T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN SU SİSTEMİ İLE İLGİLİ SİSTEMİK DÜŞÜNME VE KAVRAMSAL ANLAMA DÜZEYLERİNİN SOSYO-HİDROLOJİK KONU TABANLI MODÜL İLE GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba ÖZSOY

DOKTORA TEZİ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Programı

Danışman

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

Ekim, 2025

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN SU SİSTEMİ İLE İLGİLİ SİSTEMİK DÜŞÜNME VE KAVRAMSAL ANLAMA DÜZEYLERİNİN SOSYO-HİDROLOJİK KONU TABANLI MODÜL İLE GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba ÖZSOY tarafından hazırlanan tez çalışması 03.10.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Mustafa ARSLAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Hatice MERTOĞLU, Üye
Marmara Üniversitesi _____

Prof. Dr. Mutlu ŞAHİN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Gönül SAKIZ, Üye
Marmara Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Ortaokul Öğrencilerinin Su Sistemi ile İlgili Sistemik Düşünme Seviyelerinin ve Kavramsal Anlama Düzeylerinin Sosyo-Hidrolojik Konu Tabanlı Modül ile Geliştirilmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Tuğba ÖZSOY

İmza

Canım aileme

ve

kendime

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince görüşlerimi heyecanla dinleyen, çalışmak istediğim tez konusu kendi ilgi alanı olmamasına rağmen bu konudaki çalışma isteğimi kabul eden, strateji ve planlama konusunda örnek alınması gereken, hayat boyu öğrenme mottosuna sahip tez danışmanım sayın Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU' ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesinde yer alarak çalışmama görüş ve önerileriyle katkı sunan, tez danışmanımın yurt dışında olduğu bir yıllık süreçte tez danışmanlığımı üstelenen, tevazu sahibi hocam sayın Prof. Dr. Mustafa ARSLAN' a ve yine tez izleme komitesinde yer alarak görüş ve önerileriyle araştırmama katkı sağlayan, güzel sözleriyle motive eden, realist değerlendirmeleri ile rehberlik eden sayın Doç. Dr. Hatice MERTOĞLU' na çok teşekkür ederim. Doktora öğrenimim sırasında aldığım derslerde tanışma fırsatı bulduğum, bizlerin akademik gelişimine destek olan Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı öğretim üyelerine teşekkür ederim. Çalışmayı yürüttüğüm okuldaki idarecilere ve çalışmama katılmayı kabul eden öğrencilere teşekkür ederim.

Beni en iyi şekilde yetiştiren ve bugünlere gelmemi sağlayan anneme, babama ve doktora sürecimde bana destek olan, bana moral ve motivasyon kazandıran tüm aile üyelerime teşekkür ederim. Gerek akademik gerekse manevi olarak bana destek olan herkese teşekkür ederim.

Tuğba ÖZSOY

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiii

ÖZET xv

ABSTRACT xvii

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında Suyun Yeri 2

1.3 Araştırma Bağlamı 4

1.3.1 Su Eğitimi..……..... 4

1.3.2 Kompleks Kavramların Öğrenimi ve Sistem Vurgusu..... 5

1.4 Araştırmanın Önemi 6

1.5 Araştırmanın Amacı..... 9

1.6 Problem ve Alt Problemler..... 10

1.7 Sayıltılar 10

1.8 Sınırlılıklar 11

1.9 Tanımlar 11

2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE 12

2.1 Kavramsal Anlama 12

2.2 Fen Eğitiminde Kavramsal Anlama..... 12

2.3 Fen Eğitiminde Kompleks Bir Konu Olarak Su 13
2.4 Sistemik Düşünme 14
2.4.1 Su Sistemini Anlamaya Yönelik Bir Çerçeve 15
2.5 Sosyobilimsel Konular 16
2.5.1 Sosyo-hidrolojik Konular 16
2.6 Sosyobilimsel Konu Tabanlı Öğretim 17
2.6.1 Sosyobilimsel Konu Tabanlı Öğretim Çerçeveleri 17
2.7 Model Tabanlı Öğrenme 22
3 YÖNTEM **23**
3.1 Araştırma Metodolojisi 23
3.1.1 Eğitim Alanında Tasarım Temelli Araştırmanın Kullanılması 25
3.2 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Geliştirilmesi 28
3.3 Modülün Tasarımında İzlenen Tasarım Kararları 30
3.3.1 Sosyobilimsel Konu Yaklaşımının ve Bir Bilim Konusunun Seçilmesi 30
3.3.2 Öğrenme Hedeflerinin Belirlenmesi ve Tasarımın Öğretim Programıyla Uyumlandırılması 30
3.3.3 Odak Konunun Seçilmesi 33
3.3.4 Odak Konunun Keşfi 33
3.3.5 Bilim Fikirlerinin ve Uygulamalarının Etkileşimi 35
3.3.6 Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) Kullanımı 38
3.3.7 Doruk Deneyim 39
3.4 Katılımcılar 39
3.5 Veri Toplama Araçları 40
3.5.1 Kelime İlişkilendirme Testi 41
3.5.2 Sistemik Düşünme Haritası 42
3.5.3 Model Tabanlı Açıklamalar 43

3.5.4 Açık Uçlu Sorulardan Oluşan Anket ……..…..43

3.6 Uygulama Süreci……45

3.7 Puanlama Araçları……..49

3.7.1 Sistemik Düşünme Haritası Rubriği……... 49

3.7.2 Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği……..…. 50

3.8 Verilerin Analizi.....52

3.8.1 Kelime İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi…...52

3.8.2 Sistemik Düşünme Haritasından Elde Edilen Verilerin Analizi….. 52

3.8.3 Model Tabanlı Açıklamalardan Elde Edilen Verilerin Analizi..…. 55

3.8.4 Açık Uçlu Sorulardan Oluşan Ankete Verilen Yanıtların Analizi.. 58

4 BULGULAR **59**

4.1 Öğrencilerin Su Sistemi ile İlişkilendirdiği Kavramlara İlişkin Bulgular..59

4.2 Öğrencilerin Sistemik Düşünmelerine İlişkin Bulgular.....59

4.3 Öğrencilerin Model Tabanlı Açıklamalarına İlişkin Bulgular.....75

4.4 Öğrencilerin Açık Uçlu Sorulara Verdiği Yanıtlara İlişkin Bulgular.....59

4.4.1 Kavram Öğrenimiyle İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular……..……83

4.4.2 Model Tabanlı Açıklamalar (Modelleme) ile İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular …… 86

4.4.3 Sistemik Düşünme ile İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular ……90

4.4.4 Öğrencilerin Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modül ile İlgili Görüşlerine Yönelik Bulgular …… 95

5 TARTIŞMA **98**

5.1 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Geliştirilmesi.....98

5.2 Sistemik Düşünme Becerilerinin Geliştirilmesi.....101

5.2.1 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Su Sistemi Anlayışının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu…… 102

5.2.2 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Hedef Su Konulu Bilimsel Kavramlarına Karar Verilmesi Aşamasının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu ……..103

5.2.3 Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modülde Yer Alan Etkinliklerin Belirlenmesi Aşamasının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu……...….……...104

5.3 Kavramsal Öğrenmelerin Geliştirilmesi 106

6 SONUÇ **110**

6.1 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Uygulanmasının Suya İlişkin Sürdürülebilirlik Eğitimini Desteklediğine Yönelik Sonuçlar..... 110

6.2 Sosyo-hidrolojik Konunun Bir Bağlam Olarak Kullanılmasının K-12 Su Eğitimine ve Su Okuryazarlığına Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar.... 111

6.3 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Öğrencilerin Sistemik Düşünme Becerilerinin Geliştirilmesine Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar..... 113

6.4 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Öğrencilerin Su Konulu Kavramsal Öğrenmelerine Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar..... 116

6.5 Öneriler 117

KAYNAKÇA **122**

A SOSYOHİDROLOJİK KONU TABANLI MODÜL DERS PLANLARI139

B SİSTEMİK DÜŞÜNME HARİTASI RUBRİĞİ **152**

C MODEL TABANLI AÇIKLAMALAR RUBRİĞİ **153**

D AÇIK UÇLU ANKET FORM **155**

E MODÜL UYGULAMASI İÇİN HAZIRLANAN DERS MATERYALLERİ VE ETKİNLİKLER **158**

F DENEYSEL ETKİNLİK FOTOĞRAFLARI **167**

G RESMİ İZİN **169**

H ETİK KURUL ONAY BELGESİ **170**

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **171**

SİMGE LİSTESİ

f	Frekans
κ	Kappa
$\bar{X}$	Ortalama
N	Örneklem
σ	Standart sapma

KISALTMA LİSTESİ

AWWA	American Water Works Association
BİT	Bilgi İletişim Teknolojisi
CCC	Crosscutting Concept
DBR	Design-based Research
DCI	Disciplinary Core Ideas
EPA	Environmental Protection Agency
H	Hiyerarşik
K	Kazanım
KİT	Kelime İlişkilendirme Testi
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MTA	Model Tabanlı Açıklamalar
MTAR	Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği
NGSS	Next Generation Science Standards
NRC	National Research Council
Ö	Öğrenci
SBK	Sosyobilimsel Konu
SDGs	Sustainable Development Goals
SDH	Sistemik Düşünme Haritası
SDHR	Sistemik Düşünme Haritası Rubriği
SSI-TL	Socio-scientific Teaching and Learning
SSSDH	Su Sistemi Sistemik Düşünme Haritası
SSKİT	Su Sistemi Kelime İlişkilendirme Testi
TTA	Tasarım Temelli Araştırma

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Presley vd. (2013) Sosyobilimsel Konular Öğretim Çerçevesi **19**

Şekil 2.2 Friedrichsen vd. (2016)'nın Sosyobilimsel Konular Öğretim Çerçevesi **20**

Şekil 2.3 Sadler vd. (2017b)'nin Sosyobilimsel Konular Öğretim Çerçevesi..... **21**

Şekil 3.1 Araştırmada İzlenen Adımlar..... **24**

Şekil 3.2 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Fen Kavramları **36**

Şekil 3.3 Ö22 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi SDH Çizimi..... **53**

Şekil 3.4 Ö22 Kodlu Öğrencinin Son Su Sistemi SDH Çizimi..... **53**

Şekil 3.5 Ö3 Kodlu Öğrenci Tarafından Çizilen Ön Su Sistemi Modeli..... **56**

Şekil 3.6 Ö3 Kodlu Öğrenci Tarafından Çizilen Son Su Sistemi Modeli..... **57**

Şekil 4.1 Ö14 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi SDH Çizimi..... **63**

Şekil 4.2 Ö14 Kodlu Öğrencinin Son SSSDH Çizimi..... **65**

Şekil 4.3 Ön ve Son SDH ile İlgili Olarak Öğrencilerin Sistemik Düşünme Haritası Rubriği Bişelenlerinden Aldıkları Puanlardaki Değişim..... **71**

Şekil 4.4 Ö2 Kodlu Öğrencinin Ön Sistemik Düşünme Haritası **72**

Şekil 4.5 Ö2 Kodlu Öğrencinin Son SDH (a) **73**

Şekil 4.6 Ö2 Kodlu Öğrencinin Son SDH (b) **74**

Şekil 4.7 Ö10 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi Modeli..... **75**

Şekil 4.8 Ö15 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi Modeli..... **75**

Şekil 4.9 Öğrencilerin Ön ve Son Su Sistemi Modelleme Puanlardaki Değişim. **77**

Şekil 4.10 Ö14 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi Modeli..... **78**

Şekil 4.11 Ö14 Kodlu Öğrencinin Son Su Sistemi Modeli..... **79**

Şekil 4.12 Ö25 Kodlu Öğrencinin Ön Su Sistemi Modeli..... **80**

Şekil 4.13 Ö25 Kodlu Öğrencinin Son Su Sistemi Modeli..... **81**

Şekil 4.14 Su Sistemi ile ilgili İlk Kez Öğrendiği Kavramlara..... **82**

Şekil 4.15 Ö19 Kodlu Öğrencinin Modül Sayesinde Daha İyi Anladığını Düşündüğü Kavramlar ve Süreçler ile ilgili Görüşü..... **84**

Şekil 4.16 Öğrenci Görüşlerine Göre Modellemeye Katkı Sağladığı Düşünülen Etkinlikler..... **89**

Şekil 4.17 Öğrencilerin Nihai Modellemelerine Yönelik Memnuniyet Durumları **90**

Şekil 4.18 Sistemik Düşünme Haritasına Katkı Sağladığı Düşünülen Etkinliklere Yönelik Öğrenci Görüşleri **93**

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün kapsamındaki ders dizisi.....**31**

Tablo 3.2 Katılımcılara ait demografik bilgiler **40**

Tablo 3.3 Çalışmadaki veri toplama araçlarının kullanım amacı **41**

Tablo 3.4 Kelime ilişkilendirme testi **42**

Tablo 3.5 Öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler **46**

Tablo 3.6 Ö22 kodlu öğrencinin çizdiği sistemik düşünme haritasının rubrik ile değerlendirilmesi **55**

Tablo 3.7 Ö3 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli değerlendirmesi.....**57**

Tablo 4.1 Öğrencilerin su sistemi anahtar kavramına verdiği ön cevap kelime sayıları ile son cevap kelime sayıları **60**

Tablo 4.2 Su sistemi anahtar kavramına verilen cevaplara ilişkin bulgular.....**62**

Tablo 4.3 Ö14 kodlu öğrencinin çizdiği sistemik düşünme haritasının rubrik ile değerlendirilmesi **64**

Tablo 4.4 Ön ve son sistemik düşünme haritası çizimlerinde ilgili sistemik düşünme basamağı bileşenine yer veren öğrenci sayılarına ilişkin bulgular **67**

Tablo 4.5 Ö14 kodlu öğrenci son SDH çiziminden aldığı puanlar……**67**

Tablo 4.6 Sistemik düşünme haritası rubriği bileşenlerine yönelik bulgular…….**70**

Tablo 4.7 Öğrencilerin ön ve son SDH çizimlerine yönelik bulgular.....**72**

Tablo 4.8 Öğrencilerin ön ve son su sistemi modellerinin model tabanlı açıklamalar rubriği ile değerlendirilmesine ilişkin bulgular **76**

Tablo 4.9 Öğrencilerin ön ve son modellerine yönelik bulgular **78**

Tablo 4.10 Öğrencilerin modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğü kavram ve süreçler ile ilgili görüşlerine ilişkin bulgular.....**85**

Tablo 4.11 Modellemenin faydalarına yönelik öğrenci yanıtlarından elde edilen bulgular **87**

Tablo 4.12 Modellemeye katkı sağlayan etkinliklere yönelik öğrenci görüşleri..**88**

Tablo 4.13 Buzdağı ve nedensel ilişkiler haritası adlı etkinliklerin amacına yönelik olarak verilen yanıtlardan elde edilen temalar.....**91**

Tablo 4.14 Sistemik düşünme haritasına katkı sağladığı düşünülen etkinliklere yönelik öğrenci görüşleri.....**94**

Tablo 4.15 Öğrencilerin sistemik düşünme haritasını oluştururken izlediği adımlar ve öğrenci yanıtları örnekleri..... **95**

Tablo 4.16 Öğrenci görüşlerine göre en çok beğenilen etkinlikler..... **96**

Tablo 4.17 Öğrencilerin etkinliklere ilişkin görüşleri..... **97**

ÖZET

Ortaokul Öğrencilerinin Su Sistemi ile İlgili Sistemik Düşünme ve Kavramsal Anlama Düzeylerinin Sosyo-Hidrolojik Konu Tabanlı Modül ile Geliştirilmesi

Tuğba ÖZSOY
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

Fen derslerinde su ile ilgili bilimsel okuryazarlığı desteklemek ve suyun sürdürülebilirliğini sağlamak için öğrencilerin suyu bir sistem olarak görmeleri ve su ile ilgili kavramsal bilgilere sahip olmaları temel bir gereksinim haline gelmiştir. Araştırmada öğretim ve öğrenme uygulamalarını geliştirmek gibi pragmatik bir amaca sahip olan tasarım temelli araştırma metodolojisi kullanılmış ve tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül aracılığıyla bir öğretim müdahalesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı kompleks bir konu olan su sistemini sosyo-hidrolojik bağlamda ele alarak öğrencilerin su sistemi ile ilgili sistemik düşünmelerini ve kavramsal öğrenmelerini geliştirmektir. Çalışmaya Bursa ilindeki bir ortaokulun yedinci sınıfında öğrenim gören 32 öğrenci katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak Su Sistemi Kelime İlişkilendirme Testi, Sistemik Düşünme Haritası, Model Tabanlı Açıklamalar ve açık uçlu sorulardan oluşan anket kullanılmıştır. Öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme becerilerinin gelişimi öğrencilerin çizdiği sistemik düşünme haritaları ile izlenirken öğrencilerin su sistemi ile ilgili kavramsal anlamaları oluşturdukları model tabanlı açıklamalar ile izlenmiştir. Çalışmada araştırmacı tarafından 2 farklı rubrik geliştirilmiştir.

Öğrencilerin çizdiği sistemik düşünme haritaları Sistemik Düşünme Haritası Rubriği ile analiz edilirken su sistemi model tabanlı açıklamaları ise Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği ile analiz edilmiştir. Öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasında kullanılan etkinlikler hakkındaki görüşleri açık uçlu sorulardan oluşan anket kullanılarak tespit edilmiş ve toplanan veriler tematik analiz yöntemi kullanılarak sistematik biçimde analiz edilmiştir. Araştırma bulguları karmaşıklık içeren dünya sistemi anlayışının dayandığı temeli daraltmadan sistemik düşünmeyi etkin kılan bir yaklaşımı temel alan ders tasarımının öğrencilerin su sistemi anlayışlarının ve su ile ilgili kavramsal anlamalarının geliştirilmesine katkı sağladığını ortaya koymuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar bilimsel okuryazarlığı desteklemede güçlü bir yaklaşım olarak gösterilen sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımının öğrencilerin su konulu bilimsel kavramlarla ilgili anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmesi, sistemik düşünme becerilerinin geliştirilmesi ve su okuryazarlığının desteklenmesi için kullanılabileceğini göstermiştir. Bu alanda daha fazla çalışma yapılmasını önermekle birlikte bu çalışma sistemik düşünmenin entegre edildiği sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımının kullanımının yaygınlaştırılmasının su eğitiminin etkililiğini artırmada yararlı olacağını ileri sürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kavramsal anlama, model tabanlı açıklamalar, sistemik düşünme, sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül, tasarım temelli araştırma

ABSTRACT

Developing Middle School Students' Systems Thinking and Conceptual Understanding Levels about Water Systems via Socio-hydrologic Issue Based Module

Tuğba ÖZSOY

Department of Mathematics and Science Education
Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Sami TOPÇU

In order to promote scientific literacy about water in science lessons and ensure water sustainability, it has become a basic requirement for students to understand water as a system and possess the necessary conceptual knowledge of water. In the research, it was used a design-based research methodology with a pragmatic aim of improving teaching and learning practices and an instructional intervention was implemented through a designed socio-hydrologic issue-based module. The aim of this study is to develop students' systems thinking skills and conceptual understanding with regard to water, by considering a complex issue such as water systems within a socio-hydrological context. 32 seventh-grade students from a middle school in Bursa participated in the study. In the study, Water Systems Word Association Test, Systems Thinking Map, Model-based Explanations, and a questionnaire form consisting of open-ended questions was used as data collection tools. The development of students' systems thinking skills regarding the water systems was monitored through the systems thinking maps drawn by students while their conceptual understanding of the water system was monitored through the model-based explanations. In the study, two different rubrics were developed by

the researcher. While the systems thinking maps drawn by the students were analyzed with the Systems Thinking Map Rubric, the students' water system model-based explanations were analyzed with the Model-based Explanations Rubric. Students' opinions about the activities used in the socio-hydrologic issue-based module were determined using a questionnaire consisting of open-ended questions and the data collected through the questionnaire were systematically analyzed using thematic analysis. Research findings revealed that a course design based on an approach that fosters systems thinking without narrowing the foundation on which the complex world system, contributes to students' comprehension of the water systems and their conceptual understanding of water. The results obtained in the study indicated that the socio-scientific issue-based teaching-learning approach, which is shown to be a powerful method in supporting scientific literacy, can be used to provide students with meaningful learning about scientific concepts related to water, to develop systems thinking skills, and to support water literacy. While recommending further work in this area, this study suggests that broader implementation of a socio-scientific issue-based teaching approach that integrates systems thinking would be beneficial for enhancing the effectiveness of water education.

Keywords: Conceptual understanding, model-based explanations, systems thinking, socio-hydrologic issue-based module, design-based research

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Su yaşam için vazgeçilmezdir. Suya muhtaç bir yaşam düzeninde her geçen gün insanoğlunun su ile imtihanı çetinleşmektedir. Günümüzde toplumlar bir dizi küresel suyla ilgili problemlerle karşı karşıyadır. Su krizleri ve kuraklık 21. yüzyılın gündeminde yer almaktadır (Masten vd., 2016; Biswas ve Tortajada, 2019).

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, sürdürülebilir kalkınma için gezegenimizde 2030 yılının sonuna kadar ulaşılması planlanan 17 evrensel sürdürülebilir kalkınma amacı belirlemiştir. Belirlenen evrensel sürdürülebilir kalkınma amaçlarının altıncısı Temiz Su ve Sanitasyon olarak yerini almıştır. Bu amaç ile; herkes için erişilebilir su, atık su hizmetlerinin ve sürdürülebilir su yönetiminin güvence altına alınması konuları gündeme getirilmiştir (SDGs, 2015).

Kalan sınırlı zaman göz önünde bulundurulduğunda belirlenen hedeflere planlandığı sürede üstelik evrensel düzeyde ulaşılması çok mümkün gözükmese de dünyamızın hali hazırda içinde bulunduğu giderek daha ciddi bir hal alan su sorunlarının üstesinden gelinmesi ve sürdürülebilir kalkınma için bu mücadelenin uzun yıllar sürdürülmesi gerektiği görülmektedir (Leitão vd., 2020). İçinde bulunduğumuz durum, nüfusun büyük bir bölümünün suya yönelik sürdürülebilir bir toplumun parçası olmadığını göstermektedir (Maniam vd., 2021). Oysa ki günümüz koşullarında su sorunlarıyla başa çıkabilecek bireylerin yetiştirilmesi her zamankinden daha önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir (Türker vd., 2022; Wiek vd., 2011).

Hayatın temel kaynağı olan ve medeniyetlerin köklenmesinde rol oynayan suyun canlılığın devamlılığı için vazgeçilmez olması, suyun eşsiz fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bulunması, doğal sistemin bir alt parçası olarak su sisteminin

incelenmesi ihtiyacı su konusunu eğitimin bir parçası haline getirmiştir. Su konusu küresel düzeyde farklı kademelerde okul müfredatlarında (fen bilimleri, coğrafya, kimya, yer bilimi, biyoloji) ve su ile ilgili oluşturulan çok sayıdaki programda (örneğin Amerikan Su İşleri Birliği Eğitim Programı -AWWA-; Arizona'nın "Su - Akıllıca Kullan" kampanyası vb.) yerini almıştır (Bock, 1984; Larson ve Redman, 2014).

Su kaynaklarında meydana gelen niteliksel ve niceliksel olumsuzluklar nedeniyle çevre sorunlarının başlıca ögelerinden biri olan su (Firidin, 2015) ve su sistemi hakkında bilimsel okuryazarlık geliştirilmesinin K-12 öğrencileri (anaokulundan 12. sınıfa kadar) için her daim önemli olduğu belirtilmektedir (Forbes vd., 2015a). Özellikle örgün eğitim yoluyla su okuryazarlığının teşvik edilmesi oldukça mühimdir (Mostacedo-Marasovic vd., 2022). Bu hususta büyük sorumluluk bireyleri her yönüyle (okuma yazma gibi temel becerilerin kazandırılmasının yanı sıra bilim, sanat, kültür alanında da) geliştirmeyi, topluma faydalı hale getirmeyi amaçlayan okullara yüklenmiştir. Okulların su okuryazarlığının kazandırılmasında üstlendiği rol (Amahmid vd., 2019) okul müfredatlarına su konulu içeriklerin dahil edilmesine sebep olmuştur.

1.2 Fen Bilimleri Öğretim Programında Suyun Yeri

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) incelendiğinde ilkokul 3. sınıf itibariyle öğrencilere hidrosfer ile ilgili Dünya yüzeyinin ¾'ünün sularla kaplı olması gibi temel bilgilerin verilmeye başlandığı görülmektedir. İleri sınıflarda suyun doğadaki formları ve hal değiştirme süreçleri gösterilmektedir. Ancak insanlar ve çevreleri arasındaki etkileşime odaklanan karmaşık ilişkilere özellikle ortaokul 5. sınıf ve 8. sınıf seviyelerinde yer verilmektedir. İnsanlar ve çevre arasındaki etkileşime odaklanan karmaşık ilişkiler 5. sınıf öğrencilerine İnsan ve Çevre ünitesi ile öğretilmeye başlanmaktadır. Bu ünitede su ekosistemi, su kirliliği, iklim değişikliği, yağış kaynaklı doğal afetler gibi konularda su teması ile ilişkili kazanımlar yer almaktadır.

6. sınıf seviyesinde Madde ve Isı ünitesinin yakıtları konu alan bölümünde yakıt seçiminde çevreye karşı duyarlılık vurgulanır, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları tanıtılır, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak suya yer verilir.

7. sınıf seviyesinde Saf Madde ve Karışımlar adlı ünitenin Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm konusuna ait kazanımlarında evsel atıkların oluşturduğu çevre kirliliği ile mücadele ve geri dönüşüm faaliyetleri ile doğal kaynakların korunması konularında su teması öne çıkarılabilir.

Müfredatın 8. Sınıf seviyesinde su döngüsü konusu, doğrudan su temalı bir kazanım olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji Dönüşümleri ve Çevre Bilimi adlı ünite ile insan ve çevre arasındaki etkileşime odaklanan karmaşık ilişkilere doğrudan yer verilirken, Mevsimler ve İklim ünitesi ve Madde ve Endüstri ünitesinin Asitler ve Bazlar bölümünde yer alan Asit Yağmurları konusunda insan ve çevre etkileşimi vurgusu kavramsal öğretim amacının gölgesinde bırakılmıştır.

Fen öğretim programında yer alan kazanımlar incelendiğinde, su okuryazarlığını sağlayacak temel kavramların farklı sınıf seviyelerinde farklı konu alanına sahip çeşitli üniteler içerisine dahil edilerek verilmeye çalışıldığı ve örtük kazanımlar nedeniyle sarmallık ilkesinin kesintiye uğradığı ortaya çıkmaktadır. Öğrencilerin okuryazarlık kazanabilmesi için kazanımların daha erken yaş seviyelerine çekilmesi ve basitten karmaşığa doğru gidilerek sarmal bir yapı ile birbirini desteklemesi gerekmektedir (Ursavaş vd., 2020).

Müfredat konu ve kazanımları su teması odaklı değerlendirildiğinde 5., 6. ve 8. sınıf seviyelerinde insan ve çevre odaklı su temalı kazanımlara doğrudan yer verildiği ve su odaklı kazanım çıktılarının net olduğu belirlenmiştir. Ancak 7. sınıf seviyesinde direkt su odaklı bir ünite bulunmaması ve asıl vurgunun su teması üzerinde olmaması nedeniyle su odaklı kazanımların öğrencilere kazandırılmasında bir boşluk oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum 7. sınıf seviyesinde su temalı kazanımlarla ilgili olarak sarmal yapının yetersiz kaldığını göstermektedir. Ayrıca 7. sınıf seviyelerindeki öğrencilerin müfredatta örtük olarak yer bulan su temalı kazanımları ne ölçüde öğrendiğine dair yapılan değerlendirme eksiktir. Aynı zamanda 7. sınıf seviyesinde öğrencilere verilmek istenen su temalı kazanımların su temasını örtük şekilde barındırıyor olması su temasına ilişkin uygulayıcıların hassasiyetine, öğrencilerin farkındalığına bağlı olarak değişiklik göstererek öğretim sonuçlarını farklılaştırabilir. Bu farklılıklar okul müfredatının ulusal boyutta su konusunda bilimsel okuryazarlık kazandırma hedefi ile örtüşmemektedir.

Dahası su konusuna ilişkin bilimsel okuryazarlık kazandırmak sadece suyun arkasındaki bilimi değil, aynı zamanda su yönetimi, kalitesi ve dağıtımıyla ilgili tarihsel, sosyal, ekonomik ve politik yönleri de anlayan bireylerin yetiştirilmesi anlamına geldiğinden var olan su eğitiminin su ile ilgili bilimsel okuryazarlık kazandırılması hedefine ne kadar hizmet ettiğini tartışmak gerekir. Görünen şu ki mevcut su eğitiminde su okuryazarı olabilmek denildiğinde bireyin sahip olması gereken bütüncül ve eyleme dayalı bir bakış açısına odaklanma yetersizdir (Sammel, 2014).

Yukarıda belirtilen tespitler doğrultusunda çalışmanın su temalı kazanımlarla ilgili olarak sarmal yapıyı güçlendirmek ve öğrencilerin su konusunda bilimsel okuryazarlığını gelişimine katkı sağlamak amacıyla bütüncül bir bakış açısıyla 7. sınıf seviyesindeki öğrencilerle yapılması planlanmıştır.

Çalışmada 7. sınıf seviyesinde yer alan evsel katı ve sıvı atıkların kontrolü ve kaynakların etkili kullanımı konuları, su eğitimi vizyonunu sürdürülebilir bir bakış açısıyla öğrencilere kazandırmak, doğal sistemler ile insan etkileşimini göstermek, insan faktörünün doğal sistemler ve kaynaklar üzerindeki etkisini ön plana çıkarmak için bir fırsat olarak kullanılmıştır.

1.3 Araştırma Bağlamı

1.3.1 Su Eğitimi

Bireylerde suya karşı sorumluluk oluşturmak, onların su problemlerine karşı duyarlı olmasını sağlamak, su kaynakları, su kullanımı, su kirliliği, suyun korunması ve yönetimi gibi konularda bilgi kazandırmak, su döngüsü kavramını öğretmek ve bu döngünün korunmasını sağlamak, suyun arıtım aşamaları konusunda bilgilendirmek, su kaynaklarının korunması, su kirliliğinin azaltılması ve suyun tasarruflu kullanımı üzerine tutum ve davranışlar kazandırmak su eğitiminin amaçları arasındadır (Çankaya, 2014; Kızılay, 2019).

Nasr (1998), çocukların suyu anlamalarına öncülük etmenin ve suyun korunması, savunulması, paylaşılması, kısacası özgün yurttaşlık bilincine taşınmasının, uygun bir su eğitimi sayesinde başarılacağını ifade etmiştir. Nasr (1998)' a göre su eğitimi 1) çocuğu su konusunda sorumlu kılmak, 2) su hakkında ortaya çıkan sorunlara çocuğu dahil etmek, 3) çocuğun tutum ve davranışlarını suya saygı gösterecek

şekilde değiştirmek ve 4) karmaşıklık düşüncesine girişerek çocukta karmaşıklık duygusunu geliştirmek meselesidir.

Su eğitimi için kilit bir rolü olan su döngüsünün öğretim programlarında genişleyen bir içerikle yer alması (Çeken, 2010), "sürdürülebilir çevre için eğitim" anlayışının gelişmesine de katkı sağlayacaktır (Tanrıverdi, 2009). Su eğitiminin sürdürülebilir bir bakış açısıyla yapılması ile öğrenciler doğa ve çevre hakkında farkındalık ve değer, suyun makul kullanımına katkıda bulunan bilgiler kazanır ve sürdürülebilir kalkınma için katılım oluşturulabilir (Martínez-Borreguero vd., 2020).

Fen dersi kazanımları göz önüne alındığında öğrencilerin erken yıllarda hidrosfer hakkında bilgi oluşturma fırsatları olsa bile, yapılan çalışmalar öğrencilerin su döngüsünü anlama (Forbes vd., 2015a; Gunckel vd., 2012; Zangori vd., 2015; Zangori vd., 2017b) ve kompleks bir yapıda olan su döngüsünü bir sistem olarak ele alma da (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005b) zorlandığını göstermiştir.

Literatürden elde edilen bilgiler ışığında yapılacak olan çalışmanın odağında su odaklı kazanımların öğrenciye kazandırılması noktasında tespit edilen boşluğun giderilmesi, su eğitiminde sürdürülebilirlik vurgusunun desteklenmesi ve su odaklı kazanım çıktılarının daha net olarak görülebilmesi için su teması kazanımlarını ön plana çıkarabilecek bir öğretim yaklaşımına ihtiyaç olduğu görülmüştür. Aynı zamanda çalışmanın gerçekleştirilmesi için izlenecek yaklaşımın hem öğrencilerin temel hidrolojik kavram bilgisini desteklemeye hem de suyu bir sistem olarak ele alarak kopuk bilgi parçalarından ziyade anlamlı bir bütün oluşturmaya hizmet etmesinin (bütüncül bakış açısının) elzem olduğu sonucuna varılmıştır.

1.3.2 Kompleks Kavramların Öğrenimi ve Sistem Vurgusu

Sistemik düşünme, sürecin bağımsız bileşenlerinden ziyade bir süreçteki çeşitli bileşenler arasındaki ilişkiyi vurgulayan gerçekliği anlamanın bir yolu olarak tanımlanır (Gregory ve Miller, 2011). Kompleks kavramların öğrenimi ve sistemik düşünme becerisi 90'lı yıllardan itibaren fen eğitimi araştırmalarında ilgi görmüş ve sistemik düşünme farklı müfredatlara (Almanya coğrafya müfredatı, Hollanda biyoloji müfredatı gibi) dahil edilmiştir (Cox vd., 2019; Gilissen vd., 2020).

Günümüzde de sistemik düşünmenin fen öğretimindeki kullanımı sürmekte olup yeni müfredat standartları, fen sınıflarında sisteme bütünsel yaklaşılması çağrısını açıkça dile getirmektedir. Örneğin Yeni Nesil Bilim Standartlarında (NGSS),

kesişen kavram (crosscutting concepts) olarak sistemler ve sistem modelleri yer almaktadır (NGSS, 2013). Sistemler ve sistem modellerine yönelik yapılan "incelenen sistemi tanımlamaya, sınırlarını belirlemeye ve bu sistemin bir modelini açık hale getirmeye odaklanan kesişen bir kavramdır" şeklindeki tanımlama sistem üzerine düşünmeyi ön plana çıkarmaktadır (NRC, 2012). Yine ülkemizin 2023 eğitim vizyonunda vurgulandığı gibi "Eğitim sistemleri, ancak insan doğasına ait tüm bu unsurlara bütüncül bir sorumluluk geliştirebildiği ölçüde başarılıdır" (MEB, 2018, s.16). Bu alıntı sistemlere bütüncül bir bakış açısı ile yaklaşmak gerektiğinin altını çizmektedir.

Bu bütüncül bakış açısına istinaden doğal sistemlerin hem insanlardan etkilendiği hem de insan hayatını etkilediği düşünüldüğünde karmaşık bir sistem olan su sistemini sadece doğal bir sistem olarak ele almak yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple bu çalışma su sistemini sadece doğal bir sistem olarak ele almakla kalmayıp bunu bir adım daha ileriye taşıyarak su döngüsü ile insan etkileşimini de ön plana çıkarmaya odaklanmıştır. Bu amaçla çalışma, sosyo-hidrolojik konuları fen öğretiminde bir bağlam olarak kullanarak, su döngüsü sistemi üzerindeki insan etkisini anlamadaki güçlüğü gidermeye çalışmaktadır.

1.4 Araştırmanın Önemi

Literatürde su döngüsünü konu edinen çalışmaların bazıları ilkokul, bazıları ortaokul, bazıları lise, bazıları üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir: Bar (1989), su döngüsü ile ilgili (5-15 yaşları arasındaki) öğrenci görüşlerini; Çardak (2009), üniversite öğrencilerinin çizimlerine göre su döngüsü yanılgılarını; Derman ve Yaran (2017), lise öğrencilerinin su döngüsü ile ilgili bilgi yapılarını; Genç (2020), ortaokul öğrencilerinin su döngüsü ile ilgili kavramalarını; Shepardson vd., (2009), öğrencilerin su döngüsü ile ilgili bağlantısız kavramlarını; Taiwo vd., (1999), ilkokul öğrencilerinin su döngüsü algılarını araştırmıştır. Yine literatürde öğretmen adayları ve öğretmenler ile su döngüsü gibi karmaşık sistemleri özellikle sistemik düşünme açısından nasıl anladıklarıyla ilgili bir çalışma da yapılmıştır (Lee vd., 2019).

Bu çalışma ise su döngüsünü karmaşık bir sistem olarak ele alması ile sadece su döngüsü odaklı olan çalışmalardan (Bar, 1989; Baumfalk vd., 2019; Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005a; Çardak, 2009; Dove, 1999; Derman ve Yaran 2017; Genç

2020; Shepardson vd., 2009; Vo vd., 2015) ayrışmaktadır. Bununla birlikte çalışmanın su döngüsü sistemine daha fazla insan faktörü dahil ederek doğal sistem vurgusunu sosyal, ekonomik, politik sistemler ile kaynaştırması öğrencilerin su döngüsüne dair sistemik düşünme seviyelerini araştıran (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005a; 2005b; 2010) literatürdeki çalışmalardan da farklılaştırmaktadır.

Küresel eğitim vizyonunun topluma hizmet edebilecek yetkinliğe sahip bireyler yetiştirmek, vatandaşlık bilinci kazandırmak gibi amaçlar doğrultusunda evrilmesi doğal sistemler, insan ihtiyaçlarını gözeten müdahaleler, çevresel problemler, politika tartışmaları ve sürdürülebilir çevre söz konusu olduğunda bu konular hakkında birden fazla perspektiften düşünmeyi ve bilimsel bilgiler ışığında probleme çözüm üretmeyi gerekli kılmaktadır (Kolsto, 2001; Lee, 2013).

Öğretim sırasında su sisteminin sosyo-hidrolojik konular gündemi ile ele alınması, bu ihtiyacı karşılamaya yönelik güçlü bir öğretim yaklaşımının kullanılması anlamını taşımaktadır. Öğrenciler bilgilerini gerçek dünya durumlarına uygulamayı öğrenmelidir (Owens vd., 2020). Değişimle başa çıkabilen bir dünya sistemi için su sisteminin rolünü bütünsel olarak anlamak, değerlendirmek ve sürdürmek gerekliliği, sanayi devrimi sonrası insanlığın çevre üzerinde önemli etki yapmaya başladığı ve bu etkinin giderek güçlendiği insan çağında son derece zorlu ve acildir (Gleeson vd., 2020). Ancak, öğrenciler çoğu zaman sistemin görünür bileşenlerine odaklanırlar, sistem bileşenleri arasında tekli nedensel ve doğrusal bağlantılar kurabilirler ve bir sistemin yapısını ve altta yatan mekanizmaları anlamakta güçlük çekerler (Grotzer ve Basca, 2003; Hmelo-Silver vd., 2007).

Öğrenciler, sistemik düşünme becerilerini geliştirmek için desteklenmelidir (Lally ve Forbes, 2020). Bunu sağlamak için öğrencilerin oluşturdukları modeller, öğrencilerin öğrenmesi ve sistemler hakkında düşünmesi için birer yapı iskelesi olarak kullanılabilir ve öğrencilerin sistem bağlantıları kurmalarına yardımcı olmak için bileşenleri çevreleyen mekanizmaları ve kalıpları tartışarak zaman harcamaları sağlanabilir (Çardak, 2009). Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim belirtilen bu öğrenme ortamını sağlamak için elverişlidir. Çünkü sosyobilimsel konu tabanlı öğretim "gerçek dünya" problemlerinin sınıfa taşındığı, konuyla ilgili bilimsel verilerin toplandığı ve/veya analiz edildiği ya da yorumlandığı, ele alınan konunun sosyal, politik ve ekonomik boyutlarının müzakere edildiği, işbirlikçi, etkileşimli ve demokratik bir öğrenme ortamı sağlar (Presley vd., 2013). Aynı zamanda

öğrencilerin fen konularını (örneğin sosyo-hidrolojik konuları) işlevsel hale getirmesi ve modelleme yapması için de sistemik düşünme kullanılabilir ancak bu anlayışta ve sistemik düşünmenin üst bilişsel değerlendirmesinde boşluklar bulunmaktadır (Lally ve Forbes, 2020). Bu ihtiyaca hitaben Lally ve Forbes, (2020) insan-su veya sosyo-hidrolojik sistemlerin birleşimine odaklanan, giriş düzeyinde, disiplinler arası bir ders planlayarak uygulamaya koymuştur.

Sabel ve diğerlerinin (2017), yaptığı çalışmada lisans öğrencilerinin sosyo-hidrolojik konular hakkında kararlar vermelerine ve bu kararlarını desteklemek için kullandıkları kaynaklara odaklanmışlardır. Çalışma öğrencilerin (a) bir kararı, kararlarına destek sağlamaktan daha etkili bir şekilde ifade ettiklerini, (b) tipik olarak ya bilimsel bilgi açıklamalarını ve görüşlerinin gerekçelerini kararlarına dahil ettiklerini ya da hiçbirine yer vermediklerini ve (c) bilgiyi aktarmakta zorlandıklarını göstermiştir. Çalışma lisans öğrencileri arasında bilimsel okuryazarlığın gelişimi ve sosyo-hidrolojik konularla ilgili karar verme süreçlerine ilişkin bir iç görü sağlamıştır.

Öğretmenlerin fen eğitiminde sosyobilimsel konu tabanlı öğrenmeyi kullanmasının önündeki en büyük zorluk sosyobilimsel konu tabanlı müfredat materyallerinin yetersizliğidir. Bu nedenle müfredatla uyumlu sosyobilimsel konu tabanlı ünitelerin geliştirilmesi gereklidir (Topçu, 2017). Bu çalışma su odaklı sosyobilimsel konu tabanlı modülün ve diğer birçok su odaklı ilgili materyalin tasarımını içermektedir. Bu nedenle çalışma önceki sosyobilimsel konu tabanlı müfredat materyallerinden farklı ve yeni bir konuda müfredat materyali sunarak öğretmenlere kılavuzluk eder. Fen öğretiminde kompleks bir konu olarak bulunan su konusuna yönelik tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül, çalışmada sistemik düşünme yaklaşımıyla ele alınmıştır. Bu açıdan çalışma öğretmenlere sosyobilimsel konu tabanlı öğretim, sistemik düşünme temelli yaklaşım ve su konusu için açık bir kaynak sağlamaktadır.

Sosyo-hidrolojik konuları fen öğretiminde bir bağlam olarak kullanan ve sosyobilimsel konular yaklaşımına sistemik düşünme becerisini dahil eden çalışmaların (Lally ve Forbes, 2020) sayısının oldukça sınırlı olduğu ve yapılan uygulamaların lisans seviyesinde yapıldığı tespit edilmiştir. Su okuryazarlığının küçük yaşlardan itibaren kazandırılmasının bir ihtiyaç olduğu düşünüldüğünde bu çalışmanın daha küçük bir yaş seviyesindeki 7. sınıf öğrencilerine yönelik olarak

yapılacak olması su okuryazarlığının erken dönemlerde öğrencilere kazandırılması için önemlidir. Ayrıca öğrencilerin sosyo-hidrolojik konular hakkındaki anlayışlarını nasıl yapılandırdıklarını belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarının sosyo-hidrolojik konuların fen öğretimde bir bağlam olarak kullanımı ve öğrencilerdeki somut çıktılarının (sistemik düşünebilme ve su konulu fen kavramlarını öğrenme) saptanmasına yönelik olarak alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada sistemik düşünme perspektifine uygun öğretim stratejilerinin, öğretim araçlarının ve sistem bağlamlarının (çevresel problemler) amaçlı seçimi ile tasarlanan su temalı sosyobilimsel konu tabanlı modül sayesinde ortaokul öğrencilerinin sistemik düşünme becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte küresel olarak dağılmış ve birbirine bağlı insan faaliyetlerinin, su döngüsündeki değişikliklerin baskın gücü haline gelmesi (Gleeson vd., 2020) nedeniyle öğrencilerin su döngüsü sisteminin temel kavramlarına ait eksik kalan bilgilerini tamamlamak ve su döngüsü sistemine dair sahip olduğu yetersiz anlayışı geliştirmek de amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu çalışma su konusu ile ilgili çağımızın getirdiği modern zorluklarla etkin bir şekilde başa çıkabilmek için öğrencilerin suyun özelliklerini ve bilimsel süreç ve uygulamaların doğasını anlamaları ihtiyacını gidermeye yönelik disiplinler arası bir anlayış sergilemektedir.

Disiplinler arası anlayış hem farklı disiplinlere ait bilgi ve becerileri anlamlı bir biçimde bir araya getirme ve kullanma yönünde etkili bir stratejidir hem de bir konu veya probleme yönelik belirli disiplinlere ait bilgi ve becerilerin öğrenilmesine katkı sağlamaktadır (Yıldırım, 1996). Disiplinler arası yaklaşımda temel amaç belirli bir disiplinin bilgilerini transfer etmek değil çeşitli disiplinlerin bilgilerinin belirli bir amaç doğrultusunda kullanmaktır (Yıldırım, 1996). Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim disiplinler arası sistemleri düşünmek için bir fırsattır; örneğin su kirliliği gibi bir sorunun nasıl geliştiğini, sonuçlarını veya sorunun nasıl çözülebileceğini sosyal sistemler (politika ve ekonomik sistemler) ve bilimsel sistemler (fiziksel, yaşam ve Dünya sistemleri) merceğinden incelemeden, dinamik

ve disiplinler arası sistemleri ve bu sistemlerin birbirine bağımlı doğasını anlamadan öğrencilerin su kirliliğini derinlemesine kavraması gerçekleşmeyecektir (Ewing ve Sadler, 2020).

Öğretim sırasında bir bağlam olarak kullanılan sosyo-hidrolojik konunun su döngüsü ve insan etkileşimini somutlaştırması ve sistemik düşünmeyi aktif kılması, öğrencilerin sistemik düşünme becerisini kullanmalarının ise sosyo-hidrolojik konunun işlevselleştirilmesi ve modelleme yapmak için yardımcı bir rol üstlenmesi beklenmektedir. Ayrıca ortaokul seviyesi için geliştirilecek olan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün fen öğretim programındaki su temalı kazanımlarla ilgili olarak sarmallık ilkesini güçlendireceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı kompleks bir konu olan su sistemini sosyo-hidrolojik bağlamda ele alarak öğrencilerin su sistemi ile ilgili sistemik düşünme seviyelerini ve kavramsal öğrenmelerini geliştirmek olarak belirlenmiştir.

1.6 Problem ve Alt Problemler

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasının 7. sınıf öğrencilerinin sistemik düşünme seviyeleri ve kavramsal anlama düzeyleri üzerindeki etkisi nasıldır?

Alt problemler

1. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sonucunda 7. sınıf öğrencilerinin su sistemine ilişkin sistemik düşünme hiyerarşisindeki seviyelerinin değişimi nasıldır?

2. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sonucunda 7. sınıf öğrencilerinin su sistemine ilişkin kavramsal öğrenmeleri nasıl değişmiştir?

3. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasında kullanılan etkinliklerin öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenmelerinin gelişimine sağladığı katkılar ve etkinlikler hakkındaki düşünceleri nelerdir?

1.7 Sayıltılar

- Araştırmaya katılan öğrencilerin ölçme araçlarına gerçek durumlarını yansıtacak yanıtlar verdikleri ve çalışmaya samimiyetle katılım sağladıkları varsayılmaktadır.

- Araştırmacının sahip olduğu bilgi ve tecrübe doğrultusunda modül gereksinimlerini gereken şekilde aktardığı kabul edilmiştir.

1.8 Sınırlılıklar

Bu araştırma aşağıdaki sınırlılıklar mevcuttur.

- Çalışma Türkiye'de Marmara Bölgesi ve Bursa ilinde bulunan bir devlet okulunun 7. sınıf öğrencileri ile sınırlıdır.
- 2021-2022 eğitim-öğretim yılının bahar yarıyılı ile sınırlıdır.
- Araştırma kapsamındaki öğrenme ortamı modülün tasarımı ve odak konunun seçimi Fen Bilimleri Öğretim programında yer alan 7. sınıf *evsel atıklar ve geri dönüşüm* kazanımları ile sınırlıdır.
- Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün öğrenciye sağladığı katkılar sistemik düşünme haritası çizimi, model tabanlı açıklamalar ve kazanımlar, uygulanan etkinlikler ve uygulama süreci hususlarına yönelik açık uçlu sorulardan oluşan anketten elde edilen öğrenci yanıtları ile sınırlıdır.

1.9 Tanımlar

Su Eğitimi: Su kaynaklarının kullanımına karar verilmesini ve gelecek nesli suyun akıllıca kullanılması ile ilgili uygun davranışlara teşvik eden bilgi ve tutumlarla donatılmasını sağlamak amacıyla verilen eğitimdir (Amahmid vd., 2019).

Sistemik Düşünme: Dünyayı kompleks bir sistem olarak görme (Sterman, 1994), karmaşık sistemleri anlama ve yorumlama yeteneğidir (Evagorou vd., 2009).

Sosyobilimsel Konular: Bilimsel bilginin sınırları içinde gelişen, doğası gereği toplum içinde anlaşmazlıklara yol açan, tartışmalı, çözülmeyi bekleyen, sıklıkla medyada yer bulan gerçek hayatla ilgili güncel konulardır (Ratcliffe ve Grace, 2003; Sadler ve Zeidler, 2005).

Sosyo-hidrolojik Konular: Merkezinde su ile ilgili problem bulunan, su konulu sosyo-bilimsel konulardır.

Model Tabanlı Açıklamalar: Öğretim sürecinde öğrencinin modellemeye dayalı yaptığı bilimsel açıklamalardır.

2
KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Kavramsal Anlama

Kavramsal bilgi, bir sistem içinde var olan temel parçaların ve neden-sonuç ilişkilerinin anlaşılmasıdır (Guenther, 1998). Kavramlar zihin-dünya etkileşimi tarafından üretilir (Barsalou vd., 2003). Bu nedenle kavramların inşasında gerekli olan zihin-dünya bağlantısı kavramsal anlama ile ilişkilidir (Tan vd., 2020).

Öğrencilerinin yeni bilgileri kendi zihinsel şemalarına dahil edebilmeleri için ilgili bilgileri içselleştirmeleri gerekir (Schaap vd., 2009). Bilgi içselleştirilip yeni bilgi önceki bildikleriyle ilişkilendirildiğinde zihinsel şemalara dönüştürülür (Entwistle 2000). Kavramsal anlama bireyin önceden bildiklerini belirli yeni durumları açıklamak için kullanmasını gerektirir (Viennot, 2008).

Koniceck-Moran ve Keeley (2015), öğrencilerin bir kavramı farklı bir durumda uyguladığında, onu kendi sözleriyle tanımladığında veya tarif ettiğinde, onun bir modelini yaptığında veya onun için uygun bir metafor bulduğunda, bir kavramı daha derin bir şekilde anladığını ileri sürmüştür.

2.2 Fen Eğitiminde Kavramsal Anlama

Fen eğitiminin amaçlarından biri öğrencilere anlamlı bir kavramsal anlama kazandırmaktır (Köse vd., 2003). Birey fen öğrenirken hem bilginin bütününü hem de bu bilginin oluşturulduğu, genişletildiği, iyileştirildiği ve revize edildiği süreci anlamaya başlamalıdır (NRC, 2012). Öğrencilerde kavramsal anlama sağlamanın önündeki engellerden biri, fen öğretiminin bazen içerikle çok az öğrenci etkileşimi içeren veya hiç etkileşim içermeyen dersler yoluyla öğretmenden öğrenciye bilgi aktarımı yoluyla yapılmasıdır (Koniceck-Moran ve Keeley, 2015).

Basit ezberleme, hatırlama, başka sözcüklerle ifade etme, çeşitli bilgi parçaları arasında bağlantı arama ve yeni öğrenilen bilgileri günlük yaşam fenomenlerine uygulama gibi işlemlerden anlamlı kavramsal anlamayı gerçekleştirenler çeşitli bilgi parçaları arasında bağlantı arama ve yeni öğrenilen bilgileri günlük yaşam fenomenlerine uygulayabilenlerdir (Nieswandt, 2007).

Fen eğitiminin bilimi anlama çabalarına kılavuzluk etmesi gerektiğinden etkili bir fen eğitimi bilgi inşasına, bilginin temel taşı olan kavramlar düzeyinde başlamalıdır (Koray ve Tatar, 2003). Öğrenciler fen kavramlarına yönelik iyi bir kavramsal anlayış oluşturamadığında konuyu anlamada güçlük yaşarlar. Fen eğitimini daha etkin kılmak için kavram öğretiminde farklı yöntem ve teknikler örneğin hikayelendirme tekniği (Geçikli ve Doğan, 2017) analoji (Harman ve Çökelez, 2017), kavram haritası kullanımı (Kaya, 2003), çoklu zekâ teorisi (Köksal, 2006) bilgisayar destekli öğretim (Köse vd., 2003) kullanılmıştır.

Su eğitimi özelinde su kavramını ele alan çalışmalardan Akpınar ve diğerlerinin (2011) çalışmasında su; suyu tanıma, su kirliliği ve su tasarrufu şeklindeki üç ana başlıkta incelenirken, diğer bir çalışmada su hakkında ne biliyoruz?, su önemli mi?, kimin suya ihtiyacı var?, bitkiler neden suya ihtiyaç duyar?, musluk suyu nereden geliyor?, suyu hareket ettiren nedir?, su yukarı doğru akabilir mi?, yağmur nereden gelir?, musluk suyu nereye kayboluyor?, su kaynaklarımızı korumak için nasıl hareket edebiliriz? gibi birçok başlığa yer verilmiştir (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2010).

2.3 Fen Eğitiminde Kompleks Bir Konu Olarak Su

Fen konuları arasında karmaşık yapılı ve öğrenciler tarafından anlaşılması zor olarak görülen konular bulunmaktadır (Tracey, 2020). K-12 eğitiminde önemli bir yeri olan su, dünya sisteminin bir parçası olarak suyla ilgili fenomenler özellikle sistem dinamiklerinin altında yatan süreç dizileri içermesi nedeniyle kompleks bir konudur ve öğrenciler için zorlayıcıdır (Covitt vd., 2009; Henriques, 2002). Karmaşık sistemlerin zorluğu çok çeşitli konuları kapsayan ve bütünleştiren alanları içine dahil etmesi, doğrudan deneyimleyemediğimiz veya sezgilerimizce ihlal edilen birçok sistem kavramına sahip olması ve karmaşık sistemleri anlamak için bilişsel, üst bilişsel ve sosyal kaynaklara meydan okumayı gerektirmesinden kaynaklanmaktadır (Hmelo-Silver ve Azevedo, 2006). Her ne kadar karmaşık

sistemlerin öğrenilmesinde zorluklar olsa da bu konular birçok öğrenme alanı için temel teşkil eder ve birçok disipline entegre olma potansiyeli sunar. Örneğin, su sistemini anlamak; biyoloji, kimya, fizik ve sosyal bilimleri (insan-doğa etkileşimi dikkate alarak) entegre edebilir (Hmelo-Silver ve Azevedo, 2006).

2.4 Sistemik Düşünme

Fen ve çevre okuryazarlığının anahtarlarından biri de sistemik düşünmedir (Lally ve Forbes, 2020). Sterman' a (1994) göre sistemik düşünme, dünyayı kompleks bir sistem olarak görme yeteneğidir. Evagorou ve diğerleri (2009) ise sistemik düşünmeyi karmaşık sistemleri anlama ve yorumlama yeteneği olarak tanımlamıştır.

Sistemler arasındaki etkileşimler, bir sistemin geniş kapsamlı etkileri ve sistemlerin dinamik doğası hakkında nasıl düşünüleceğini öğrenmek, fen öğretiminin kritik sonuçlarındandır (Goldstone ve Wilensky, 2008). Karmaşık sistemleri anlamak öğrenciler ve eğitimciler için sisteme ait kavramlara yönelik kapsamlı bilgi birikimine sahip olma ve fikirlerini paylaşma gayreti içinde olmayı gerektirmektedir (Jacobson ve Wilensky, 2006).

İster bireysel ister sosyal ister dünya sistemine ait bir problem olsun sistemik düşünme becerisi problemi çözerken ihtiyacımız olan önemli bir beceridir (Hogan, 2000). Birçok öğrenci bir problemle karşılaştığında problemin ne olduğunu anlasa da sistem bileşenleri arasındaki basit nedensel ilişkileri açıklama eğiliminde olan öğrenciler probleme neden olan bileşenleri analiz etmeyi, bu bileşenler arasındaki dinamik ilişkileri farkına varmayı, çoklu neden–sonuç ilişkilerini değerlendirebilmeyi ve sistemin karmaşıklığını anlamayı kaçırır (Perkins ve Grotzer, 2005). Sistemik düşünürler ise kendi zihinsel modellerini değiştirebilir, düşünme biçimlerini kontrol edebilir ve problem çözme süreciyle ilgilenebilir (Kim ve Senge, 1994).

Önceki çalışmaların ortaya çıkardığı kanıtlar sistemik düşünme becerilerinin geliştirilebilir olduğu ve hiyerarşik bir yapı sergilediğini göstermektedir (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005b; 2010a). Yer sistemleri kavramlarında sistemik düşünme becerisinin gelişimini araştıran çalışmada Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005b), sistemik düşünmeyle ilgili sekiz önemli hiyerarşik özellik belirlemiştir. Bu sekiz

hiyerarşik özellik: H.1. Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri tanımlama becerisi, H.2. Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirleme becerisi, H.3. Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleme becerisi, H.4. Sistem bileşenlerini, süreçlerini ve etkileşimlerini ilişkiler çerçevesinde düzenleme becerisi, H.5. Sistem içindeki madde ve enerjinin döngülerini tanımlama becerisi (Sistemlerin döngüsel yapısı), H.6. Sistemin gizli boyutlarını tanıma becerisi, H.7. Genelleme yapma becerisi, H.8. İleriye dönük ve geçmişe yönelik zamansal düşünme becerisi olarak sıralanmıştır.

Ben- Zvi Assaraf ve Orion (2010), sistemik düşünmeyi analiz, sentez ve uygulama basamağı olarak üç temel basamağa ayırmış ve bu sekiz hiyerarşik özelliği bu basamaklara yerleştirmiştir. Sistemik düşünmenin analiz basamağında H.1.; sentez basamağında H.2., H.3., H.4. ve H.5.; ve uygulama basamağında ise H.6., H.7., ve H.8. özellikleri yer alır. Hiyerarşide her bir basamakta yer alan becerilerin bir üst basamak için ön koşul niteliği taşıdığı bildirilmiştir.

2.4.1 Su Sistemini Anlamaya Yönelik Bir Çerçeve

Su, fen öğretiminin pek çok alanına yayılan disiplinler arası bir tema olarak öne çıkar. Su sistemlerinin karmaşık ve dinamik yapısını kavramak, sürdürülebilirlik ve çevresel okuryazarlık açısından kritik bir beceridir. Su Sistemi Anlayışı (Understandings of Water Systems, UWS) çerçevesi (Sadler vd., 2017a) hem öğretim tasarımı hem de öğrencilerin su hakkında ne bildiklerinin değerlendirilmesi süreçlerinde işlevsel bir çerçeve olarak önerilmektedir. Bu çerçeve su sistemlerinin dinamik yapısını anlamanın önemine vurgu yapmaktadır.

Su Sistemleri Anlayışı çerçevesi su sistemlerinin fiziksel boyutlarını ve bu boyutlara dair anlayış yönlerini kapsayan bir matris şeklinde tanıtılmıştır. Fiziksel boyutlara yüzey suyu, yeraltı suyu, atmosferik su, biyotik sistemlerdeki su, mühendislik sistemlerindeki su dahil edilirken ve anlayış yönleri boyutunda süreçler ve mekanizmalar, enerji, ölçek, temsiller, bağımlılık ve insan etkisi bulunmaktadır. Sadler ve diğerleri (2017a) tarafından ortaya çıkarılan Su Sistemleri Anlayışı çerçevesi müfredat geliştirme, özellikle de su kaynakları yönetimine odaklanan bir eğitim tasarımı için işlevsel bir araç olarak öne çıkarılmaktadır. Bu nedenle Su Sistemleri Anlayışı çerçevesi bu çalışmaya eğitimsel müdahale tasarlanması, modülün geliştirilmesi ve özellikle suyu konu alan öğretim

etkinliklerinin yapılandırılması sırasında rehberlik etmiştir. Bunun yanı sıra, çerçeve öğrencilerin su sistemleriyle ilgili yaygın yanılgılarını sınıflandırmaya yardımcı olurken ve hangi alanlarda kavramsal eksikliklerin yoğunlaştığını görmeyi mümkün kılmaktadır.

Bu çerçeve öğrenme hedefleri, öğretim materyalleri ve ölçme araçları arasında tutarlılığı önemsemektedir. Çalışmada müdahale tasarımında öğrencilere kazandırılması hedeflenen bilgi ve becerilerin (öğrenme hedefleri), bu hedeflere ulaşmak için kullanılacak ders içerikleri ve etkinliklerin (öğretim materyalleri), öğrencilerin gerçekten bu hedeflere ulaşıp ulaşmadığını görmek için kullanılan ölçme araçlarının belirlenmesi süreci literatür ışığında titizlikle yürütülmüştür.

2.5 Sosyobilimsel Konular

Sosyobilimsel konular doğasında ikilem bulunduran, açık uçlu, tartışmalı ve kompleks konular olarak tanımlanmaktadır (Sadler, 2004). Sosyobilimsel konular doğası gereği çok boyutlu bir yapı gösterir, bilime dayanır, sosyal, ekonomik, politik ve ahlaki boyutları vardır (Ratcliffe ve Grace, 2003). Sosyobilimsel konuların hem bilim hem de sosyal alanla ilgili çok boyutlu yapısı onun "Sosyobilimsel" olarak adlandırılmasında etkilidir (Sadler, 2004). Literatür incelendiğinde nükleer santraller, antibiyotik direnci, klonlama, elektronik sigara kullanımı, hidroelektrik santraller, embriyonik kök hücre çalışmaları, küresel iklim değişikliği, genetiği değiştirilmiş organizmalar gibi çok sayıda sosyobilimsel konu sınıflarda bir bağlam olarak kullanılmıştır (Topçu, 2017).

2.5.1 Sosyo-hidrolojik Konular

Sosyo-hidrolojik konular, sosyobilimsel konuların bir alt kümesini oluşturur ve suyla ilgili çok yönlü, sistemik zorlukları temsil eder (Petitt ve Forbes, 2019). Sosyo-hidrolojik konular hem konunun hidrolojik (bilim temelli) yönünü hem de hidrolojik olmayan (toplumsal) yönünü birlikte barındırır (Owens vd., 2020). Sosyo-hidrolojik konular su döngüsü sisteminin bilimsel boyutunu destekler aynı zamanda sosyal boyutuna da ön plana çıkarır (Owens vd., 2020). Sosyo-hidrolojik konular öğrencilerin su okuryazarlığının gelişimini desteklemek için etkili bir yaklaşımdır (Eisen vd., 2009; King vd., 2012; Petitt ve Forbes, 2019). Sınıf ortamına bu tür bir sosyo-bilimsel konunun ya da küresel bir problemin taşınması

fen okuryazarı toplum yetiştirmeyi amaçlayan fen eğitimi çabaları için güçlü bir gerekçedir.

2.6 Sosyobilimsel Konu Tabanlı Öğretim

Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim, fen öğrenimini ve bilimsel okuryazarlığın gelişimini desteklemek için güçlü bir stratejidir (Presley vd., 2013). Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımı öğrenci merkezlidir, konuya ahlaki, etik yönden birden fazla perspektiften bakmayı ve diğer bireylerin veya grupların bakış açılarını bütünleştirmeyi, empati kurmayı, araştırmayı, sorgulamayı, kanıta dayalı akıl yürütmeyi gerektiren bir yaklaşımdır (Wilmes ve Howarth, 2009; Zeidler ve Nicols, 2009).

Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim öğrencilerde fen kavram bilgisinde artma (Sadler vd., 2016), modelleme tabanlı muhakeme gibi fen uygulamaları becerileri kazanma (Zangori vd., 2017a), bilimin doğasını anlama (Khishfe ve Lederman, 2006) model tabanlı açıklama oluşturma (Peel vd., 2019) ve argüman sunma (Zohar ve Nemet, 2001) gibi somut çıktılar elde edilmesini sağlamıştır. Sosyobilimsel konu tabanlı öğretimin fen okuryazarlığı kazandırma konusundaki etkisi kanıtlanmıştır (Zeidler vd., 2019).

2.6.1 Sosyobilimsel Konu Tabanlı Öğretim Çerçeveleri

Presley ve diğerleri (2013) başarılı bir sosyobilimsel konu (SBK) tabanlı öğrenmenin temel unsurlarını sunan bir çerçeve geliştirilmiştir. Çerçeve; *sınıf ortamı, çevresel etkiler (okul/bölge, topluluk ve eyalet/ulusal politika)* ve çeşitli bağlamlar tarafından birlikte şekillendirilen *temel yönler (tasarım öğeleri*, *öğrenci deneyimleri* ve *öğretmen nitelikleri)* olmak üzere üç unsurdan oluşmuştur. Çalışma aynı zamanda SBK tabanlı çerçevenin organizasyonel taslağını sunmuştur (Presley vd., 2013):

I. Temel yönler

a) Tasarım öğeleri

i) Gerekli tasarım öğeleri

(1) *İlgi çeken-zorlayıcı bir konu etrafında öğretim oluşturmak.*
(2) *Önce konuyu sunmak.*
(3) *Üst düzey uygulamalar için yapı iskelesi sağlanması.*
(4) *Doruğa ulaşan bir deneyim sağlamak*

ii) Önerilen tasarım öğeleri

(1) *Sınıf etkinliklerini "gerçek dünya" ile ilişkilendirmek için medyayı kullanmak.*

(2) *Öğrencilerin öğrenme deneyimlerini kolaylaştırmak için teknolojiyi kullanmak.*

b) Öğrenci deneyimleri

i) Gerekli öğrenci deneyimleri

(1) *Üst düzey uygulamalarla meşgul olmak.*

(2) *Ele alınan konuyla ilgili bilimsel fikir ve teorilerle yüzleşmek.*

(3) *Ele alınan konuyla ilgili bilimsel verilerin toplanması ve/veya analiz edilmesi.*

(4) *Ele alınan konunun sosyal (örneğin siyasi ve ekonomik) boyutlarının müzakere edilmesi.*

ii) Önerilen öğrenci deneyimleri

(1) *Sorunun etik boyutlarıyla yüzleşmek*

(2) *Konuyla ilişkili bilimin doğası temalarını dikkate almak.*

c) Öğretmen Nitelikleri

i) Ele alınan konuya aşinalık

(1) *Konuyla ilgili bilim içeriği hakkında bilgili*

(2) *Konuyla ilgili sosyal düşüncelerin farkında*

ii) Öğrenen olarak öğretmenler

(1) *Bilgi sınırlamaları konusunda dürüst.*

(2) *Kendini tek otoriteden ziyade bilgiye katkıda bulunan biri olarak konumlandırmaya istekli.*

iii) Sınıftaki belirsizliklerle başa çıkma istekliliğine sahip

II. Sınıf ortamı

a*. Öğrenci katılımı için yüksek beklentiler.*

b*. İşbirlikçi ve etkileşimli ortam.*

c. *Öğrenciler ve öğretmenler birbirlerine saygı gösterirler.*

d. *Öğrenciler ve öğretmenler ortamda kendilerini güvende hissederler.*

III. Çevresel etkiler

a. *SBK temelli öğretim uygulayan öğretmenler için destek ve teşvik.*

b. *SBK tabanlı materyallere erişim.*

c. *Öğretmenlerin SBK temelli öğretimi uyarlamalarına olanak tanıyan müfredat esnekliği.*

d. *SBK temelli dersleri teşvik etmek için yerel topluluk sorunlarının varlığı ve farkındalığı.*

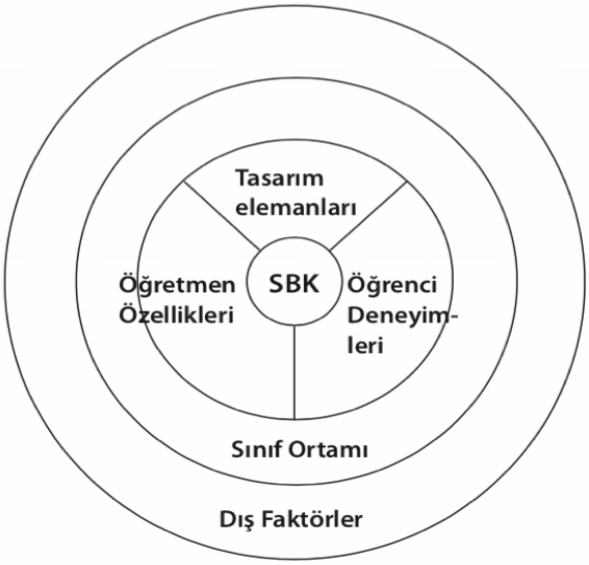
e. *Toplum patronlarının endişelerini veya SBK temelli öğretimi onaylamamalarını müzakere etme stratejileri.*

f. *SBK temelli müfredat ile eyalet veya ulusal düzeydeki müfredat hedefleri arasındaki bağlantılar.*

Presley ve diğerleri (2013) tarafından sunulan çerçeve fen sınıflarında sosyo-bilimsel konular kullanımı üzerine yapılan çalışmadan (Sadler, 2011) temel

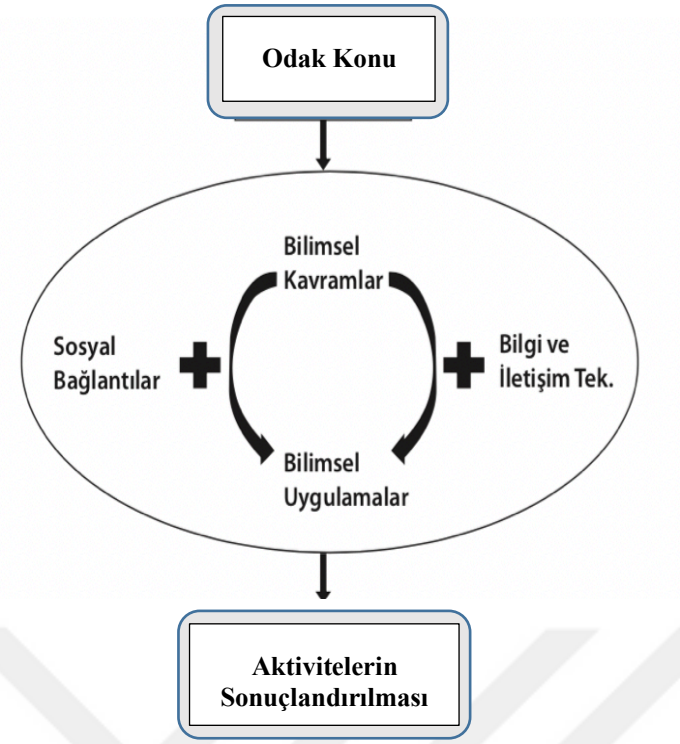
almıştır. Bu çerçeve (Presley vd., 2013) Sadler (2011) tarafından belirtilen çerçeveye bazı eklemeler (öğretmen özellikleri, dış faktörler) yapmıştır. Sosyobilimsel konular tabanlı öğretim için ortaya çıkarılan bu çerçeve sosyobilimsel konu bağlamında öğretme ve öğrenmenin temel özelliklerini açıklarken temel yönlere öğretmen nitelikleri yönünü de ekleyerek sosyobilimsel konular tabanlı öğretimde öğretmenin üstlenmesi gereken kimliği açıkça ortaya koyması açısından katkı sağlamıştır.

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sürecinde çalışmayı gerçekleştiren öğreticinin niteliklerinin bu çerçevede açıklanan öğretmen özelliklerine uygun olması sağlanmıştır.



Şekil 2.1 Presley vd. (2013) sosyobilimsel konular öğretim çerçevesi

SBK tabanlı öğretim çerçevesine yönelik geliştirilen ara modellerden biri de Friedrichsen vd. (2016) tarafından geliştirilen SBK öğretim çerçevesidir. Bu model önceki modellerin kullanışlılığını arttırmıştır. Modelde odak konunun sunulması, öğrenme içerik ve uygulamalarının Yeni Nesil Bilim Standartları (Next Generation Science Standards, NGSS) ile uyumlanması, konuyla ilgili sosyal bağlantıların kurulması, öğrencilerin bilgi iletişim teknolojilerini kullanması ve süreci sonlandıran uygulamaların gerçekleştirilmesi aşamalarına yer verilmiştir.



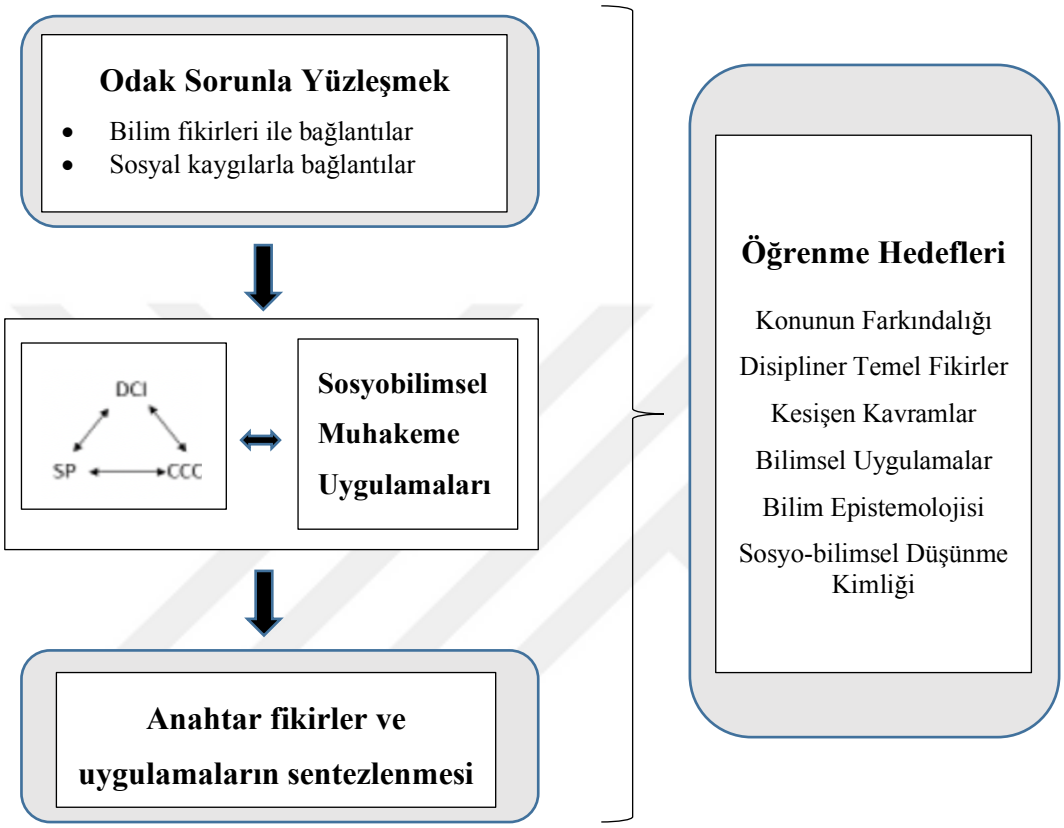
Şekil 2.2 Friedrichsen vd. (2016)'nın sosyobilimsel konular öğretim çerçevesi

Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim çerçevesinin gelişimi önceki çalışmaların birbirleri üzerine inşa edilmesi ile sağlanmıştır. Sadler (2011) tarafından ortaya çıkarılan sosyobilimsel konu tabanlı öğretim çerçevesi Presley ve diğerleri (2013) ile Friedrichsen ve diğerleri (2016) tarafından yapılan çalışmalarla gelişmeye devam etmiş ve Sadler ve diğerleri (2017b) tarafından yapılan çalışma ile son halini alan bir yapı göstermiştir.

Sadler ve diğerleri (2017b), önceki modellerle aynı teorik altyapıya sahip ancak diğer modellerdeki boşlukları doldurmayı amaçlayan yeni bir sosyobilimsel konu tabanlı öğretme ve öğrenme modeli (Socio-scientific Issue Teaching and Learning, SSI-TL) ortaya çıkarmışlardır.

Bu model üç temel kısımdan oluşmuştur. Modelin ilk kısmında Presley ve diğerleri (2013), tarafından oluşturulan çerçevede olduğu gibi ünitenin başında sunulacak olan odak konu yer almaktadır. Modelin ikinci kısmında odak konu, fen bilimleri öğreniminin üç boyutu olan disipliner temel fikirler (DCI), kesişen kavramlar (CCC) ve bilim uygulamaları (SP) ile ilişkilendirilmiştir (NGSS, 2013). Sosyobilimsel konu tabanlı öğretme ve öğrenme modelinde, bilim epistemolojisi odak konunun bilimsel boyutunu, sosyobilimsel muhakeme ise odak konunun sosyal boyutunu ön plana çıkarmaktadır. Modelin son kısmı anahtar fikir ve

uygulamaların sentezlenmesi olarak belirtilmiştir. Ayrıca modelde temel kısımlar içinde yer almayan iki ek öge (bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanma/odak konuya yönelik fikirlerini ve konumunu yansıtma) bulunmaktadır. Bu iki öge temel bir unsur değil, bir tavsiye niteliği taşımaktadır.



Şekil 2.3 Sadler vd. (2017b)' nin sosyobilimsel konular öğretim çerçevesi

Bu öğretim çerçevesini diğer çerçevelerden ayrıştıran en önemli özellik sosyobilimsel konu tabanlı öğretimin müfredat ile ilişkilendirilmesinin sağlanmasıdır. Çerçevenin bu özelliği sosyobilimsel konu tabanlı modülün tasarlanması ve uygulanmasında sosyobilimsel konu tabanlı öğretme ve öğrenme modeli çerçevesinin temel alınmasını sağlamıştır. Dolayısıyla sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül fen bilimleri dersi öğretim programı kazanımlarına uygun olarak tasarlanmış ve öğretimin başında sunulacak olan odak konu bu kazanımlar doğrultusunda oluşturulmuştur. Ayrıca modülün tasarımında bu çerçevede yer alan bilimsel uygulamalardan soru sorma ve problemi tanımlama, model geliştirme ve kullanma, açıklamalar oluşturma ve çözümler tasarlama, kanıtlardan yola çıkarak tartışmaya girme, bilgi edinme, değerlendirme ve iletme bilimsel uygulamaları

kullanılmıştır. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülde kullanılan bilimsel uygulamalardan sorma ve problemi tanımlamanın sistemik düşünmeye yönelik olarak, model geliştirme ve kullanma ise öğrencilerin su sistemine yönelik kavramsal anlamalarındaki gelişimini izlemek amacıyla bilinçli olarak seçimi söz konusudur.

2.7 Model Tabanlı Öğrenme

Modelleme, yinelemeli döngüleri yoluyla bilimsel açıklamalar üretmeye dayalı bir uygulamadır (Forbes vd., 2015; Vo vd., 2015). Model oluşturmak, eleştiri ve iyileştirme döngüsünün sürdürülmesini sağlayan yeni soruların üretilmesini sağlar (Clement, 2000). Modelleme uygulamaları, öğrencilerin ön bilgileriyle bir başlangıç modeli geliştirmesini gerektirir (Zangori vd., 2017). Mevcut kısmi model mevcut anlayışın merkezidir. Aynı zamanda bu modeller öğreneni etkin bir şekilde meşgul ederek yeni bilgileri organize etmek için merkezi bir araç görevi görür (Clement, 2000). Öğrenciler öğrenme sürecinde oluşan yeni anlayışları doğrultusunda ilk modelin ne kadar açıklayıcı olduğunu değerlendirir ve bu değerlendirmelerine dayanarak ilk modeli yeni anlayışlarına uygun hale getirmek için revize ederler (Zangori vd., 2017). Clement (2000) belirli içerik hedefi olan eğitimciler için model tabanlı öğrenme çerçevesini şu şekilde açıklamıştır:

- Çerçeve, öğrencilerin öğretimden sonra sahip olmalarını istediği bir hedef modelin veya istenen bilgi durumunun amacını belirtir.
- Çerçeve, öğrencinin öğretimden önce mevcut olan önyargılarının ve doğal akıl yürütme becerilerinin bir haritasını içerir; önyargılar, hem hedef modelle çelişen alternatif kavramları hem de mevcut bilimsel modellerle uyumlu ve hedef modelin geliştirilmesinde yapı taşı olarak kullanılabilecek faydalı kavramları içermelidir.
- Çerçeve, öğrenciyi önyargılardan hedef modellere götürebilecek öğrenme süreçlerini içerir. Bu, hedef modeli geliştirme yolunda kısmi modeller olarak hizmet eden bir veya daha fazla ara model aracılığıyla gerçekleşebilir.

.

3
YÖNTEM

3.1 Araştırma Metodolojisi

Bu araştırma, tasarım temelli bir araştırma (design-based research, DBR) (Brown, 1992; Collins, 1992) olarak tasarlanmıştır. Tasarım tabanlı araştırma (TTA), örgün eğitimde araştırma ve uygulama arasındaki uçurumu etkili bir şekilde kapatabilecek pratik bir araştırma metodolojisidir (Anderson ve Shattuck, 2012).

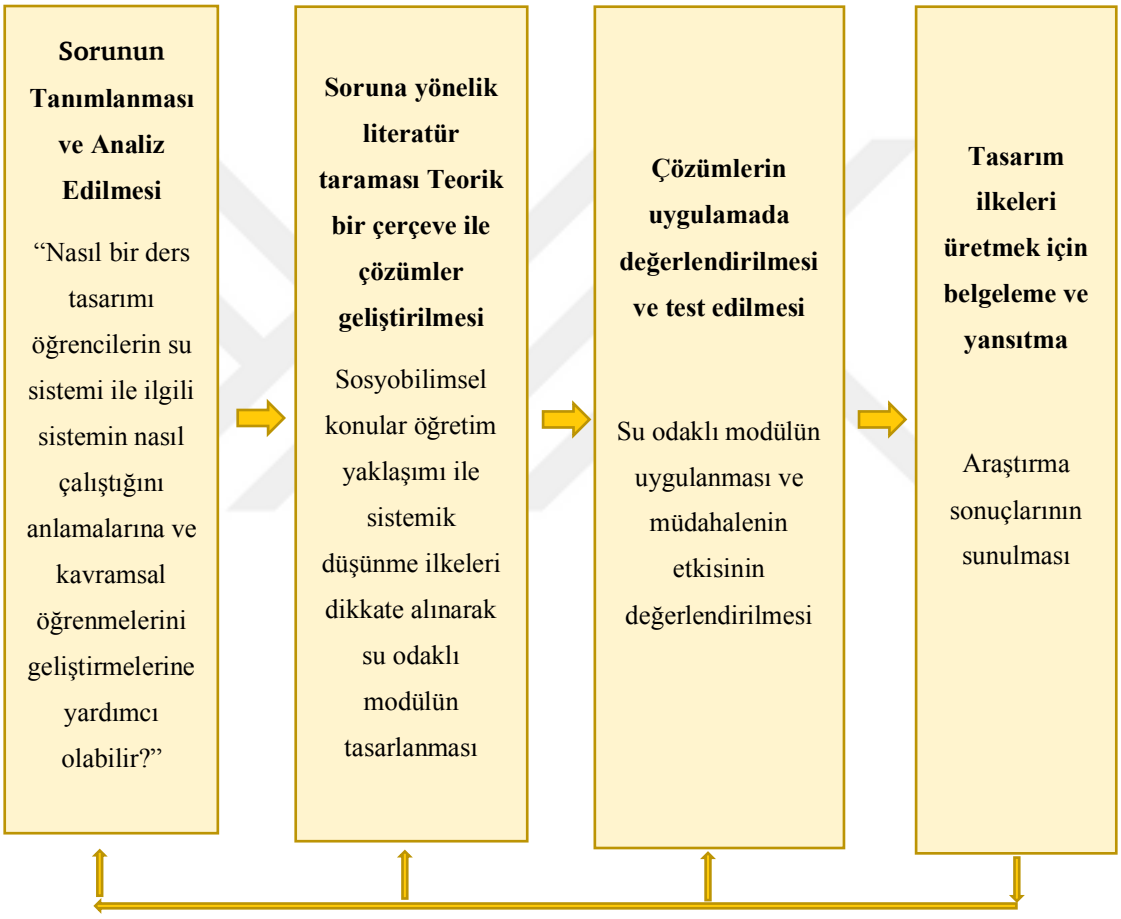
TTA süreci, sorunlara çözümler ("öğretim müdahaleleri") geliştirmek ve müdahalelerin ne kadar iyi çalıştıklarını test etmek için kullanılmaktadır (Brown, 1992). Tasarım temelli araştırmalar, eğitim politikası ve uygulamaları için araştırmaların uygunluğunu artırma niyeti taşımaktadır (van den Akker vd., 2006).

Doğası gereği müdahaleci bir alan olan eğitim ile tasarım temelli araştırmanın müdahaleci yapısı birbiriyle uyum gösterir. Tasarım temelli yaklaşım, araştırma ile uygulamayı birleştirir; bu yaklaşımda araştırmacı hem öğretim tasarlar hem de bu süreçten kuramsal bilgi üretir (Bell, 2004).

Araştırmanın temelini; fen bilimleri dersi müfredatının su okuryazarlığı kazandırma potansiyelini arttırma ihtiyacı oluşturmaktadır. Bu araştırmanın ortaya çıkmasında etkili olan temel soru "Nasıl bir ders tasarımı öğrencilerin su sistemi ile ilgili sistemin nasıl çalıştığını anlamalarına ve kavramsal öğrenmelerini geliştirmelerine yardımcı olabilir?" şeklindedir. Bu amaç doğrultusunda ilgili literatüre başvurularak öğretim müdahalesinde kullanılacak öğretim yaklaşımına ve öğretim sırasında dikkat edilecek temel ilkelere karar verilmiştir. Bu çalışma öğrencilere su ile ilgili bir problemin yer aldığı, öğrencilerin probleme bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşmalarını destekleyen su odaklı bir öğrenme ortamı hazırlar ve bu sayede öğrencilerin su konusuyla ilgili kavramsal öğrenmelerini ve sistemik düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlar. Çalışmada tasarlanan su odaklı öğretimin çıktıları

hedef odaklı değerlendirmeye alınır. Çalışmanın öğrenci öğrenmesini ve performansını desteklemek için teori ile yenilikçi öğrenme ortamlarını bütünleştirmeyi hedeflemesi tasarım temelli araştırma olması ile örtüşür.

Araştırmada Reeves (2000) tarafından belirtilen 1) sorunun tanımlanması ve analiz edilmesi, 2) teorik bir çerçeve ile çözümler geliştirilmesi, 3) çözümlerin pratikte (uygulamada) değerlendirilmesi ve test edilmesi, 4) tasarım ilkeleri üretmek için belgeleme ve yansıtma adımları izlenmektedir.



Şekil 3.1 Araştırmada izlenen adımlar

Ampirik eğitim araştırmalarını teoriye dayalı öğrenme ortamları tasarımıyla harmanlayan tasarım temelli araştırma, eğitimsel yeniliklerin pratikte nasıl, ne zaman ve neden işe yaradığını anlamak için önemlidir (Design-Based Research Collective, 2003). Bu metodoloji ile araştırmacıların yenilikleri, öğretme ve öğrenme hakkında belirli teorik iddiaları somutlaştırılır ve eğitim teorisi, tasarlanmış yapı ve uygulama arasındaki ilişkiler anlaşılabilir hale getirilir (Design-Based Research Collective, 2003). Farklı bir deyişle tasarım temelli araştırmalar

giderek daha uygulanabilir ve etkili müdahaleler oluşturmak için araştırmacıların ve uygulayıcıların, hedef ortamlarında ideal müdahalelerin aşamalı yaklaşımlarını dikkatlice incelenmesini ve etkilerini destekleyen ilkeleri geliştirilerek eklemlenmesini gerektirir (van den Akker, vd., 2006). Tasarım temelli eğitim araştırmaları, uygulamayla zayıf bağlantısı nedeniyle eleştirilen eğitim araştırmalarına, uygulama ile daha işlevsel alaka düzeyi sunması yönüyle katkıda bulunur (van den Akker vd., 2006).

Tasarım temelli araştırmalar öğrencilerin karmaşık fikirler geliştirmek için kullandıkları mekanizmaların ortaya çıkarılması için de yapılmalıdır. Çünkü tasarıma dayalı araştırma aynı zamanda öğrenci düşüncesini ustalaşmaya doğru hareket ettiren "öğrenme ekolojilerini" araştırır. Bu "öğrenme ekolojileri", öğrenme teorilerine dayanır, öğrenci öğrenmesinde ölçülebilir değişiklikler oluşturur, öğretim araçlarının geliştirilmesine rehberlik eden tasarım ilkeleri üretir ve genişletilmiş, tekrarlanan öğretim deneyleri kullanılarak yasalaştırılabilir (Scott vd., 2020). Tasarım temelli araştırmalar hem teoriyi hem de pratiği geliştirmeyi hedeflemelidir (Collins vd., 2004).

3.1.1 Eğitim Alanında Tasarım Temelli Araştırmanın Kullanılması

Walker (2006) eğitim alanında yapılan deneysel araştırmaların yanı sıra tasarım temelli araştırma kullanılmasının gerekliliğine şu ifadelerle değinmektedir:

> *"Araştırmayla desteklenen deneysel uygulamalar ve programların, en iyi ihtimalle, geleneksel uygulamalardan yalnızca biraz daha iyi olduğu kanıtlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana eğitim üzerine yarım yüzyılı aşkın süredir yapılan çalışmalar eğitimi kayda değer ölçüde geliştirmemiştir. Pek çok ülkede, eğitimin kalitesi, son birkaç on yılda, tam da eğitim araştırmasının, bulgularının bir etki yaratması için yeterli bilgiyi toplamaya başladığı varsayıldığında düşmüş gibi görünmektedir* (s. 9)*."*

Bu açıklama eğitimde bağlamda öğrenmek ve öğretimi daha iyi anlama gayreti içinde olmak gerekliliği ile yüzleşmemizi sağlar. Simüle edilmiş veya son derece elverişli ortamlardan daha doğal olarak oluşan test alanlarına (sınıfın doğal ortamı) doğru hareket edilmesi önerilir (van den Akker vd., 2006). Tasarım temelli eğitim araştırmaları, eğitimsel müdahalelerin (öğretme-öğrenme stratejileri, materyalleri, müfredat vb.) eğitim uygulamalarındaki sorunlara çözümler olarak tasarlanması,

geliştirilmesi ve değerlendirilmesine yönelik sistematik bir çalışmadır (Plomp, 2013).

Kelly, (2006) tasarım temelli araştırma (Brown, 1992; Collins, 1992) yapacak olan bir araştırmacının sahip olduğu özellikleri şu şekilde sıralanmıştır:

1) Dağınık-doğal (laboratuvar değil) bir ortamda araştırma yapar;

2) Birçok bağımlı değişken içerir;

3) Değişkenleri karakterize eder, ancak kontrol etmez;

4) Bir dizi sabit prosedürü takip etmek yerine tasarımı esnek bir şekilde iyileştirir;

5) İzole öğrenmenin üzerinde sosyal etkileşime değer verir;

6) Profiller oluşturur; hipotezleri test etmez,

7) Araştırmacı yargılarına katılımcı girdisine değer verir.

Eğitim araştırmalarında deneysel çalışmalara sıklıkla yer verilir. Ancak deneysel bir yaklaşım ile tasarım tabanlı araştırmalar arasında bazı farklar bulunur (Scott vd., 2020):

Katılımcı rolü: Deneysel bir yaklaşımda, araştırmacı, deneylerin nasıl uygulanacağı ve analiz edileceğine dair tüm kararları yerine getirilmesinden sorumludur, öğretici ise deneysel uygulamada bir kolaylaştırıcı rolündedir. Tasarım tabanlı araştırmalarda ise hem araştırmacılar hem de öğreticiler, araştırmanın fikir aşamasından yansımaya kadar tüm aşamalarında rol oynar.

Bu çalışmada araştırmacı hem araştırmacı hem de öğretici kimliği ile çalışmaya katılım sağlamaktadır. Araştırmacının bu kimliği hem diğer araştırmacılar ile hem de diğer öğreticiler ile devamlı iletişim halinde olmasını kolaylaştırmaktadır. Bu durum eğitimde araştırma ve uygulama arasındaki farkı kapatma amacı taşıyan tasarım temelli araştırmaya fikir aşamasından uygulamaya kadar avantaj sağlamaktadır.

Hipotezin Formu: Deneysel yaklaşımlarda, araştırmacılar belirli bir eğitim müdahalesinin öğrenci öğrenmelerini nasıl etkileyeceği konusunda bir hipotez geliştirir. Müdahalenin etkilerini izole etmek için, çalışmanın bir parçası olmayan diğer değişkenler kontrol ederek, müdahaleyi sınıfta test eder. Bazen araştırmacılar,

müdahaleyi yaşamayan bir karşılaştırma grubu olarak hizmet eden bir "kontrol" grubu belirler. Tasarım tabanlı araştırmada ise bir hipotez, belirli bir müdahale yerine "tasarım çözümü" olarak kavramsallaştırılmıştır. Araştırmacılar, tasarım temelli araştırma sınıfta uygulandığında tasarlanan öğretim araçlarının, belirlenen öğrenme probleminin etrafında öğrenmeyi iyileştiren bir öğrenme ekolojisi yaratacağını varsayarlar.

Bu çalışma öğrencilerin su sistemine yönelik anlayışlarının yetersiz olması sorununu hedef alarak "Nasıl bir ders tasarımı öğrencilerin su sistemi ile ilgili sistemin nasıl çalıştığını anlamalarına ve kavramsal öğrenmelerini geliştirmelerine yardımcı olabilir? sorusunu gündeme getirmektedir. Bu sorunu çözmek için çalışma hipotezleri sınamak yerine sorunun çözümüne yönelik olarak bir tasarım çözümü (öğretim müdahalesi) ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Esneklik: Deneysel araştırmada, müdahale, deneysel süre boyunca sabitlenmelidir. Bu durumun çalışmanın sonuçlarında belirli bir müdahalenin etkililiğinin kanıtlanması için kritik bir önemi vardır. Tasarım tabanlı araştırma ise uygulama durumunda öğretim araçlarının değişikliğe uğramasına izin veren daha esnek bir yaklaşımdır. Bu esneklik, araştırma ekibinin altta yatan teoriyi değerlendirmesini, gerekli kanıtları toplamak için yetersiz olan öğretim araçlarını veya stratejilerini değiştirmesini sağlar ve müdahaleler ile belirli bir öğrenme problemi arasında sıkı bir bağlantı oluşturur.

Sosyobilimsel konu tabanlı modülün uygulanması sırasında önceden planlanan etkinliklerin uygulanması ve ders materyallerinin kullanılması sırasında sınıf ortamında öne sürülen fikirlerin ve kendiliğinden şekillenen öğrenci tartışmalarının öğretim sürecine belki de planlanandan daha fazla ya da beklenenden daha az katkısı olabileceği ihtimallerine (öğrenme ekolojisi) karşı tasarım temelli araştırmanın esnek yapısı çalışmanın doğasını destekler niteliktedir. Ayrıca tasarım temelli araştırmaların revizyona açık olması giderek daha uygulanabilir ve etkili müdahaleler oluşturma fırsatı vermektedir.

Verilerinden çıkardıkları sonuç türleri: Deneysel araştırma "anlamlı bir şeyin gerçekleştiğini" belirtebilir. Deneysel yöntemler öğrenmedeki farklılıkların nereden kaynaklandığını daha sağlam belirleyebilir. Ancak bu yöntem, farklı öğrenme sonuçlarında yer alan temel öğrenme sürecini veya mekanizmasını

karakterize edemez. Buna karşın tasarım temelli araştırma, öğrenme mekanizmalarını ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir. Çünkü tasarım temelli araştırmalar öğrenciler öğretim müdahalelerini deneyimledikçe öğrenci düşüncesinin doğasının nasıl değiştiğini araştırır.

Bu çalışmanın tasarım temelli araştırma metodolojisi kılavuzluğunda süreci deneyimleyen öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüldeki uygulamaların konu ile ilgili öğrenmelerine ne kadar hizmet ettiğini değerlendirmesi, öğrencilerin öğrenme mekanizmaları hakkında uygulayıcılara ve araştırmacılara ileri çalışmalar ve müfredat tasarımları için yol gösterici olması beklenmektedir.

3.2 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Geliştirilmesi

Sürdürülebilir çevre için öğretim programlarının su eğitimi vizyonu geliştirilmelidir. Mevcut öğretim programları bütüncül bir yaklaşımla ele alındığında su eğitiminin amaçlarını gerçekleştirmede ve su okuryazarı bireylerin yetiştirilmesine katkı sağlamada yetersiz kalabildiği belirtilmiştir (Ursavaş vd., 2020). Ayrıca eğitim müfredatları sürdürülebilirlik eğitiminin neleri gerektirdiğine ilişkin olarak öğretmenlere yetersiz bir imaj oluşturmaktadır (Martínez-Borreguero vd., 2020).

Belirtilen tespitler öğrencilerin su ile ilgili okuryazarlığına katkı sağlayacak ve öğretmenlere yol gösterecek su eğitimi müfredatlarına ve öğretim uygulamalarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda araştırmada tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün hem öğrencilerin temel hidrolojik kavram bilgisini desteklemesi hem de suyu bir sistem olarak ele alarak öğrencilerin kopuk bilgi parçalarından ziyade anlamlı bir bütün oluşturmasına hizmet etmesi hedeflenmektedir.

Bu araştırma su eğitimi için sosyobilimsel konular öğretimini sistemik düşünme ile harmanlayan bir yaklaşımı önermektedir. Sistemik düşünme, karmaşık problemlerin örüntülerini ve ilişkilerini anlamlandıran mantığın organizasyonu ve disiplinlerin entegrasyonunu barındıran sistem biliminin bir kullanım şeklidir (Haraldsson, 2005).

Bu araştırma için tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül aynı zamanda eğitim müdahalesinin temellendirildiği bağlamı oluşturmaktadır. Sosyo-hidrolojik

konu tabanlı modülün geliştirilmesi sürecinde ilgili literatür incelenerek literatürden su sistemi ve su sisteminde öne çıkan temel kavramların tespit edilmesi hususunda faydalanılmıştır. Ayrıca öğrencilerde su okuryazarlığının geliştirilmesine yönelik erişim sağlanan su odaklı müfredatlar incelenmiştir. Ortaokul düzeyine uygun su odaklı bir modül geliştirilmesi aşamasında fen eğitimi alanında uzman olan iki öğretim üyesinden ve bir fen bilimleri öğretmeninden uzman görüşü alınmıştır. Uzmanlardan gelen görüş ve öneriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak modülün geliştirme süreci tamamlanmıştır. Araştırmada geliştirilen modülün bir örneklem üzerinde uygulanması sürecine ilişkin elde edilen deneyimler ve bu deneyimlere dayanarak su ile ilgili konuların işlevsel hale getirilmesi ve sistemik düşünmenin üst bilişsel bir değerlendirmesinin yapılması söz konusudur.

Çalışmada sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül Presley vd., (2013) ve Sadler vd., (2017b) tarafından geliştirilen SBK tabanlı öğretim modeline uygun olarak tasarlanmıştır. Modül tasarımı ve odak konunun seçiminde Fen Bilimleri Öğretim programında yer alan 7. sınıf kazanımları dikkate alınmıştır. Bu kazanımlar şunlardır:

F.7.4.5.1. Evsel atıklarda geri dönüştürülebilen ve dönüştürülemeyen maddeleri ayırt eder.

F.7.4.5.2. Evsel katı ve sıvı atıkların geri dönüşümüne ilişkin proje tasarlar.

F.7.4.5.3. Geri dönüşümü, kaynakların etkili kullanımı açısından sorgular.
- Geri dönüşüm tesislerinin ekonomiye katkısı vurgulanır.

F.7.4.5.4. Yakın çevresinde atık kontrolüne özen gösterir.

a. Atık kontrolü ile ilgili kamu ve sivil toplum kuruluşlarının çalışmalarına değinilir.

b. Tıbbi atık ile temas etmemesi gerektiği hatırlatılır.

Kazanımlar incelendiğinde ön plan çıkan konu atıklar ve atıkların geri dönüşümüdür. Müfredatımızda da görüldüğü ve literatürde de belirtildiği gibi öğretmenler su ile ilgili konularda yeterli düzeyde bilgi sahibi olduklarını iddia etseler de eğitim müfredatı bu kaynağa öncelik vermemektedir (Beiswenger vd., 1991; Brody, 1995; Spiropoulou vd., 2007). Bu nedenle kazanımların su odaklı olarak ön plana çıkarılması önem taşımaktadır. Bu çalışmada sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül ile yapılan öğretim ve seçilen odak sosyo-hidrolojik konu aracılığıyla

yukarıda belirtilen kazanımların su odaklı olarak ele alınması ve yorumlanması sağlanmıştır. Kazanımların bu bağlam aracılığıyla öğrencilere sunulması hem sürdürülebilirlik temasını ön plana çıkarmak hem de öğrencilere kazanımları daha ayrıntılı ve derinlemesine öğrendikleri bir deneyim yaşatmak açısından değerli görülmektedir.

3.3 Modül Tasarımında İzlenen Tasarım Kararları

Etkili bir modül tasarlanabilmesi için Friedrichsen ve diğerlerine (2016) ait çalışmada izlenen ünite tasarım kararları sırasıyla takip edilerek sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün tasarımında izlenen tasarım kararları bu kararların ifade ettiği anlam aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

3.3.1 Sosyobilimsel Konu Yaklaşımının ve Bir Bilim Konusunun Seçilmesi

Sosyobilimsel konu tabanlı öğretim hem bilimsel okuryazarlığı destekleyen hem de modern bilim ve toplumun karmaşıklığını yansıtan sosyal, ekonomik, politik ve kültürel gündemleri ve konuları araştırmak için öğrencileri eleştirel ve yaratıcı yeteneklerini kullanmaya teşvik eden etkili bir pedagojik yaklaşımdır (Simmoneaux ve Simmoneaux, 2008; Wang vd., 2017; Zeidler ve Kahn, 2014).

Bu çalışmanın odağının belirlenmesinde fen eğitiminde bilimsel okuryazarlığın desteklenmesinde önemli bir itici güç olduğu kanıtlanan sosyobilimsel konuların (Zeidler vd., 2019) su eğitiminde su okuryazarlığı kazandırılmasında kullanılabileceği ve sosyobilimsel konuların içerdiği sosyal boyutların suyun ekonomik ve politik doğası, bir toplumdaki suyun kararları ve yönetimi üzerindeki daha derin sosyal yansımaya atıfta bulunabileceği varsayımları etkili olmuştur. Dolayısıyla sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün tasarımındaki hedef bilim konusu su olarak benimsenen sosyobilimsel konu tabanlı öğrenme yaklaşımı ise sosyobilimsel konu öğretme ve öğrenme modeli (Sadler vd., 2017b) olarak belirlenmiştir.

3.3.2 Öğrenme Hedeflerinin Belirlenmesi ve Tasarımın Öğretim Programıyla Uyumlandırılması

Öğrenme hedefleri, örgün fen eğitiminin tipik özelliği olarak öğretim programlarında sorunsuz bir şekilde sunulur. Su konularına yönelik öğrenme

hedeflerine ulaşmanın en ideal yolu öğretim programlarında yer alan kazanımları incelemektir. Bu nedenle öğrenme hedeflerinin belirlenmesindeki başlangıç noktası Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının (MEB, 2018) incelenmesidir.

Bu inceleme hem su konulu bilimsel içeriğin her kademe ve her sınıf düzeyindeki dengesini görmemizi ve bilimsel uygulamalara istenen vurguyu anlamamızı sağlar hem de seçeceğimiz sosyobilimsel konunun en azından bilim hedefleri açısından öğrenci müzakeresiyle ilgili sonuçlarını tahmin etmemizde yol gösterici olur.

Yapılan inceleme sonucunda elde edilen izlenimler ortaokul seviyesindeki su konulu kazanımlara yapılan vurgunun 7. sınıf düzeyinde yetersiz kaldığını ancak bu sınıf seviyesinde yer alan Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm konusunun suyun sürdürülebilirliğini ön plana çıkarmayı sağlayan gizli bir fırsat taşıdığını göstermiştir. 7. sınıf seviyesindeki su ile ilişkilendirilebilecek kazanımlar tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülde öğrenciler için daha geniş ve daha belirgin öğrenme hedefleri haline dönüştürülmüştür.

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün odağında iki yönlendirici soru bulunmaktadır. Bu yönlendirici sorular;

1) İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?

2) Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık ve atık sularla mücadele için su nasıl yönetilmelidir? şeklindedir.

Ayrıca tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüldeki her bir dersin odağında dersin amacına uygun olarak yönlendirici sorular kullanılmıştır. Dersin odağında yer alan yönlendirici sorular ve hedef kazanımlar Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1 Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün kapsamındaki ders dizisi

Ders No:	**Dersin Odağındaki yönlendirici sorular**	**Dersin Odağındaki Hedef Kazanım**
1-2	- Su kaynaklarımızı koruyamazsak neye/nelere maruz kalabiliriz? - Niçin küresel su krizi meydana geldi?	K1. Yeryüzünde su kaynaklarının dağılımını bilir, su kaynaklarının neler olduğunu açıklar. K2. Atık suyun ne olduğunu ve nasıl oluştuğunu açıklar.

Tablo 3.1 Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün kapsamındaki ders dizisi (devamı)

3-4	- Su milyonlarca yıl öncesinden günümüze nasıl gelebildi? - Su döngüsü hangi faktörlerden etkilenir?	K3. Dünya'daki su miktarının sabit olduğunu ancak kullanılabilir su kaynaklarının azaldığını ifade eder. K4. Dünya'daki su miktarının sabit kalmasında su döngüsünün rolünü modelle gösterir. K5. Su döngüsünde yer alan olguları bir havza süreci olarak açıklar. K6. Hidrolojik döngüde suyun hareketini kontrol eden faktörleri belirtir. K7. Su döngüsü süreçlerini etkileyen faktörleri belirleyerek bunların su döngüsünü nasıl etkilediğini ilişkisel olarak gösterir.
5-6	- Su kaynakları nasıl kirlenir? - Bu kirleticiler nelerdir?	K8. Güvenli su kaynakları için sağlıklı su havzalarının gerekli olduğunu anlar. K9. Su kaynaklarının nasıl kirlendiğini açıklar.
7-8	- Atık sular nasıl arıtılır? - Suyun fiziksel ve kimyasal yollarla arıtımı nasıl sağlanır?	K10. Atık suyu doğal/ basit yollarla bertaraf eder. K11. İçme suyu için kriterler oluşturur. K12. Su arıtım tesislerinde su arıtımının nasıl yapıldığını ifade eder.

Tablo 3.1 Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün kapsamındaki ders dizisi (devamı)

9-10	-Ülkelerin su politikaları nasıldır? - Ülkelerin veya yönetimlerin izledikleri su politikaları ve yürüttüğü faaliyetler su etiğine uygun mudur? - Suyun ekonomik değerini örneklerle açıklar mısın?	K13. Ülkelerin su kaynakları ve atık su yönetimi politikalarını değerlendirir. K14. Ülkelerin veya yönetimlerin izledikleri su yönetimi politikalarını ve yürüttüğü faaliyetleri su etiği açısından irdeler. K15. Suyun ekonomik değerini sorgular.

3.3.3 Odak Konunun Seçilmesi

SBK tabanlı öğretim, öğretim boyunca hedef kavramla ilgili bağlamsallaştırma aracı olarak kullanılacak bir odak konunun belirlenmesini gerektirir. Bu çalışmada tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül için belirlenen odak konu sınırlı bir kaynak olan suya dikkat çekmek amacıyla içme suyuna erişim ve atık su sorunu olarak belirlenmiştir.

SBK tabanlı öğretim için anahtar olan bir husus da öğretime zorlayıcı odak konunun sunumuyla başlanması gerekliliğidir. Bu sebeple öğretimin başında öğrencilere sunulmak üzere dikkat çekici bir kısa video içeriği ve hemen ardından "Atık su içme fikrine alışmak mı?" adlı sosyo-hidrolojik konu temalı dergi makalesi (Woo, 2016) odak konu olarak sunulmuştur. Odak sosyo-hidrolojik konu ile sınıf ortamına taşınan gerçek dünya hikayeleri ve gerçek durum verileri, geleceğin karar vericileri olarak öğrencileri gerçek hayat problemleri ile yüzleştirmek ve onları hayata hazırlamak için kullanılmaktadır.

3.3.4 Odak Konunun Keşfi

Yaşam için vazgeçilmez olan su sınırlı bir kaynaktır. Üstelik yerküre üzerindeki erişilebilir tatlı su miktarı, dünyanın toplam su varlığının yüzde 1'inden bile azdır. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği ile gıda üretimi ve güvenliği, hayvancılık, endüstriyel faaliyetler, ekoloji, ekonomik büyüme, enerji gibi birçok alan bağlantıdadır (Postel vd., 2010; Falkenmark ve Wang-Erlandsson, 2021). Mevcut

su kaynakları hem kuraklık hem de hızlı nüfus artışı nedeniyle giderek azalmaya devam ediyorken bir de atıklar yüzünden su kaynakları kirlenmektedir. Dünyada su krizinin patlak verdiği ve gelecekte insanların karşı karşıya kalacağı en büyük problemin, temiz içme suyu temin edebilmek olduğu belirtilmektedir (Li ve Yang, 2021). Dünya üzerinde tatlı su kaynaklarının yer ve zaman olarak düzensiz bir şekilde dağılması, küresel iklim değişikliği ile artan kuraklık ve insan faaliyetleri kullanılabilir su kaynaklarını azaltmaktadır (Haddeland vd., 2014). Ulusal Su Tedarikçileri ve Atık Su Hizmetleri Birliği (EUREAU) ülkeleri tatlı suya olan ihtiyacı karşılamanın ve tatlı suyun mevcudiyetini sürdürmenin uygun şekilde arıtılmış atık sulara bağlı olduğunu belirtmektedir (Angelakis ve Durham, 2008). Öğrencilere sunulan "Atık su içme fikrine alışmak mı?" adlı sosyohidrolojik konu temalı dergi makalesi bazı ülkelerde, kanalizasyondaki suların işlenip temizlenerek kaynak suyu kadar temiz hale getirilip yeniden kullanıma sokulduğunu ancak bu şekilde içme suyu krizinin önlenebildiğini konu edinmektedir. Seçilen odak konu fikir olarak itici gelse de atık sudan geri dönüşüm yoluyla elde edilen içme suyunun, suyun içilebilir olmayan uygulamalar veya içilebilir ikamesi için yeniden kullanılmasının, su sıkıntısı çeken bölgelerde kuraklığa dayanıklı bir su kaynağı olduğu ve en etkili su kıtlığı çözümlerinden biri olarak gösterilmesini tartışma konusu yapmaktadır. Üstelik odak konu her geçen gün su kıtlığı ile yüzleşen ülkelerin ve içme suyuna ulaşamayan insanların sayısı arttığı ve herkes için su krizi tehdidinin kapıda olduğu düşünüldüğünde bugün içmiyorsak bile yakın bir gelecekte bu yöntem yoluyla elde edilen suya muhtaç olma durumunu öğrencilerin değerlendirmesine açmaktadır.

Sosyohidrolojik odak konu;

- Doğal bir kaynak olan su üzerindeki insan etkisinin hangi yollarla ve nasıl oluştuğunu fark etme,
- Su kaynakların yönetiminde insanoğlunun kendi çıkarlarını gözetip doğal sistemleri korumayı ihmal eden anlayışının sonuçlarıyla yüzleşme,
- Suyun sürdürülebilirliğini sağlayacak atılımları belirleme ve
- Suyu ekonomik, politik ve etik açıdan ele alma

gibi geniş bir perspektifte su konusunu işleme ortamı hazırlamaktadır. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün yönlendirici sorusunu keşfetmek için ihtiyaç duyulan sosyal boyut ve kaygılar;

- Su Politikaları,
- Su Etiği,
- Ekonomidir.

3.3.5 Bilim Fikirleri ve Uygulamalarının Etkileşimi

Sosyobilimsel konular tabanlı öğretim çerçevesinde (Sadler vd., 2017b) öğrencilerin bilimsel bilginin nasıl geliştiğini anlamalarına yardımcı olan bilimsel uygulamalar yer almaktadır. Sosyohidrolojik konu tabanlı modülün tasarımında SSI-TL çerçevesinde yer alan bilimsel uygulamalardan;

- Soru sorma ve problemi tanımlama,
- Model geliştirme ve kullanma,
- Açıklamalar oluşturma ve çözümler tasarlama,
- Kanıtlardan yola çıkarak tartışmaya girme,
- Bilgi edinme, değerlendirme ve iletme

bilimsel uygulamaları kullanılmıştır.

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülde kullanılan bilimsel uygulamalardan soru sorma ve problemi tanımlama doğal sistemlerden biri olan su sisteminin kompleks ve karmaşık doğası ile baş etmede gerekli görülen sistemik düşünme becerisine yönelik olarak, model geliştirme ve kullanma bilimsel uygulaması ise öğrencilerin su sistemine yönelik kavramsal anlamalarındaki gelişimi izlemek amacıyla bilinçli olarak seçilmiştir.

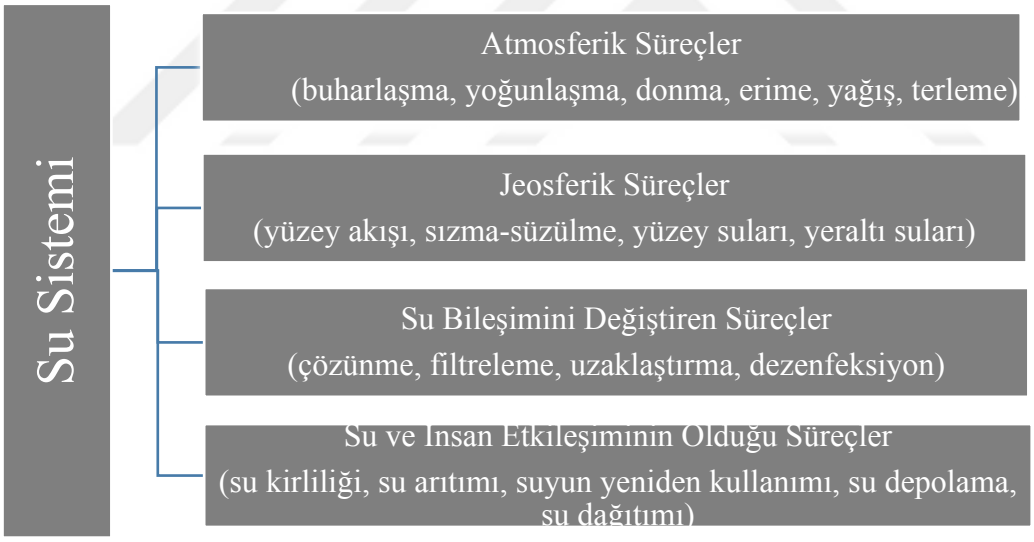
3.3.5.1 Su ile İlgili Olgular/Fenomenler

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sırasında izlenen dersler boyunca öğrenciler suyu doğal bir kaynak olarak tanıma, suya olan bağımlılığımızı anlama, suyun yaşam için önemini görme, yeryüzündeki su kaynaklarının bilme ve dağılımını inceleme, yeraltı suyunu farkına varma, atık suyun nasıl oluştuğu hakkında düşünme, su havzası kavramıyla tanışma, bir havzanın sahip olduğu kaynakların neler olduğunu sorgulama, su döngüsünü anlama, hidrolojik döngüde suyun hareketini kontrol eden faktörleri belirleme, su kirliliğinin nedenlerini, etkilerini ve oluşturduğu riskleri belirleme, su arıtımını keşfetme, su arıtım süreçlerini fark etme, su sorununu su politikası, su hakkı ve su etiği çerçevesinde

değerlendirme, suyun ekonomik değerini anlama gibi suyla ilgili birçok olguya/fenomene planlı bir şekilde maruz bırakılır.

Modüldeki yönlendirici sorular bir taraftan modülün uygulandığı tüm dersleri odak zorlayıcı konu etrafında toplanmasını sağlarken diğer taraftan odak konu kapsamındaki kavramlara dikkat çekerek öğrencilerin konuyla ilgili fen kavramlarını keşfetmelerine olanak sağlar.

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün bilimsel kavramları atmosferik süreçler, jeosferik süreçler, su bileşimini değiştiren süreçler (atmosfer, hidrosfer, jeosfer arasında karmaşık ilişkiler) ve su ile insan etkileşiminin olduğu süreçler (hidrosfer-biyosfer etkileşimi) gibi kavramlarla ilgili olduğundan, disiplinin temel fikri/ konu alanı Dünya ve Evren olarak belirlenmiştir. Su odaklı modülün kesişen konsepti sistemler ve sistem modelleridir, sistemler neden sonuç ilişkilerini de içerir. Modülün yönlendirici sorusunu keşfetmek için gereken bilimsel kavramlar Şekil 3.2 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün fen kavramları

3.3.5.2 Olgu/Fenomen ile Deneyim

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüldeki su sistemi anlayışında su ile ilgili doğal süreçler ve antroposen çağın etkileri birlikte yer almaktadır. Su sisteminin doğal süreçleri su döngüsü ile sağlanırken, su döngüsü benzeri görülmemiş bir ölçekte ve hızda insan etkisiyle değiştirilmektedir (Gleeson, 2020). Yine iklim değişikliği, yeraltından su çekilmesi, baraj inşaatları ve arazi kullanımı değişikliğini içeren

büyük ve birbirine bağlı insan müdahalesi ile su fonksiyonları önemli ölçüde bozulmuş ve sosyal-ekolojik sistemlerde rejim kaymaları meydana gelmiştir (Falkenmark vd., 2018). Oluşan tatlı su krizi ile mücadelede atık su arıtımı azalan içme suyu miktarını arttırmanın başlıca yolu olarak görülmektedir. Atık su arıtımının yapılması azalan su kaynağını eski haline getirmek ve gezegeni toksinlerden korumak için önemli bir çözüm sunmaktadır (Yadav vd., 2019).

Bu durumda sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülde su ile ilgili fenomenler arasından iki tanesi özelleşir. Su döngüsü ve atık suların arıtımı sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül ile verilmesi amaçlanan su sistemi anlayışının kazandırılmasında kritik bir öneme sahip olduğundan öğretim sürecine biri su döngüsü ve diğeri su arıtımı konulu iki deneysel etkinlik dahil edilmiştir. Öğrencileri içine alan deneysel etkinlikler sayesinde su ile ilgili özelleşen iki fenomenin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Ayrıca deneysel etkinlikler su sistemi ile ilgili bu iki önemli fenomenin somutlaştırılması sağlanmıştır. Bu deneysel etkinlik deneyimlerinin sürece dahil edilmesinin öğrenciler için oldukça değerli olduğu düşünülmektedir (Friedrichsen vd., 2016). Her iki deneysel etkinlikten sonra etkinlik için özel olarak hazırlanan çalışma kağıtları ile öğrencilerin ilgili fenomeni anlamlandırması ve pekiştirmesi kolaylaştırılmıştır.

Sosyo-hidrolojik konuların öğretiminin öğrencilerin ve öğretmenlerin suyla ve kendi günlük su kullanımlarıyla ilgili fen kavramları arasındaki kesişimi anlamaları ve suyla ilgili konular hakkında tartışmalara katılabilmelerine olanak tanıyacağı düşünülmektedir. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün uygulanması sürecinde sınıf tartışmalarına da yer verilmiştir. Örneğin derslerden birinde öğrenciler gruplara ayrılmış ve her grup su kirliğinin oluşmasından sorumlu olan ve su kirliliğinin önlenmesinde etkin bir şekilde görev alması gereken kişi, kurum ve kuruluşların (sanayi kuruluşları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, çiftçiler, doğa koruma gönüllüleri, çiftlik sahipleri/ hayvancılık yapanlar, belediye başkanı, yerel halk, halk sağlığı uzmanı, toprak bilimciler, maden işletmecileri vb.) göstermeleri gereken davranışlarını ve yerine getirmeleri gereken görev ve sorumluluklarını belirlemiştir. Sonrasında bunlar yazılı hale getirilmiştir. Her grup üyesi belirlenen kişilerden istediği birini seçerek kendini o kişinin yerine koyup, onun perspektifini

değerlendirmiştir. Her grubun aynı kişiyi seçen üyeleri bir araya toplanmıştır. Su kirliliğinin çözümü için bir sınıf tartışması başlatılmıştır.

3.3.5.3 Modeller Aracılığıyla Kavram Anlayışlarını Geliştirme

Modelleme öğrencilerin bilimsel anlayışlarını geliştirmek için kullanılmaktadır (Zangori ve Forbes, 2016; Puig ve Evagorou, 2020). Öğrencilerin su sistemine ilişkin bilimsel anlayışlarını geliştirmek için süreç boyunca üç kez olmak üzere modelleme yapmaları beklenmiştir (Friedrichsen vd., 2016). Öğrenciler ilk su sistemi ile ilgili modellemesini sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüle başlamadan önce yapmıştır. İlk modelleme öğrencilerin modüle başlamadan önce sahip oldukları su sistemi anlayışlarını tespit etmek için önemlidir. Öğrencilerden sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün ikinci ders planında detayları verilen su sisteminde su döngüsünü ön plana çıkaran dersten hemen sonra ikinci modellemelerini yapmaları istenmiştir. Bu ara modelleme (Halloun, 2007) öğrencilerin su sistemi anlayışlarına su döngüsünü dahil etmesi ya da zaten dahilse geliştirme fırsatı sunması içindir. Öğrenciler nihai modellemelerini ise sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün bitiminde yaparak çalışmayı tamamlamıştır. Nihai modelleme sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün uygulanması sonucu öğrencilerde oluşan su sistemi anlayışının gelişimini göstermesi açısından önemlidir.

3.3.6 Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) Kullanımı

Gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde her geçen gün daha fazla içerik üretilmekte ve bu içeriklere ulaşmak kolaylaşmaktadır (Özel, 2016). Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması boyunca öğrencilere bilimsel raporlar, resmi web siteleri, bilimsel makaleler, hükümet raporları, kısa belgeseller, konu ile ilgili video kaynaklar olmak üzere birçok bilgi ve iletişim teknolojileri kaynağından yararlanılarak öğretim gerçekleştirilmiştir. Özellikle ders hedeflerine uygun su konulu video içeriklerinin seçilmesi ve modül uygulamasına dahil edilmesi öğrencilerin su sistemi anlayışlarının gelişmesine katkı sağlarken aynı zamanda konuya katılımlarını arttırmada da etkili olmuştur. Dört adet 30 dakikalık televizyon bölümünün, izleyicilerin tatlı su yeniden şarjı, muhafazası ve yeniden kullanımına ilişkin anlayışlarını ve katılımlarını etkileme becerisini inceleyen bir araştırmada izleyicilerin suyla ilgili becerileri, katılım algıları ve eylemlerdeki

motivasyonlarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Seraphin, 2020). Bu sonuç mevcut çalışmamızdaki gözlemimiz ile benzerlik göstermektedir.

BİT' te yaşanan gelişmeler bilgi kaynaklarının ve hizmetlerinin sunuluş biçimlerini etkilediği gibi eğitim-öğretim anlayışını da etkilemiştir. Bilgiyi anlayabilen, yorumlayabilen, kullanabilen, yeni bilgi oluşturabilen, eleştirel düşünebilen, bilginin doğruluğunu sorgulayabilen bireylerin yetiştirilmesi önem kazanmıştır (Özel, 2016). Verilen araştırma ödevleri ile öğrenciler, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanmaya teşvik edilmiştir. Ancak öğrencilere araştırma yaparken doğru bilgiye ulaşma, bilgiyi güvenilir kaynaklarda arama gibi dikkat etmeleri gereken noktaların açıklanmasına önem verilmiştir. Sınıfta bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanmanın öğretmenin mevcut sorumluluklarını özellikle kalabalık sınıflarda arttırdığı ifade edilmektedir (Cüre ve Özdener, 2008). Öğretmenin sorumluluk artışı mevcut çalışmada olduğu gibi öğrencilerin BİT becerilerini henüz edinmeye çalıştığı ya da daha muhtemel olarak BİT' deki değişimden etkilenen eğitim-öğretim yaklaşımının gerektirdiği bireyin özelliklerine sahip olma yetkinliği kazanmadığı durumlarda oluşabilir. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulaması boyunca BİT ile olan deneyimler öğrencileri su konusuyla ilgili çeşitli kaynaklardan bilgilere erişmeye ve erişilen bilgileri sorgulamaya çağırmıştır.

3.3.7 Doruk Deneyim

Doruk deneyim öğrencilerin modül boyunca öğrendiklerini sentezlemeleri ve uygulamaları için yapılan aktivitedir (Puig ve Evagorou, 2020; Peel vd., 2020). Tasarlanan modülde doruk deneyim politika oluşturma faaliyetlerinden ilham alarak bir karar verme etkinliği olarak tasarlanmıştır (Friedrichsen vd., 2016).

Bu etkinlikte öğrenciler ülkemizin ve farklı ülkelerin su ve atık su politikalarına yönelik yaptıkları araştırmalardan elde ettiği bilgiler ile modül boyunca su sistemine yönelik öğrendiği tüm bilgileri sentezleyerek su politikası belirleme aktivitesini gerçekleştirirler.

3.4 Katılımcılar

Araştırmanın çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme çeşitlerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Ölçüt örneklemede araştırmacı tarafından

oluşturulan ya da önceden belirlenen ölçütleri karşılayan durumları çalışmak ve gözden geçirmek esastır (Patton, 2014; Yıldırım ve Şimşek, 2006).

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında yer alan su temalı kazanımlarla ilgili olarak sarmal yapının gücünün 7. sınıf seviyesinde zayıf kalması, buna karşın bu sınıf seviyesinde yer alan Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm konusuna ait kazanımların su temasında insan faaliyetlerini ön plana çıkarmak için bir fırsat sunması gerekçeleriyle uygulamanın 7. sınıf öğrencileriyle yapılmasına karar verilmiştir. Ayrıca çalışma grubunu oluşturacak öğrencilerin devam ettiği okul dışında herhangi bir eğitim kurumundan su konulu eğitim almamış, daha önce su konulu bir projeye ya da sivil toplum kuruluşu çalışmasına katılmamış olması ve devlet okulunda eğitim gören öğrenciler olması ölçütleri aranmıştır. Belirtilen bu ölçütler öğretim programının imkân verdiği ölçüde fen bilimleri derslerinde verilebilecek standartlaştırılmış su eğitimini temsil etmek amacıyla oluşturulmuştur.

Bu araştırmanın çalışma grubunu Bursa ilinin İnegöl ilçesinde bağlı bir devlet ortaokulunda 2021-2022 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde öğrenim gören 35 ortaokul 7. Sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Ancak 3 erkek öğrencinin çalışma süresince devamsız durumda olması nedeniyle çalışma 32 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2 Katılımcılara ait demografik bilgiler

Katılımcı Sayısı	**Katılımcıların Cinsiyeti**		**Katılımcıların Yaş Aralığı**
	Kız	**Erkek**	
32	18	14	12-13

3.5 Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak Su Sistemi Kelime İlişkilendirme Testi (SSKİT), Sistemik Düşünme Haritası (SDH), Model Tabanlı Açıklamalar (MTA) ve açık uçlu sorulardan oluşturulmuş anket formu kullanılmıştır. Sistemik düşünme haritası ve model tabanlı açıklamalar sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül

kullanılarak yapılan öğretim sırasında öğrenciler tarafından oluşturulan öğrenci ürünleridir.

Tablo 3.3 Çalışmadaki veri toplama araçlarının kullanım amacı

Veri Toplama Aracı	Kullanım Amacı
Su Sistemi Kelime İlişkilendirme Testi (SSKİT)	Su sistemine yönelik öğrencilerin bilişsel yapısını ortaya çıkarmak ve öğrencilerin sistemin bileşenlerini ve süreçlerini tanımlama becerilerine yönelik ilk izlenimi elde etmek
Sistemik Düşünme Haritaları (SDH)	Öğrencilerin sistemik düşünme hiyerarşisindeki seviyesini tespit etmek
Model Tabanlı Açıklamalar (MTA)	Öğrencilerin su konusuyla ilgili kavramsal öğrenmelerinin gelişimini izlemek
Açık uçlu sorulardan oluşan anket formu	Öğrencilerin uygulama sırasında kullanılan etkinliklerin ve sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenme gelişimine sağladığı katkılar ve etkinlikler hakkındaki düşüncelerini tespit etmek

3.5.1 Kelime İlişkilendirme Testi

Öğrencilerin su sistemi ve su döngüsüne dair sahip olduğu kavramlar ve bu kavramlar arasında kurdukları ilişkilere yönelik bilişsel yapılarını ortaya çıkarmak için uygulama öncesinde ve uygulama sonunda Su Sistemi Kelime İlişkilendirme Testi (SSKİT) uygulanmıştır. Kelime İlişkilendirme, bir kişinin bir dizi kavram için algıladığı ilişkiyi doğrudan araştırmak, kavramlar arasında kurdukları ilişkileri ortaya çıkarmak için kullanılan bir prosedürdür (Bahar vd., 1999). Bu çalışmada testin hazırlanması için "su sistemi" kavramı anahtar kavram olarak belirlenmiştir. Uygulamada su sistemi kavramı bir sayfaya gelecek şekilde 10 kez alt alta yazılarak ve anahtar kavramın karşısına boşluk bırakılarak test hazırlanmıştır. Kelime İlişkilendirme Testinde öğrencilerden anahtar kavramla ilgili kelimeler yazmaları istenmiştir. Öğrencilere kelime ilişkilendirme testine yönelik açıklamalar yapılmış

ve kelime ilişkilendirme testine belirtilen her bir kavram için 30 saniye süre (Bahar vd., 1999; Bahar ve Özatlı, 2003) verilmiştir.

Tablo 3.4 Kelime ilişkilendirme testi

Anahtar Kavram	**Anahtar kavramla ilgili kelime**
Su Sistemi: ----------	
Su Sistemi: ----------	
Su Sistemi: ----------	
Su Sistemi: ----------	
.	
.	
Su Sistemi: ----------	

Sistemik düşünme becerilerinin hiyerarşik özellik gösterdiği bilindiğinden kavram ilişkilendirme testi öğrencilerin sistemin bileşenlerini ve süreçlerini tanımlama becerilerine yönelik ilk izlenimlerimizi oluşturma fırsatı sağlayacaktır. Buradan elde edilecek bulgular uygulama öncesinde öğrencinin sistemik düşünme basamaklarından hangisinde bulunduğunu işaret etmesi açısından da yol göstericidir.

3.5.2 Sistemik Düşünme Haritası

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı öğrenmenin ortaokul öğrencilerinin su döngüsüne ilişkin sistemik düşünme hiyerarşisindeki seviyesine etkisini araştırmak amacıyla uygulama süresince öğrencilerin oluşturacakları sistemik düşünme haritalarının gelişimleri incelenecektir. Öğrencilerin oluşturacağı sistemik düşünme haritası bir çeşit kavram haritası özelliği gösterir.

Kavram haritaları, görünmez bilişsel yapılara yaklaşmak için bir araç olarak kullanılmaktadır (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005b; Lücken ve Sommer, 2010; Novak ve Cañas, 2008). Aynı zamanda kavram haritaları, öğrencilerin sistemik düşünme becerisini analiz etmek için yeterli bir araç olarak önerilmektedir (Brandstadter vd., 2012). Neden-sonuç haritalarının geliştirilmesi ise, bir sistemin

yapısını ve dinamiklerini anlama sürecinde önemli bir adımdır (Plate, 2010). Bu haritalar, bir nedenin birden fazla etkiye sahip olabileceği anlayışına katkıda bulunabilir ve bu nedenle doğrusal düşüncenin ötesine geçmeyi sağlar (Cox vd., 2018).

Sistemik düşünme haritasında nedensel ilişkiler de görselleştirilebilir, örneğin bir ilişkinin yönünü netleştirmek için oka artı veya eksi işareti eklenebilir. Kavram haritaları genellikle hiyerarşik ve doğrusal iken nedensel ilişkilerin gösterilmesi sistem yapısıyla daha yakın ilişkili olduğundan, öğrencilerin sistem düşünme yeteneklerini test etmek için sistemik düşünme haritası kullanmak sistemik düşünme becerisini analiz etmek için uygun bir araç olarak hizmet edebilir.

3.5.3. Model Tabanlı Açıklamalar

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı öğrenmenin öğrencilerin su sistemine ilişkin kavramsal anlamaları üzerindeki etkisini incelemek için öğrencilerin model tabanlı açıklamalarına başvurulacaktır. Model tabanlı uygulama dizisi öğrencilere ilgili doğal fenomenin modellerini oluşturma, kullanma, değerlendirme, gözden geçirme ve detaylandırma fırsatları sağlamaktadır (Abell ve Roth, 1995). Bilimsel modelleme, öğrencilere temsiller geliştirme, fikirlerini görünür kılma ve su döngüsü gibi karmaşık doğal sistemler için modele dayalı açıklamalar üretme fırsatları sağlar (Baumfalk vd., 2019). Bilimsel modellemeler ile öğrencilerinin su hakkındaki öğrenmeleri ve anlayışları geliştirilebilir (Forbes, vd., 2015a). Öğrencilerden sosyohidrolojik konu tabanlı modülün yönlendirici sorusuna yanıt olarak üç model geliştirmeleri beklenir. Öğrenciler insanoğlunun/insan faaliyetlerinin su döngüsü sistemi mekanizmalarını nasıl etkilediğine yönelik modelleme görevini uygulama öncesinde, uygulama sırasında ve uygulama sonrasında yerine getirmiştir.

3.5.4 Açık Uçlu Sorulardan Oluşan Anket

Üçüncü araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenmelerinin gelişimine ilişkin olası bulguları derinlemesine açıklamak ve sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüle yönelik öğrencilerin sahip oldukları düşünceleri ortaya çıkarıp aydınlatmak için nitel veri kaynağı olarak açık uçlu sorulardan oluşan anket kullanılmıştır. Katılımcıların sosyo-hidrolojik konu tabanlı modüle yönelik serbestçe cevap vermelerinin

istenmesi ankette açık uçlu soruların tercih edilmesinde etken olmuştur (Mertens, 1998).

Anketler belli bir konuyla ilgili olarak cevaplayanların düşüncelerini, inançlarını, tutumlarını belirlemeye yönelik bir dizi sorudan oluşan araştırma materyali olarak tanımlanmaktadır (Thomas, 1998). Anketler temelde 1) "Cevaplayıcılar anket sorularını okuyup anlayabilir" ve 2) "Cevaplayıcılar anket maddelerini dürüstçe cevaplamaya hazırdır." şeklindeki iki temel varsayıma dayanan bir veri toplama aracıdır (Büyüköztürk, 2005). Anketlerin büyük gruplara da hızla uygulama imkânı sunarak zaman ve maliyeti düşürme gibi avantajları söz konusudur.

Çalışmada anket formu hazırlanırken anketin olabildiğince kısa ve öz tutulmasına, ankette yer alan soruların açık ve anlaşılır olmasına dikkat edilmiştir. Araştırmada kullanılmak üzere hazırlanan açık uçlu sorulardan oluşan anket uzman görüşüne sunulmuştur. 3., 7. ve 8. açık uçlu soruları ard arda gelen önemli soruları içermesi ve cevap alma zorluğu oluşması ihtimali nedeniyle soruların tek bir amaca yönelik olması ilkesi doğrultusunda parçalanmıştır. Üç uzmanın önerileri doğrultusunda açık uçlu sorular düzenlenerek ankete son hali verilmiştir. Ankette yer alan soruları şu şekildedir:

1) Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sayesinde öğrendiğin kavramlardan ilk kez öğrendiğin kavramlar var mı, varsa bu kavramlar nelerdir? Açıklar mısın?

2) Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğün kavramlar veya süreçler nelerdir? Açıklar mısın?

3) a. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız modellemelerin senin için faydalı olduğunu düşünüyor musun? Açıklar mısın?

b. Modelleme yaparken nelere dikkat ettin? Açıklar mısın?

4) Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sürecinde yaptığın modellemeye hangi etkinlik ya da etkinlikler katkı sağladı? Açıklar mısın?

5) Nihai modellemenden memnun musun? Nedenini açıklar mısın?

6) Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız buz dağı adlı etkinlik ve nedensel ilişkiler etkinliği sana neler öğretti? Açıklar mısın?

7) a. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sonunda yaptığın sistemik düşünme haritasına katkı sağladığını düşündüğün etkinlik ya da etkinlikler var mı? Varsa açıklar mısın?

b. Sistemik düşünme haritasını oluştururken nasıl bir yol izledin, nelere dikkat ettin? Açıklar mısın?

8) a. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden en çok hangisini beğendin? Neden?

b. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden beğenmediğin ya da zorlandığın etkinlik olduysa sen olsan etkinliğin nasıl olmasını isterdin?

9) Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül ile ilgili görüşlerini belirtir misin?

Ankette yer alan açık uçlu sorular öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenmelerinin gelişimini kendi açılarından ifade etmelerine fırsat vermektedir. Ayrıca öğrencilerin ankette yer alan açık uçlu sorulara verdiği cevaplardan elde edilen verilerle sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sırasında, tercih edilen öğretim yöntemine ve öğretim sırasında gerçekleştirilen etkinliklere yönelik öğrencilerin düşünceleri, beklenti ve tercihleri konusundaki eğilimin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

3.6 Uygulama Süreci

Geliştirilen sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulanmadan önce öğrenciler çalışma ile ilgili bilgilendirilmiş ve uygulamalara ilişkin açıklamalar yapılmıştır. Öğrencilerin ön KİT doldurmaları, ön su sistemi modelini oluşturmaları ve ön SSSDH çizimi yapmaları sağlanmıştır. Tüm bu uygulamaların gerçekleştirilmesi ve ilk verilerin toplanması 2 ders süresinde tamamlanmıştır. Daha sonra tasarlanan sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün uygulamasına geçilmiştir. Modül 10 ders saati süresinde uygulanan 5 adet ders planından oluşmaktadır (Ek A). Modülün uygulaması gerçekleştirildikten sonra son verilerin toplanması (son KİT, son su sistemi modeli ve son SSSDH çizimi) yine 2 ders süresinde tamamlanmıştır. Çalışma toplam 14 ders saati süresinde gerçekleştirilmiştir. Modülde yer alan ders planlarında sırasıyla yeryüzündeki su kaynakları ve atık suyun oluşumu, su döngüsü ve su döngüsünü etkileyen faktörler, güvenli su kaynakları için su havzaları ve su

kaynaklarının kirlenmesi, atık suyun bertaraf edilmesi, su arıtımı ve içme suyu ile suyun yönetimi (su politikaları, su etiği, suyun ekonomik değeri) konuları ele alınmıştır.

Öğrencilerin su odaklı dersi daha kolay takip edebilmeleri ve etkinliklerde aktif olmaları için modül kazanımlarına yönelik etkinlik kağıtları ve çalışma kağıtları hazırlanmıştır. Ders sırasında öğrencinin erişimine sunulan konu ile ilgili el kitabı, dergi, makale ve web sitelerinin yanı sıra ders sırasında kullanılan video içerikleri ve çeşitli ders materyalleri ile zengin bir ders ortamı oluşturulmak amaçlanmıştır. Ayrıca sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması süresince öğrencilerin deney yapma, konu hakkında araştırma yapma ve sorgulama, grup tartışması yapma gibi birçok etkinliğe katılmaları sağlanmıştır.

Modülün uygulama süresinin bitiminde öğrencilerin son durum su sistemi kelime ilişkilendirme testini doldurmaları, nihai su sistemi modelini oluşturmaları ve son durum su sistemi sistemik düşünme haritası çizimi yapmaları sağlanarak (2 ders süresi) çalışmanın sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sırasındaki veri toplama aşaması tamamlanmıştır.

Modül uygulamasının bitiminden sonra öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülde yer alan etkinliklere ve modüle yönelik sahip oldukları düşünceleri ortaya çıkarmak için açık uçlu sorulardan oluşan anketi cevaplamaları beklenmiştir. Öğrencilerin sağlanarak veri toplama aşaması sonlandırılmıştır. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün uygulanması sürecinde öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler Tablo 3.5 ‘te belirtilmiştir.

Tablo 3. 5 Öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler

Süre	**Etkinlikler**	**KİT**	**SDH**	**Modelleme**
2 ders süresi	• Öğrencilerin su sistemiyle ilişkilendirdikleri kavramlarla kelime ilişkilendirme testini doldurmaları • Öğrencilerin su sistemi sistemik düşünme haritası çizmeleri • Öğrencilerin su sistemine yönelik model çizmeleri ve model tabanlı açıklamalar yapmaları	Su sistemi ön KİT	Su sistemi ön SDH	Su sistemi ön MTA

Tablo 3. 5 Öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler (devamı)

2 ders süresi	• Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasına ilgili videonun izlenmesi ile giriş • "Atık su içme fikrine alışmak mı?" adlı sosyo-hidrolojik konu temalı dergi makalesi ile sosyo-hidrolojik konunun öğrencilere sunulması • Buzdağı adlı etkinlik kağıdının doldurulması • Küresel Su Krizi adlı çalışma kağıdı dağıtılması: Öğrencinin çalışma kağıdında yer alan tablolardaki verilere dayalı yorum yapması beklenir.			
2 ders süresi	• Sosyo-hidrolojik konuda derinleşmek için su havzası kavramıyla ilişkilendirilmesi • Su döngüsü konulu videonun izlenmesi • Su döngüsü deneyinin yapılması • Su döngüsü deneyi etkinlik kağıdının doldurulması • "Su döngüsü hangi faktörlerden etkilenir?" temalı ilişkisel düşünme etkinliği çalışma kağıdının dağıtılması: Öğrencilerin su döngüsünü etkileyen faktörleri belirlemesi beklenir.		İlişkisel düşünme etkinliği Sistemik düşünme haritası için temel hazırlar.	Su döngüsü deneyi ile öğrenciler su döngüsünü gözlemler. Gözlemlerini modelleme yaparken kullanma fırsatı elde eder.
2 ders süresi	• Su kirliliği, susuzluk konulu videonun izlenmesi ve öğrencilerin su kirliğinin oluşmasında sorumlu olan ve su kirliliğinin önlenmesinde			

Tablo 3. 5 Öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler (devamı)

	etkin bir şekilde görevlerini yerine getirmesi gereken kişi, kurum ve kuruluşları belirlemesi • Gruplara ayrılan öğrencilerin su kirliğinin oluşmasından sorumlu olan ve su kirliliğinin önlenmesinde etkin bir şekilde görev alması gereken kişi, kurum ve kuruluşların yaptıkları davranışlarını ve yerine getirmeleri gereken görev ve sorumluluklarını belirleyip bunları yazılı hale getirmesi • Su kirliliğinin çözümü için sınıf tartışması yapılması			
2 ders süresi	• "Atık Suyu Arıtalım" adlı deney yapılması: Öğrenciler dışarıda bir su birikintisinden alınmış oldukça kirli bir suyu daha temiz hale getirmeye çalışır. • Deney sonrasında etkinlik kağıdındaki soruların cevaplanması • Su el kitabının incelenmesi • İçme suyunun özelliklerinin belirlenmesi ve sınıf tartışması ile içme suyu kriterlerinin oluşturulması • "Atık su nasıl arıtılır?" konulu videoların izlenmesi • Öğrencilerin su arıtımının kimyasal süreçleri ve su arıtma tesislerinde su arıtımı üzerine edindiği bilgileri düşünmeleri, yaptıkları			Atık suyu arıtalım deneyi ile öğrenciler su arıtımının fiziksel ve kimsayal süreçlerini gözlemler. Gözlemle-rini modelleme yaparken kullanma fırsatı elde eder.

Tablo 3. 5 Öğretime yönelik zaman çizelgesi ve uygulanan etkinlikler (devamı)

2 ders süresi	• Çeşitli kaynaklardan (video, makale, web sitesi adresleri) faydalanarak ülkelerin su kaynakları ve atık su yönetimi politikalarının araştırılması, toplanan bilgilerin sunulması • Ülkelerin su yönetimi politikalarını ve yürüttüğü faaliyetleri su etiği açısından tartışılması • Suyun ekonomik değerinin sorgulanması • Su yönetimi adlı etkinlik kağıdının yapılması • Su politikası belirleme aktivitesi			

Öğrencilerin su odaklı dersi daha kolay takip edebilmeleri ve etkinliklerde aktif olmaları için modül kazanımlarına yönelik etkinlik kağıtları ve çalışma kağıtları hazırlanmıştır. Ders sırasında öğrencinin erişimine sunulan konu ile ilgili el kitabı, dergi, makale ve web sitelerinin yanı sıra ders sırasında kullanılan video içerikleri ve çeşitli ders materyalleri ile zengin bir ders ortamı oluşturulmak amaçlanmıştır.

Ayrıca sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması süresince öğrencilerin deney yapma, konu hakkında araştırma yapma ve sorgulama, grup tartışması yapma gibi birçok etkinliğe katılmaları sağlanmıştır. Çalışma 32 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

3.7 Puanlama Araçları

3.7.1 Sistemik Düşünme Haritası Rubriği

Bu çalışmada Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005b, 2010) tarafından belirtilen sekiz hiyerarşik sistem düşüncesi boyutuna dayalı olarak Sistem Düşüncesi Haritası Rubriği (SDHR) tasarlanmıştır. SDHR sekiz bölümden oluşmaktadır. Rubriğin her bölümü, sistem düşüncesinin her bir boyutunun anlamına göre su sistemi bağlamıyla ilişkilendirilmiştir. Benzer rubrikler (Baumfalk, vd., 2018; Lee, vd., 2019) incelenmiş ve SDHR' nin her bir bölümü en basitten en karmaşığa doğru 0 ile 3 arasında 4 düzey olarak derecelendirilmiştir. Sistemik düşünme haritası değerlendirilen bir öğrencinin rubriğin bir bölümünden alacağı en yüksek puan 3

olmakla birlikte 8 ayrı bölümden alabileceği toplam maksimum puan değeri 24 puandır.

Hazırlanan Sistemik Düşünme Haritası rubriği pilot çalışmayla test edilmiştir. Pilot çalışma sistemik düşünme haritası için araştırmacıya daha doygun veri sağlaması gerekçesiyle 8. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma 1 ders süresinde yapılmıştır. Pilot çalışmadan elde edilen 10 adet veri öğrencilerin sistemik düşünme becerilerine sahip olması ile Sistemik Düşünme Haritası Rubriğinin maddelerinin uygunluğunun anlaşılmasında yol gösterici olmuştur. Örneğin bazı öğrencilerin su sistemine ait olmayan ilişkisiz kavramlar belirttiği, kurduğu ilişkinin olmadığı ya da ilişkilendirdikleri kavramların tümünde yanlış ilişkilendirmelerin olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitler sistemik düşünme haritası maddelerinin seviyelerinin (0-3) tekrar düzenlenmesine katkı sağlamıştır.

Hazırlanan Sistemik Düşünme Haritası rubriği için üç uzmanın görüşlerine başvurulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda sistemik düşünme basamakları maddelerine yönelik seviyelendirmenin anlaşılırlığını ve yapılacak puanlamanın nesnelliğini arttırmaya yönelik değişikler yapılmıştır. Örneğin uzman görüşleri sistemik düşünme basamağı özelliklerinden ilk iki basamak için yapılan seviyelendirmede de diğer sistemik düşünme basamakları (3,4,5,6.) özelliklerinde olduğu gibi nesnelliği sağlayan sayısal ifadelere yer verilmesi hususunda birleşmiştir. Bu nedenle sistemik düşünme haritası rubriğinin ilk iki basamağının özellikleri için yapılan seviyelendirme, sayısal ifadeler kullanılarak düzenlenmiş ve nesnelliği arttırılmıştır. Rubriğin 5. Sistemik düşünme basamağı özelliğinin 3. seviyesinde yer alan "iki tane" ifadesi "en az iki" olarak değiştirilmiştir.

Sistemik düşünme haritasındaki 0-3 düzeyinin oluşturulmasındaki puanlamayı somutlaştıracak veriler pilot çalışmaya katılan öğrencilerin sistemik düşünme haritası çizimlerinden elde edilmiştir. Ayrıca sistemik düşünme haritası rubriğinin su sistemi konusuna yönelik hazırlanması dolayısıyla rubriğin 8. sistemik düşünme basamağına ait özelliği su sistemi bağlamında revize edilmiştir. Su sistemi sistemik düşünme haritası rubriği Ek B' de verilmiştir.

3.7.2 Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği

Öğrenci modelleri araştırmacı tarafından geliştirilen Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği (MTAR) ile analiz edilmiştir (Baumfalk vd., 2019). Model Tabanlı

Açıklamalar bileşenler, açıklayıcı süreç, ardışım, eşleştirme ve bilimsel prensipler olmak üzere 5 bölümden oluşmuştur. Model Tabanlı Açıklamalar Rubriğinin her bir bölümü 4 düzeye (0,1,2,3) tekabül edecek şekilde düzenlenmiştir. Model tabanlı açıklamalar rubriği ile oluşturduğu modeli değerlendirilen bir öğrencinin rubriğin bir bölümünden alacağı en yüksek puan 3 olmakla birlikte 5 ayrı bölümden alabileceği toplam maksimum puan değeri 15 puandır.

Hazırlanan Model Tabanlı Açıklamalar Rubriği pilot çalışmayla test edilmiştir. Pilot çalışma 7. sınıf öğrencisi olan 15 katılımcı ile 1 ders süresinde gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışmadan elde edilen veriler rubriğin bileşenler bölümünün 0. ve 1. düzeylerindeki açıklamaların a., b., c., şeklinde çeşitlendirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda Model Tabanlı Açıklamalar Rubriğinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Model tabanlı açıklamalar rubriği için üç uzmanın görüşleri alınmıştır. Alınan uzman görüşlerinde Model Tabanlı Açıklamalar rubriğinin Bileşenler bölümünün 0. düzeyi b. özelliğinde suyun formlarına ilişkin parantez içinde açıklama yapılabileceği önerilmiştir. Ayrıca Model Tabanlı Açıklamalar rubriğinin Açıklayıcı Süreç bölümü seviyeleri için yapılan derecelendirmenin uygunluğu tartışılmıştır. Rubriğin Açıklayıcı Süreç bölümündeki seviyelerin belirlenmesinde kullanılan açıklamaların seviyelerin tespitinde işlevsel ve derecelendirmeye uygun olduğu (0 düzeyine atfedilen açıklama en düşük ve en dar konu içeriği kapsamına; 3 düzeyine atfedilen açıklama en üst ve en geniş konu içeriği kapsamına işaret ettiği) sonucuna varılmıştır.

Bununla birlikte Model Tabanlı Açıklamalar Rubriğinin Bilimsel Prensipler bölümünde yapılan derecelendirmede özelliklerin açıklamalı örnekler ile verilmesinin rubriğin işlevselliğini arttırdığı belirtilmiştir. Uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda Model Tabanlı Açıklamalar Rubriğinin Bileşenler bölümünün 3. düzey açıklamasında bir anlam belirsizliği oluşma ihtimali nedeniyle açıklamadan görünür olmayan en az iki bileşen ifadesi çıkarılmıştır. Bunun yerine açıklamaya doğrudan istenen bileşenlerin yazılması ile belirsizlik ortadan kaldırılmıştır. Su sistemi model tabanlı açıklamalar rubriği Ek C ‘de verilmiştir.

3.8 Verilerin Analizi

3.8.1 Kelime İlişkilendirme Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Su sistemi kavramına ilişkin kelime ilişkilendirme testinden elde edilen sözcükler ayrıntılı olarak incelenmiş kaç çeşit cevap kavram verildiği ve bu sözcüklerin tekrarlanma sıklıklarını gösteren frekans tabloları haline getirilmiştir.

Kelime ilişkilendirme testleri öğrencilerin kavramlar arasında kurduğu ilişkileri açığa çıkarmak için oldukça kullanışlıdır. Kelime ilişkilendirme testinde bir kavramla ilişkilendirilen kelimelerin sayısı ve niteliği o kavramın anlaşılıp anlaşılmadığını belirlemekte kullanılmaktadır (Bahar vd., 1993).

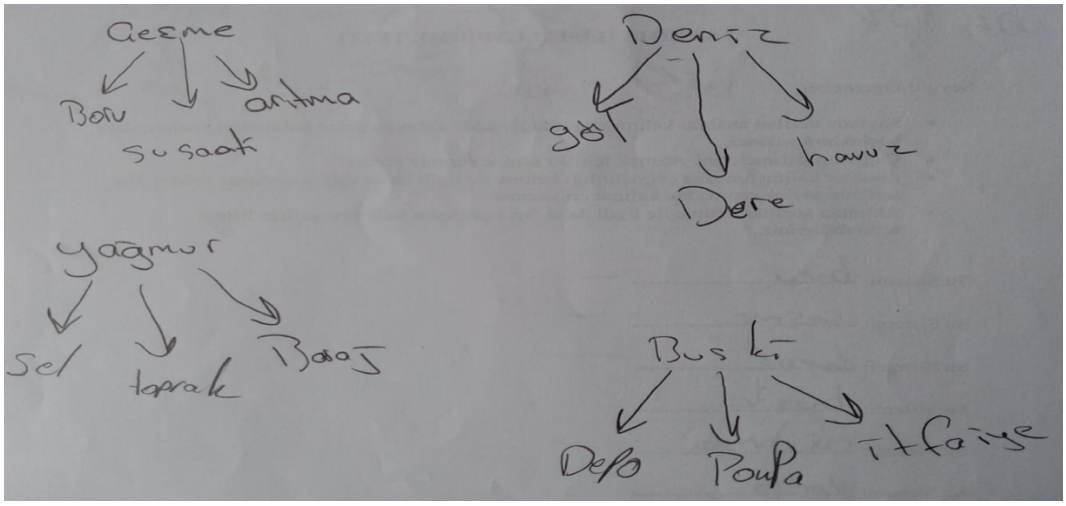
Anahtar kavrama verilen cevap kavramlar anlamsal ilişki kriteri kullanılarak kategorize edilir. İlişkisiz olarak görülen ve diğer kelimelerle ilişkisi olmayan kelimeler ve bir kez kullanılmış kelimeler değerlendirmeye alınmaz ve her kategorideki kelimelerin frekansları hesaplanır (Daskolia, vd., 2006).

3.8.2 Sistemik Düşünme Haritalarından Elde Edilen Verilerin Analizi

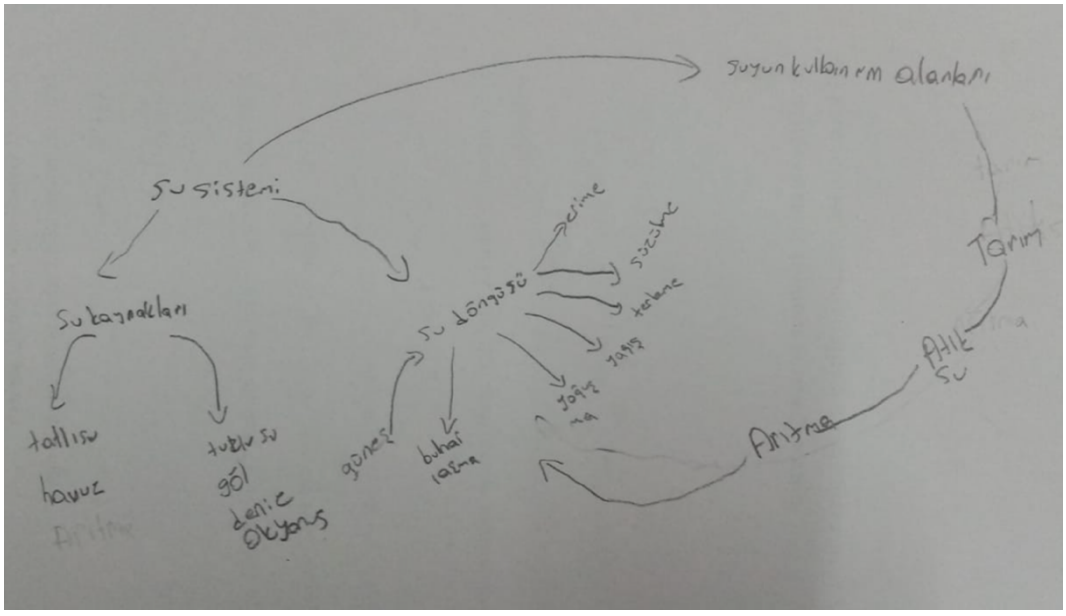
Öğrencilerin oluşturduğu sistemik düşünme haritaları Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005b; 2010) tarafından ortaya çıkarılan sistemik düşünme becerisi boyutları ve her bir boyutun ifade ettiği anlam temel alınarak araştırmacı tarafından hazırlanan Sistemik Düşünme Haritası Rubriği ile analiz edilmiştir. Öğrenci çizimlerinin değerlendirmesinin daha iyi yapılabilmesi amacıyla genelleme yapma ve zamansal düşünme sistemik düşünme boyutlarına yönelik açıklamalarda bulunmaları istenmiştir. Öğrencilerin yaptığı yazılı açıklamalar dikkate alınarak sistemik düşünme haritaları analiz edilmiştir. Sistemik düşünme haritaları rubriğin 8 hiyerarşik sistemik düşünme basamağı özelliğinin her biri için 0 ve 3 arasında puanlama yapılacak şekilde incelenmiştir. Değerlendirme araştırmacı ve bir alan uzmanı olmak üzere iki puanlayıcı tarafından gerçekleştirilmiştir. Güvenirlik bir ölçme aracıyla, aynı koşullar altında tekrarlanan ölçümlerde elde edilen ölçüm değerlerinin kararlılığının bir göstergesiyken puanlayıcılar arası uyum iki veya daha fazla sayıdaki puanlayıcı tarafından yapılan puanlamalardan elde edilen madde ve test puanları arasında anlamlı bir farkın olmaması durumudur ve birden fazla puanlayıcının puanları arasındaki tutarlılığın derecesini göstermektedir (Crocker ve Algina, 1986; Goodwin, 2001). Cohen'in ağırlıklı kappa değeri, uyumun daha kapsamlı bir değerlendirmesini sağladığı için, değerlendiriciler arası güvenilirliğin

değerli bir ölçüsüdür (Li, vd., 2023). Değerlendiriciler arası güvenilirliği ölçmek için hesaplanmıştır. Sonuçlar, ağırlıklı $\kappa = 0,89$ ile değerlendiriciler arasında güçlü bir uyum olduğunu göstermiştir. Değerlendiriciler arasında yapılan tartışmanın ardından, puanlama konusunda %100 uyum sağlanmıştır.

Öğrencilerin su sistemi ile ilgili çizdikleri sistemik düşünme haritalarına örnek olması amacıyla Ö22 kodlu öğrencinin su sistemi ile ilgili ön ve son sistemik düşünme haritası verilmiştir. Sistemik düşünme haritasının rubrik ile nasıl puanlandığını göstermek için Ö22 öğrencinin ön sistemik düşünme haritası değerlendirmesi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.3 Ö22 kodlu öğrencinin ön su sistemi SDH çizimi



Şekil 3.4 Ö22 kodlu öğrencinin son su sistemi SDH çizimi

Ö22 kodlu öğrencinin eğitimsel müdahale öncesinde çizdiği su sistemi sistemik düşünme haritasında 16 kavrama yer verdiği görülmektedir. Bu kavramlar arasında yağmur, deniz, göl, dere, sel, baraj, depo vb. sistem bileşenlere yer verdiği görülür. Öğrencinin SSSDH çiziminde kullandığı tek süreç arıtma olmuştur. Bu nedenle rubriğin "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." basamağından 1 puan almıştır.

Ö22 kodlu öğrencinin sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirtebildiği görülmektedir. Örneğin sistem bileşenlerinden biri olan yağmur ile sel, topak ve baraj arasında basit ilişkiler kurmuştur. Belirtilen bu ilişkiler kabul edilebilir düzeyde olan ilişkilere örnektir. Ancak kavramlar arasında kurduğu tüm ilişkiler kabul edilebilir değildir. Örneğin, BUSKİ ile itfaiye kavramını ilişkilendirmesi, deniz ile havuz kavramını ilişkilendirmesi gibi). "Sistem bileşenleri arasındaki **basit ilişkileri** belirler." basamağından 1 puan almıştır.

Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleyemediği için "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirtir." basamağından sıfır puan almıştır. Sistem bileşenlerini ve süreçler arasındaki ilişkileri belirtemediği için "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir." basamağından sıfır puan almıştır. SDH çiziminde sistemin döngüsel doğasını gösteremediği için "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar." basamağından sıfır puan almıştır. Sistemin gizli boyutlarına (su buharı, yeraltı suyu, yerçekimi kuvveti) yer vermediği için "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." basamağından sıfır puan almıştır.

Genelleme yapma ve zamansal düşünebilme gibi daha ileri sistem düşünme becerilerini ölçümünde bu basamaklar için özel olarak hazırlanmış sorular kullanılmıştır. Öğrencilerin bu soruları yanıtlaması beklenmiştir. Bu sorulara verilen yanıtlar sistemik düşünmenin diğer basamaklarında olduğu gibi yine sistemik düşünme haritası rubriği kullanılarak değerlendirilmiştir. Ö22 kodlu öğrenci eğitimsel müdahale öncesinde bu soruları cevaplayamamıştır. Bu nedenle öğrenci "Genelleme yapar." basamağından ve "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." basamağından sıfır puan almıştır. Ö22 kodlu öğrenci ön SDH çiziminden toplamda 2 puan alabilmiştir. Öğrencinin aldığı rubrik bileşenlerinden aldığı puanlar Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Ö22 kodlu öğrencinin çizdiği sistemik düşünme haritasının rubrik ile değerlendirilmesi

	Sistem bileşenlerini ve sistem içindeki **süreçleri** belirtir.	Sistem bileşenleri arasındaki **basit ilişkileri** belirler	Sistem içindeki **dinamik ilişkileri** belirler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini **ilişkiler çerçeve-sinde** belirtir.	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (**sistemin döngüsel doğasını**) **anlar.**	Sistemin **gizli boyutlarını** belirtir	Genelleme yapar	Geriye dönük ve ileriye yönelik **zamansal düşünebilir.**	**Toplam**
Alınan puan	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**

3.8.3 Modelleme-Model Tabanlı Açıklamalardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün öğrencilerin su sistemine ilişkin kavramsal anlamaları üzerindeki etkisini incelemek için öğrencilerin model tabanlı açıklamalarına başvurulmuştur. Öğrencilerin su sistemi model tabanlı açıklamaları Model tabanlı Açıklamalar Rubriği kullanılarak analiz edilmiştir. Öğrencilerin modellerinde ne anlatmak istediğinin analizinin daha iyi yapılabilmesi amacıyla öğrencilerden çizimlerin arkasına çizimlerini tasvir eden açıklamalarda bulunmaları istenmiştir. Yazılı açıklamada zorlandığını düşünen öğrencilerin sözlü olarak modelini anlatması sağlanmıştır. Değerlendirme yapılırken öğrencilerin yazılı ve sözlü açıklamaları dikkate alınarak modeller değerlendirilmiştir. Oluşturduğu modeli değerlendirilen bir öğrencinin rubriğin bir bölümünden alacağı en yüksek puan 3 olmakla birlikte 5 ayrı bölümden alabileceği toplam maksimum puan 15 puandır. Öğrencilerin model tabanlı açıklamaları uygulama öncesi (ön test) ve uygulama sonu (son test) olmak üzere değerlendirmeye alınmıştır.

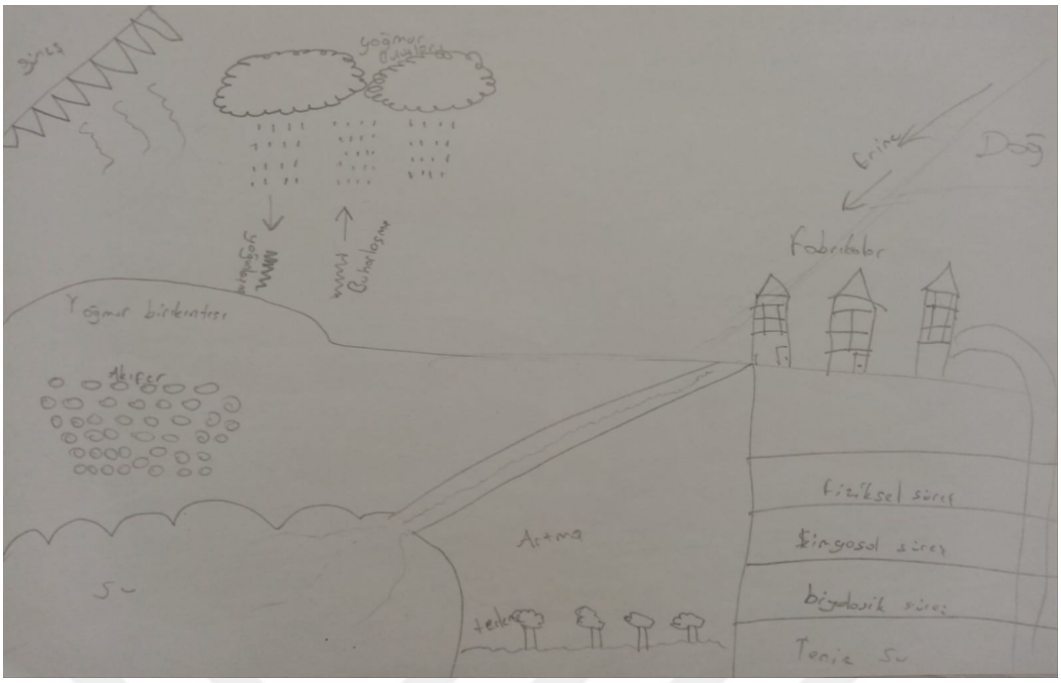
Puanlayıcılar arası güvenirliği sağlamak için öğrencilerin oluşturdukları su sistemi modellerinden rastgele seçilen %25'i rubrik kullanılarak araştırmacı ve bir alan uzmanı tarafından bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Yanılgı durumu oluşmaması adına iki puanlayıcı çelişkili alanlarda bir araya gelerek fikir alışverişinde

bulunmuştur. Uzlaşma sağlanması ile geriye kalan veriler değerlendirilmiştir. Puanlayıcılar arası güvenirliğin belirlenmesinde kappa istatistiğine başvurulmuştur. Kappa istatistiği, şansla ortaya çıkan uyumun düzeltilmesine dayalı bir istatistik olarak bilinmektedir (Brennen ve Prediger, 1981). Bu değer 0,83 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç modelleri değerlendiren iki puanlayıcı arasındaki uyumun "mükemmele yakın uyum" olduğunu göstermektedir (Landis ve Koch, 1977).

Öğrencilerin su sistemi ile ilgili oluşturdukları modellerin model tabanlı açıklamalar rubriği ile nasıl puanlandığını göstermek için Ö3 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli değerlendirmesi örnek olarak verilmiştir. Ö3 kodlu öğrencinin su sistemi ile ilgili ön (Şekil 3.5) ve son modellemeleri /model tabanlı açıklamaları (Şekil 3.6) verilmiştir.



Şekil 3.5 Ö3 kodlu öğrenci tarafından çizilen ön su sistemi modeli



Şekil 3.6 Ö3 kodlu öğrenci tarafından çizilen son su sistemi modeli

Tablo 3.7 Ö3 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli değerlendirmesi

Rubrik bileşeni	**Bileşen-ler**	**Açıklayıcı süreç**	**Ardışım**	**Eşleştirme**	**Bilimsel Prensipler**	**Toplam**
Alınan puan	**2**	**0**	**0**	**1**	**0**	**3**

Ö3 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli incelendiğinde; öğrencinin modelinde görünür su kaynaklarından nehire, görünür olmayan bileşenlerden yeraltı suyuna ve yaşamımızdaki su kullanımına yönelik bir temsil olarak su motoruna yer verdiği görülmektedir. Bu durumda modelin rubriğin bileşenler kısmından aldığı puan 2'dir. Modelde suya odaklanan açıklayıcı süreçler yoktur. Model, rubriğin açıklayıcı süreç kısmından sıfır puan almıştır. Modelde su sisteminde yer alan ardışık olaylar dizisi örneği bulunmamaktadır. Modelin rubriğin ardışım kısmından

aldığı puan sıfırdır. Modelde 3 adet eşleştirmeye yer verilmiştir. Modelde yapılan eşleştirme modelle ilgili detayı belirtir niteliktedir. Modelin rubriğin eşleştirme kısmından aldığı puan 1'dir. Modelde bilimsel prensip olarak nitelendirilecek herhangi bir bulgu yoktur. Modelin rubriğin bilimsel prensipler kısmından aldığı puan sıfırdır. Ö3 kodlu öğrencinin ön su sistemi modelinin toplam puanı üçtür. Öğrencinin rubrik bileşenlerinden aldığı puanlar Tablo 3.7' de gösterilmiştir.

3.8.4 Açık Uçlu Sorulardan Oluşan Ankete Verilen Yanıtların Analizi

Açık uçlu sorulardan oluşan anket ile toplanan verilerin analizi tematik analiz ile gerçekleştirilmiştir. Tematik analiz verilerdeki örüntüleri belirlemek için kullanılmaktadır. Tematik analizde, verilerin kendisine odaklanılarak, toplanan bilgilerden doğrudan önemli çıkarımlar elde etmek amaçlanmaktadır. Tematik analiz, çalışmada karmaşık veri kümelerine ilişkin ayrıntılı bilgiler ortaya çıkarma becerisi nedeniyle tercih edilmiştir. Tematik analizde verileri tanıma, başlangıç kodları oluşturma, temaları arama, temaları gözden geçirme, temaları isimlendirme ve raporlama adımları izlenmiştir (Guest vd., 2012).

4
BULGULAR

Bu çalışmada sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasının 7. sınıf öğrencilerinin sistemik düşünme ve kavramsal anlama düzeyleri üzerindeki etkisi nasıldır? şeklindeki araştırma problemi üç alt probleme ayrılmış ve her bir alt probleme yönelik olarak elde edilen bulgular alt başlıklar halinde çözümlenerek sunulmuştur. Bu bölümde;

- Su sistemine yönelik hazırlanan kelime ilişkilendirme testine öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonunda verdikleri cevaplara ilişkin bulgulara yer verilmiştir.
- Ayrıca öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonunda sistemik düşünme seviyelerinin ortaya çıkarılması amacıyla öğrencilerin oluşturduğu sistemik düşünme haritasına ilişkin bulgular ortaya konulmuştur.
- Bununla birlikte su sistemine yönelik kavramsal öğrenmeleri açığa çıkaran öğrencilerin model tabanlı açıklamalarına ilişkin bulgulara yer verilmiştir.
- Son olarak uygulama sırasında kullanılan etkinliklerin ve sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenme gelişimine sağladığı katkılar ve etkinlikler hakkındaki düşüncelerine yönelik bulgulara yer verilmiştir.

4.1 Öğrencilerin Su Sistemi İle İlişkilendirdiği Kavramlara İlişkin Bulgular

Su sistemi kelime ilişkilendirme testi öğrencilerin su sistemine yönelik sahip oldukları bilişsel yapıların ortaya çıkarılması ve öğrencilerin sistemin bileşenlerini ve süreçlerini tanımlama becerilerine yönelik izlenimlerin elde edilmesi açısından araştırmacıya yardımcı veriler sağlaması amacıyla kullanılmıştır. Öğrencilerden su

sistemi ile ilgili ön test KİT uygulamasında en az 12 kavram belirtmeleri, son test KİT uygulamasında ise en az 24 kavram belirtmeleri beklenmiştir. Öğrencilerin su sistemi anahtar kavramına verdiği ön cevap kelime sayıları ile son cevap kelime sayılarına ait bulgular tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4. 1 Öğrencilerin su sistemi anahtar kavramına verdiği ön cevap kelime sayıları ile son cevap kelime sayıları

Öğrenciler	**SSKİT ön cevap kelime sayısı**		**SSKİT son cevap kelime sayısı**	
	İlişkili kavram	**Bağlantısız Kavram**	**İlişkili kavram**	**Bağlantısız Kavram**
Ö1	12	-	15	-
Ö2	8	3	23	-
Ö3	9	5	22	1
Ö4	8	4	21	3
Ö5	10	2	17	5
Ö6	6	3	17	5
Ö7	10	1	16	-
Ö8	8	3	24	-
Ö9	9	3	12	1
Ö10	7	4	25	-
Ö11	7	4	17	5
Ö12	7	4	24	-
Ö13	7	1	14	1
Ö14	5	2	17	-
Ö15	14	4	22	2
Ö16	12	-	23	1
Ö17	8	4	21	1
Ö18	10	3	16	1

Tablo 4. 1 Öğrencilerin su sistemi anahtar kavramına verdiği ön cevap kelime sayıları ile son cevap kelime sayıları (devamı)

Ö19	6	6	24	-
Ö20	7	5	22	-
Ö21	12	3	20	2
Ö22	12	5	19	1
Ö23	5	7	24	-
Ö24	4	7	22	-
Ö25	7	5	19	-
Ö26	8	8	22	-
Ö27	5	10	21	1
Ö28	8	3	21	-
Ö29	13	3	15	-
Ö30	13	3	15	-
Ö31	10	2	25	-
Ö32	10	2	24	-
Toplam Yanıt	**277**	**119**	**639**	**30**

Öğrencilerin su sistemi kelime ilişkilendirme testine verdikleri cevaplar incelendiğinde ön testten toplamda 396 yanıt son testten toplamda 669 yanıt elde edilmiştir. Ön testte elde edilen yanıtların 277 adedi su sistemi ile ilişkili iken 119 adedi bağlantısız kavram şeklindedir. Son teste elde edilen yanıtların ise 639 adedi ilişkili kavram iken 30 adedi bağlantısız kavram olarak tespit edilmiştir. Öğrencilerin son testte su sistemi anahtar kavramıyla ilişkilendirdiği kavram sayısının ön testte su sistemiyle ilişkilendirdiği kavram sayısına göre belirgin bir artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca son testte verilen yanıtlarda su sistemi ile

ilişkilendirilen bağlantısız kavram sayısının ve bağlantısız kavram yanıtı veren öğrenci sayısının azaldığı görülmüştür.

Tablo 4.2' de yer alan bilgiler incelendiğinde öğrencilerin ön test SSKİT' ye verdiği cevapların daha çok günlük yaşamdaki deneyimlerinde daha sık karşılaştığı çeşme/musluk (*f*=28), yağmur (*f*=27), deniz (*f*=24), boru (*f*=23), baraj (*f*=16) ve göl (*f*=16) olduğu görülmektedir. Öğrencilerin son test SSKİT' ye verdiği cevap kavramların ise terleme (*f*=32), yoğunlaşma (*f*=30), buharlaşma (*f*=28), su arıtımı (*f*=27) ve süzülme (*f*=24) olduğu görülmektedir. Son SSKİT' de öğrencilerin cevap olarak verdiği kavramlar su sisteminin doğal işleyiş mekanizmalarının ve insan çevre etkileşiminin sonuçlarının akıllarına geldiğini düşündürmektedir.

Tablo 4.2 Su sistemi anahtar kavramına verilen cevaplara ilişkin bulgular

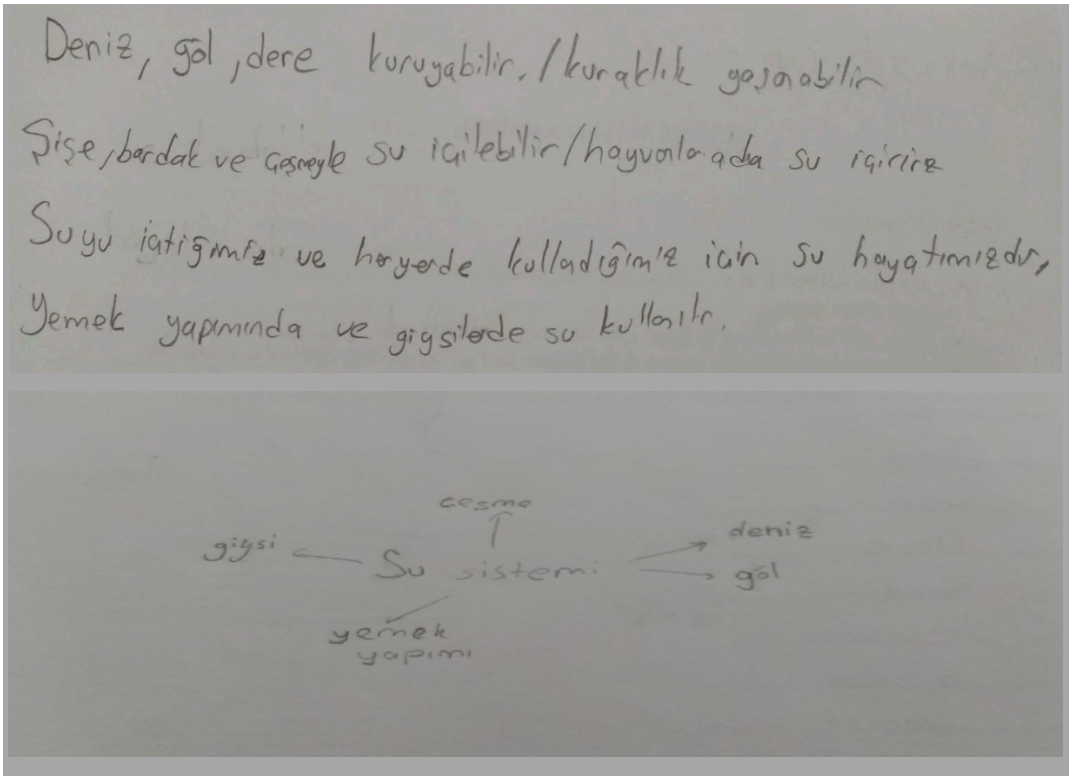
Anahtar Kavram	**SSKİT Ön test**		**SSKİT Son test**	
	Cevap olarak en çok verilen ilk 5 kelime	**Cevaplanma sayısı (*f*)**	**Cevap olarak en çok verilen ilk 5 kelime**	**Cevaplanma sayısı (*f*)**
Su Sistemi	Çeşme/musluk	28	Terleme	32
	Yağmur	27	Yoğunlaşma	30
	Deniz	24	Buharlaşma	28
	Boru	23	Su arıtımı	27
	Baraj	16	Süzülme	24
	Göl	16		

4.2 Öğrencilerin Sistemik Düşünmelerine İlişkin Bulgular

SSKİT uygulanıp öğrenciler su sistemi ile ilişkilendirdikleri kavramları belirttikten sonra öğrencilerden bu kavramlar arasındaki ilişkileri sistemik düşünme haritası yoluyla göstermeleri istenmiştir. Sistemik düşünme haritası çizimleri uygulama öncesi (ön SDH) ve uygulama sonu (son SDH) olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması öncesinde çizdiği sistemik düşünme haritaları ile uygulama sonunda çizdikleri sistemik düşünme haritaları su sistemini temsil etme açısından karşılaştırıldığında aralarında oldukça

büyük farklılık olduğu göze çarpmaktadır. Öğrencilerin uygulama sonunda su sistemi ile ilgili çizdikleri sistemik düşünme haritalarının su sistemine ait hem daha fazla bileşeni ve süreci içerdiği hem de sisteme ait ilişkileri temsil etme gücünün daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrenciler tarafından çizilen sistemik düşünme haritalarının ilgili rubrik ile analizinden elde edilen puanlar sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sonunda artış göstermiştir. Öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması öncesinde ve sonunda çizdiği sistemik düşünme haritalarındaki ve aldıkları puanlardaki değişimi göstermek amacıyla aşağıda Ö14 kodlu öğrencinin su sistemi ile ilgili ön ve son SDH ve değerlendirmeleri örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.1 Ö14 kodlu öğrencinin ön su sistemi SDH çizimi

Ö14 kodlu öğrencinin oluşturduğu ön su sistemi sistemik düşünme haritasında 5 kavrama yer verdiği görülmektedir. Öğrenci su sistemi bileşeni olarak deniz, göl ve çeşmeyi belirtmiştir Öğrencinin kullandığı kavramlar arasında bulunan giysi ve yemek yapımı suyun kullanım alanlarıyla ilişkilendirilebilir. Öğrencinin ön SSSDH çiziminde doğrudan su sistemine ait belirttiği bir süreç bulunmamaktadır. Bu nedenle rubriğin "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." basamağından 1 puan almıştır.

Ö14 kodlu öğrenci açıklamasında, suyun kullanımı ile yaşamın sürekliliği arasında bir bağlantı kurmuştur. Bu nedenle, "Sistemin bileşenleri arasındaki **basit ilişkileri** belirler" basamağından 1 puan almıştır.

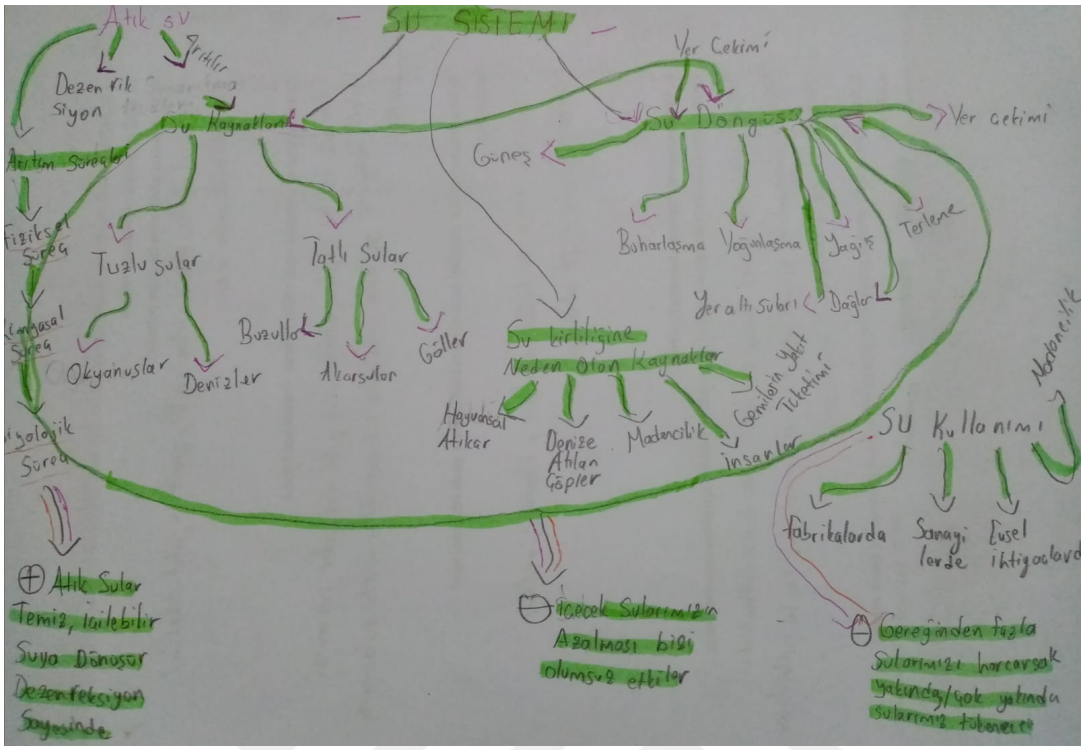
Öğrenci sistem içindeki dinamik ilişkileri belirleyemediği için "Sistem içindeki **dinamik ilişkileri** belirtir." basamağından sıfır puan almıştır. Öğrenci, sistem süreçlerini dahil etmemiş ve sistemi bir ilişkiler ağı olarak sunamamıştır. Bu nedenle "Sistemlerin bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde organize etme" basamağından sıfır puan almıştır.

Öğrenci SDH çiziminde sistemin döngüsel doğasını gösteremediği için "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar." basamağından sıfır puan almıştır. Sistemin gizli boyutlarına (su buharı, yeraltı suyu, yerçekimi kuvveti) yer vermediği için "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." basamağından sıfır puan almıştır.

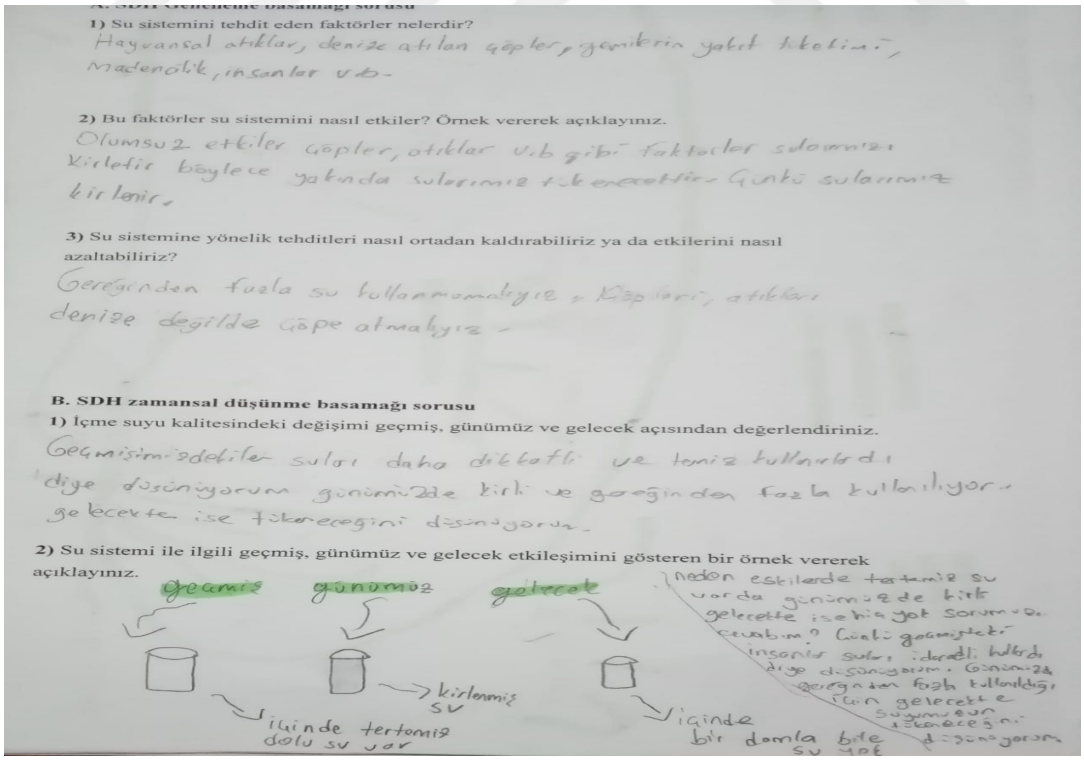
Genelleme yapamadığı ve geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünme basamaklarına ait hazırlanmış soruları yanıtlamadığı için "Genelleme yapar." basamağından ve "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." basamağından sıfır puan almıştır. Ö14 kodlu öğrenci ön SDH çiziminden toplamda 2 puan alabilmiştir.

Tablo 4. 3 Ö14 kodlu öğrencinin çizdiği sistemik düşünme haritasının rubrik ile değerlendirilmesi

Rubrik bileşeni	**Sistem bileşenlerini** ve sistem içindeki **süreçleri** belirtir.	Sistem bileşenleri arasındaki **basit ilişkileri** belirler	Sistem içindeki **dinamik ilişkileri** belirler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini **ilişkiler çerçevesinde** belirtir.	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (**sistemin döngüsel doğasını**) **anlar.**	Sistemin **gizli boyutlarını** belirtir	Genelleme yapar	Geriye dönük ve ileriye yönelik **zamansal düşünebilir.**	**Toplam**
Alınan puan	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**



Son SSSDH çizimi Ön yüz


1) Su sistemini tehdit eden faktörler nelerdir?
Hayvansal atıklar, denize atılan çöpler, gemilerin yakıt tüketimi, Madencilik, insanlar vb.

2) Bu faktörler su sistemini nasıl etkiler? Örnek vererek açıklayınız.
Olumsuz etkiler çöpler, atıklar vb gibi faktörler sularımızı kirletir böylece yakında sularımız tükenecektir. Çünkü sularımız kirlenir.

3) Su sistemine yönelik tehditleri nasıl ortadan kaldırabiliriz ya da etkilerini nasıl azaltabiliriz?
Gereğinden fazla su kullanmamalıyız, Çöpleri, atıkları denize değilde çöpe atmalıyız.

B. SDH zamansal düşünme basamağı sorusu
1) İçme suyu kalitesindeki değişimi geçmiş, günümüz ve gelecek açısından değerlendiriniz.
Geçmişimizdekiler suları daha dikkatli ve temiz kullanırlardı diye düşünüyorum günümüzde kirli ve gereğinden fazla kullanılıyor gelecekte ise tükeneceğini düşünüyorum.

2) Su sistemi ile ilgili geçmiş, günümüz ve gelecek etkileşimini gösteren bir örnek vererek açıklayınız.

Son SSSDH Arka yüz

Şekil 4.2 Ö14 kodlu öğrencinin Son SSSDH çizimi

Ö14 Kodlu öğrencinin çizdiği son SSSDH incelendiğinde öğrencinin en az üçer tane sistem bileşenine (deniz, okyanus, buzullar, akarsu vb.) ve sistem sürecine (buharlaşma, yoğunlaşma, terleme, su arıtım süreçleri vb.) yer verdiği görülmektedir. "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." basamağından 2 puan almıştır.

Öğrenci 10'dan fazla basit ilişki gösterebildiği için "Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler." basamağından 3 puan almıştır. Öğrenci çiziminde su kullanımından kaynaklı suların kirlendiğini göstermiş ve oluşan atık suların arıtım süreçlerinden geçerek tekrar su kaynakları ile ilişkilendirmesini yapmıştır. Öğrenci sistem içindeki bir dinamik ilişkiyi belirtebildiği için "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirtir." basamağından 1 puan almıştır.

Sistem bileşenlerini ve süreçler arasındaki 2'den fazla ilişkiyi (pozitif veya negatif) belirttiği için "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir." basamağından 3 puan almıştır. SDH çiziminde su döngüsüne yer vererek sistem içindeki madde ve enerji döngülerinin bir tanesini gösterdiği için "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar." basamağından 2 puan almıştır. Sistemin gizli boyutlarından yeraltı suyu ve yerçekimi kuvvetine yer verdiği için "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." basamağından 2 puan almıştır.

Öğrencinin SDH çiziminde Su sistemini tehdit eden faktörleri bildiği ve bu faktörlerin su sistemini nasıl etkilediğini örneklerle açıkladığı görülmektedir. Ancak su sistemine yönelik tehditlerin nasıl önlenebileceğini kısmında su sistemini tam anlamıyla ele alan etkili bir açıklama yapamamıştır. Öğrenci **"**Genelleme yapar." basamağından 2 puan almıştır.

Öğrencinin zamansal düşünme basamağı sorusuna yaptığı açıklamada geçmiş, günümüz ve gelecek için içme suyu kalitesini karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Ancak su sistemi ile ilgili geçmiş günümüz ve gelecek etkileşimini farklı bir örnekle açıklayamamıştır. Su sistemi ile ilişkili farklı bir duruma yönelik geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünemediği için "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." basamağından 2 puan almıştır.

Ö14 kodlu öğrenci son SDH çiziminden toplamda 17 puan almıştır. Ö14 kodlu öğrenci son SDH çiziminden aldığı puanlara ilişkin bilgiler Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4 Ö14 kodlu öğrenci son SDH çiziminden aldığı puanlar

Rubrik bileşen	**Sistemin bileşenlerini** ve sistem içindeki **süreçleri** belirtir.	Sistem bileşenleri arasın-daki **basit ilişkile-ri** belirler.	Sistem içindeki **dinamik ilişkileri** belirler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini **ilişkiler çerçeve-sinde** belirtir.	Sistem içindeki madde ve enerji döngüleri-ni **sistemin döngüsel doğasını anlar.**	Sistemin **gizli boyutla-rını** belirtir.	**Gene l-leme** yapar.	Geriye dönük ve ileriye yönelik **zamansal düşünebilir.**	**Toplam**
Alınan puan	**2**	**3**	**1**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**17**

Ön ve son Sistemik Düşünme Haritası çizimlerinde ilgili sistemik düşünme basamağı bileşenine yer veren öğrenciler tespit edilmiştir. Bu duruma ilişkin bulgular Tablo 4.5 ‘te gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Ön ve son sistemik düşünme haritası çizimlerinde ilgili sistemik düşünme basamağı bileşenine yer veren öğrenci sayılarına ilişkin bulgular

	Sistemik Düşünme Haritası (SDH) Rubriği Bileşeni/ Basamağı	**Öğrenci Sayısı (*f*)**
Ön SDH	b1. Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir.	22
	b2. Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler.	21
	b3. Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler.	2
	b4. Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.	0
	b5. Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.	0
	b6. Sistemin gizli boyutlarını belirtir.	1
	b7. Genelleme yapar.	0
	b.8 Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir.	0

Tablo 4.5 Ön ve son sistemik düşünme haritası çizimlerinde ilgili sistemik düşünme basamağı bileşenine yer veren öğrenci sayılarına ilişkin bulgular (devamı)

Son SDH	b1. Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir.	32
	b2. Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler.	32
	b3. Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler.	17
	b4. Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.	18
	b5. Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.	28
	b6. Sistemin gizli boyutlarını belirtir.	24
	b7. Genelleme yapar.	30
	b.8 Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir.	16

Tablo 4.5 'te yer alan ön ve son sistemik düşünme haritası çizimlerinde ilgili sistemik düşünme basamağı bileşenine yer veren öğrenci sayılarına ilişkin bulgular incelendiğinde öğrencilerin ön su sistemi SDH çizimlerinde;

- 22 öğrencinin "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." bileşenine; 21 öğrencinin ise "Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler." bileşenine yer verdiği belirlenmiştir.
- "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler." bileşeni yalnız iki öğrencinin çizimlerinde yer alırken, "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." bileşeni sadece bir öğrencinin çiziminde yer almaktadır.
- Öğrenciler "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.", "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.", "Genelleme yapar." ve "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." bileşenlerini ise ön SDH çiziminde kullanamamıştır. Bu durum Tablo 4.4 'te gösterilen ön SDH bileşenlerinin çok düşük ortalama puanlarını (0,06 ve 0 puan) açıklamaktadır.

Öğrencilerin son su sistemi SDH çizimlerinde;

- 32 öğrencinin tamamının "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Öğrencilerin Son SDH çiziminde "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." bileşenine yer veren öğrenci sayısı 22'den 32'ye yükselmiştir.
- "Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler." bileşenine de 32 öğrencinin tamamı yer vermiştir. Son SDH çiziminde "Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler." bileşenine yer veren öğrenci sayısı 21'den 32'ye yükselmiştir.
- 17 öğrencinin son SDH çiziminde "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler." bileşenine yer veren öğrenci sayısı 2' den 17' ye yükselmiştir.
- 18 öğrencinin çiziminde "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir." bileşenine yer veren öğrenci sayısı sıfırdan 18'e yükselmiştir.
- Son SDH çiziminde 28 öğrencinin "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "öğrencinin "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar." bileşenine yer veren öğrenci sayısı sıfırdan 28'e yükselmiştir.
- Son SDH çiziminde 24 öğrencinin "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." bileşenine yer veren öğrenci sayısı 1' den 24'e yükselmiştir.
- Son SDH çiziminde 30 öğrencinin "Genelleme yapar." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "Genelleme yapar." bileşenine yer veren öğrenci sayısı sıfırdan 30'a yükselmiştir.
- Son SDH çiziminde 16 öğrencinin "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." bileşenine yer verdiği görülmüştür. Son SDH çiziminde "Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir." bileşenine yer veren öğrenci sayısı sıfırdan 16'ya yükselmiştir.

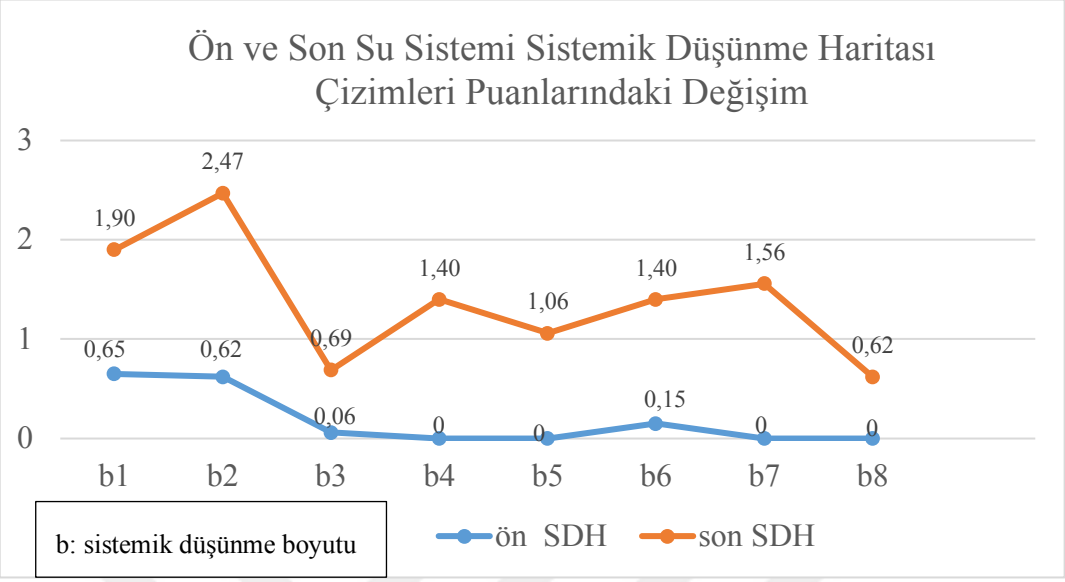
Öğrencilerin çizdikleri ön ve son sistemik düşünme haritalarında her bir sistemik düşünme basamağı için aldıkları ortalama puanlar Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4.6 Sistemik düşünme haritası rubriği bileşenlerine yönelik bulgular

Sistemik Düşünme Haritası (SDH) Rubrik Bileşenleri / Sistemik Düşünme Basamakları	**Ön Test Puan Ort.**	**Son Test Puan Ort.**
Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir.	0,65	1,90
Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler.	0,62	2,47
Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler.	0,06	0,69
Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.	0	1,40
Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.	0	1,06
Sistemin gizli boyutlarını belirtir.	0,15	1,40
Genelleme yapar.	0	1,56
Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir.	0	0,62

Tablo 4.6 incelendiğinde öğrencilerin ön sistemik düşünme haritası çizimlerinde sistemik düşünme basamaklarından en yüksek puan ortalamasını 0,65 puan ile "Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir." bileşeni almıştır. Bu bileşeni 0,62 puan ortalaması ile "Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler." bileşeninin takip ettiği görülmektedir. Öğrencilerin "Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler." bileşeninden aldıkları puanların ortalaması 0,06 puan olarak ölçülmüştür. Öğrencilerin "Sistemin gizli boyutlarını belirtir." bileşeninden ön SDH' de aldıkları puanların ortalaması 0,15 puandır. Öğrenciler "Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.", "Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.", "Genelleme yapar." ve

“Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir.” bileşenlerinden ise ön SDH’ de puan alamamıştır.



Şekil 4.3 Ön ve Son SDH ile ilgili olarak öğrencilerin sistemik düşünme haritası rubriği bileşenlerinden aldıkları puanlardaki değişim

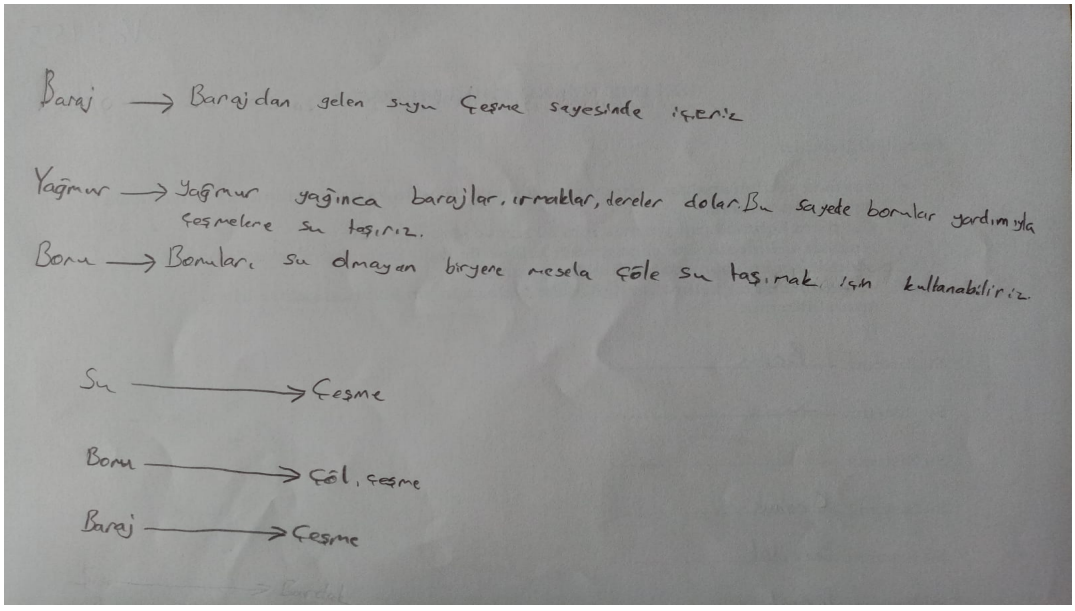
Öğrencilerin son sistemik düşünme haritası çizimlerinde en yüksek puan ortalamasına sahip oldukları sistemik düşünme basamağı bileşeni 2,47 puan ortalamasıyla “Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirler.” bileşeni olmuştur. Öğrencilerin 1,90 puan ortalaması ile ikinci yüksek puan aldıkları sistemik düşünme basamağı bileşeni “Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri belirtir.” bileşenidir. Üçüncü sıradaki bileşen 1,56 puan ortalaması ile öğrencilerin ön sistemik düşünme haritası çiziminde hiç puan alamadıkları “Genelleme yapar.” bileşeni olmuştur. Bu bileşeni 1,40 puan ortalamasıyla “Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde belirtir.” ve “Sistemin gizli boyutlarını belirtir.” bileşenleri, 1,06 puan ortalamasıyla “Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (sistemin döngüsel doğasını) anlar.” bileşeni ve 0,69 puan ortalamasıyla “Sistem içindeki dinamik ilişkileri belirler.” bileşeni takip etmiştir. Öğrencilerin son test sistemik düşünme haritası çizimlerinde en düşük puan ortalamasına sahip sistemik düşünme bileşeni ise 0,62 puan ortalamasıyla “Geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilir.” bileşeni olmuştur.

Tablo 4.7 Öğrencilerin ön ve son SDH çizimlerine yönelik bulgular

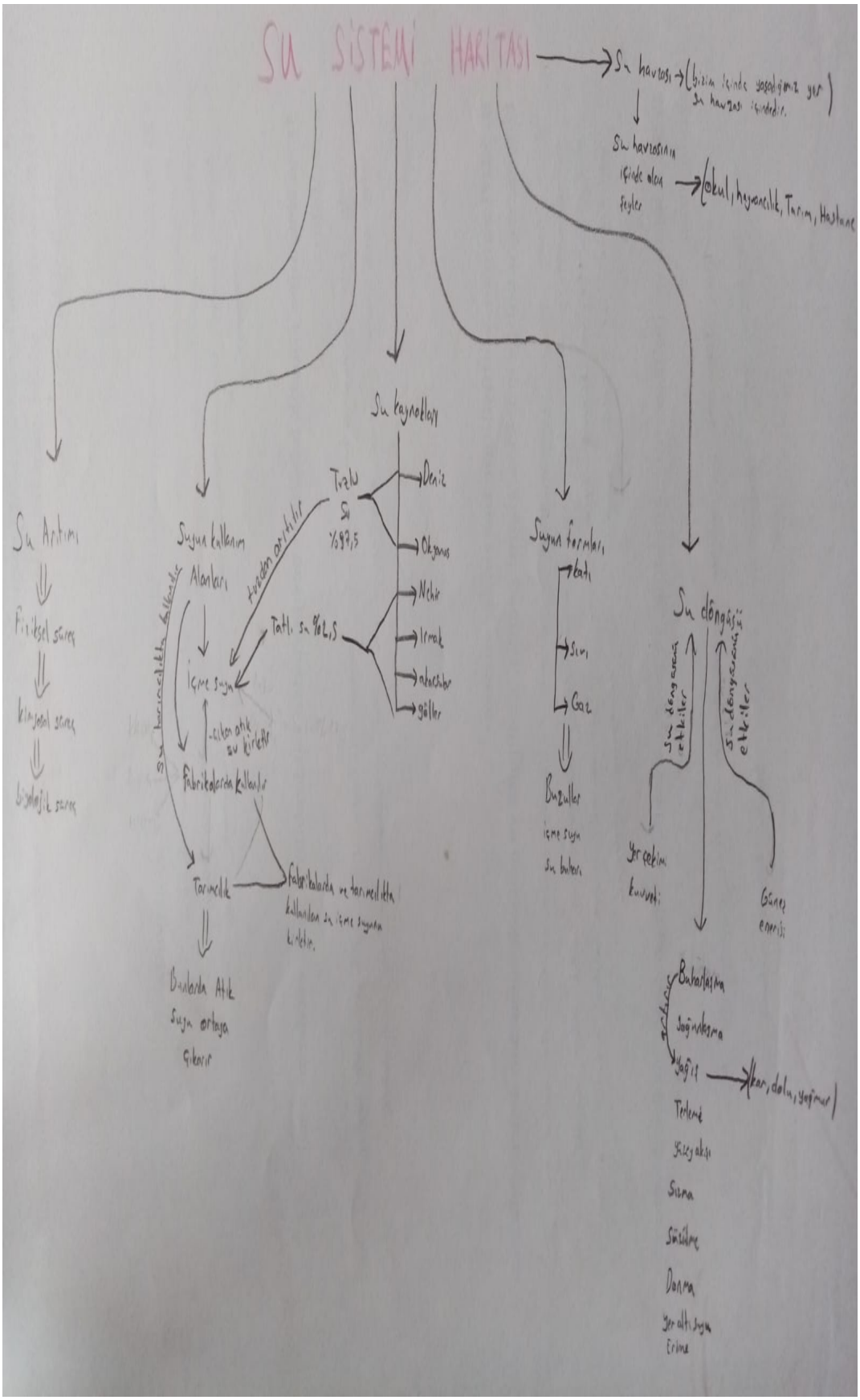
Uygulama	Ortalama ($\bar{x}$)	Standart Sapma (σ)
Ön SDH çizimleri	1,50	1,27
Son SDH çizimleri	11,09	4,12

Öğrencilerin ön ve son SDH çizimlerinden aldıkları puanların genel ortalaması Tablo 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.7 incelendiğinde öğrencilerin ön SDH çizimlerinden aldıkları puanların genel ortalamasının 1,50 olduğu ve öğrencilerin son SDH çizimlerinden aldıkları puanların genel ortalamasının ise 11,09' a yükseldiği görülmektedir.

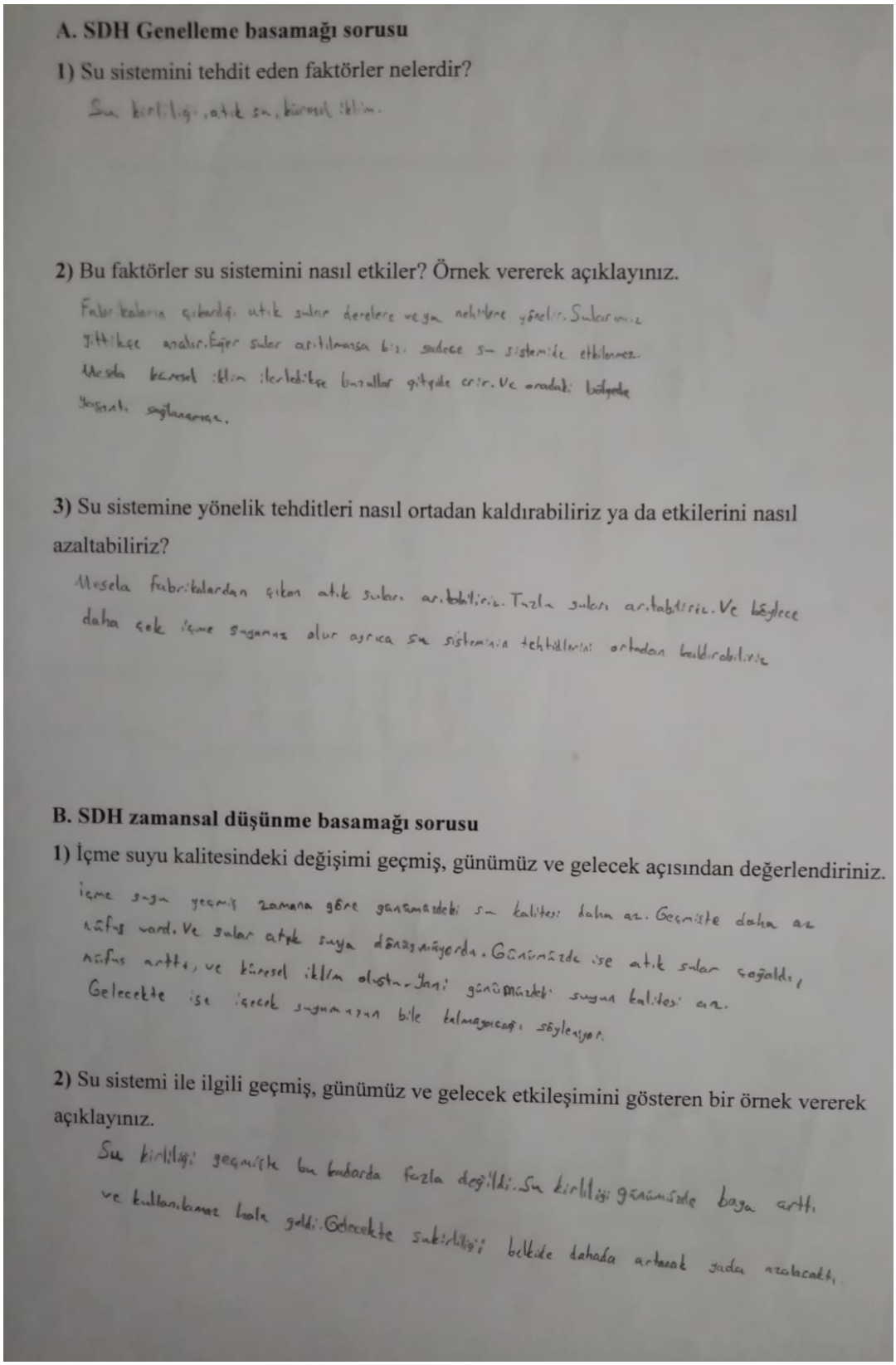
Öğrencilerin su sistemine yönelik çizdiği ön SDH ve Son SDH örnekleri incelendiğinde ön SDH puan ortalamaları ve Son SDH puan ortalamalarından görüldüğü üzere sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulamasından sonra yaptıkları son SDH çizimlerinde öğrencilerin su sistemini daha kompleks ele alabildiği ve sistem içindeki basit ilişkileri çeşitlendirebildiği, sistem içindeki dinamik ilişkileri ortaya koyabildiği görülmüştür. Öğrencilerin ön SDH ve Son SDH arasındaki değişime örnek olması açısından Ö2 kodlu öğrencinin SDH çizimleri verilmiştir.



Şekil 4.4 Ö2 kodlu öğrencinin ön sistemik düşünme haritası



Şekil 4.5 Ö2 kodlu öğrencinin son SDH (a)



A. SDH Genelleme basamağı sorusu

1) Su sistemini tehdit eden faktörler nelerdir?

Su kirliliği, atık su, küresel iklim.

2) Bu faktörler su sistemini nasıl etkiler? Örnek vererek açıklayınız.

Fabrikaların çıkardığı atık sular derelere veya nehirlere yönelir. Sularımız
gittikçe azalır. Eğer sular arıtılmazsa biz sadece su sistemini etkilemez.
Mesela küresel iklim ilerledikçe buzullar gitgide erir. Ve oradaki bitkinin
yaşamı sağlanamaz.

3) Su sistemine yönelik tehditleri nasıl ortadan kaldırabiliriz ya da etkilerini nasıl azaltabiliriz?

Mesela fabrikalardan çıkan atık suları arıtabiliriz. Tuzlu suları arıtabiliriz. Ve böylece
daha çok içme suyumuz olur ayrıca su sistemine tehditlerini ortadan kaldırabiliriz

B. SDH zamansal düşünme basamağı sorusu

1) İçme suyu kalitesindeki değişimi geçmiş, günümüz ve gelecek açısından değerlendiriniz.

içme suyu geçmiş zamana göre günümüzdeki su kalitesi daha az. Geçmişte daha az
nüfus vardı. Ve sular atık suya dönüşmüyordu. Günümüzde ise atık sular çoğaldı,
nüfus arttı, ve küresel iklim oluştu. Yani günümüzdeki suyun kalitesi az.
Gelecekte ise içecek suyumuzun bile kalmayacağı söyleniyor.

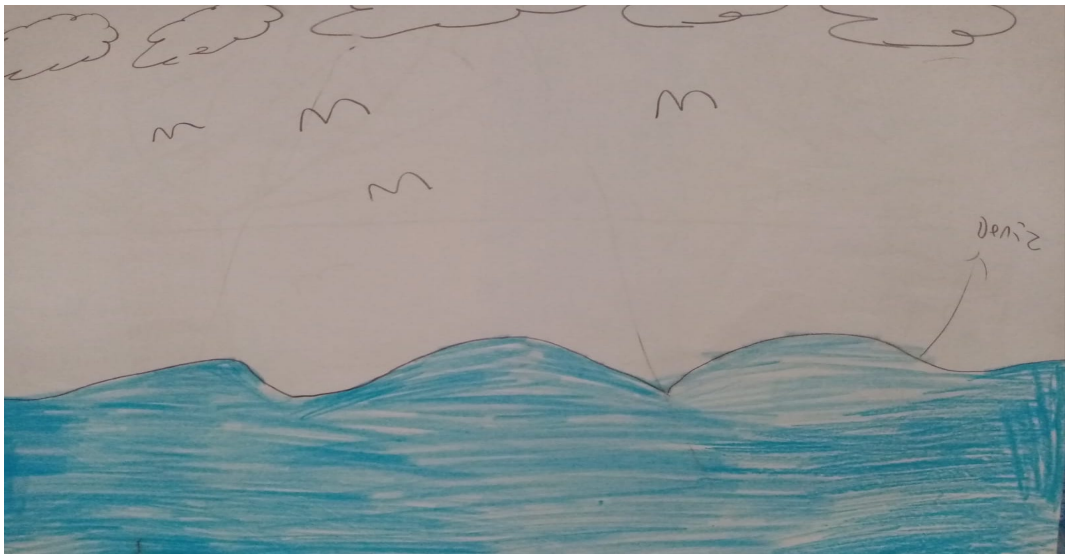
2) Su sistemi ile ilgili geçmiş, günümüz ve gelecek etkileşimini gösteren bir örnek vererek açıklayınız.

Su kirliliği geçmişte bu kadarda fazla değildi. Su kirliliği günümüzde baya arttı
ve kullanılamaz hale geldi. Gelecekte sukirliliği belkide dahada artacak yada azalacaktı.

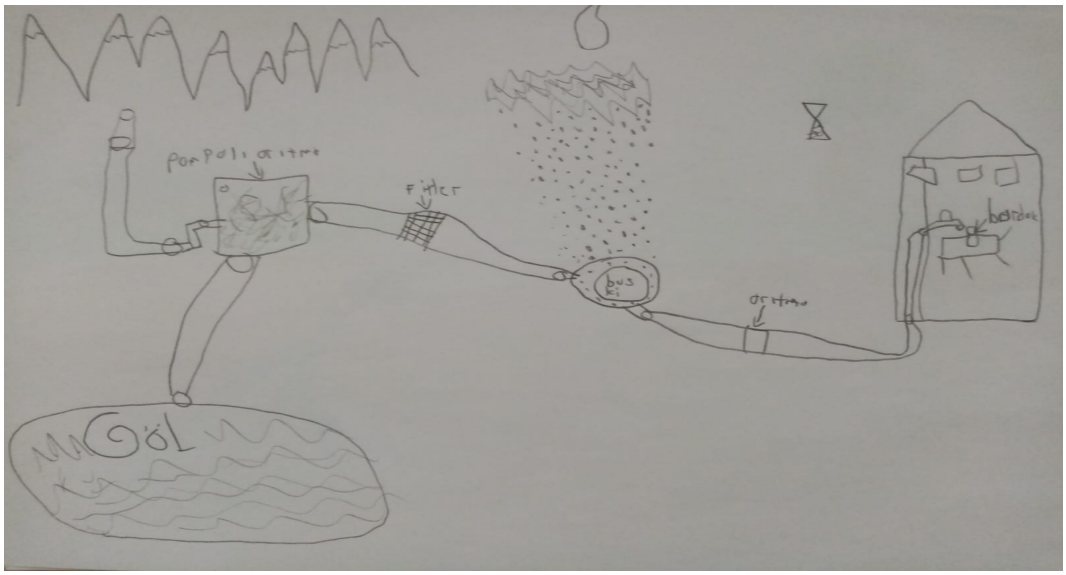
Şekil 4.6 Ö2 kodlu öğrencinin son SDH (b)

4.3 Öğrencilerin Model Tabanlı Açıklamalarına İlişkin Bulgular

Öğrencilerin su sistemine yönelik oluşturdukları ön modelleri incelendiğinde bazı öğrencilerin (örneğin; Ö7, Ö10 vb.) su sistemini ön modellerinde sadece doğal bir sistemin parçası olarak bazı öğrencilerin (örneğin; Ö3, Ö15 vb.) ise ön modellerinde su sistemini insan odaklı olarak ele aldığı görülmüştür. Ancak öğrencilerin eğitimsel müdahale öncesinde çizdiği ön su sistemi modellemeleri su sistemini çok kısıtlı şekilde yansıtmıştır. Ön modellemelerinde öğrenciler su sistemini bilimsel açıdan ele almaktan ziyade basit çizimler yoluyla ifade edebilmiştir.



Şekil 4.7 Ö10 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli



Şekil 4.8 Ö15 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli

Eğitimsel müdahale öncesinde öğrenciler tarafından çizilen su sistemi modellemelerinin çoğunluğu sistemi tek bir boyutuyla ve sınırlı şekilde açıklamıştır. İlk modellemelerde ortaya çıkan tipik durum öğrencilerin su sistemini yalnızca kendi su sistemi anlayışlarına hizmet eden bileşenleri çizerek ifade etmeleri, suyu hareket ettiren süreçleri gösterememeleri ve gerçekleşen olaylar için bilimsel açıklamalarının olmamasıdır.

Eğitimsel müdahale sonunda öğrenciler tarafından oluşturulan son su sistemi model tabanlı açıklamalarının ön su sistemi model tabanlı açıklamalarına göre hem puan bazında hem de nitelik açısından daha başarılı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin son su sistemi modellemelerinde su sistemini güçlü açıklayıcı mekanizmalar içeren giderek daha doğru modellemelerle ifade ettikleri ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin su sistemine yönelik oluşturdukları modellerin model tabanlı açıklamalar rubriğinin her bir bölümünden aldıkları puan ortalamaları Tablo 4.8' de belirtilmiştir.

Tablo 4.8 Öğrencilerin ön ve son su sistemi modellerinin model tabanlı açıklamalar rubriği ile değerlendirilmesine ilişkin bulgular

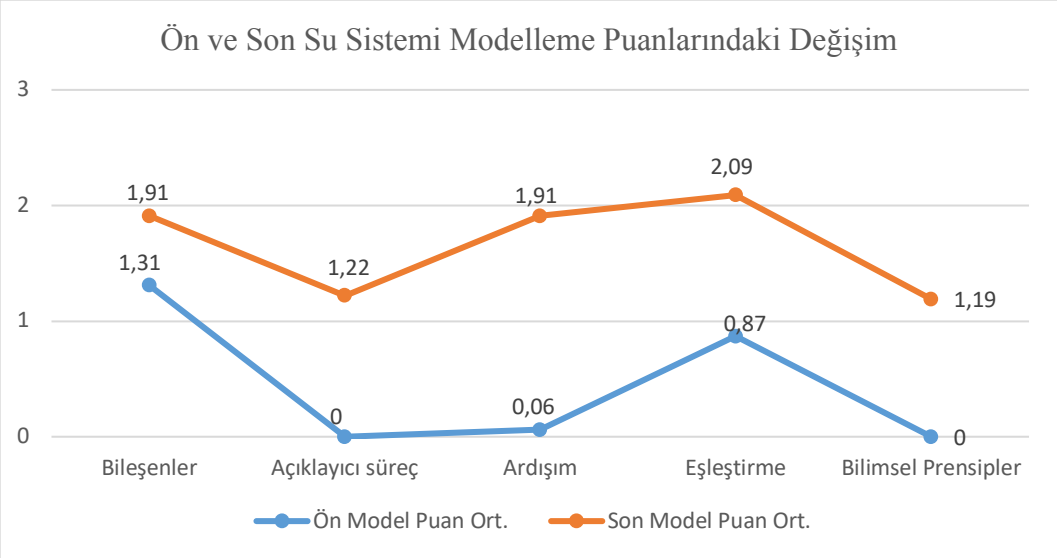
Rubrik Bölümleri	**Ön Model Puan Ort.**	**Son Model Puan Ort.**
Bileşenler	1,31	1,91
Açıklayıcı süreç	0	1,22
Ardışım	0,06	1,91
Eşleştirme	0,87	2,09
Bilimsel Prensipler	0	1,19

Öğrencilerin su sistemi ön modelleri model tabanlı açıklamalar rubriği ile değerlendirildiğinde ön modellerin rubriğin bileşenler bölümünden aldığı puanların ortalamasının 1,31 olduğu, ardışım bölümünden aldığı puanların ortalamasının 0,06 olduğu ve eşleştirme bölümünden aldığı puanların ortalamasının 0,87 olduğu görülmektedir. Öğrencilerin su sistemine ilişkin ön modelleri, rubriğin açıklayıcı süreç ve bilimsel prensipler bölümünden puan alamamıştır. Öğrencilerin ön modellerinde en yüksek puan ortalamasına sahip bölümün bileşenler bölümü olduğu bu bölümü sırasıyla eşleştirme bölümü ve sonrasında ardışım bölümünün izlediği görülmektedir. Ön modellerde rubriğin açıklayıcı süreç ve bilimsel

prensipler bölümlerinin sıfır puanla en düşük puan ortalamasına sahip bölümler olduğu tespit edilmiştir.

Öğrencilerin su sistemine ilişkin son modelleri model tabanlı açıklamalar rubriği ile değerlendirildiğinde rubriğin bileşenler ve ardışım bölümlerinden alınan puanların ortalamasının 1,91 olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin su sistemine ilişkin son modellerinin rubriğin açıklayıcı süreç bölümünden aldığı puanların ortalamasının 1,22; eşleştirme bölümünden aldığı puanların ortalamasının 2,09 ve bilimsel prensipler bölümünden aldığı puanların ortalamasının 1,19 olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin son modellerinde en yüksek puan ortalamasına sahip bölüm eşleştirme bölümü olmuştur. Eşleştirme bölümünü bileşenler bölümü ile ardışım bölümü izlemektedir. Son modellerde öğrencilerin ön modellerinden puan alamadıkları açıklayıcı süreç ve bilimsel prensipler bölümlerinin puan ortalamalarında açıklayıcı süreç bölümünün ortalama puanının sıfırdan 1,22'ye; bilimsel prensipler bölümünün ortalama puanının sıfırdan 1,19'a yükseldiği görülmektedir. Öğrencilerin ön ve son modellerinin rubriğin bölümlerinden aldığı ortalama puanlardaki değişim Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9 Öğrencilerin ön ve son su sistemi modelleme puanlarındaki değişim

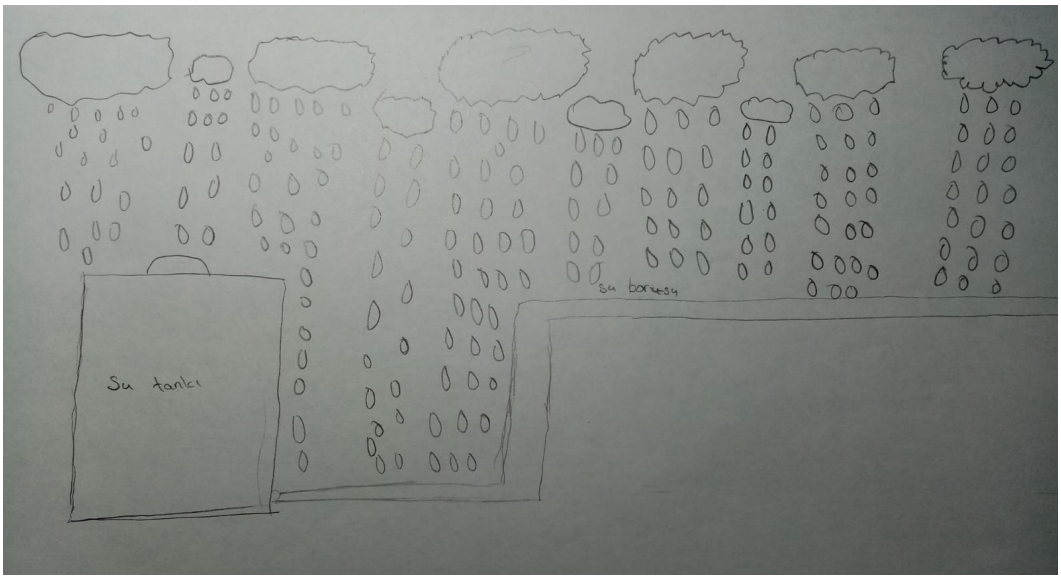
Öğrencilerin ön ve son su sistemi modelinden aldıkları puanların genel ortalaması ise Tablo 4.9' da verilmiştir. Tablo 4.9 incelendiğinde öğrencilerin ön su sistemi modelinden aldıkları puanların genel ortalamasının 2,12 olduğu ve öğrencilerin son

su sistemi modelinden aldıkları puanların genel ortalamasının 8,31'e yükseldiği görülmektedir.

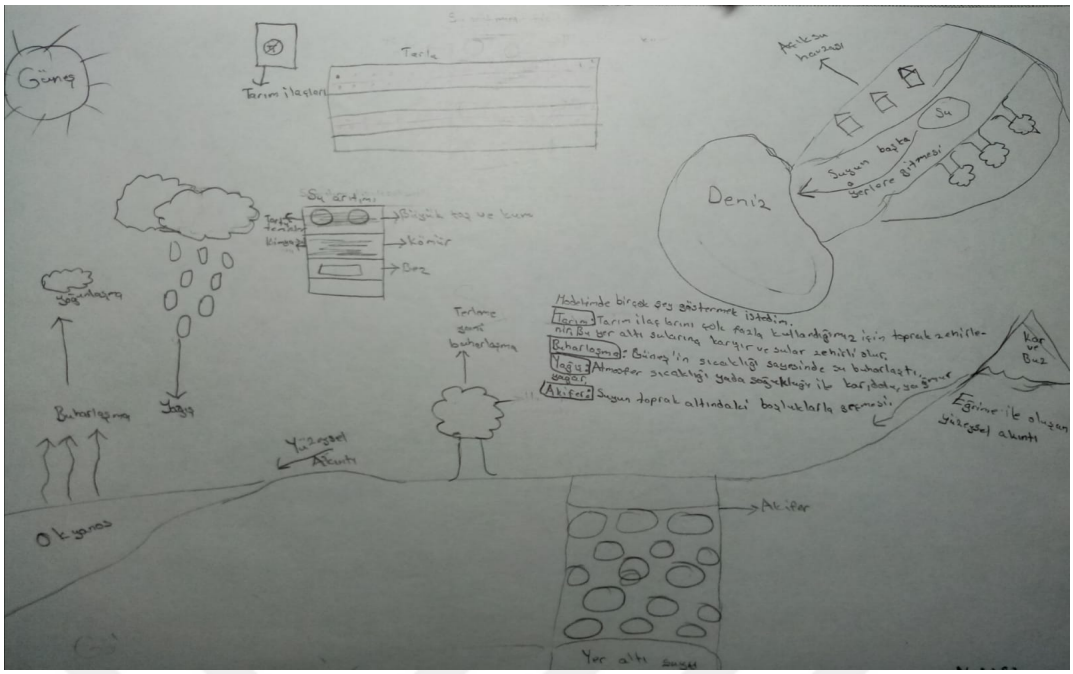
Tablo 4.9 Öğrencilerin ön ve son modellerine yönelik bulgular

Uygulama	Ortalama ($\bar{x}$)	Standart Sapma (σ)
Ön Su Sistemi modeli çizimleri	2,12	1.18
Son Su Sistemi modeli çizimleri	8,31	2,72

Öğrencilerin su sistemine yönelik çizdiği ön su sistemi modelleri ve son su sistemi modelleri örnekleri incelendiğinde son modellerin puan ortalamalarının ön modellerin puan ortalamalarına göre arttığı görülmektedir. Öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasından sonra yaptıkları modellerde su sisteminin sürdürülebilirliğinde suyun döngüsel yapısının önemini ortaya çıkardıkları ve insan, çevre, doğal sistemler arasındaki ilişkileri görünür hale getirdikleri fark edilmektedir. Aşağıdaki model örneklerinde Ö14 ve Ö25 kodlu öğrencilerin ön su sistemi ve son su sistemi arasındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.10 Ö14 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli



Şekil 4.11 Ö14 kodlu öğrencinin son su sistemi modeli

Ö14 kodlu öğrencinin ön modeli incelendiğinde;

Ön modelinde bulut, yağmur, su borusu ve su tankı bileşenlerine yer verdiği görülmektedir. Ö14 kodlu öğrencinin oluşturduğu ön modelden zihnindeki su sisteminin yağmurun yağması gibi doğal bir süreçle başladığı ve suyun depo edilip kullanılmak üzere su boruları ile taşındığı bir sistem olarak resmedildiği anlaşılmaktadır. Öğrenci yağmurun oluşmasına neden olan etmenleri ve bu süreçte gerçekleşen hal değişim olaylarını modelinde kullanamamıştır. Ö14 kodlu öğrencinin ön modelinde modele ait detaylara yönelik 2 eşleştirme yapmıştır. Öğrencinin ön modelinde süreçlere vurgu eksiktir. Modelde suya odaklanan açıklayıcı süreçler yoktur. Su sisteminde yer alan ardışık olaylar dizisi örneği bulunmamaktadır. Öğrencinin ön su sistemi modeli açıklama ve bilimsel anlatımdan uzaktır.

Ö14 kodlu öğrencinin son modeli incelendiğinde;

Son modelinde yer alan bileşen sayısının oldukça arttığı gözlenmektedir. Öğrenci son modelinde ön modelinden farklı olarak akifer, dağlardaki kar ve buz kütleleri, okyanus, güneş, canlıları temsilen bir ağaç, deniz, tarım arazisi, su havzası ve yeraltı suyu gibi bileşenlere yer vermiştir. Ö14 kodlu öğrencinin oluşturduğu son modelde öğrencinin zihninde su döngüsünün canlandığı görülmektedir. Bu durum

öğrencinin modelinde buharlaşma, yoğunlaşma, terleme, yüzey akışı gibi süreçleri kullanmasına sebep olmuştur. Öğrenci son modelinde okyanus, güneş vb. modeline ait detayları eşleştirdiği gibi su döngüsü bileşenlerine yönelik eşleştirmeler de (buharlaşma, yüzey akışı) kullanmıştır.

Öğrencinin son modelinde sıklıkla açıklamalara yer verdiği görülmektedir. Açıklamalarından birinde fazla kullanılan tarım ilaçlarının toprağı zehirlediğini ve yağış ile birlikte topraktan süzülerek yeraltı sularını nasıl kirlettiğini açıklamıştır. Güneş'in su döngüsü üzerindeki rolünü açıklamıştır. Ayrıca öğrenci son modelinde su arıtım süreçlerini resmetmiştir.

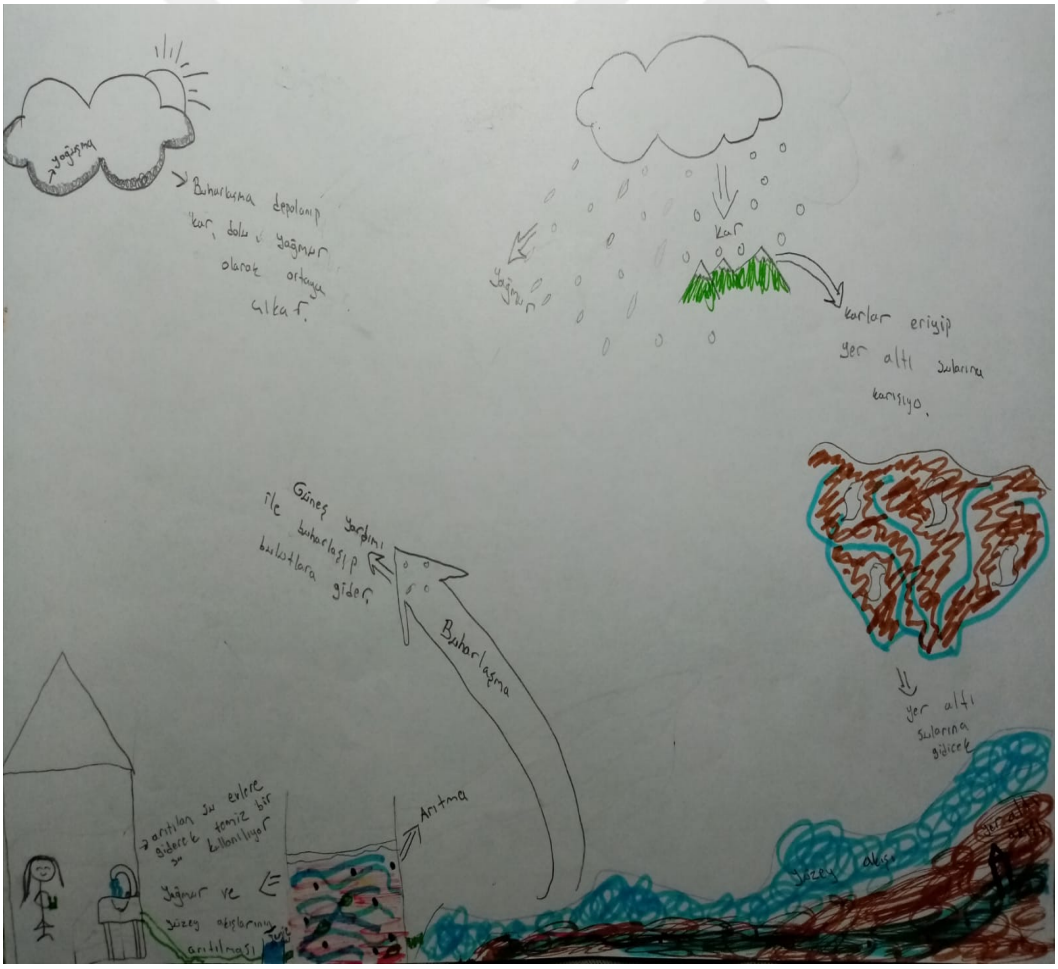
Öğrencinin son modeli su sistemini bir su kütlesinden buharlaşarak atmosfere yükselen ve su buharına dönüşen suyun bulutlarda yoğunlaşarak yağışa dönüşüp yeryüzüne geri döndüğünü göstermiştir. Ayrıca öğrenci suyu toprağa süzülen olarak belirtip yeraltı suyu ile bağlantısını kurmuştur. Öğrencinin modelinde yer alan akifer ve dağ görseli geçirgenliğin veya yeryüzü şekillerinin sızmayı ve akışı nasıl etkilediğini temsil etmesi açısından önemlidir. Öğrencinin son modelinde suyun izlediği yol ve suyun belirli yolları nasıl ve neden izlediği bilimsel ilkelere dayandırarak açıklanmıştır.



Şekil 4.12 Ö25 kodlu öğrencinin ön su sistemi modeli

Ö25 kodlu öğrencinin ön modeli incelendiğinde;

Modelinde bulut, yağmur, çeşme, baraj, akarsu, deniz ve kuraklığı simgeleyen toprak bileşenlerine yer verdiği görülmektedir. Ö25 kodlu öğrenci ön modelinde 5 adet doğal bileşen (bulut, yağmur, akarsu, deniz ve toprak) yer almıştır. Baraj ve çeşme yaşamımızdaki su kullanımına yönelik temsiller olarak su sistemi modeline dahil edilmiştir. Bu durumda öğrencinin zihnindeki su sisteminin daha çok doğal bir sistem olarak canlandığı anlaşılmaktadır. Ancak öğrenci ön modelinde doğal sistemin temel ögelerini ve süreçlerini gösterememiştir. Öğrencinin ön modelinde suya odaklanan açıklayıcı süreçler yoktur. Su sisteminde yer alan ardışık olaylar dizisi örneği bulunmamaktadır. Öğrenci bulut haricinde modelinde yer verdiği bütün bileşenlerde eşleştirme kullanmıştır. Modelde yapılan eşleştirmeler modelle ilgili detayı belirtmekle sınırlıdır. Ön modelde ortaya konulan bilimsel bir prensip söz konusu değildir.



Şekil 4.13 Ö25 kodlu öğrencinin son su sistemi modeli

Ö25 kodlu öğrencinin son modeli incelendiğinde;

Modelinde kullandığı bileşen sayısının arttığı, modele yer altı suyu, güneş, dağlardaki karlar, arıtma ile temiz içme suyu bileşenleri eklendiği görülmüştür. Ayrıca ön modelde yağmurla sınırlı kalan suyun formlarının son modelde kar, dolu ve su buharı olarak çeşitlendirildiği görülmektedir. Öğrenci son modeline görünür bir su kaynağı, yaşamımızdaki su kullanımına yönelik bir temsil, suyun formlarına ait temsiller ve su sisteminde görünür olmayan bir bileşen olan yeraltı sularını dahil etmiştir. Modelde Güneş'in buharlaşma üzerindeki rolü vurgulanmış, sıcaklığın su döngüsünde nasıl etkili olduğu açıklanmıştır. Son modelde yapılan eşleştirmeler modelde yer alan bir detayı belirtmekten çok süreçleri belirtir hale gelmiştir. Öğrencinin son modelinin buharlaşma, yoğunlaşma, yüzey akışı, yeraltı akışı gibi su döngüsü süreçlerine yer vermesi ile suyun hareketini sağlayan belirli süreçler modele dahil edilmiştir. Modelde yeryüzü şekillerinin yer alması ise modelin yeryüzü şekillerinin sızma ve akış üzerindeki etkisini ön plana çıkarmıştır. Öğrenci son modelinde su arıtımını yağmur suyu ve su kaynağı üzerinden göstermiştir. Ö25 kodlu öğrencinin çizdiği son su sistemi modeli suyun nasıl kirlendiğine yönelik bir açıklama sağlamamaktadır.

4.4 Öğrencilerin Açık Uçlu Sorulara Verdiği Yanıtlara İlişkin Bulgular

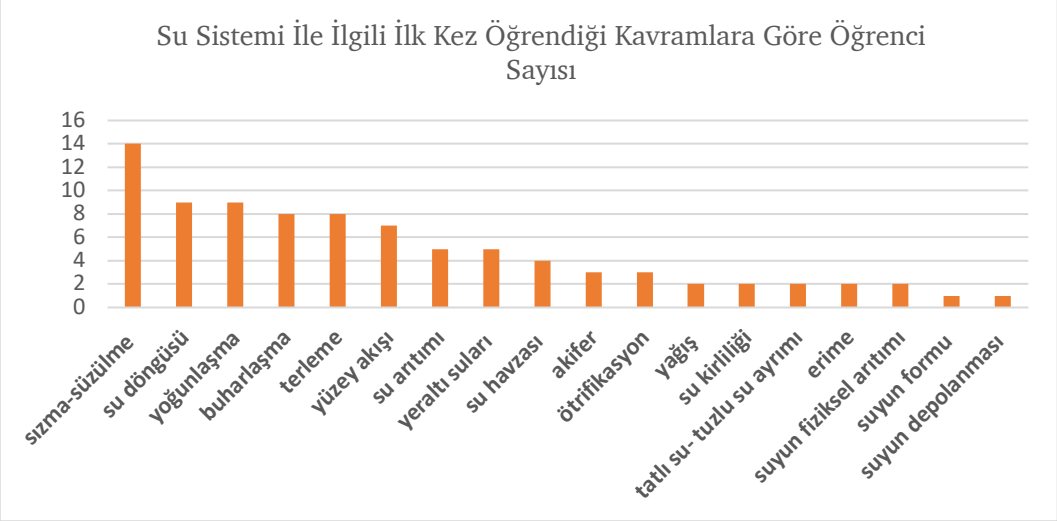
Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulamasında kullanılan etkinliklerin öğrencilerin su sistemine yönelik sistemik düşünme ve kavramsal öğrenmelerinin gelişimine sağladığı katkılar ve etkinlikler hakkındaki düşüncelerini ortaya çıkarmak amacıyla açık uçlu sorulardan oluşan anket kullanılmıştır. Ankette yer alan açık uçlu soruların kavramsal öğrenme teması, model tabanlı açıklamalar (modelleme) teması, sistemik düşünme teması ve modüle yönelik genel görüşler teması olmak üzere 4 farklı temada özelleştiği söylenebilir. Anketin etkisini arttıran "Cevap kategorilerini mantıksal olarak düzenleyiniz." ilkesine dayanarak (Büyüköztürk, 2005) öğrencilere cevaplama kolaylığı sağlaması amacıyla anket özelleşen temalar ışığında 4 bölüme ayrılarak sunulmuştur.

Anketin 1. bölümünde sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül uygulaması sayesinde gerçekleşen kavramsal öğrenmelerdeki değişimi ortaya çıkarmak amacıyla kavram öğrenimiyle ilgili açık uçlu sorular bulunmaktadır. Anketin 2. bölümünde

öğrencilerin modelleme ile ilgili görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlayan açık uçlu sorular yer almaktadır. Anketin 3. bölümü sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulamasında su sistemi anlayışını oluşturmak için gerekli olan sistemik düşünebilmeyi geliştirmeye yönelik tasarlanan etkinliklere ilişkin görüşlerini ortaya çıkarmayı hedefleyen açık uçlu soruları içermektedir. Anketin 4. bölümü öğrencilerin genel olarak sosyohidrolojik konu tabanlı modül ile sahip oldukları görüşleri ortaya çıkarmak için kullanılan açık uçlu sorulardan oluşur. Öğrencilerin ankete verdiği cevaplardan elde edilen verilere ilişkin bulgular ankette yer alan açık uçlu soruların özelleştiği temalara uygun olarak başlıklar halinde sunulmaktadır.

4.4.1 Kavram Öğrenimiyle İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

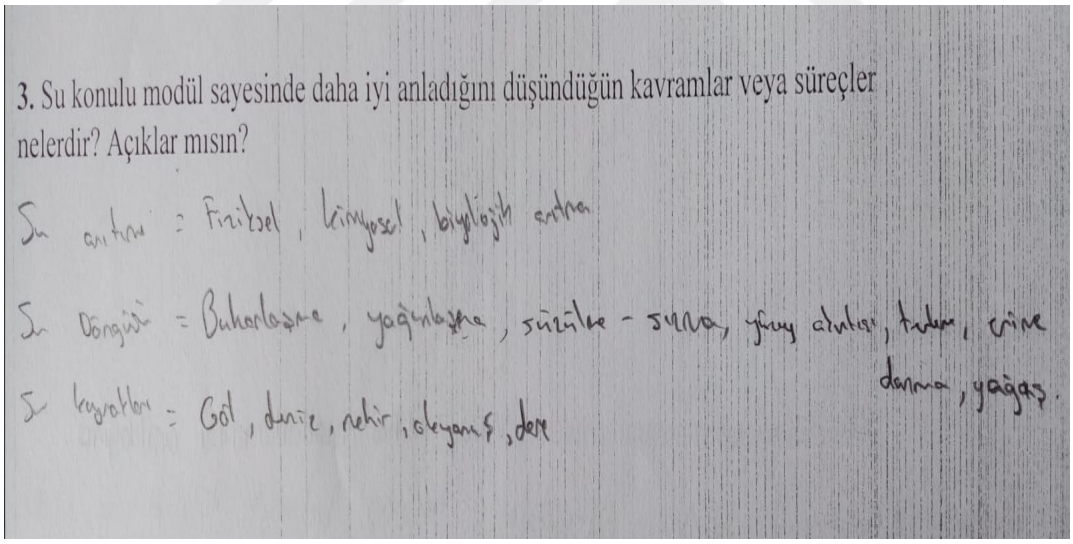
Anketin kavram öğrenimiyle ilgili olan "Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sayesinde öğrendiğin kavramlardan ilk kez öğrendiğin kavramlar var mı, varsa bu kavramlar nelerdir? Açıklar mısın?" şeklindeki açık uçlu sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sayesinde ilk kez öğrendiklerini belirttikleri kavramlar ve bu kavramı belirten öğrencilerin sayısına yönelik bulgular: sızma-süzülme (14), su döngüsü (9), yoğunlaşma (9), buharlaşma (8), terleme (8), yüzey akışı (7), su arıtımı (5), yeraltı suları (5) su havzası (4), akifer (3), ötrifikasyon (3), yağış (2), su kirliliği (2), tatlı su- tuzlu su ayrımı (2), erime (2), suyun fiziksel arıtımı (2) suyun formu (1), suyun depolanması (1) şeklindedir. Şekil 4.14' de öğrencilerin su sistemi ile ilgili ilk kez öğrendiğini belirttiği kavramlar ve bu kavramları belirten öğrenci sayıları gösterilmektedir.



Şekil 4.14 Su sistemi ile ilgili ilk kez öğrendiği kavramlara göre öğrenci sayısı

Kavram öğrenimiyle ilgili diğer bir açık uçlu soru “Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğün kavramlar veya süreçler nelerdir? Açıklar mısın?” şeklindedir.

Bu açık uçlu soruyu 31 öğrenci cevaplamış 1 öğrenci soruyu yanıtsız bırakmıştır. Bu açık uçlu sorusuna verilen öğrenci yanıtlarından elde edilen bulgular Tablo 4.10’da sunulmuştur. Bu soruya verilen öğrenci yanıtlarının analizi sonucunda ulaşılan temalar su döngüsü, su arıtımı, su kaynakları, yer altı suyu ve su sistemi şeklindedir. Su döngüsü teması su döngüsü, su döngüsü bileşenleri ve su döngüsünü etkileyen faktörler olmak üzere üç, su arıtımı teması su arıtımı, su arıtım bileşenleri, su kirliliği ve atık su olmak üzere dört, su kaynakları teması su kaynakları, suyun depolanması, suyun formu olmak üzere üç, yeraltı suyu teması yeraltı suyu ve akifer olmak üzere iki alt kategoriden oluşmuştur. Öğrencilerin modül sayesinde daha iyi anladığını belirttiği kavram ve süreçler %55’lik yüzdeyle su döngüsü teması olurken bu temayı %23’lük yüzdeyle su arıtımı teması izlemiştir. Yeraltı suyu teması %10, su kaynakları teması %8 ve su sistemi teması %4’lük yüzdeye sahiptir.



Şekil 4.15 Ö19 kodlu öğrencinin modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğü kavramlar ve süreçler ile ilgili görüşü

Tablo 4.10 Öğrencilerin modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğü kavram ve süreçler ile ilgili görüşlerine ilişkin bulgular

Öğrenci Görüşlerinden Elde Edilen Temalar	**Temaya Yönelik Alt Kategoriler/ Örnek öğrenci yanıtları**	**Alt Kategori Frekansı (*f*)**	**Temaya Ait Toplam Frekans (*f*)**	**Temaya Ait Yüzde (%)**
Su Döngüsü	su döngüsü	6	27	%55
	su döngüsü bileşenleri *"Buharlaşma, yüzey akışı ve yağışın nasıl gerçekleştiğini daha iyi anladım."* (Ö14)	20		
	su döngüsünü etkileyen faktörler "*Su döngüsü ve su döngüsünü etkileyen faktörler"* (Ö26)	1		
Su Arıtımı	su arıtımı	6	11	%23
	su arıtım bileşeni *"Atık su arıtma süreçleri (fiziksel süreç, kimyasal süreç, biyolojik süreç) ve su arıtmayı daha iyi anladım."* (Ö24),	1		
	su kirliliği	1		
	atık su *"... atık suyu daha iyi anladım."* (Ö11)	3		

Tablo 4.10 Öğrencilerin modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğü kavram ve süreçler ile ilgili görüşlerine ilişkin bulgular (devamı)

Su Kaynakları	su kaynakları *"Su kaynakları ve su döngüsünü daha iyi anladım."* (Ö4)	2	4	%8
	suyun depolanması	**1**		
	suyun formu *"Su kirliliği, atık su, su döngüsü, su döngüsü bileşenleri, suyun formu"* (Ö2)	**1**		
Yeraltı Suyu	yer altı suyu *"... yeraltı suyunu daha iyi anladım."* (Ö1),	4	5	%10
	Akifer *"... akifer ve yağışı daha iyi anladım."* (Ö8)	1		
Su Sistemi	su sistemi	2	2	%4

4.4.2 Model Tabanlı Açıklamalar (Modelleme) ile İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Anketin model tabanlı açıklamalar oluşturma (modelleme) ile ilgili açık uçlu sorularından biri "Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız bilimsel modellemelerin senin için faydalı olduğunu düşünüyor musun? Açıklar mısın?" şeklindedir.

Bu açık uçlu soruya verdikleri cevaplarda öğrencilerin tamamı (%100) modellemeyi faydalı buldukları ifade etmiştir. Bu soruya verilen öğrenci

cevaplarının analizinden elde edilen bulgular Tablo 4.11'de verilmiştir. Modellemenin faydalarına yönelik olarak verilen öğrenci yanıtları Doğa olaylarını anlama, Öğrenmeyi sağlama, Kavramları daha iyi anlama, Modelleri tanıma olarak 4 tema üzerinde özelleşmiştir.

Tablo 4.11 Modellemenin faydalarına yönelik öğrenci yanıtlarından elde edilen bulgular

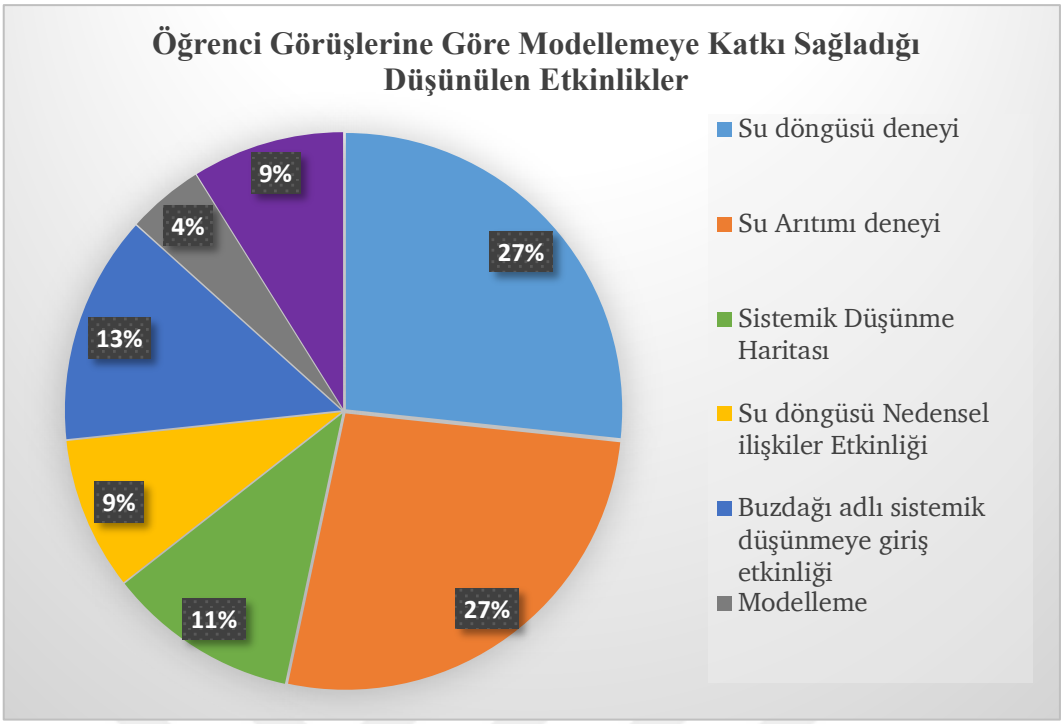
Modellemenin Faydalarına Yönelik Öğrenci Yanıtlarının Analizinden Elde Edilen Temalar	**Öğrenci Yanıtlarından Örnekler**
Doğa olaylarını anlama	*"Evet, doğa olaylarını daha iyi anladım."* (Ö29)
Öğrenmeyi sağlama	*"Evet faydası oldu. Atık sudan temiz su olduğunu öğrendim. Su döngüsünü de iyi öğrendim."* (Ö27), *"Bu sayede su döngüsünün nasıl olduğunu gördük, su arıtımını, akiferi"* (Ö8) "*Faydalı olduğunu düşünüyorum. Çünkü yeni bilgiler öğrendim, ... yanlışlarımı doğru yaptım." (*Ö10)
Kavramları daha iyi anlama	*"Su döngüsünü görmüş kadar olup daha iyi anladım." (Ö14)* *"Yeraltı suyunu daha iyi* (anladım) *ve nasıl oluştuğunu öğrendim."* (Ö1)
Modelleri tanıma	*"Su modellerini daha iyi tanıdım yani faydalı oldu."* (Ö31)

Modelleme ile ilgili açık uçlu sorulardan bir diğeri "Sosyohidrolojik konu tabanlı modül sürecinde yaptığın modellemeye hangi etkinlik ya da etkinlikler katkı sağladı? Açıklar mısın?" şeklindeki açık uçlu sorudur.

Öğrencilerin bu soruya verdikleri yanıtlar Tablo 4.12' de verilmiştir. Modellemeye katkı sağlayan etkinliklere yönelik öğrenci görüşleri incelendiğinde 12 öğrenci yapılan su döngüsü deneyinin, 12 öğrenci su arıtımı deneyinin, 5 öğrenci sistemik düşünme haritası çiziminin, 4 öğrenci Su Döngüsü Nedensel İlişkiler etkinliğinin ve 6 öğrenci Buzdağı adlı sistemik düşünmeye giriş etkinliğinin modellemeye katkı sağladığını belirtmiştir. Öğrencilerden Ö1 ve Ö18 kodlu öğrenciler modellemeye katkı sağlayan etkinliğin yine modelleme yapmak olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin bu görüşü konu üzerinde tekrarlı modellemeler yapmanın önemini ortaya çıkarmıştır. Ö5, Ö15, Ö17, Ö26 kodlu 4 öğrenci modellemeye katkı sağlayan etkinlik belirtmemiştir. Şekil 4.18'de öğrenci görüşlerinde ifade edilen modellemeye katkı sağladığı düşünülen etkinlikler gösterilmektedir.

Tablo 4.12 Modellemeye katkı sağlayan etkinliklere yönelik öğrenci görüşleri

Modellemeye Katkı Sağlayan Etkinlikler	**Öğrenciler**	***f***
Su döngüsü deneyi	Ö3, Ö7, Ö11, Ö8, Ö4, Ö13, Ö10, Ö16, Ö25, Ö26, Ö21, Ö14	12
Su arıtımı deneyi	Ö3, Ö11, Ö8, Ö13, Ö10, Ö19, Ö27, Ö20, Ö29, Ö21, Ö23, Ö24	12
Sistemik Düşünme Haritası	Ö9, Ö12, Ö2, Ö28, Ö23	5
Su Döngüsü Nedensel İlişkiler etkinliği	Ö14, Ö28, Ö32, Ö23	4
Buzdağı adlı sistemik düşünmeye giriş etkinliği	Ö2, Ö14, Ö19, Ö28, Ö25, Ö23	6
Modelleme	Ö1, Ö18	2
Belirtilmemiş (yanıtsız, hatırlamıyorum vb.)	Ö5, Ö15, Ö17, Ö26	4

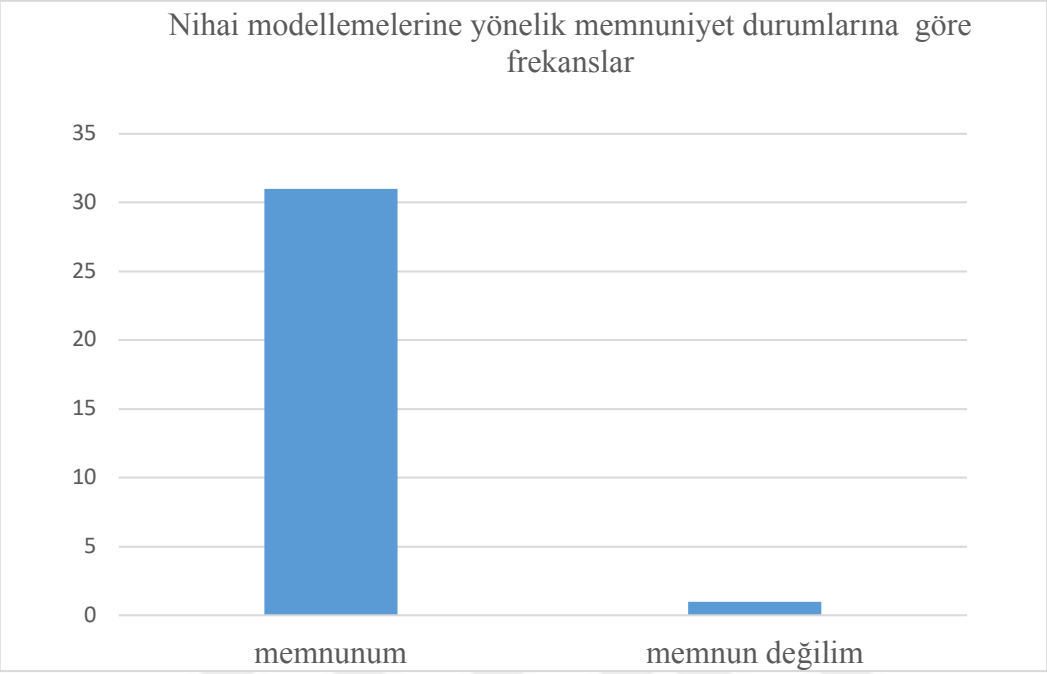


Şekil 4.16 Öğrenci görüşlerine göre modellemeye katkı sağladığı düşünülen etkinlikler

Modelleme ile ilgili açık uçlu sorulardan bir başkası ise "Nihai modellemenden memnun musun? Nedenini açıklayınız." şeklindeki sorudur. Bu soruya verilen öğrenci yanıtları incelendiğinde nihai modellemesini yapan öğrencilerden 1 öğrenci haricinde tüm öğrencilerin nihai modellemesinden memnun olduğu ortaya çıkmıştır.

Nihai modellemesi ile ilgili olarak Ö3 kodlu öğrenci *"Memnunum çünkü hepsinden güzel ve açıklayıcı oldu."*, Ö5 kodlu öğrenci *"Memnunum çünkü yeraltı suyu, arıtma, buharlaşma gibi birçok şeyler öğrendim."*, Ö1 kodlu öğrenci "*Su döngüsünden memnunum çünkü suların nasıl oluştuğunu iyi anladım"*, Ö8 kodlu öğrenci *"Memnunum çünkü hepsinden* (önceki modellemelerden) *daha iyi oldu"*, Ö6 kodlu öğrenci "*Memnunum çünkü kendimizi geliştirmiş olduk. Su döngüsünün nasıl oluştuğunu öğrendim yani daha iyi kavrayabiliyorum."*, Ö23 kodlu öğrenci "*Evet memnunum çünkü bana yoğunlaşmayı, terlemeyi vb. öğretti."*, Ö26 kodlu öğrenci "*Memnunum çünkü modelimi açık ve anlatıcı şekilde yaptım."*, Ö32 kodlu öğrenci "*Memnunum, atık suyun arıtılmasını ve su döngüsünü çizdim."*, Ö21 kodlu öğrenci *"Evet çünkü bildiklerimi gösterdim."* şeklinde yanıtlar verdiği görülmüştür.

Öğrencilerden Ö9 kodlu öğrenci ise nihai modellemesini yapan diğer öğrencilerden farklı olarak nihai modellemesinden memnun olmadığını ifade eden tek öğrenci olmuştur. *"Değilim çünkü çok karışık."* şeklinde ifade etmiştir.



Şekil 4.17 Öğrencilerin nihai modellemelerine yönelik memnuniyet durumları

4.4.3 Sistemik Düşünme ile İlgili Açık Uçlu Sorulara Verilen Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Ankette yer alan sistemik düşünme ile ilgili açık uçlu sorulardan biri "Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız buz dağı ve nedensel ilişkiler haritası adlı etkinlikleri sana neler öğretti? Bu etkinliklerin amacı nedir? Açıklayınız" şeklindeki açık uçlu sorudur. Bu soruya verilen öğrenci yanıtlarının analizinden elde edilen temalar: Suyu etkileyen görünen ve görünmeyen faktörleri belirlemek, Su döngüsünü, su konusunu öğrenmek/ daha iyi anlamak/ bilgi edinmek, Konu tekrarı yapmak, Su döngüsünün hangi faktörlerden etkilendiğini bulmak, Suyun nerelerde kullanıldığını belirlemek, Suların ne yüzünden niçin tükendiği belirlemek ve Nedensel ilişkiler kurmak şeklinde belirlenmiştir. Buz dağı ve nedensel ilişkiler haritası adlı etkinliklerin amacına yönelik olarak elde edilen temalar ve öğrenci görüşlerinden örnekler Tablo 4.13 'te verilmiştir.

Tablo 4.13 Buzdağı ve nedensel ilişkiler haritası adlı etkinliklerin amacına yönelik olarak verilen yanıtlardan elde edilen temalar

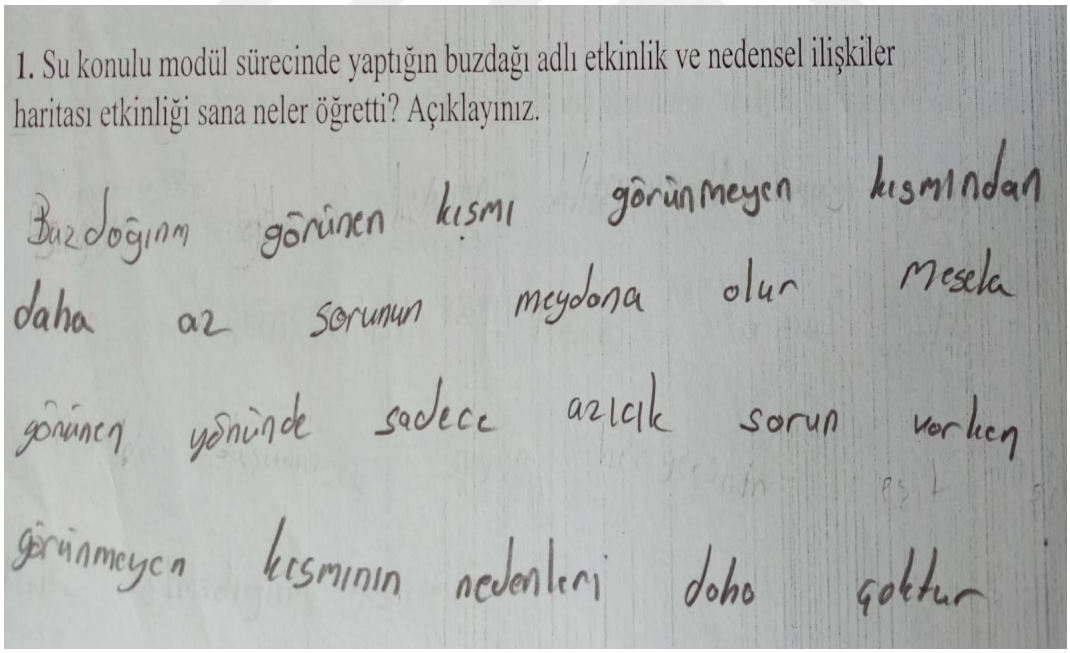
Temalar	Öğrenciler Öğrenci görüşlerinden örnekler	Frekans (*f*)
Suyu etkileyen görünen ve görünmeyen faktörleri belirlemek	Ö2, Ö16, Ö18, Ö25, Ö32 *"Suların tükenmesini etkileyen görünen ve görünmeyen sorunların olduğunu fark ettik."* (Ö16) *"Buzdağı etkinliğinde suyun görünen ve görünmeyen faktörlerini öğrendik. İlişkiler haritası etkinliğinde benzer olanları eşleştirip hangi kavramlara yazılmasını öğrendim."* (Ö25)	5
Su döngüsünü, su konusunu öğrenmek/ daha iyi anlamak/ bilgi edinmek	Ö2, Ö3, Ö6, Ö10, Ö12, Ö17, Ö20, Ö21, Ö28, Ö31, Ö32 *"Su döngüsünü öğretti. Suların kirlenme sebeplerinin görülen ve görülmeyen yüzü oldu."* (Ö32) *"Yeni şeyler öğretti, bilgilerin doğrusunu öğretti."* (Ö10)	11
Konu tekrarı yapmak	Ö19 *"Öğrendiğim konuları tekrar etmemi sağladı."* (Ö19)	1
Suyun nerelerde kullanıldığını belirlemek	Ö28 *"Suyun nerelerde kullanıldığını öğretti."* (Ö28)	1

Tablo 4.13 Buzdağı ve nedensel ilişkiler haritası adlı etkinliklerin amacına yönelik olarak verilen yanıtlardan elde edilen temalar (devamı)

Suların niçin tükendiği belirlemek	Ö24 "*Sularımızın ne yüzünden niçin tükendiğini öğrendim, bu (bunu öğrenmek) çok güzel bir şeydi*." (Ö24)	1
Su döngüsünün hangi faktörlerden etkilendiğini bulmak	Ö1, Ö5, Ö7, Ö23, Ö26 *"Kullanılabilir su kaynaklarının azalması ve atıkların giderek artması, su döngüsünün hangi faktörlerden etkilendiğini öğrendim."* (Ö23) "*… bu problemlerden bazısı nüfus artışı* (Ö5), *küresel iklim değişikliği (*Ö1*,* Ö7) "*su döngüsünü ve su kaynaklarının yaptığımız faktörlerden dolayı kirlendiğini öğretti."* (Ö26)	4
Nedensel ilişkiler kurmak	Ö2, Ö8 "*Su israfında görünmeyen sebepleri öğrendim ya da su kirliliğinde görünmeyen etmenleri öğrendim. Nedensel ilişkileri nasıl yapabileceğimi öğrendim.* (Etkinliklerin) *amacı su döngüsünü kavramak, anlamak." (Ö2)* "*İyice anlamamıza yardımcı oldu. Hangisi iyi etkiledi hangisi kötü etkiledi onları öğrendik."* (Ö8)	2

Ankette yer alan sistemik düşünme ile ilgili açık uçlu sorulardan bir diğeri "Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül sonunda yaptığın sistemik düşünme haritasına katkı sağladığını düşündüğün etkinlik ya da etkinlikler var mı? Varsa açıklar mısın?" şeklindeki sorudur.

Bu açık uçlu soruya yönelik olarak belirtilen öğrenci görüşlerinden örnek ifadeler verilmiştir. Ö19 kodlu öğrenci sistemik düşünme haritasına katkı sağladığını düşündüğü etkinliği modelleme olarak belirtmiştir. Öğrencinin yanıtı şu şekildedir: *"Öğrendiğimiz konuları resme döktüğümüz etkinlik* (modelleme kastedilmiştir). *Çünkü öğrendiğimiz şeylerin hepsini kâğıda dökmemiz gerekiyordu. Ayrıca tek bir resim yaptığımız için bağlantılı şeyler yapmamız gerekiyordu. Yani ilişkilendirme haritasının resme dökülmüş hali gibi bir şeydi."* Ö28 kodlu öğrenci "*Buzdağı* (etkinliği) *çünkü etkinliğin içinde suyun nerelerde kullanıldığını gördük ve daha birçok şeyi."* şeklinde yanıtlamıştır. Ö24 kodlu öğrenci "*Yaptığımız deney sayesinde su döngüsü aşamalarını yaparken zorlanmadım."* şeklinde açıklama yapmıştır.


1. Su konulu modül sürecinde yaptığın buzdağı adlı etkinlik ve nedensel ilişkiler haritası etkinliği sana neler öğretti? Açıklayınız.

Buzdağının görünen kısmı görünmeyen kısmından daha az sorunun meydana olur Mesela görünen yönünde sadece azlık sorun varken görünmeyen kısmının nedenleri daha çoktur

Şekil 4.18 Ö18 kodlu öğrencinin buzdağı adlı etkinlik ile ilgili görüşü

Tablo 4.14 Sistemik düşünme haritasına katkı sağladığı düşünülen etkinliklere yönelik öğrenci görüşleri

Sistemik Düşünme Haritasına Katkı Sağlayan Etkinlikler	Öğrenciler	Frekans (*f*)
Su döngüsü deneyi	Ö3, Ö8, Ö11, Ö24, Ö29	5
Su Arıtımı deneyi	Ö4, Ö5, Ö8, Ö11, Ö16, Ö26, Ö27	7
Modelleme	Ö2, Ö6, Ö7, Ö12, Ö14, Ö19	6
Nedensel İlişkiler etkinliği	Ö6, Ö7, Ö12, Ö14	4
Buzdağı adlı sistemik düşünmeye giriş etkinliği	Ö2, Ö7, Ö10, Ö14, Ö28	5
Katkı sağlayan etkinlik yok	Ö1, Ö9, Ö15, Ö20, Ö25, Ö26	6
Yanıtsız / Vardı ama hatırlamıyorum	Ö13, Ö17, Ö21, Ö31, Ö32	5

Sistemik düşünme ile ilgili açık uçlu sorulardan diğeri ise "Sistemik düşünme haritasını oluştururken nasıl bir yol izledin, nelere dikkat ettin? Açıklar mısın?" şeklindedir.

Bu soruya verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin sistemik düşünme haritasını oluştururken konu ile ilgili tüm bildiklerini ortaya çıkarmak, kavramlar arasında ilişkiler kurmak, ilişkiler doğrultusunda kavramları bağlantılandırmak gibi yollar izledikleri ortaya çıkmıştır. Tablo 4.15' de öğrencilerin sistemik düşünme haritasını oluştururken izlediği adımlara yönelik örnek öğrenci görüşleri yer almaktadır.

Tablo 4.15 Öğrencilerin sistemik düşünme haritasını oluştururken izlediği adımlar ve öğrenci yanıtları örnekleri

İzlenen adımlara yönelik temalar	Öğrenci yanıtı örnekleri
Tüm bildiklerini ortaya çıkarmak	*"Su döngüsünden öğrendiğim bilgilerle yaptım."* (Ö11) *"Yeni öğrendiklerimi katmaya çalıştım. Bilgi verici olmasına dikkat ettim."* (Ö10) "*Önce su döngüsü gibi temel konuları yazdım, daha sonra temel başlıkları kapsayan ve başlıklarla ilişkili olan şeyleri* (kavramları) *yazdım."* (Ö19) *"Bütün öğrendiklerimi yazmaya ve doğru yerleştirmeye dikkat ettim."* (Ö14) *"İlk önce buna dayalı başlıkları yazdım. Bundan sonra bununla ilgili konuları, kavramları sırasıyla yerlerine yerleştirdim. Önceki yaptığım çalışmaların buna katkısı fazlaydı."* (Ö2)
Kavramlar arasında ilişkiler kurmak	*"İlişkilendirmeye dikkat ettim."* (Ö20) *"Hepsini kavramları birbiriyle ilişkilendirmeye dikkat ettim."* (Ö12)
İlişkiler doğrultusunda kavramları bağlantılandırmak	**"***Onların nasıl ilerlediğine dikkat edip nelerden etkilendiğini yazarak yaptım."* (Ö8) *"İlişkilerin birbiriyle bağlantılarını eşleştirmede, nelerde etkili olduğuna dikkat ettim."* (Ö25) *"Doğru şeyleri birbirine doğru şekilde bağladım."* (Ö32) *"Bütün faktörleri birbiri ile eşleştirdim."* (Ö26)

4.4.4. Öğrencilerin Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modül İle İlgili Sahip Oldukları Görüşlere Yönelik Bulgular

Öğrencilerin sosyohidrolojik konu tabanlı modül ile ilgili sahip oldukları görüşleri ortaya çıkarmak için kullanılan açık uçlu sorulardan biri "Sosyo-hidrolojik konu

tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden en çok hangisini beğendin? Neden?" şeklindeki sorudur.

Bu açık uçlu soruya verilen yanıtlar doğrultusunda en çok beğenilen etkinliklerin sıralaması ve ifade edilme sıklığı Tablo 4.16' da yer almaktadır. Öğrencilerden gelen cevaplar en çok beğenilen etkinliğin atık su arıtma deneyi (11) olduğunu göstermektedir. Bu sıralamayı su döngüsü deneyi (9) ve modelleme (7) etkinlikleri izlemektedir. Buzdağı adlı sistemik düşünmeye giriş etkinliği 5 öğrenci tarafından en çok beğenilen etkinlik olarak ifade edilirken sistemik düşünmeye haritası etkinliği ise 4 öğrencinin en çok beğendiği etkinlik olmuştur.

Tablo 4.16 Öğrenci görüşlerine göre en çok beğenilen etkinlikler

En Çok Beğenilen Etkinlikler	**Öğrenciler**	***f***
Su döngüsü deneyi	Ö1, Ö3, Ö4, Ö8, Ö9, Ö11, Ö26, Ö29, Ö32	9
Su arıtımı deneyi	Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö23, Ö25, Ö26, Ö27, Ö32	11
Modelleme	Ö2, Ö5, Ö7, Ö14, Ö28, Ö26, Ö32	7
Sistemik Düşünme Haritası	Ö2, Ö12, Ö26, Ö32	4
Buzdağı adlı sistemik düşünmeye giriş etkinliği	Ö2, Ö6, Ö10, Ö21, Ö31	5

Öğrencilere yöneltilen diğer açık uçlu soru "Sosyohidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden beğenmediğin ya da zorlandığın etkinlik olduysa sen olsan etkinliğin nasıl olmasını isterdin? şeklindedir. Bu soruya verilen öğrenci yanıtlarının analizi sonucunda ulaşılan 6 tema şunlardır: Zorlandığım etkinlik yok, Hepsini beğendim/Beğenmediğim etkinlik yok, Beğenmediğim ya da zorlandığım etkinlik yok, Beğendim ancak zorlandım, Değişsin istediğim yönü var, Etkinliklerde zorlandım. Temalar bazı öğrencilerin etkinlikleri sadece zorlayıcılık, sadece beğenme ya da hem zorlayıcılık hem de beğenme durumlarına göre değişen

cevap çeşitliliği nedeniyle oluşturulmuştur. Öğrencilerin modülü işlerken yaptığı etkinliklere ilişkin görüşlerine yönelik bulgular ve öğrenci yanıtlarına dair örnek ifadeler Tablo 4. 17' de verilmiştir.

Tablo 4.17 Öğrencilerin etkinliklere ilişkin görüşleri

Tema	**Öğrenciler** **Öğrenci Görüşlerinden Örnek İfadeler**
Zorlandığım etkinlik yok	Ö24, Ö25, Ö28 "Hiçbirinde zorlanmadım, hayal ederek düşününce gayet kolay oluyor." (Ö24) "Zorlandığım yok." (Ö25) "Zorlandığım etkinlik olmadı." (Ö28)
Hepsini beğendim /Beğenmediğim etkinlik yok	Ö1, Ö18, "Hayır, b*eğenmediğim yoktu."* (Ö18) Etkinlikleri "*sevdim." (Ö1)*
Beğenmediğim ya da zorlandığım etkinlik yok	Ö8, Ö19, Ö26, Ö27, Ö32 *"Beğenmediğim ya da zorlandığım yok." (Ö26)* *"Etkinliklerde beğenmediğim ya da çok zorlandığım bir etkinlik yok."* (Ö19) *"Zorlanmadım e*ğlendim, hepsini beğendim." (Ö27) *"Beğenmediğim ya da zorlandığım olmadı."* (Ö32)
Beğendim ancak zorlandım	Ö3, Ö7 *"Beğendim ama zordu. Çünkü açıklaması zordu."* (Ö3) "Beğenmediğim etkinlik olmadı ama zorlandığım etkinlik oldu." (Ö7)

5
TARTIŞMA

Çalışmanın amacı, su konusunu ön plana çıkaran bir eğitimsel müdahale gerçekleştirerek ortaokul düzeyinde sosyohidrolojik konu tabanlı bir modül geliştirmek ve geliştirilen su temalı modülün ortaokul öğrencilerinin sistemik düşünme becerilerini ve su konulu fen kavramlarını öğrenmesini geliştirmektir. Bu amaçla 7. sınıf öğrencilerine yönelik olarak sosyohidrolojik konu tabanlı modül geliştirilmiş, uygulanmış ve belirlenen ölçme araçları ile öğrencilerin sistemik düşünme becerileri seviyeleri ve su sistemi ile ilgili kavramsal öğrenmeleri izlenmiştir. Bu başlık altında, mevcut çalışmanın sonuçları, ilgili literatür ışığında, araştırma soruları ve çalışmanın amacı doğrultusunda (1) Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modülün Geliştirilmesi, (2) Sistemik Düşünme Becerileri, (3) Kavramsal Öğrenme olmak üzere 3 başlıkta tartışılmaktadır.

5.1 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Geliştirilmesi

Su eğitimi denildiğinde müfredatlar ve ders içeriklerinin suyla ilgili ortaya çıkan sorunları ele alması muhtemeldir, ancak asıl sorun su eğitiminin daha çok nasıl ve hangi nihai hedefe yönelik olması gerektiğiyle ilgili sorunların varlığıdır (Sammel, 2014). Meydana gelen su sorunlarında artış ve küresel ölçekte ulaşılmak istenen su hedefleriyle birlikte suyun sürdürülebilirliğini iyileştirmede su okuryazarlığı kritik bir öneme sahiptir (Maniam, vd., 2021).

Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve gelecek nesillere ulaştırılması için güçlü bir eğitim sürecinin yürütülmesi gerekliliği ve su okuryazarı toplum oluşturma gayretini destekleyen su eğitimi yatırımlarına ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Sammel, 2014; Türker vd., 2022). Ancak mevcut durum, evrensel bir ihtiyaç olarak görülen su okuryazarı toplum oluşturma beklentimizin

gerisinde kaldığımıza ve öğrenciler arasında düşük derecede su okuryazarlığının olduğuna işaret etmektedir (Johnson ve Courter, 2020). Bu çalışmada literatürde sunulan ihtiyaçlar doğrultusunda su eğitimi çabalarına bir su modülünün tasarlanması ve uygulanması yoluyla (Leitão vd., 2020) katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Tasarım temelli bir araştırma (Zangori, 2015; Zangori ve Forbes, 2016) olan bu çalışmanın temelinde, "Nasıl bir ders tasarımı öğrencilerin su sistemi ile ilgili sistemin nasıl çalıştığını anlamalarına ve kavramsal öğrenmelerini geliştirmelerine yardımcı olabilir?" sorusu yer aldığından, ilk olarak ön görülen su eğitimi için gerekli olan su okuryazarlığına yönelik bakış açısının incelenmesinin ve su okuryazarlığının ifade ettiği anlamın net olarak ortaya çıkarılmasının kritik ve yol gösterici olacağı düşünülmüştür. İkinci olarak ise mevcut müfredatımızda yer alan su konusunun içeriği ve dağılımı incelenmiştir.

Bilimsel okuryazarlık sadece bilimsel kavramları, becerileri ve süreçleri bilmeyi değil aynı zamanda bilimin epistemolojisini de (hedeflerinin ne olduğunu ve nasıl işlediğini) anlamayı gerektirmektedir. Söz konusu su okuryazarlığı olduğunda aynı şekilde öğrenciler sadece suyun arkasındaki bilimi ya da ne kadar su kullandıklarını anlamamalı, aynı zamanda enerji-su bağlantılarını; temiz su ve sanitasyonu; tarım, endüstri, kentsel nüfus ve yaban hayatının rekabet halindeki taleplerini; su mülkiyetini; su kıtlığı ve su tasarrufunu; su yönetimi, kalitesi ve dağıtımıyla ilgili tarihsel, sosyal, ekonomik ve politik yönleri de anlamalıdırlar (Sammel, 2014). Özetle su okuryazarlığının bileşenleri arasında su kaynakları, su yönetimi, su ile ilgili konular, su bilgisi, su tutumu ve su davranışı yer alır. Farklı bir deyişle su okuryazarlığı; su bilgisini, tutumunu ve davranışını kapsayan, su kaynaklarının, su yönetiminin ve su güvenliği konularının eleştirel ve aktif bir şekilde anlaşılmasının bir kombinasyonunu içermektedir (Maniam vd., 2021).

Okulların alt kademelerinden itibaren su konusu, su hakkındaki bilgi içerikleri şeklinde müfredatlarda yer almaktadır. Erken yıllarda su ile ilgili bilimsel kavramların öğrenimine önem verilirken sonraki yıllarda suyun çevresel yönlerinin (su-çevre ilişkisi) keşfedilmesi sağlanmaktadır (Sammel, 2014). Mevcut müfredatın çoğunlukla suyun bilimsel ve çevresel boyutlarına yer verdiği ancak su ile ilgili sosyal boyutları ihmal ettiği gözlemlenmiştir.

Su ile ilgili tarihsel, sosyal, ekonomik ve politik yönleri gündeme alan sosyal boyutların göz ardı edilmesi sınıfta kültürel gündemlerin daha derin, daha karmaşık bir şekilde anlaşılmasını, toplumlarda alınan ekonomik ve politik kararları ve nihai olarak suyun nasıl müzakere edildiğini, yönetildiğini anlamayı ıskalamak anlamına gelebilir. Bu durumun, su okuryazarlığına olan bakış açısıyla ve suyun sürdürülebilirliği ile yakından ilişkili, su hizmetlerini kurmak ve sürdürmek için bir dizi siyasi, sosyal, ekonomik ve idari yapıyı içermekte olan su yönetimi ile örtüşmediği söylenebilir (Sammel, 2014; Maniam vd., 2021). Üstelik sürdürülebilir kalkınma için eğitim; sosyo-kültürel, ekonomik, çevresel ve politik olmak üzere bu dört boyut tarafından desteklenmektedir (Leitão vd., 2020). Su kaynaklarının çevresel, ekonomik, sosyal ve politik etkilerini değerlendirmek; içme suyu sorunlarının çevresel, sosyal, ekonomik ve politik yönlerini dikkate alarak su sorunlarına çözümler önermek; ayrıca etik ve sorumlu vatandaşlık tutumlarını teşvik etmek için sosyal boyutların dahil edilmesi gerekliliği açığa çıkmıştır (Leitão vd., 2020).

Su eğitiminin gereklilikleri incelendiğinde bu gereklilikler; su ile ilgili bilimsel kavramları bilmenin yanı sıra öğrencilerin bilimsel kavramlarla su ile olan günlük etkileşimlerini bağlantılandırmalarını (Missingham ve McIntosh, 2013; Mostacedo-Marasovic vd., 2022) bir topluluğun sosyal, ekonomik, politik sürdürülebilirlikle ilgili konularını keşfetmelerini ayrıca su konulu bilgilerin karar verme süreçlerine veya eylemlerine uygulanmasını içermektedir (Sammel, 2014). Bu gereklilikler doğrultusunda çalışmada hem bilimsel yönleri olan hem de toplumsal bir sorun olarak yüzleşmek zorunda kaldığımız su sorunlarını ortaokul su eğitiminde sosyohidrolojik konu (Lally ve Forbes, 2020; Owens, vd., 2020) olarak gündeme alma fikri ortaya çıkmıştır.

Eğitimde sürdürülebilir davranış değişikliği için (1) bilgi içeriği, (2) sunum yöntemleri ve (3) hedef kitleler olmak üzere üç önemli kriter üzerinde tartışılmaktadır (Larson ve Redman 2014). Mevcut çalışmada tasarlanan sosyohidrolojik konu tabanlı modül ile su konulu bilimsel bilgi içeriğinin hazırlanmasına, bu bilgilerin sunumunun sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yoluyla gerçekleştirilmesine ve hedef kitle olarak 7. sınıf öğrencilerinin seçilmesine karar verilerek araştırma uygulamaya koyulmuştur.

5.2 Sistemik Düşünme Becerilerinin Geliştirilmesi

Dünya sistemlerinin bir parçası olarak su sistemi diğer sistemlerle birbirine bağlıdır, geniş bir bilgi alanını içerir ve karmaşıktır. Zaman ve mekandaki karşılıklı ilişkiler sistemik düşünmeyi gerektirmektedir (Ben Zvi-Assarraf ve Orion, 2005b). Sistem düşüncesi, yalıtılmış öğeler veya parçalardan ziyade kalıpları, ilişkileri ve işlevi vurgulamaktadır (Arnold ve Wade, 2015). Fen dersi öğretim programında su konusu önemine rağmen sistemli bir şekilde ele alınmama eğilimi göstermektedir (Sadler vd., 2017). Bu yaygın eğilime karşı su konusuna yönelik bütüncül bir su sistemi anlayışı oluşturmak bu çalışmanın ana amaçlarından biridir.

Öğrencilerin sistemik düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan çalışmalarda bu amacı gerçekleştirmek için öğretim tasarımı yapmak (Ben-Zvi Assarraf ve Orion, 2005b), derslere simülasyon programı kullanımını entegre etmek (Ossimitz, 2000; ya da derslere modelleme yapmayı dahil etmek (Hung, 2008) gibi yollar tercih edilmektedir.

Draper (1993), başarılı bir sistem düşünürü olmak için gereken sistemik düşünme becerilerinin, 4-12. sınıf öğretim programının her bir parçasına işlenmiş olması gerektiğini belirtir. Bu açıdan bakıldığında sistemik düşünme becerilerinin geliştirilmesi için en etkili yol öğretim tasarımı yapmaktır. Bu nedenle çalışmada ders tasarımı yoluyla öğrencilerin sistemik düşünme becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada hem sosyohidrolojik konu tabanlı modül tasarlanması sırasında hem modülün kapsamındaki hedef su konulu bilimsel kavramlara karar verilmesi aşamasında hem de modülde yer alan etkinliklerin belirlenmesi aşamasında sistemik düşünme anlayışına uygunluk bir kriter olarak değerlendirmeye alınmıştır. Bu değerlendirme ilk olarak sosyohidrolojik konu tabanlı modülün su sistemi anlayışının sistemik düşünme anlayışına uygunluğu sonrasında modülün kapsamındaki hedef su konulu bilimsel kavramlara karar verilmesi aşamasında sistemik düşünme anlayışına uygunluk ve son olarak modülde yer alan etkinliklerin belirlenmesi aşamasında sistemik düşünme anlayışına uygunluk olarak üç başlık altında tartışmaya açılmıştır.

5.2.1 Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modülün Su Sistemi Anlayışının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu

Su sistemi anlayışının sistemik düşünme anlayışına uygunluğunun sağlanmasındaki kilit faktör sistemin kapsamını belirlemektir. İnsan sistemlerinin doğal sistemlerden ayrılamaz olması sebebiyle su sistemi hem sisteme ait doğal bileşenleri hem de birbirine bağlı insan yapımı sistemleri birlikte içermelidir. Bu anlayışa uygun olarak Gunckel vd., 2012 çevresel sistemlerde insan eylemleri ve su arasındaki ilişkileri ele alan bir su sistemi modeli ortaya çıkarmışlardır. Model, su sistemini sosyo-ekolojik sistemler olarak ön plana çıkarmaktadır. Bu model, su sistemini geniş perspektifle ve çok boyutlu yapısıyla ele almayı sağladığı için çalışmamızın odağındaki su sistemi perspektifini oluşturmuştur.

Mevcut müfredatlarda su konularına ait öğrenme hedefleri her sınıf seviyesi doğrultusunda ayrılmış kapsam ve sıralama ile verilmeye çalışılır. Ancak bu hedefler tipik olarak ayrıktır ve öğrenciler için anlamlı bir şekilde birbirleriyle bağlantılı olmayabilir. Bu eksikliğin ancak farklı bir yaklaşım (suyun sosyo-ekolojik sistemlerdeki rolünü ve konumunu vurgulayan bir yaklaşım) benimsendiği durumda iyileştirilebileceği açıktır (Sadler vd., 2017). Çalışmada sosyohidrolojik konu tabanlı modül, içme suyuna erişim ve atık su sorununu eğitimin özel bir odağı haline getirmiştir. Modülün benimsediği anlayış önerildiği gibi suyun sosyo-ekolojik sistemlerdeki rolünü ve konumunu ön plana çıkarmaktadır. Modülde gündeme getirilen odak konu su sistemlerinin dinamik doğasını ortaya çıkarmaya hizmet etmekte ve öğrencilere su ile ilgili sistem anlayışını kazanma imkânı sağlamaktadır.

Sadler ve diğerleri (2017a), tarafından yapılan çalışmada su sistemi, su sisteminin fiziksel boyutlarından ve su sistemi anlayışlarının yönlerinden oluşan bir matris olarak kavramsallaştırılmış ve "Su Sistemleri Anlayışları (UWS)" çerçevesi oluşturulmuştur. Su sistemlerinin fiziksel boyutları suyun ve sudaki maddelerin nerede bulunduğunu tanımlar ve yüzey suyu, yeraltı suyu, atmosferik su, biyotik sistemlerde su ve mühendislik sistemlerinde suyu içerir. Su sistemi anlayışları yönleri ise (1) süreçler ve mekanizmalar, (2) enerji, (3) ölçek, (4) temsiller ve (5) bağımlılık ve insan failliği yönlerini içermektedir (Sadler vd., 2017a). Benzer şekilde mevcut çalışmada sosyohidrolojik konu tabanlı modül tasarlanırken su sistemi hem fiziksel boyutlarıyla (su havzaları, yerüstü ve yeraltı suları, atmosferik

su, canlılık ve su döngüsü, atık sudan temiz suya- mühendislik sistemlerinde su) olarak ele alınmış hem de dersler sırasında gerçekleştirilen etkinlikler sayesinde öğrencilerin su sistemi anlayışları suyun sosyal, ekonomik, politik, etik yönlerini içine alacak şekilde geliştirilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda sosyohidrolojik konu tabanlı modülün uygulandığı derslerin su ile ilgili sorun etrafında sistematik bir şekilde yürütülmesi sistemik düşünme anlayışını pekiştirmektedir.

5.2.2 Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modülün Hedef Su Konulu Bilimsel Kavramlarına Karar Verilmesi Aşamasının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu

Çalışma bütüncül bir su sistemi anlayışı geliştirme amacını desteklemek için modülün hedef kavramlarına su havzası ve akifer kavramlarını dahil etmiştir. Havza kavramının dahil edilmesinde 2 önemli argüman baz alınmıştır. Bu argümanlardan ilki havza kavramının su kaynakları hakkında düşünmek ve yönetmek için tutarlı bir örgütsel çerçeve sağlayarak, öğrencileri çevreye karşı sorumlu davranışlarda bulunmaya motive edebilen güçlü bir öğrenme aracı olarak gösterilmesidir (Shepardson vd., 2007). İkincisi ise birçok toprak ve su kirliliği sorunu havza temelli olduğundan havzayı karmaşık, doğal bir sistem olarak anlamanın çevresel bütünlüğün ve sağlığın sürdürülmesi için bir gereklilik olarak ifade edilmesidir (Haury, 2000). Havza kavramının anlaşılması, bir taraftan su kalitesi, noktasal ve noktasal olmayan kaynak kirliliği ve arazi kullanım uygulamalarının ve kişisel eylemlerin havzalar üzerindeki etkisini anlamaya temel oluştururken (Patterson ve Harbor, 2005) diğer taraftan öğrencilerin bir havza ile hidrolojik döngü arasında bağlantı kurmalarını ve bu bağlantıyı anlamlandırmalarını sağlayabilir (Shepardson vd., 2007). Aynı zamanda kendi havzalarının farkına varıp ve bunlarla ilgilenmeye başlayan öğrencilerin sosyohidrolojik odak konuyu içselleştirmelerine katkısı olabileceği düşünülmüştür. Su havzası yaklaşımının bir topluluk duygusu oluşturup çatışmaları azaltmaya yardımcı olduğu ve çevresel hedeflere ulaşmak için gerekli eylemlere olan bağlılığı arttırdığı ifade edilmektedir (EPA,1996).

Öğrenciler havzalar hakkında çeşitli anlayışlara sahip olabilir. Bu çalışmaya katılan öğrencilerin tamamı havza kavramına yabancı olsa da onların havza hakkındaki varsayımları havzanın büyük bir su kütlesi olduğu üzerinde birleşiyordu ve yaptıkları su havzası tanımı kentsel olmayan ortamlarla eşleşen bir şey olarak ortaya çıkıyordu.

Çalışmalar öğrencilerin havzaları barakalar veya kuleler gibi insan yapıları olarak düşünebildiğini veya nehir sistemleri hakkında daha gelişmiş fikirlere sahip olabildiğini ancak havzaların buharlaşma, yoğunlaşma, yağış ve yeraltı suyuna, atmosfere ve biyotik sistemlere sızma süreçleriyle bağlantılı olduğunu nadiren düşündüklerini ortaya çıkarmıştır. (Endreny, 2010; Shepardson vd., 2007; Shepardson vd., 2009).

Akifer kavramının dahil edilmesine ise önceki çalışmaların sonuçlarından hareketle öğrencilerin yeterince yeraltı suları ile ilgili anlayışlarının oluşmamış olması etkili olmuştur. Yeraltı suyu hidrosfer ve jeosfer arasındaki etkileşimler sonucunda meydana gelir, ancak bu süreçler büyük ölçüde doğrudan gözlemlerden gizlendiğinden bu etkileşimleri görselleştirmek zordur (Covitt vd., 2009; Dickerson vd., 2007). Öğrenciler suyun toprağa nasıl nüfuz ettiğini ve içinden nasıl aktığını görselleştirmeye ve anlamlandırmaya ihtiyaç duymaktadır (Dickerson ve Dawkins, 2004; Forbes vd, 2015; Vo vd., 2015). Bu ihtiyaca rağmen öğrencilerin fen derslerinde suyun toprak ile nasıl ve neden etkileşime girdiği ve etkilediği hakkında araştırma, akıl yürütme ve bilgi oluşturma fırsatlarının nadir olduğu belirtilmektedir. (Dickerson ve Dawkins, 2004; Zangori vd, 2015). Bu nedenle akiferin sosyohidrolojik konu tabanlı modülün hedef bilimsel kavramları arasına dahil edilmesinin öğrencilere suyun toprak ile nasıl ve neden etkileşime girdiği ile ilgili bir fırsat oluşturulması için önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Mevcut çalışma ile öğrencilerin su sistemi modellerinde (bkz. Şekil 4.13 ve Şekil 4.15) akifer çizerek hidrosfer ve jeosfer arasındaki etkileşimi ve yeraltı sularının oluşumunu gösterebildiği ortaya çıkmıştır. Bu durum bizlere klasik müfredatın hidrolojik döngüde vurguladığı atmosferik sürece öğrencilerin jeosferik süreci dahil ederek sistem anlayışlarını genişlettiğini göstermektedir.

5.2.3 Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Modülde Yer Alan Etkinliklerin Belirlenmesi Aşamasının Sistemik Düşünme Anlayışına Uygunluğu

Sistem düşüncesinin temel yönleri öğelerden bütüne, tek öğelerden ilişkilere, yapılardan süreçlere, nesnellikten her birey tarafından gerçekliğin inşasına olmak üzere gelişim gösterir (Capra, 1985).

Sistem düşünme becerilerinin her biri, her bir sonraki seviyede bilişsel yetenekte bir artış gerektiren farklı yeterlilik seviyesiyle karakterizedir. Becerilerin kendileri

için önerilen bir sıra sunulmuş olmasına ve her seviyedeki beceriler için etkinlikler olmasına dikkat edilmelidir (Draper, 1993). Çalışmada Draper'in (1993) önerdiği gibi sistemik düşünme becerilerinin her birinin, bir sıra ile geliştiriliyor olmasına ve gelişimin takip edilmesine önem gösterilmiştir. Çalışmada sistemik düşünme becerilerinin hiyerarşik seviyesine uygun etkinlikler geliştirilmiş ve uygulamaya koyulmuştur.

Buzdağı sistemik düşünme etkinliği (Meadows, 2000), Su Döngüsü Nedensel İlişkiler Etkinliği ve Su Sistemi Sistemik Düşünme Haritası etkinlikleri sosyohidrolojik konu tabanlı modülde yer alan sistemik düşünme anlayışına uygun olarak dizayn edilen ve öğrencilerin sistemik düşünme becerilerini geliştirmeyi hedefleyen etkinliklerdir. Yapılan modellemelerin ise öğrencilerin bütüncül bir su sistemi anlayışı geliştirmelerine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Ö7 kodlu öğrencinin sistemik düşünme haritasına katkı sağladığını düşündüğü etkinlikleri "*Buzdağı etkinliği, modelleme ve ilişkilendirme"* (nedensel ilişkiler etkinliği) etkinlikleri olarak ifade etmesi sosyohidrolojik konu tabanlı modülde yer alan etkinliklerin amacına ulaştığını göstermektedir.

Buzdağı adlı etkinlik odak konunun sunumunun gerçekleştiği ilk derste Atık su içme fikrine alışmak mı? adlı dergi makalesinde konu edilen probleme uygun olarak öğrencilerin mevcut problemi tanımlamalarını gerektiren ve içme suyuna erişim ve atık su sorununun meydana gelmesinde rol oynayan sebepler üzerine akıl yürütmelerini gerektiren sistemik düşünmeye giriş etkinliğidir. Su Döngüsü Nedensel İlişkiler Etkinliği öğrencilerin hidrolojik döngüde suyun hareketini kontrol eden faktörleri belirtmesini ve su döngüsü süreçlerini etkileyen faktörleri belirleyerek bunların su döngüsünü nasıl etkilediğini ilişkisel olarak göstermesini gerektiren bir alıştırma etkinliğidir. Bu etkinlik ile öğrenciler tek tek ögelerden ilişkilere, yapılardan süreçlere nasıl ilişki kurmaları gerektiğini öğrenmiş ve nasıl bağlantılandırma yapacaklarına karar vererek ögelerden bütüne gitme pratiği kazanmışlardır. Ö2 kodlu öğrencinin "*Sistemik düşünme haritasını çizerken önceki çizdiklerim gibi acemi değildim. İlk yaptığımız şemada* (Nedensel İlişkiler Etkinliği) *çok eksiklerim vardı. Bunu* (konuyu) *bu sistemik düşünme haritasıyla iyice anladım."* şeklindeki ifadeleri süreci özetler niteliktedir. Aynı zamanda sosyohidrolojik konu tabanlı modül tasarlanırken kullanılmasına karar verilen bilimsel uygulamalardan biri olan model geliştirme ve kullanma ile öğrencilerin su

sistemi modelleri oluşturmaları teşvik edilmiştir. Öğrencilerin oluşturdukları modeller, öğrencilerin öğrenmesi ve sistemler hakkında düşünmesi için birer yapı iskelesi görevi görerek öğrencilerin kendi modellerini yaparken zihinlerinde su sistemini inşa etmelerine yardımcı olmaktadır. Modelleme etkinliğinin faydasına yönelik olarak Ö2 kodlu öğrencinin *"Bence faydalı oldu. Böyle bir su (sistemi) hiç yapmadığım için faydalı oldu. Bilmediğim şeyleri öğrendim, yeni kavramlar öğrendim."* şeklindeki ifadesi modellemenin bu işlevini desteklemektedir.

Su Sistemi Sistemik Düşünme Haritası etkinliği ise sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulaması bittikten sonra uygulanan öğrencilerin sistemik düşünme becerileri açısından gelişimlerini ortaya çıkarmayı amaçlayan esas etkinlik olarak çalışmada yer almıştır.

5.3 Kavramsal Öğrenmelerin Geliştirilmesi

Odak konunun sunumu ile başlatılan öğretim sürecinde öğrencilerin suyun mevcudiyeti ve kullanımı arasındaki bağlantıları anlamak için bilimsel bilgiye sahip olmaları ve suyla ilgili toplumu etkileyen sorunları yapıcı bir şekilde tartışmak için donanımlı hale gelmeleri istenmektedir. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül ile öğrencilerin hem su döngüsündeki suyu doğal bir sistem olarak daha iyi anlamlandırmasını hem de modülde yapılan etkinlikler sayesinde insan davranışlarının su döngüsü ve su kaynakları üzerindeki etkisini anlamasını sağlamak hedeflenmiştir. Bu hedef ile ilgili olarak *"Terleme, erime, buharlaşma, yoğunlaşma, sızma-süzülme, yeraltı suyu, yüzey akışı daha iyi anladım."* (Ö3), *"Suların tükenmesini etkileyen görünen ve ilk bakışta görünmeyen sorunların olduğunu fark ettik."* (Ö16), *Suyun nasıl oluştuğunu, su döngüsünü, suyun nasıl kirlenip nasıl temizlendiğini öğrendim."* (Ö9), "*su döngüsünü ve su kaynaklarının yaptığımız faktörlerden dolayı kirlendiğini öğretti."* (Ö26), "*Su arıtımı suyun nasıl arıtıldığı ve su sistemine katılmasını"* (Ö32), *"Atık su arıtma süreçleri (fiziksel süreç, kimyasal süreç, biyolojik süreç) ve su arıtmayı daha iyi anladım*" (Ö24) gibi verilebilecek birçok öğrenci ifadesi örneği çalışmanın temelini oluşturan bu amacın gerçekleştirildiğini gösteren kanıtlardan bazılarıdır.

Sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulaması esnasında kavramsal öğrenmeleri geliştirmek amacıyla derslerde su döngüsü hakkında konuşmalar (Márquez vd, 2006; Sträng ve Aberg-Bengtsson, 2010) yapılmış, destekleyici deney ve çalışma

kağıtları kullanılmış, akiferler, yeraltı suyu (Pan ve Liu, 2018) ve havzaların (Shepardson vd, 2007) görsel ve yazılı temsillerinin sınıf ortamına getirilmesi ile bu kavramların zihinlerde somutlaştırılması sağlanmıştır. Aynı zamanda süreç boyunca öğrenciler kendi su sistemi modellerini yapmaya teşvik edilmiştir. Böylece öğrenciler yaptıkları modellemeler sayesinde su konulu olgunun nasıl ve niçin meydana geldiğine dair kendi örneklerini geliştirme fırsatı yakalamış, çoklu temsillerle çalışma imkânı bulmuş ve derslerdeki gözlemler ile fiziksel dünya arasında köprüler oluşturmaları desteklenmiştir (Gilbert, 2004).

Yine yapılan çalışmalarda alışılagelmiş müfredatlar yerine öğrenme ortamına modellemenin dahil edildiği model tabanlı müfredatların kullanılması önerilmektedir. Model tabanlı müfredat içeren öğrenme ortamlarında modeller öğrencilerin düşüncelerini görünür kılmak ve suyun görünmeyen unsurlardan nasıl ve niçin hareket ettiğine dair akıl yürütmelerini sağlamak için kullanılmaktadır (Zangori vd., 2015; Zangori vd. 2017a, 2017b). Çalışmada su sistemi modeli yapan öğrencilerin su sisteminin bileşen ve süreçlerini modellerine dahil etme, sistem içindeki karşılıklı ilişkileri modellerinde gösterme çabaları öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinin gelişmesine katkı sağlamıştır.

Reinfried (2006), uygulamalı modeller de dahil olmak üzere zihinsel model oluşturma yöntemleriyle eğitilen üniversite öğrencilerinin, model içermeyen dersler ve müfredat aracılığıyla ders gören öğrencilere göre yeraltı suyu hakkında daha fazla bilgi edindiğini ve yeraltı suyu sistemlerini anlamalarının daha muhtemel olduğunu belirtmiştir. Çalışmada modelleme yapan öğrencilerin, su döngüsü süreçlerine (buharlaşma, yoğunlaşma vb.) ve yeraltı suyu gibi sistemin görünür olmayan bileşenlerine ait kavramları ayrıca akifer, su havzası gibi kavramları modeller aracılığıyla daha iyi anladığı ortaya çıkmıştır. Fen derslerine dahil edilen modellemelerin kavramsal anlamayı arttığı üzerine benzer sonuçlar bildirilmektedir (Baumfalk vd., 2019: Gunckel vd., 2012).

Modelleme uygulamaları, temel süreçleri açık ve görünür kılan basitleştirilmiş süreç temsilleri geliştirerek, öğrencilerin hidrolojik döngü gibi büyük karmaşık süreçler hakkında anlayış geliştirmelerini sağlayan hem bir görselleştirme hem de muhakeme aracı olma özelliği göstermektedir (Clement, 2000; Covitt vd., 2009; Dove vd., 1999; Forbes vd., 2015; Gilbert, 2004; NRC, 2012; Schwarz vd., 2009; Vo vd., 2015). Mevcut çalışmada Ö19 kodlu öğrencinin "*öğrendiğimiz şeyleri*

modelleme yaparak pekiştiriyoruz." ve Ö7 kodlu öğrencinin "*Modelleme etkinliğini beğendim ve daha çok anlamama sebep oldu."* şeklindeki modellemeye yönelik ifadeleri modellemenin su konulu kavramların öğrenilmesi ve daha iyi anlaşılmasında etkili olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonrası yaptıkları su sistemi modelleri temel alınarak su konulu kavramsal öğrenmeleri kıyaslandığında öğrencilerin uygulamaya başlamadan önce su konusuyla ilgili çok zayıf kavramsal öğrenmelere sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle öğrencilerin su sistemine yönelik yaptıkları ilk modellemelerde büyük çoğunlukla su sistemindeki görünür bileşenleri kullandıkları, yeraltı suyu gibi görünür olmayan bileşenlere yer vermedikleri, su döngüsünü gösteremedikleri, su döngüsünün en temel bileşenlerinden olan buharlaşma, yoğunlaşma gibi kavramsal öğrenmelerinde bile büyük eksiklikler ya da sorunlar olduğu anlaşılmıştır. Örneğin çalışmada birçok öğrenci buharlaşma ve yoğunlaşma olmadan modeline yağışı dahil etmiştir. Çalışmanın bu sonuçları önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlanmaktadır. Yapılan çalışmalar öğrencilerin su ve su kaynakları ile ilgili fen kavramlarını anlamalarının yüzeysel olduğunu, ilgili kavramların sağlam temellerinin olmadığını, öğrencilerin terminolojiyi anlamak yerine terminolojiyi kendi kavramlarına uydurmaya çalıştıklarını ve su sistemleri hakkında bilimsel olarak yanlış olan çok sayıda fikre sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır (Ben-zvi Assaraf ve Orion, 2005; Dickerson vd., 2005; 2007; Forbes vd, 2015b; Sadler vd., 2017b; Shepardson vd., 2007, 2009; Vo vd., 2015; White vd., 2022).

Covitt vd., (2009) yaptıkları çalışmada öğrencilerin buharlaşmayı veya yoğunlaşmayı açıklayamadığını ve çok az sayıdaki öğrencinin su döngüsü hakkında soyut, kavramsal bir anlayışa sahip olduğunu belirlemiştir. Hidrolojik döngünün anlaşılması sadece buharlaşma, yoğunlaşma ve yağışı tanımlamakla ilgili değildir, aynı zamanda suyun hallerinin nasıl değiştirdiğini ve sistemin bir kısmından diğerine nasıl hareket ettiğini de ifade etmekle ilgilidir (Zangori vd., 2015). Bununla birlikte yapılan çalışmalar ilkokul, ortaokul ya da lise öğrencisi olması fark etmeksizin öğrencilerin yeraltı suyu, akiferler, atmosferik su, su molekülleri gibi kendileri tarafından görülemeyen su bileşenlerini farkında olmama veya bunların önemini azaltma eğiliminde oldukları göstermektedir (Mostacedo-Marasovic vd., 2022). Literatürde bu durumun ortaya çıkmasındaki en temel sebepler karmaşık

sistemlerin öğrenimi esnasında öğrenme ortamlarına bilimsel modellemenin dahil edilmemesi (Hmelo vd, 2000; Vo vd., 2015) akifer, yeraltı suları, su havzası vb. su konulu kavramlara olan vurgunun yetersizliği (Dickerson vd., 2007; Pan ve Liu, 2018; Shepardson vd., 2007) ve birçok disiplin alanıyla doğrudan ilgili olması nedeniyle bütüncül bir anlayış yerine su konusunun farklı branşların derslerinde öğrencilere parçalı, kopuk, eksik olarak sunulması olarak sıralanmıştır (Çoban vd., 2011; Covitt vd., 2009; Mostacedo-Marasovic vd., 2022; Wheeler, 2012).

Çalışmada sosyohidrolojik konu tabanlı modülün odak konusu ile fen derslerinde verilmesi beklenen su konulu öğrenme içeriği, su sistemi anlayışı oluşturmak üzere genişleyen bir bağlam olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşımın su konulu içeriğin daha bütünsel bir bakış açısıyla öğrencilere sunulmasında etkili olacağı kanısı çalışmanın temel varsayımlarındandır. Çalışmanın sonuçları modül uygulaması sırasında öğrencilerin su kaynakları, su döngüsü, su döngüsünün bileşenleri, suyun kullanım alanları, su kirliliği, atık su ve su arıtımı gibi su konulu kavramsal öğrenmelerin arttığını göstermektedir.

Öğrencilerin su konulu kavramsal öğrenmelerindeki artış model tabanlı açıklamalarda görülen gelişimle paralel olmakla birlikte çalışmada kullanılan su sistemi kelime ilişkilendirme testinde, öğrencilerin çizdikleri sistemik düşünme haritalarında ve kavram öğrenmelerine yönelik sorulan açık uçlu sorulara öğrencilerin verdiği yanıtlarda kendisini gösteren kavramsal öğrenmedeki gelişim ile de tutarlılık göstermektedir. Öğrenciler açık uçlu soruya verdikleri yanıtlarda modül sayesinde ilk kez öğrendikleri birçok kavramın (Şekil 4.14) olduğunu daha anlamlı öğrenmeler gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. Bu bulgular sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulamasının su konulu kavramsal öğrenmeyi sağlamada oldukça başarılı olduğunu işaret etmektedir.

6
SONUÇ

Bu bölümde mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar başlıklar altında incelenerek sunulmaktadır.

6.1 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Uygulanmasının Suya İlişkin Sürdürülebilirlik Eğitimini Desteklediğine Yönelik Sonuçlar

Sürdürülebilir kalkınma konuları iyi bir problem çözme becerisi, yüksek düzeyde uzmanlık, olası çözümlere giden yolları bulma, sorunun ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlarını belirleme ve ilişkilendirme yetkinliği ile karakterizedir (Sleurs, 2008). Sürdürülebilir kalkınmanın bu nitelikleri su ile ilgili sürdürülebilir kalkınma için de gereklidir. Bu niteliklerin sosyobilimsel konu tabanlı öğretme ve öğrenme yönteminin doğasıyla uyumluluğu su ile ilgili sürdürülebilir kalkınma için su konulu fen kavramlarının öğretilmesinde geleneksel yöntemlerin yerine sosyobilimsel konu tabanlı öğrenme ve öğretme yöntemi kullanılmasının önerilmesinde etkili olmuştur.

Tasarlanan sosyohidrolojik konu tabanlı modülün öğrenme hedeflerinin su ile ilgili sürdürülebilirlik anlayışını kuvvetlendirdiği düşünülmektedir. Bu düşünce mevcut çalışmada tasarlanan sosyohidrolojik konu tabanlı modülün öğrenme hedeflerinin su eğitiminde sürdürülebilirlik eğitimini destekleyen başka bir çalışmada kullanılan su modülünün amaçlarıyla ortaklık gösterdiğine dair elde edilen kanıtlarla desteklenmektedir. Su eğitiminde sürdürülebilirlik eğitimini destekleyen araştırmadaki su modülünün amaçları 1) İçme suyu da dahil olmak üzere su sorunları hakkında farkındalık yaratmak; 2) İçme suyunun fiziksel, kimyasal ve

biyolojik özelliklerini bilmek; 3) Sorunları sürdürülebilir kalkınma perspektifinden ele almak; 4) Su kaynaklarının çevresel, ekonomik, sosyal ve politik etkilerini değerlendirmek, içme suyu sorunlarına çözümler önermek; 5) Etik ve sorumlu vatandaşlık tutumlarını teşvik etmek olarak sıralanmaktadır (Leitão vd., 2020).

Su eğitiminde sürdürülebilirlik eğitimini destekleyen araştırmadaki modül için belirtilen 1. amaç sosyohidrolojik modülde odak konunun sunulması ile gerçekleştirilmiştir. 2. amaca sosyohidrolojik konu tabanlı modülün 4. ders planında açıklanan dersler hizmet etmiştir. 3. amaç sosyohidrolojik konuyu gündeme getirirken sınırlı bir kaynak olan suya dikkat çeken ve sürdürülebilirliği ön plana çıkaran sosyohidrolojik konu tabanlı modül ile sağlanmaktadır. Belirtilen 4. ve 5. amaçlara ise sosyohidrolojik konu tabanlı modülün 5. ders planında açıklanan derslerde ulaşılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak hedeflerdeki örtüşme tasarlanan sosyohidrolojik konu tabanlı modülün uygulandığı derslerin öğrenme hedeflerinin su ile ilgili sürdürülebilirlik eğitiminin amaçlarını desteklediğini ortaya çıkarmıştır.

6.2 Sosyo-hidrolojik Konunun Bir Bağlam Olarak Kullanılmasının K-12 Su Eğitimine ve Su Okuryazarlığına Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar

Fen öğrenimi için bilimsel akıl yürütme ve kavramsal anlama bilimsel okuryazarlığın iki boyutunu oluşturmaktadır (Pollmeier, 2017). Çalışmalar öğrencilerin bilimsel akıl yürütme yeterliliklerinin kavramsal anlamalarının önemli bir belirleyicisi olduğunu ortaya koymuştur (Pollmeier, 2017). Bu durum öğrencilerin düşünme/ muhakeme etme becerilerinin geliştirilmesinin önemini ortaya çıkarır. Sosyobilimsel konular bilim ve toplumun karmaşık etkileşimlerinin sonucu oluşur (Kolstø, 2001; Zeidler vd., 2002); bu nedenle konuya sistem perspektifiyle yaklaşmayı gerektirir. Çalışmanın odağındaki sosyo-hidrolojik konuların, bilimle olan kavramsal bağlantıları kavramsal anlamanın gelişmesine katkıda bulunurken; toplumla olan sosyal bağlantıları bu sorunları anlama ve çözme sürecinde, informal akıl yürütmeyi ve karmaşıklık içeren duruma yanıt olarak bir pozisyon almayı gerektirmiştir (Sadler, 2004).

Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modül ile gerçekleştirilen öğretim müdahalesinin sonunda öğrencilerin son KİT, son SDH ve MTA'na yönelik elde edilen bulgular

müdahalenin öğrencilerin su sistemi ile ilgili kavramsal anlamalarını önemli ölçüde geliştirdiğine ilişkin kanıtlar sunmaktadır. Ayrıca ileri düzey sistemik düşünme boyutları olan genellemeler yapma ve zamansal düşünme boyutları için hazırlanmış açık uçlu sorulara müdahale sonunda cevap veren öğrenci sayısının artış göstermesi, yanıtların bilimsel açıdan daha uygun olması ve sınıf tartışmalarının giderek daha kapsamlı ve kanıta dayalı olarak yapılması sosyohidrolojik konunun bir bağlam olarak kullanılmasının su eğitimine ve su okuryazarlığına olan katkılarını görünür hale getirdiği düşünülmektedir.

Sosyohidrolojik konuların su eğitimi için kullanımını temel alan araştırmaların sayısının oldukça kısıtlı olduğu (Petitt vd., 2019) ve yapılan bu araştırmaların üniversite düzeyindeki öğrenciler ile gerçekleştirildiği görülmektedir (Sabel vd., 2017). Bu açıdan mevcut çalışma sosyohidrolojik konu tabanlı modül tasarlayarak sosyohidrolojik konuların ortaokul düzeyinde kullanılmasına öncü olan çalışmalardan biri olarak su konulu sosyobilimsel konuların K-12 deneyiminin bir parçası haline getirilmesine katkı sağlamıştır. Fen eğitimi deneyimlerinin, sosyo-ekolojik sistemlerde su hakkında giderek daha karmaşık fikirlerin gelişimini desteklemesi gerektiği görüşü hızla hakimiyet kazanırken fen derslerinde istenen yönde su anlayışı oluşturmak için öğrenci merkezli yaklaşımlar kullanılması önerilmektedir (Amahmid vd., 2019; Bodzin, 2008; Çoban vd., 2011; Covitt vd., 2009; Reinfried vd., 2012; Roth ve Lee, 2004; Sträng ve Åberg-Bengtsson, 2010).

Çalışmalar öğrencilerin birden fazla ölçekte su sistemi hakkında daha zengin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olan müfredat uygulamalarının önemini tartışmaktadır (Covitt vd., 2009). Mevcut çalışma ile gerçekleştirilen sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulamasının ortaokul düzeyindeki öğrencileri hedef alması sosyohidrolojik konuların su eğitimi için kullanılmasına yönelik elde edilen sonuçları genişleterek literatüre kazandırması yönüyle önem teşkil etmektedir.

Sosyobilimsel konu tabanlı öğrenme yaklaşımı öğrencilerin diyalog ve tartışmalara katılmasını gerektirir. SSI müfredatı öğrencileri veri yorumlama, çelişen kanıtların analizi ve önceki yanlış anlamalarla çelişebilecek bakış açılarının tartışılması yoluyla elde edilen bilimsel bilgiye odaklar. Bu esnada oluşan bilimsel bilgi, hem kişisel olarak anlamlı hale gelir hem de sosyal olarak paylaşılır (Zeidler vd., 2009). Sınıfa taşınan sosyohidrolojik konular, öğrencilerin ve öğretmenlerin kendi günlük

su kullanımlarıyla su konulu fen kavramları arasındaki kesişimi anlamalarına ve suyla ilgili konular hakkında tartışmalara katılabilmelerine katkı sağlamaktadır. Tartışma sorular, yorumlar, düzeltmeler ve açıklamalar yoluyla etkileşimi arttırır, öğrencilerinizin öğrenim kazanımları hakkında geri besleme sağlar ve öğrencilerin anlamalarının derinliğine inmenize izin verir (Zeidler vd., 2003).

Sosyohidrolojik konunun bir bağlam olarak kullanılması öğretmenleri su konusunda mutlaka belli bir seviyede yeterliliğe sahip olmaya öğrencileri ise bilimsel bilgiye sahip olmak ve suyla ilgili toplumu etkileyen sorunları yapıcı bir şekilde tartışmak için donanımlı olmaya yöneltmektedir. Bu durum su okuryazarlığının gereklilikleri arasında gösterilmektedir (Sammel, 2014). Bununla birlikte sınıfta bir bağlam olarak kullanılan sosyohidrolojik konular sınıf üyelerinin tümü tarafından su ile ilgili soruna yönelik anlayış ve çözüm geliştirilmesine ortam hazırlamaktadır. Bilimsel okuryazarlığın bireysel bir nitelik olarak algılanması yerine kolektif bir deneyim içinde konumlandırılması gerektiğini ileri süren çalışmalar (Lemke, 1990; Roth ve Lee, 2002) ışığında sosyohidrolojik konunun sınıfta bir bağlam olarak kullanılması öğrencilere su sorunuyla ilgili kolektif bir deneyim yaşatarak su okuryazarlığını teşvik etmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi fen dersleri bireyleri su okuryazarı olmaya davet edecek şekilde düzenlenmelidir.

6.3 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Öğrencilerin Sistemik Düşünme Becerilerinin Geliştirilmesine Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar

Çalışmada tasarlanan sosyohidrolojik konu tabanlı modül, öğrencilerin hem su ve Dünya sistemlerine ilişkin açıklamalar geliştirmelerini hem de su ve insan sistemleri arasındaki karşılıklı ilişkilere odaklanarak doğa ve insan sistemleri içindeki suya dair kapsamlı bir bakış açısı kazanmalarını amaçlamaktadır. Frank (2000), sistemik düşünmenin üst düzey düşünme becerilerini içerdiği ifade etmiştir. Bu tür beceriler karmaşık durumların birden çok kritere göre analiz edilmesini ve muhakeme yapmayı gerektiren ayrıntılı zihinsel faaliyetler kümesini içermektedir (Resnick, 1987). Modülün uygulanması sürecinde öğrenciler sistemik düşünme anlayışına uygun olarak hazırlanmış etkinliklere katılmaya teşvik edilerek sistemik düşünme becerilerinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada yer alan sistemik düşünme haritası çizimleri öğrencilerin su sistemini ilgilendiren bileşenleri,

süreçleri, bunlar arasındaki karmaşık ilişkileri zamansal ve mekânsal boyutları da içine alacak şekilde ele almalarını gerektiren bir faaliyet olarak öne çıkmıştır. Modül uygulamaya koyulmadan önce öğrencilerin çizdikleri su sistemi sistemik düşünme haritaları öğrencilerin suyu bir sistem olarak görme ve gösterme anlayışının oldukça zayıf olduğunu göstermiştir. Öğrenciler ilk çizdikleri sistemik düşünme haritasında su sistemi bileşenlerini oldukça eksik olarak belirtmiş ve büyük çoğunlukla sistem süreçlerini göz ardı etmiştir. Öğrencilerin sistemdeki kalıpları ve ilişkileri tanımlamakta zorluk yaşadıkları görülmüştür. Öğrencilerin ilk sistemik düşünme haritaları sıklıkla "sistem bileşenlerini tanıma becerisini" ve azınlık öğrenci için "sistemin süreçlerini tanımlama becerisini" içermektedir. Öğrencilerin ilk sistemik düşünme haritalarında "ayrı bileşenler arasındaki ilişkileri belirleme", "sistemin bileşenleri arasındaki dinamik ilişkileri belirleme", "sistemin döngüsel doğasını anlama" "sistemin gizli boyutlarını belirtme", genelleme yapma", geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilme" gibi daha üst düzey beceriler (Ben-Zvi Assarraf ve Orion, 2005b; 2010a) mevcut değildir. Mevcut çalışmanın bu tespitleri Ben-Zvi Assarraf ve Orion, (2005b) tarafından ortaokul öğrencilerinin sistemik düşünme becerilerinin gelişimini incelediği araştırmasındaki, öğrencilerin başlangıçta yetersiz düzeyde sistemik düşünme yeteneklerine sahip olma durumlarıyla örtüşmektedir.

Önceki çalışmalar öğrencilerin bir sistemle karşılaştıklarında sistemin kompleks yapısını ve sistemin bileşenlerinin, süreçlerinin ve bağlantılarının karmaşıklıklarını gözden kaçırma eğiliminde olduklarını göstermiştir Sweeney ve Sterman, 2007; Jacobson, 2001; Jacobson ve Wilensky, 2006; Wilensky ve Resnick, 1999; Hmelo-Silver ve Azevedo, 2006. Müdahale öncesinde öğrenciler çoğunlukla su sistemini dar bir bakış açısıyla tek bir boyutuyla ele almıştır, su sistemi ile ilgili ön STM' leri, sistem düşüncesinin ilk adımını temsil eden sistem bileşenlerini ve süreçlerini belirlemekte bile zorlandıklarını göstermiştir. Öğrenciler, su sistemiyle çok az sistem bileşenini ilişkilendirmiş ve öğrencilerin üçte ikisi su döngüsünü ilgilendiren sistem süreçlerini bile belirleyememiştir. Bu durum, öğrencilerin daha düşük sınıflarda suyun hal değişim olaylarına aşina oldukları halde buharlaşma, yoğunlaşma, erime ve donma gibi süreçler arasındaki ilişkileri belirleyemediklerini ortaya koymuş ve atmosferik düzeyde gerçekleşen süreçler bağlamında bile sistemin ekolojik boyutlarına ilişkin sorunların ortaya çıktığını göstermiştir (Bar ve

Travis, 1992; Osborne ve Cosgrove, 1983; Koomson ve Owusu-Fordjour, 2018). Ayrıca, Ben-zvi Assaraf ve Orion'un (2005b, 2010) vurguladığı gibi, çoğu öğrenci jeosfer düzeyindeki su sistemini algılayamamakta, dolayısıyla jeolojik bileşenleri ve süreçleri ve sistemin gizli boyutlarını (örn. yeraltı suyu) göz ardı etmiştir.

Sosyohidrolojik konu tabanlı modül yoluyla işlenen fen dersleri öğrencilerin sistemik düşünme becerilerinin gelişmesini sağlamıştır. Ortaokul öğrencileri tasarlanan sosyohidrolojik modülün uygulanması esnasında üst düzey düşünme becerileri gerektiren etkinliklerle meşgul olmaya teşvik edilmiştir. Öğrencilerin modül uygulaması bittikten sonra çizdikleri su sistemi sistemik düşünme haritalarının (SDH) ilk çizimlerine göre oldukça gelişmiş olduğu ve öğrencilerin daha üst düzey sistemik düşünme becerisi basamaklarına çıktıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerin modül uygulanmadan ve modül bittikten sonra çizdikleri sistemik düşünme haritalarından aldıkları genel puanlar son SDH lehine artış göstermiştir (bkz. Şekil 4.3) Ayrıca son çizilen sistemik düşünme haritasından alınan puanlardaki artış sistemik düşünmenin hiyerarşik her bir basamağı için öğrencilerde gelişim olduğunu göstermektedir. Öğrenciler son SDH çizimlerinde "sistem bileşenlerini tanıma becerisini" ve "sistemin süreçlerini tanımlama becerisinin" yanında "ayrı bileşenler arasındaki ilişkileri belirleme", "sistemin bileşenleri arasındaki dinamik ilişkileri belirleme", "sistemin döngüsel doğasını anlama" "sistemin gizli boyutlarını belirtme", genelleme yapma", geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilme" gibi daha üst düzey beceriler göstermiştir. Öğrenciler modül uygulaması boyunca öğrendikleri su kavramlarını son SDH çizimlerinde su sistemi bileşenlerine ve süreçlerine yansıtabilmiş ve bunlar arasındaki ilişkileri farkında olarak su sistemi bileşenleri arasındaki dinamik ilişkileri belirlemeye yönelmiştir. Son su sistemi sistemik düşünme haritalarına su döngüsünü ve atık su arıtım süreçlerini dahil eden öğrenciler "sistemin döngüsel doğasını anlama" becerisini göstermiş ve su buharı, yeraltı suları gibi "sistemin gizli boyutlarını" belirtebilmişlerdir. Ayrıca bazı öğrencilerin "genelleme yapma", "geriye dönük ve ileriye yönelik zamansal düşünebilme" anlayışında ilerleme kaydettiği görülmüştür.

Araştırmalar öğrencilerin doğası gereği karmaşık olan sistem anlayışlarının gelişimi için öğretim sürecine modellerin dahil edilmesinin olumlu etkilerine değinmektedir (Ben- Zvi Assarraf ve Orion, 2010; Clement, 2000; Zangori vd.,

2015; Zangori vd., 2017b). Bu çalışma ortaokul öğrencilerinin su sistemi anlayışlarının modelleme yoluyla da izlenmesine imkân tanımaktadır. Öğrenciler ilk modellemelerinde olmayan su sisteminin döngüsel doğasını anlama" becerisini son modellerinde su döngüsüne yer vererek, suyun kirlenmesi ve atık suyun geri dönüşümüne yer vererek ya da bazı öğrenciler her ikisini birlikte modellerine dahil ederek göstermiştir. Bununla birlikte öğrencilerin modellerinde su sisteminin sistemin gizli bileşenlerini gösterebildikleri modellemelerine akiferler, yeraltı suları, su buharını ekledikleri gözlemlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen öğrencilerin sistemik düşünme becerilerindeki gelişime dair sonuçlar, sistemik düşünmeyi "öğretimsel yolla geliştirilebilen bilişsel bir yetenek" olarak gören çalışmaları (Ben-Zvi Assarraf ve Orion, 2005b, 2010; Kali vd., 2003) doğrular niteliktedir. Aynı zamanda bu çalışma ortaokul öğrencilerin suya yönelik olarak sahip olduğu sistem anlayışının ortaya çıkarılması ve öğrencilerin ne kadar sistemik düşünebildiklerine dair çıkarımların elde edilmesi açısından da önemlidir.

6.4 Sosyo-hidrolojik Konu Tabanlı Modülün Öğrencilerin Su Konulu Kavramsal Öğrenmelerine Olan Katkılarına Yönelik Sonuçlar

Rivet ve Krajcik (2004), öğrenmeyi bağlamsallaştıran ve kavramların anlamlandırılması için ilişkisel ögeler barındırarak öğrenci sorgulamasını destekleyen öğretim ortamlarının kavramların öğrenilmesini teşvik ettiğini ifade etmiştir. Mevcut çalışmayla su eğitiminde sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımının benimsenmesinin öğrenmeyi bağlamsallaştırma, kavramların anlamlandırılması sağlama, sorgulamayı destekleyen öğretim ortamları yaratma, sistemik düşünmeyi kullanma ve fen kavramların öğrenilmesini teşvik etme gibi sonuçlarının olduğu görülmüştür.

Bilimsel anlamlandırma ancak zihninde oluşan temsillerin mekanizma ile ilişkilendirmesi sağlandığında gerçekleşir (Besson 2010; Develaki 2007). Doğal olayları açıklamaya yardımcı olmak için bilimsel modellerin kullanılması kritik bir önem taşımaktadır (Develaki 2007; Forbes vd., 2015; Halloun 2007; Schwarz vd., 2009). Çalışma su sistemi gibi doğal ve karmaşık bir konuya odaklandığından benimsediği sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımına model tabanlı öğrenmeyi dahil etmenin su sistemi anlayışı oluşturulmasına yardımcı olabilir. Bu

çalışmanın sonuçları fen konularının öğretiminde sosyobilimsel konu temelli öğretim ve model tabanlı öğrenme yaklaşımını benimseyen çalışmaların (Peel vd., 2019; Zangori, 2015; Zangori ve Forbes, 2015) sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir. Araştırmalar öğrencilerin model tabanlı açıklamalarının, model tabanlı öğrenme ve sosyobilimsel konu temelli öğretim yaklaşımları aracılığıyla geliştiğini göstermiştir (Peel vd., 2019; Zangori, 2015; Zangori ve Forbes, 2015). Çalışmanın sonuçları öğrencilerin yaptıkları nihai su sistemi modellerinden aldıkları puanlarda önemli ölçüde artış olduğunu ve sosyohidrolojik konu tabanlı modül uygulamasının öğrencilerin su konulu bilimsel kavramlar hakkındaki anlayışlarını geliştirdiğini göstermektedir. Sosyohidrolojik konu tabanlı modüldeki dersler ilerledikçe öğrencilerin derslerde öğrendiği su ile ilgili olguları modellerine dahil etmeye başladıkları ve su sistemi anlayışlarının giderek geliştiği gözlemlenmiştir. Öğrencilerin su sistemine yönelik yaptıkları nihai modellemelerde su konulu kavramlar belirgin şekilde göze çarpmaktadır. Öğrencilerin su döngüsü başta olmak üzere su sisteminin görünür ve görünür olmayan bileşenlerini ve süreçlerini modellerine dahil ettikleri ve modellerinde bilimsel açıklamalara yer verme sıklığının arttığı görülmektedir. Bu kavramsal gelişim süreci, öğrencilerin nihai su sistemi modellemelerinin yaptıkları ilk modellemeye göre model tabanlı açıklamalar rubriğinin tüm bölümlerinden daha yüksek puanlar almasını sağlamıştır. Çalışmamızda ulaşılan bu sonuç üniversite düzeyinde giriş niteliğinde bir ders vasıtasıyla gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları (Petitt vd., 2019) ile sosyo-hidrolojik sistemlere odaklanan dersler yoluyla öğrencilerin temel hidroloji kavramlarına ilişkin bilgilerinin arttırılabildiğini göstermesi açısından benzerlik göstermektedir.

Oluşturulan bir model, modelleyenin fikir ve anlayışlarına kavramsal bir pencere açmaktadır. Tekrarlı modelleme etkinliği ile öğrencilerin su konulu kavramları öğrenmeleri ve anlamlandırmaları kolaylaşmıştır (Zangori vd., 2015). Mevcut çalışmada modelleme ile ilgili olarak birçok öğrenci memnuniyetini ve kendisine olan katkılarını bildirmiştir.

6.5 Öneriler

Araştırma bütüncül bir perspektifle su sistemi anlayışı oluşturmak için, su konusunu sosyo-hidrolojik bağlamda gündeme getirmiş ve öğretimde sosyobilimsel konu

tabanlı öğrenme yaklaşımını benimsemiştir. Çalışmanın verileri 32 ortaokul 7. sınıf öğrencisinden elde edilmiş, çalışmadan elde edilecek olgulara dair kapsamlı bir anlayış geliştirmek için farklı veri toplama araçları kullanılmıştır. Çalışmada kelime ilişkilendirme testine verilen yanıtlar, öğrencilerin oluşturdukları sistemik düşünme haritaları, öğrencilerin ürettikleri modeller/model tabanlı açıklamalar ve anketteki açık uçlu sorulara verilen yanıtlar olmak üzere birden fazla veri toplama aracıyla çok sayıda veri toplanmıştır. Farklı kaynaklardan elde edilen verilerin birbiriyle tutarlı olduğu görülmüş ve çalışmada daha güvenilir ve kapsamlı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu nedenle ileride bu konuda çalışma yapacak olan araştırmacılara veri üçgenlemesi yapması önerilmektedir. Bu sayede araştırmalarının geçerlik ve güvenilirliği artarak çalışmadaki herhangi bir araştırma önyargısının varlığı azaltılacaktır.

Araştırmada öğrencilerin sistemik düşünme haritası çizimleri değerlendirilirken üst düzey sistemik düşünme boyutlarından olan genelleme yapma ve zamansal düşünme boyutları için çizim yeterli görülmemiştir. Bu boyutları ölçmek amacıyla hazırlanan açık uçlu soruların öğrenciler tarafından yanıtlaması istenmiştir. Öğrencilerin açık uçlu sorulara verdiği yanıtlar sistemik düşünme haritasında olduğu gibi sistemik düşünme haritası rubriği aracılığıyla değerlendirilmiştir.

Sosyobilimsel konu tabanlı bir müfredat birimi geliştirirken, ulusal müfredat gerekliliklerini de atlamamak gerekir. Tasarlan modüldeki derslerin içeriği öğretim programı ve seçilen sınıf seviyesine özgü kazanımlarla uyumlandırılmıştır. Seçilen sosyo-hidrolojik konu 7. Sınıf "Saf Madde ve Karışımlar/Madde ve Doğası" ünitesinin 5. Bölümü "Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm" bölümünün kazanımlarıyla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, müfredatlarda her ünite için ayrılan süre sınırlı olduğundan her ünite geliştiricinin zaman kısıtlamasını dikkate alması önemlidir. Uygulama sırasında araştırmacıyı en çok sınırlandıran unsurun zaman sıkıntısı olduğunu belirtmek gerekir. "Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm" bölümü için öğretim programında önerilen süre 6 ders saatiyle sınırlandırılmış olmasına rağmen "sosyohidrolojik konu tabanlı modülün" öğretim planı ise 12 ders saatini kapsamıştır. Modülün uygulanması için gereken ilave 6 ders saati süre normal müfredatın verilmesi gereken kazanımlarını aksatmayacak şekilde diğer bölümlerin önerilen sürelerinde değişiklik yapılarak kazanılmıştır. Bu sayede modülün uygulanması planlandığı şekilde eksiksiz olarak uygulanmıştır.

İleride yapılacak araştırmalarda farklı sınıf seviyelerinde farklı su konularına ilişkin olarak SBK modülleri, üniteleri geliştirilip uygulanabilir. Öğrenme ortamlarında kullanılabilecek farklı sosyohidrolojik konular ile su konulu öğretim gerçekleştirilebilir. Yeni öğretim materyallerinin geliştirilmesi, su eğitiminde sosyobilimsel konular öğretimi yaklaşımının daha fazla uygulanmasını ve yaygınlaşmasını destekleyecektir.

Mevcut çalışma suyu bir sistem olarak ele alması nedeniyle öğrencilerin sistem perspektifiyle düşünebilmesine ve su konulu kavramsal öğrenmelere önem vermiştir. Bu durum çalışmanın daha çok bilişsel alana hizmet etmesine neden olmuştur. Dolayısıyla ileriki araştırmalar bilişsel alandan ziyade, duyuşsal alana hizmet eden (empati, motivasyon, tutum) değişkenler üzerindeki etkisine odaklanabilir. Bunun yanında bu konuda yapılacak başka araştırmalar sadece öğrenci görüş ve deneyimlerini değil aynı zamanda öğretimi gerçekleştiren öğretmenlerin görüşleri ve deneyimlerini inceleyebilir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların müfredat geliştirenlere, öğretmenlere ve öğretmen adaylarına faydalı olacağı düşünülmektedir. Öğrenciler ve öğretmenlerin karmaşıklık içeren kompleks kavramları anlamakta ve anlatmakta zorluk yaşadığı bilinen bir gerçektir. Fen dersi müfredatında su konulu kavramları anlamakta güçlük yaşayan öğrenciler ve kompleks konulara sistem perspektifi ile yaklaşabilen bireylerin topluma kazandırılması için fen bilimleri dersi öğretim programlarının kompleks ve karmaşık konuların öğretiminde sistem bakış açısını ve model tabanlı yaklaşımı içerecek şekilde revize edilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte, su konusu haricindeki diğer karmaşık doğal sistemlerin ve bu sistemlere ilişkin kavramlarının öğretiminde bu yaklaşım yaygınlaştırılabilir.

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda yer alan su konulu kazanımlar, bireylerde su okuryazarlığının temellerini oluşturmaktadır. Öğrencilerin su kavramlarına dair geliştirdiği yetersiz kavramsal öğrenmeler, var olan kavram yanılgıları ve suyu bir sistem olarak ele alamama durumu öğrencilerin su ile ilgili düşük okuryazarlığına işarettir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için su eğitiminde farklı yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Fen bilimleri dersi öğretim programında yer alan su konulu kazanımların genellikle su ile dolaylı olarak

bağlantılı olduğu görülmektedir. Yaşamın, ekosistemlerin ve ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından temel bir unsur olan suyun program içinde hak ettiği karşılığı alabilmesi için su konulu kazanımların merkeze alınması, su konusunun bütüncül olarak ele alınması ve su konulu öğrenme çıktılarının daha net olması gerekmektedir. Araştırma doğrultusunda fen bilimleri dersi öğretim programına merkezine suyu koyan ve suyu bir sistem olarak ele alan örneğin sosyo-hidrolojik konu tabanlı bir modül gibi bir ünite eklenmesi önerilmektedir. Böylece öğrenciler yalnızca suyun bilimsel yönünü değil, aynı zamanda suyun insan yaşamı, çevre ve ekonomiyle olan sistemik ilişkisini de anlayabilir. Bu araştırma, fen eğitimcilerine su eğitiminde sosyo-hidrolojik konuları kullanma ve sosyobilimsel konu tabanlı öğretim yaklaşımıyla su derslerini uygulamaya koyma konusunda örnek olabilir.

Çalışmada tasarlanan modül kapsamında ders planları geliştirilmiş etkinlikler ve çalışma kağıtları hazırlanmıştır. Sosyo-hidrolojik konu tabanlı modülün ders planları ekte bulunmaktadır. Ayrıca planlarda yapılan etkinlikler, derslerde kullanılan kaynaklar ve öğretim materyalleri ile ilgili detaylar paylaşılmıştır. Bunlar açık bir kaynak olarak sunularak materyallere ve etkinliklere ulaşma açısından kaynak sıkıntısı yaşayan öğretmen ve öğretmen adaylarının faydalanması hedeflenmiştir. Bu sebeple çalışma, öğretmenlere sosyobilimsel konu tabanlı öğretimin nasıl planlandığı hakkında ayrıntılı bilgi sunmaktadır.

Su konusu, içerisinde birçok alt konuyu barındıran oldukça geniş bir kapsamı olan bir alandır. Su konusunun kompleks bir konu olması su eğitimini gündeme alan çalışmaların odağındaki alt konuyu (su döngüsü, su tasarrufu, su ayak izi vb.) çeşitlendirebilir ve araştırmanın yapıldığı bölgenin su ile ilgili ilişkisi özelinde yerel bir sorun olarak örneğin; su kullanımı (Wang vd., 2019) veya su kuyusu açma-hydro fracturing (Sadler ve Murakami 2014). vb. temellendirebilir.

Su ile ilgili olarak üzerinde odaklanılan su konulu durum, bu duruma yönelik tercih edilen öğretim yöntemi, verilen su eğitiminin kapsadığı hedef kitle her ne kadar farklılık gösterirse göstersin suya hakkettiği önemin verilmesi ve suyun sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla toplumda bilinç ve davranış değişikliği oluşturulması için su eğitimi uğruna gösterilen her bir çaba çok kıymetlidir; bu çabalar su okuryazarı bir toplum hedefi doğrultusunda hem formal eğitimin öğretim

programlarıyla hem de yetişkinleri hedef olan toplumsal programlarla artarak devam etmelidir.

KAYNAKÇA

Abell, S. K., ve Roth, M. (1995). Reflections on a fifth-grade life science lesson: Making sense of children's understanding of scientific models. *International Journal of Science Education*, *17*(1), 59-74.

Akpınar, E., Küçükcankurtaran E., Ünal Çoban G., Yıldız E., Öztürk C., Yılmaz Y., Karadeniz A., Ergin Ö. (2011). Su okulu: fen ve teknoloji dersi öğretmenlerinde su farkındalığı oluşturmaya yönelik bir uygulama. *Milli Eğitim Dergisi*, *41*(192), 174-192.

Alghamdi, A. H., ve Li, L. (2013). Adapting design-based research as a research methodology in educational settings. *International Journal of Education and Research*, *1*(10), 1-12.

Amahmid, O., El Guamri, Y., Yazidi, M., Razoki, B., Kaid Rassou, K., Rakibi, Y., ... ve El Ouardi, T. (2019). Water education in school curricula: Impact on children knowledge, attitudes and behaviors towards water use. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *28*(3), 178-193.

Anderson, T., ve Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, *41*(1), 16-25.

Angelakis, A. N., ve Durham, B. (2008). Water recycling and reuse in EUREAU countries: Trends and challenges. *Desalination*, *218*(1-3), 3-12.

Arnold, R. D., ve Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, *44*, 669-678.

Bahar, M., Johnstone, A. H., ve Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, *33*(3), 134-141.

Bahar, M., ve Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *5*(2), 75-85.

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, *73*(4), 481-500.

Bar, V., ve Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(4), 363-382.

Barab, S., ve Squire, B. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(1), 1–14.

Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., ve Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(2), 84-91.

Baumfalk, B., Bhattacharya, D., Vo, T., Forbes, C., Zangori, L., ve Schwarz, C. (2019). Impact of model-based science curriculum and instruction on elementary students' explanations for the hydrosphere. *Journal of Research in Science Teaching*, *56*(5), 570-597.

Beiswenger, R., Sturges, E. L., ve Jones, R. (1991). Water education in Wyoming: Assessing educators' knowledge of water topics and their use in the elementary curriculum. *The Journal of Environmental Education*, *23*(1), 24-29.

Bell, P. (2004). On the theoretical breadth of design-based research in education. *Educational Psychologist*, *39*(4), 243-253.

Ben-Zvi-Assaraf, O. ve Orion, N. (2005a). A study of junior high students´ perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, *53*(4), 366–373.

Ben-Zvi Assaraf, O., ve Orion, N. (2005b). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(5), 518–560.

Ben-Zvi Assaraf, O., ve Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(5), 540–563.

Benninghaus, J. C., Kremer, K., ve Sprenger, S. (2018). Assessing high-school students' conceptions of global water consumption and sustainability. *International Research in Geographical and Environmental Education, 27*(3), 250-266.

Bernier, A. N. (2015). *Designing a systems-based curriculum to develop 21st century sustainability literacy and communication skills.* Prescott College.

Besson, U. (2010). Calculating and understanding: Formal models and causal explanations in science, common reasoning and physics teaching. *Science ve Education*, *19*(3), 225–257.

Biswas, A. K., ve Tortajada, C. (2019). Water quality management: a globally neglected issue. *International Journal of Water Resources Development*, *35*(6), 913-916.

Bock, R. (1984). Water education in the schools. *Canadian Water Resources Journal*, *9*(3), 74-82. https://doi.org/10.4296/cwrj0903074

Bodzin, A. M. (2008). Integrating instructional technologies in a local watershed investigation with urban elementary learners. *The Journal of Environmental Education*, *39*(2), 47-58.

Boersma, K., Waarlo, A. J., ve Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education*, *45*(4), 190–197. https://doi.org/10.1080/00219266.2011.627139

Bošnjak Stepanović, M., Pešut, N., Branković, N., ve Kozoderović, G. (2019). Primary school students' misconceptions about physical properties of water. *The New Educational Review*, *57*, 127-138.

Brandstädter, K., Harms, U., ve Grossschedl, J. (2012). Assessing system thinking through different concept-mapping practices. *International Journal of Science Education*, *34*(14), 2147-2170.

Brennen, R. L., ve Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, *41*(1981), 687-699.

Brody, M. J. (1993). *Student Understanding of Water and Water Resources: A Review of the Literature*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting. Atlanta. Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED361230.pdf

Brody, M. (1995). Development of a curriculum framework for water education for educators, scientists, and resource managers. *The Journal of Environmental Education*, *26*(4), 18-29.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, *2*(2), 141-178. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2

Büyüköztürk, Ş. (2005). Anket geliştirme. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, *3*(2), 133-151.

Capra, F. (1985). Criteria of systems thinking. *Futures, 17*(5), 475-478.

Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041-1053.

Collins, A. (1992) Toward a design science of education. In E. Scanlon ve T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

Collins, A., Joseph, D., ve Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. In *Design-based Research* (pp. 15-42). Psychology Press.

Covitt, B. A., Gunckel, K. L., ve Anderson, C. W. (2009). Students' developing understanding of water in environmental systems. *The Journal of Environmental Education*, *40*(3), 37–51.

Cox, M., Steegen, A., ve Elen, J. (2018). Using causal diagrams to foster systems thinking in geography education. *International Journal of Designs for Learning*, *9*(1), 34-48.

Cox, M., Elen, J., ve Steegen, A. (2019). Systems thinking in geography: can high school students do it? *International Research in Geographical and Environmental Education*, *28*(1), 37-52.

Cox, M., Elen, J., ve Steegen, A. (2020). Fostering students' geographic systems thinking by enriching causal diagrams with scale. Results of an intervention study. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *29*(2), 112-128.

Crocker, L., ve Algina, J. (1986). Introduction to classical and modern test theory. Holt, Rinehart and Winston, 6277 Sea Harbor Drive, Orlando, FL 32887.

Cüre, F., ve Özdener, N. (2008). Öğretmenlerin bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) uygulama başarıları ve BİT'e yönelik tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *34*(34), 41-53.

Çankaya, C. (2014*). Fen bilgisi öğretmen adaylarının sürdürülebilir su kullanımına yönelik farkındalıklarının geliştirilmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Çardak, O. (2009). Science students' misconceptions of the water cycle according to their drawings. *Journal of Applied Sciences*, *9*(5), 865-873.

Çeken, R. (2010). Hydrological Cycle through Spiral Curriculum Model in Science Education: The United States versus Turkey. *International Online Journal of Educational Sciences*, *2*(2), 579-599.

Çoban, G. Ü., Akpınar, E., Küçükcankurtaran, E., Yıldız, E., ve Ergin, Ö. (2011). Elementary school students' water awareness. *International Research in Geographical and Environmental Education, 20*(1), 65-83.

Daskolia, M., Flogaitis, E., ve Papageorgiou, E. (2006). Kindergarten teachers' conceptual framework on the ozone layer depletion. Exploring the associative meanings of a global environmental issue. *Journal of Science Education and Technology*, *15*(2), 168-178.

Develaki, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science ve Education*, *16*(7–8), 725–749.

Derman, A., ve Yaran, M. (2017). Lise öğrencilerinin su döngüsü konusuyla ilgili bilgi yapıları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *14*(39), 255 274.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, *32*(1), 5–8.

Dickerson, D., ve Dawkins, K. (2004). Eighth grade students' understandings of groundwater. *Journal of Geoscience Education*, *52*(2), 178-181.

Dickerson, D., Callahan, T. J., Van Sickle, M., ve Hay, G. (2005). Students' conceptions of scale regarding groundwater. *Journal of Geoscience Education*, *53*(4), 374-380.

Dickerson, D. L., Penick, J. E., Dawkins, K. R., ve Van Sickle, M. (2007). Groundwater in science education. *Journal of Science Teacher Education*, *18*(1), 45-61.

Dove, J. E., Everett, L. A., ve Preece, P. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, *21*(5), 485–497.

Draper, F. (1993). A proposed sequence for developing systems thinking in a grades 4—12 curriculum. *System Dynamics Review*, *9*(2), 207-214.

Eisen, A., Hall, A., Lee, T. S., ve Zupko, J. (2009). Teaching water: Connecting across disciplines and into daily life to address complex societal issues. *College Teaching*, *57*(2), 99-104.

Entwistle, N. (2000). Approaches to Studying and Levels of Understanding: The Influences of. *Higher education: Handbook of Theory and Research*, *15*(15), 156.

Environmental Protection Agency. (1996). The "why watersheds?" report. Retrieved July 22, 2022 from https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=20001P3C.TXT

Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C. ve Constantinou, C. (2009). An Investigation of the Potential of Interactive Simulations for Developing System Thinking Skills in Elementary School: A case study with fifth- graders and sixth-graders. *International Journal of Science Education, 31*(5), 655-674.

Ewing, M., ve Sadler, T. D. (2020). Commentary: Socio-scientific Issues Instruction: An interdisciplinary approach to increase relevance and systems thinking. *The Science Teacher*, *88*(2), 18-21.

Falkenmark, M., Wang-Erlandsson, L., ve Rockström, J. (2019). Understanding of water resilience in the Anthropocene. *Journal of Hydrology X*, 2, 100009.

Falkenmark, M., ve Wang-Erlandsson, L. (2021). A water-function-based framework for understanding and governing water resilience in the Anthropocene. *One Earth*, *4*(2), 213-225.

Frank, M. (2000). Engineering systems and systems thinking. *Systems Engineering*, *3*, 63–168.

Friedrichsen, P., Sadler, T., Graham, K., ve Brown, P. (2016). Design of a socio-scientific issue curriculum unit: Antibiotic resistance, natural selection, and modeling. *International Journal of Designs for Learning*, *7*(1).

Fichter, L. S., Pyle, E. J., ve Whitmeyer, S. J. (2010). Expanding evolutionary theory beyond darwinism with elaborating, self-organizing, and fractionating complex evolutionary systems. *Journal of Geoscience Education*, *58*(2), 58-64.

Firidin, E. (2015). Su sorununun, su hakkı ve su etiği çerçevesinde değerlendirilmesi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *7*(2), 43-55.

Forbes, C., Vo, T., Zangori, L., ve Schwarz, C. (2015a). Using models scientifically: Scientific models help students understand the water cycle. *Science and Children*, *53*(2), 42-49.

Forbes, C., Zangori, L., ve Schwarz, C. (2015b). Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model-driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(7), 895–921.

Geçikli, E., ve Doğan, G. D. A. L. (2024). Fen eğitiminde hikâyelendirme tekniği ile kavram öğretimine bir aksiyon örneği. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, (11), 246-274.

Genç, O. (2020). *Ortaokul öğrencilerinin su döngüsü ile ilgili kavramalarının gelişimsel olarak belirlenmesi ve geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.

Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(2), 115-130.

Gilissen, M. G., Knippels, M. C. P., ve van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, *42*(8), 1253-1280.

Gleeson, T., Wang-Erlandsson, L., Porkka, M., Zipper, S. C., Jaramillo, F., Gerten, D., Fetzer I., Cornell S., ... ve Famiglietti, J. S. (2020). Illuminating water cycle modifications and Earth system resilience in the Anthropocene. *Water Resources Research*, *56*(4), e2019WR024957.

Goldstone, R. L., ve Wilensky, U. (2008). Promoting transfer by grounding complex systems principles. *The Journal of the Learning Sciences*, *17*(4), 465-516.

Goodman, M. (1997). Systems thinking: What, why, when, where, and how. *The Systems Thinker*, *8*(2), 6-7.

Goodwin, L. D. (2001). Interrater Agreement and Reliability. *Measurement in Physical education and Exercise Science*, *5* (1), 13-14.

Gouëdard, P.; Pont, B.; Hyttinen, S.; Huang, P. (2020). Curriculum reform: A literature review to support effective implementation. In *OECD Education Working Papers* No. 239; OECD Publishing: Paris, France.

Gregory, A. ve Miller, S. (2011). Waving or drowning? Re-evaluating the place of systems thinking in business and management learning and curricula. Presented at the Organisational Learning, Knowledge and Capabilities Conference, Hull, UK.

Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., ve Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 110-130.

Grotzer, T., ve Basca, B. B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education*, *38*(1), 16–29.

Guenther, R. K. (1998). *Human cognition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Guest, G., MacQueen, K. M., ve Namey, E. E. (2012). *Applied Thematic Analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage

Gunckel, K. L., Covitt, B. A., Salinas, I., ve Anderson, C. W. (2012). A learning progression for water in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 843-868.

Gutiérrez-Pérez, J., ve Pirrami, F. (2011). Water as Focus of Problem-Based Learning: An Integrated Curricular Program for Environmental Education in Secondary School. *US-China Education Review*, *A* 2, 270-280.

Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., ... ve Wisser, D. (2014). Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(9), 3251-3256.

Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science ve Education*, *16*(7–8), 653–697.

Halvorson, S. J., ve Wescoat Jr, J. L. (2002). Problem-based inquiry on world water problem in large undergraduate classes. *Journal of Geography*, *101*(3), 91-102.

Haraldsson, H. (2005). *Developing methods for modelling procedures in System Analysis and System Dynamics*. Lund University.

Harman, G., ve Çökelez, A. (2017). Analojilerin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, *11*(1), 340-363.

Haury, D. L. (2000). Studying Watersheds: A Confluence of Important Ideas. ERIC Digest.

Havu-Nuutinen, S., Karkkainen, S., ve Keinonen, T. (2011). Primary school pupils' perceptions of water in the context of STS study approach. *International Journal of Environmental and Science Education*, *6*(4), 321-339.

He, H. S. (2018). Construction of the index system of water literacy and application in a case study of four Chinese communities. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, *21*(2), 485–491. https://doi.org/10.1080/09720529.2018.1449330

Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, *102*(5), 202-215.

Hmelo-Silver, C. E., ve Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *The Journal of The Learning Sciences*, *15*(1), 53-61.

Hmelo, C. E., Holton, D. L., ve Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *The Journal of the Learning Sciences*, *9*(3), 247-298.

Hmelo-Silver, C. E., ve Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, *28*(1), 127-138.

Hmelo-Silver, C. E., ve Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *The Journal of the learning sciences*, *15*(1), 53-61.

Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., ve Liu, L. (2007). Fish Swim, Rocks Sit, and Lungs Breathe: Expert-Novice Understanding of Complex Systems. *Journal of the Learning Sciences*, *16*(3), 307–331.

Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, *35*(1), 22-28.

Hossain, N. U. I., Dayarathna, V. L., Nagahi, M., ve Jaradat, R. (2020). Systems thinking: A review and bibliometric analysis. *Systems*, *8*(3), 23.

Hung, W. (2008). Enhancing systems-thinking skills with modelling. *British Journal of Educational Technology*, *39*(6), 1099-1120.

Jacobson, M. J. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. *Complexity*, *6*(3), 41–49. https://doi.org/10.1002/cplx.1027

Jacobson, M. J., ve Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of The Learning Sciences*, *15*(1), 11-34.

Jaiswal, A., ve Karabiyik, T. (2022). Characterizing undergraduate students' systems-thinking skills through agent-based modeling simulation. *Sustainability*, *14*(19), 12817.

Jin, H., ve Anderson, C. W. (2012). A learning progression for energy in socio-ecological systems. *Journal of Research in science Teaching*, *49*(9), 1149-1180.

Johnson, D. R., ve Courter, J. R. (2020). Assessing water literacy at a primarily undergraduate university in Ohio. *Natural Sciences Education*, *49*(1), e20024.

Kagawa, F. (2007). Dissonance in students' perceptions of sustainable development and sustainability: Implications for curriculum change. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 8*(3), 317-338.

Kali, Y., Orion, N., ve Eylon, B. S. (2003). Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *40*(6), 545-565.

Kaya, O. N. (2003). Fen eğitiminde kavram haritaları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *13*(13), 70-79.

Kelly, A. E. (2006). Quality criteria for design research: Evidence and commitments. In: Vanden Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., ve Nieveen, N. (Eds.) (2006), *Educational design research* (pp107-18). London: Routledge.

Khishfe, R., ve Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *43*(4), 395.

Kızılay, D. A. (2019). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının laboratuvar etkinlikleri ile su eğitimi hakkındaki başarı ve farkındalıklarının incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

King, E. G., O'Donnell, F. C., ve Caylor, K. K. (2012). Reframing hydrology education to solve coupled human and environmental problems. *Hydrology and Earth System Sciences*, *16*(11), 4023-4031.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Koniceck-Moran, R., ve Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. NSTA Press: Arlington.

Koomson, C. K., ve Owusu-Fordjour, C. (2018). Misconceptions of senior high school science students on evaporation and water cycle. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, *6*(5), 13-28.

Kolsto, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, *85*(3), 291-310.

Koray, Ö., ve Tatar, A. G. N. (2003). İlköğretim öğrencilerinin kütle ve ağırlık ile ilgili kavram yanılgıları ve bu yanılgıların 6., 7. ve 8. Sınıf düzeylerine göre dağılımı. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 13*(13), 187-198.

Köksal, M. S. (2006). Kavram öğretimi ve çoklu zekâ teorisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, *14*(2), 473-480.

Köse, S., Ayas, A., ve Taş, E. (2003). Bilgisayar destekli öğretimin. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 14*(14), 106-112.

Kunwar, S. B., Khatiwada, N., Rahman, M. M., Liu, M., Thapa, S., Bohara, A. K., ve Wang, J. (2023). Reimagining Teaching Water Issues through Integrative Experiential Learning. *Applied Economics Teaching Resources*, *5*(3), 1-23.

Lally, D. ve Forbes C.T. (2020). Sociohydrologic Systems Thinking: An Analysis of Undergraduate Students' Operationalization and Modeling of Coupled Human-Water Systems. *Water*, *12* (4), 1040; doi:10.3390/w12041040.

Landis, J, R., ve Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, *33*,159-174.

Larson, K. L., ve Redman, E. N. (2014). Water education for sustainability: criteria and recommendations. *Society ve Natural Resources*, *27*(11), 1213-1222.

Lee, W. O. (2013). The development of a future-oriented citizenship curriculum in Singapore: Convergence of character and citizenship education and curriculum 2015. *Globalization and the Singapore curriculum: From policy to classroom*, 241-260.

Lee, T. D., Jones, M. G., ve Chesnutt, K. (2019). Teaching systems thinking in the context of the water cycle. *Research in Science Education*, *49*(1), 137–172. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9613-7

Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1).

Leitão, M. F., Cunha, A., ve Ferreira, M. M. (2020). Water-education as a promoter of education for sustainable development: Three studies in Portuguese-speaking African countries. *European Journal of Sustainable Development*, *9*(2), 192–202.

Leung, J. S. C., Cheng, M. M. W., ve Chik, P. Y. Y. (2024). Fostering systems thinking about socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 1-19.

Li, M., Gao, Q., ve Yu, T. (2023). Kappa statistic considerations in evaluating inter-rater reliability between two raters: which, when and context matters. *BMC cancer*, *23*(1), 799.

Li, X., ve Yang, H. Y. (2021). A global challenge: clean drinking water. *Global Challenges*, *5*(1), 2000125.

Liu, L., ve Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(9), 1023-1040.

Maniam, G.; Poh, P.E.; Htar, T.T.; Poon, W.C.; Chuah, L.H. (2021). Water Literacy in the Southeast Asian Context: Are We There Yet? *Water*, *13*(16), 2311. https://doi.org/10.3390/w13162311

Marks, R., ve Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples,

Experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, *4*(3), 231-245.

Márquez, C., Izquierdo, M., ve Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, *90*(2), 202-226.

Martínez-Borreguero, G.; Maestre-Jiménez, J.; Mateos-Núñez, M.; Naranjo-Correa, F.L. (2020). Water from the Perspective of Education for Sustainable Development: An Exploratory Study in the Spanish Secondary Education Curriculum. *Water*, *12*(7), 1877. https://doi.org/10.3390/w12071877

Masten, S. J., Davies, S. H., ve Mcelmurry, S. P. (2016). Flint water crisis: what happened and why?. *Journal-American Water Works Association*, *108*(12), 22-34.

McCarroll, M., ve Hamann, H. (2020). What we know about water: A water literacy review. *Water*, *12*(10), 2803. https://doi.org/10.3390/w12102803.

Meadows D. (2000). Systems Thinking Resources: The Icebe rg Model. Academy for Systems Change. Accessed on 2020 from https://donellameadows.org/systems-thinking-resources/

MEB, (2018). Fen bilimleri dersi taslak öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7, 8. sınıflar). Ankara: Temel Eğitim Genel Müdürlüğü.

Meganck, R. A. (2010). The role of water education in achieving the Millennium Development Goals? *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9, 79-80.

Mertens, D. M. (1998). *Research methods in education and psychology: Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Missingham, B., ve McIntosh, B. S. (2013). Water Education for Sustainability in Higher Education. *Journal of Contemporary Water Research ve Education*, *150*(1).

Moore-Anderson, C. (2023). Designing a curriculum for the networked knowledge facet of systems thinking in secondary biology courses: a pragmatic framework. *Journal of Biological Education, 57*(2), 370-385.

Mostacedo-Marasovic, S. J., Mott, B. C., White, H., ve Forbes, C. T. (2022). Towards water literacy: an interdisciplinary analysis of standards for teaching and learning about humans and Water. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *4*(1), 25.

National Research Council (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, D.C.: The National Academies Press

Nasr, C. (1998, Haziran). Education et préservation de l'eau au Liban [Lübnan'da suyun korunması için eğitim]. Congrès international sur l'Eau au Liban du, http://www.funredes.org/agua/files/education/NASR.rtf adresinden alınmıştır.

NGSS Lead States, (2013). *Next generation science standards: For states by states.* Washington, DC: National Academies Press.

Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *44*(7), 908-937.

National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.* Washington DC: The National Academies Press.

Novak, J. D., ve Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them* (Technical Report No. IHMC Cmap Tools 2006-01 Rev 01-2008). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition

OECD. (2015*). OECD Principles on Water Governance*. OECD Publishing.

Osborne, R. J., ve Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, *20*(9), 825-838.

Ossimitz, G. (2000, August). Teaching system dynamics and systems thinking in Austria and Germany. In *System Dynamics Conference in Bergen*, Norway.

Owens, D. C., Petitt, D. N., Lally, D., ve Forbes, C. T. (2020). Cultivating water literacy in STEM education: Undergraduates' socio-scientific reasoning about socio-hydrologic issues. *Water*, *12*(10), 2857.

Özel, N. (2016). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkisiyle değişen bilgi kaynakları, hizmetleri ve öğrenme ortamları. *Milli Eğitim Dergisi*, *45*(209), 270-294.

Pan, Y.-T., ve Liu, S.-C. (2018). Students' understanding of a groundwater system and attitudes towards groundwater use and conservation. *International Journal of ScienceEducation*, *40*(5), 564–578.

Patterson, L. A., ve Harbor, J. (2005). Using assessment to evaluate and improve inquiry-based geoenvironmental science activities: Case study of a middle school watershed e. coli investigation. *Journal of Geoscience Education*, *53*(2), 204-214.

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research ve evaluation methods: Integrating theory and practice.* Sage publications.

Peel, A., Rockett, J., Friedrichsen, P., Zangori, L., Elmy, C., ve Wagner, B. (2020). Is Vaping Harmful? Using the issue of e-cigarette regulation to teach homeostasis and feedback loops. *Science Teacher*, *88*(1).

Perkins, D. N., ve 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.

Petitt, D. N., ve Forbes, C. T. (2019). Values use in undergraduate students' socio hydrological reasoning: A comparative study. *Natural Sciences Education*, *48*(1), 1- 12.

Petitt, D. N., Owens, D. C., Lally, D., ve Forbes, C. T. (2019). Students' socio-hydrological reasoning and water literacy in an undergraduate water course. *Department of Middle Grades and Secondary Education Faculty Presentations.* Presentation 274.source: https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/teach-secondary-facpres/274

Plate, R. (2010). Assessing individuals' understanding of nonlinear causal structures in complex systems. *System Dynamics Review*, *26*(1), 19-33.

Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. In T. Plomp ve N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* - Part A: An Introduction (pp. 10-51). Enschede, the Netherlands: SLO.

Pollmeier, J., Tröbst, S., Hardy, I., Möller, K., Kleickmann, T., Jurecka, A., ve Schwippert, K. (2017). Science-P I: Modeling conceptual understanding in primary school. In *competence assessment in education: Research, models and instruments* (pp. 9-17). Cham: Springer International Publishing.

Postel, S., Allsopp, M., Page, R., Johnston, P., ve Santıllo, D. (2010). *Suları nasıl tükettik?*.Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., ve Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, *22*(1), 26-32.

Puig, B., ve Evagorou, M. (2020). Design of a socioscientific issue unit with the use of modeling: The case of bees. *International Journal of Designs for Learning*, *11*(1), 98-107.

Ratcliffe, M., ve Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues.* Maidenhead: Open University Press

Reeves, T. (2000, April). Enhancing the worth of instructional technology research through "design experiments" and other developmental strategies. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting. New Orleans, LA, USA. Retrieved from (2020, February). https://www.researchgate.net/profile/TReeves/publication/228467769_Enhancing_the_worth_of_instructional_technology_research_through_'Design_Experiments'_and_other_development_research_strategies_online/links/0046353 21f6add4bb4000000/Enhancing-the-worth-of-instructional-technology-research-through-Design-Experiments-and-other-development-research-strategies-online.pdf

Reinfried, S. (2006). Conceptual change in physical geography and environmental sciences through mental model building: The example of groundwater. *International Research in Geographical ve Environmental Education, 15*(1), 41-61.

Reinfried, S., Tempelmann, S., ve Aeschbacher, U. (2012). Addressing secondary school students' everyday ideas about freshwater springs in order to develop an instructional tool to promote conceptual reconstruction. *Hydrology and Earth System Sciences*, *16*(5), 1365-1377.

Resnick, L. B. (1987). The 1987 presidential address learning in school and out. *Educational Researcher*, *16*(9), 13-54.

Rivet, A. E., ve Krajcik, J. S. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth-grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(7), 669-692.

Roth, W. M., ve Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, *88*(2), 263-291.

Sabel, J. L., Vo, T. Alred, A., Dauer, J.M. ve Cory T., Forbes, C.T. (2017). Undergraduate students' scientifically informed decision making about socio-

hydrological issues. *Journal of College Science Teaching*, *46*(6), 71-79. DOI:10.2505/4/jcst17_046_06_71.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*, 513–536.

Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific Issues-Based Education: What We Know About Science Education in the Context of SSI. In *Socio-scientific Issue in the Classroom* (Vol. 39, pp. 355–369). Dordrecht: Springer Netherlands.

Sadler, T. D., ve Murakami, C. D. (2014). Socio-scientific Issues based Teaching and Learning: Hydrofracturing as an illustrative context of a framework for implementation and research. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *14*(2), 331-342.

Sadler, T. D., Nguyen, H., ve Lankford, D. (2017a). Water systems understandings: A framework for designing instruction and considering what learners know about water. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, *4*(1), e1178.

Sadler, T. D., Foulk, J. A., ve Friedrichsen, P. J. (2017b). Evolution of a model for socio-scientific issue teaching and learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *5*(2), 75-87.

Sadler, T. D., Romine, W. L., ve Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: A multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, *38*(10), 1622-1635.

Sadler, T. D., ve Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying Genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science ve Education*, *89*(1), 71–93.

Sammel, A. (2014) A Case Study of Water Education in Australia. *Creative Education*, 5, 1140-1147. doi: 10.4236/ce.2014.513129.

Sammel, A. J., ve McMartin, D. W. (2014). Teaching and Knowing beyond the Water Cycle: What Does It Mean to Be Water Literate? *Creative Education*, *5*, 835-848.

Schaap, H., De Bruijn, E., Van der Schaaf, M. F., ve Kirschner, P. A. (2009). Students' personal professional theories in competence-based vocational education: the construction of personal knowledge through internalisation and socialisation. *Journal of Vocational Education and Training*, *61*(4), 481-494.

Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., ve Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD)–a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, *42*(2), 192-204.

Schwarz, C. V., ve White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, *23*(2), 165-205.

Scott EE, Wenderoth MP, Doherty JH. (2020). Design-Based Research: A Methodology to Extend and Enrich Biology Education Research. *CBE Life Sciences Education*. *19*(3):es11. doi: 10.1187/cbe.19-11-0245.

SDGs, (2015). *Sustainable Development Goals*. United Nations, 2015.

Senge PM. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Doubleday: New York.

Seraphin, K. D. (2020). Enhancing Water Literacy through an Innovative Television Series Focused on Wai Maoli: Hawai'i Fresh Water Initiative. *Water*, *12*(11), 3247.

Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., ve Harbor, J. (2007). What is a watershed? Implications of student conceptions for environmental science education and the national science education standards. *Science Education*, *91*(4), 554–578. https://doi.org/10.1002/sce.20206.

Shepardson, D. P., Bryan, W., Michelle P., Schellenberger, L. and Harbor, J. (2009). Water transformation and storage in the mountains and at the coast: midwest students' disconnected conceptions of the hydrologic cycle. *International Journal of Science Education*, *31*(11), 1447–1471.

Shepardson, D. P., Roychoudhury, A., Hirsch, A., Niyogi, D., ve Top, S. M. (2014). When the atmosphere warms it rains and ice melts: Seventh grade students' conceptions of a climate system. *Environmental Education Research*, *20*(3), 333-353.

Simmoneaux, L. ve Simmoneaux, L. (2008). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural studies of Science Education*, *4*(3), 657-658. https://doi.org/10.1007/s11422-008-9141-x

Simonneaux, L., ve Simonneaux, J. (2009). Socio-Scientific Reasoning Influenced by Identities. *Cult. Stud. Sci. Educ*. *4*, pp. 705-711.

Sleurs, Willy (ed.) (2008). *Competencies for ESD (Education for Sustainable Development) teachers. A framework to integrate ESD in the curriculum of teacher training institutes.* Comenius 2.1 project 118277-CP-1-2004-BE-Comenius-C2.1. ENSI-CSCT.

Spiropoulou, D., Antonakaki, T., Kontaxaki, S., ve Bouras, S. (2007). Primary teachers' literacy and attitudes on education for sustainable development. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(5), 443-450.

Stirgus, E., Nagahi, M., Ma, J., Jaradat, R., Strawderman, L., ve Eakin, D. (2020). Determinant of Systems Thinking in College Engineering Students: Research Initiation. August2006. https://doi.org/10.18260/1-2--32626.

Sivapalan, M., Savenije, H. H., ve Blöschl, G. (2011). Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*, 26(8), 1270-1276.

Sterman, J. D. (1994). Learning in and about complex systems. *System Dynamics Review*, *10* (2-3), 291-330.

Sträng, M. H., ve Åberg-Bengtsson, L. (2010). "Where do you Think the Water Comes From?" Teacher–Pupil Dialogues about Water as an Environmental Phenomenon. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *54*(4), 313-333.

Sommer, C., ve Lücken, M. (2010). System competence–Are elementary students able to deal with a biological system? *Nordic Studies in Science Education*, *6*(2), 125-143.

Sweeney, L. B., ve Sterman, J. D. (2007). Thinking about systems: Student and teacher conceptions of natural and social systems. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, *23*(2-3), 285-311.

Tan, R. M., Yangco, R. T., ve Que, E. N. (2020). Students' Conceptual Understanding and Science Process Skills in an Inquiry-Based Flipped Classroom Environment. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, *17*(1), 159-184.

Tanrıverdi, B. (2009). Analyzing Primary School Curriculum in Terms of Sustainable Environmental Education. *Education and Science*, *34*(151).

Taiwo, A. A., Ray, H., Motswiri, M. J., ve Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, *21*(4), 413-429.

Thomas, R. M. (1998). *Conducting educational research: A comparative view*. West Port, Conn: Bergin ve Garvey.

Topçu, M. S. (2017). *Sosyobilimsel Konular ve Öğretimi.* Pegem Akademi, Ankara.

Tracey, M. (2020). *Increasing understanding of complex biological concepts: haptic learning in a collaborative, 3D environment.* Doctoral dissertation, King's College London.

Türker, A., Yüksel, H., ve Tuna, E. (2022). Water literacy levels of high school students in science and art centers (İstanbul example). *Social Science Development Journal*, *7*(30), 107-120.

UNECE. (2012). *Learning for the future: Competences in education for sustainable development*. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe.

UNESCO. (2012). *Water education for sustainable development: a global synthsis.* Division of Water Sciences, Section for Sustainable Water Resources Management. Paris.

Ursavaş, N., Aytar, A., ve Alpay, E. (2020). Farklı öğretim programlarının su ile ilişkili kazanımlar açısından incelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, *4*(1), 98-113.

Van den Akker, J., Gravemeijer, K., ve McKenney, S. (2006). Introducing educational design research. In *Educational Design Research* (pp. 15-19). Routledge.

Viennot, L. (2008). Learning and conceptual understanding: Beyond simplistic ideas, what have we learned. *International Commission on Physics Education*. 1-17.

Vo, T., Forbes, C. T., Zangori, L., ve Schwarz, C. V. (2015). Fostering third-grade students' use of scientific models with the water cycle: Elementary teachers' conceptions and practices. *International Journal of Science Education*, *37*(15), 2411-2432.

Walker, D. (2006). Toward productive design studies (pp 8-13). In: J. van den Akker, K.Gravemeijer, S. McKenney, ve N. Nieveen (Eds.) (2006), *Educational design research*. London: Routledge.

Wang, Y. H., Chang, M. C., ve Liou, J. R. (2019). Effects of water-saving education in Taiwan on public water knowledge, attitude, and behavior intention change. *Water Policy*, *21*(5), 964-979

Wang, Y., Sommier, M., ve Vasques, A. (2022). Sustainability education at higher education institutions: pedagogies and students' competences. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 23*(8), 174-193.

Wheeler, G. (2012). Water Literacy: Educator perspective, students' knowledge, and possible misconceptions. In *International Symposium on Environmental Water Literacy*, Japan.

White, H., Lally, D., ve Forbes, C. T. (2022). Investigating groundwater: Middle school students' mapping data-driven, computer-based models to socio-hydrologic phenomena. *Journal of Geoscience Education*, *70*(1), 101-113.

Wiek, A., Withycombe, L., ve Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability science*, *6*(2), 203-218.

Wilensky, U., ve Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 3-19.

Wilmes, S., ve Howarth, J. (2009). Using issues-based science in the classroom. *The Science Teacher*, *76*(7), 24.

WHO (2016). Taking Policy Action to Improve Small-Scale Water Supply and Sanitation System: Tools and good practices from the pan- European region. https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289051606

Woo, M. (2016, 01, 07). Why we all need to start drinking toilet water? BBC Future. Retrieved from https://www.bbc.com/future/article/20160105-why-we-will-all-one-day-drink-recycled-wastewater

https://www.bbc.com/turkce/haberler/2016/01/160108_vert_fut_atik_sudan_icme_suyu

Yadav, M., Gupta, R., ve Sharma, R. K. (2019). Green and sustainable pathways for wastewater purification. In *Advances in water purification techniques* (pp. 355-383). Elsevier.

Yıldırım, A. (1996). Disiplinlerarası öğretim kavramı ve programlar açısından doğurduğu sonuçlar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *12*(12).

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri.* (6. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık

York, S., Lavi, R., Dori, Y. J., ve Orgill, M. (2019). Applications of systems thinking in STEM education. *Journal of Chemical Education*, *96*(12), 2742-2751.

Zangori, L. (2015). Exploring 3rd-grade students' model-based explanations about plant growth and development (Doctoral dissertation). Retrieved from: https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3689070/

Zangori, L., ve Forbes, C. T. (2016). Development of an empirically based learning performances framework for third-grade students' model-based explanations about plant processes. *Science Education*, *100*(6), 961-982.

Zangori, L., Forbes, C. T., ve Schwarz, C. V. (2015). Exploring the effect of embedder scaffolding within curricular tasks on third-grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. *Science ve Education*, 24, 957–981.

Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P., ve Sadler, T. D. (2017a). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(10), 1249-1273.

Zangori, L., Vo, T., Forbes, C. T., ve Schwarz, C. V. (2017b). Supporting 3rd-grade student model-based explanations about groundwater: A quasi-experimental study of a curricular intervention. *International Journal of Science Education*, *39*(11), 1421-1442.

Zeidler, D. L., Herman, B. C., ve Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *1*(1), 1-9.

Zeidler, D. L., ve Kahn, S. (2014). *It's debatable! Using socioscientific issues to develop scientific literacy K-12*. NSTA press.

Zeidler, D. L., ve Nicols, B. H. (2009). Socioscientific issues: theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(2), 49–58.

Zeidler, D. L.,Osborne, J.,Erduran, S., Simon, S., ve Monk, M. (2003). The role of argument and fallacies during discourse about socioscientific issues. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S., ve Callahan, B. E. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*: *The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *46*(1), 74-101.

Zohar, A., ve Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *39*(1), 35-62.

A
SOSYO-HİDROLOJİK KONU TABANLI MODÜL DERS PLANLARI

Ders Planı 1

Ders Süresi: 80 dk

Dersin Yönlendirici Soruları:
- Su kaynaklarımızı koruyamazsak neye/nelere maruz kalabiliriz?

- Niçin küresel su krizi meydana geldi?

Kazanımlar

- Yeryüzünde su kaynaklarının dağılımını bilir, su kaynaklarının neler olduğunu açıklar.
- Bu zamanlarda ya da yakın bir gelecekte yüzleşeceğimiz en büyük sorunlardan birinin temiz suya erişim olduğunu belirtir ve temiz suya erişimin önemini açıklar.
- Tüm faaliyetlerimizde suya bağımlılığı fark eder.

Modülün Yönlendirici Sorusu:

- İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?
- Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık ve atık sularla mücadele için su nasıl yönetilmelidir?

Dersi Değerlendirme: Yönlendirici sorulara cevap verir.

Kaynaklar

Dergi makalesi: Atık su içme fikrine alışmak mı? (Woo, 2016)

Video: Geleceğin savaşları su yüzünden mi olacak?

https://www.youtube.com/watch?v=b8mIRvlZ4tA

Metin 1: Küresel Su krizi

Su Kaynakları Hakkındaki Gerçekler (pdf)

https://www.greenfacts.org/tr/water-resources/water-resources-foldout-tr.pdf

Video: Su Olmasaydı Ne Olurdu? Su Kısa Belgeseli:

https://youtu.be/Nmtl7uEmJO4

Ders Akışı

Süre	Aktivite	Kaynaklar / Materyal
	Öğretmen derse girişte kısa bir videonun hemen ardından bir dergi makalesini öğrencileriyle paylaşır. Makaleye ilişkin olarak öğrencilerden düşüncelerini belirtmeleri istenir. Öğrencilerin makalede yer alan sorunun ne olduğunu tespit etmesine ve bu soruna neden olabilecek durumların ortaya çıkarılmasına yardımcı olacak etkinlik kâğıdı dağıtılır. Su kaynaklarının neler olduğu belirlenir. Suya erişim sıkıntısının nasıl oluştuğu tartışılır.	Video: Su Kıtlığı https://www.youtube.com/watch?v=dZXf84-HC1U Ek:1 Sosyohidrolojik konu temalı dergi makalesi: Atık su içme fikrine alışmak mı? Etkinlik kâğıdı: Buzdağı
	Öğrencilerin videoyu dikkatle dinlemesi ve önemli buldukları kavramları not etmeleri istenir. Atık suyun nasıl bertaraf edilebileceğine dikkat çekilir.	Video (7dk) https://www.youtube.com/watch?v=b8mIRvlZ4tA
	Yeryüzünde su kaynaklarının dağılımı Doğal bir kaynak olarak su Suyun yaşam için önemi Suya olan bağımlılığımız	Sunum (ppt) ve pdf: Su kaynakları hakkında gerçekler https://www.greenfacts.org/tr/water-resources/water-resources-foldout-tr.pdf Video (7,47- 9,08 dk) su kaynaklarının dağılımı https://youtu.be/v8aYWYXqzKQ Su Olmasaydı Ne Olurdu? Su Kısa Belgeseli ((0-6:49 dk) https://youtu.be/Nmtl7uEmJO4

	Metinde yer verilen tablolardaki verilere dayalı yorum yapar. Tartışma: • Su kaynaklarımızı koruyamazsak neye/nelere maruz kalabiliriz? • Niçin küresel su krizi meydan geldi?	(doc) Metin 1: Küresel Su krizi

Ders Planı 2

Ders Süresi: 80 dk

Dersin Yönlendirici Soruları:

- Su milyonlarca yıl öncesinden günümüze nasıl gelebildi? (Su döngüsü)

- Su döngüsü hangi faktörlerden etkilenir?

Kazanımlar

- Dünya'daki su miktarının sabit olduğunu ancak kullanılabilir su kaynaklarının azaldığını ifade eder.
- Dünya'daki su miktarının sabit kalmasında su döngüsünün rolünü açıklar.
- Su döngüsünde yer alan olguları bir havza süreci olarak ele alır.
- Hidrolojik döngüde suyun hareketini kontrol eden faktörleri belirtir.
- Su döngüsü süreçlerini etkileyen faktörleri belirleyerek bunların su döngüsünü nasıl etkilediğini ilişkisel olarak gösterir.

Modülün Yönlendirici Sorusu:

- İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?
- Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık için su nasıl yönetilmelidir?

Dersi Değerlendirme: Yönlendirici sorulara cevap verir.

Kaynaklar

Video: Su Döngüsü

https://www.youtube.com/watch?v=nye-_n7C9Yk

Su döngüsü (web sitesi)

https://www.semtrio.com/blog/su-dongusu

HAVZA süreçleri (pdf) https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_07_e3013.pdf

Ders Akışı

Süre	Aktivite	Kaynaklar / Materyal
	Su havzası kavramına giriş • Öğretmen su havzası kavramını daha önce hiç duymuş muydunuz? Sizce havza nedir? sorularını sorarak derse başlar. Öncelikle cevapları alır. Öğrencilerin bu kavrama yabancı olabileceği ihtimali göz önüne alınarak su havzasını tanımlayabilecek 4 seçenek sunularak tüm öğrencilerin kendisi için en doğru gelen seçeneği seçmeleri istenir. • Daha sonra su havzası kavramı açıklanır. Öğrencilerden ilgili haritadan kendi yaşadıkları havzayı bulmalarını istenir. Su havzasını gösteren çeşitli fotoğraflar incelenir. • Bir havzanın sahip olduğu kaynakların neler olduğu sorgulanır.	Su döngüsü Sunu ppt Su Havzası fotoğrafları Türkiye su havzası haritası Havza Süreçleri.pdf https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_07_e3013.pdf
	Su havzasında Su döngüsü • Öğretmen öğrencilere "Su milyonlarca yıl öncesinden günümüze nasıl gelebildi?" sorusunu yöneltir. Öğrencilerden cevaplar alır. Eğer su döngüsü cevabı gelmiyorsa cevabı buldurmaya yönelik ipucu verebilir. • Su döngüsü ile ilgili video izletilir. Öğrencilerden videoyu dikkatle dinlemesi ve su döngüsü kavramlarını not etmeleri istenir.	Video (7.19 dk) https://www.youtube.com/watch?v=nye-_n7C9Yk https://www.semtrio.com/blog/su-dongusu

	Su döngüsü etkinliği yapılır. Etkinlik soruları cevaplanır. 1. Etkinlikte kullanılan malzemelerden hangisi enerji kaynağı olarak kullanılmıştır? Etkinlikte enerji kaynağı olarak kullanılan malzeme su döngüsünde neyi temsil eder? 2. Etkinliğin hangi aşamasında buharlaşma ile karşılaşılmıştır? 3.Suyun yoğunlaşması hangi aşamada, nasıl gerçekleşmiştir? 4. Su döngüsünün hangi aşamaları bu etkinlikte gösterilememiştir? 5. Bu etkinlikte terlemeyi nasıl gösterebiliriz? 6.Yoğuşma buz olmadan gerçekleşebilir miydi? Buz, bu durumu nasıl etkilemiştir?	Etkinlik Malzemeleri: • Kil ya da plastik dağ modeli • Kapaklı plastik kutu • Tabak • Lamba • Su • Buz küpleri <u>Yapılışı:</u> 1. Hamuru kullanarak bir dağ oluşturunuz. 2. Dağı kapaklı plastik kutunun içine, okyanusun olacağı yere, tabanı aşağı gelecek şekilde yerleştiriniz. 3. Dağın 1/4' üne kadar okyanus tabanını suyla doldurunuz. 4.Plastik kutunun kapağını kapatınız. 5.Tabağı dağın üzerine gelecek şekilde kapağın üstüne yerleştiriniz. 6.Tabağın içine buz küplerini yerleştiriniz. 7.Lambayı buz parçacıklarından uzağa, suyun yüzeyini aydınlatacak şekilde kutunun üzerine yerleştiriniz.
	Öğrencilere su döngüsü çalışma kağıdı dağıtılır. • Su döngüsünün belli bir başlangıç noktası var mıdır? • Su döngüsünü harekete geçiren etki nedir? • Su, su döngüsünü terk edebilir mi? • Su döngüsünde yer alan pek çok süreçten en önemli beş süreç hangileridir? • Su döngüsü nasıl gerçekleşir? • Su döngüsü sırasında su nerede depolanır?	Su döngüsü çalışma kâğıdı

	• Hidrolojik döngüde suyun hareketini kontrol eden faktörleri belirtir. • Su döngüsü süreçlerini etkileyen faktörleri belirleyerek bunların su döngüsünü nasıl etkilediğini ilişkisel olarak gösterir. • Su döngüsü Modellemesi	İlişkisel düşünme etkinliği çalışma kâğıdı: Su döngüsü hangi faktörlerden etkilenir?

Ders Planı 3

Ders Süresi: 80 dk

Dersin Yönlendirici Soruları:

- Su kaynakları nasıl kirlenir?
- Kirleticiler nelerdir?

Kazanımlar

- Güvenli su kaynakları için sağlıklı su havzalarının gerekli olduğunu anlar.
- Su kaynaklarının nasıl kirlendiğini açıklar.

Modülün Yönlendirici Sorusu:

- İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?
- Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık için su nasıl yönetilmelidir?

Dersi Değerlendirme: Yönlendirici sorulara cevap verir.

Kaynaklar

Su Kirliliği (Pdf)
https://cdn.bartin.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/20191015-0804-office-lens.pdf

web sitesi
https://sutema.org/turkiyede-su-kalitesi

Denizlerimiz durumu
https://www.youtube.com/watch?v=FcX1LWOOJdQvet=18s

Susuzluk ve su kirliliği: Gediz Nehri
https://www.youtube.com/watch?v=21rK5NHM60U

Su Kirliliği Nedenleri, Etkileri, Zararları Nelerdir? Nasıl Önlenir?
https://www.youtube.com/watch?v=gLtyn6UyCwk

Ders Akışı

Süre	Aktivite	Kaynaklar / Materyal
	Derse bir video ile başlanır. Su kirliğinin oluşmasından sorumlu olanlar ve su kirliliğinin önlenmesinde etkin bir şekilde görevlerini yerine getirmesi gereken kişi, kurum ve kuruluşlar belirlenir. • Sanayi kuruluşları • Çevre ve Şehircilik Bakanlığı • Çiftçiler • Doğa koruma gönüllüleri • Çiftlik sahipleri/ hayvancılık • Belediye Başkanı • Yerel halk • Halk sağlığı uzmanı • Toprak bilimciler • Maden işletmecileri Su Kirliliği Nedenleri Su Kirliliği Etkileri	Video 1 https://www.youtube.com/watch?v=21rK5NHM60U Sınıf tahtası Video 2 https://www.youtube.com/watch?v=gLtyn6UyCwk pdf https://cdn.bartin.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/20191015-0804-office-lens.pdf web sitesi

	Su Kirliliğinin oluşturduğu riskler Su Kirliliği Kontrolü Etkinlik 1. Öğrenciler gruplara ayrılır. Her grup su kirliğinin oluşmasından sorumlu olan ve su kirliliğinin önlenmesinde etkin bir şekilde görev alması gereken kişi, kurum ve kuruluşların yaptıkları davranışlarını ve yerine getirmeleri gereken görev ve sorumluluklarını belirler. Bunlar yazılı hale getirilir. 2. Her grup üyesi belirlenen kişilerden istediği birini seçer. Kendini o kişinin yerine koyar, onun perspektifini değerlendirir. 3. Her grubun aynı kişiyi seçen üyeleri bir araya toplanır. 4. Su kirliliğinin çözümü için sınıf tartışması başlatılır.	https://sutema.org/gelecegin-suyu/su-kalitesi-ve-su-kirliligi.21.aspx Grup kâğıdı

Ders Planı 4

Ders Süresi: 80 dk

Dersin Yönlendirici Soruları:

- Atık sular nasıl arıtılır?

- Suyun fiziksel ve kimyasal yollarla arıtımı nasıl sağlanır?

Kazanımlar

- Atık suyu doğal yolla bertaraf eder.
- İçme suyu için kriterler oluşturur.
- Su arıtım tesislerinde su arıtımı nasıl yapıldığını ifade eder.

Modülün Yönlendirici Sorusu:

- İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?
- Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık için su nasıl yönetilmelidir?

Dersi Değerlendirme: Yönlendirici sorulara cevap verir.

Kaynaklar

Pdf: Su El Kitabı
http://www.turcev.org.tr/turcevCMS_V2/files/files/SU%20EL%20K%C4%B0TABI.pdf

Video
Atık su nasıl arıtılır? (09:29 dk)
https://youtu.be/p2Inhc58--c

Video
su arıtımı
https://youtu.be/B_yOZ4Pb73M

Deney: Su arıtma düzeneği
https://youtu.be/ysTprdNAsUY

Doğal su arıtma
https://youtu.be/eH1DtiswAx8

17 farklı suyu test ediyoruz
https://youtu.be/CGXe0aG8TkM

Ders Akışı

Süre	Aktivite	Kaynaklar / Materyal
	Dışarıda bir su birikintisinden alınmış oldukça kirli bir suyu daha temiz hale getirmek mümkün mü? sorusu sınıfa yöneltilir. Öğrencilerden cevap alındıktan sonra etkinliğe geçilir. Etkinlikte öğrenciler grup halinde çalışırlar ve deney malzemelerini kullanarak kirli suyu arıtırlar.	Etkinlik: Atık suyu arıtalım Deney: Su arıtma düzeneği yapalım https://youtu.be/ysTprdNAsUY Etkinlik malzemeleri: - Şişeye doldurulmuş kirli su - 1 adet 1,5 litrelik pet şişe - Kum - Çakıl taşı - Aktif karbon - 1 adet maske - Maket bıçağı/ makas - Bardak ya da kavanoz
	Yaptığınız düzenek kirli suyu arıtmada başarılı oldu mu? Düzeneği kurarken kullandığımız malzemeler su arıtımına nasıl yardım etmiş olabilir? Sizce arıttığımız bu suyu içebilir miyiz?	Her grup deney sonuçlarını sınıf arkadaşlarıyla paylaşır. Etkinlik sonu değerlendirme soruları cevaplanır.
	İçme suyu hangi özellikleri sahip olmalıdır? Sınıf tartışması ile içme suyu kriterleri oluşturulmaya çalışılır. Sınıftaki şişe suların ambalajları incelenir. Su arıtımının kimyasal süreçleri	Pdf: Su El Kitabı http://www.turcev.org.tr/turcevCMS_V2/files/files/SU%20EL%20K%C4%B0TABI.pdf Video 17 farklı suyu test ediyoruz (1:42/ 2:47-13:45) https://youtu.be/CGXe0aG8TkM Video Su arıtımı https://youtu.be/B_yOZ4Pb73M

	Su Arıtma Tesislerinde su arıtımı	pdf: Su El Kitabı http://www.turcev.org.tr/turcevCMS_V2/files/files/SU%20EL%20K%C4%B0TABI.pdf video Atık su nasıl arıtılır? https://youtu.be/p2Inhc58--c
	Öğrenciler videolar üzerine düşünülüp yaptıkları çıkarımları ve vardıkları sonuçları defterlerine yazarlar.	defter

Ders Planı 5

Ders Süresi: 80 dk

Dersin Yönlendirici Soruları:

- Ülkelerin su politikaları nasıldır?

- Ülkelerin veya yönetimlerin izledikleri su politikaları, yürüttüğü faaliyetler su etiğine uygun mudur?

- Suyun ekonomik değerini örneklerle açıklar mısın?

Kazanımlar

- Ülkelerin su kaynakları ve atık su yönetimi politikalarını değerlendirir.
- Ülkelerin veya yönetimlerin izledikleri su yönetimi politikalarını ve yürüttüğü faaliyetleri su etiği açısından irdeler.
- Suyun ekonomik değerini sorgular.

Modülün Yönlendirici Sorusu:

- İnsan faaliyetleri su kaynaklarını hangi yollarla etkileyebilir?
- Sürekli artan talepler karşısında su kaynaklarında devamlılık için su nasıl yönetilmelidir?

Dersi Değerlendirme: Yönlendirici sorulara cevap verir.

Kaynaklar

Video: Su meselesi 2
https://www.youtube.com/watch?v=0HUF2u1Jfys

Makale
http://aksarayiibd.aksaray.edu.tr/tr/download/article-file/782825

Video:
https://www.youtube.com/watch?v=bbgnqmarxRs

Su kanunu tasarısı pdf
https://sutema.org/resources/okuyun/SU%20KANUNU%20TASARISI%209.2.15.pdf

Ders Akışı

Süre	Aktivite	Kaynaklar / Materyal
	Öğrenciler videoda verilen bilgiler doğrultusunda etkinlik kağıdındaki soruları cevaplar. 1. Tarihi süreçte bazı ülkeler hangi nehirlerimizin yönetimini ele geçirmek için uğraştı? 2. Farklı ülkelerin su yönetimi ve faaliyetlerine örnekler veriniz. • Avustralya---- su tasarrufu uygulamalarını sürdürüyor. • İsrail---- atık su ve deniz suyundan içme suyu elde ediyor • Hindistan----- temiz içme suyu krizi yaşıyor • Etiyopya------ su kıtlığı, su yok • Suudi Arabistan---- su azlığı sebebiyle tarımı en aza indirgeyen politikaları benimsiyor.	Video: Su meselesi 2 https://www.youtube.com/watch?v=0HUF2u1Jfys Etkinlik kağıdı: Su yönetimi Öğrenci araştırma sonuçları video: https://www.youtube.com/watch?v=bbgnqmarxRs
	Suyun kullanım hakkı doğduğu ülkeye mi aittir? Su sorununun, su hakkı ve su etiği çerçevesinde değerlendirilmesi yapılır.	Türkiye'nin Su Politikası https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-su-politikasi.tr.mfa Türkiye ve Dünya'da Sınır aşan sular listesi https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C4%B1n%C4%B1ra%C5%9Fan_sular

	Suyun ekonomik değeri sorgulanır. Makale incelemesi yapılır.	 Amerika -Meksika Colorado Nehri Kanada- Amerika Mısır- Sudan Makale http://aksarayiibd.aksaray.edu.tr/tr/download/article-file/782825
	Öğrenciler su sistemine ilişkin nihai modellemeyi yapar.	

B
SİSTEMİK DÜŞÜNME HARİTASI RUBRİĞİ

Özellik	0	1	2	3
Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki **süreçleri** belirtir.	Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri **belirtemez.**	Sistemin bileşenlerini ve/veya sistem içindeki süreçleri **yetersiz şekilde belirtir** veya sistemin bileşenlerini ve/veya sistem içindeki süreçleri belirtirken **ilgisiz ilişkilendirme** bulunur.	Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri **doğru şekilde** belirtir **ancak eksik** kalan sistem bileşenleri ve/ veya sistem içindeki süreçler bulunur.	Sistemin bileşenlerini ve sistem içindeki süreçleri **eksizsiz ve doğru şekilde** belirtir.
Sistem bileşenleri arasındaki **basit ilişkileri** belirler.	Sistem bileşenleri arasındaki basit ilişkileri **belirleyemez. Kurduğu ilişki yoktur ya da tümüyle hatalıdır.**	Sistem bileşenleri arasında kurduğu basit ilişkileri **eksik ve hatalı** belirler.	Sistem bileşenleri arasında kurduğu basit ilişkileri **eksik ancak hatasız** belirler.	Sistem bileşenleri arasında kurduğu basit ilişkilerde **eksizsiz ve doğru şekilde** belirler.
Sistem içindeki **dinamik ilişkileri** belirler.	Sistem içindeki dinamik ilişkileri **belirleyemez** ya da **kurduğu ilişkilerin hepsi hatalıdır.**	Sistem içindeki dinamik ilişkilerin **birini** belirtebilir.	Sistem içindeki **iki** dinamik ilişkiyi belirtebilir.	Sistem içindeki **ikinden fazla** dinamik ilişkiyi belirtebilir.
Sistem bileşenlerini ve süreçlerini **ilişkiler çerçevesinde** düzenler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ve ilişkiler çerçevesinde **düzenleyemez.**	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde **eksik ve hatalı şekilde** düzenler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde **eksik ancak hatasız şekilde** düzenler.	Sistem bileşenlerini ve süreçlerini ilişkiler çerçevesinde **sistemi bir bütün olarak ele alarak** düzenler.
Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini (**sistemin döngüsel doğasını**) **anlar.**	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerini **anlayamaz.**	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerinden **bir tanesini belirtebilmiştir** ancak sistemlerin döngüsel doğasını **tanımlamada eksiklik veya hata** vardır.	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerinin **bir tanesini tam ve hatasız şekilde tanımlar.**	Sistem içindeki madde ve enerji döngülerinin **iki tanesini tam ve hatasız** şekilde tanımlar.
Genelleme yapar.	Sistemin dinamik ve döngüsel olduğunu **anlayamaz**. Genelleme **yapamaz.**	Sistemin dinamik ve döngüsel olduğunu anlamada **sorun yaşar**, **kısmen** genelleme yapar.	Sistemin dinamik ve döngüsel olduğunu **anlar,** genelleme **yapar.**	Sistemin dinamik ve döngüsel olduğunu anlar, genelleme yapar ve bu anlayışı hidrosfer sistemi bağlamında **çevresel tehditleri önlemek için uygulayabilir.**
Sistemin **gizli boyutlarını** belirtir.	Sistemin gizli boyutlarını belirtemez.	Sistemin **bir** gizli boyutunu belirtebilir.	Sistemin **iki** gizli boyutunu belirtebilir.	Sistemin **üç** gizli boyutunu belirtebilir.
Geriye dönük ve ileriye yönelik **zamansal düşünme**	Sistem içinde sunulan etkileşimin bir kısmının geçmişte gerçekleştiğini, gelecekteki olayların ise mevcut etkileşimlerin bir sonucu olabileceğini **anlayamaz.**	Geriye dönük ve ileriye yönelik bir **bağ kurmada yetersizdir.** Bazı etkileşimlerin geçmişte gerçekleştiğini ve gelecekteki olayların mevcut etkileşimlerin bir sonucu olabileceğini anlamada **sorun yaşar.**	Geriye dönük ve ileriye yönelik bir **bağ kurar.** Bazı etkileşimlerin geçmişte gerçekleştiğini ve gelecekteki olayların mevcut etkileşimlerin bir sonucu olabileceğini **anlar ve ifade edebilir.**	Geriye dönük ve ileriye yönelik bağ kurar. Bazı etkileşimlerin geçmişte gerçekleştiğini ve gelecekteki olayların mevcut etkileşimlerin bir sonucu olabileceğini anlar, ifade edebilir ve sisteme yönelik olarak **tahminlerini gerekçelendirir.**

C
MODEL TABANLI AÇIKLAMALAR RUBRİĞİ

Bileşenler

0 Su formunu temsil eden hiçbir bileşen modele dahil edilmemiştir.

1 Modele sadece görünür su formlarının bir temsili dahil edilmiştir.

2 Modele iki veya daha fazla görünür veya görünür olmayan su formları temsilleri dahil edilmiştir. Örnekler: denizler, göller, nehirler vb., buz, kar, bulut su buharı, yeraltı suları

3 Modele görünür ve görünür olmayan su formları temsillerinin tamamı dahil edilmiştir. Örneğin; gökyüzünde, yer üstünde ve yer altında dağılmış suyun sıvı, katı ve gaz formları

Açıklayıcı süreç

0 Modelde suya odaklanan açıklayıcı süreçler yoktur.

1 Modelde sadece sıcaklığın suyun formunu değiştirdiğini veya suyun hareketine yönelik bir açıklama yapmıştır.

2 Modelde sıcaklık ve yerçekiminin suyun hareketinde nasıl ve neden etkili olduğu açıklanmıştır.

3 Modelde suyun hareketinin jeosferi nasıl şekillendirdiği ve yerçekiminin etkisiyle alüvyonların yeni yerlerde nasıl biriktiğini açıklanmıştır.

Ardışım

0 Modelde su ile ilgili çift yönlü olarak ifade edilen form değişikliği ya da su hareketi yoktur.

1 Model suyun formlarındaki değişikliklerin en az bir çift yönlü örneğini açıklar.

2 Model suyun yeryüzündeki çift yönlü olarak sergilenen en az bir hareketini açıklar.

3 Model su ve jeosfer arasında gerçekleşen çift yönlü su hareketlerinin en az bir örneğini açıklar.

Eşleştirme

0 Modelde ima edilen veya başka bir şekilde eşleştirme yok.

1 Sunulan açıklama yok veya sunulan açıklama modelle ilgili detayı açıklar ve fiziksel dünya ile nasıl ilişkili olduğunun bağlantısını göstermez. Olgu için bir mekanizma içermez. (Örnek; modeldeki noktalar yağmurdur, bu bir akarsudur vb. şeklindeki açıklamalar)

2 Açıklama, modelle bağlantısı kurulan bir tür fiziksel olguyu açıklar.

3 Açıklama, modelin fiziksel olguyla nasıl ilişkili olduğunu açıklar ve olguyu ne olduğu hakkında tam bir nedensellik kurarak modelde bağlantılandırır.

Bilimsel Prensipler

0 Model sadece insanların ne yaptıkları veya nasıl ihtiyaç duydukları açısından su ile ilgili açıklamalar sağlar. Modelde su odaklı hiçbir bilimsel ilke temsil edilmemektedir.

Örneğin; modelde insanlar veya insan yapımı araçlar kirli suyu temiz suya dönüştürür; nehirlerdeki, kuyulardaki su lavabolardan, tuvaletlerden veya küvetlerden gelir vb. açıklamalar yer alabilir. Ancak bu açıklamalar, suyun nasıl hareket ettiği veya su kalitesinin nasıl değiştiği ile ilgili süreçleri veya mekanizmaları içermez.

1 Model suyun hareketi veya su kalitesindeki değişiklikler için mekanizmalar içerir. Su toprağa süzülen veya bulutlara buharlaşan olarak tanımlanır. Bilimsel bir ilkeyi adlandırabilir, ancak bilimsel ilkenin nasıl uygulandığına dair bir anlayışı yoktur.

Örneğin; bu mekanizmalar, suyu toplayan ve tekrar düşüren yağmur bulutları, suyu filtreleyen bulutlar veya bir nehirden su tahliye eden kuyular olabildiği gibi su kalitesindeki değişikliklerin bir şeyin/ birinin "kötü" maddeleri çıkarması veya "iyi" maddeler eklemesi olarak ifade edildiği açıklamalar olabilir.

2 Model su ile ilgili mekanizmaları örneğin bir hikâye anlatır gibi sıraya koyarak açıklar.

Model bir su birikintisinden buharlaşarak atmosferdeki su buharına dönüşen suyun izini sürer, ardından suyun yoğunlaşarak bir buluta dönüştüğünü ve yere geri çökeldiğini gösterir.

Örneğin; modelde sızma, buharlaşma, yoğunlaşma ve çözünme gibi suyu ve sudaki maddeleri hareket ettiren belirli süreçleri adlandırılır. Ancak model su ve maddeleri hareket ettiren yerçekimi veya basınç gibi itici güçleri veya su ve maddelerin hareket ettiği yolları sınırlayan geçirgenlik veya yeryüzü şekilleri gibi faktörleri tanımlamaz ya da geçirgenliğin veya yeryüzü şekillerinin sızmayı veya akışı sınırlayabileceğini düşünmeden suyun sızabileceğini, buharlaşabileceğini veya akabileceğini belirleyebilir.

3 Model suyun bileşenleri ele alan bilimsel ilkeleri içerir. Model suyun belirli yolları nasıl ve neden izlediğini açıklar.

Örneğin; model hem yerçekimi veya basınç gibi suyu ve sudaki maddeleri hareket ettiren itici güçleri hem de suyun veya sudaki maddelerin nereye gidebileceğini sınırlayan yeryüzü şekilleri veya geçirgenlik gibi faktörleri birlikte içerir ve açıklar.

D
AÇIK UÇLU ANKET FORMU

Ad Soyad: **No:**

1. Modülden neler öğrendin?

2. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül sayesinde ilk kez öğrendiğin kavramlar var mı? Varsa bu kavramlar hangileri? Kısaca bu kavramları açıklayınız.

3. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül sayesinde daha iyi anladığını düşündüğün kavramlar veya süreçler nelerdir? Açıklar mısın?

4. Sosyohidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden en çok hangisini beğendin? Neden?

5. Sosyohidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız etkinliklerden beğenmediğin ya da zorlandığın etkinlik olduysa sen olsan etkinliğin nasıl olmasını isterdin?

6a. Sosyohidrolojik konu tabanlı modülü işlerken yaptığımız modellemelerin senin için faydalı olduğunu düşünüyor musun? Açıklar mısın?

6b. Modelleme yaparken nelere dikkat ettin?

7. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül sürecinde yaptığın modellemeye katkı sağladığını düşündüğün bir etkinlik var mıydı varsa nedir? Nihai modellemenden memnun musun?

8. Sosyohidrolojik konu tabanlı modül sonunda yaptığın sistemik düşünme haritasına katkı sağladığını düşündüğün etkinlik var mıydı varsa nedir?

9. Sistemik düşünme haritasını oluştururken nasıl bir yol izledin, nelere dikkat ettin?

10. Ünite ile ilgili görüşlerinizi belirtiniz.

Soruları yanıtladıktan sonra size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

☐ Sorulara vereceğim yanıtların tümünü yazı ile ifade edebildim.

☐ Sorulara vereceğim yanıtları tam olarak yazıya dökemedim, sözel olarak ifade etmek isterdim.

E
MODÜL UYGULAMASI İÇİN HAZIRLANAN DERS MATERYALLERİ VE ETKİNLİKLER

Atık su içme fikrine alışmak mı?

Yerküre üzerindeki erişilebilir tatlı su miktarı, dünyanın toplam su varlığının yüzde 1'inden bile azdır. Oysa, gıda güvenliği, ekonomik büyüme, iklim değişikliği ile mücadele gibi birçok alanın temelinde, su kaynaklarının sürdürülebilirliği yer alır.

Günümüzde ise mevcut su kaynakları hem kuraklık hem de hızlı nüfus artışı nedeniyle giderek azalmaya devam ediyorken bir de atıklar yüzünden su kaynakları kirleniyor. Kısacası su krizi patlak vermeye başladı bile… Gelecekte insanların karşı karşıya kalacağı en büyük problemin temiz içme suyu temin edebilmek olduğu belirtiliyor.

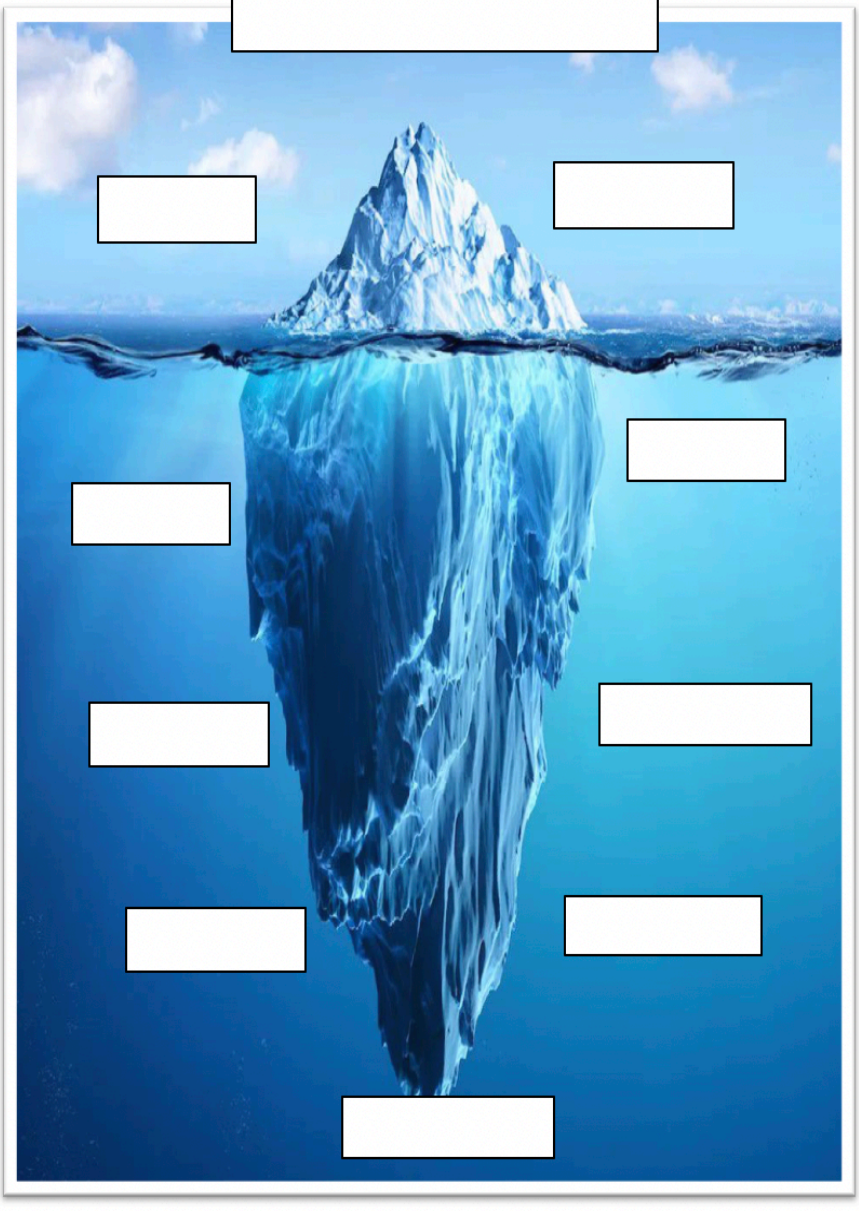
Mevcut su kaynaklarını koruyamadığımız açık, ancak kentsel yaşam koşullarımızda, sanayi, tarım ve hayvancılık faaliyetlerimizde her zaman olan suya bağımlılığımızı da değiştirmiş değiliz. Su kaynakları su ihtiyacımızı karşılayamaz hale geldi. Hatta günümüzde suyun tüketimi çok hızlı bir şekilde gerçekleştiriliyor. Bu durum bir de atık su sorununu gündeme getiriyor.

Atık su içme fikrine neden alışmak gerek? adlı bir dergi makalesi temizlenmiş atık suların yeniden kullanıma sokulması fikrine giderek alışmamız gerektiğini öne sürüyor. Makaledeki açıklamalar şu şekildedir: "Bu tür projeler "tuvaletten musluğa" adıyla anılıyor. Bazı ülkelerde, kanalizasyondaki su işlenip temizlenerek kaynak suyu kadar temiz hale getirilip yeniden kullanıma sokuyor. Fikir olarak itici gelse de geri dönüşüm yoluyla güvenli hale getirilen su normal içme suyu tadında oluyor. Singapur, Belçika, Namibya'da Windhoek ve Teksas'ta atık suyu yeniden kullanıma sokma uygulaması başlamış bulunuyor. Bugün birçok bölgede atık sular zaten tarımsal sulama ve içme suyu dışı diğer amaçlar için yeniden kullanıma sokuluyordu. Ancak içme suyu için atık suyun geri dönüştürülmesi fikri dünyanın birçok büyük kentinde yer üstü içme sularına atık suların karışıyor olması nedeniyle temiz içme suyu sorununun başlamasıyla ortaya atıldı. Bu kirli suları temiz ve güvenli hale getirmek için yapılan işlemler atık suların geri dönüşümü ile aynıdır. Yani teknolojik bakımdan sorun aynıdır. Yani bugün içmiyorsanız da yakın bir gelecekte bu suyu içiyor olacaksınız" (BBC News Türkçe, 2016).

Etkinlik Kâğıdı 1: Buzdağı

Aşağıda bir buzdağı görseli yer almaktadır. Atık su içme fikrine alışmak mı? adlı dergi makalesinde konu edilen probleme uygun olarak boşlukları doldurunuz.

Problemi belirle/Problem ne



Problemin görülen sebepleri

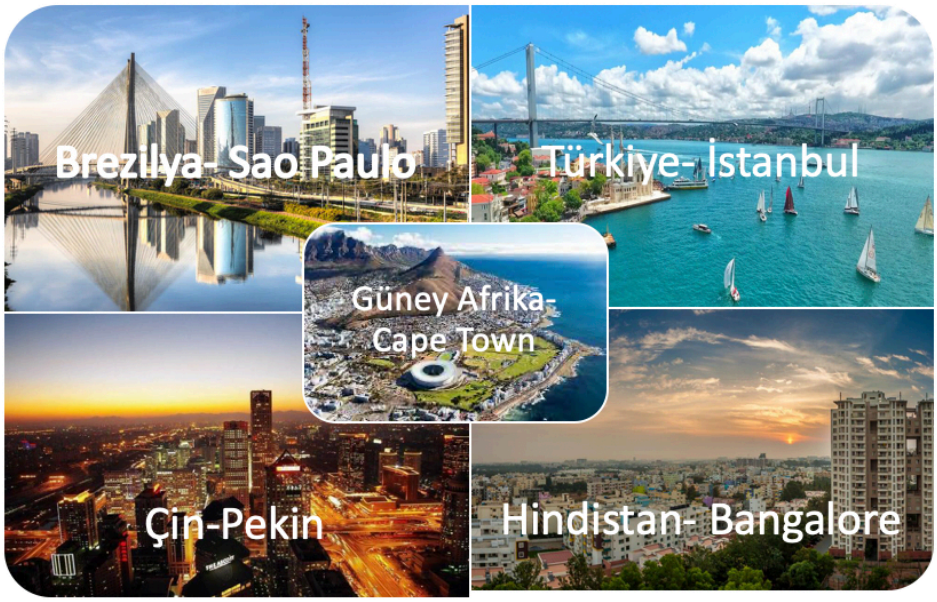
Problemin ortaya çıkmasına neden olan/ katkı sağlayan görünmeyen etmenler

Küresel Su Krizi

Korkutan açıklama: Bu şehirlerde içme suyu tükeniyor!

Birleşmiş Milletler 'in "su stresi" olarak tanımladığı rapora göre içme suyu tükenme riskiyle karşı karşıya olan şehirler açıklandı. Rapor su kıtlığının getirdiği bölgesel ve küresel risklere dikkat çekerken Türkiye'yi yüksek su stresi yaşayan ülkeler arasında saydı.

Cape Town'un dünyada suyu tükenen ve günümüzde su kaynaklarını süresiz olarak kapatmayı planlayan ilk büyük şehir olması bekleniyor. Eğer bu gerçekleşirse, 4 milyon insan suya erişemeyecek; su karneleri olacak ve insanlar suya erişebilmek için su istasyonlarında sıraya girecekler.



Brezilya'nın başkenti ve dünyanın en büyük nüfuslu 10 kentinden biri olan Sao Paulo 2015'te Cape Town'ın yaşadığına benzer bir durumla karşılaştı ve su rezervleri kapasitenin yüzde 4'ünün altına düştü. Krizin en kötü anında, kentin 20 günden az içme suyu kalmıştı. Bu duruma Brezilya'nın güneydoğusunda 2014-2017 arasında etkin olan kuraklığın neden olduğu düşünülüyordu. Ancak Sao Paulo'daki BM misyonu, yetkili makamların "düzgün planlama ve yatırım eksikliğini" eleştirdi. Su krizinin 2016'da "bittiği" sanılıyordu, ancak 2017'nin ocak ayında su rezervi beklenenin yüzde 15 altındaydı ve bu nedenle şehrin su arzı güvenliği yine şüpheli bir hale geldi.

Hindistan'ın Bangalore kentinde şehrin bir teknoloji merkezine dönüşmesinden sonra kentin su ve atık su sistemleri bu büyümeyle başa çıkmakta zorlandı. Daha da kötüsü ulusal hükümetin hazırladığı rapora göre kentin çok eski bir su sistemi tesisatına sahip olması nedeniyle kentin içme suyunun yarıdan fazlasının boşa gittiği anlaşıldı. Çin gibi büyük bir su

kirliliği sorunu yaşayan Hindistan'ın Bangalore kenti etrafındaki göllerde yapılan araştırmada suyun yüzde 85'inin sadece tarımsal sulamada ve endüstriyle soğutmada kullanılabileceği sonucuna varıldı. Tek bir gölde bile içmeye ya da yıkanmaya uygun su yoktu.

Resmi verilerine göre, Türkiye kişi başına düşen içme suyu miktarının 1.700 metreküpün altına indiği 2016'dan bu yana teknik olarak su stresi yaşıyor. Yerel uzmanlar durumun 2030 itibarıyla kötüleşip, su kıtlığı yaşanabileceği uyarısında bulunuyor. Geçtiğimiz yıllarda İstanbul gibi yoğun nüfuslu kentler, yaz aylarında su sıkıntısı yaşamaya başladı. Şehrin su rezervleri 2014'ün başlarında kapasitenin yüzde 30'unun altına düştü.



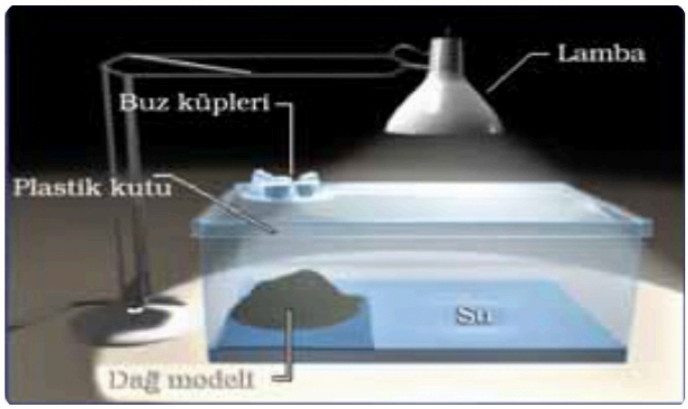
Dünya Doğal Kaynaklar Enstitüsü (WRI), su kıtlığı ve kuraklık görülen bölgeleri gösteren su riski atlasında kapsamlı bir harita yayımladı. Buna göre dünyanın yaklaşık dörtte birinde kuraklık ve su sıkıntısı görüldüğü belirtiliyor. Araştırma verilerine göre yapılan listede Türkiye en çok su sıkıntısı çeken dünyadaki 32'inci ülke. Bunun yanında, yapılan haritada Türkiye topraklarının yarısında aşırı yüksek ya da yüksek derecede su sıkıntısı çekildiği belirtiliyor (Congar, 2019).

Tablo 1. Dünya'da su sıkıntısı çeken ülkeler (Dünya Doğal Kaynaklar Enstitüsü, 2019).



Etkinlik Kâğıdı 2:

Su Döngüsü Deneyi



Aşağıda verilen soruları yaptığınız Su döngüsü deneyine göre cevaplayınız.

1. Etkinlikte kullanılan malzemelerden hangisi enerji kaynağı olarak kullanılmıştır? Etkinlikte enerji kaynağı olarak kullanılan malzeme su döngüsünde neyi temsil eder?

2. Etkinliğin hangi aşamasında buharlaşma ile karşılaşılmıştır?

3. Suyun yoğunlaşması hangi aşamada, nasıl gerçekleşmiştir?

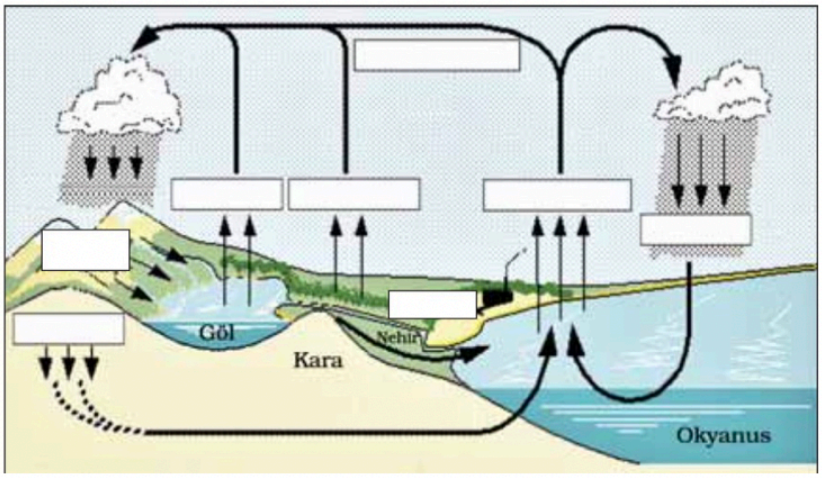
4. Su döngüsünün hangi aşamaları bu etkinlikte gösterilememiştir?

5. Bu etkinlikte terlemeyi nasıl gösterebiliriz?

6. Yoğunlaşma buz olmadan gerçekleşebilir miydi? Buz, bu durumu nasıl etkilemiştir?

SU DÖNGÜSÜ ÇALIŞMA KAĞIDI

1. Aşağıda verilen görselde boş bırakılan kutucuklara su döngüsünde yer alan süreçleri yazınız.



2. Su döngüsünün belli bir başlangıç noktası var mıdır?

3. Su döngüsünü harekete geçiren etki nedir?

4. Su, su döngüsünü terk edebilir mi?

5. Su döngüsünde yer alan pek çok süreçten en önemli beş süreç hangileridir?

6. Su döngüsü nasıl gerçekleşir?

7. Su döngüsü sırasında su nerede depolanır?



Su döngüsü hangi faktörlerden etkilenir?



- Su döngüsü süreçlerini hangi faktörler etkiler?
- Bu faktörlerin su döngüsünü nasıl etkilediğini ilişkisel olarak gösterin.

Hatırlatma: (+) pozitif ilişkiyi, (-) negatif ilişki gösterir.



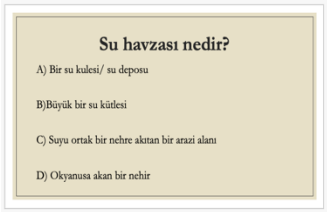
1



2



3



4



5



6



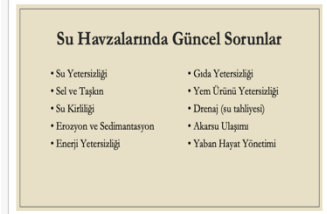
7



8



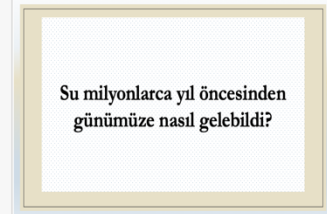
9



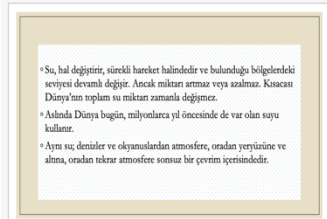
10



11



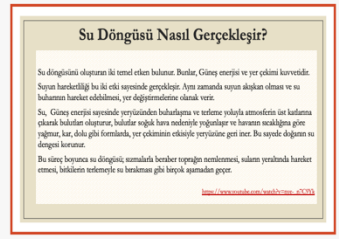
12



13



14



15



16



17



18

Değerlendirme sorusu

- Spreç yardımıyla alüminyum folyonun bir yüzeyine püskürtüldüğün sıvının hareketi nasıldır?

a)Yüzeyden yukarı

b)Yüzeyden aşağı

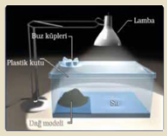
c)Yüzeyde kaldı

Suyun hareketini sağlayan kuvvet nedir?



19

Etkinlik: Su Döngüsü



Yanıtı:

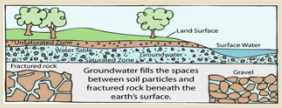
1. Hamuru kullanarak bir dağ oluşturunuz.
2. Dağı kapaklı plastik kutunun içine, okyanusun olacağı yere, tabanı aşağı gelecek şekilde yerleştiriniz.
3. Dağın 1/4'ünü kadar okyanus tabanını suyla doldurunuz.
4.Plastik kutunun kapağını kapatınız.
5.Tıkağı dağın üzerine gelecek şekilde kapağın üstüne yerleştiriniz.
6.Tıkağın içine buz küplerini yerleştiriniz.
7.Lambayı buz parçacıklarından uzağa, suyun yüzeyini aydınlatacak şekilde kutunun üzerine yerleştiriniz.

20



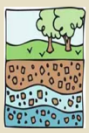
21

- **Yeraltı suyu** , toprak, kum ve kayadaki çatlak ve boşluklarda yeraltında bulunan sudur. Akifer adı verilen jeolojik toprak, kum ve kaya oluşumlarında depolanır ve yavaşça hareket eder.



22

Akiferler



Akiferler tipik olarak çakıl, kum, kumtaşı veya kireçtaşı gibi kırık kayalardan oluşur. Su, bu malzemelerin içinden geçebilir çünkü onları geçirgen kılan geniş bağlantılı boşluklara sahiptirler. Yeraltı suyunun akış hızı, toprak veya kayadaki boşlukların boyutuna ve boşlukların ne kadar iyi bağlandığına bağlıdır.

Yeraltı suyu hemen hemen her yerde bulunabilir. Su tablası derin veya sığ olabilir; ve birçok faktöre bağlı olarak yükselebilir veya düşebilir. Şiddetli yağmurlar veya eriyen karlar su tablasının yükselmesine neden olabilir veya yeraltı suyu kaynaklarının yoğun şekilde pompalanması su tablasının düşmesine neden olabilir.

23

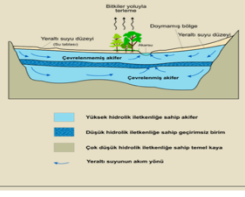
Yeraltı suyu kaynakları, toprak yüzeyinin altındaki çatlaklara ve yarıklara uzun yağmur ve kar erimesiyle yenilenir veya **yeniden doldurulur.** Dünyanın bazı bölgelerinde, yeraltı suyu doğal olarak yenilendiğinden daha hızlı kullanıldığı için insanlar ciddi su kıtlığı yaşıyor. Diğer alanlarda yeraltı suyu insan faaliyetleri ile kirlenmektedir.

Akiferlerdeki su, bir kaynak yoluyla doğal olarak yüzeye çıkar veya göllere ve akarsuların boşaltılabilir. Yeraltı suyu ayrıca akifere açılan bir kuyudan da çıkartılabilir. Kuyu, yer altı suyuyla dolan yerdeki bir borudur. Bu su bir pompa ile yüzeye çıkartılabilir. Su tablası kuyunun tabanının altına düşerse suğ kuyular kuruyabilir. Arteziyen kuyusu olarak adlandırılan bazı kuyular, suyu kuyudan yukarı ve dışarı zorlayan doğal basınçlar nedeniyle pompaya ihtiyaç duymazlar.

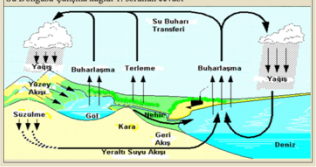
Akiferin üzerindeki malzemenin geçirgen olduğu alanlarda, kirleticiler kolayca yeraltı suyu kaynaklarına girebilir. Yeraltı suları, çöplükler, septik tanklar, sızdıran yeraltı gaz tankları ve aşırı gübre ve pestisit kullanımından dolayı kirlenebilir. Yeraltı suyu kirlenirse, içmek artık güvenli olmayacaktır.



24



25



26

- Hidrolojik döngünün başlangıcı ve sonu yoktur.
- Atmosferik: Yağış, Bulutlar, Buhar Terleme, bitkiler tarafından tutulması
- Yüzeyde: akarsu ve göller akış
- Yüzeyaltında:infiltrasyon, zemin nemi ve yeraltısuyu
- Depolama: Buzullar, rezervuarlar (baraj, gölet), akiferler

27



28

Su kaynakları hakkında sonuçlar

Su kaynaklarımız baskı altındadır. Buna rağmen, mevcut su miktarı ve kalitesine, bu mevcudiyetin zamanla ve bir yerden diğer bir yere nasıl değiştiğine ilişkin daha güvenilir bilgilere ihtiyaç vardır. İnsan faaliyetleri su döngüsünü birçok şekilde etkilemektedir. Bu yönetmiz su kaynaklarını sorunlu ve sürekli bir şekilde yönetmek için belirlemeli ve anlaşılmalıdır.

- İklim değişiklikleri su kullanılabilirliğini etkilemektedir.
- Kirlilik, su yönetimi değiştirme ve su bolluğu hakkındaki belirsizlikler ekonomik büyümeyi, çevreyi ve sağlığı tehdit etmektedir.
- Yeraltı suları çoğu kez aşırı kullanılmakta ve kirlenmektedir.
- Su rezervini artırmak için, geleneksel yöntemler – örn. yağmur suyu toplama – artık, tuz giderme ve suyun yeniden kullanımı gibi daha yeni teknolojiler ile desteklenmektedir.
- Su yönetimi ve kullanımı hakkında daha iyi karar vermeyi mümkün kılan bilgilerin toplanmasını artırmak için siyasi destek gerekliidir. yağışıyla ortaya çıkar. Yeraltı suyu. — Dünya yüzeyinin altında toprak parçaları ve kaya tabakaları arasında bulunan su.

29

Su kirliliği

- Su kirliliği; göl, nehir, okyanus, deniz ve yeraltı suları gibi su bannndıran havzalarda görülen kirliliğe verilen genel addır.
- Her çeşit su kirliliği, kirliliğin bulunduğu havzasını çevresinde veya içinde yaşayan tüm canlıların zarar verdiği gibi, çeşitli ürünler ve hizmetçik topluluklarını yok olmasına ortam hazırlar.
- Su kirliliği, içinde zararlı bileşenler bannndıran atık suların, yeterli arıtım işleminden geçirilmeksizin havzaların boşaltılmasıyla meydana gelir.



arıtılmamış lağım ve sanayi atıklarının dökülüdüğü bir nehir

30

Su kaynakları nasıl kirlenir?

- Temiz tatlı su, yaşamlarımız ve bağlı olduğumuz birçok bitki ve hayvan için hayati öneme sahiptir. Çoğu insan su kirliliğinin doğrudan bir fabrikadan veya bilinen başka bir kaynaktan geldiğini düşünür; bu, "nokta kaynaklı kirlilik" olarak bilinen bir kirlilik türüdür. Çıkarılan yasalar nedeniyle, bu kirlilik kaynaklarının çoğu eylemlerini temizledi.

- Bugün en büyük kirlilik kaynağı insanoğludur. Bu tür kirlilik, tek bir kaynağı kadar izlenemediğinden "noktasal olmayan kaynak kirliliği" olarak bilinir; Ne kadar kirliliğin nereden geldiğini söyleyemeyiz. Etrafında sorunda su yollarımızda ortaya çıkan noktasal olmayan kirlilik türleri arasında yağmur kanallarına dökülen kullanılmış yağlar, inşaat alanlarından rıkanan topraklar, restoranlardan gelen yağlar, sokakta temizlenen boya fırçaları veya çiftlik tarlalarından ve şehir cimenlerinden rıkanan gübre ve böcek ilaçları yer alır. Bu nedenle, eylemlerimizi temizlemek ve bu tür kirliliği nasıl önleyeceğimizi öğrenmek hepimiz için çok önemlidir.

31

Su kaynakları nasıl kirlenir?

- "Su kirliliği nasıl oluşur?" diye sorduğumuzda oluşum açısından hem yeraltı hem de yeryüzü su kirliliğinin ne olduğunu bilmemiz gerekir.
- Yeraltı sularının kirlenmesi, yağmur sularının toprağa düşüp alt katmandaki temiz suya geçmesiyle başlar. Kanalizasyon sularının, evsel atıkların, endüstriyel atıkların bilinçsizce ve plansız bir şekilde toprak altındaki su kütlesini kirletmesi de başka bir kirlilik kaynağı olarak söyleyebileceğimiz etkenlerdir.
- Yeryüzündeki temiz suların kirlenmesi söz konusu olduğunda da durum aslında yeraltı sularının kirlenmesinden farklı değildir. Hızlı ve plansız şehirleşme, artan nüfus, sanayileşme ve buna bağlı endüstriyel atıkların artışı; su kirliliği nedenleri başında gelir.

32

Yeryüzü ve yeraltı sularının kirlenmesinin nedenleri

- Böcek ilaçları, kimyasal gübreler
- Kanalizasyon sistemlerinden sızan akıntılar
- Geri dönüştürülemeyen atıklar
- Benin atıklar
- Ağır metaller
- Fabrikalardan ve çiftliklerden sulara zehirli maddeler
- Yanlış ve kontrolsüz aşkeri kullanılan atık sabunlar
- Gemilerin yakıt tüketimi vb. faktörler.

33

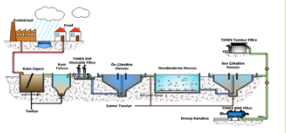
Atık sularla mücadele

- **Filtrasyon**, istenmeyen kimyasalları, malzemeleri ve biyolojik kirleticileri kirlenmiş sıvıdan uzaklaştırmanın fiziksel işlemidir.
- **Arıtma**, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla kirli sudan istenmeyen kimyasalları, malzemeleri ve biyolojik kirleticileri uzaklaştırma işlemidir.



34

Atık Suların Arıtılması



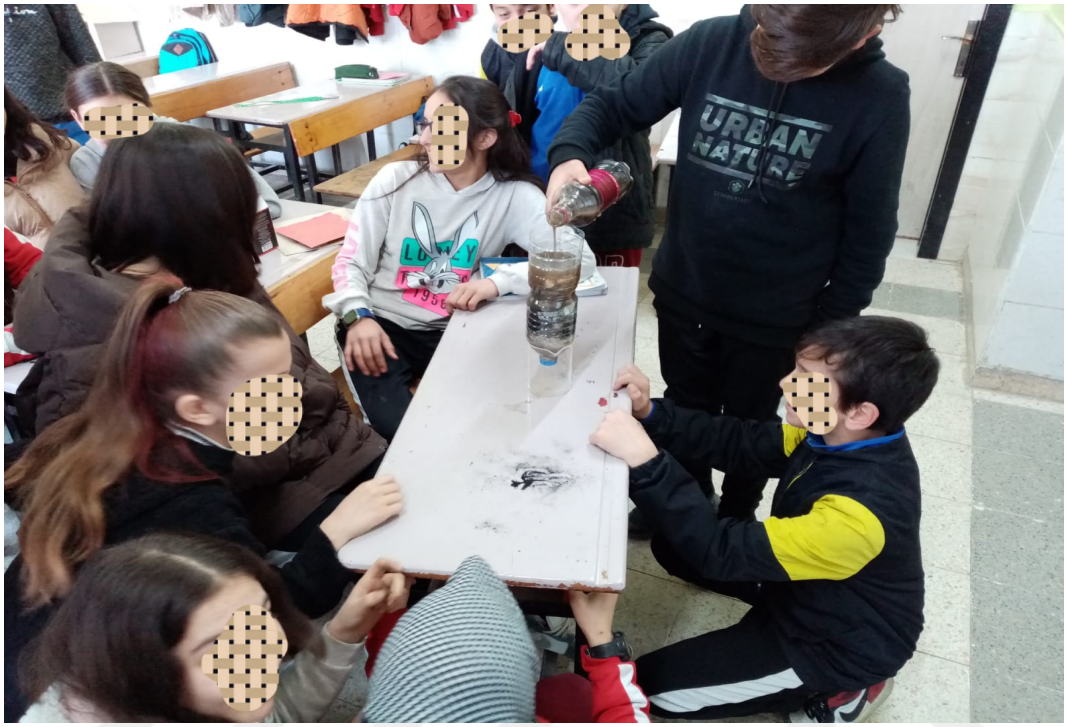
35

Su Sorununun, Su Hakkı ve Su Etiği Çerçevesinde Değerlendirilmesi

- Su kaynakları kısıtlıdır ve insan kaynaklı bir çok olumsuz etkiye maruz kalmaktadır. evsel atıklardan kaynaklı kirleticilerden, daha büyük etkiye sahip kimyasal ve nükleer kirletmeye kadar birçok etkiyi su kaynaklarını kirletir. Oluşan bu durum ise birçok çevresin su hakkı konusuna odaklanmamıza neden olmuştur. Su hakkı, insanların sağlıklı ve ekonomik anlamda uygun olan suya erişebilme hakkıdır. Bu hakkı anlatmak istenen, sadece insanlara has bir hak olmayıp, tüm canlı varlıkları da kapsadığıdır. Su kaynaklarının ölçülegirilmesi bakan tartışmaların konu olmaktadır. Bu tartışmaların ise konusu, suyun ölçülegirildiği taktirde, insanların sahip olduğu bu hakkı kullanamayacağı ve suyun kamusal bir değer olarak kalması gerektiği yönünde şekillenmesidir.

36

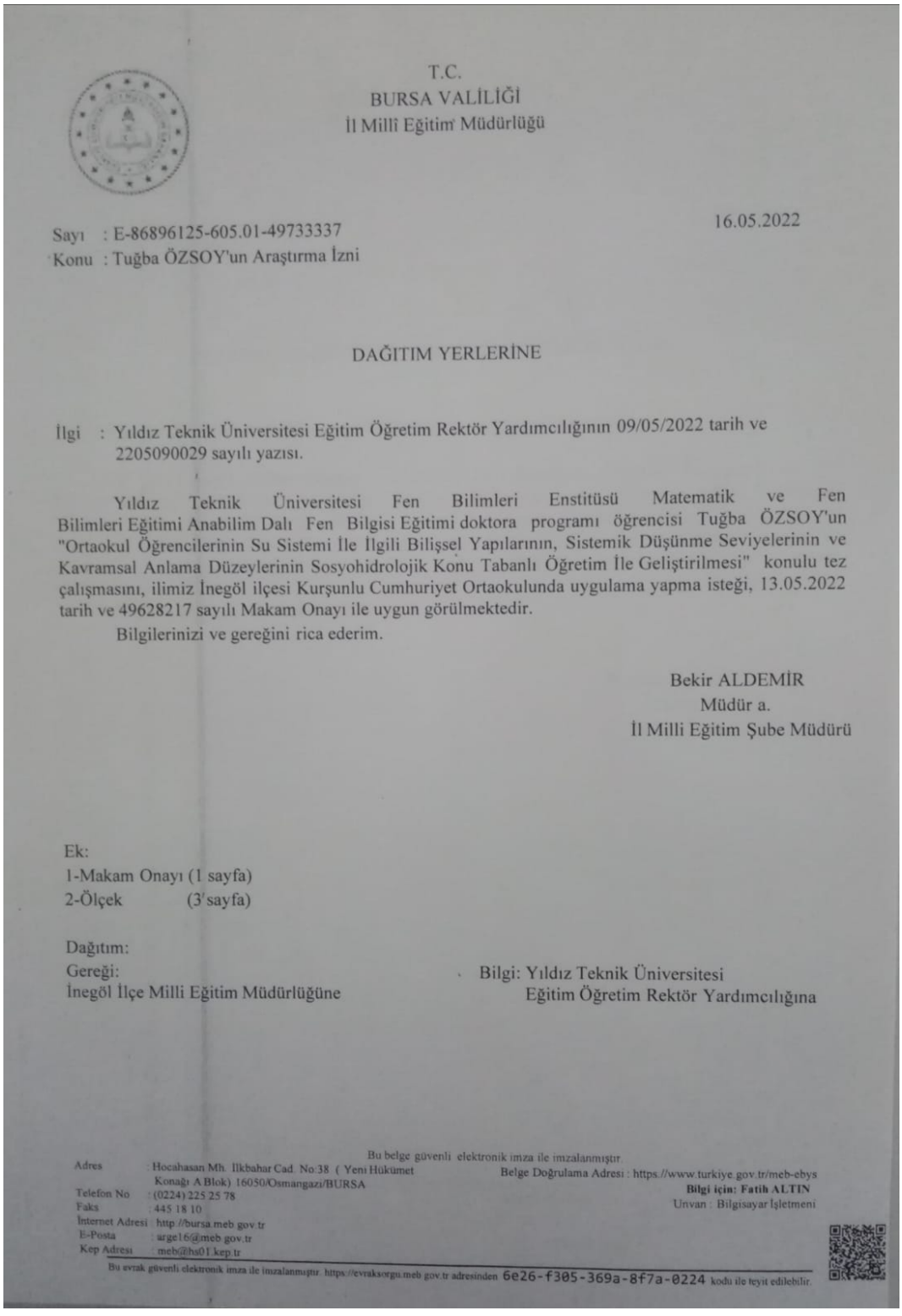
F
DENEYSEL ETKİNLİK FOTOĞRAFLARI







G
RESMİ İZİN



T.C.
BURSA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-86896125-605.01-49733337
Konu : Tuğba ÖZSOY'un Araştırma İzni

16.05.2022

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : Yıldız Teknik Üniversitesi Eğitim Öğretim Rektör Yardımcılığının 09/05/2022 tarih ve 2205090029 sayılı yazısı.

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi doktora programı öğrencisi Tuğba ÖZSOY'un "Ortaokul Öğrencilerinin Su Sistemi İle İlgili Bilişsel Yapılarının, Sistemik Düşünme Seviyelerinin ve Kavramsal Anlama Düzeylerinin Sosyohidrolojik Konu Tabanlı Öğretim İle Geliştirilmesi" konulu tez çalışmasını, ilimiz İnegöl ilçesi Kurşunlu Cumhuriyet Ortaokulunda uygulama yapma isteği, 13.05.2022 tarih ve 49628217 sayılı Makam Onayı ile uygun görülmektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Bekir ALDEMİR
Müdür a.
İl Milli Eğitim Şube Müdürü

Ek:
1-Makam Onayı (1 sayfa)
2-Ölçek (3 sayfa)

Dağıtım:
Gereği:
İnegöl İlçe Milli Eğitim Müdürlüğüne

Bilgi: Yıldız Teknik Üniversitesi
Eğitim Öğretim Rektör Yardımcılığına

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Adres : Hocahasan Mh. İlkbahar Cad. No:38 (Yeni Hükümet Konağı A Blok) 16050/Osmangazi/BURSA
Telefon No : (0224) 225 25 78
Faks : 445 18 10
İnternet Adresi : http://bursa.meb.gov.tr
E-Posta : arge16@meb.gov.tr
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr
Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi için: Fatih ALTIN
Unvan : Bilgisayar İşletmeni
Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 6e26-f305-369a-8f7a-0224 kodu ile teyit edilebilir.

H
ETİK KURUL ONAY BELGESİ

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu

Toplantı Tarihi: 28.02.2022 **Toplantı No:** 2022.02

SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU TOPLANTI KARARI

Yürütücülüğünü Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mustafa Sami Topçu danışmanlığında lisansüstü öğrencisi TUĞBA ÖZSOY tarafından yapılacak olan "Ortaokul Öğrencilerinin Su Sistemi İle İlgili Sistemik Düşünme Seviyelerinin Ve Kavramsal Anlama Düzeylerinin Sosyo Hidrolojik Konu Tabanlı Modül İle Geliştirilmesi" adlı çalışma ve bu çalışmada kullanılacak veri toplama araçları ve yöntemlerine ilişkin bilgilerde etiğe aykırı herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

Etik Kurul Üyeleri

Prof. Dr. Murat DONDURAN
Başkan

Prof. Dr. Ali ERYILMAZ
Üye

Prof. Dr. Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK
Üye

Doç. Dr. Mehmet Emin KAHRAMAN
Üye

Doç. Dr. Senay OĞUZTİMUR
Üye

Doç. Dr. Yasin ŞEHİTOĞLU
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Güzin AKYILDIZ
Üye

Taş Bina A-2013 Oda Davutpaşa Kampüsü Esenler/İstanbul Tel: (0212) 383 31 18
E-posta: sbemdr@yildiz.edu.tr - Web: sbe.yildiz.edu.tr
Rapor Doğrulama Adresi: "etik.yildiz.edu.tr/dogrula" Rapor No: 20220200191 Doğrulama Kodu: 8c327

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Kongre Bildirileri

1. Özsoy, T. ve Topçu M.S. (2025, May 17-19). *Fen Bilimleri Dersinde Model Tabanlı Açıklamaları Kullanan 7. Sınıf Öğrencilerinin Su Sistemi ile İlgili Kavramsal Anlamalarının İzlenmesi*. 5th International Conference on Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education, Balıkesir, Türkiye.

2. Özsoy, T. ve Topçu M.S. (2025, May 23-25). *7. Sınıf Öğrencilerin Su Sistemine Yönelik Sistem Perspektiflerinin İncelenmesi.* 4. Lisansüstü Öğretmen Çalışmaları Kongresi (LOCK), İstanbul, Türkiye.

Makale

1. Özsoy T. ve Topçu M.S. (2025). The Development of School Students' Systems Thinking about Water Systems via an Educational Intervention. *Journal of Human and Social Sciences*, *8*(2), 268-312.