula, E. (2015). Nordic-Baltic student teachers' identification of and interest in plant and animal species: The importance of species identification and biodiversity for sustainable development. *J. Sci. Teach. Educ.* 26, 549-571.
- Penner, D. (2000). Explaining systems: investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 784-806.
- Perkins, D.N., & Grotzer, T.A. (2005). Dimensions of Causal Understanding: the Role of Complex Causal Models in Students' Understanding of Science. *Studies in Science Education* 41(1), 117-165. DOI: 10.1080/03057260508560216
- Peterson, A.T. (2003). Projected climate change effects on Rocky Mountain and Great Plains birds: generalities of biodiversity consequences. *Global Changes Biology*. 9(5), 647-655
- Piaget, J., & B. Inhelder. (1983). *Die Psychologie des Kindes [Psychology of the child]*. Frankfurt/Main: Fischer Taschenbuch Verlag
- Plevyak, L.H., Bendixen-Noe, M., Henderson, J., Roth, R. E., & Wilke, R. (2001). Level of teacher preparation and implementation of EE: Mandated and non-mandated EE teacher preparation states. *The Journal of Environmental Education* 32(2), 28-36.
- Powers, A. L. (2004). Teacher preparation for environmental education: faculty perspectives on the infusion of environmental education into pre-service methods courses. *The Journal of Environmental Education* 35(3), 3-11.

- Puk, T.G., & Stibbards, A.(2012). Systemic ecological illiteracy? Shedding light on meaning as an act of thought in higher learning. *Environ. Educ. Res.* 18, 353–373.
- Ramadoss, A., & Moli, G.P. (2011). Biodiversity Conservation through Environmental Education for Sustainable Development. A Case Study from Puducherry, India. *International Electronic Journal of Environmental Education.* 1(2). 97-111
- Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing Seventh Grade Students' Systems Thinking Skills in the Context of the Human Circulatory System. *Frontiers in Public Health* 2(260), 1-11
- Richmond, B. (2001). *An Introduction to Systems Thinking, High Performance Systems*, Inc. Lebanon, NH.
- Riess, W., & Mischo, C. (2010). Promoting systems thinking through biology lessons. *International Journal of Science Education*, 32(6), 705–725.
- Ruiz-Primo, M.A., & Shavelson, R.J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569–600
- Ruiz-Primo, M.A., Li, R.J., Shavelson, M., & Schultz, S.E.(2001). On the Validity of Cognitive-Interpretations of Scores from Alternative Concept-Mapping Techniques. *Educational Assessment*, 7(2), 99-141.
- Rye J.A., & Rubba,P.A. (1998). An Exploration of the Concept Map as an Interview Tool to Facilitate the externalization of Students' Understandings about Global Atmospheric Change. *Science Teaching*, 35(5), 521-546.
- Safayeni, F., Derbentseva, N., & Canas, A. J. (2005). A Theoretical Note on Concepts and the Need for Cyclic Concept Maps. *Science Teaching*, 42(7), 741-766. doi:10.1002/tea.20074
- Schenk-Danziger, L. 1983. *Entwicklungspsychologie [Developmental psychology]*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.
- Scott, W., & Gough, S. (2009). *Sustainable development within UK higher education: Revealing tendencies and tensions. In Education for Sustainable Development. Papers in Honour of the United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014)*; Chalkley, B., Haigh, M., Higgitt, D., Eds.; Routledge: London, UK, pp. 141–153.
- Seel, N.M. (2001). Epistemology, situated cognition, and mental models: 'Like a bridge over troubled water'. *Instructional Science*, 29, 403–427.
- Senge, P.M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday.
- Sheehy, N. P., Wylie, J. W., McGuinness C., & Orchard, G. (2000). How children solve environmental problems: Using computer simulations to investigate systems thinking. *Environmental Education Research*, 6, 109-126.
- Siegel, M.A. (2006). High school students' decision making about sustainability. *Environmental Education Research*, 12(2), 201-215
- Sommer, C., & Lu'cken, M. (2010). System competence—Are elementary students able to deal with a biological system? *Nordic Studies in Science Education* 6(2):125-143
- Songer, C.J., & Mintzes, J.J. (1994). Understanding Cellular Respiration: An Analysis of Conceptual Change in College Biology. *Science Teaching*, 31 (6), 621-637.
- Stave, K.A., & Hopper, M. (2007). What Constitutes Systems Thinking? A Proposed Taxonomy. *In Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston, MA, USA, 29
- Sterling, E.J., Go'mez. A., & Porzecanski, A.L.(2010). A systemic view of biodiversity and its conservation: Processes, interrelationships, and human culture. *Bioessays* 32, 1090–1098
- Sterling, S. (2003). *Whole System Thinking as a Basis for Paradigm Change in Education*. Explorations in the Context of Sustainability. Ph.D. Thesis, Bath: University of Bath.
- Sterling, S. (2009). *Sustainable Education. In Science, Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World*; Gray, D., Colucci-Gray, L., Camino, E., Eds.; Routledge: New York, NY, USA,105–118.

- Stern, L., & Roseman, J.E. (2004). Can Middle-School Science Textbooks Help Students Learn Important Ideas? *Research in Science Teaching*, 41(6), 538-568. doi:10.1002/tea.20019
- Stevenson, R.B. (2006). Tensions and transitions in policy discourse: Recontextualizing a decontextualized EE/ESD debate. *Environmental Education Research* 12(3-4), 277-90
- Suppe, F. (1977). *The Structure of Scientific Theories*, 2nd ed.; University of Illinois Press: Urbana, IL, USA
- Şahin, F. (2002). Kavram Haritalarının Değerlendirme Aracı Olarak Kullanılması İle İlgili Bir Araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 11 (11), 17-32
- Tilbury, D., & Calvo, S. (2005). International agendas: Implications for botanic garden education. *Roots* 2(1), 5-8
- Tripto, J. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students' Systems Thinking. *American Journal of Operations Research* 3(1), 245-258
- Tripto, J., Assaraf, O.B.Z., & Amit, M. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students' Systems Thinking. *American Journal of Operations Research*. 3(1A), 245-258
- Uebel, T. and Vienna, C. (2019). In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2019 ed.; Zalta, E.N., Ed. Available online: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/vienna-circle/>
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1993). *The Final Text of Agreements Negotiated by Governments at United Nation's Conference on Environment and Development, In Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development: Rio Declaration on Environment and Development; Statement of Forest Principles.*
- UNESCO. (2005). *UN Decade of Education for Sustainable Development 2004-2005*; UNESCO: Paris, France
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development*. Available online: <http://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development> United Nations.
- Uyanık, M., Kara, M. Ş., & Gürbüz, B. (2012). Sürdürülebilir Kalkınmada Biyoçeşitliliğin Önemi, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2), 125-127
- Uzun, N., & Sağlam, N. (2005). Ortaöğretim kurumlarında çevre eğitimi ve öğretmenlerin çevre eğitim programları hakkındaki görüşleri, *XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri kongresi*, Denizli. WCED (World Commission on Environment and Development). Our Common Future; University Press: Oxford
- Van Weelie, D., & Wals, A. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of Science Teaching*, 24(11), 43-56.
- Verhoeff, R. P., Waarlo, A.J., & Boersma, K.T. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *Science Education*, 30(4), 543-568.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Our Common Future*; University Press: Oxford, UK
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. Falmer, London
- Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems perspective to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (1), 3-19.
- Yener, H. (2020). System Thinking in Science and Engineering: Osmosis. *EUROASIA SUMMIT Congress on Scientific Researches and Recent Trends-6*, 2, 606-614.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C., & Shavelson, R.J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166-184.

Ekler

Ek 1. *Biyoçeşitlilik sistem düşünme anketinin içeriğini Ait Rubrik*

Sistem Düşünme seviyeleri	Sistem Düşünme Alt Seviyeleri	Sistem Düşünme Temaları	Sistem Düşünme Sorularının İçeriği
Sistem Düşünme İçin Ön Koşul Olan Temel Bilgiler	Ön koşul Aşama	Bir Sistemin temel kavramlarını çok basit ve ilişkisiz belirleme	Tür, gen, biyoçeşitlilik, mutasyon, adaptasyon, evrim, popülasyon, komünite, biyotik ve abiyotik faktörler, habitat, biyom, biyosfer, varyasyon, evrim, doğal seleksiyon, taksonomi kavram bilgisi
1. Temel Düzeyde Sistem Düşünme (A Seviye: Analiz)	1. Aşama Bir sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirleme becerisi	Sistemdeki temel kavramları, bileşenleri ve bağlantıları tanımlar ancak kısmi ilişkiler kurma	Biyoçeşitliliğin habitat, Tür, genetik, ekosistem, abiyotik, biyotik bileşenleri, Habitat güvenliği, endemik türler, nesli tükenen canlılar ve sonuçları, biyoçeşitliliği ürün, hizmet, bilgi ve psiko-spiritual açıdan dört önemli değeri, Habitatta türlerin korunması, Biyoçeşitliliği etkileyen faktörler, Biyoçeşitliliğin yaşam için önemi, Biyolojik çeşitliliğin topluma, toplumun biyoçeşitliliğe etkisi
	2. Aşama Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri belirleme becerisi	Sistemdeki iki – üç bileşen ve süreç arasındaki etkileşimi tanımlar	Türler arası ilişkiler, Birlikte Yaşam, Besin Zinciri, Niş, Ekolojik Denge, Etkileşim, Ekolojik Çeşitlilik, Rekabet, Biyotik topluluklar, ekolojik süreçler, Abiyotik(sıcaklık, yağış, atmosfer gazları ve topraktaki besinler gibi) faktörlerin biyoçeşitliliği etkisi
2. Orta Düzeyde Sistem Düşünme	3. Aşama Sistem bileşenlerini ve süreçlerini bir ilişki çerçevesinde organize etme becerisi	Bir sistemin bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirleme Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme	İnsan faaliyetlerinin biyoçeşitliliği artırıp azaltabileceğini farketme, Biyoçeşitliliğin Birçok Yönden Tehdit Altında Olduğunu Fark Etme, Biyolojik kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve adil paylaşımının önemi, iklim değişikliği, tahribat, kirlilik aşırı tüketim, yabancı türler, GDO, aşırı otlama ve meraların tahribi, aşırı tarım ilacı kullanma ve gübre kullanımı, evsel atıklar, nüfus artışı, deniz kazaları, küresel ısınma, çevre kirliliği, sanayileşme ve yapılaşma, anız yakma, yanlış sulama, bilinçsiz ağaçlandırma, maden ocakları, tarım politikaları, bilinçsiz bitki ve hayvan ihracatı, turizm faaliyetlerinin biyoçeşitliliğe etkisi

<p>(B Seviye: Sentez)</p> <p>3. Uzman Düzeyde Sistem Düşünme</p> <p>(C Seviye: Uygulama ve Sentez)</p>	<p>4.Aşama</p> <p>Genelleme yapabilme becerisi</p>	<p>Sistemin bileşenlerini, süreçlerini ve aralarındaki entegrasyonu bir bütün olarak kavrama</p>	<p>Biyçeşitliliğe Disiplinlerarası Bakış Açısı İle Biyçeşitlilik Problemlerine Çözüm Üretme, Biyçeşitlilik krizinin bir bireyi sorunu olduğu gibi tüm dünyanın da sorunu olduğunu farketme, Biyçeşitliliğin kompleks bir kavram olarak, bütüncül ve disiplinlerarası bakış açısıyla ekonomik olduğu kadar sağlık, turizm kültür, ekonomik ve psikolojik bir parçası olduğunun farkında olma</p>
	<p>5.Aşama</p> <p>Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme becerisi</p>	<p>Bir sistem içindeki bileşen ve süreçlerin döngülerini tanımlama</p>	<p>Tür, habitat ve ekosistemlerin zamanla doğal olarak değişimi, adaptasyon, mutasyon, neslin devamı, modifikasyon, crossing-over, kromozom, varyasyon, gen havuzu, gen, kalıtım ve doğal seleksiyonun biyolojik çeşitliliğin dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmanın temeli olduğu, Biyçeşitliliği oluşturan bitki, hayvan ve mikroorganizma türleri ile bunların çeşitleri ve oluşturdukları topluluklar doğal dengenin korunmasında büyük bir etkiye sahip olduğu, biyçeşitliliğin yok olması tehlike boyutlara vardığını ve küresel bir problem haline geldiğini anlama</p>
	<p>6.Aşama</p> <p>Sistemin boyutlarını gizli anlamama</p>	<p>Sistemin gizli boyutlarını tanımlama</p> <p>Sistem hakkında genelleme yapma ve örüntüleri görme</p>	<p>Ekosistemler bir göl kadar küçük ya da tropikal yağmur ormanları kadar büyük olabileceğini fark etme, Tozlaşma, otobiyolojik temizlik, mikroorganizmaların biyçeşitlilikteki görevleri, Genetiği değiştirilmiş organizmalar, transgenik canlıların biyçeşitliliği değiştirebileceğini farketme</p>
	<p>7.Aşama</p> <p>Sistemlerin döngüsel doğasını anlama becerisi</p>	<p>Üç ve daha fazla bileşenin ve sürecin etkileşimini tanımlama</p> <p>Sistem düşünme ile yaşam problemlerini çözme</p> <p>Sistem ile ilgili bilgilerini yeni gelişen bilgilerle tekrar gözden geçirip yenilemek</p>	<p>Yediğimiz besinleri, soluduğumuz oksijeni ve diğer birçok gereksinimimizi biyçeşitlilikten sağladığımızı ve yine ona zarar vererek kendi yaşam şartlarımızı bozulduğumuzun farkında olma, doğadaki oksijen, karbondioksit, azot, su gibi madde döngüleri ile biyçeşitlilik arasındaki ilişkiyi kurma</p>
	<p>8.Aşama</p>	<p>Sistemin tarihsel gelişimi ile</p>	<p>Biyçeşitliliğin Ulusal Ve Küresel Bir konu Olduğunu, kültürel bir miras olduğunu</p>

Retrospektif düşünme	gelecekte nasıl bir hale gelebileceğinin hayalini kurma	kavrama, Biyolojik çeşitlilik zaman içinde gelişip değişebileceğini kabul etme
----------------------	---	--

Ek 2. Sistem Düşünme Becerileri Seviyelerinin Kavram Haritasındaki Göstergeleri

Sistem Düşünme Seviyesi	Özelliği	Kavram Haritasındaki Göstergesi
A (Temel Düzeyde Sistem Düşünme)	1: sistemdeki bileşenleri ve süreçleri tanımlama	Bu basamakta konu ile ilgili tüm kavramların yazılarak kavram havuzu oluşturmak ve yanlış kavramların tartışılarak çıkartılması. Kavramlardan hiyerarşilerin oluşturulması
B (Orta Düzeyde Sistem Düşünme)	2: Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri tanımlama. 3: Sistemlerdeki dinamik ilişkileri tanımlama. 4: Bileşenleri ve süreçleri bir ilişkiler çerçevesinde organize etmek. 5: Sistemdeki döngüleri tanımlama	Kavram haritasında bu sürece karşılık gelen kanıtlar. Kavramlar arası bağlantı oklarının ve önermelerin doğru tamamlanması Sistemdeki ilgili kavramlar ve kurulan bağlantılar inceleyip, doğrular sayılır Bir kavramın çok sayıda başka bileşene bağlama becerileri incelenir, bunun için kavram haritasındaki çapraz (yanal) ilişkiler sayılır. Çapraz ilişkilerin sayısı bilgi entegrasyonunu gösterir Sistemdeki döngülerle ilgili kanıt ifadeler kavram haritasından sayıları belirlenir
C (Uzman Düzeyde Sistem Düşünme)	6: Temel kavramların geliştirilmesi ve tanımlanması. 7: Gizli boyutları belirleme. 8: Zamansal düşünme.	Bunun için kavram haritasındaki ilgili bağlantılar analiz edilip, sayısı tespit edilir. Kavram haritasındaki ifadelerden gizli boyutlara yer verilip verilmediği ve sayısı tespit edilir Bu, hem geriye dönük düşünmeyi (geriye doğru) hem de projeksiyonu (ileriye doğru) içerir. Kavram haritasında bu tür ilişkiye yer verilip verilmediği sayılır

Ek 3. Sistem Düşünme Düzeylerine Göre Öğretmen Adaylarının Çizdikleri Kavram Haritası Örnekleri

