

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLKÖĞRETİM ANABİLİM DALI FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI

İLKÖĞRETİM FEN VE TEKNOLOJİ DERSİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ
YAKLAŞIMININ TUTUMA, BAŞARIYA VE FARKLI BECERİLERE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Hasret NUHOĞLU

ANKARA-2008

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLKÖĞRETİM ANABİLİM DALI FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI

İLKÖĞRETİM FEN ve TEKNOLOJİ DERSİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ
YAKLAŞIMININ TUTUMA, BAŞARIYA VE FARKLI BECERİLERE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Hasret NUHOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Necati YALÇIN

ANKARA-2008

Gazi Üniversitesi

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Hasret Nuhoglu'na ait, "İLKÖĞRETİM FEN ve TEKNOLOJİ DERSİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMININ TUTUMA, BAŞARIYA VE FARKLI BECERİLERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI" isimli çalışma jürimiz tarafından Fen Bilgisi Öğretmenliği Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı): Prof Dr. Necati YALÇIN

Üye: Prof Dr. Rahmi YAĞBASAN

Üye : Prof Dr. Selma MOĞOL

Üye : Prof Dr. Mustafa KURU

Üye : Prof Dr. Mustafa AYDOĞDU..

TEŞEKKÜR

Yoğun çalışmalardan ve büyük emeklerden sonra, tezimi sevinç içerisinde bitirirken bana destek olan ve yardımlarını, tecrübelerini esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımın başladığı günden bu yana, tezimin her aşamasında; derin bilgi ve becerilerinden, senelerin verdiği tecrübesinden, sabır ve hoşgörüsünden yararlandığım, umutsuzluğa düştüğüm durumlarda eşsiz enerjisiyle bana moral veren, nasihatlerde bulunarak geleceği daha iyi görmeme yardımcı olan danışmanım, hocam, sayın Prof. Dr. Necati Yalçın'a,

Tez çalışmamı dikkatle inceleyen ve olumlu eleştirileri ile destek veren Tez izlem Komitesi üyeleri, Prof Dr Rahmi Yağbasan ve Prof Dr.Selma Moğol'a,

Farklı bir alanda çalıştığı ve çok yoğun olduğu halde tezime zaman ayıran ve tezimi özenle inceleyip yol gösteren sayın Prof. Dr. Yaman Barlas'a, sistem dinamiği dersi ile tanıştığım, tezimle ilgili fikirleri ile destek olan Doç Dr. Ali Kerem Saysel'e,

Ölçme ve değerlendirme araçlarının geçerlik-güvenirlilik çalışmaları için olanak sağlayan 2007-2008 öğretim yılında İstanbul il merkezinde öğrenim gören ilköğretim öğrencilerine, tezimin deneysel uygulamasında kilit noktası olan deney ve kontrol grubundaki öğrencilere ve fen ve teknoloji öğretmenleri Gül Görgülü ve Bekir Arslan'a ve okul idarecilerine,

Hayatla ilk tanıştığım andan bu yana hayatımın her saniyesinde, destekçim olan biricik babama, tezimi hazırlarken yoğun çalışmalarım arasında bana ümit, sevgi aşıl原因an canım kardeşlerim Fatma ve Hatice'ye, kayınvalidem Prof Dr Asiye Nuhoğlu'na,

Sistem dinamiği ile beni tanıştıran, tezimin hemen hemen her noktasında ilginç ve sıradışı fikirler sunarak ufkumu genişleten, istatistiksel analizler konusunda destek olan sevgili eşim Mert Nuhoğlu'na,

Gülücükleriyle bana ilham veren, güleryüzlü oğlum Özgür Emin'e ve

Uzaklarda bir yerde olduğu halde, aldığım her nefeste, sevgisini ve sıcaklığını yanımda hissettiğim, anneciğime sonsuz teşekkürler...

ÖZET

İLKÖĞRETİM FEN VE TEKNOLOJİ DERSİNDE SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMININ TUTUMA, BAŞARIYA VE FARKLI BECERİLERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Doktora Tezi

Hasret Nuhoğlu

Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Kasım, 2008

Sistem dinamiği, sebep-sonuç ilişkileri ve bunların altında yatan matematiksel mantığı, zaman gecikmelerini ve geribesleme döngülerini içeren bir sistemi analiz etmek için tasarlanmış bir öğretim ve öğrenme yöntemidir. Sistem dinamiği çalışmaları, mühendislik, işletme yönetimi, ekonomi ve fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilim alanlarında önemli gelişmelere sebep olmuştur. Bu gelişmelerden etkilenen araştırmacılar eğitimin kalitesini artırmak amacıyla sistem dinamiği yaklaşımını eğitim alanlarına da uygulamaya başlamışlardır. Sistem dinamiğine dayalı ilk eğitim bilimi çalışmaları, bu sahada da ciddi sonuçlar elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı okullarda, öğrenciler, okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürütmüşler, zaman zaman kendi velilerini de ders projelerine katacak kadar müfredata ilgi duyar hale gelmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı; 1) sistem dinamiği yaklaşımını ilköğretim 7. sınıf fen ve teknoloji dersinde uygulamak, 2) uygulamada karşılaşılan sorunları tespit etmek, 3) öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarını, problem çözme becerilerini, başarılarını, grafik çizme ve analiz etme becerileri ile sebep-sonuç ilişkisini anlama becerilerini geliştirmek, 4) öğretmen ve öğrenciler için etkili bir öğrenme ve öğretim aracı sağlamak, 5) sistem dinamiği yaklaşımının yapılandırmacı öğrenmeye katkısını araştırmaktır.

Araştırmanın örneklemini 2007-2008 öğretim yılının güz döneminde İstanbul il merkezindeki iki farklı okulda öğrenim gören 81 ilköğretim 7. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır.

Araştırmada ön test-son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Sistem dinamiği yaklaşımı ile desteklenmiş standart müfredatın uygulandığı grup deney, standart müfredatın uygulandığı grup kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Araştırmaya katılımcıların seçimi rastgele (random) olarak yapılmış, deney ve kontrol grupları denk gruplar olarak belirlenmiştir. Başlangıçta deney ve kontrol grubundaki öğrenciler sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularını mevcut müfredata göre işlemişlerdir. Daha sonra deney grubundaki öğrenciler konuları sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yaparak pekiştirirken, kontrol grubundaki öğrenciler konuyla ilgili alıştırmalara ve örnek soru çözümlerine çalışarak öğrendiklerini pekiştirmişlerdir.

Çalışmanın alt problemlerini tespit etmek için sekiz farklı ölçme aracı kullanılmıştır. Fen ve Teknoloji dersi Tutum Ölçeği, Bilimsel Başarı Testi (BBT), Sebep - Sonuç İlişkisi Ölçeği, Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği, Problem Çözme Becerisi Envanteri, Sistem Dinamiği Kavram Testi, Öğrenci Profili Belirleme Anketi ve Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği (YÖÖÖ). Bu ölçme araçlarından problem çözme becerisi envanteri ve YÖÖÖ haricindeki diğer 6 ölçek araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Hepsi için 6.,7. ve 8. sınıflarda geçerlilik çalışması yapılmıştır. Bu ölçme araçlarından elde edilen veriler, betimsel istatistik, bağımlı ve bağımsız t- testi ile analiz edilerek yorumlanmıştır. Sonuçlar .05 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

Yapılan istatistiki çalışmalar sonucunda; deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine, sebep-sonuç ilişkisini anlayabilmeye (sebep1 ölçeği) ve grafik çizme-analiz etme becerisine (grafik 1 ölçeği) yönelik tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Bilimsel başarı testinden elde edilen sonuçlara göre, her iki gruptaki öğrencilerin başarılarında bir

artış olduğu fakat, sistem dinamiği yaklaşımının başarıya daha fazla etki ettiği görölmüştür. Ayrıca sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilere, problem çözme becerisi, grafik çizme ve analiz etme becerisi (grafik 2) ile sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi (sebepe 2) kazandırma noktasında katkıda bulunmuştur. Deneysel çalışma sonrasında, öğrenciler, sistem dinamiği sınıfının daha yapılandırıcı bir öğrenme ortamı oluşturduğunu düşünmektedirler.

İstatistiksel analizlerden elde edilen sonuçları; öğrencilerle yapılan görüşmeler, araştırmacı tarafından yapılan gözlemler ve öğretim sürecinde kayıt edilen öğrencilerin geliştirdiği modellerden (EK-15) elde edilen sonuçlar da desteklemektedir.

Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki; sistem dinamiği, olaylara sistem düşüncesiyle yaklaşır, olaylar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini, geribesleme döngülerini matematiksel bir mantık çerçevesinde bir benzetim programı ile yapılandırarak kalıcı öğrenmeye yardımcı bir yaklaşımdır.

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE SYSTEM DYNAMICS APPROACH ON STUDENTS' ATTITUDE, SCIENTIFIC SUCCESS AND DIFFERENT SKILLS IN MIDDLE SCHOOL SCIENCE AND TECHNOLOGY COURSE

Ph. D Thesis

Hasret Nuhoğlu

Gazi University Institute of Science Education

November, 2008

System dynamics is a well formulated teaching and learning methodology for analyzing a system that includes cause-effect relationships and their underlying mathematics and logic, time delays, and feedback loops. System dynamics studies caused important changes in the fields of engineering, management, economy, physics, chemistry and biology. Having inspired by these successful policy changes in lots of fields, the system dynamics researchers targeted to apply the system dynamics approach in the educational fields too. First educational applications showed that important improvements can be obtained in this field as well. The students in the schools, where system dynamics approach is used, run voluntary projects in relation with their school courses even after the school time. Also the students became so enthusiastic with the subjects that they made their parents to take part in the projects.

The aim of this study is to 1) apply system dynamics approach in 7th grade middle school students in science and technology course, 2) determine the problems in field application, 3) improve the students' attitude towards course and some skills such as problem solving, understanding the causal relationship and graphing with analyzing the relationship, 4) provide an effective learning and teaching tools for students and teachers. Another aim of this study is to investigate how system dynamics approach help constructivism.

In this study the sample consisted of 81 (40 in experimental group, 41 in control group) 7th grade students who were studying in different two middle schools in İstanbul. The research was applied in fall semester of 2007-2008 academic year.

The experimental design with pre-post test with control group is applied in this research. Independent variable is “system dynamics approach”. Whereas experimental group was taught with system dynamics approach, control was taught with standard syllabus. The students in experimental and control group were selected randomly. The teaching of the curriculum material was the same for both control and experimental groups. The topics of spring mass systems, work, energy, energy sorts and energy conservations were taught. There were four study hours available in each week. Two of them were used for the teaching of curriculum material in both control and experimental groups. Remaining two hours were used for exercises in control group whereas these hours were used for system dynamics approach in experimental group.

In order to assess the sub problems of the study, eight assessment tools are used: Science and Technology Course Attitude Scale, Scientific Success Test, Cause-Effect Relationship Scale, Graphing and Analyzing Skills Scale, Problem Solving Skills Inventory, system dynamics concept test, identifying students’ profile inventory and constructivist learning environment scale. The data obtained through these evaluation tools are analyzed by statistically. The statistical models were used to analyze the data are descriptive statistics, dependent and independent t-tests. The meaningful level of the results was accepted .05.

In the boundaries of this research, system dynamics approach had no effect in the following attitudes: perceived understanding causality relationships (causality 1 scale), perceived graphics drawing and reading ability (graphics 1 scale), perceived interest into science and technology course. Scientific success tests show that students had a higher success when supplementary material is taught with system dynamics approach. Control group’s post-tests show an increase as well in comparison to their pre-tests. System dynamics approach is consistent with

constructivist method and is an effective supplementary method to reinforce constructivist learning. It is reasonable to conclude that system dynamics approach has a positive impact on the ability of understanding causality relationships, graphing and analyzing and problem solving. The experiment showed that system dynamics approach has a significant improvement in these abilities. Students think that system dynamics approach provide a learning environment which is more constructivist.

Apart of the quantitative analysis, the qualitative analysis such as interviews, observations and recordings of system dynamics models, that is done at the application process supports these facts.

Thus the results of this study show that system dynamics is an education approach that helps long term learning. It achieves this by letting the students to reflect about the events in a systems thinking perspective and to construct cause and effect relationships and feedback loops with the help of a mathematical simulation tool.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	VII
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVII
1. BÖLÜM: GİRİŞ.....	1
1.1. PROBLEM DURUMU	2
1.2. PROBLEM CÜMLESİ.....	8
1.3. ALT PROBLEMLER	8
1.4. VARSAYIMLAR	9
1.5. ARAŞTIRMANIN AMACI	10
1.6. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ.....	11
1.7. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE SINIRLILIKLARI	12
2. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	15
2.1. SİSTEM DÜŞÜNCESİ	15
2.1.1. <i>Sistem Kuramı ile Dinamik Kavramı Arasındaki İlişki</i>	15
2.1.2. <i>Karmaşık Sistemler</i>	17
2.2. SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMI.....	19
2.3. SİSTEM DİNAMİĞİNİN TEMEL ELEMANLARI.....	22
2.3.1. <i>Stok ve akış değişkenleri</i>	22
2.3.2. <i>Geribesleme Döngüleri</i>	24
2.3.3. <i>Doğrusal Olmayan Bağlantılar</i>	28
2.3.4. <i>Bilgisayar Benzetimi (Simülasyonu)</i>	28
2.4. SİSTEM DİNAMİĞİ YAKLAŞIMINDA, ZİHİNSEL MODELLER VE BENZETİM (SİMÜLASYON) MODELLERİNİN İLİŞKİSİ	29
2.5. SİSTEM DİNAMİĞİ YAZILIM PROGRAMLARI	30
2.5.1. <i>STELLA (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation)</i>	31
2.6. SİSTEM DİNAMİĞİ ARAÇLARI	32
2.6.1. <i>Stok/Akış Diyagramları</i>	32
2.6.2. <i>Davranışın Zamana Bağlı Değişim Grafikleri</i>	33
2.6.3. <i>SebeP-Sonuç Döngü Diyagramları</i>	34

2.7.	EĞİTİM ÇALIŞMALARINDA SİSTEM DİNAMİĞİ.....	35
2.7.1.	<i>Sistem Dinamiği Tabanlı Müfredat Projeleri</i>	38
2.7.2.	<i>K-12 Eğitim Projeleri</i>	41
2.8.	SD YAKLAŞIMININ YENİ MEB MÜFREDATINDA UYGULANABİLİRLİĞİ.....	42
2.9.	İLGİLİ LİTERATÜR.....	45
3.	BÖLÜM: ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	61
3.1.	ARAŞTIRMADA KULLANILAN YÖNTEM	61
3.2.	ARAŞTIRMANIN MODELİ VE DENEYSSEL DESENİ	62
3.3.	ARAŞTIRMANIN EVREN VE ÖRNEKLEMİ	63
3.4.	ARAŞTIRMAYA KATILAN KATILIMCILARIN PROFİLİ	64
3.5.	VERİ TOPLAMA TEKNİK VE ARAÇLARI	65
3.5.1.	<i>Fen ve Teknoloji Dersi Tutum Ölçeği</i>	67
3.5.2.	<i>Bilimsel Başarı Testi</i>	74
3.5.3.	<i>Sebeup - Sonuç İlişkisi Ölçeği</i>	78
3.5.4.	<i>Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği</i>	80
3.5.5.	<i>Problem Çözme Becerisi Envanteri</i>	83
3.5.6.	<i>Sistem Dinamiği Kavram Testi</i>	87
3.5.7.	<i>Öğrenci Profili Belirleme Anketi</i>	88
3.5.8.	<i>Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği</i>	88
3.5.9.	<i>Ölçme Araçları Hakkında Tanıtıcı Bilgiler</i>	90
3.6.	ARAŞTIRMANIN UYGULAMA BASAMAKLARI.....	91
3.7.	ARAŞTIRMADA KULLANILAN İSTATİSTİKİ TEKNİKLER	97
3.8.	ÖN UYGULAMA HAKKINDA BİLGİLER	97
3.8.1.	<i>Ön uygulama basamakları</i>	98
3.8.2.	<i>Ön ve Son Testlerle İlgili Gözlemler</i>	98
3.8.3.	<i>Tanıtım Dersi İle İlgili Gözlemler</i>	99
3.8.4.	<i>Derste Yapılan Etkinlikler İle İlgili Gözlemler</i>	101
3.8.5.	<i>Değerlendirme Araçlarının Kullanılması İle İlgili Gözlemler</i>	102
3.8.6.	<i>Stella İle Model Oluşturma Ve Modeli Test Etme İle İlgili Gözlemler</i>	102
3.9.	SD YAKLAŞIMINA GÖRE DERSİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI.....	105
3.10.	TANITIM DERSİ.....	106
3.11.	1. DERS: SARMAL YAY MODELİ OLUŞTURMA.....	117
4.	BÖLÜM: BULGULAR VE YORUMLAR	127
4.1.	ARAŞTIRMADAKİ KATILIMCILARIN PROFİLLERİNE İLİŞKİN BULGULAR.....	127
4.2.	BETİMSSEL İSTATİSTİK BULGULARI	132
4.3.	HİPOTEZ TESTİ BULGULARI.....	134

4.3.1.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Bilimsel Başarı Testine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular</i>	137
4.3.2.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Fen ve Teknoloji Dersine Yönelik Tutumlarına İlişkin Bulgular</i>	140
4.3.3.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Problem çözme Becerisine İlişkin Bulgular</i>	143
4.3.4.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini anlama becerisine İlişkin Bulgular</i>	145
4.3.5.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisine İlişkin Bulgular</i>	149
4.3.6.	<i>Deney Grubundaki Öğrencilerin Sistem Dinamiği Kavram Testine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular</i>	152
4.3.7.	<i>Deney ve kontrol Grubundaki Öğrencilerin Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeğine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular</i>	153
4.4.	GÖZLEM VE GÖRÜŞMELERE İLİŞKİN BULGULAR	154
5.	BÖLÜM: SONUÇLAR VE ÖNERİLER	158
5.1.	SONUÇLAR	158
5.1.1.	(1). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar:</i>	158
5.1.2.	(2). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	159
5.1.3.	(3). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	159
5.1.4.	(4). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	160
5.1.5.	(5). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	161
5.1.6.	(6). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	161
5.1.7.	(7). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	162
5.1.8.	(8). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	164
5.1.9.	(9). <i>Alt Probleme İlişkin Sonuçlar</i>	165
5.1.10.	<i>Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Profillerine İlişkin Sonuçlar</i> .	166
5.2.	ÖNERİLER	167
5.2.1.	(1). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler:</i>	167
5.2.2.	(2). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	168
5.2.3.	(3). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	168
5.2.4.	(4). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	169
5.2.5.	(5). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	169
5.2.6.	(6). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	170
5.2.7.	(7). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	170
5.2.8.	(8). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	171
5.2.9.	(9). <i>Alt Probleme İlişkin Öneriler</i>	172

5.2.10. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Profillerine İlişkin Öneriler..	172
5.2.11. Ölçme Araçlarının Geliştirilmesine İlişkin Öneriler.....	173
5.2.12. Sistem Dinamiği Dersinin Planlanmasına İlişkin Öneriler.....	175
5.3. TARTIŞMA.....	177
5.4. SİSTEM DİNAMİĞİ UYGULAYICI ÖĞRETMENE TAVSİYELER.....	183
KAYNAKLAR	185
EKLER.....	200
EK-1 FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ TUTUM ÖLÇEĞİ.....	201
EK-2 BİLİMSEL BAŞARI TESTİ	202
EK-3 PROBLEM ÇÖZME BECERİSİ ENVANTERİ.....	206
EK-4 SEBEP - SONUÇ İLİŞKİSİ ÖLÇEĞİ	207
EK-5 GRAFİK ÇİZME VE ANALİZ ETME BECERİSİ ÖLÇEĞİ.....	210
EK-6 SİSTEM DİNAMİĞİ KAVRAM TESTİ	215
EK-7 ÖĞRENCİ PROFİLİ BELİRLEME ANKETİ	219
EK-8 YAPILANDIRMACI ÖĞRENME ORTAMI ÖLÇEĞİ	221
EK-9 SİSTEM DİNAMİĞİ TANITIM KILAVUZU	223
EK-10 SİSTEM DİNAMİĞİ ÖĞRETMEN KILAVUZLARI	236
EK-11 SARMAL YAYLAR BİLGİ YAPRAKLARI.....	246
EK-12 İLKÖĞRETİM FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ 7. SINIF MÜFREDAT PROGRAMI	250
EK-13 FEN VE TEKNOLOJİ 7. SINIF DERS KİTABI.....	255
EK-14 FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ 7. SINIF ÖĞRETMEN KİTABI.....	269
EK-15 SARMAL YAY MODELİ GELİŞTİRME AŞAMALARI (ÖĞRENCİ KAYITLARI)	283

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Literatürdeki önemli sistem dinamiği çalışmaları	7
Tablo 2: Linear Düşünce ve Sistem Düşüncesi.....	18
Tablo 3. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları	70
Tablo 4. Ölçeğin Boyutlarının içerikleri	71
Tablo 5. Tutum Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri	72
Tablo 6. Fen ve Teknoloji TÖ Faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirlilik Değerleri	73
Tablo 7. BBT Güvenirlilik Değerleri	74
Tablo 8. BBT Madde Analizi.....	75
Tablo 9. BBT- Bloom ve Bilimsel Süreç Becerisi Kategorileri.....	76
Tablo 10. BBT- Bilimsel Süreç Becerisi Sorularının İstatistiği.....	77
Tablo 11. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları	78
Tablo 12. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği İstatistik Sonuçları.....	79
Tablo 13. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği Soruları.....	80
Tablo 14. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları	81
Tablo 15. Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği İstatik Sonuçları.....	82
Tablo 16. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği Soruları.....	83
Tablo 17. PÇBE ölçeği faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirlilik Değerleri.....	85
Tablo 18. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları	85
Tablo 19. PÇBE Faktör Sayıları ve İçerikleri	86
Tablo 20. PÇBE Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri	87

Tablo 21. YÖÖÖ Faktör Özellikleri	89
Tablo 22. Deney ve Kontrol Grubu Ders Tasarımı.....	92
Tablo 23. Uygulama Takvimi	95
Tablo 24. Araştırmanın Uygulama Süreci	96
Tablo 25. Deney ve Kontrol Grubunda Dersin Tasarlanması.....	105
Tablo 26. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Dağılımlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları.....	127
Tablo 27. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ailesi Hakkında Bilgi	128
Tablo 28. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Kardeş Sayılarına İlişkin Veriler	128
Tablo 29. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ev Ortamı Hakkındaki Bilgilere İlişkin Veriler	129
Tablo 30. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Bilgisayar Bilme Derecelerine İlişkin Veriler	129
Tablo 31. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Boş Zamanlarını Değerlendirme Verileri	130
Tablo 32. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Boş Zaman Etkinliklerine İlişkin Veriler	131
Tablo 33. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Televizyonda İzledikleri Programlara İlişkin Veriler	131
Tablo 34. Ölçeklere Verilen Cevapların Ortalama Ve Standart Sapma Değerleri ..	132
Tablo 35. Hipotez Testine İlişkin Bulgular.....	135
Tablo 36. Hipotez Testi Bulgu Tablosu İle İlgili Açıklama.....	136
Tablo 37. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin BBT Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	137
Tablo 38. Deney Grubundaki Öğrencilerin BBT Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	138
Tablo 39. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin BBT Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	139

Tablo 40. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin BBT Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	139
Tablo 41. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	140
Tablo 42. Deney Grubundaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	141
Tablo 43. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	142
Tablo 44. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	142
Tablo 45. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları....	143
Tablo 46. Deney Grubundaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	144
Tablo 47. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	144
Tablo 48. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları ..	145
Tablo 49. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	146
Tablo 50. Deney Grubundaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	147
Tablo 51. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	147
Tablo 52. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	148

Tablo 53. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	149
Tablo 54. Deney Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	150
Tablo 55. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	151
Tablo 56. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	151
Tablo 57. Deney Grubundaki Öğrencilerin Sistem Dinamiği Kavram Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	152
Tablo 58. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları	153

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Öğrenci ve Öğretmen Merkezli Öğrenme Şekilleri.....	4
Şekil 2: Dairesel ve Lineer Sebep-Sonuç İlişkisi.....	18
Şekil 3. Pekiştirici Geribesleme Örneği-1 (Serman, 2000).....	25
Şekil 4. Pekiştirici Geribesleme Örneği-2.....	26
Şekil 5. Dengeleyici Geribesleme Örneği-1 (Serman, 2000).....	27
Şekil 6. Dengeleyici Geribesleme Örneği-2.....	27
Şekil 7. Pekiştirici ve Dengeleyici Geribesleme Örneği.....	27
Şekil 8. STELLA Model Elemanları (şematik gösterim).....	31
Şekil 9. Stella Model Elemanları (programdaki gösterimi).....	32
Şekil 10. Stok-Akış Diyagramı.....	33
Şekil 11. Zamana Bağlı Değişim Grafiği.....	33
Şekil 12. Bir bardağa su doldurma olayındaki sebep-sonuç ilişkisi.....	34
Şekil 13. Bir bardağa su doldurma olayındaki sebep-sonuç döngü diyagramı.....	35
Şekil 14. Öntest-sontest kontrol gruplu deneysel desen.....	63
Şekil 15. Scree Sınama Grafiği.....	71
Şekil 16. Scree Sınama Grafiği.....	79
Şekil 17. Scree Sınama Grafiği.....	82
Şekil 18. Scree Sınama Grafiği.....	86
Şekil 19. Küvet Senaryosu.....	109
Şekil 20. Küvet Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği.....	109
Şekil 21. Kokarca Senaryosu.....	111
Şekil 22. Kokarca Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği... ..	111
Şekil 23. Gök nar Ağacı Senaryosu.....	112
Şekil 24. Gök nar Ağacı Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği	112
Şekil 25. Şehir Nüfusu Senaryosu.....	115

Şekil 26. Şehir Nüfusu Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği-	
1. adım.....	115
Şekil 27 Şehir Nüfusu Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği-	
2. adım.....	115

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

p:	Anlamlılık Düzeyi
S:	Standart Sapma
<i>t</i> :	<i>t</i> değeri (t-testi için)
D1:	Deney grubu ön test
D2:	Deney grubu son test
K1:	Kontrol grubu ön test
K2:	Kontrol grubu son test
SD:	Sistem dinamiği yaklaşımı
BBT:	Bilimsel Başarı Testi
TÖ:	Tutum ölçeği
PÇBE:	Problem Çözme Becerisi Envanteri
YÖÖÖ:	Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği
MEB:	Milli Eğitim Bakanlığı

1. BÖLÜM: GİRİŞ

1. BÖLÜM

*Caddede yürüyorum,
Yürüdüğüm yolda bir delik var.
Düştüm.
Kayboldum... çaresizim...
Benim hatam değildi.
Bir çıkış yolu bulmam sonsuza kadar sürebilir.*

2. BÖLÜM

*Aynı caddede yürüyorum,
Yürüdüğüm yolda bir delik var
Daha önce görmemiş gibi davrandım,
Tekrar düştüm.
Aynı yerde olduğuma inanamadım.
Fakat bu sefer benim hatamdı.
Dışarı çıkmam yine çok uzun zaman alabilir.*

3. BÖLÜM

*Aynı caddede yürüyorum,
Yürüdüğüm yolda bir delik var.
Onun orada olduğunu gördüm.
Düştüm... bir alışkanlıktı... fakat gözlerim açıldı...
Nerede olduğumu biliyordum.
Benim hatamdı.
Hemen oradan çıkmalıyım.*

4. BÖLÜM

*Aynı caddede yürüyorum,
Yürüdüğüm yolda bir delik var.
Delğin etrafından yürüyorum.*

5. BÖLÜM

Farklı bir caddeden yürüyorum...

Portia Nelson
Yürüdüğüm yolda bir delik var

Bir problemi fark etmek ve problemi çözmeye çalışmak yukarıdaki örnekte olduğu gibi günlük hayatta sıkça karşılaştığımız süreçlerdir. Bu bölümde çalışmaya ışık tutan problemin tespiti, alt problemler, araştırmanın amacı, önemi ve sınırlılıkları hakkında bilgi verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Sistem dinamiği yaklaşımı, eğitim dışı alanlarda uzun süreden beri uygulanmaktadır. 1970'li yıllarda Roma Kulübü tarafından yaptırılan çevre bilimi çalışması, (Meadows ve arkadaşları, 1972; Forrester, 1973) kamuoyuna en çok yansıyan sistem dinamiği çalışmasıdır. Bu çalışma, önlem alınmazsa, dünyadaki doğal dengenin 2000 yılına kadar önemli ölçüde bozulacağını göstermiştir. Bu çalışmanın sonrasında uzun tartışmalar olmuş ancak, 1980'li yıllarda tespit edilen ozon deliğiyle ilgili gözlem, dünya kamuoyu ve siyasi yöneticiler tarafından acil önlem almak üzere dikkate alınmıştır. Bu önlemlerin sonucunda, ozon tabakasına zarar veren gazlar, sera etkisine sebep olan gazlar ve diğer çevre problemleri konularında tüm dünya ülkelerinin katıldığı ortak kararlar uygulanmaya başlanmıştır.

Roma çalışmasına benzer sistem dinamiği araştırmaları, işletme yönetimi, ekonomi ve mühendislik sahalarında da önemli değişikliklere sebep olmuştur. Bunlardan esinlenen sistem dinamiği araştırmacıları, bu yaklaşımı eğitim alanında uygulayarak, eğitim kalitesini artırmayı hedeflemişlerdir. Sistem dinamiğine dayalı ilk eğitim bilimi çalışmaları (Forrester, 1992, 1996), bu sahada da ciddi sonuçlar elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı okullarda, öğrenciler, okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürütmüşler, zaman zaman kendi velilerini de ders projelerine katacak kadar müfredata ilgi duyar hale gelmişlerdir (Forrester, 1992; 1996; Fisher, 1994; Zaraza ve Fisher, 1997; Lyneis, 2000; Alessi, 2005)

Öğrencilerin derslere ilgisindeki ve dersleri anlama seviyesindeki artış, sistem dinamiği uygulayıcılarının bu yaklaşımın kısa bir sürede ABD'de genel eğitim sistemine gireceği yönünde bir beklenti oluşturmuştur. Ancak aradan geçen zamanda,

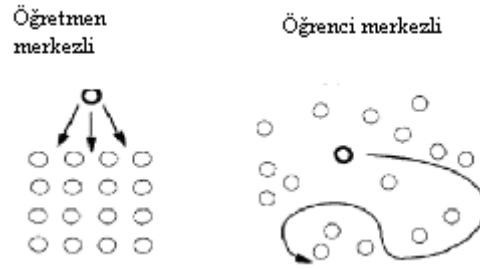
sistem dinamiği yaklaşımının uygulamalarının az sayıdaki okulla sınırlı kaldığı gözlenmiştir (Forrester, 1996; Lyneis, 2000). Bunun sebepleriyle ilgili çeşitli görüşler vardır. Bunlar arasında en önemli sebep sistem dinamiği yaklaşımının ilköğretime uygulanmasında, öğrenmeyi destekleyici pedagojik yöntemlerle desteklenmiş ders planları ve uygulamaları geliştirmeye odaklanılmamasıdır. Uygulayıcı öğretmenler, sistem dinamiğinin kurallarına odaklanırken, uygulamaya yönelik pratik ilkeleri ihmal etmişlerdir. Bu yüzden sistem dinamiği yaklaşımının okullarda pratik bir şekilde uygulanmasına yönelik sistem dinamiği tabanlı müfredat projeleri (Stacin, CC-Status, CC-Sustain, Science Ware) geliştirilmiştir. Bu projeler ile öğretmenlerin sınıfta sistem dinamiğini uygulamaları için yeni fikirler ve pek çok yararlı modeller sağlanmıştır (Mandinach ve Cline, 1994; Fisher, 1994; Zaraza, 1995; Zaraza ve Fisher, 1997; Alessi, 2005). Bu çalışma ile sistem dinamiği tabanlı müfredat projeleri incelenerek, sistem dinamiğinin ülkemizdeki okullarda uygulanabilmesine yönelik öneriler getirilmiştir.

Bu tez çalışmasıyla sistem dinamiği yaklaşımının ilköğretim fen ve teknoloji dersinde uygulanmasına yönelik bir araştırma çalışması yürütölmüştür. Araştırmanın ilk aşamasında, şu ana kadar yürütölen çalışmalarda hangi öğretim yöntemlerinin kullanıldığı, uygulama sırasında ne gibi problemlerle karşılaşıldığı tespit edilmiştir. Burada tespit edilen problem alanlarına çözümler önerileri geliştirilerek ve bu çözümlerin uygulaması yapılarak, başarı oranları ölçölmüştür.

Sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak mikrodünya (microworld) olarak adlandırılan benzetim ortamları oluşturulur. Bu ortamı kullanan öğrenciler, gerçek dünyanın yerine bu model üzerinde deneyler yaparlar. Bu deneyler, bilgisayar kullanılarak yapıldığından, çok sayıda alternatif üzerinde çok çeşitli parametreler kullanılarak tekrar tekrar uygulanabilir. Böylece öğrenci, farklı koşullarda, sistem dinamiği yaklaşımının nasıl işlediğini yaşayarak öğrenir. Öğrenci başka türlü görme imkanı bulamayacağı deneyleri bu mikrodünya ortamında gözlemleyebilir.

Eğitim-öğretim sürecinin önemli bir öğesi olan öğretmen, mikrodünyadaki deneylerin gerçekteştirilmesiyle yetinmez. Farklı koşullara bağlı olan, kimi zaman

tümüyle birbirinden farklı dinamik kalıpların (dynamic patterns) mekanizmasını ortaya koymak için, öğretmen öğrenciyle birlikte bir keşfetme çalışması yapar. Şekil 1’de öğrenci ve öğretmen merkezli öğrenme ortamları gösterilmektedir. Öğretmen merkezli öğrenmede öğretmen sınıfı yönetirken, sistem dinamiği yaklaşımının kullanıldığı öğrenci merkezli öğrenmede öğretmen yönlendirici bir rehber konumundadır. Öğrenci merkezli öğrenme anlayışında, öğretmen önce sistemin birbirinden farklı dinamik davranışlarının betimlemesini yapar. Daha sonra öğrencileri aynı sistemin birbirinden farklı dinamik davranışlar göstermesinin sebeplerini araştırmaya yönlendirir. Öğrencinin tecrübe ettiği farklı dinamiklerin nasıl ortaya çıktığını, sebep sonuç ve stok-akış şemalarını kullanarak, öğrenciyle birlikte keşfetmeye çalışır.



Şekil 1: Öğrenci ve Öğretmen Merkezli Öğrenme Şekilleri

Mikrodünyada deneyler yapması, dinamik kalıpların betimlenmesi ve dinamik davranışı belirleyen sebep sonuç ilişkilerinin ortaya çıkarılması gibi uzantıları olan sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin fen ve teknoloji konularını daha derin ve kapsayıcı bir şekilde kavramalarını sağlar. Öğrencilerin pek çoğunda bulunan basit kavram yanılgıları veya bilgi eksiklikleri, bu çalışma sırasında ortaya çıkarılabilir ve düzeltilebilir. Öğrenci olayların nedenlerini böylece daha iyi anlar.

Sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin olayların sebeplerine odaklanmalarını ve karmaşık sistemlerin altında çok sayıda sebep-sonuç ilişkisinin yattığını, bu ilişkilerin yüzeysel olarak çözülemeyeceğini anlamasını sağlar. Bu anlayış, öğrencilerin fen ve teknoloji derslerinde daha derin ve ilgili bir tavır geliştirmesine yardımcı olur. Öğrenciler, fen ve teknoloji derslerine karşı yüksek bir motivasyon ve merak seviyesine ulaşırlar.

Sistem dinamiği yaklaşımı, genel bir problem tanımlama ve çözmeye yaklaşımıdır (Forrester, 1961, 1987; Sterman, 2000). Bu tez, özel olarak sistem dinamiğinin fen ve teknoloji eğitiminde uygulanışına odaklanmakla birlikte, bu yaklaşımın uygulandığı sınıflardaki öğrenciler, hayatları boyunca bu problem tanımlama ve çözmeye aracını kullanabileceklerdir. Bu yaklaşım, öğrencilerin bir bilim adamı disiplini ve duyarlılığı edinmelerine yardımcı olur. Böylece öğrenciler, geleneksel öğretim yöntemlerindeki gibi sadece kendilerine sorulan soruları yanıtlayan pasif bir tavırdan ziyade, çevresini gözlemlenme, yeni problemleri keşfetme ve bu problemleri bilimsel bir yaklaşımla modelleyip inceleme becerilerine sahip olabilirler (Forrester, 1992, 1996). Sistem dinamiği fen konuları ile matematiği birbirine bağlayan disiplinlerarası bir öğrenme ortamını sunar. Bu sayede öğrenciler problem çözmeye becerilerini geliştirebilirler (Lyneis, 1995).

Kuşkusuz, eğitimin amacı tek başına belirli dersleri öğrenciye öğretmenin ötesindedir. Öğrencinin sadece sorulan soruları yanıtlayabilmesi, eğitim sisteminin amaçlarına ulaşmak için yeterli değildir. Eğitim sistemi, öğrencilerin problemleri yanıtlamak kadar oluşturabilmesini de hedefler. Problem oluşturmak, verilen bir problemi yanıtlamaktan daha derin bir bakış gerektirir. Problem oluşturmak için, çevreyi gözlemleyebilmek gerekir. Meselelere eleştirel bakış açısıyla yaklaşmak ve sorulmamış olan soruları ortaya çıkarabilmek gerekir. Bu gerekli bir bakış ağısıdır ve dünyayı farklı açılardan görme becerisi sağlar. Bu bakış ağısını kişisel bir beceri olarak geliştirmiş ve kazanmış kişiler, daha hoşgörl, esnek, uyumlu, üretici ve yararlı olurlar. Çünkü, öğrenciler çoğu konuda tek bir doğrunun olmadığını, farklı koşullarda, farklı zamanlarda farklı doğruların olabileceğinin farkına varabilirler. Bu şekilde yetişen insanlar çevrelerindeki topluluklar için daha yüksek değer üretir, çünkü gizli kalmış sorunları ortaya çıkarırlar ve onları çözmeye yönelik etkin öneriler getirebilirler.

Eğitimde sistem dinamiğinin hedefi öğrencinin sadece konuyu öğrenmesinin ötesinde öğrenci merkezli bir öğrenme ortamını hazırlamaktır. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı sınıflarda, öğretmenler öğrencilerin kendi bilgilerini yapılandırmalarına yardım ederek onlara rehberlik ederler. Bu sayede öğrenciler

öğretmenden bilgiyi pasif bir şekilde almak yerine birlikte çalışmaya istekli hale gelirler (Zaraza ve Fisher, 1997).

Sistem dinamiği yaklaşımı, fen ve teknoloji derslerinin daha iyi öğretilmesini hedeflediği gibi, bu kişisel becerilere sahip bireylerin yetiştirilmesini de hedefler. Sistem düşüncesini kişisel bir beceri haline getirmiş insanlar, karmaşık sistemleri kısa yoldan, kestirme çözümlerle yönlendiremeyeceklerini bilirler. Bu çok önemli bir durumdur. Çünkü karmaşık sosyo-ekonomik sistemlerde kestirme çözümler hemen hemen her zaman, hedeflenenin tam tersi yönde sonuçlara sebep olur (Meadows 1997). Sistem dinamiği çalışmaları öğrencileri karşı karşıya kaldıkları dinamik, karmaşık sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlarla ilgilenmeye yönlendirir. Karmaşık sistemlerle ilgili zihinsel modelleri anlayabilmek için somut bir iletişim aracı sağlar. Öğrenciler sistemin nasıl çalıştığını öğrendikçe düşünce sınırlarını genişleterek çevrelerinde gerçekleşen olayları fark edebilme yeteneği kazanırlar (Forrester ve arkadaşları, 2002).

Sistem düşüncesine sahip kişiler, aynı zamanda bir sistemin uygulaması sonunda meydana gelebilecek muhtemel senaryolara karşı daha hazırlıklıdır. Çünkü mikrodünyada deneyler yapmaya alışmışlardır. Mikrodünyada yaşadıkları, gerçek hayatta aynen başlarına gelmez. Zaten bu çalışmaların amacı, gerçek dünyayı aynen yaşamak değildir. Bu çalışmaların amacı, olası senaryolara karşı kişiyi hazırlamaktır. Böylece kişi, bu senaryolardan herhangi biri gerçekleştiğinde, bunu ilk bilgilerden teşhis edebilir.

Sistem düşüncesi, karmaşık sistemlerin daha iyi algılanmasını ve anlaşılmasını sağlar. Olayların tek bir sebepten kaynaklanmadığını, sebep ve sonucun birbirlerinin tetikleyicisi olduklarını, karmaşık ilişki zincirlerinin beklenmedik ve yönetilemeyecek sistem davranışlarına sebep olduğunu anlamamızı sağlar. Bunun sonucunda sistem düşüncesini bilen ve uygulayan bir kişi, karmaşık sistemlere yapacağı müdahalelerin mümkün olduğunca, bütünü dikkate alan, sınırlı çözümler olmamasına gayret eder. Detaylar arasında kaybolmadan, bütün ve detaylar arasında

gidip gelmeyi gerektiren bir bakışla sisteme yönelik müdahaleleri değerlendirir. Böylece bu kişiler, daha bilinçli ve uzun vadeyi dikkate alan davranışlarda bulunur.

Eğitim alanında yapılan sistem dinamiği çalışmaları incelendiğinde, eğitimin farklı kademelerinde (ilköğretim, lise, üniversite) ve farklı alanlarda (temel bilimler, sosyal bilimler, eğitim bilimleri ve teknoloji) pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Sistem dinamiği çalışmalarının bir kısmı, Tablo 1’de özet halinde sunulmaktadır.

Tablo 1. Literatürdeki önemli sistem dinamiği çalışmaları

	Fizik	Kimya	Biyoloji	Sosyal bilimler	Eğitim konuları	Teknoloji
İlköğretim	Lynets ve Fox-Melanson (2001) <i>fizik, matematik</i>		<ul style="list-style-type: none"> Coffin (1999) <i>köpek balığı ile balık arasındaki an-anıcı ilişkisi</i> Draper ve Swanson, (1990), <i>besin zinciri</i> Webb (1988) <i>aiç'in salgını hale gelmesi</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Draper ve Swanson, (1990), <i>nüfus</i> Hassell (1987), <i>coğrafya (içeride ve dışarıya göçler)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Clauset (1982) <i>okul gelişim programları</i> Alessi (2000) <i>interaktif öğrenme ortamları</i> 	
Lise	<ul style="list-style-type: none"> Ossimitz (1996) Schecker, (1994) <i>fizik (kuvvet, momentum, hız ve konum)</i> Zaraza ve Fisher (1997) <i>Konum, sürat, küme kavramları ve Newton kanunları</i> Fisher (2000), <i>Günün ortasındaki dünyanın uyduları</i> Schecker (2005), <i>mekanik konuları</i> Zuman ve Weaver (1988), <i>kondansatör dolulması</i> Tinker (1990), <i>matematiksel hesaplama</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Klieme ve Maichle (1991; 1994) Albin (1996), <i>titrasyon</i> Cruz ve arkadaşları (2007), <i>diffüzyon modeli</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Klieme ve Maichle (1991; 1994) Albin (1996), <i>ağlar</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Davidsen, Bjurkko ve Wilström (1993) <i>ekonomi ve sosyal ekoloji</i> Klieme ve Maichle (1991; 1994) Albin (1996), <i>demografik nüfus ve finans</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Son (2003) <i>eğitim sistemi</i> Nelson (1995) <i>öğretmen davranışı</i> 	
Üniversite			<ul style="list-style-type: none"> Jensen ve Brehmer (2003), <i>an-anıcı sistemlerdeki denge</i> 		<ul style="list-style-type: none"> Evans (1988) <i>yönetim ve organizasyon</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Shaffer (2006) <i>bilgisayar programcılığı</i>

Tablo 1 incelendiğinde, sistem dinamiği çalışmalarının genellikle lise seviyesindeki öğrencilerle yapıldığı görülmektedir. Fakat, son yıllarda ilköğretimde yapılan uygulamalara da önem verilmektedir. Bu tez çalışmasında, ilköğretim öğrencilerinin sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerji dönüşümü konularını sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrendiklerinde onların bazı düşünme becerilerine ve başarılarına etkisi araştırılmıştır.

1.2. Problem Cümlesi

İlköğretim 7. sınıf fen ve teknoloji dersinde, hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularının öğrenilmesinde, sistem dinamiği yaklaşımının, öğrencilerin fen ve teknoloji dersi ile bu derste yapılan etkinliklere yönelik tutum, başarı, problem çözme becerisi, grafik çizme ve analiz etme becerisi, sebep-sonuç ilişkilerini kavrayabilme becerilerine etkisi var mıdır?

1.3. Alt Problemler

Belirlenen problem cümlesi ışığında araştırmanın alt problemleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

1. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konuları ile ilgili bilimsel başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası problem çözme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

4. Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası grafik çizme ve analiz etme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
5. Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
6. Deney grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sistem dinamiği kavramlarını öğrenebilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
7. Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası yapılandırmacı öğrenme ortamı ölçeğine verdikleri cevaplara ilişkin puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır? Sistem dinamiği yaklaşımı ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı arasında herhangi bir ilişki var mıdır?
8. Sistem dinamiği yaklaşımı ilköğretim fen ve teknoloji dersinde uygulanırken hangi problemlerle karşılaşılmaktadır?
9. Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin fen bilimlerini uygulama ve yenilik üretme becerilerine katkısı nedir?

1.4. Varsayımlar

- 1) Araştırmanın uygulama sürecinde deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin kontrol altına alınamayan dış etkenlerden eşit düzeyde etkilendikleri varsayılır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin örneklemden rasgele seçilmesi bu varsayımı destekler.

- 2) Uygulanan ölçme araçlarını, deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin gerçek beceri, duygu ve düşüncelerini içtenlikle yansıtacak şekilde cevaplayacakları varsayılır. Öğrencilerin sorulara sıkılmadan cevap vermeleri için ölçme araçları farklı zamanlarda uygulanmıştır. Ayrıca ölçeklerde öğrencilerin cevapları çapraz sorularla kontrol edilmiştir. Ölçeklerde, aynı tutumları ölçen birkaç soru yer almaktadır. Aynı tutumu ölçen sorulara verilen çelişkili cevaplar değerlendirme dışı bırakılmıştır.
- 3) Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin dersle ilgili hazır bulunuşluk seviyelerinin, fen ve teknoloji dersinde öğrenilen hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, iş, enerji ve enerjinin korunumu konularını ilk defa alacakları düşünülerek eşit seviyede olduğu kabul edilir. Öğrencilerin ön test puanları arasında farklılık olmaması bu durumu açıklamaktadır.
- 4) Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin öğrenmeye karşı ilgilerinin eşit olduğu varsayılır.
- 5) Sistem dinamiği yaklaşımı ve yapılandırmacı öğrenme uygulamalarında öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik düşüncelerini ve öğrenmelerini değiştirici farklı iletişimler kurulmadığı varsayılır.
- 6) Deneysel çalışma sürecinde ve sonunda öğrencilerle yapılan görüşmelerde araştırmacı yansız davranmış, öğrencilerin cevaplarını etkilemekten kaçınmıştır.

1.5. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, sistem dinamiği yaklaşımını ilköğretim 7. sınıf fen ve teknoloji derslerinde uygulamaktır. Bu yolla, fen ve teknoloji derslerinin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılması ve öğrencilerin fen ve teknoloji derslerine yönelik ilgilerinin artırılması hedeflenmektedir.

Sistem dinamiği yaklaşımı çok çeşitli alanlarda kullanılan bir problem tanımlama ve çözüme yaklaşımıdır. Sistem dinamiği yaklaşımının ekoloji, ekonomi ve işletme yönetimi alanlarında sağladığı başarıdan dolayı, sistem dinamiği araştırmacıları bu yaklaşımı eğitim alanında da uygulamaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. İlk yapılan çalışmaların sonucunda, sistem dinamiğinin etkili bir şekilde kullanılması durumunda, öğrencilerin derslere olan ilgisinde ve dersleri anlama seviyelerinde yüksek derecede ilerleme sağlandığı görölmüştür. Böylece, Amerika başta olmak üzere pek çok ölkede sistem dinamiği müfredatın bir parçası haline gelmiş ve sistem dinamiği yaklaşımı okul yönetimi ve költürüne girmiştir. Bu yaklaşımı kullanan öğretmenler uyguladıkları müfredatlarını daha çok öğrenci merkezli, disiplinler arası ve birbirleriyle ilişkili olacak şekilde genişletmişlerdir.

Forrester (1992; 1996) tarafından yapılan çalışmalar, sistem dinamiğinin eğitim sahasında yaygınlaşma oranının, beklenenin altında kaldığı şeklinde bir sonuç içeriyorsa da eğitim teknolojilerindeki hızlı gelişime bağlı olarak; bu araştırma çalışmasında, sistem dinamiğinin etkili bir şekilde eğitime katkı sağlayacağı düşünölmekte ve yeni çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Sistem dinamiği uygulamalarında karşılaşılan problemler tespit edilip, problemleri ortadan kaldıracak şekilde düzeltmeler yaparak etkili bir öğrenme-öğretme sürecinin gerçekteştirilmesi de araştırmanın amaçları arasında yer almaktadır.

1.6. Araştırmanın Önemi

Bu araştırma, sistem dinamiği ve eğitim gibi iki farklı konudan yararlanan disiplinler arası bir çalışmadır. Genel olarak bütün bilim dallarında, bu tür çalışmalar yeni bilgi ve yöntemler üretmek için verimli bir çalışma alanıdır. Sistem dinamiği ve eğitim disiplinlerinin birlikte ele alındığı çalışmalar, eğitim öğretim sürecine önemli katkılar sağlayabilir.

Bu araştırma, disiplinler arası bir çalışma olmanın ötesinde şu açıdan da önemlidir: Araştırma, sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde uygulanmasıyla ilgili yapılan çalışmaların kapsam ve içerik açısından değinmediği problemleri ele almayı hedeflemektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının çok nitelikli bir araştırma aracı olduğu açıktır. Ancak sistem dinamiğinin ilköğretimde uygulanmasıyla yaşanacak problemlerin neler olduğu konusu yeterince irdelenmemiştir. Bu problemlerin, nasıl çözülebileceği sorununu pedagojik açıdan yürütülebilecek çözüm araçlarıyla desteklemek noktasında, bu araştırma sistem dinamiği ve eğitim bilimlerine katkıda bulunacaktır.

Bu araştırma ile yanıtlanmaya çalışılacak sorulardan ilki, sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde uygulanmasıyla yaşanacak güçlüklerin ve sorunların neler olacağıdır. Bu sorunun çözümünde ortaya çıkan bulgulara göre, araştırmanın yanıtlamaya çalışacağı ikinci soru, sistem dinamiği yaklaşımının uygulanmasındaki sorunların hangi pedagojik araçlar ve yöntemlerle nasıl çözülebileceğidir.

Son olarak bu araştırma çalışması, sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde, özel olarak fen ve teknoloji dersini öğrenmede, yaygın, etkili ve kolay uygulanmasını sağlayacak yöntem, ilke ve araçları belirleyerek uygun öneriler sunmayı hedeflemektedir.

1.7. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

- Araştırmaya, 2007-2008 öğretim yılında Milli Eğitim Bakanlığı'na (MEB) bağlı iki farklı ilköğretim okulunun 7. sınıfında öğrenim gören toplam 81 öğrenci katılmıştır.
- Araştırma, 7. sınıf fen ve teknoloji dersinin okutulduğu güz döneminde uygulanmıştır.
- Çalışmanın uygulanma süresi, deney ve kontrol gruplarında eşit olmak üzere 8 hafta, 32 ders saatidir.

- Çalışma deney ve kontrol gruplarından oluşmuştur. Her iki grupta da fen ve teknoloji dersinde hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konuları müfredata uygun olacak şekilde işlenmiştir. Daha sonra konular kontrol grubunda alıştırma ve örnek sorularla pekiştirilirken, deney grubunda sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yapılarak pekiştirilmiştir. Deney ve kontrol gruplarındaki farklılık konuların farklı öğretim yöntemleri ile pekiştirilmesidir.
- Araştırmada;
 - Öğrencilerin fen ve teknoloji dersine ve bu derste yapılan etkinliklere yönelik tutumlarını belirlemek için “Fen ve Teknoloji Dersi Tutum Ölçeği”,
 - Öğrencilerin hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yayları tanıyalım, iş, enerji ve enerjinin korunumu konuları hakkında bilgi düzeylerini öğrenmek için “Bilimsel Başarı Testi”,
 - Öğrencilerin olaylar arasındaki ilişkilerin sebepleri ile bu sebeplerin etkisiyle ortaya çıkan sonuçları amaçlarına uygun olacak şekilde değerlendirip değerlendiremediklerini tespit etmek için “Sebeup-Sonuç İlişkisi Ölçeği”,
 - Öğrencilerin grafik çizme ve çizdikleri grafiği analiz edebilme becerilerini öğrenmek için “Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği”,
 - Öğrencilerin problem çözme becerileri hakkında bilgi sahibi olmak için “Problem Çözme Becerisi Envanteri”,
 - Sadece deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin sistem dinamiği ile ilgili temel kavramları deneysel çalışma sonrasında ne derece öğrendiğini belirlemek için “Sistem Dinamiği Kavram Testi”,

- Öğrenciler hakkında kişisel bilgiler elde etmek için “Öğrenci Profili Belirleme Anketi”,
- Uygulama ortamları hakkında bilgi edinmek için “Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği (YÖÖÖ)” kullanılmıştır.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, dinamik bir sistemde sisteme ait sebep-sonuç ilişkilerini ve geri besleme döngülerini modelleme yaparak anlamaya yönelik bir yaklaşım olan, sistem dinamiğinin, ilköğretim fen ve teknoloji dersinde öğrencilerin tutumlarına, başarılarına ve farklı becerilerine etkisini araştırmaktır. Araştırma, sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde uygulanmasıyla ilgili yapılan çalışmaların kapsam ve içerik açısından değinmediği problemleri ele almayı hedeflemektedir. Sistem dinamiği öğrencilerin problemi fark edip çözebilme, grafik çizme ve yorumlama, sebep-sonuç ilişkilerini anlama becerilerinin gelişimine sağladığı katkıdan dolayı pedagojik açıdan çok önemli bir yaklaşımdır. Bu araştırma çalışması, sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde, özel olarak fen ve teknoloji dersini öğrenmede, yaygın, etkili ve kolay uygulanmasını sağlayacak yöntem, ilke ve araçları belirleyecek öğrenme materyalleri de sağlayacaktır.

2. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Galile'den günümüze kadar fen bilimlerini öğrenmede iki farklı yol vardı: deneyler ve teoriler. Şimdi üçüncü bir yol daha mevcuttur, bu da, bilgisayar modellemesi, deney ve teori gibi iki geleneksel süreç arasında bir köprü kuran yeni bir paradigmadır. Bilgisayar modellemesi nedensellik sürecinin gözlemlenebilir olayları birleştirmek için etkili bir araç sağlar. Eğitimde yeni bir öğretme ve öğrenme yaklaşımı olan sistem dinamiği, modellemeler ve dinamik bir sistem düşüncesi ile öğrencilerin karşılaştıkları problemleri sebep-sonuç ilişkisi ve geri besleme döngüleri yardımıyla çözebilmeleri için etkili bir araç sağlar.

Bu bölümde sistem düşüncesi ve sistem kuramı, sistem dinamiği yaklaşımının tarihsel gelişimi, sistem dinamiği araçları, stella yazılım programı gibi temel bilgilerin yanında, eğitim çalışmalarında sistem dinamiği, sistem dinamiği tabanlı müfredat projeleri ve sistem dinamiği yaklaşımının yeni MEB programına uygunluğu hakkında bilgiler de yer almaktadır.

2.1. Sistem Düşüncesi

Sistem dinamiği yaklaşımını anlayabilmek için ilk önce sistem düşüncesini ve sistem düşüncesinin dinamik kavramı ile ilişkisini incelemek gerekir.

2.1.1.Sistem Kuramı ile Dinamik Kavramı Arasındaki İlişki

Sistem, kendi içinde bir bütünlük oluşturan parçalar ve bunların aralarındaki ilişkilerin toplamıdır. Sistemin parçaları, canlılar, insanlar veya cansız varlıklar olabilir (Forrester, 1968; Kauffman, 1980).

Sistem terimi, çok genel bir kavramdır. Yeryüzündeki su döngüsü, bir sistem olduğu gibi bir elektrik devresi de bir sistemdir. Elektrik devresini oluşturan direnç, ampermetre, voltmetre de kendi içinde bir sistemi oluşturur. Yere düşen bir cisim, iki

cisim arasındaki sürtünme de sisteme örnektir. Bir ülkenin ekonomisi, insanlardan ve aralarındaki alışverişten oluşan bir sistemdir. Yine bir insan vücudu, vücudun içindeki bir **organ**, organın içindeki bir **hücre** ve hücrenin içindeki belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere kurulmuş bulunan bir **enzim mekanizması** da birer sistemdir.

Bütün canlı-cansız sistemler bazı alt parçalardan veya canlılardan oluşur. Daha somut bir şekilde ifade edersek, bütün sistemler alt unsurların bir bileşimidir. Ancak bir sistemin parçası olan unsurların toplamı sistemi oluşturmaz. Çünkü sistem, içindeki unsurların ve onların aralarındaki ilişkilerin toplamıdır.

Örnek olarak, bir kütüphaneyi ele alalım. Kütüphane, bir bina, raflar ve kitapların toplamından ibaret değildir. Aynı zamanda bu üç unsurun aralarındaki ilişkiler de kütüphane sisteminin oluşması için gereklidir. Kitapların ortalığa yığılmamış olduğu, kitaplıkların düzensiz, kimisi bina içinde, kimisi dışarıda olduğu bir kümeye kütüphane denilemez. Bunların bir kütüphaneyi oluşturması için kitaplıkların bina içinde ayakta duracak şekilde belli bir düzende dizilmiş olması gerekir. Kitaplar da sınıflandırılmış ve kitaplıklara dizilmiş olmalıdır. Burada, kitapların raflarla aralarında konumsal bir ilişkileri vardır. Aynı şekilde rafların da kütüphane binasıyla dizilme şekli ve konumları açısından bir ilişkisi vardır.

Kütüphane durağan (statik) bir sistemdir. Yani unsurların aralarındaki ilişkiler zaman içinde sabit kalır. Fakat incelenmeye değer sistemler genellikle dinamiktir.

Örneğin yeryüzündeki su döngüsü sistemini ele alalım. Bu sistemin unsurları bulutlar, atmosfer, güneş, toprak, deniz, bitkiler ve diğer canlılardır. Güneş yeryüzündeki denizleri ve canlıları ısıtır, canlılar ve denizler ısındıkça su kaybederler, buharlaşan su atmosferdeki hava akımlarının etkisiyle yükselir ve yoğunlaşır. Yoğunlaşan su buharı bulutları oluşturur. Güneşin yeryüzünün farklı yerlerini birbirinden farklı şekilde ısıtması sonucunda basınç farklılıkları meydana gelir. Bu basınç farklılıklarından dolayı bulutları hareket ettiren hava akımları oluşur.

Belirli şartlarda bulutlardaki su buharı yoğunlaşır yağmur, kar veya dolu olarak yeryüzüne düşerek deniz veya toprağa karışır. Buradan da yeniden canlılara geçer. Bu döngü sürekli olarak birbirini besleyerek devam eder. Bu sistem, dinamik bir sistemdir. Çünkü unsurların aralarındaki ilişkiler zaman içinde değişim gösterir. Ayrıca bu sistem, karmaşık diye ifade edilen sistemlere bir örnektir. Çünkü bu sistem geri-besleme (feedback) döngüleri içerir. Denizlerden ve canlılardan buharlaşan su yeniden döngünün sonucunda denizlere ve canlılara geri döner. Aynı zamanda sistemin unsurları arasındaki su alışverişi (ilişkisi) gecikmelidir. Mesela İç Anadolu bölgesindeki Tuz gölünde su kaybı yaz mevsiminde en yüksek seviyededir. Tuz gölünden buharlaşan su ancak aylar sonra ve o da dolaylı yollardan Tuz gölüne geri dönmektedir. Çünkü kışın Tuz gölüne yağın yağmurdaki su yazın Tuz gölünden buharlaşan su değildir. Belki bu gölden buharlaşmış su hava akımlarının etkisiyle Hint Okyanusuna karışmıştır. Ancak bir bütün olarak ele alındığında dünyadaki farklı farklı su stokları arasındaki su alışverişi sonucunda yine başka bir yerden bir şekilde su buharlaşarak yere geri dönmektedir.

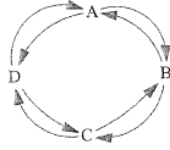
Sistem dinamiği, karmaşık sistemlerle ilgilendir. Karmaşıklığından kasıt, bu sistemlerin şu üç özelliğe sahip olmasıdır: 1. Gecikme, 2. Geri besleme, 3. Çok sayıda stok (Senge, 2002; Sterman, 2000).

2.1.2.Karmaşık Sistemler

Bütün sistemler karmaşık değildir, örneğin kütüphane basit ve statik bir sistemdir. Dinamik ve basit bir sistem örneği verelim. Yolda bulunan bir arabayı iten bir kişiyi düşünelim. Kişi arabaya kuvvet uyguladıkça arabanın konumu değişir. Bu dinamik bir sistemdir, fakat geri besleme zincirleri ve gecikme bulunmadığından basit bir sistemdir. Peki neden içinde gecikme ve geri besleme zincirleri bulunan sistemlere karmaşık sistem deniliyor? Çünkü gecikme ve geri besleme olmayan sistemlerin zaman içindeki dinamiği bir matematiksel formülle ifade edilebilir. Fakat gecikme ve geri besleme döngülerinin bulunduğu karmaşık sistemlerin dinamiği tek başına matematiksel formüllerle tarif edilemez ve çözümlenemez. Bu tarz sistemlerin davranışı ancak simülasyonlar yoluyla (belirli bir doğruluk seviyesinde) tarif

edilebilir. **Sistem dinamiği, çok sayıda stoktan ve bunların aralarındaki gecikmeli, dinamik, geri beslemeli döngüsel ilişkilerden oluşan sistemleri inceleyen bilim dalıdır.** Kısaca özetlemek gerekirse; *Sistem dinamiği sistemlerin zamanla nasıl değiştiğini anlamak için kullanılan bir metodolojidir.*

Sistem düşüncesinin dört temel özelliği vardır (Anderson ve Johnson, 1997; Leonard ve Beer, 1994). Birincisi, sistem düşüncesi büyük resmi vurgular. Yani, bir problemin çözümü araştırılırken altında yatan daha büyük sistemler üzerine odaklanılır. İkincisi, sistem düşüncesinde kısa ve uzun vadeli bakış açısı gereklidir. Aslında her iki bakış açısının dengede olduğu bir düşüncedir. Üçüncüsü, sistem düşüncesi Şekil 2’de gösterilen sebep-sonuç ilişkisini temel alır. Sonuncu özellik ise problemlerin tek bir yolla çözülmemesi veya alternatif çözüm yollarının olmasıdır.



Döngüsel nedensellik

$$A \rightarrow B \rightarrow C$$

Lineer nedensellik

Şekil 2: Dairesel ve Lineer Sebep-Sonuç İlişkisi

Sistem düşüncesine neden ihtiyaç duyuluyor? Bunun iki sebebi vardır. Birincisi dünyadaki karmaşık sistemlerin zamanla artışıdır. Dünyadaki sistemler, küreselleşme, bilgi ve teknolojinin gelişimi ile gittikçe karmaşık bir hal alır (Laszlo, 1972). İkincisi, düşünme şekilleri ve geleneksel bilime hakim olan lineer düşünmenin sınırlı olmasıdır. Lineer düşünme, sistemin parçalarını derinlemesine inceleyemez, sistemin doğasını anlayamaz ve birbiriyle bağlantılı bir çok parçadan oluşan karmaşık sistemleri açıklayamaz (Wardman, 1994). Tablo 2 lineer düşünme ve sistem düşüncesi arasındaki farkları açıklamaktadır.

Tablo 2: Lineer Düşünce ve Sistem Düşüncesi

Lineer düşünce	Sistem düşüncesi
Küçük resim	Büyük resim
Kısa zamanlı bakış açısı	Kısa ve uzun zamanlı bakış açısı

Lineer nedensellik Bir çözüm veya nihai cevap	Döngüsel nedensellik Tek çözüm veya nihai bir cevap yok, Çok sayıda ve değişken çözüm seçenekleri.
Karmaşık sistemlerde, bugünün çözümleri yarının sorunlarının sebepleri olur	Yan etkileri olmayacak şekilde çözüm tasarlamayı teşvik eder
Dış etkiler sistemin davranışını belirler	Sistemin iç yapısı, sistemin davranışını belirler

Ullmer (1986), sistem yaklaşımının herhangi bir problemle karşılaşan zihnin problemi çözmek için olaylar arasındaki ilişkiyi araştıran bir davranışı olduğunu iddia eder. Senge, (2002) sistemli düşünme ve zihinsel modeller arasındaki ilişkiyi yorumlayarak, sistemli düşünmenin tekrarlanan ve değişen olaylar arasındaki çoklu bağlantı ilişkilerini anlamaya yardımcı bir araç olarak tanımlar. Senge (2002) ve diğerleri (Kim, 1999; O'Connor ve Mcdermott, 1997; Waring, 1996) sistemli düşünmeyi kullanan bireylerin zihinsel modellerini uygun zamanda değiştirebildiklerini, kendi düşünme şekillerini kontrol edip problem çözme süreçleri ile ilişkilendirebildiklerini iddia ederler.

Diğer araştırmacılar (Booth Sweeney, 2000; Draper, 1993; Frank, 2000; Ossimitz, 2000) sistemli düşünme becerisinin şu özelliklerini vurgulamaktadırlar; a) dinamik düşünme (gecikmeler, geribesleme döngüsü, dalgalanmalar), b) sistemin davranışının zamanla değişimini anlama (dinamik karmaşıklık), c) sistemin davranışının etkilerini geribesleme döngüleri ile gösterme, keşfetme, d) stok ve akış değişkenlerini ve aralarındaki ilişkileri belirleme, e) gecikmeleri tespit etme ve etkilerini araştırma, f) doğrusal (tek yönlü) olmamayı belirleme, g) bilimsel düşünme gibi bilişsel yetenekleri içermesi.

2.2. Sistem Dinamiği Yaklaşımı

Sistem dinamiği yaklaşımı, 1960 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) çalışan Forrester tarafından oluşturulan akademik bir disiplindir. Bu gelişmenin başlangıcında Forrester endüstri sisteminde modelleme ve problem çözme üzerinde odaklanarak, (Forrester, 1961; Forrester, 1973) endüstriyel dinamikler terimini kentsel sistemler ve sosyal sistemler özellikle de dünya sistemi üzerinde uygulamıştır. Daha sonra sistem dinamiği yaklaşımı zamanla işletme

yönetimi, sosyal bilimler, ekonomi, fizik, kimya, biyoloji ve ekoloji sistemlerinin analizinde de yararlı bir araç olarak kullanılmıştır.

Sistem dinamiği alanında bir sistem, bir bütünü oluşturan elementlerin zamanla değişimi olarak tanımlanabilir. Dinamik sistemlere bir örnek ekosistemdir. Ekosistemin yapısı; hayvan populasyonları, doğum ve ölüm oranları, besinlerin miktarı ve özel bir ekosistemde yer alan özel değişkenler arasındaki ilişkilerle tanımlanır. Ekosistemin yapısı sistemi etkileyen önemli değişkenleri içerir.

Dinamik kavramı ise zamanla değişimi işaret eder. Eğer bir şey dinamikse, sürekli olarak değişir. Dinamik bir sistem bu yüzden zamanla değişime yönlendirici etkileşimlerin olduğu bir sistemdir. Sistem dinamiği yaklaşımı zamanla sistemin nasıl değiştiğini anlamak için kullanılan bir yöntemdir. Zamanla değişen bir sistemi oluşturan elementler ve değişkenler sistemin davranışı olarak ifade edilir. Amaç değişkenlerin temel davranış biçimini anlamayı, bu davranış biçimine sebep olan etkenleri bulmayı ve sistemin davranışını iyileştirmeyi hedefler (Barlas, 2005a). Ekosistem örneğinde populasyonun büyüme ve düşüş dinamiği sistemin davranışı olarak ifade edilebilir. Davranış, sistemin tüm elementleri olan besin kaynağı, avcı ve çevrenin etkisi yüzündendir.

Sistem dinamiği doğrusal olmayan ilişkilerin etkisini açıklar (Sterman, 2000). Doğrusal olmamak, sistem davranışının düz sebep-sonuç ilişkisi gibi basit bir ilişkiye sahip olmadığı anlamına gelir. Örneğin, düz neden- sonuç ilişkisi, ne kadar çok çalışırsak verimliliğimizin de o kadar yüksek olacağını söyler. Fakat gerçek dünyada çalışma süremiz arttıkça saat başına verimliliğimiz azalır. Bu, doğrusal olmayan neden-sonuç ilişkilerinden kaynaklanır.

Tüm sistemler için genel özelliklerden biri de sistemin yapısının sistemin davranışını belirlemesidir (Forrester, 1961). Sistem dinamiği sistem kuramının altındaki sistem davranışı arasında bağlantı kurar. Sistem dinamiği sistemin davranışını yönlendirebilen fiziksel ve biyolojik yapıların nasıl olduğunu analiz etmek için kullanılabilir.

Kısaca özetlemek gerekirse; Sistem dinamiği yaklaşımı iki kavramdan oluşur:

- **Sistem:** karşılıklı etkileşim, sebep-sonuç ilişkisi, geri besleme içeren bir yapıdır.
- **Dinamik:** sistemin öğelerinin zamanla nasıl değiştiğidir.

Sistem dinamiği akademik disiplinler arasında genel bir iletişim sağlar. Sistem dinamiği yaklaşımı, bir sistemin yapısını analiz edip sistemi geliştirirken, insanları karşılaştıkları problemlerle ilgili kritik düşünmeye yönlendirir. En önemlisi de, sistem dinamiği yaklaşımı ile bir kişi, sistemin yapısı ve sistemin sonucunda elde edilen davranış arasında zihinsel bir bağ kurabilir.

Sistem dinamiği, yönetim kavramını, sayısal ve deneysel bir yaklaşımla desteklemek üzere tasarlanmıştır. Sistem dinamiği analizi için aşamalar ilk olarak, Forrester (1961) tarafından "Endüstriyel Dinamikler" kitabında açıklanmıştır. Buna göre sistem dinamiği yaklaşımında aşağıdaki adımlar izlenebilir:

1. Problemi tanımlama.
2. Etkileşimde bulunan faktörleri ortadan kaldırma.
3. Yeni ve değişime sebep olan, bilgiye dayalı geribesleme döngülerinin sebep-sonuç ilişkisini tespit etme.
4. Mevcut bilgi akışları ile kararlara nasıl ulaşıldığını açıklayan geçerli resmi karar politikalarını formüle etme.
5. Karar politikalarının, bilgi kaynaklarının ve sistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerin matematik modelini kurma.
6. Zaman boyunca model tarafından açıklanan sistem davranışını ortaya çıkarma (bilgisayar simülasyonları kullanılarak).
7. Sonuçları, gerçek sisteme ait olan ilgili tüm mevcut bilgi ile karşılaştırma.
8. Modeli, kabul edilir ölçüde gerçeği temsil edene kadar yeniden gözden geçirme.
9. Sistem davranışını geliştirmek üzere model üzerinde değişiklikler yaparak gerçek sistemde ne şekilde değiştiği görülebilecek organizasyonel ilişkileri ve politikaları tekrar tasarlama.

10. Gerçek sistemi, model ile yapılan deneylerin performansın geliŖeceđini gösterdiği yönde deđiŖtirme.

2.3. Sistem Dinamiğinin Temel Elemanları

Sistem dinamiği yaklaŖımı dört temel fikir üzerinde odaklanmaktadır. Bu fikirlerden ilki, bütün dinamik sistemlerin akıŖlar ve bunların biriktiği stoklardan oluŖmasıdır. Örneğin bir su havuzu sisteminde, havuz stok, havuzu dolduran veya boŖaltan musluklar akıŖtır. İkinci temel fikir, sistemdeki stok ve akıŖların geribesleme döngülerini içermesidir. nc temel fikir de herhangi bir sistemdeki geribesleme döngüleri, doğrusal olmayan iliŖkiler ile birleŖir. Son temel fikir ise, sistemin doğasında olan ve birbiriyle etkileŖim halindeki akıŖlar, geribesleme döngülerinin ve doğrusal olmayan iliŖkilerin oluŖturduđu açın dinamik davranıŖının tek baŖına matematiksel olarak basitçe modellenememesidir. Bu nedenle karmaŖık sistemlerin dinamik davranıŖını ortaya çıkarmak için bilgisayar benzetimi gereklidir (Sterman, 2000; Barlas, 2002).

2.3.1. Stok ve akıŖ deđiŖkenleri

STOK: Sistemin mevcut durumunu gösteren deđiŖkenlere verilen isimdir. Sistemdeki temel birikimleri temsil ederler. Bir küvet sistemini dŖnelim. Küvete bir musluktan suyun geldiğini ve küvetin altındaki delikten suyun boŖaldıđını hayal edelim. Bu sistemin herhangi bir andaki resmini çekersek sistemin mevcut durumunu görebiliriz. Küvet sisteminin bir andaki mevcut durumu küvetteki su miktarıdır, yani suyun stokudur. Nüfus, ağırlık, bilgi seviyesi, sıcaklık, kandaki glükoz miktarı...stok örnekleridir. Stoklar evrenseldir; her türlü yaŖam Ŗeklinin varolduğu yerdeki kritik birikimleri temsil ederler (Martin, 1997a; Sterman, 2000; Barlas, 2005b).

AKIŖ: AkıŖ, stokun deđiŖim oranıdır. Stoktaki deđiŖmeleri ifade eder. Küvet rneğinde akıŖ suyun musluk vasıtasıyla küvete gelmesi ve kanal vasıtasıyla küvetten ayrılmasıdır. Doğumlar ve ölümler, gelirler ve giderler, öğrenme ve unutma, glükoz alımı ve glükoz tüketimi...akıŖ örnekleridir. Bu örneklerde yer alan doğum içeriye

akışı, ölüm ise dışarıya akışı temsil eder. (Martin, 1997a; Sterman, 2000; Barlas, 2005b)

Stok ve akış arasındaki fark nedir? Stoklar sistemin herhangi bir andaki mevcut durumunu ortaya koyan birikimlerdir. Eğer küvetin herhangi bir andaki resmi çekilirse su seviyesi kolaylıkla görülebilir. Suyun birikmiş hacmi stoktur. Stok herhangi bir zaman noktasında sistemin şartlarını tanımlar. Stok aynı zamanda birdenbire değişiklik göstermez değişimler zamanla olur. Akış değişim demektir. Musluktaki su küvete doğru akar ve su dışarı emilerek boşalır. Akış her zaman aralığında stoku artırır veya azaltır. Musluğun açık olduğu zamanın tümünde su içeriye ve dışarıya akacaktır. Zamanla değişen tüm sistemler ancak stok ve akış kullanılarak gösterilebilir (Martin, 1997b; Sterman, 2000).

2.3.1.1. Stok ve akış nasıl belirlenir?

Stoku belirlemek için en hızlı ve en etkili yol zamanı ve hareketi durdurmak ve hangi değişkenlerin hala devam ettiğini görmektir. Stoklar zaman ve hareketten bağımsızdır. Verilen stok belirli bir birim ile ifade edilirken (insan, lira... gibi) akışları birim/zaman periyodunda gösterilir (insan/yıl, lira/ay...gibi). Bunun sebebi stok zamandan bağımsız bir şekilde devam ederken akışın zamana bağlı olmasıdır. Bir stoku değişken olarak tespit etmek akış değişkenlerini de modellemeye karar vermek anlamına gelir. Bu durum daha karmaşık bir model tasarlamayı öngörür (Barlas, 2005b). Stok ve akış gösteriminin en yararlı yönü, fiziksel akış ile bilgi geribeslemelerini birbirinden açık bir şekilde ayırmasıdır (Sterman, 2000).

2.3.1.2. Stoklar neden önemlidir?

Stoklar sistemin mevcut durumunu gösteren birikimlerdir ve sadece akışların değişimiyle değiştirilebilir. Bir sistemde stoklar zaman içinde biriken değerler olduğu için, değeri doğrudan ve hızlı bir şekilde değiştirilemez. Bu yüzden içeriye veya dışarıya akışı değiştirmek gerekir. Bir küvete gelen su akışı bir anda iki katına

çıkarılabilir, fakat eğer küvet yarıya kadar doluyorsa stoku belli bir miktar artırmadan önce uzun bir süre beklemek gerekir.

Bazı durumlarda stoklar ve akışlar zıt yönde hareket edebilir (Sterman, 2000; Barlas, 2005a). 100 hektarlık bir ormanda diyelim ki 100 geyik yaşayabilir. Başlangıçta bu ormanda 10 geyik olduğu düşünülürse zamanla geyik sayısında kapasite dolmaya yaklaşıncaya kadar bir artış olur, daha sonra zamanla sayı azalır. Bu ormanın kapasitesi dolmaya yaklaştıkça içeriye akış hızında bir azalma gözlenir.

Stoklar içeriye ve dışarıya akışlar arasındaki farklılıkları absorbe eder böylece onların farklılıklarına izin verir. Akışlar arasındaki farklılıklar stokta birikir (Sterman, 2000; Barlas, 2005a). “İstanbulun çevresinde çok fazla su kaynağı vardır. Bu kaynaktaki sular stoktur, kaynakları besleyen akarsu içeriye akış, suyun tüketimi dışarıya akıştır. Kaynaklar olmasaydı şehrin su tüketimi her zaman ırmaktan gelen su miktarına eşit olurdu. Stoklar sistemdeki zaman gecikmelerine sebep olur” (Barlas, 2005a).

2.3.2. Geribesleme Döngüleri

Sistem dinamiği yaklaşımı, dinamik bir sistemin yapısını belirleyen stok-akış yapıları, zaman gecikmeleri ve doğrusal olmama gibi geribesleme süreçlerini keşfetmeyi sağlayan bir yöntemdir (Sterman, 2000).

Geribesleme sözü insanların zihninde farklı anlamlar ifade edebilir. Günlük hayatta, bir insanın başka bir insana, yaptığı bir davranışla ilgili bilgi vermesi, “bu sınavdan geçebilme durumum hakkında ne düşünüyorsun?”, şeklinde geribesleme kavramı kullanılabilir.

Ancak geribeslemenin sistem teorisindeki anlamı bundan farklıdır. Sistem teorisinde geri besleme, sebep ve sonuç arasındaki karşılıklı etkileşim anlamına gelir. Sistem düşüncesinde geribesleme her etkinin aynı zamanda hem sebep, hem sonuç

olacağı bir önerme olarak kabul edilir. Hiçbir şey hiçbir zaman sadece tek yönde etkilenmez (Sterman, 2000; Senge, 2002).

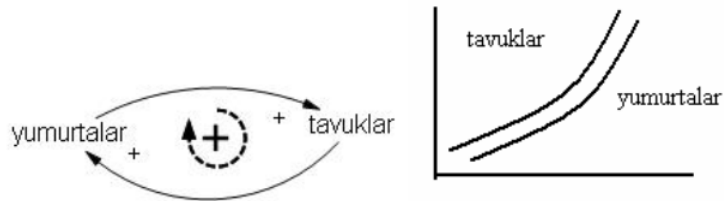
Roberts ve arkadaşları (1983), geribeslemeyi sonunda kendini tekrar etkileyen sebep zinciri boyunca başlangıç sebeplerini sağlayan bir süreç olarak tanımlar. Daha açık bir ifadeyle geri besleme, sebep-sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı noktaya geri dönmesidir. Aynı zamanda gönderdiğinizin size bilgi yüküyle geri dönmesidir.

Sistem teorisinde, kendi kendini dengeleyen negatif geri besleme ve kendi kendini güçlendiren pozitif geri besleme olmak üzere iki çeşit geribesleme vardır:

2.3.2.1. Pekiştirici (Pozitif) Geribesleme: küçük değişmelerin nasıl büyüdüğünü keşfetme

Pekiştirici geribesleme büyümeyi sağlar. Bir değişkendeki artış diğer değişkende artışa sebep oluyorsa; veya bir değişkendeki azalma diğer değişkende de azalmaya sebep oluyorsa pozitif geri beslemeden bahsedilir. Başka bir ifadeyle, değişkenlerin sürekli aynı yönde ve de artan bir şekilde değişmesini sağlar (Sterman, 2000; Senge, 2002; Barlas, 2002).

Örnek: Bir tavuk çiftliğinde tavuk sayısı arttıkça yumurta sayısı da artar. Yumurta sayısı arttıkça da tavuk sayısı artar. Yumurta ve tavuk sayısında aynı yönde ve artan bir değişim vardır (Şekil 3). Bir diğer örnek de arkadaş edinme becerisi örneğidir. İnsanların karşılıklı olarak birbirleri hakkındaki iyi düşünceleri arkadaş edinme becerilerini artırır (Şekil 4).



Şekil 3. Pekiştirici Geribesleme Örneği-1 (Sterman, 2000)



Şekil 4. Pekiştirici Geribesleme Örneği-2

2.3.2.2. Dengeleyici (negatif) geribesleme: istikrar ve direnç kaynaklarını keşfetme

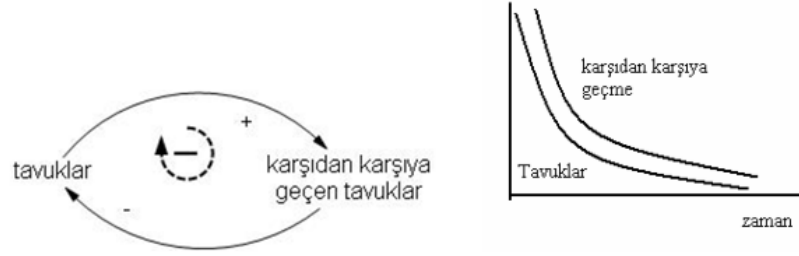
Dengeleyici bir sistemde belli bir amacı korumaya çalışan bir kendi kendini kontrol etme mekanizması vardır. Bir arabayı direksiyonla idare etmek veya bisikletin üzerinde durmak bir dengeleme süreci örneğidir. Bunlarda amaç istenen bir yöne gitmektir (Senge, 2002).

Dengeleyici geribeslemeye günlük hayattan çok fazla örnek bulunabilir. Bir amacı gerçekleştirmeye yönelik davranışların özünü oluşturur. “İnsan vücudu gibi karmaşık organizmalarda vücut sıcaklığı ve dengesini koruyan, yaraları iyileştiren, görüşü ışık miktarına göre ayarlayan pek çok dengeleyici geribesleme süreci vardır” (Senge, 2002).

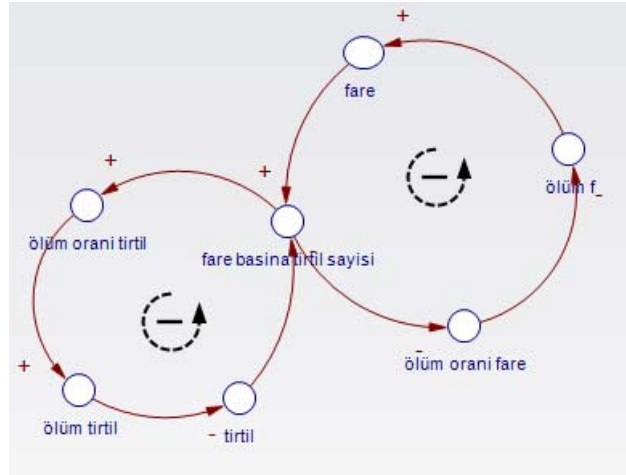
Dengeleyici geri besleme denge durumunu ifade eder ve değişkenlerini bir dengeye ulaştırmaya çalışır. Bir değişkendeki artış diğer değişkende azalmaya sebep oluyorsa veya bir değişkendeki azalma diğer değişkende artışa sebep oluyorsa – geri beslemeden bahsedilir. (Stermann, 2000; Senge, 2002; Barlas, 2005b).

Örnek: Yol kenarındaki bir tavuk çiftliğinde tavuk sayısı arttıkça yiyecek bulmak için yolun karşısına geçen tavuk sayısı artar fakat yolun karşısına geçen tavuk sayısı

arttıkça çiftlikteki tavuk sayısı trafik kazalarından dolayı azalır. Tavuk sayısındaki artış karşidan karşıya geçen tavuk sayısının artmasıyla belli bir süre sonra azalır (Şekil 5). Fareletin sadece tırtıllarla beslendiği bir ortamda, fare ve tırtıl sayısının değişimi arasında dengeleyici bir geribesleme döngüsü vardır (Şekil 6).

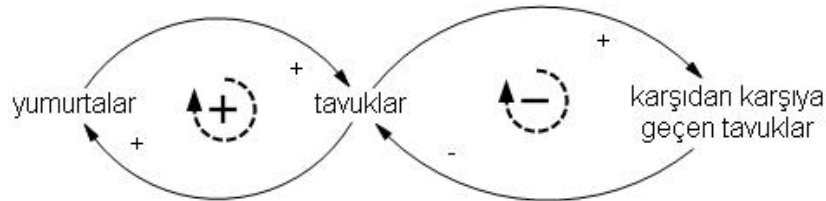


Şekil 5. Dengeleyici Geribesleme Örneği-1 (Sterman, 2000)



Şekil 6. Dengeleyici Geribesleme Örneği-2

Karmaşık sistemlerde pozitif ve negatif geribesleme birlikte kullanılabilir. Sterman (2000)'ın verdiği örnekler Şekil 7'deki gibi birarada kullanılabilir.



Şekil 7. Pekiştirici ve Dengeleyici Geribesleme Örneği

2.3.3.Doğrusal Olmayan Bağlantılar

Bir akış değişkeninin stok değişkenlerine doğru orantılı olması durumunda, bu ikisi arasındaki ilişkiye doğrusal ilişki denir. Bunun dışındaki ilişkilerin tümüne doğrusal olmayan ilişki denir. Örneğin, bir akış, iki farklı stok değişkeninin etkileşimine bağlı olması veya bir akışın bir stok değişkeniyle ters orantılı olması, doğrusal olmayan ilişkilerdendir.

Herhangi bir sistemdeki geribesleme döngüleri, doğrusal olmayan ilişkiler ile birleşir. Yani, sistemin stokları hakkındaki geri besleme ilişkileri, stokları orantılı olmayan yollarla etkileyecek şekilde geribesler.

2.3.4.Bilgisayar Benzetimi (Simülasyonu)

Sistemli düşünmenin bilgisayar modellemesi alanında Forrester, (1968) tarafından geliştirilen sistem dinamiği, zamanla karmaşık sistemlerin davranışını anlamaya teşvik eder. Değişim kavramını destek alan sistem dinamiği değişkenler arasındaki karmaşık ilişkiyi göstermek için bilgisayar tabanlı modeller ve benzetim modelleri kullanır.

Sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak mikro-dünya (microworld) olarak adlandırılan simülasyon ortamları oluşturulur. Bu ortamı kullanan öğrenciler, gerçek dünyanın yerine bu model üzerinde deneyler yaparlar. Bu deneyler, bilgisayar kullanılarak yapıldığından, çok sayıda alternatif üzerinde çok çeşitli parametreler kullanılarak tekrar tekrar uygulanabilir. Böylece öğrenci, farklı koşullarda, sistem dinamiği yaklaşımının nasıl işlediğini yaşayarak öğrenir. Öğrenci başka türlü görme imkanı bulamayacağı deneyleri bu mikro-dünya ortamında gözlemleyebilir. Simülasyon ortamlarında deneyler, Dynamo, Powersim (1999), Vensim (1999), Stella (2000), ithink (2000), Extend (2000) gibi çeşitli bilgisayar yazılım programları vasıtasıyla yapılır (Martin, 1997a; Alessi, 2000). İlköğretim öğrencileri için genellikle Stella (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation) programı önerilir (Brown, 1992; Forrester, 1996). Mandinach (1989) ve

Steed (1992), Stella yazılım ürününün sistem süreci ve yapısı arasındaki bağlantıyı açıklamaya yardımcı olduğunu rapor ettiler. Stella, bir benzetim geliştirme ve icra programıdır (Martin, 1997a).

2.4. Sistem Dinamiği Yaklaşımında, Zihinsel Modeller ve Benzetim (Simülasyon) Modellerinin İlişkisi

Benzetim, öğrencilere deneyimlerini paylaşma, öğrenmelerini değerlendirme ve benzetimin beklenen sonuçlarına yönelik gözlemlerini değerlendirmeye yardımcı olan bir süreçtir. Benzetim aktiviteleri ile öğrenciler gerçek dünya sistemlerine daha ilgili hale gelirler (Chilcott, 1996).

Sistem dinamiği, zihinsel modeller ile benzetim modelleri arasında iki yönlü iletişim sağlar (Forrester, 1996). Zihinsel modeller, sistem dinamiği benzetim modellerine göre tahminler ve birbirleriyle ilişkileri noktasında daha karmaşıktır. Kelimelerle kolaylıkla tanımlanabilen herhangi bir kavram bir bilgisayar modeli ile birleştirilebilir (Forrester, 1995).

Bazı durumlarda benzetim modelleri, dikkat çekici bir şekilde zihinsel modellerle benzerlik gösterebilir. Benzetim modelleri aynı kavramlar içinde tartışılabilen aynı kaynaktan türetilirler. Fakat benzetim modelleri önemli bir noktada zihinsel modellerden farklılık gösterir. Benzetim modelleri açıkça ifade edilebilirken zihinsel modeller çok kolay ifade edilemezler. Benzetim dili konuşma dilinden daha açık, daha basit ve daha kesindir. Benzetim modellerinin dili eğitimsel geçmişine bakılmaksızın herkes tarafından anlaşılabilir (Forrester, 1995; Martin, 1997a; Serman, 2000).

Zihinsel bir model, yapı ve tahminlerde doğru olabilir fakat insan zihni ya bireysel olarak ya da bir grup anlaşması olarak gelecek için yanlış fikirler oluşturmak için uygundur (Forrester, 1995). Zihinsel bir modelle alınamayan geleceğe yönelik kararlar benzetim modelleri ile daha kısa zamanda ve daha basit bir şekilde alınabilir.

Benzetim modelleri, zihinsel modelleri test etmek, değerlendirmek için pratik ve geçerli bir yol sağlar. Zihinsel modellerin karmaşıklığı uygulamaları daha az anlaşılabilir yapar. Benzetim olmadan en iyi kavramsal modeller bile sadece test edilebilir ve gerçek dünya vasıtasıyla öğrenilen bilgilerden geribeslemeler olarak gelişebilir. Fakat bu geribeslemeler çok yavaş, karmaşık, zaman gecikmelerine sahip olduğu için çok etkili değildir (Sterman, 2000).

Sistem dinamiği, bilgisayar benzetimi vasıtasıyla gerçeğin zihinsel modelleri hakkında varsayımları test etmek için öğrencilere bir geri besleme kaynağı sağlar. Bilgisayar benzetimi bilgisayarda sistem dinamiği modellemesi ile uygulanan sayısal hesaplamalar vasıtasıyla sistem davranışının taklit edilmesidir. Bir sistem dinamiği modeli sistemin yapısını temsil eder. Bu model yapılandırıldığında ve başlangıç şartları sağlandığında bir bilgisayar, farklı model değişkenlerinin davranışını simüle edebilir. İyi bir model gerçek yaşamın bazı görünüşlerini taklit etmeye çalışır. Gerçek yaşam zamanında geri dönmeye ve bir şeyleri değiştirmeye izin vermezken, benzetim öğrencilere sistemin yapısını değiştirme ve pek çok farklı koşulda sistemin davranışını analiz etme gücü verir. Bilgisayar benzetimi sadece öğrencilerin gerçek yaşamı gzlememesini zorlayan sistemleri modellemek için yararlı değildir aynı zamanda gerçek deneylerle birleştiğinde öğrenme srecisini etkilemede çok daha etkilidir (Forrester, 1995; Martin, 1997a; Sterman, 2000).

Sistem dinamiği benzetimi, öğrencilerin gerçek dünya durumlarıyla ilgili deneyimlerine karar vermeye yardımcı olmak için tasarlanır. Benzetim modelleri, sayısal olarak tanımlanan matematiksel modellerle temellenir (Chilcott, 1996). Benzetim modelleri, zihinsel modelleri matematiksel ilişkilerle zenginleştirerek sistem dinamiği yaklaşımına daha özelleşmiş bir bakış açısı sunar.

2.5. Sistem Dinamiği Yazılım Programları

Benzetim ortamlarında deneyler, Dynano, Powersim (1999), Vensim (1999), STELLA (2000), ithink (2000), Extend (2000) gibi çeşitli bilgisayar yazılım programları vasıtasıyla yapılır (Davidsen ve arkadaşları, 1993; Martin, 1997a; Alessi,

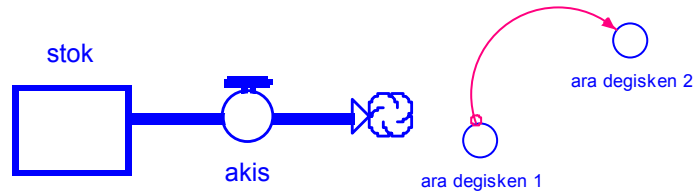
2000). İlköğretim öğrencileri için genellikle STELLA (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation) programı önerilir (Brown, 1992; Forrester, 1996).

2.5.1. STELLA (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation)

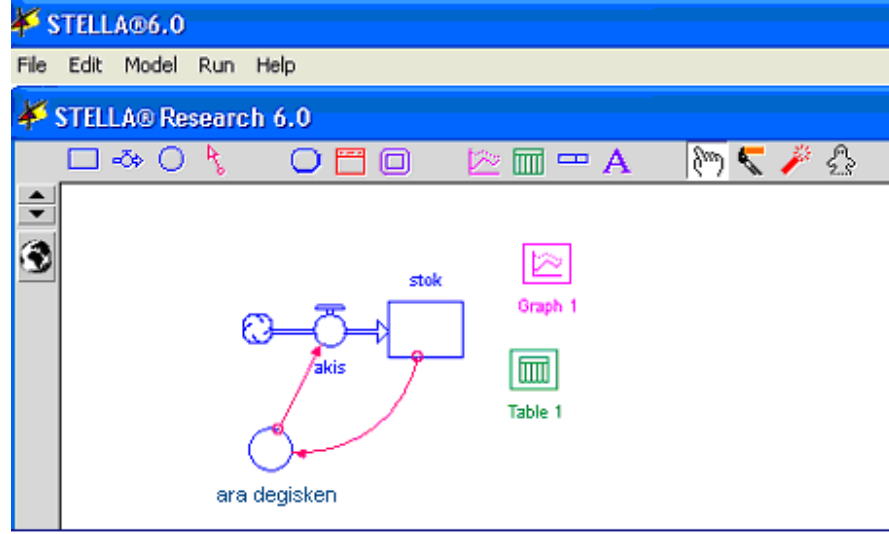
Stella, sistemdeki değişkenlerin nicel etkileşimlerini gözlemlemeyi, sistemin çatısını ve grafiksel arayüzünü kolay anlamayı sağlayan, stok (stock), akış (flow), ara değişken (dönüştürücü= converter) ve bağlayıcı (connector) elemanlarından oluşan bir simülasyon geliştirme ve icra programıdır (Martin, 1997a). Grafiksel arayüz kullanılarak fizik, kimya, biyoloji ve sosyal bilimlere ait sistemler tanımlanabilir ve analiz edilebilir.

Stella programında, stok sistemin mevcut durumunu gösteren birikimli bir değişken iken, akış stokun değişim hızıdır. Stoklar, akışlar ve akışları tanımlayan ara değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkileri, bağlayıcılar ile gösterir.

STELLA programına ait temel öğelerin nasıl bir ilişki içinde olduğu Şekil 8 ve Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 8. STELLA Model Elemanları (şematik gösterim)



Şekil 9. Stella Model Elemanları (programdaki gösterimi)

2.6. Sistem Dinamiği Araçları

Bu kısımda sistem dinamiği yaklaşımlarının uygulanmasına yardımcı olan bazı araçlar sunulmaktadır.

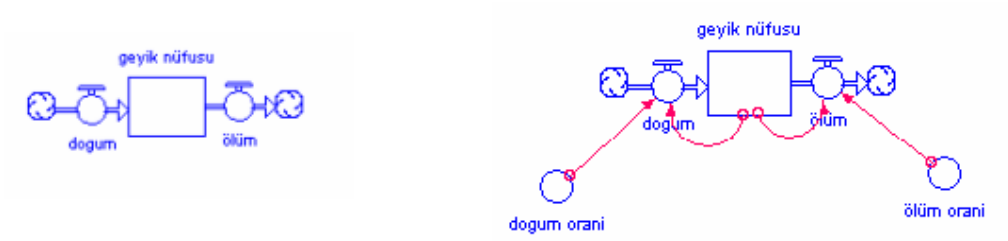
2.6.1. Stok/Akış Diyagramları

Bir sistemde, stok, akış ve ara değişken gibi üç temel değişkenin birbirleriyle ilişkilerinin belirtilmesiyle stok-akış ya da yapı diyagramı elde edilir. Stok değişkenleri sistemdeki temel birikimleri temsil ederken akış değişkenleri stokları doğrudan azaltan veya artıran değişkenlerdir.

Stok-akış diyagramları sistemi oluşturan temel elemanların birbirine bağlılığını gösterir ve;

- Birbiriyle karşılıklı ilişki içerisinde olan sistemin elemanlarının sistem içindeki yerini belirlemede,
- Sistemdeki hangi elemanların birbirleriyle ilişkili olduğunu anlama ve analiz etmede,
- Karşılıklı ilişkileri ve bu ilişkileri etkileyen durumları öğrenme ve analiz etmede yardımcı olur.

Şekil 10’da biyoloji ile ilgili bir stok-akış diyagramı örneği gösterilmektedir. Örnekte geyik nüfusunun doğum ve ölümle değişimi, stok-akış diyagramı ile ifade edilmektedir.



Şekil 10. Stok-Akış Diyagramı

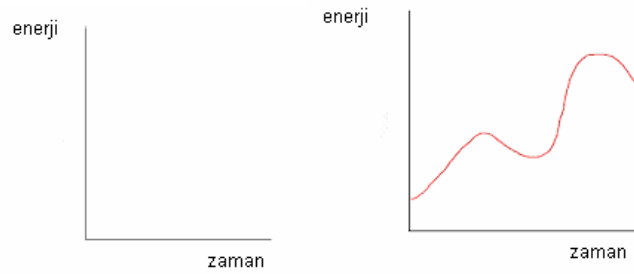
2.6.2. Davranışın Zamana Bağlı Değişim Grafikleri

Davranışın zamana bağlı değişim grafiği, sistemdeki örnek davranışları ayrı ayrı olaylardan daha iyi gösterir. Zaman içindeki değişimleri ölçer ve sistemde grafiği çizilen değişkene bağlı olarak nelerin gerçekleştiğini gösterir.

Ayrıca,

- karşılıklı ilişki ile sonuçlanan uzay ve zaman etkilerini anlamayı ve analiz etmeyi sağlar.
- sistem içindeki değiş-tokuşun kıs a ve uzun dönemli etkilerini belirlemede yardımcı olur.

Şekil 11’de durumu açıklayan bir grafik gösterilmektedir. Grafik enerjinin zamanla nasıl değiştiği hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 11. Zamana Bağlı Değişim Grafiği

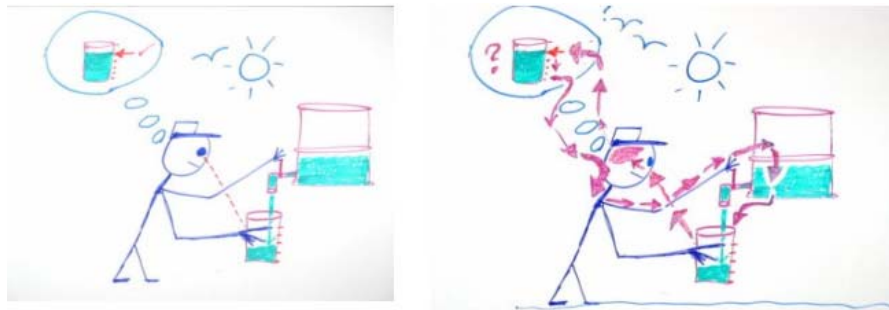
2.6.3. Sebep-Sonuç Döngü Diyagramları

Bir sistemde, sebep-sonuç ilişkilerinin ve geribesleme döngülerinin bir arada gösterilmesine sebep-sonuç diyagramı denir (Sterman, 2000; Barlas, 2005b). Bu diyagramlar sebep ve sonuç değişkenleri arasındaki ilişkileri gösterir ve genellikle etkili diyagramlar olarak işaret edilir (Richardson ve Pugh, 1981).

Sebep-sonuç diyagramlarının amacı; bir sistem içinde geçerli olan fırsatları ve bu fırsatlardan sonuçlar çıkararak ayrılmaz değiş-tokuşları belirleme, anlama ve sistem içindeki değiş-tokuşların kısa ve uzun dönem etkilerini belirlemektir. Şekil 12 ve Şekil 13'te bir sebep-sonuç döngü diyagramı örneği gösterilmektedir.

Ayrıca sebep-sonuç döngü diyagramları:

- bir problemin önemli geri besleme yapılarını açıklar,
- özel sınırlar içinde meydana gelen karşılıklı ilişki halinde olan parçaların sistemini belirler,
- sistemin özellikle geri besleme ilişkilerini (başlangıçta etki olan şeylerin sonunda nasıl sonuç olduğunu), birbirine bağlı olan bölümlerini anlama ve analiz etmede yardımcı eder,
- karşılıklı bağıllığı oluşturan ve etkileyen durumları anlaşılır hale getirir ve analiz eder.



Şekil 12. Bir bardağa su doldurma olayındaki sebep-sonuç ilişkisi



Şekil 13. Bir bardağa su doldurma olayındaki sebep-sonuç döngü diyagramı

Bir bardak su doldururken suyun akışını düzenleyen musluk pozisyonu ayarlanır. Su akışı da su seviyesini değiştirir. Su seviyesi değiştikçe algılanan fark (o anki seviye ile istenen seviye arasındaki) da değişir. Fakat algılanan fark değiştikçe elin musluk üzerindeki pozisyonu da tamamen değişir. Ve bardak dolana kadar bu şekilde devam eder (Senge, 2002).

2.7. Eğitim Çalışmalarında Sistem Dinamiği

Sistem dinamiği ile model oluşturma her çeşit geri besleme sistemlerinde pratik bir şekilde uygulanmaktadır. İşletme (business) sistemleri (Sterman, 2000), ekolojik sistemler (Grant ve arkadaşları, 1997), sosyo-ekonomik sistemler (Forrester, 1969, 1971 ve Meadows, 1973), ziraat sistemleri (Saysel ve arkadaşları, 2002), politik karar verme sistemleri (Nail ve arkadaşları, 1992), çevresel sistemler (Vizayakumar ve Mohapatra, 1991, Vezjak ve arkadaşları, 1998, Ford, 1999, Wood ve Shelley, 1999, Abbott ve Stanley, 1999, Deaton ve Winebrake, 2000; Guo ve arkadaşları, 2001).

Sistem dinamiği yaklaşımının bu alanlarda sağladığı başarıdan dolayı, eğitim bilimciler bu yaklaşımı eğitim alanında da uygulamaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. İlk yapılan çalışmaların sonucunda, sistem dinamiğinin etkili bir şekilde kullanılması durumunda, öğrencilerin derslere olan ilgisinde ve dersleri anlama seviyelerinde yüksek derecede ilerleme sağlandığı görülmüştür. Böylece, sistem dinamiği ABD’de müfredatın bir parçası haline gelmiş ve sistem dinamiği

yaklaşımı okul yönetimi ve kültürüne girmiştir (Forrester, 1992). Üyeleri gittikçe artan uluslar arası sistem dinamiği topluluğu (System Dynamics Society), 1985 yılında kuruldu. 15 yıldır uluslar arası toplantılar düzenleyerek Norveç, İspanya, Çin, Almanya, ve Tayland gibi ülkelere de sistem dinamiğini yaymışlar, sistem dinamiği kitapları Rusça, Japonca ve Çince gibi pek çok dile çevrilmiştir (Forrester, 1992; 1996).

Bu yaklaşımı kullanan öğretmenler daha çok öğrenci merkezli, disiplinler arası ve birbirleriyle ilişkilendirerek mevcut müfredatın geliştirileceğini bulmuşlardır (Lyneis, 2000). Öğrenciler zamanla değişim grafiklerini, sebep-sonuç ve stok/akış diyagramlarını ve sistem dinamiği modellerini kullanarak disiplinler arası problemlerin sonuçlarını anlamaya çalışır hale gelmişlerdir. Sistem dinamiği beklenmeyen ve çözümü zor problemlerin nasıl olduğunu ortaya çıkarmak amacıyla bilgisayar simülasyon modellerini kullanır. Bilgisayar modelleri genellikle bilinen tanımlayıcı bilgilerden oluşturulur (Forrester, 1996). Aynı yaklaşım doğada ve fiziksel çevrede insansız modellemelerde de aynı anlamı taşır.

Sistem dinamiğinin uygulandığı sınıflarda öğretmenler, öğrencileri daha iyi sorular sorabildiklerinde, kendi cevaplarını araştırabildiklerinde ve öncekine göre daha derin bir görüş kazanabildiklerinde şaşkına dönmüşlerdir. Diğer öğretmenler, öğrenciler için bu faydaları gözlemledikten sonra sınıflarında bu yaklaşımı kullanmaya başlamışlardır (Lyneis, 2000).

Eğitim, gerçek dünyanın durağan görüntüsünü öğretir. Fakat dünyanın sahip olduğu problemler dinamiktir (Forrester, 1992). Bu yüzden, okul öncesi dönemden lisans eğitimine kadarki eğitim sürecinde, sistem dinamiği modellemesi matematik, fizik, sosyal çalışmalar, tarih, ekonomi, biyoloji ve edebiyat alanlarında uygulanmaktadır (Forrester, 1996). Öğretmenler, sistem dinamiği araçlarını kullanma sürecinde öğrenmenin daha öğrenen merkezli ve işbirlikli olduğunu bulmuşlardır. Geleneksel yaklaşımda öğretmen, sınıfın önünde oturan ve pasif alıcı olan öğrencilere bilgi dağıtan biri olmasına karşın, sistem yaklaşımında öğretmen öğrencilere kendi başlarına öğrenme sorumluluğu kazandırır ve araştırmaya

yönlendirir. Sistem dinamiği örnek olayları araştırmaya, soru sorma ve soruların cevaplarını bulmak için birlikte çalışmaya teşvik eder (Forrester, 1996; Lyneis, 2000). Sistem dinamiği dersleri öğrenciler ve öğretmenler için eğlenceli hale getirir.

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrenciler ve öğretmenler üzerinde olumlu etkileri yanında, uygulamada bazı sıkıntıların yaşandığı da araştırmacılar tarafından rapor edilmektedir. Öğrenciler genellikle stok ve akışı karıştırmaya yönelirler (Forrester, 1992). Öğrenciler aynı zamanda akış ile sebep-sonuç ilişkisini karıştırırlar. Gerçeği yansıtan modeller yerine gereksiz bir şekilde soyut ve karmaşık modeller oluşturabilirler. Kendi modellerini geliştirmek yerine ders kitaplarındaki modelleri veya öğretmenin oluşturduğu modelleri uyarlayabilirler. Öğretmenlerin yaptığı en önemli hata ise, öğrencilerin birkaç hafta içinde karmaşık bir model (birden fazla stok, akış ve sebep sonuç ilişkilerinin olduğu bir model) oluşturabileceklerini düşünmeleridir (Alessi, 2005).

Draper ve Swanson (1990), Tucson Arizona'daki Orange Grove ortaokulunda 7. ve 8. sınıf müfredatı içinde yeni eğitimsel araçları, yeni öğrenme sürecini ve yeni bir paradigmayı tanımlar. Draper ve Swanson sistemleri modellemek için STELLA yazılımını kullanarak sistemli düşünmeyi ortaokul seviyesinde uygulamayı başarmışlardır. Öğrenciler simülasyona başlamadan önce zamanlarının çoğunu konu hakkında bilgi toplayarak ders esnasında notlar alarak sonra da arkadaşlarıyla gruplar oluşturup simülasyonu planlamakla geçirmişlerdir.

Cruz ve arkadaşları (2007), Kolombiya'da lise öğrencileri ile sistem dinamiklerinin uygulandığı bir deneysel uygulama yapmışlardır. Her bir lisede deneysel çalışma öncesi öğretmenler için üç saatlik eğitim vermişlerdir. Stok ve akışı göstermek için küvet örneğini kullanarak geri besleme döngülerini öğrettiler. Sistemin davranışının etkilerini bir fizik oyunu olan “enfeksiyon oyunu (The Infection Game)” ile göstermişler, oyundan sonra Serman'ın (2000) difüzyon modeli üzerinde tartışmalar yapmışlardır. Öğretmenler çok dikkatli ve hevesli olup öğrencilerini motive etmek ve eğitim metotlarını geliştirmek için yeni yollar bulmak

istemişlerdir. Sistem dinamiğini öğrendikçe ve oyunda deneyim sahibi oldukça sistem dinamiği araçlarının nasıl kullanıldığını öğrenmek için daha hevesli oldular.

Booth Sweeney ve Sterman (2000), çalışmalarında üniversite öğrencilerinin temel sistemli düşünme yeteneklerini keşfetmek için küvet senaryosundan yararlanmışlardır. Öğrencilerden bir küvete belli bir miktar su geldiğinde ve küvetten belli bir miktar su boşaldığında küvette biriken suyun nasıl değişeceğini tahmin etmeleri ve küvetteki su miktarının grafiğini çizmeleri istenmiştir. Sonuçlar öğrencilerin pek çoğunun bu grafiği yanlış çizdiğini göstermiştir. Öğrenci hatalarının çoğunun sistematik ve sadece hesaplama hataları değil temel prensiplerin ihlalden kaynaklanan hatalar olduğu tespit edilmiştir.

2.7.1.Sistem Dinamiği Tabanlı Müfredat Projeleri

2.7.1.1. Stacin (Systems Thinking and Curriculum Innovation Network)

Stacin projesi 1980 yılında yapılan ACOT (Apple Classroom of Tomorrow) projesinin genişletilmesidir. Acot projesi, bilgisayar kullanımına bağlı müfredat yeniliklerini uygulamak için Amerika'daki okullara önemli bilgisayar kaynakları sağlamıştır. İlk önce Staci projesi olarak Vermont'ta bir lisede başlamış daha sonra San Francisco'daki 6 ilköğretim okulu ve Arizona'daki bir lisenin eklenmesiyle de Stacin projesi haline gelmiştir.

Princeton'da eğitimsel test servisi ve sistemli düşünme ve müfredatta yenikçilik projesinin yöneticisi Ellen Mandinach, ülkenin 8 farklı okulunda çalışmalar yapmış, bu çalışmalardaki gözlemlerini şu şekilde anlatmıştır (Forrester, 1996):

“STACIN projesindeki öğretmenler sistemli düşünmeyi hem etkili bir eğitim stratejisi hem de profesyonel bir gelişme fırsatı olarak kavradılar. Pek çok proje öğretmeni sınıflarındaki aktiviteleri değiştirdiler. Öğrenciler ve öğretmenler sistem

yaklaşımından yararlandılar. Öğretmenler için öğretmenin rolününün bilgileri anlatan yerine anlamayı kolaylaştırıcı olarak değişmesi onları daha çok teşvik etmiştir”.

Stacin projesinin felsefesi problemleri çözmek, sistemi derinlemesine anlamak için öğretmen ve öğrencilerin işbirliği içinde çalıştıkları yapılandırmacılık temelli müfredatı uygulamaktı. Projeyi uygulamaya başladıktan sonra öğrencilerin kendi modellerini kendileri sağlayacak şekilde daha çok öğrenci merkezli bir yaklaşım benimsenmiştir. Yol gösterici felsefeleri, bilgilerin öğrencilerin kafasına aynen aktarılması değil, öğrenci ve öğretmenin bilgilerini birlikte oluşturması, genişletmesi ve artmasıydı (Mandinach ve Cline, 1994). Ayrıca bu projede sistemli düşünme becerisinin de geliştirilmesi önemli bir rol oynamıştır (Mandinach, 1989).

Projede öğrencilere bir sistem dinamiği modeli oluşturmalarına izin veren STELLA yazılım programı kullanılmıştır. Bu proje STELLA programının kullanıldığı bir araştırma ve etkilerini değerlendirme projesidir.

2.7.1.2. CC-Stadus (Cross-Curricular System Thinking and Dynamics Using Stella)

CC- Stadus projesi 1993 yılında başladı. Başlangıçta 150 lise öğretmenine müfredatlarını Stella ile sistem dinamiği modelini birleştirerek eğitim verdiler. Öğretmenler yazın verilen seminerlerle eğitildiler. Sonradan öğretmenler, fen, matematik ve sosyal bilgiler gibi birçok alanda modeller oluşturmak için öğrencileriyle çalıştılar. Bu proje çalışması üç yıl sürdü (Fisher, 1994; Zaraza ve Fisher, 1997).

CC-Stadus projesinin 4 büyük amacı vardı. Bu amaçlardan ilki, öğretmenlere sistem dinamiğinin temellerini ve kendi alanları ile ilgili bilgisayar modellerini öğretmeye odaklanmaktı. İkinci amaç, sadece birinci amaç gerçekleştirildikten sonra başarılabilir. Öğretmenlerin daha geniş çaplı modeller oluşturmaya ilgi duymasına ve sistem dinamiğini daha iyi anlayarak arkadaşlarıyla birlikte müfredat tabanlı bir proje üzerinde çalışmalarına izin vermeye odaklanır. Yazın öğretmenlerin sınıf ortamında

kullanmaya yönelik modeller geliştirmesi üçüncü amaçtır. Projenin dördüncü amacı ise, geliştirilen sistem dinamiği modellerini eğitim ortamında pratik olarak uygulamaya odaklanmaktı. Bunların yanı sıra CC-Status projesini esas amacı, sistem dinamiğinin kendi başına sürdürülebilir bir olay olması için kullanıcı ve geliştirici grupların eğitilmesini ve cesaretlendirilmesini sağlamaktı (Zaraza, 1995).

2.7.1.3. CC-Sustain (Cross-Curricular Systems Using Stella: Training and INService)

CC-Sustain projesi CC-Status projesinin devamı şeklindeydi. Alınan burs değiştiği için proje bu isimle devam etti. Stacin projesi bir araştırma projesiydi ve sistem dinamiğinin etkisinin araştırılması ve değerlendirilmesi nispeten daha küçük öğretmen ve öğrenci gruplarına uygulanmıştı. CC-Sustain ise öncelikle bir uygulama projesiydi. Pek çok okulda pek çok öğretmene eğitim verildi. Genel felsefesi, modellemeye başlamak için öğrencileri teşvik etmekte. Basit bir şekilde modellerle başlamak daha sonra onun üzerine inşa etmekte. Sadece sistem dinamiği düşüncesini benimsemeye istekli öğretmenleri içerdi. CC-Sustain projesi ana amaçlar doğrultusunda nasıl uygulanacağı üzerinde çalışmalar yaptı (Alessi, 2005).

2.7.1.4. Science Ware Projesi

Bu proje Michigan üniversitesindeki yüksek etkileşim bilim araştırma laboratuvarında yapıldı. Science ware ve Model-it projeleri, ilköğretim seviyesinde özellikle fen ile ilgili konuları öğrencilere öğretmek için tasarlandı. Projelerin merkezi feni öğrenme ve uygulama üzerine kuruldu. Modelleme veri toplama, verileri görselleştirme, verileri açıklamak ve sembolize etmek için model oluşturma ve verileri raporlaştırma gibi birkaç önemli bileşen içerdi. Science Ware projesi için RiverBank, Viz-It, Model-it, PlanIt-Out ve Web-It gibi birkaç modelleme aracı oluşturuldu. Stacin ve CC-Sustain projeleri gibi bu proje de yapılandırımcılığı temel alır. Bu proje yapılandırımcı ve işbirlikli öğrenmenin kullanımını yansıttığı gibi daha iyi şekillendirilmiş bir teoriyi esas alan daha öğrenme dostu bir yaklaşımı önerdi (Alessi, 2005).

Bu projeler öğretmenlerin sınıfta sistem dinamiğini uygulamaları için fikirler ve pek çok yararlı modeller sağlamaktadır.

2.7.2.K-12 Eğitim Projeleri

Amerika'da 12 okul (Acton Public School District and Acton-Boxborough Regional School District, Carlisle K-8 School District, Catalina Foothills School District, CC-STADUS/NSF Project, Concord Middle School, Concord-Carlisle Regional School District, Glynn's Integration of Systems Thinking, Harvard School District, LaSalle College Preparatory School, Lawton Elementary School, Maumee Valley Country Day School, Willard Elementary School) programlarında sistemli düşünme ve sistem dinamiği yaklaşımını yönettiler. Eğitimcilerin sistemli düşünme ve dinamik modelleme anlayışı kazandırmak için harcadıkları çabalar görüşüldü ve sistem kavramı ile araçlarına uygun eğitime yönelik stratejiler planlandı ve uygulandı. Her okulda uygulamalar farklı olsa da genellikle öğleden sonraları veya yaz tatilinde öğretmenlere sistemli düşünme ve sistem dinamiği yaklaşımı hakkında bilgi verildi. Sistem dinamiği araçları tanıtıldı. Farklı konular için modellemeler geliştirildi. Yeni öğretim yılı başladığında öğretmenler sınıflarında sistemli düşünme ve sistem dinamiği yaklaşımını matematik, fen ve sosyal konularında uyguladılar. Proje kapsamında uygulama yaparken karşılaştıkları sorunları ve uygulama sonucunda elde ettikleri gözlemleri gözlemlenebilir sonuçlar, bireysel öğrenme ve şanslar başlıkları altında paylaştılar. Bu projeye katılan öğretmenlerin gözlemlerinden ve düşüncelerinden elde edilen bazı dikkate değer sonuçlar sunulmaktadır.

- Bazı sistem aktivitelerinin sonuçlarına göre öğretmenler öğrencilerin müfredatla ilişkili çeşitli konularla ilgili kavramları daha açık anladıklarını rapor ettiler
- ST ve SD ile çalışmak öğrencilere uzun dönemde öğrenme, analiz etme ve problem çözme aracı sağlar

- Problem çözmeye bir heyecan getirir. Normalde öğrenciler problem çözmeye derslerini pek sevmezler.
- Öğrencileri daha geniş düşünmeye teşvik eder.
- Öğrencilerin düşünceleri daha analitik tarzla değişir. Sebep-sonuç ilişkilerini daha derin bir şekilde anlamalarına yardımcı olur.
- ST teknik ve araçları var olan öğrenen merkezli öğrenmenin yapısını genişletmektedir
- Öğrenciler kendilerinin ve grup arkadaşlarının düşüncelerini daha kritik bir şekilde incelediler.
- Sınıfın atmosferi çok ilerlemişti. Öğrenciler öğrenmeye istekliydiler ve işlerinin başında kaldılar
- Öğrenciler birbirlerinin yeteneklerine daha fazla değer verdiler
- Öğrenciler analiz etme, kritik etme ve yeni düşünceleri formüle etme yetenekleri geliştirdiler

2.8. SD Yaklaşımının Yeni MEB Müfredatında Uygulanabilirliği

Ülkemizde geçmiş yıllarda fen bilgisi olarak okutulan ders, TC MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı 2004 yılı program reformu çerçevesinde “Fen Dersleri Özel İhtisas Komisyonu” tarafından Fen ve Teknoloji Dersi olarak değiştirilmiştir (MEB, 2006). Bu yeni program geliştirilirken esas alınan bazı temel noktalar şunlardır:

- Az bilgi özüdür.
- Program tüm fen ve teknoloji okuryazarlığı boyutlarını kapsamıştır.
- Programda öğrenmede yapılandırıcı öğrenme teorisi esas alınmıştır.
- Programda ölçme ve değerlendirmede yapılandırıcı öğrenme teorisine dayanan alternatif değerlendirme yaklaşımları esas alınmıştır.
- Programda öğrencilerin zihinsel ve fiziksel gelişim seviyeleri gözetenmiştir.
- Programda sarmallık ilkesi esas alınmıştır.

- Programın ilgili diğer derslerin programlarıyla paralelliği ve bütünlüğü gözetilmiştir.

2004 Fen ve Teknoloji Programının vizyonu; ülkemizde fen ve teknoloji okuryazarlığını geliştirmek ve bu amaçla bireysel ve kültürel farklılıkları ne olursa olsun tüm öğrencilerin fen ve teknoloji okuryazarı bir birey olmalarını sağlamaktır. Fen ve teknoloji okuryazarlığı, genel bir tanım olarak; bireylerin araştırma-sorgulama, eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerileri geliştirmeleri, yaşam boyu öğrenen bireyler olmaları, çevreleri ve dünya hakkındaki merak duygusunu sürdürmeleri için gerekli olan fenle ilgili beceri, tutum, değer, anlayış ve bilgilerin bir bileşimidir. Bu esas göz önünde bulundurularak Fen ve Teknoloji Programında vurgulanan temel anlayışlar aşağıdaki gibidir:

- Beceri ve anlayış geliştirilmesi
- Kavram ve yaşama dönük anlayış geliştirme
- Alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemleri
- Yapılandırıcılık
- Öğrenci merkezli öğretim
- Bireysel farklılıklar vurgulu öğretim
- Programın esnek bir şekilde uygulanması
- İşbirlikli öğrenme

Yeni öğretim müfredatında vurgulanan temel anlayışlar çerçevesinde, sistem dinamiği fen ve teknoloji öğretiminde öğrencilere çok yönlü bakış açısı kazandıracağı, ABD ve diğer ülkelerdeki uygulamaları gözönünde bulundurarak, düşünülebilir. Sistem dinamiğinin öğrencilere kazandıracağı beceriler şu şekilde özetlenebilir:

1. Sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak mikro-dünya (microworld) olarak adlandırılan simülasyon ortamları oluşturulur. Simülasyon ortamları öğrencilere:

- Gerçek dünyanın modeli üzerinde deney yapma,
 - Tekrar tekrar uygulanabilme,
 - Farklı koşullarda dinamiklerin nasıl ortaya çıktığını yasayarak öğrenme fırsatı sağlar.
2. Zihinsel bir model kişinin zihinsel algısıdır ya da sistem davranışının temsilcisidir. Yanlış kurulan ve tamamlanamamış zihinsel modeller yüzünden öğrenci derste öğretilen prensipleri uygulayamaz. Sistem dinamiği bilgisayar benzetimi kullanmak vasıtasıyla gerçeğin zihinsel modelleri hakkındaki varsayımları test etmek için öğrencilere geri besleme kaynağı sunar (Martin, 1997c).
3. Farklı dinamik kalıpların mekanizmasını ortaya koyar. Farklı dinamik kalıplar öğrencilere:
- Farklı dinamik davranışları betimleme,
 - Farklı dinamik davranışlar göstermesinin sebeplerini araştırma
 - Farklı dinamiklerin nasıl ortaya çıktığını, sebep sonuç ve stok-akış şemalarını kullanarak keşif yapmalarına olanak verir.
4. Fen bilgisi konularının basit kavram yanılgıları veya bilgi eksiklerini ortaya çıkararak ve olayların niçin gerçekleştiğini anlamaya yardımcı olarak, daha derin ve kapsayıcı bir şekilde kavranmasını sağlar. Olayların sebeplerine odaklanma ve karmaşık sistemlerin altında çok sayıda sebep-sonuç ilişkisinin yattığını, bu ilişkilerin yüzeysel kalıplarla çözülemeyeceğini anlamayı sağlar. Bu da öğrencilere fen ve teknoloji derslerinde daha derin ve ilgili bir tavır geliştirme ve fen bilgisi derslerine karşı yüksek motivasyon ve merak seviyesine ulaşma noktasında destek sağlar. Genel bir problem tanımlama ve çözme yaklaşımı olduğu için öğrencilere bir bilim adamı disiplini ve duyarlılığı edinme, sadece kendilerine sorulan soruları yanıtlayan pasif bir tavırdan ziyade, çevresini gözlemleme, yeni problemleri keşfetme ve bu problemleri bilimsel bir yaklaşımla modelleyip inceleme becerilerine sahip olabilme yeteneği

kazandırmada yardımcı olur. Problem oluşturma becerisi ile, verilen bir problemi yanıtlamaktan daha derin bir bakış akışı kazandırır. Meselelere eleştirel bakış açısıyla yaklaşmak ve sorulmamış olan soruları ortaya çıkarabilme, tek bir doğrunun olmadığını, farklı koşullarda, farklı kişilerde, farklı zamanlarda farklı doğruların olabileceğinin farkında olma becerisi kazandırır.

Yeni MEB müfredat programının temel aldığı yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı, yukarıda bahsedilen özellikler dikkate alınarak sistem dinamiği yaklaşımı ile desteklenerek fen ve teknoloji dersinde etkili bir öğrenme- öğretme ortamı oluşturulabilir.

2.9. İlgili Literatür

İşletme, ekonomi, mühendislik gibi alanların dışında, eğitim alanında da sistem dinamiği yaklaşımı ile ilgili pek çok araştırma mevcuttur. Bu bölümde sistem dinamiği yaklaşımının okullarda uygulanmasına yönelik araştırmalara yer verilecektir.

Sistem dinamiği yaklaşımının temeli olan sistemli düşünme becerisini geliştirmeye yönelik çalışmalar sistem dinamiği yaklaşımının uygulanmasında yarar sağlamıştır.

Booth Sweeney ve Sterman (2000), bir sistemli düşünme anketi (system thinking inventory) geliştirdiler ve anketten elde edilen ilk sonuçları değerlendirdiler. Bu anket, geribesleme, gecikme, stok ve akış gibi sistemli düşünme kavramlarını değerlendirmek için tasarlanan özet görevleri içerdi. Öğrencilerden anketteki olaylar hakkında bekledikleri davranışı grafik çizerek göstermeleri istendi. Öğrencilerin çizdikleri grafikler belli kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirildi. Sonuçlar fen ve matematik alanında eğitim almış üniversite öğrencilerinin stok, akış, zaman gecikmeleri ve geribesleme gibi temel sistem dinamiği kavramlarını anlamada zayıf kaldıklarını göstermektedir. Öğrencilerin

yaptıkları hatalar sadece hesaplama hataları değildir, genellikle sistematiktir ve temel prensipleri anlamadıklarını işaret etmektedir.

Ossimitz (2002) daha önce Booth Sweeney ve Sterman (2000) tarafından yapılan çalışmanın sadece iki senaryosunu (ulusal borçlanma ve küvet dinamiği) alarak toplam 6 senaryoyu 154 öğrenci ile tekrarlayarak öğrencilerin stok- akış hakkındaki bilgilerini grafik yorumlama becerilerini inceledi. Senaryolardan elde edilen bulgular şaşırtıcıydı. Federal bütçe açığı (net akış) ile kamu borcu (stok) arasındaki ilişkiyi inceleyen ilk senaryoda, katılımcıların performansı aynı seviyededir. Genel olarak çalışma stok ve akışı anlama yeteneklerinde ciddi derecede eksiklik olduğunu göstermektedir. Bu eksiklik katılımcıların grafikleri yorumlamadan kafalarına göre cevap verdiklerini göstermektedir. Küvet dinamiği senaryosunun farklı kriterler arasındaki korelasyonu diğer stok- akış düşünme yeteneklerini tetikleyen stokun ilerlemesinde bir pozitif net akış kavrama yeteneğini ortaya koymaktadır.

Frulan (2006) sistemli düşünme paradigmasını çağdaş bir tartışmayı temel alan müfredat geliştirme süreci boyunca 12 kişilik farklı disiplinlerde uzman öğretmen adayları grubuna rehberlik etmesi için kullandı. Çalışmada öğretmen adaylarının işbirlikli bir şekilde disiplinlerarası müfredat geliştirmek için sistem perspektifi ve fen tabanlı karşıtlıklar kullanarak nasıl fayda sağlayacağı araştırıldı. Veriler anketler, sınıf gözlemleri, ders bitimindeki gözlemler ile toplandı. Genel anlamda bazı bilgi eksikliklerine alternatif kavramlara rağmen sistemin doğasını basit bir şekilde anladıkları, MIT'deki mezun öğrencilere benzer bir dizi dinamik düşünme becerilerine sahip oldukları ve bilimsel bilgilerin doğası hakkında basit ve göreceli karmaşık anlayışların karışımı olduğunu düşündükleri ortaya çıktı. 5 öğrenciyle yapılan görüşmelerde karmaşık problemlerde çoklu sebep-sonuç ilişkilerini araştırma, bağlantılar kurma ve holistik düşünmeyi destekleyen algıları temel alan sistemli düşünme hakkında olumlu cevaplar verdikleri ortaya çıktı. Fen tabanlı tartışmalar pozitif bir şekilde öğrencilerin motivasyonlarını artırma, daha derin düşünceleri geliştirme, disiplinli öğrenme ile ilişkili problemleri ilişkilendirme ve diğer alanlardaki öğretmenler ile işbirliğini destekleme olarak algılandı. Öğretmen

adaylarının disiplin karşıtı paradigma ve metotlarla karşılaşmaktan ve disiplinler arası içerikleri adapte eden çoklu fırsatlardan fayda sağlayacağı sonucuna varıldı. Fen tabanlı tartışmalar açısından öğretmen adaylarının başarılı bir şekilde adaptasyon oluşturdukları ve farklı amaçlar için farklı içeriklerde ve yeni konularda tartışmayı kullanmada yarar sağladığı sonucu elde edildi.

Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005), dünya sistemi ve özellikle su döngüsü konusunda sistem düşüncesinin gelişmesi konusunda İsrail'deki 50 8. sınıf öğrencisi ile çalıştılar. Çalışmada öğrencilerin kompleks sistemlerle ilgili olup olmadığını, öğrencilerin sistemle ilgili algı yeteneklerini neyin etkilediğini, sistemli düşünmenin bilişsel parçaları arasındaki ilişkinin ne olduğunu anlamaya çalıştılar. Veri toplamak için analizleri çizme, kavram haritası, kelimeleri eşleştirme, devirli düşünme anketi gibi ölçme araçları kullanıldı. Bulgular hiyerarşik bir yapıda sistemli düşünmenin gelişimini işaret etti. Araştırma başlangıçta öğrencilerin sistem düşüncesi becerisinin düşük seviyede olmasına rağmen su döngüsü içeriğinden sonra öğrencilerin üçte birinin ileriki seviyelere ulaştığını gösterdi.

Lise öğrencileri ile sistemli düşünme çalışan Gudovitch (1997) karbon döngüsü ile ilgili sistem müfredatı geliştirdi. Gudovitch öğrencilerin önceki bilgi ve algılarının genelde küresel çevre problemleriyle ilgili olduğunu keşfetti. Kali ve arkadaşları (2003) taş döngü sistemini öğrencilerin sistemli düşünme becerileri ile ilgili aktiviteleri üzerinde çalıştılar. Öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar ile öğrencilerin sistemin döngüsel doğasını anlamak için değişmez bir sistemli düşünme gösterdiklerini rapor ettiler. Karbon ve su döngüsü gibi daha karmaşık sistemleri anlamak için her bir yer sistemiyle ilişkili yüksek bir sistemli düşünme derecesine ihtiyaç duyduğunu ifade ettiler.

Sistemli düşünmenin öğrenmeye olumlu etkilerini gören araştırmacılar sistemli düşünme ile sistem dinamiği yaklaşımını birleştiren çalışmalar yaptılar.

Sistem dinamiğini öğretmek sistemli düşünme becerisini geliştirir mi? sorusuna “sistemli düşünmenin gelişimi” projesi kapsamında, cevap arayan, Klieme

ve Maichle (1991; 1994) ve Ossimitz (1994; 1996) yaptıkları deneysel çalışmalarla öğrenci ve öğretmenlerden olumlu tepkiler aldılar. Klieme ve Maichle (1991; 1994), 9. ve 10. sınıf öğrencileri ile matematik, biyoloji, kimya ve sosyal çalışmalar gibi alanlarda sistem dinamiği ile modellemeler yaparak sistemli düşünme becerisinin gelişip gelişmediğini araştırdılar. Klieme ve Maichle (1994), öğrencilerin başarısının kendi motivasyonlarına ve bilgisayarla daha önceki deneyimlerine bağlı olduğunu tespit etti. Ayrıca 9. sınıfta öğrencilerin olaylar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini hızlı bir şekilde öğrendiklerini savundu. Ossimitz (1996) ise, 9. ve 12. sınıfta öğrenim gören toplam 130 öğrenci ile matematik ve fizik alanlarında çalıştı ve sistemli düşünmenin sınıflarda sistem dinamiği yazılım programlarını kullanarak nasıl geliştiğini inceledi. Bu çalışmalardan elde edilen genel sonuçlar, öğretmen ve öğrencilerin çoğunun sistem dinamiği ile çalışmayı ilginç bulduklarını gösterdi. Ayrıca sistemli düşünme genel bir beceri olmadığı için, öğrencilerin sistemli düşünebilme becerisini ve bu becerinin gelişimini ölçmenin çok zor olduğu rapor edildi (Almancadan çeviren: Ossimitz, 2000).

Mandinach (1989) STACI projesinde genel problem çözme becerilerini genişletmenin yanı sıra özel bilgileri öğretmek için ortaöğretim müfredatında Stella simülasyon modelleme yazılımını kullanarak sistemli düşünme yaklaşımının öğrenmeye olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaştı.

Pala ve Vennix (2005) çalışmalarında daha önce Booth Sweeney ve Sterman (2000), Sterman (2000) tarafından geliştirilen ve diğer araştırmacılar tarafından da kullanılan sistemli düşünme anketinin mağaza, imalat ve CO₂ sıfır- emisyonu senaryoları üzerinde sistem dinamiğine giriş dersinin etkilerini araştırdılar. Çalışmanın amacı öğrencilerin sistem dinamiği dersi devam ederken sistemli düşünme becerisinin gelişip gelişmediğini dersten sonra da stoku net akış dinamiği ile ilişkilendirme, zaman gecikmelerini ve geri besleme ilişkilerini doğru bir şekilde tespit edip edemediklerini test etmektir. Öğrenciler soruları 13 haftalık ders süresinin öncesinde ve sonrasında cevaplandırdılar. Ön test ve son testten elde edilen sonuçlar tartışıldı. Mağaza senaryosundan elde edilen sonuçlara göre kontrol ve deney grubundaki öğrencilerin performanslarında gelişme gözlemlendi. Deney grubundaki

gelişme kontrol grubundakinden daha fazla oldu. Bunun anlamı temel sistem dinamiği prensiplerinin anlatıldığı ders sürecinin stok, akış ve bunlar arasındaki davranışsal ilişkiyi daha iyi anlamaya yönlendirmesidir. Üretim senaryosunun sonuçları oldukça şaşırtıcıdır. Ön testten son teste öğrencilerin performansında düşüş gözlemlendi. Sistem dinamiği dersin devam etmesinden ve üretim senaryosunda modelleme-analiz etmeye zaman harcanmasından sonra öğrencilerin performansları kötü hale geldi, dikkatleri azaldı. CO₂'in sıfır emilimi senaryosunda karışık sonuçlar elde edildi. Bu soru iki farklı bilişsel göreve gereksinim duyar. İlki içeriye akışın (CO₂ emisyonu) stokla (atmosferdeki CO₂ miktarı) ilişkisi, ikincisi bu stokun diğer stoklarla (küresel anlamda sıcaklık) ilişkisi. İlk görevde öğrenciler ön ve son testte yüksek başarılar gösterdi hatta son testteki başarı biraz daha yüksekti. İkinci görevde performans oldukça düşüktü. Bunun anlamı öğrencilerin birikimleri ve sistemdeki diğer birikimlere etkisini anlamada zorlanmaları idi.

Üniversite öğrencilerinin yanısıra, Coffin (1999), sistemli düşünme ve dinamik modelleme konusunda ilkökul öğrencileri ile çalıştı. Derslerinde köpek balığı ile balık arasındaki av- avcı ilişkisi örneği ile zamanla davranış grafiklerini, meyve sineği çiftliği deneyi ile basit stok-akış ilişkisini, arkadaşlık ilişkisi konusu ile stok ve akışlar arasındaki geri besleme döngülerini öğrencilerine öğretti. Öğrenciler konular hakkında sürekli beyin fırtınası yaptılar ve işbirlikli gruplar halinde çalıştılar. Sonuç olarak, bu öğrenme süreci içinde öğrenciler daha iyi düşünür haline geldiler. Konuları arkadaşlarıyla tartışma imkanı buldular, görüşlerini olgunlaştırdılar. Sebep-sonuç ilişkilerini çok iyi anladılar, yaratıcı yazma becerileri gelişti. Sistemli düşünme öğrencilere görsellik sunar. Bilgisayarla dinamik modelleme ise kinestetik öğrenmeye ve yaratıcı düşünme becerilerinin gelişimine yardımcı olur.

Literatürde bir problemi sistem dinamiği modellemesi yaparak çözmeye veya herhangi bir durumu tespit edip gelecekteki davranışını tespit etmeye yönelik araştırmalar da mevcuttur.

Son (2003), 2002'den 2030 yılına kadar süren 28 yıllık sürede Güney Kore'deki lise eğitiminin uzun dönem analizini dinamik bir simülasyon modeli ile

gösterdi. Amacı 28 yıl içinde lise eğitim sistemi hakkında bilgi sahibi olmak ve modelden elde edilen sonuca göre lise eğitimi hakkında öneriler sunmaktı. Model, nüfus, ekonomi, teknoloji ve küreselleşme arasındaki ilişkileri inceledi. Modelin sonucu Kore'deki lise eğitiminin modelin zaman eksenini boyunca sabit bir şekilde düştüğünü gösterdi. Araştırmacı bu çalışmada sistem dinamiğini bir karar verme yaklaşımı olarak kullandı.

Clauset ve Gaynor (1982), okul gelişim programlarını değerlendirerek ve yaşanan problemleri tespit etmek için Amerika'daki kent ilköğretim okullarındaki başarısızlığın sebeplerini araştırdı. Metodoloji olarak çalışmasında sistem dinamiğini seçti. Dinamik teori öğrenme zamanı ve öğrenme kavramını temel olarak geliştirildi. Teorinin odak noktası öğretmenin öğrenci başarısı ve eğitim gözlenebilir örneklerini belirlemesidir. 4 sınıfta okul başarı politikası değişen öğrenci girdileri, eğitimin yoğunluğu, eğitimin kalitesi ve öğrenci davranışları değişkenlerine göre test edildi. En etkili politikaların daha iyi öğretmen becerisi, düşük başarılar için öğretmen beklentilerinin artması ve eğitim için uygun zaman olduğu sonucuna varıldı. Eğitimi değiştirmeksizin öğrenci davranışlarını iyileştirmek için yapılan çalışmaların etkisiz olduğu ortaya çıktı. Aynı zamanda karar analizi etkili okulların temel özelliklerinin önemini doğruladı.

Nelson (1995) çalışmasında, düzenli bir sınıfta öğrenci başarısını etkileyen öğretmen davranışını bir bilgisayar simülasyonu ile modelledi. Simülasyon Macintosh bilgisayarlar için ithink aracı kullanılarak geliştirildi. Sonuç olarak, araştırma tabanlı çalışmalarda elde edilen bilgi sentezinin sistem dinamiği çevresindeki bilgisayarlarla simülasyon edilebildiğini gösterdi. Bir bilgisayar modelindeki araştırma tabanlı sonuçların simülasyon uygulamaları öğretmen ve öğrencilerin stresten uzak düzenli bir sınıfta bir araç olarak eğitimcilerle fayda sağladığını gösterdi. Öğretmenler, yöneticiler ve araştırmacılar mikro-dünya sınıflarında araştırma tabanlı bulguları manipüle ederek büyük pencereyi görebilirler.

Eğitim ile ilgili çalışmaların pek çoğu sistem dinamiği yaklaşımının farklı yaş grubundaki öğrencilere farklı konularda öğretilmesine yönelik çalışmalardır. Bu

kısımda üniversiteden başlayarak ilköğretime kadar ki öğretim sürecinde sistem dinamiği yaklaşımının uygulamalarına yer verilmiştir.

Bazı araştırmacılar, üniversitede bilgisayar programcılığı, yönetim, psikoloji gibi konularda sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin öğrenme durumlarına etkisini araştırdılar.

Shaffer (2006) uzaktan eğitim vasıtasıyla bir öğrenme modeli geliştirmek için sistem dinamiğini kullandı. Uzaktan eğitim ile bilgisayar programcılığı dersinde öğrenci ve öğretmenlerin nitel çalışmaları birleştirilerek 51 değişken (17 bilişsel, 21 pedagojik, 13 uygulama) tespit edildi ve bu değişkenlerin birbirleriyle nasıl etkileştikleri gösterildi. Sonuçta uzaktan eğitim ile öğrenme programı bilişsel, pedagojik ve karmaşık ilişkilerde pratik değişkenler için karmaşık bir iştir. Bu çalışmanın en önemli sonuçlarından biri programlamayı uzaktan eğitim ile öğrenmek herkes için uygun değildir. Uzaktan eğitimle bilgisayar programlamayı öğrenme öğrencilerin bireysel farklılıklarının hesaba katılmasına ilgi duyar. Sistem dinamiği ile modelleme yapmak uzaktan eğitimle bilgisayar programlamayı öğrenmek için uygun bir yöntemdir.

Evans (1988) çalışmasında üniversitede yönetim konularında sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin öğrenmelerine etkilerini araştırdı. Araştırma insan kaynakları dersinde iki sınıfı deney ve kontrol grubu olarak belirleyen yarı- deneysel bir çalışmaydı. Araştırmada birden fazla ölçme aracı kullanıldı. Sonuç olarak, öğretim modeli ve öğrenci performansı arasında çoktan seçmeli sorulara ve kritik düşünme ölçeğine verilen cevaplara göre anlamlı düzeyde pozitif bir korelasyonun olmadığı fakat öğretim modeli ile öğrenci performansı arasında en iyi cevabı vermelerini isteyen objektif test sonuçlarına ve makale sorularına verdikleri sınırlı cevaplara göre anlamlı düzeyde pozitif bir ilişki olduğu ortaya çıktı.

Jensen ve Brehmer (2003), çalışmalarında uygulamacıların konularda kullanılan strateji ve sorgulamada ifade edilen basit bir dinamik sistemi nasıl algıladıklarını incelediler. Araştırmaya 4'ü erkek, 11'i kız ve yaşları 24 olan 15

psikoloji öğrencisi katıldı. Konu basit bir av-avcı sistemindeki dengeydi. Görev analizi problemin yapısını ve uygulamadaki ideal stratejileri tanımlamak için uygulandı. Konunun gerçek performansı bu stratejilerle karşılaştırıldı. Sonuçta görevler yapısal olarak basit olsa da zor oldukları ortaya çıktı. Bu zorlukların çoğunun devam eden zaman ifadesi yerine farklı zaman aralıklarında düşünme ve sorgulama için düşük yetenekten kaynaklandığı görülmektedir.

Araştırmaların büyük bir kısmı sistem dinamiği yaklaşımının lisedeki öğrencilerin başarılarına ve farklı becerilerine etkisini araştırmaya yöneliktir. Lisede ekonomi, sosyal ekoloji, nüfus, mekanik konuları, newton'un hareket kanunları gibi fen ve sosyal konuların yanında matematik konularında da sistem dinamiği yaklaşımı uygulanmıştır.

Dauidsen ve arkadaşları (1993) yayınlarında kuzey ülkelerinde sistem dinamiği uygulamasına yönelik iki pilot çalışma yaptılar. 1. uygulamada; lisede ekonomi öğretmeni 26 lise öğrencisi ile 30 saat çalışıyor. Dersin yarısında makro ekonomiyi tanımlama, diğer yarısında bilgisayar destekli oyun kullandıktan sonra öğrencilerin makro ekonomi konularını tartışma yetenekleri test edildi. Sınıf eşit olacak şekilde iki gruba ayrıldı. Kontrol grubunda konular geleneksel müfredata göre işlenirken, deney grubunda sistem dinamiği yaklaşımı ile işlendi. Giriş kısmında öğrencilere ekonomi kavramları verilerek bunların birbirleriyle ilişkilerini tanımlamaları istendi. Sonuçlar sınıfta tartışıldı ve öğretmen özel sistem dinamiği kavramlarını ve şekillerini kullanmadan ilişkileri özetledi. Sonra kapital büyümeyle oluşan basit bir ekonomi modeli sebep-sonuç diyagramı şeklinde gösterdi. Diğer disiplinlerle ilişkili modeller büyümenin diğer şekillerini göstermek için tanıtıldı. Bu tanımlamada elle yapılan deneyler için eğitimsel araçlardan yararlandı. Bu, dinamik davranışın generik formunu tartışmaya yönlendirdi. Bu ilişki ve sistem dinamiği yaklaşımları ile benzetimlerin kullanımı bir kaç dünya sistemlerinde kullanıldı. Daha sonra öğretmen sistem dinamiği temel kavramlarını tanıttı ve özet olarak makro ekonomi konularına uyguladı. Sunumu kolaylaştırmak için sebep-sonuç diyagramını kullandı. Sonuçta deney grubundaki öğrenciler sistemin dinamik davranışı için daha fazla ilgi gösterdiler. Açıklamalarında sıklıkla nedensel ilişkilerden bahsettiler ve politik parametreleri daha derinlemesine araştırdılar. Kontrol grubundaki öğrenciler

ise, sebep-sonuç döngülerini belirlemeye veya modelin yapısı ve davranışı arasındaki ilişkinin sebepleri hakkında hiç bir girişimde bulunmadılar. 2. uygulamada; lisede bir fen öğretmeni iki grup öğrenci ile çalıştı. İlk grupta 8 ilkokul öğrencisi ile 26 saat, ikinci grupta 30 lise fen öğrencisi ile 105 saat çalıştı. 7 soru ile öğrencilerin dinamik sistemleri tartışma yetenekleri test edildi. Sorular sosyal ekoloji bilimi ile ilgiliydi. Faiz ödemesinin büyümesi resmini çizen bir model pozitif geribeslemeyi tanıtmak için gösterildi. Başlangıçta öğrencilerden hesap makinası kullanarak faiz ödemelerini hesaplamaları isteniyor. Buldukları sonuçlar tablo halinde gösteriliyor. Genellikle pozitif geri beslemenin oluşturduğu büyümedeki dengelemeyi tartışmak için çok fazla zaman harcıyor. 6 soru vasıtasıyla öğrencilerin dinamik sistemleri tartışma becerileri test edildi. Öğrenciler dersin bitiminde sınıftan çıkmak istemediler. Her iki pilot çalışmanın sonuçları göstermektedir ki; fen ve ekonomide bir öğretim aracı olarak sistem dinamiği yaklaşımının kullanımı önemli derecede kazanç sağlayabilir. Özellikle sistem dinamiği, dinamik süreçlerin sezgisel anlamını oluşturmada yardımcı olabilir.

Draper ve Swanson (1990), sınıflarında etkili öğrenme metotları geliştirdiler. Bilgisayarlar ve STELLA programı olmadan önce öğrenciler dinamik sistemler gibi görsel soyutlama yaparken çok zorlanıyorlardı fakat bu günlerde yeni bilgisayar modelleri geliştikçe zihinsel modeller oluşturma, zihinsel yapılar ve bağlantılar oluşturma iyi bir öğretimin amacı haline geldi. Öğrenciler nüfus modeli geliştirirken eş başına düşen çocuk, eş yüzdesi, kişi başına yiyecek gibi politikaların uygulamalarını tartıştılar. Daha sonra doğal ekosistemdeki dengelenmeyi gösteren besin zinciri modeli ile uğraştılar. Modelleme yapmadan önce modelin nasıl bir davranış göstereceğini tahmin etmeye çalıştılar. Bu tür örnek çalışmalarla öğrencilerin kritik düşünme, sistemli düşünme ve sebep-sonuç ilişkilerini anlama becerilerinin geliştiğini gözlemlediler.

Schecker (2005), çalışmasında mekanik konularını öğrenmede bilgisayar temelli modellemenin etkisini değerlendirdi. Kuvvet ve hareketin değişimi arasındaki ilişkinin bir Newton bakış açısıyla geliştirmek için öğrencilere yardımcı olan sistem dinamiği modellemesini kullandı. Öntest- sontest tasarımı yarı deneysel çalışmaya

16-17 yaş grubundaki 27 öğrenci katıldı. Kinematik ve dinamik konularında 20 hafta süren sistem dinamiği ile 5 modelleme yapıldı. Öğretmenler sistem dinamiği ile modelleme yapmada deneyimli idi. Kontrol grubunda ise öğretmen merkezli olarak konular işlendi. Sistem dinamiği ile modellemeye öğrenciler bir kavram haritası yapmakla başladılar. İkinci aşamada eşitlikler yazıldı ve sistemin grafikleri ve tablolar elde edildi. Araştırmada kuvvet kavram testi (force concept inventory –FCI), hareket hakkında görüşmeler, model yapılandırma ve yorumlama testi ölçme aracı olarak kullanıldı. Mekaniği sistem dinamiği ile modellemenin etkisi hareket hakkında yarı nicel sorgulamada sınırlı olduğu ve fiziksel olguları kavramsal olarak modelleme yeteneği ile sistemin eşitliğini çözmek arasında ilişkinin dengelendiği gözlenmektedir. Bu çalışma mekanikte bilgisayar tabanlı modellemenin daha karmaşık olgular için uygun olduğunu ve öğrencilerin hareket ve kuvvete dinamik bir bakış açısı geliştirmede yardımcı olacağı sonucunu göstermektedir. Ayrıca Hirsh (2002) çalışmasında, sistem dinamiği yaklaşımının fizik derslerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Cruz ve arkadaşları (2007), Kolombiya’da lise öğrencileri ile sistem dinamiklerinin uygulandığı bir deneysel uygulama yaptılar. Her bir lisede deneysel çalışma öncesi öğretmenler için üç saatlik eğitim verdiler. Stok ve akışı göstermek için kuvvet örneğini kullanarak geri besleme döngülerini öğrettiler. Sistemin davranışının etkilerini bir fizik oyunu olan “enfeksiyon oyunu (the Infection Game)” ile gösterdiler. Oyundan sonra Stermann (2000)’ın difüzyon modeli üzerinde tartışmalar yaptılar. Öğretmenler çok dikkatli ve hevesliydi. Öğrencilerini motive etmek ve eğitim metotlarını geliştirmek için yeni yollar bulmak istediler. Sistem dinamiğini öğrendikçe ve oyunda deneyim sahibi oldukça sistem dinamiği araçlarının nasıl kullanıldığını öğrenmek için daha hevesli oldular.

Zuman ve Weaver (1988), üssel büyüme ve düşüş kavramlarını öğretmek için stella programını kullandı. 14-16 yaşlarında olan öğrencilerin stok ve akışları öğrenmelerini istediler. Örnekler arasında nüfus artışı, soğutma eğrileri, kondansatörü doldurma yer aldı. Ön ve son testlerin nitel analizleri üssel büyümeyle ilgili bir anlayış geliştirdikleri sonucunu gösterdi.

Tinker ve arkadaşları (1990), matematikte hesaplamayı öğrenmek için bir grup öğrenci ile sistem dinamiği modellemesini kullanarak deneysel bir çalışma yaptı. Öğrenciler farklı kutulardaki suların dışarıya akışlarını ölçtüler ve tahmin ettiler. Tinker'e göre yazılım sistemleri diferansiyel ve integrali anlamak için öğrencilere yardımcı olmadı. Öğrenciler bir fonksiyonu diğer bir fonksiyona dönüştürmek için stellayı kullandıkları birkaç dersten sonra transformasyonu uygulamak için kullanılan yazılım prosedürünün tipi hakkında az bilgiye sahip oldular.

Sistem dinamiği yaklaşımının ilköğretimde uygulanmasına yönelik çalışmalarda liselere göre daha basit konularda çalışılmış ve stella dışında farklı yazılım programları da denenmiştir. Araştırmacılardan elde edilen sonuçlara göre sistem dinamiği yaklaşımı ilköğretimin yanısıra okul öncesi eğitimde de başarılı bir şekilde uygulanabilir.

Klime ve Maichle (1991), yaşları 13-15 arasında değişen 165 öğrenci ile sistem dinamiği araçlarından CoMet-MODUS kullanarak bir pilot çalışma yaptı. Farklı konularda 10 sınıfta sistem dinamiği yaklaşımını kullandı. Amacı öğrencilere sistem dinamiği yazılım aracını kullanarak karmaşık olguları analiz etmek için sistemli düşünmeyi uygulamaktır. Çalışmada anketler, ön ve son testler uygulandı. Öğrencilerin yarısından çoğu teknik olarak yazılımı kullanabildiği fakat %40'ının modeli gelişigüzel oluşturdukları gözlemlendi. Son testlere göre öğrencilerin sistem dinamiği yaklaşımını anlamada problemler yaşadığı sonucuna varıldı.

Draper ve Swanson (1990), Tucson Arizona'daki Orange Grove ortaokulunda 7. ve 8. sınıf müfredatı içinde yeni eğitimsel araçları, yeni öğrenme sürecini ve yeni bir paradigmayı tanımlar. Draper ve Swanson sistemleri modellemek için STELLA yazılımını kullanarak sistemli düşünmeyi ortaokul seviyesinde uygulamayı başardılar. Öğrenciler simülasyona başlamadan önce zamanlarının çoğunu konu hakkında bilgi toplayarak ders esnasında notlar alarak sonra da arkadaşlarıyla gruplar oluşturup simülasyonu planlamakla geçirdiler.

Penner (2000), beliren sistemlerinin (emergent system) gelişimini ortaokul müfredatında uyguladı. Bu tür sistemler sistemin bileşenleri arasındaki makro seviyedeki özellikleri mikro düzeydeki ilişkilerin sonuçlarından ortaya çıkarır. Penner öğrencilerin beliren sistemleri hakkındaki ilk algılarının şu akıl yürütme yoluyla ortaya çıktığını gözlemledi: a) sistemlerin altındaki tekil nedensel gücün olmayabileceğini tanımlama, b) analizin makro ve mikro seviyelerini ayırma, c) mikro seviyede küçük bir değişikliğin bile makro seviyede önemli bir etkiye sahip olabildiğini yorumlama. Penner'in çalışması ortaokul öğrencilerinin basit bir belirme olmayan sistemlerde bile çok az düşünme deneyimine sahip olduğunu gösterdi. Böylece eğitimcilere gerçek dünyadaki belirme sistemleri hakkında öğrencilerin düşüncelerini en iyi şekilde kolaylaştıracak etkinlikler düşünmeye ihtiyaç duymaları gerektiğini önermektedir.

Hassell (1987), coğrafya dersinde daha önce sistem dinamiğini öğrenmiş 6. sınıf öğrencileriyle çalıştı. Dersin konusu içeriye ve dışarıya göçlerdi. Araştırma bulguları pozitifti. Sistem yaklaşımını içeren kavram ve düşünceler öğrencilerin çoğu tarafından kavrandı ve bu modellerine yansdı. Tartışma sonuçları konu ve modelleri iyi bir şekilde anladıklarını gösterdi.

Webb (1988) biyoloji dersinde aids'in salgın hale gelmesini modellemek için 4. sınıf öğrencileri ile stelayı kullandı. Sistem diyagramının öğrencilerin fikirlerini açıklamak için çok yardımcı olduğu araştırma sonucunda tespit edildi. İlişkileri tanımlamak oldukça zordu. Öğrenciler çok fazla diyagramlar oluşturmaya ihtiyaç duydular fakat fikirlerin çoğu öğrencilerden geldi.

Ticotsky ve arkadaşları (1999), sistem dinamiği başlangıç modelleme dersinde In and Out oyununu okul öncesi ve ilköğretim öğrencilerine uyguladılar. Bu ders daha sonra ortaokul öğrencilerine de uyarlandı. Öğrenciler bu oyunla erken yaşlarda sistemin temel elemanları olan stok ve akışı öğrendiler. Oyuna katılımcıların stoklarını hesapladılar ve grafiklerini çizerek çıkan sonuçları tartıştılar. Akışlar değiştiği zaman grafiklerin nasıl değiştiğini gözlemlediler. Daha büyük öğrenciler oyunun daha gelişmiş versiyonunu oynadılar. Öğrenciler bu sayede stella programı

ile tanıştılar ve kendi modellerini geliştirdiler. Üçüncü sınıf öğrencileri basit modelleri yorumlarken 4. ve 5. sınıf öğrencileri basit lineer modelleri kurabildiler ve geri besleme kavramı ile tanıştılar. Ortaokul öğrencileri bu oyun sayesinde daha kompleks modelleri kullanıp yorumlayabildiler. Aynı zamanda basit geri besleme modellerini kendi başlarına oluşturabildiler.

Sistem dinamiği yaklaşımının okullarda uygulanmasına yönelik çalışmaların yanında sistem dinamiği tabanlı müfredat planları ve ders tanıtımları da araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

Albin (1996), öğretmenlerin sınıflarında sistem dinamiğini uygulamalarına yardımcı olacak Alman ders planını içeren 4 farklı konuda hazırlanmış sistem dinamiği ders planını uyarladı. Ders planları demografik nüfus, titrasyon, algler ve finans konularını içerdi ve lise öğrencilerine yönelikti. Sistem dinamiği yaklaşımı ile işlenecek her bir konu ayrıntılı bir şekilde planlandı.

Zaraza ve Fisher (1997), CC-Status projesi kapsamında öğretmenlere K-12 müfredatında uygulanmak üzere çeşitli konular hakkında Stella programını kullanarak sistem dinamiği modellemelerini anlatan eğitimler verdiler. Fizik alanında da hareket konusunun temel kavramlarını sistem dinamiği ile modellediler. Uzama miktarı, sürat ve ivme kavramlarını bunun yanı sıra Newton kanunlarını ve bu kavramların birbirleriyle ilişkilerini gösteren stok akış diyagramları hazırladılar. Temel model üzerinde daha sonra ilaveler yaparak modeli genişlettiler. Öğrencilerin derste arabalar ve sürücülerle ve roketin fırlatılmasıyla ivmelenmesi arasındaki ilişkiyle ilgili bir makale okuyarak modellerine farklı ara değişkenler ilave edip bunları temel kavramlarla ilişkilendirip matematiksel problemleri çözmelerine yardımcı olmaları için öğretmenlere uygulama noktasında faydalı bir materyal oluşturdular.

Fisher (2000), çalışmasında 5-6 yıl içinde lise öğrencilerinin geliştirdiği sistem dinamiği modellerinin bazılarını tanıttı. İlkinde öğrenciler artan nüfusa

karşılık yer sorununu inceleyip model geliştirdiler. Grafiğini çizdiklerinde ev inşa etmek için fazla uygun yer olmadığı zaman nüfusun durmasını istediler. Güneşin etrafındaki dünyanın uyduları modelinde uyduların konumları, süratleri, ivmeleri ve bunların birbirleriyle ilişkilerini gösterdiler. Modelin grafiği yanlış çıktı, hatalarını bulmak için modellerini tekrar gözden geçirdiler ve sayısal değerleri kontrol ettiler. Bunların yanısıra öğrenciler ölüm zamanını belirleme, alkol tüketimi, kokain bağımlılığı, Çin'in nüfus modelini oluşturup, geliştirdiler. Her bir modelin dinamik davranışını incelediler. Tüm öğrenciler yüksek kalitede modeller geliştiremediler fakat her bir modeli problemi daha iyi anlayarak daha iyi modeller geliştirmek için çaba sarfettiler.

Schecker, (1994) kuvvet, momentum, hız ve konum arasındaki ilişkiyi meteorların düşme hareketi ile sistem dinamiği modellemesi yaparak fizikte öğretmenlerin kullanılmasına yönelik örnek bir uygulama geliştirdi.

Lyneis ve Fox-Melanson (2001) çalışmalarında, sistem dinamiğinin derslerde uygulanma ve geliştirilme sürecini tanıtarak, Carlisle'de sistem dinamiğinin nasıl uygulandığına dair bilgiler verdiler. Carlisle Boston'un doğusunda iyi bir okul sistemi ile tanınan küçük bir kasabadır. Carlisle'de ana okuldan 8. sınıfa kadar toplam 815 öğrenci öğrenim görmektedir. Sistem dinamiğinin uygulandığı ilk okullardan biridir. Birkaç öğretmen sistem dinamiği konferanslarına katılarak fen ve matematik sınıflarında sistem dinamiğini uygulamaya başladılar. İlk başlarda diğer sınıflarda ve farklı konularda uygulanması yavaş bir şekilde ilerledi ama yaklaşık 7 yıl sonra okuldaki her bir öğrenci sistem dinamiği ile tanıştı ve zamanla okul kültürünün bir parçası haline geldi. Öğretmenler öğretim sürecinde zamanla değişim grafiklerini, stok-akış diyagramlarını, sebep-sonuç diyagramlarını, simülasyon oyunlarını ve bilgisayar modellemelerini kullandılar. Öğrenciler bu araçları kullandıkları zaman sistem dinamiği daha iyi sorular sorma ve hatalardan öğrenme sürecini içerdiğinden eğitimleri daha öğrenci merkezli hale geldi. Matematik dersinde sistem dinamiğinin araçlarını kullanarak in and out oyununu oynattılar. Birinci ve ikinci sınıfta stok ve akış kavramını ve grafik çizmeyi öğrenmek için oyunu oynadılar. Daha sonra 5. ve 8. sınıfta öğrenciler öğrendiklerini genişlettiler.

Bu tez çalışmasında, eğitim alanında yapılan sistem dinamiği çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmalar gerek araştırmada kullanılan ölçme araçlarını geliştirme, gerekse uygulama esnasında yaşanan sorunları en aza indirmeye noktasında fayda sağlamıştır. Literatür incelendiğinde, ilköğretime yönelik çalışmaların ve uygulama esnasında kullanılacak öğretim materyallerinin azlığı, uygulama esnasında yaşanan sorunlardan yeterince bahsedilmemesi gibi noktalarda problemler tespit edilmiştir. Bu tez çalışması ile yapılandırmacı öğrenmeyi destekleyen sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin öğrendiği bilgileri daha erken yaşlarda yapılandırması ve teknoloji ile yeni bilgiler öğrenmeye yönelik istek ve ihtiyaçlarını yönlendirmek amacıyla ilköğretimde uygulanmıştır. Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenciler, içerisinde dinamik bir sistem içeren sarmal yay modeli geliştirmişler ve modelleme esnasında karşılaşılan sorunlar araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Bu tez çalışması ile, literatüre yeni fikirler ve uygulamalar kazandırmak hedeflenmiştir.

ÖZET

Çok sayıda stoktan ve bunların aralarındaki gecikmeli, dinamik, geri beslemeli döngüsel ilişkilerden oluşan sistemleri inceleyen bir bilim dalı olan sistem dinamiği yaklaşımı, stok ve akış, geribesleme döngüleri, doğrusal olmayan ilişkiler ve bilgisayar benzetimi olmak üzere dört temel özellik içerir. Sistemin davranışı, zaman bağlı değişim grafikleri ve sebep-sonuç döngü diyagramları ile ifade edilir.

Sistem dinamiği 1960'lı yıllardan bu yana işletme, ekonomi, temel bilimler alanlarında uygulanmaktadır. Son 20 yıllık dönemde sistem dinamiği yaklaşımının eğitimde özellikle ilköğretimde uygulanmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Literatürde sistem dinamiğinin ilköğretimdeki öğrencilerin konuları öğrenmesinde ve farklı beceriler kazanmasında sağladığı faydalar dikkat çekicidir. Bu tez çalışmasında literatürdeki bilgiler ışığında, içerisinde dinamik bir sistem barındıran sarmal yaylar konusu ilköğretim öğrencilerine sistem dinamiği ile modelleme yaptırarak öğretilmiştir. Öğrenciler sarmal yay modellerini stella yazılım programı yardımı ile geliştirmişlerdir. Farklı sistem dinamiği araçları da kullanılarak öğrenme ortamları zenginleştirilmiştir.

Literatür incelendiğinde, sistem dinamiğinin ilköğretimde uygulanması esnasında yaşanacak problemlerin neler olduğu konusu yeterince irdelenmemiş olduğu göze çarpmaktadır. Bu problemlerin, nasıl çözülebileceği sorununu pedagojik açıdan yürütülebilecek çözüm araçlarıyla desteklemek noktasında, bu araştırma, sistem dinamiği ve eğitim bilimlerine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

3. BÖLÜM: ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu bölümde; araştırmanın yöntemi, araştırma modeli, araştırmada kullanılan deneysel desen, araştırmanın evren ve örnekleme, deneysel çalışmaya katılan katılımcıların profilleri, veri toplama araçları, deneysel çalışmanın uygulama basamakları ve kullanılan istatistik analizler incelenmiştir.

3.1. Araştırmada Kullanılan Yöntem

Araştırmada deneysel yöntem kullanılmıştır. Deneysel yöntem, sebep- sonuç ilişkilerini belirlemeye çalışmak amacı ile, doğrudan araştırmacının kontrolü altında, gözlenmek istenen verilerin üretildiği araştırma yöntemidir. (Karasar, 2002).

Deneysel yöntem neden önemlidir?

- Sebep- sonuç ilişkilerini belirlemede en iyi hatta tek sağlam yöntem gizli değişkenlerin etkilerinin iyi tasarlanmış bir deneyle kontrol edilmesidir. Deneysel yöntemin anlamı aktif bir şekilde x'i değiştirerek y'nin tepkisini gözlemlemektir (Moore ve McCabe, 1993).
- İyi tanımlanmış sebep-sonuç varsayımları formüle edilebildiğinde ve deney ve kontrol grupları rasgele oluşturulup eşit koşullar içeren deneysel bir tasarım, etkileri tahmin etmek için en iyi yöntemdir (Feuer ve arkadaşları, 2002).
- Deneysel çalışma, sebep-sonuç çıkarımları yapmaya çalışan araştırmalar için ve özellikle eğitimsel yenilikleri değerlendirilmesinde iyi bir yöntemdir (Slavin, 2002).

Araştırmada uygulanan deneysel yöntemde, deney grubu üzerinde etkisi incelenen bağımsız değişken "Sistem Dinamiği Destekli Yapılandırıcı Öğrenme Yaklaşımı", kontrol grubunda "Yapılandırıcı Öğrenme Yaklaşımı"dır. Bu

değişkenlere ilişkin ön test ve sontest puanları alınarak gruplararası ve gruplarıçi karşılaştırmalar yapılmıştır. Öntest-sontest kontrol gruplu desenin iki temel avantajı vardır. Birincisi, aynı denekler üzerinde ölçümler yapıldığından farklı deneysel işlem koşulları altında elde edilen ölçümler pek çok deneyde yüksek düzeyde ilişkili olacaktır. İkinci avantaj ise, daha az denek gerektirmesi ve her bir işlemde aynı denekleri test etmeye bağlı olarak zaman ve sarfedilen çabada ekonomik olmasıdır (Büyüköztürk, 2001). Araştırmanın bağımlı değişkenleri ise fen ve teknoloji dersine ve derslerde yapılan etkinliklere yönelik tutum, bilimsel başarı, sebep-sonuç ilişkisi, grafik çizme ve analiz etme becerisi, problem çözme becerisidir. Bu değişkenler aralıklı ölçekler kapsamındadır.

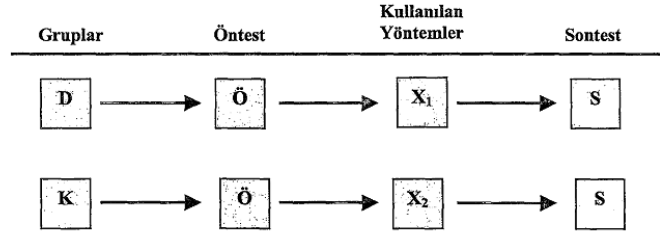
3.2. Araştırmanın Modeli ve Deneysel Deseni

Araştırmada gerçek deneysel desenin temel alındığı “esitlenmiş kontrol gruplu ontest-sontest tasarımı” kullanılmıştır. Bu tür desenlere “Gerçek Deneysel Desenler (True Experimental Design)” denilmektedir. Gerçek deneysel desenlerde, hem deney hem de kontrol grubuna ön test ve son test uygulanmaktadır. Araştırmaya katılımcıların seçimi random (rastgele) olarak yapılmakta ve deney kontrol grupları denk gruplar olarak belirtilmektedir (Creswell, 1994, Cohen ve diğerleri, 2000).

Yapılan araştırmada, “Sistem Dinamiği Yaklaşımı” ile hazırlanan programla eğitim gören öğrenci grubu ile, “Yapılandırmacı Öğrenme” ile eğitim gören öğrencilerin fen ve teknoloji dersine ve bu derslerde yapılan etkinliklere yönelik tutumları, başarıları ve farklı düşünme becerileri arasında anlamlı bir farkın olup olmadığına bakılmıştır. Bu iki öğrenci grubundan sistem dinamiği yaklaşımı ile desteklenmiş yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ile eğitim gören öğrenciler “deney grubu”, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı’nın uygulandığı grup ise “kontrol grubu”nu oluşturmaktadır.

Araştırmada gerçek deneysel desenin temel alındığı “eşitlenmiş kontrol gruplu öntest-sontest tasarımı” kullanılmıştır. Modelde deney ve kontrol grupları yansız atama yoluyla eşitlenmeleri sağlanarak, katılanların benzer nitelikte

olmalarına olabildiğince özen gösterilmiştir. Grupların hangisinin deney grubu, hangisinin kontrol grubu olacağı yansız bir seçimle kararlaştırılmıştır. Uygulama yapılacak sınıflar belirlendikten sonra, her iki okulda da sınıflar, rastgele seçilmiş öğrenciler ile deney ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Karasar (2002), “deney ve kontrol gruplu deneysel desenleri” Şekil 14’de simgelemektedir.



Şekil 14. Öntest-sontest kontrol gruplu deneysel desen

Yukarıda verilen desendeki semboller;

D: Deney Grubu

K: Kontrol Grubu

Ö: Deney ve kontrol gruplarının öntest ölçümleri

X₁: Deney grubu üzerinde etkisi gözlenen bağımsız değişken (Sistem dinamiği yaklaşımı)

X₂: Kontrol grubu üzerinde etkisi gözlenen bağımsız değişken (Yapılandırmacı Öğrenme)

S: Deney ve kontrol gruplarının sontest ölçümlerini göstermektedir.

3.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini, 2007-2008 öğretim yılında İstanbul il merkezinde öğrenim gören ilköğretim öğrencileri,

Araştırmanın örneklemini ise, 2007-2008 öğretim yılında İstanbul il merkezinde yer alan TEV Türkan Sedefoğlu İlköğretim Okulu ve İbrahim Hakkı Konyalı İlköğretim Okulunda öğrenim gören ilköğretim 7. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır.

3.4. Araştırmaya Katılan Katılımcıların Profili

Çalışma İstanbul Üsküdar ilçesine bağlı TEV Türkan Sedefoğlu İlköğretim Okulu ve İbrahim Hakkı Konyalı İlköğretim Okulunda öğrenim gören ilköğretim 7. sınıf öğrencilerine fen ve teknoloji dersinde uygulanmıştır. Çalışma grubunda 40 deney grubu, 41 kontrol grubu olmak üzere toplam 81 ilköğretim 7. sınıf öğrencisi yer almaktadır.

Sistem dinamiği uygulamaları için neden ilköğretim 7. sınıf öğrencileri?

Öğrenciler ilköğretimin ikinci kademesine (6., 7. ve 8. sınıf) başladıklarında Piaget'in gelişim dönemlerine göre somut işlemler döneminden soyut işlemler dönemine geçiş yapmaktadır. Öğrencilerin bu işlem dönemleri arasındaki geçişleri kültürlere, yaşadıkları bölgelere göre farklılık gösterebilmektedir. Öğrencilerin zihinsel gelişimindeki farklılıkların öğretim programlarından, sınıf içi aktivitelerden, öğretim materyallerinden, öğretmen ilgi ve davranışlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Çepni ve Özsevgeç, 2002).

Soyut işlemlere ulaşan öğrenciler varsayımlar kurabilir, mantıksal sonuçlar çıkarabilir ve ister somut ister soyut biçimde sunulsun, karmaşık problemleri sistemli biçimde çözerler (Piaget ve Inhelder, 1969). Bu dönemdeki öğrenciler hipotezler vasıtasıyla düşünebilir, analiz, sentez ve değerlendirme düzeyinde soyutlamalar yapabilirler, karşılaştıkları soyut problemleri sistematik olarak değerlendirilebildikleri gibi ulaşılan sonuçlar hakkında da genelleme yapabilirler (Selçuk, 2004). Bu dönemdeki düşünce her şeyin ötesinde önerme niteliği taşır. Öğrenciler karşılaştığı ham bilgileri düzenlenmiş ifadelerde veya önermelerde kullanır ve sonra onlar arasında bağlar geliştirir. Aynı zamanda da ara önerme özelliği taşır. Yani, ham bilgidен şekillenen önermeler arasındaki mantıksal ilişkileri gerektirir. Piaget ve Inhelder (1969), bunları ikinci düzen işlemler olarak ifade eder. Soyut işlem düzeyindeki birey belirli bir sorunu çözmek için kombinasyonel analiz kullanabilmektedir. Karmaşık analizlerden ve basitleştirici kurallardan faydalanma

yeteneği matematiksel dűşüncenin alt yapısını biçimlendirir ve üst matematiksel uslamlamanın kavranması için kesin bir ön adımdır.

Sistem dinamiği yaklaşımı da soyut düşünmeyi hedef alır. Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenciler gecikmeler ve geribeslemeler içeren bir sistemi mikro-dünya olarak adlandırılan benzetim ortamlarında modelleyebilirler. Sistem dinamiği bir problem tanımlama ve çözme yaklaşımı olduğu için öğrencilerin bu yaş döneminde sahip olduğu problem çözme becerisinin gelişmesine yardımcı olur. Sistem dinamiği, soyut işlemler dönemine geçiş yapan ilköğretim öğrencilerinin sebep-sonuç ilişkilerini ve geri besleme döngülerini anlama, problemi fark etme ve çözmeye çalışma gibi pek çok becerilerin geliştirilmesine faydalı bir yaklaşım olduğu için bu yaş grubu için uygundur.

Neden sarmal yaylar konusu?

Bir kuvvetin etkisiyle biçim değişikliğine uğrayan ve kuvvet kalktığında tekrar eski durumuna dönebilen esnek cisimler olan sarmal yaylar, içinde gecikmeler ve geribesleme döngüleri olan sistemlerdir. Sarmal yayların hareketleri temel olarak sistem dinamiğinin doğasını yansıtmaktadır. Sarmal yayların hareketi ile başlayan uzama miktarındaki ve süratteki değişimler, kuvvetin etkisi ve hareket esnasında gerçekleşen enerji dönüşümleri sistem dinamiği yaklaşımında stok, akış ve ara değişkenlerle ifade edilir. Bu sayede soyut düşünme dönemine geçiş yapan öğrenciler bir sarmal yay-kütle sistemindeki geribesleme döngüleri ile sebep-sonuç ilişkilerini mikro-dünya ortamında öğrenme fırsatı bulurlar. Yayların hareketleri ve yay üzerinde gerçekleşen olaylar sistem dinamiği yaklaşımı ile modellenerek öğrenciler için daha anlaşılır hale gelir.

3.5. Veri Toplama Teknik ve Araçları

Araştırma kapsamında öğrencilerden veri toplamak için kullanılan ölçme araçları şunlardır:

- a) İlköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersine ve derste yapılan etkinliklere ilişkin tutum ve ilgilerini ölçen ve araştırmacı tarafından geliştirilen “Fen ve Teknoloji dersi Tutum Ölçeği” (EK 1),
- b) Fen ve teknoloji dersinde öğrencilerin hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, sarmal yaylarda iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerji korunumu konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanmış “Bilimsel Başarı Testi (BBT)” (EK 2),
- c) Öğrencilerin olaylar arasındaki ilişkilerin sebepleri ile bu sebeplerin etkisiyle ortaya çıkan sonuçları amaçlarına uygun olacak şekilde değerlendirip değerlendiremediklerini tespit etmek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanan “Sebeup - Sonuç İlişkisi Ölçeği” (EK 4),
- d) Öğrencilerin grafik çizme ve çizdikleri grafiğı analiz edebilme becerilerini ölçmek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanan “Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği” (EK 5),
- e) Bireyin problem çözme yeteneklerini nasıl algıladığını değerlendiren ve Heppner ve Petersen (1982) tarafından geliştirilen “Problem Çözme Becerisi Envanteri” (EK 3),
- f) Sadece deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin sistem dinamiğı ile ilgili temel kavramları deneysel çalışma sonrasında ne derece öğrendiğini belirlemek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanan “Sistem Dinamiğı Kavram Testi” (EK 6),
- g) Öğrencilerin kişisel özelliklerini içeren ve araştırmacı tarafından oluşturulan “Öğrenci Profili Belirleme Anketi” (EK 7).
- h) Tenenbaum ve arkadaşları (2001) tarafından hazırlanmış olan “Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği (YÖÖÖ)” (EK 8).

Araştırma sürecinde toplanan veriler için kullanılan ölçme araçları hakkında daha fazla bilgi aşağıda verilmektedir;

3.5.1.Fen ve Teknoloji Dersi Tutum Ölçeği

Araştırmada kullanılan ve ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersine ve bu derste yapılan etkinliklere yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla deneysel çalışma öncesi ve sonrasında hem deney hem de kontrol gruplarına uygulanan ölçek, ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarını davranışa dönüştürmeye katkıda bulunmak amacıyla geliştirilmiştir. Geliştirilen tutum ölçeğinin işlem adımları tek tek açıklanacaktır.

3.5.1.1. Ölçeğin Geliştirilmesi İle İlgili Çalışmalar

Araştırma kapsamında ilköğretim öğrencilerinden veri toplamak için kullanılan ölçme aracı: ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersine ve bu ders kapsamında yer alan etkinliklere yönelik tutum ve ilgilerini ölçen ve araştırmacı tarafından geliştirilen; Cronbach Alfa iç tutarlık katsayısı $\alpha= 0,87$ olan güvenilir ve geçerliliği uzman görüşleriyle ve istatistiksel olarak ispatlanmış, 10'u olumlu 10'u olumsuz olmak üzere toplam 20 sorudan oluşan 3'lü likert tipi bir ölçektir.

Bu tutum ölçeği hazırlanırken izlenen aşamalar şunlardır:

- a) Tutum Maddelerini Oluşturma Aşaması,
- b) Uzman Görüşüne Başvurma Aşaması,
- c) Ön Deneme Aşaması ve
- d) Güvenirlilik Hesaplama Aşaması.

▪ Tutum Maddelerini Oluşturma Aşaması

Geliştirilen Fen ve Teknoloji dersi Tutum Ölçeği, ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersi ile bu dersin kapsamında yapılan deneylere yönelik tutumlarını belirlemekle başlamıştır. Tutum ifadeleri tasarlanırken tutum nesnesi ve konusu

hakkında geniş çaplı bir literatür araştırması yapılarak mevcut olan tutum ölçekleri incelenmiştir. Mevcut olan bu tutum ölçeklerinden tutum ölçeğinin nasıl hazırlanması konusunda rehber olması amacıyla yararlanılmıştır.

Tutum maddeleri oluşturmak için cevaplayıcı kitleyi temsil edecek şekilde homojen bir örneklem grubundan fen ve teknoloji dersi ile ilgili duygu, düşünce ve davranışlarını anlatan bir kompozisyon yazmaları istenmiştir. Toplanan kompozisyonlara içerik analizi uygulanarak, tutum konusu ile doğrudan ilgili veya ilgili olduğu kabul edilen olumlu olumsuz çok sayıda tutum maddesi derlenmiştir.

Tutum maddeleri oluşturulurken (Tavşancıl, 2002);

1. Bütün maddeler olumlu ve olumsuz olarak ifade edilip, olgusal ifadelerin olmamasına dikkat edildi.
2. Ölçek maddeleri sade ve anlaşılır bir dille ifade edildi. Bir maddede birden fazla yargı/düşünce/duygu olmamasına dikkat edildi.
3. Tutum maddelerinin yarısı olumlu yarısı olumsuz olacak şekilde düzenlendi. Tutum maddelerinin anlam yükünün cevaplayıcıyı yönlendirici bir etkide bulunmasını önlemek için olumlu ve olumsuz madde sayısının eşit olmasına dikkat edildi.
4. Ölçekte kullanılan olumlu maddeler için “katılıyorum”, olumsuz maddeler içinse “katılmıyorum” ifadeleri kullanıldı. Olumlu ve olumsuz bir fikir içermeyen maddeler için ise “fikrim yok” ifadesi kullanıldı.

▪ **Uzman Görüşüne Başvurma Aşaması**

Geliştirilen taslak ölçek, ilköğretim okullarında çalışan 10 öğretmen ve ilköğretim bölümünde çalışmaları olan 6 öğretim üyesi tarafından incelenmiştir. Öğretmenler ve uzmanlar tutum maddelerini, öğrencilerin fen ve teknoloji dersine ve bu derste yapılan deneylere yönelik duygu, düşünce ve davranışlarına yönelik tutumlarını ölçüp ölçmediği noktasında gözden geçirmişlerdir. Ayrıca 3 dil uzmanı tarafından da ölçek maddeleri dilbilgisi ve anlaşılabilirliği yönünden incelenmiştir.

▪ **Ön Deneme Aşaması**

Ön deneme aşamasında, ölçeğin cevaplanabilme süresi ile anlaşılabilirliğinin tespiti, 9 ilköğretim öğrencisi tarafından değerlendirilmiştir. Uygulama sonunda 30 tutum maddesinin yaklaşık 25 dakikada cevaplandırılabilirdiği tespit edilmiştir.

▪ **Geçerlik Çalışması**

Geliştirilen tutum ölçeğinin geçerlilik çalışması için hem içerik geçerliliği, hem de yapı geçerliliği incelenmiştir. İçerik geçerliliği, ölçme aracında bulunan maddelerin ölçme aracına uygun olup olmadığı, ölçülmek istenen alanı temsil edip etmediği durumuna bağlı olarak uzman görüşüne başvurulur. Bunun için önce bir grup uzman tarafından ölçme amaçları ve bu amaçların gerektirdiği içeriği temsil edip edemeyeceği tartışılır (Tyler, 1971).

Geliştirilen taslak ölçek, içerik geçerliği açısından şu şekilde analiz edilmiştir: ilköğretim okullarında çalışan 10 fen ve teknoloji öğretmeni, ölçeğin içerdiği tutum maddelerinin fen ve teknoloji dersine ve bu derste yapılan etkinliklere yönelik olup olmadığı değerlendirmişlerdir. 6 eğitim bilimleri uzmanı tutum maddelerini ilköğretim öğrencilerinin duygu, düşünce ve davranışlarına yönelik tutumlarını ölçüp ölçmediği noktasında gözden geçirmiş, 3 dil uzmanı tarafından da dilbilgisi ve anlaşılabilirliği yönünden incelenmiş, en son olarak da eğitim istatistiği konusunda çalışmaları olan 3 uzman da istatistiksel analizlerini kontrol etmişlerdir.

Yapı geçerliliği, sonuçları ve sonuçların ne ile bağlantılı olduğunu açıklar. Bir başka deyişle, ölçme aracının soyut bir olguyu ne derece doğru ölçebildiğini gösterir (Tavşancıl, 2002). Yapı geçerliliğini ölçebilmek için faktör analizinden yararlanır.

Faktör analizi, çok sayıdaki değişkenden anlamlı yapılara ulaşmak, ölçek maddelerinin ölçtüğü ve faktör adı verilen yapı ya da yapıları ortaya çıkarmak için kullanılır. Böylece, maddelerin taşıdığı faktör yükleri doğrultusunda, birbirleriyle ilişki gösteren maddeler faktörleri oluşturur (Turgut ve Baykul, 1992; Bryman ve Cramer, 1997; Tezbaşaran, 1997; Hovardaoğlu ve Sezgin, 1998; Balcı, 2001;

Büyüköztürk, 2002). Ölçeğin yapı geçerliğini saptamak için faktör analizi uygulanmıştır. Tavşancıl'a (2002) göre faktör analizinde, örneklemden elde edilen verilerin yeterliğini belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapılmalıdır. KMO, örneklemin ve ölçek maddeleri arasındaki korelasyonun uygunluğu ile ilgili bir büyüklüktür. KMO değerlerinin 0,60'ın üzerinde olması kabul edilebilir değerleri içermektedir (Kaiser, 1974). Bu ölçeğin KMO değeri 0,86 olduğu için kabul edilebilir bir değerdir.

Tablo 3. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm Değer Yeterliği	0,86		
Barlett Testi Yaklaşık Ki-Kare Değeri =	2876,1	Sd=276	P=0,00

Tablo 3 incelendiğinde, Fen ve Teknoloji dersi tutum ölçeği Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) değerinin 0,86, Barlett değerinin 2876,1 olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerler yüksek değerler olarak bulunmuştur. Böylelikle sonuçlar, faktör analizinin uygulanabilirliğini ve maddeler arasındaki korelasyonun olduğunu göstermektedir.

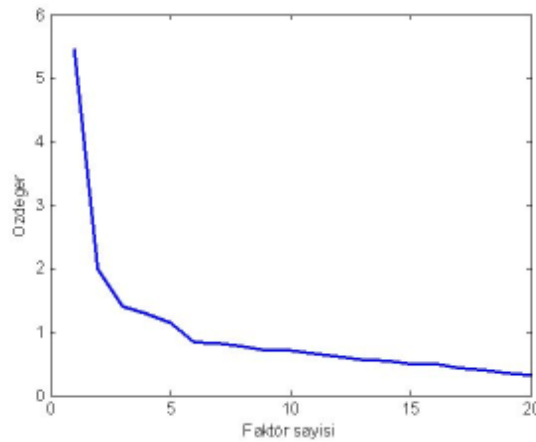
Büyüköztürk'e (2002) göre, faktör analizinde aynı yapıyı ölçmeyen maddelerin ayıklanmasına ve faktör sayısına karar verirken şu ölçütler dikkate alınır: Özdeğeri 1 ve daha yüksek maddeler önemli faktörler olarak alınır. Açıklanan varyans oranının yüksek olması, ilgili yapıyı iyi ölçtüğünün göstergesidir. Faktörün tanımladığı maddeyi ölçmesi için o faktörle olan ilişkisini gösteren faktör yük değerinin 0,45 ve daha yüksek olması tercih edilir. Ancak az sayıdaki madde için yük değeri 0,30'a kadar düşürülebilir. Ayrıca yüksek iki faktör yükü arasındaki fark ise en az 0,10 olmalıdır. Bu araştırmada bir maddenin bir faktörde yer alması için yukarıda belirtilen ilkeler temel alınmıştır.

Faktör analizine temel bileşenler analizi ile başlanmıştır. Ölçekteki 20 maddenin ortak varyansı 0,16 ile 0,75 arasında değişmiştir. Maddelerin özdeğeri 1'den büyük 5 faktörde toplandığı gözlenmiştir. Beş faktörün açıkladığı varyans miktarı yüzde 56'dır. Madde toplam korelasyonları incelendiğinde 0,30'un altında değer alan madde bulunmamıştır. Bir maddenin ölçekten çıkarılması için madde silinerek alfa katsayısındaki ve ölçek ortalamasındaki değişime bakılabilir (Buluş, 2001; Dağ, 2002; Özgüven, 1994; Tekin, 2002; Turgut, 1997). Belirtilen referanslar doğrultusunda, birden fazla faktör altında yer alan maddeler ölçekten çıkarılarak işlemler tekrar edilmiştir. 30 soruluk ölçekte yer alan 1., 3., 5., 12., 16., 22., 24., 27., 28. ve 30. maddeler çıkarıldığında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ölçekten 10 madde çıkartıldıktan sonraki faktörler ve madde numaraları Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Ölçeğin Boyutlarının içerikleri

Tutumlar	Faktörler	Tutum madde no	Faktörlerin içerikleri
FT dersine yönelik tutumlar	2. faktör	6, 7, 8, 9	Okuldaki FT dersi
	3. faktör	4, 11, 14, 15	Yeni bilgiler öğrenme ve bu bilgileri kullanma
	5. faktör	2, 10, 13	FT dersinde başarılı/başarısız olma
FT dersinde yapılan deneylere yönelik tutumlar	1. faktör	17, 19, 20, 23, 26, 29	FT dersinde etkinlik yapmayı sevme
	4. faktör	18, 21, 25	FT dersinde etkinlik yapmayı gerekli bulma

Ayrıca faktör sayısına karar vermek için çizgi (Scree) grafiği de incelenmiştir.



Şekil 15. Scree Sınama Grafiği

Şekil 15'teki çizgi grafiği incelendiğinde, birinci faktörden sonra yüksek

ivmeli bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Bu durum, tutum ölçeğinin tek faktörlü olma olasılığını düşündürmektedir. Büyüköztürk'e (2002) göre grafikteki yüksek ivmeli, hızlı düşüşler önemli faktör sayısını verir. Yatay çizgiler ise varyansı açıklama katkısının birbirine yakın olduğunu gösterir. Bunun üzerine faktör döndürme tekniği uygulanmıştır. Dik ve eğik döndürme yaklaşımlarından dik döndürme, dik döndürme tekniklerinden ise varimax ve equamax sosyal bilimler için uygundur. Her iki teknik de maddelerin yük değerini bir faktörde 1'e, diğerinde ise 0'a yaklaştırmayı amaçlar. Böylece faktörler, kendileriyle yüksek ilişki veren maddeleri bulur ve maddeler daha kolay yorumlanır (Bryman ve Cramer, 1997; Büyüköztürk, 2002; Turgut ve Baykul, 1992). Belirtilen referansların da önerdiği gibi, ölçek maddelerinin birbirinden ilişkisiz faktörlere ayrışması için çeşitli faktör döndürme teknikleri denenmiş ve kolay yorumlanabilir sonuca Equamax döndürme tekniği ile ulaşılmış ve bulgular Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Tutum Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri

<i>Tutum Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri</i>														
<i>Faktör 1</i>			<i>Faktör 2</i>			<i>Faktör 3</i>			<i>Faktör 4</i>			<i>Faktör 5</i>		
<i>Özdeğer = 5,48</i>			<i>Özdeğer=2,00</i>			<i>Özdeğer= 1,41</i>			<i>Özdeğer= 1,29</i>			<i>Özdeğer= 1,14</i>		
<i>Varyans%= 27</i>			<i>Varyans%=10</i>			<i>Varyans%=7</i>			<i>Varyans%=6</i>			<i>Varyans%=6</i>		
<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>
17	0,60	0,57	6	0,59	0,61	4	0,70	0,47	18	0,64	0,43	2	0,75	0,42
19	0,45	0,69	7	0,67	0,42	11	0,48	0,69	21	0,44	0,71	10	0,16	0,90
20	0,69	0,43	8	0,37	0,74	14	0,65	0,49	25	0,52	0,64	13	0,66	0,43
23	0,57	0,51	9	0,58	0,56	15	0,56	0,58						
26	0,51	0,64												
29	0,69	0,50												
<i>MN: Madde no</i>			<i>OV: Ortak varyans</i>			<i>YD: Faktör yük değeri</i>								

Tablo 5 incelendiğinde, Equamax döndürme sonrası tutum maddelerinin ortak varyansı 0,16 ile 0,75 arasında, yük değerleri ise 0,42 ile 0,90 arasında toplanmıştır. Beş faktörün açıkladığı varyans miktarı yüzde 56'dır. Bunun yüzde 27'si birinci, 10'u ikinci, 7'si üçüncü, 6'sı dördüncü, 6'sı ise beşinci faktördedir. Maddelerin 10'u birinci, 6'sı ikinci, 4'ü üçüncü, 2'si dördüncü, 3'ü ise beşinci faktördedir.

▪ Güvenirlik Hesaplama Aşaması

Tutum maddelerini içeren ölçek, yukarıda ifade edilen işlemlerden geçtikten sonra, ön denemesi ilk olarak 30 tutum maddesi halinde hazırlanmış ve ilköğretim 6. 7. ve 8. sınıfta öğrenim gören toplam 422 öğrenciye uygulanmıştır. Bu 422 ilköğretim öğrencisinin 140'ını 6. sınıf, 142'sini 7. sınıf ve 140'ını da 8. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Yapılan bu ön uygulamadan elde edilen veriler SPSS programı ile analiz edilerek güvenirliliği belirlenmiştir. Başlangıçta hazırlanan 30 maddeden 10'u (1., 3., 5., 12., 16., 22., 24., 27., 28. ve 30. sorular) yapılan istatistiksel analizler sonrasında geçerliği ve güvenirliliği düşürdüğü için ölçekten çıkarılmıştır.

10'u olumlu, 10'u olumsuz olmak üzere toplam 20 maddelik bu ölçek (EK-1) için belirlenen Cronbach Alpha güvenirlilik katsayısı $\alpha=0,8739$ olarak bulunmuştur. Elde edilen bu güvenirlilik katsayısı eğitim ve sosyal bilgiler alanında güvenirliliği yüksek olan bir ölçek olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca ölçek maddelerinin iki yarı test korelasyonu ile güvenirliliği de Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 6. Fen ve Teknoloji TÖ Faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirlilik Değerleri

Fen ve teknoloji tutum ölçeği faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirliliği Değerleri	
<i>Spearman Brown-eşit iki yarı</i>	,89
<i>Spearman Brown- eşit olmayan iki yarı</i>	,89

Tablo 6 incelendiğinde, ölçeğin iki yarısı arasındaki korelasyonlar ile Cronbach Alpha değerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir.

Gerek geliştirme aşamasında gerekse uygulama aşamasında; olumlu tutum maddeleri +1, olumsuz tutum maddeleri -1, fikrim yok seçeneği ise 0 puan ile

değerlendirilmiştir. Maddelerde yer alan olumsuz ifadelerin puanlanması da yukarıdaki puanlamanın tersi olacak şekilde yapılmıştır.

3.5.2. Bilimsel Başarı Testi

Başarı testleri öğrencilerin becerilerle ilgili mevcut durumunu ölçmeye yarar. Bu testler, öğrencinin geçmişteki belirli öğrenme faaliyetlerinin belirli bir kısmını başarabilme derecesini tespit etmek amacıyla yapılır. Bu çalışmada ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersinde, hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yayları tanıyalım, iş ve enerji konularını öğrenme düzeylerini belirlemek amaçlanmıştır.

Hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, iş ve enerji konularını içeren Bilimsel Başarı Testi'nin geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır. Geçerliliği, kapsam geçerliliği açısından incelenmiştir. Hazırlanan çoktan seçmeli testte yer alan sorulardan bazıları, sınavlarda kullanılan standartlaşmış testlerden oluşmakta; bazıları da araştırmacı tarafından geliştirilerek uzmanların da görüşleri alınarak araştırmanın amacına uygun olacak şekilde hazırlanmıştır.

Hareket ve kuvvet ünitesi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenerek, gerekli literatür araştırmalarından yola çıkarak geliştirilen bilimsel başarı testinin güvenilirlik çalışmaları İstanbul il merkezinde bulunan 2 farklı okulun 6., 7. ve 8. sınıflarında öğrenim gören 150 ilköğretim öğrencisine uygulanmasına rağmen analiz için 127 öğrencinin verilerinden yararlanılmıştır. Testte geçerlik ve güvenilirlik analizlerinden önce 30 soru vardı.

Güvenirlik: Testin güvenilirlik değerleri aşağıdaki Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. BBT Güvenirlik Değerleri

<i>Spearman Brown-eşit iki yarı</i>	,68
<i>Spearman Brown- eşit olmayan iki yarı</i>	,68
<i>KR-21</i>	,72

Aldıkları puana göre öğrencilerden alt ve üst gruplar oluşturulmuş, daha sonra madde analizi yapılarak testte yer alan çok güç ya da çok kolay olan sorular testten çıkarılarak (2., 8., 11., 16., 22., 23., 24., 25., 26. ve 30. sorular) soru sayısı 20'ye düşürülmüştür. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilerek yorumlanmıştır. 20 sorudan oluşan başarı testinin her bir sorusu için ayırt edicilik ve güçlük puanları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 8. BBT Madde Analizi

Soru no(eski ölçek)	1	3	4	5	6	7	9	10	12	13	14	15	17	18	19	20	21	27	28	30
Soru no (yeni ölçek)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Doğru Sayısı	91	64	57	93	80	56	46	37	50	24	69	53	80	42	79	27	42	31	28	35
Üst Deste	30	19	28	32	32	25	21	20	23	12	30	23	28	18	27	16	17	11	14	13
Alt Deste	15	11	8	17	9	7	10	1	6	4	10	9	13	3	15	1	5	3	3	6
Fark	15	8	20	15	23	18	11	19	17	8	20	14	15	15	12	15	12	8	11	7
Ayırt Edicilik %	44	24	59	44	68	53	32	56	50	24	59	41	44	44	35	44	35	24	32	21
Toplam	45	30	36	49	41	32	31	21	29	16	40	32	41	21	42	17	22	14	17	19
Güçlük %	66	44	53	72	60	47	46	31	43	24	59	47	60	31	62	25	32	21	25	28

P: test maddesi güçlük düzeyi indeksi; (P) değeri 0 ila +1 değerleri arasında değişir. Bu durumda bir maddenin doğru cevaplandırma oranı arttıkça güçlük indisi +1'e, doğru cevaplandırılma oranı azaldıkça ise 0'a yaklaşmaktadır (Tekin, 2002). Ayırt etme indeksi 0,40 ve daha büyük maddeler ayırt etme gücü yüksek olan maddelerdir. Hazırlanan başarı testinde P değeri 0,20'den düşük olan maddeler ayırt etme gücü düşük olduğu için testten çıkarıldı.

Ayırt edicilik: test maddelerinin temel fonksiyonunun ayırt edicilik olduğu dikkate alındığında, her test maddesinin yüksek ayırt edicilikte olması beklenir. Bütün öğrencilerce tamamen doğru ya da tamamen yanlış olarak cevaplandırılan test maddelerinin ayırt ediciliği yoktur. İstatistiksel hesaplamalarda testin ayırt etme indeksi -1 ila +1 değerleri arasında değişir. Test maddelerinin ayırt etme indeksi, o test maddesine her iki grupta doğru cevap verme yüzdeleri arasındaki farka bakılarak hesaplanır (Tekin, 2002).

30 soruya yapılan analiz sonucunda her bir soru ve herbir sorunun cevap seçenekleri için ayrı ayrı madde analizleri yapılarak; çok zor ve çok kolay sorular, ayırtedicilik indeksi 0,20 den küçük olan sorular çıkartılmıştır.

Geliştirilen bilimsel başarı testinin bilimsel süreç becerilerine katkısı ve Bloom taksonomisine göre hangi kategoride yer aldığı da incelenmiştir. Aşağıdaki tabloda her bir sorunun konusu, sorunun cevabı, bilimsel süreç becerisine ve Bloom taksonomisine göre hangi kategoride yer aldığı gösterilmektedir.

Tablo 9. BBT- Bloom ve Bilimsel Süreç Becerisi Kategorileri

Bölüm	Analiz öncesi Soru no	Analiz sonrası soru no	Konusu	Bilimsel süreç becerisi	Sorunun cevabı	Bloom taksonomisi
Sarmal yayları tanıyalım	1	1	Esneklik özelliği	Sınıflama	A	Kavrama
	3	2	Sarmal yayların sınıflandırılması	Sınıflama	C	Uygulama
	4	3	Dinamometrenin özellikleri	Verileri yorumlama, Verilerden sonuç çıkarma	D	Uygulama
	5	4	Ağırlık-uzama miktarı ilişkisini hesaplama	Değişkenleri değiştirme	C	Uygulama
Sarmal yaylarda iş	6	5	Fiziksel anlamda iş (örnek)	Sınıflama	C	Kavrama
	7	6	Fiziksel anlamda iş (tanımı)	Verileri kullanma, verileri yorumlama	D	Uygulama
	9	7	Fiziksel anlamda iş (uygulama)	Karşılaştırma, sınıflandırma	D	Uygulama
	10	8	İş hesaplama	Verileri kullanma, sonuç çıkarma	D	Uygulama
Potansiyel enerji (çekim+esneklik)	12	9	Yaylarda ÇPE	Verileri yorumlama, sonuç çıkarma	C	Uygulama
	13	10	PE hesaplama	Verileri kullanma, sonuç çıkarma	D	Uygulama
	14	11	PE etkisi	Sonucu tahmin etme, çıkarım yapma	A	Analiz
	15	12	EPE etkenleri	Değişkenleri belirleme	B	Analiz
Kinetik enerji	17	13	KE örnekleri	Sınıflama	C	Kavrama
	18	14	KE etkenleri	Karşılaştırma	A	Kavrama
	19	15	KE sıralama	Verileri kullanma, sonuç çıkarma, karşılaştırma	B	Uygulama
	20	16	KE hesaplama	Verileri kullanma, sonuç çıkarma,	A	Uygulama
	21	17	KE birim tablosu	Değişkenleri belirleme	B	Kavrama
Enerji dönüşümleri	27	18	Enerji dönüşümü	Karar verme, sonucu tahmin etme	C	Analiz
	28	19	Sarkaçta enerji dönüşümü	Karar verme, sonucu tahmin etme	A	Analiz
	30	20	Enerji dönüşümü	Verileri yorumlama, verilerden sonuç çıkarma	D	Analiz

BBT yer alan sorularda bilimsel süreç becerilerinden hangisini ölçtüğü ve Bloom taksonomisine göre hangi kategoride yer aldığı yukarıdaki tabloda açıklanarak test hakkında daha fazla bilgiye yer verildi. Tablo incelendiğinde hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yayları tanıyalım konusundan 4, iş konusundan 4, çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisini kapsayan potansiyel enerji konusundan 4, kinetik enerji konusundan 5 ve enerjinin dönüşümü konusundan 3 soru yer almaktadır.

Soruları Bloom taksonomisine göre incelendiğinde soruların %25'inin kavrama, %50'sinin uygulama ve %25'inin analiz aşamasında yer aldığı görülmektedir. Sentez ve değerlendirme sorularının da testte yer alması testten daha iyi sonuçlar alma noktasında yararlı olabilirdi.

Bilimsel süreç becerileri öğrenmeyi kolaylaştıran, araştırma yol ve yöntemlerini kazandıran, öğrencilerin aktif olmasını sağlayan, kendi öğrenmelerinde sorumluluk alma duygusunu geliştiren ve öğrenmenin kalıcılığını artıran temel becerilerdir (Çepni ve arkadaşları, 1996). BBT testinde yer alan bilimsel süreç becerileri Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 10. BBT- Bilimsel Süreç Becerisi Sorularının İstatistiği

Bilimsel Süreç Becerileri	f	%
Sınıflama	4	20
Verileri yorumlama	4	20
Verilerden sonuç çıkarma	7	35
Değişkenleri değiştirme	1	5
Değişkenleri belirleme	2	10
Veriler kullanma	5	25
Sonucu tahmin etme, çıkarım yapma	1	5
Karşılaştırma	3	15
Sonucu tahmin etme, karar verme	2	10

Geliştirilen BBT öğrencilerin kavrama, uygulama ve analiz etme becerilerine, bunun yanı sıra bazı bilimsel süreç becerilerine sahip olup olmadıklarını da ölçmeyi hedeflemektedir.

3.5.3. Sebep - Sonuç İlişkisi Ölçeği

Sebep-sonuç ilişkisi ölçeği, öğrencilerin olaylar arasındaki ilişkilerin sebepleri ile bu sebeplerin etkisiyle ortaya çıkan sonuçları amaçlarına uygun olacak şekilde değerlendirip değerlendiremediklerini tespit etmek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlandı. Bu ölçek ile, öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları olayların altında yatan sebep-sonuç ilişkisini analiz etme ve bundan yararlanarak olayı anlayabilme becerileri ölçülmek istendi.

Sebep-sonuç ilişkisi ölçeği iki kısımdan oluşmaktadır. I. Kısımda sebep-sonuç ilişkisi ile ilgili 10 yargı cümlesi yer almaktadır. Bu cümlelerde bahsedilen olaylar hakkında öğrencilerin düşüncelerini “her zaman”, “sık sık”, “arada sırada”, “nadiren” ve “hiçbir zaman” seçeneklerine göre işaretlemeleri istenmektedir. Sebep-sonuç ilişkisi ölçeğinin I. Kısımının geçerlik güvenirlik çalışmaları 123 ilköğretim 6., 7. ve 8. sınıf öğrencisi ile yapıldı.

5’i olumlu, 5’i olumsuz olmak üzere toplam 10 maddelik bu ölçek için belirlenen Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı $\alpha=0,88$ olarak bulundu. Elde edilen bu güvenirlik katsayısı eğitim ve sosyal bilgiler alanında güvenirliği yüksek olan bir ölçek olarak değerlendirilmektedir.

Örneklemden elde edilen verilerin yeterliğini belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapıldı. Bu ölçeğin KMO değeri 0,86 olduğu için kabul edilebilir bir değerdir.

Tablo 11. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm ve Barlett’s Test Sonuçları

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm Değer Yeterliği =	0,86		
Barlett Testi Yaklaşık Ki-Kare Değeri =	543,5	sd = 45	p = ,000

Tablo 11 incelendiğinde, sebep-sonuç ölçeği (kısım-1) Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) değerinin 0,86, Barlett değerinin 543,5 olduğu görülmektedir. Elde edilen bu

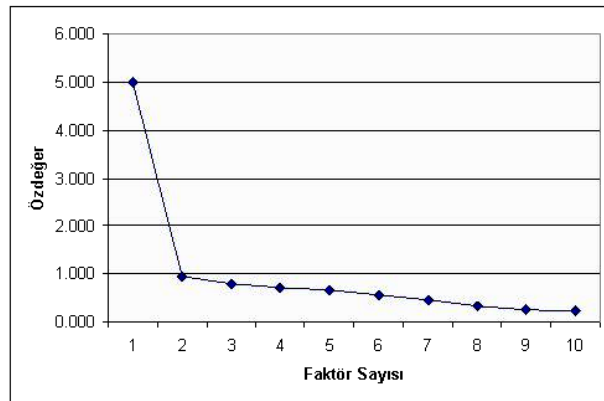
değerler yüksek değerler olarak bulunmuştur. Böylelikle sonuçlar, faktör analizinin uygulanabilirliğini ve maddeler arasında korelasyonun olduğunu göstermektedir.

Faktör analizine temel bileşenler analizi ile başlandı. Ölçekte yer alan maddelerin ortak varyansı ve faktör yük değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Ölçekte yer alan 10 maddenin ortak varyansı 0,39 ile 0,62 arasında değişmektedir. Maddelerin tek bir faktörde toplandığı gözlenmektedir. Tek faktörün açıkladığı varyans miktarı yüzde 50'dir.

Tablo 12. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği İstatistik Sonuçları

<i>Özdeğer=5</i>		
<i>Varyans%=50</i>		
<i>Madde No</i>	<i>Ortak varyans</i>	<i>Yük Değeri</i>
1	0,460	0,678
2	0,435	0,660
3	0,619	0,787
4	0,598	0,773
5	0,522	0,723
6	0,525	0,724
7	0,506	0,711
8	0,520	0,721
9	0,414	0,644
10	0,399	0,632

Faktör sayısını belirlemek için scree plot grafiği incelendiğinde, birinci faktörden sonra yüksek ivmeli bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Bu durumda sebep-sonuç ilişkisi ölçeği tek faktörlüdür denilebilir.



Şekil 16. Scree Sınama Grafiği

Sebep-sonuç ilişkisi ölçeğinin II. Kısımında 6 yorum gerektiren açık uçlu soru yer almaktadır. Aşağıdaki tabloda soruların içerikleri gösterilmektedir.

Tablo 13. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği Soruları

Sorular	Soruların içerikleri
1. soru	Bir deney sonucunda çizilen grafiğin sebebini tespit edebilme
2. soru	Bir kurbağanın kaynar su içindeki hareketlerinin sebebini düşünebilme
3. soru	Bir olaydaki sebep-sonuç ilişkilerini bulabilme
4. soru	Birden fazla olay arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini sırasıyla belirleyebilme
5. soru	Sarmal yayın cinsi, yaya uygulanan kuvvet ve yayın uzama miktarı arasındaki sebep-sonuç ilişkisini tespit edebilme
6. soru	Çevresinde gerçekleşen ve sebep-sonuç ilişkisi içeren bir olayı fark edebilme

Ölçeğin 2. kısmındaki sorular öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisi hakkındaki düşüncelerini hayata geçirip geçiremediklerini öğrenmek amacıyla hazırlandı. Öğrencilerin ölçeğin 1. kısmına verdiği cevaplar, 2. kısımdaki somut örnekler ile pekiştirildi. Ölçekte yer alan soruların bazıları Senge (2002), beşinci disiplin kitabında yer alan örneklerden yararlanarak hazırlandı. Diğer sorular ise, müfredat konuları göz önünde bulundurularak araştırmacı tarafından hazırlandı. Sorular açık uçlu sorular olduğu için uzman görüşüne başvurularak içerik analizi yapıldı. Öğrencilerin sorulara verdikleri her bir cevap ayrı ayrı değerlendirilerek öğrencilere bir başarı puanı verildi.

3.5.4. Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği

Sistem dinamiği yaklaşımında STELLA programı ile modelleme yapmak ve modeli test etmek için grafiklerden yararlanır. Öğrenci model hakkında doğru bilgilere sahip olmak için grafik çizme ve grafiği yorumlama becerisine sahip olmalıdır. Öğrencilerin grafik çizme ve çizdikleri grafiği analiz edebilme becerilerini ölçmek amacıyla araştırmacı tarafından bu ölçek hazırlandı. Ölçek iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda öğrencilerin grafik çizme ve grafikleri yorumlama

becerileri hakkındaki düşüncelerine yer verildi. İkinci kısımda ise öğrencilerin grafik ile ilgili düşüncelerini somut örnekler üzerinde göstermeleri istendi.

Grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeğinin ilk kısmında öğrencilerin düşüncelerini ifade eden 10 madde bulunmaktadır. Öğrenciler düşüncelerini “her zaman”, “sık sık”, “arada sırada”, “nadiren” ve “hiçbir zaman” seçenekleri ile ifade ettiler. Ölçeğin birinci kısmının geçerlik güvenirlik çalışmalarına 140 ilköğretim 6., 7. ve 8. sınıf öğrencileri katıldı.

Başlangıçta 10 maddeden oluşan ölçek 3. ve 4. soruların ölçekten çıkarılmasıyla 4’ü olumlu, 4’ü olumsuz olmak üzere toplam 8 maddeden elde edilen Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı $\alpha=0,85$ olarak bulundu. Elde edilen bu güvenirlik katsayısı eğitim ve sosyal bilgiler alanında güvenirliği yüksek olan bir ölçek olarak değerlendirilmektedir.

Örneklemden elde edilen verilerin yeterliğini belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapıldı. Bu ölçeğin KMO değeri 0,86 olduğu için kabul edilebilir bir değerdir.

Tablo 14. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm ve Barlett’s Test Sonuçları

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm Değer Yeterliliği =	0,86		
Barlett Testi Yaklaşık Ki-Kare Değeri =	395,408	sd = 28	p = ,000

Tablo 14 incelendiğinde, sebep-sonuç ölçeği (kısım-1) Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) değerinin 0,86, Barlett değerinin 395,408 olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerlerin uygun değerler olduğu söylenebilir. Böylelikle sonuçlar, faktör analizinin uygulanabilirliğini ve maddeler arasında korelasyonun olduğunu göstermektedir.

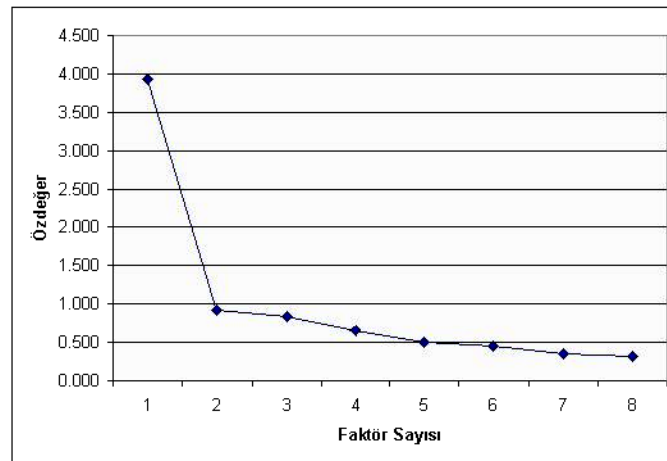
Faktör analizinde ilk önce temel bileşenler analizi yapıldı. Ölçekte yer alan maddelerin ortak varyansı ve faktör yük değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeğinde başlangıçta 10 madde yer aldı, faktör analizinden sonra ölçekteki 3. ve 4. maddeler çıkarılarak madde sayısı 8’e düşürüldü.

Ölçekte yer alan 8 maddenin ortak varyansı 0,34 ile 0,57 arasında değişmektedir. Maddelerin tek bir faktörde toplandığı gözlenmektedir. Tek faktörün açıkladığı varyans miktarı yüzde 49'dur.

Tablo 15. Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği İstatik Sonuçları

<i>Özdeğer=3,19</i>		
<i>Varyans%=49,14</i>		
<i>Madde No</i>	<i>Ortak varyans</i>	<i>Yük Değeri</i>
1	0,486	0,697
2	0,538	0,733
5	0,519	0,720
6	0,342	0,585
7	0,553	0,744
8	0,547	0,739
9	0,572	0,756
10	0,375	0,612

Faktör sayısını belirlemek için scree plot grafiği incelendiğinde, birinci faktörden sonra yüksek ivmeli bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Ayrıca sadece birinci faktörün özdeğeri birden büyüktür, diğer değerler birden küçük olduğu için grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeği tek faktörlüdür denilebilir.



Şekil 17. Scree Sınama Grafiği

Grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeğinin ikinci kısmında 7 yorum gerektiren açık uçlu soru yer almaktadır.

Tablo 16. Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği Soruları

Sorular	Soruların içerikleri
1. soru	Birden fazla grafik içinden doğru grafiği seçebilme
2. soru	Deneysel verilerden yararlanarak iki farklı grafik çizme ve bu grafikleri karşılaştırma
3. soru	Deneysel verileri kullanarak grafik çizebilme
4. soru	Grafik yorumlama
5. soru	Verilen bir grafikten başka bir grafik çizebilme
6. soru	Birden fazla değişkenli bir grafiği yorumlayabilme
7. soru	Verilen bir grafikten istenen grafiği çizip yorumlayabilme

Ölçeğin ikinci kısmında yer alan soruların bazıları müfredat içeriğine göre ders kitabından veya yardımcı test kitaplarından yararlanılarak hazırlanırken bazıları araştırmacı tarafından hazırlandı. Son soru ise Booth Sweeney ve Sterman (2000) tarafından hazırlanan ve geniş çaplı bir araştırma içeren bir sorudur. Bu soru ile Booth Sweeney ve Sterman'ın üniversite öğrencileri ile yaptığı çalışma ilköğretim öğrencilerine uygulanarak farklı öğrenciler arasında karşılaştırmalar yapmak amaçlanmıştır. Ölçeğin ikinci kısmındaki açık uçlu sorular öğrencilerin ölçeğin 1. kısmına verdiği cevapları pekiştirici özelliindedir. Bu açık uçlu sorular uzman görüşlerine başvurularak içerik analizi yapılmış, öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplar belli kriterlere göre puanlanarak öğrencilere başarı puanları verilmiştir.

3.5.5. Problem Çözme Becerisi Envanteri

Bireyin problem çözme yeteneklerini nasıl algıladığını değerlendiren bu envanter, Heppner ve Petersen (1982) tarafından geliştirilmiştir. Envanter 35 maddeli ve 6'lı likert türü bir ölçme aracıdır. Ölçeğin 3 faktörlü (problem çözmeye güven, yaklaşma-kaçınma ve kişisel kontrol) olduğu kaydedilmiştir. 9., 22. ve 29. maddeler değerlendirme dışı bırakılır. Ölçeğin tümünün α : 0,90 olarak hesaplanmıştır. Türkçe'ye uyarlama, güvenilirlik ve geçerlik çalışmaları pek çok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Taylan (1990) tarafından üniversite öğrencilerine uygulanarak ölçeğin

güvenirlilik katsayısı testin tekran yöntemiyle 0,66 olarak bulmuştur. Ölçek, Şahin, Şahin ve Heppner (1993) tarafından da Türkçe'ye uyarlanmıştır. 6 faktörlü olarak bulunmuş ve ölçeğin α : 0,88, yarıya bölme güvenirlilik katsayısı ise 0,81'dir. Ölçek, 3 faktörlü ve 1. faktörün (problem çözmeye güven-PÇG-17 madde) faktör yüklerinin 0,386-0,692 arasında olduğu, varyansın % 19,58'ini (öz değeri:6,26) açıkladığı ve α : 0,8882, 2. faktörün (aceleci yaklaşım-AY -8 madde) faktör yüklerinin 0,330-0,703 arasında değiştiği, varyansın %8,97'sini (öz değeri:2,87) ve α :0,7334, 3. faktörün (kişisel kontrol-KK-7 madde) faktör yüklerinin 0,382-0,648 arasında değiştiği, varyansın % 8,32'sini (öz değeri:2,61) açıkladığı ve α : 0,6578 olarak kaydedilmiştir. Tüm ölçek varyansın % 36,87'sini açıklamakta ve α : 0,7974 olarak hesaplanmıştır (Savaşır ve Şahin, 1997). Üniversite öğrencileri ile yapılan geçerlik güvenirlilik çalışmaları daha sonraki yıllarda farklı yaş grubundaki öğrencilere de uygulanmıştır. Korkut (2002), aynı ölçeği 46 lise öğrencisine, ölçeğin 5'li likert tipine dönüştürülmüş halini uygulayarak ayrı bir güvenirlilik ve geçerlik çalışması yapmıştır. Ölçeğin testin tekrarı yöntemi ile elde edilen güvenirlilik katsayısı 0,64 tur.

Problem Çözme Becerisi Envanteri araştırmacı tarafından ilköğretim öğrencilerine 5'li likert tipi ölçeklendirme- "Her zaman böyle davranırım", "Sık sık böyle davranırım", "Arada sırada böyle davranırım", "Nadiren böyle davranırım", "Hiçbir zaman böyle davranmam"- haline getirilerek uygulandı. Envanterin geçerlik güvenirlilik çalışmaları araştırmacı tarafından yeniden yapılmıştır.

3.5.5.1. Güvenirlilik çalışması

Problem çözme becerisini ölçmeye yönelik tutum maddelerini içeren ölçek, yukarıda ifade edilen işlemlerden geçtikten sonra, ön denemesi ilk olarak 30 tutum maddesi halinde hazırlandı ve ilköğretim 6. 7. ve 8. sınıfta öğrenim gören toplam 215 öğrenciye uygulanmıştır. Yapılan bu ön uygulamadan elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilerek güvenirliliği belirlendi. Bu 30 maddeden 10'u (4., 7., 9., 10., 11., 15., 23., 25., 27. ve 30. sorular) faktör analizinden elde edilen sonuçlara göre ölçekten çıkarılmıştır. 13'u olumlu, 7'si olumsuz olmak üzere toplam 20 maddelik bu ölçek için belirlenen Cronbach Alpha güvenirlilik katsayısı $\alpha=0,826$ olarak

bulunmuştur. Elde edilen bu güvenilirlik katsayısı eğitim ve sosyal bilgiler alanında güvenilirliği yüksek olan bir ölçek olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca ölçek maddelerinin iki yarı test korelasyonu ile güvenilirliği de Tabloda gösterilmektedir.

Tablo 17. PÇBE ölçeği faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirlik Değerleri

PÇBE ölçeği faktörlerinin İki Yarı Test Korelasyonu ile Testin Güvenirliği Değerleri	
<i>Spearman Brown-eşit iki yarı</i>	0,812
<i>Spearman Brown- eşit olmayan iki yarı</i>	0,810

Tablo 17 incelendiğinde, ölçeğin iki yarısı arasındaki korelasyonlar ile Cronbach Alpha değerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir.

Gerek geliştirme aşamasında gerekse uygulama aşamasında; olumlu tutum maddeleri 5, 4, 3, 2, 1 puanları ile, olumsuz tutum maddeleri 1, 2, 3, 4, 5 puanları ile değerlendirilirken, olumsuz tutum ifadelerinin puanlanması da yukarıdaki puanlamanın tersi olacak şekilde yapılmıştır.

3.5.5.2. Geçerlik çalışması

Problem çözme becerisi envanterinin geçerlilik çalışması için hem içerik-muhteva geçerliliği, hem de yapı geçerliliği incelenmiştir. Ölçeğin içerik geçerliğinde uzman görüşlerine yer verilirken, ölçeğin yapı geçerliğini saptamak için faktör analizi, örneklemden elde edilen verilerin yeterliğini belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi yapılmıştır. Bu testten elde edilen değerler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 18. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm ve Barlett's Test Sonuçları

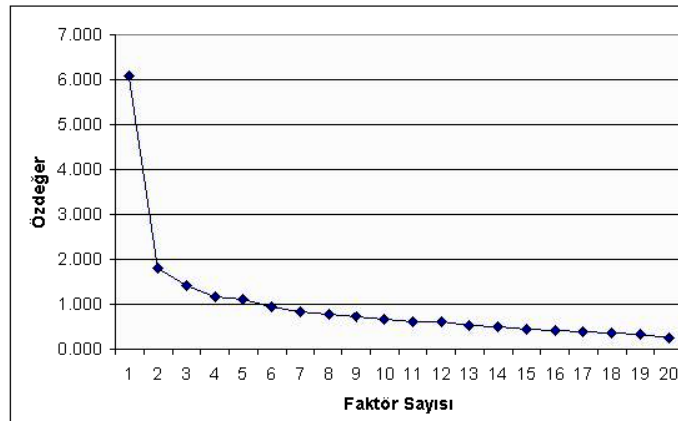
Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) Örnekleme Ölçüm Değer Yeterliği =	0,818		
Barlett Testi Yaklaşık Ki-Kare Değeri =	871,179	sd = 190	p = ,000

Tablo 18 incelendiğinde, problem çözme becerisi envanterinin Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) değerinin 0,818, Barlett değerinin 871,179 olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerler yüksek değerler olarak bulunmuştur. Böylelikle sonuçlar, faktör analizinin uygulanabilirliğini ve maddeler arasındaki korelasyonun olduğunu göstermektedir.

Tablo 19.PÇBE Faktör Sayıları ve İçerikleri

Faktörler	Tutum madde no	Faktörlerin içerikleri
1. faktör	8, 17, 18, 20, 21, 24, 28	Problem çözme yeteneğine güven
2. faktör	1, 5, 6, 16	Vazgeçme/mücadele etme
3. faktör	3, 12, 19	Alternatif çözüm yolları düşünme
4. faktör	13, 14, 26	Problemin ayrıntılarını düşünme
5. faktör	2, 22, 29	Kişisel kontrol

PÇBE'nin scree plot grafiği incelendiğinde özdeğeri 1'den büyük olan 5 faktör tespit edildi.



Şekil 18. Scree Sınama Grafiği

Şekil 18'deki çizgi grafiği incelendiğinde, birinci faktörden sonra yüksek ivmeli düşüşler olduğu gözlenmektedir. Ölçek maddelerinin birbirinden ilişkisiz faktörlere ayrışması için çeşitli faktör döndürme teknikleri denenmiş ve kolay yorumlanabilir sonuca Equamax döndürme tekniği ile ulaşılmış ve bulgular Tablo 20'de gösterilmektedir.

Tablo 20. PÇBE Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri

<i>PÇBE Ölçeği Maddelerinin Equamax Döndürme Sonrası Faktör Değerleri</i>														
<i>Faktör 1</i>			<i>Faktör 2</i>			<i>Faktör 3</i>			<i>Faktör 4</i>			<i>Faktör 5</i>		
<i>Özdeğer =6,088</i>			<i>Özdeğer=1,811</i>			<i>Özdeğer= 1,412</i>			<i>Özdeğer=1,157</i>			<i>Özdeğer= 1,123</i>		
<i>Varyans%=30,44</i>			<i>Varyans%=9,05</i>			<i>Varyans%=7,06</i>			<i>Varyans%=5,80</i>			<i>Varyans%=5,61</i>		
<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>	<i>MN</i>	<i>OV</i>	<i>YD</i>
8	0,506	0,662	1	0,640	0,583	3	0,585	0,556	13	0,654	0,763	2	0,430	0,611
17	0,508	0,491	5	0,535	0,664	12	0,645	0,661	14	0,689	0,777	22	0,431	0,618
18	0,460	0,562	6	0,576	0,663	19	0,714	0,790	26	0,571	0,387	29	0,615	0,729
20	0,622	0,535	16	0,544	0,596									
21	0,623	0,733												
24	0,606	0,688												
28	0,638	0,697												
<i>MN: Madde no</i>			<i>OV: Ortak varyans</i>			<i>YD: Faktör yük değeri</i>								

Tablo 20 incelendiğinde, Equamax döndürme sonrası tutum maddelerinin ortak varyansı 0,43 ile 0,71 arasında, yük değerleri ise 0,39 ile 0,77 arasında toplanmıştır. Beş faktörün açıkladığı varyans miktarı yüzde 58'dir. Bunun yüzde 30'u birinci, 9'u ikinci, 7'si üçüncü, 6'sı dördüncü, 6'i ise beşinci faktördedir. Maddelerin 7'si birinci, 4'ü ikinci, 3'ü üçüncü, 3'ü dördüncü, 3'ü ise beşinci faktördedir.

3.5.6.Sistem Dinamiği Kavram Testi

Sistem dinamiği kavram testi, sadece deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin sistem dinamiği ile ilgili temel kavramları deneysel çalışma sonrasında ne derece öğrendiğini belirlemek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Kavram testi deney grubundaki öğrencilere deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında uygulanarak öğrencilerin gelişim seviyeleri incelenmiştir. Kavram testi doğru/yanlış, boşluk doldurma, çoktan seçmeli ve açık uçlu olmak üzere 4 farklı kategoride yer alan sorulardan meydana gelmektedir. Soruların içeriğinde sistem dinamiği yaklaşımının temel kavramları olan stok-akış, pekiştirici ve dengeleyici geri besleme, sebep-sonuç ilişkileri, bir sistemi modelleme ve modeli test etmeye yönelik bilgiler yer almaktadır.

Her bir kategoride yer alan soru için bir puanlandırma sistemi geliştirilerek öğrencilerin cevapları değerlendirilmiş ve deneysel çalışma öncesi ve sonrasındaki puanları birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

3.5.7.Öğrenci Profili Belirleme Anketi

Bu anket deneysel çalışmaya katılan deney ve kontrol grubundaki öğrenciler hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Bu anketin deneysel çalışma öncesinde uygulanması hedeflendi. Bu sayede uygulama öğretmeni ve araştırmacı çalıştığı öğrenci grubunun kişisel özellikleri, ailesi, boş vakitlerini nasıl değerlendirdiği, okuldan sonra neler yaptığı hakkında bilgiler edinerek öğrencinin sınıf içindeki davranışlarını daha iyi değerlendirmesine yardımcı oldu.

Anket 17 sorudan oluşmaktadır. Her bir sorunun altında sorunun içeriği ile ilgili alt sorular da bulunmaktadır. Anketin ilk soruları öğrencinin kendisi ve ailesi ile ilgili tanıtıcı bilgileri içermektedir. Okuldan arta kalan zamanında neler yaptığı, okulda en çok hangi dersi sevdiği, daha önceki fen ve teknoloji dersini düşünerek dersle ilgili bazı faaliyetleri ne kadar sıklıkla yaptığı, sosyal etkinliklere ne sıklıkla katıldığı ve televizyonda hangi programları izlediği gibi daha özel bilgiler de ankette yer almaktadır. Öğrencinin okul içinde ve okul dışında neler yaptığı, ailesinin ona hangi imkanları sağladığı onun öğrenme biçimini etkileyebileceği için çalışmada bu tür bilgilerden yararlanılmıştır.

3.5.8.Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği

Özgün Ölçek: Tenenbaum ve arkadaşları (2001) tarafından hazırlanmış olan yapılandırmacı öğrenme ortamı ölçeği (YÖÖÖ), toplam 30 maddeden oluşmuştur. Üniversite öğrencileri üzerinde uygulanan özgün ölçeğin Cronbach Alpha (α) değeri 0,86'dır.

Türkçe Ölçek: Ölçeğin derecelendirmesi, Fer ve Cırık (2006) tarafından özgün ölçeğe uygun olarak beşli derecelendirme formunda; hiç (1), çok az (2), kısmen (3), çok (4), tamamen (5) düzenlenmiş ve puanlanarak ölçeğin Cronbach Alpha katsayısı öğretmen formunda 0,89 ile 0,94, öğrenci formunda ise 0,86 ile 0,93 arasında değer almıştır. Tüm ölçeğin Cronbach Alpha değeri 0,84 bulunmuştur. YÖÖÖ faktörlerinin özellikleri ve madde numaraları Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21. YÖÖÖ Faktör Özellikleri

Faktörler/Boyutlar	Madde No ve Madde Sayısı
1. Tartışmalar ve görüşmeler	1-5= 5
2. Kavramsal çelişkiler	6-8= 3
3. Düşünceleri diğerleriyle paylaşma	9-12= 4
4. Materyal ve kaynakların çözüme götürmeyi amaçlaması	13-15=3
5. Yansıtma ve kavram keşfi için motive etme	16-21=6
6. Öğrenen ihtiyaçlarını karşılama	22-26=5
7. Anlam oluşturma ve gerçek yaşam olaylarıyla bağlantı	27-30=4
Toplam Ölçek	30 Madde

Ölçeğin yapı geçerliğini saptamak için faktör analizi uygulanmıştır. Ölçek öğretmen ve öğrenci formu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

Öğretmen Formu: Faktör analizine temel bileşenler analizi ile başlanmıştır. Ölçekteki 30 maddenin ortak varyansı 0,51 ile 0,86 arasında değişmiştir. Maddelerin özdeğeri 1’den büyük 5 faktörde toplandığı gözlenmiştir. Beş faktörün açıkladığı varyans miktarı %64’dür. Madde toplam korelasyonları incelendiğinde 0,30’un altında değer alan madde bulunmamıştır (Fer ve Cırık, 2006).

Öğrenci Formu: Faktör analizine temel bileşenler analizi ile başlanmıştır. Ölçekteki 30 maddenin ortak varyansı 0,39 ile 0,75 arasında değişmiştir. Maddelerin toplam varyansın %59’unu açıklayan ve özdeğeri 1’den büyük 7 faktörde toplandığı gözlenmiştir. Yedi faktörün açıkladığı varyans miktarı %58’dir (Fer ve Cırık, 2006).

Deneysel çalışmada kullanılması: Tenenbaum ve arkadaşları (2001) tarafından geliştirilen YÖÖÖ daha sonra Fer ve Cırık (2006) tarafından Türkçe’ye

uyarlanmış ve ilköğretim öğrenci ve öğretmenlerine uygulanarak geçerlik güvenirlik çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada ölçek, deney ve kontrol grubunda öğrenim gören ilköğretim 7. sınıf öğrencisine deneysel çalışma sonrasında uygulanarak deney ve kontrol gruplarında eşit yapılandırmacı öğrenme ortamlarının sağlanıp sağlanmadığı değerlendirilmek istenmektedir. Araştırma kapsamında ölçek ilköğretim öğrencilerine uygulanacağı için tekrar geçerlik- güvenirlik çalışması yapılmadan ölçek aynen kullanıldı.

Yukarıda anlatılan bilgiler ışığında uygulamada kullanılan ölçme araçları aşağıdaki tabloda özet halinde sunulmaktadır.

3.5.9. Ölçme Araçları Hakkında Tanıtıcı Bilgiler

	Tutum ölçeği	BBT	PÇBE	Sebeup& sonuç ilişkisi ölçeği	Grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeği	YOOO		
Hedef kitle	İlköğretim öğrencileri	İlköğretim öğrencileri	İlköğretim öğrencileri	İlköğretim öğrencileri	İlköğretim öğrencileri	İlköğretim öğrencileri ve öğretmenleri		
Öğrenci sayısı	422	127	215	123	140	234 sınıf öğretmeni 250 ilköğretim öğrencisi		
Likert tipi	3'lü - katılıyorum - katılmıyorum - fikrim yok	4 seçenekli	5'li - Her zaman - Sık sık - Arada sırada, - Nadiren - Hiçbir zaman	Kısım 1 5'li - Her zaman - Sık sık - Arada sırada, - Nadiren - Hiçbir zaman	Kısım 2 Açık uçlu sorular	Kısım 1 5'li - Her zaman - Sık sık - Arada sırada - Nadiren - Hiçbir zaman	Kısım 2 Açık uçlu + çoktan seçmeli sorular	5'li - Hiç - Çok az - Kısmen - Çok - Tamamen
Madde sayısı	20	20	20	10	6	8	7	30
Güvenirlik değeri	$\alpha=0,87$	$\alpha=0,72$	$\alpha=0,826$	$\alpha=0,88$	İçerik geçerliği	$\alpha=0,85$	İçerik geçerliği	$\alpha=0,84$
Analiz türü	Faktör analizi	Madde analizi	Faktör analizi	Faktör analizi		Faktör analizi		Faktör analizi
KMO	0,86	Ayrırt edicilik % 44	0,818	0,86		0,86		Öğrt = 0,94; Öğr = 0,90
Faktör sayısı	5	Güçlük derecesi % 45	5	1		1		Öğrt = 5 Öğr = 7
Ortak varyans aralığı	0,16 - 0,75		0,43 - 0,71	0,41- 0,62		0,38 - 0,57		Öğrt=0,51-0,86 Öğr=0,39-0,75
Faktör yük değerleri aralığı	0,42 - 0,90		0,39 - 0,77	0,63 - 0,77	0,59- 0,76	Öğrt=0,44-0,90 Öğr =0,33-0,79		
Açıklanan varyans yüzdesi	56		58	50	49	Öğrt =64 Öğr=58		
KISALTMALAR BBT: Bilimsel Başarı Testi PÇBE: Problem Çözme Becerisi Envanteri YOOO: Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği BBT: Bilimsel Başarı Testi								

3.6. Araştırmanın Uygulama Basamakları

1. Deneysel çalışmaya başlamadan önce İstanbul il Milli Eğitim Müdürlüğünden gerekli izinler alınmıştır. Ölçme araçları bir jüri tarafından incelenmiş ve uygulama yapılacak okullar için izin istenmiştir.
2. 2006-2007 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde 20 kişilik bir öğrenci grubuyla deneysel çalışmanın ön uygulaması yapılmıştır. Ön uygulama sürecinde, karşılaşılan sorunlar gözden geçirilerek daha sağlıklı bir uygulama yapmak hedeflenmiştir. Gerçek uygulama ön uygulamada elde edilen gözlem sonuçları değerlendirilerek inşa edilmiştir.
3. Uygulama yapılacak okullarda görev yapan idareci ve öğretmenlerle tanışılarak, uygulama hakkında bilgi verilmiş ve okulun uygulama için uygun olup olmadığı araştırılmıştır.
4. Uygulama okulları olarak İstanbul Üsküdar ilçesine bağlı Türkan Sedefoğlu İ.O ve İbrahim Hakkı Konyalı İ.O olmasına karar verilmiştir.
5. Araştırmada, üzerinde farklı öğretim yöntemlerinin uygulanacağı gruplar Türkan Sedefoğlu İ.O' da 7B sınıfı, İbrahim Hakkı Konyalı İ.O' da 7D sınıfı seçkisiz olarak belirlenmiştir. 7B sınıfı 40, 7D sınıfı 50 kişi olduğundan her iki sınıf eşit özellikler gösteren homojen iki gruba ayrılarak deney ve kontrol grupları oluşturulmuştur. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin seçimi rastgele yapılmıştır.
6. Deneysel çalışma her iki grupta da araştırmacı ve yardımcı öğretmenler (tutor) tarafından gerçekleştirilmiş ve 2007-2008 Eğitim-Öğretim yılı güz döneminde fen ve teknoloji dersinde uygulanmıştır.

Tablo 22. Deney ve Kontrol Grubu Ders Tasarımı

	Türkan Sedefoğlu İO		İbrahim Hakkı Konyalı İO	
	Deney grubu	Kontrol grubu	Deney grubu	Kontrol grubu
Müfredat programı	2 saat	2 saat	2 saat	2 saat
Uygulayıcı	Araştırmacı	Ders öğretmeni	Ders öğretmeni	Ders öğretmeni
Deneysel çalışma programı	2 saat	2 saat	2 saat	2 saat
Öğretim yöntemi	Sistem dinamiği modellemesi	Konuyla ilgili alıştırmalar/etkinlikler	Sistem dinamiği modellemesi	Konuyla ilgili alıştırmalar/etkinlikler
Uygulayıcı	Araştırmacı	Ders öğretmeni	Araştırmacı	Ders öğretmeni

7. Araştırmanın uygulanmasına 8 Ekim 2007 tarihinde başlanmıştır. Uygulamanın ilk haftasında öğrencilerle tanışılarak, öğrenci profili belirleme anketi uygulanmıştır.
8. Uygulama fen teknoloji dersinde, Türkan Sedefoğlu İlköğretim Okulunda çarşamba ve perşembe günleri, İbrahim Hakkı Konyalı İlköğretim Okulunda Pazartesi ve Cuma günleri ikişer saat olmak üzere haftada 4 saat gerçekleşmiştir.
9. 15-19 ekim 2007 tarihleri arasında çalışmada kullanılacak ölçme araçlarının ön testleri uygulanmıştır. Ön testler: Fen ve Teknoloji dersi tutum ölçeği, Bilimsel Başarı Testi, Problem Çözme Becerisi Envanteri, Grafik çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği, Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği.
10. Öğrencilerin bilimsel başarı testine verdikleri cevaplar göz önünde bulundurularak, her iki okulda da sınıflar deney ve kontrol grubu olacak şekilde iki eşit gruba ayrılmıştır.
11. Her iki okulda da deney grubundaki öğrencilere 4 ders saatinde sistem dinamiği yaklaşımı hakkında bilgi veren bir tanıtım dersi yapılmıştır. Tanıtım dersi yapılmadan önce deney grubundaki öğrencilere sistem

dinamiği kavram testi ön test olarak uygulanmıştır. Tanıtım dersinde deney grubundaki öğrenciler sistem dinamiğinin temellerini öğrenmenin yanısıra, örnek senaryolar üzerinde çalışarak sistem dinamiği yaklaşımı ile modellemenin nasıl yapıldığını öğrenmişlerdir. Tanıtım dersinde öğrenciler, araştırmacı tarafından hazırlanan “sistem dinamiği tanıtım kılavuzu (EK-9)” ndan da yararlanmışlardır.

12. Her iki uygulama okulunda da sistem dinamiği yaklaşımı ile konuları pekiştiren deney grubu öğrencileri, bilgi ve teknoloji sınıflarında uygulama yapmışlardır. Her bilgisayarda en fazla iki öğrenci çalışmış ve öğrencilerin çalışma arkadaşlarını kendilerinin seçmeleri sağlanmışır.
13. 29 Ekim- 02 Kasım 2007 tarihleri arasında her iki okulda da hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan “sarmal yayları tanıyalım” konusu müfredata uygun bir şekilde işlenmiştir.
14. Konuların her iki okulda da aynı şekilde öğretilmesine ve öğrenilmesine özen gösterilmiştir. İbrahim Hakkı Konyalı İlköğretim okulunda ders öğretmeni, fen ve teknoloji dersinin 2 saatinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilere konuları müfredata uygun bir şekilde işlemiştir. Fen ve teknoloji dersinin diğer iki saatinde deney grubundaki öğrenciler, bilgi ve teknoloji sınıfında sistem dinamiği yaklaşımı ile konuları pekiştirirken, kontrol grubundaki öğrenciler konuyla ilgili çalışma kitabındaki alıştırmaları çözerek konuyu pekiştirmişlerdir. Sistem dinamiği yaklaşımı fen ve teknoloji dersinin son 2 saatinde uygulanmıştır.
15. Türkan Sedefoğlu ilköğretim okulunda, deney grubunda araştırmacı, kontrol grubunda da ders öğretmeni farklı iki öğretim yöntemi ile müfredata uygun bir şekilde konuları işlemişlerdir. Deney grubunda müfredata ilave olarak sistem dinamiği yaklaşımı ile konu pekiştirilmiştir.

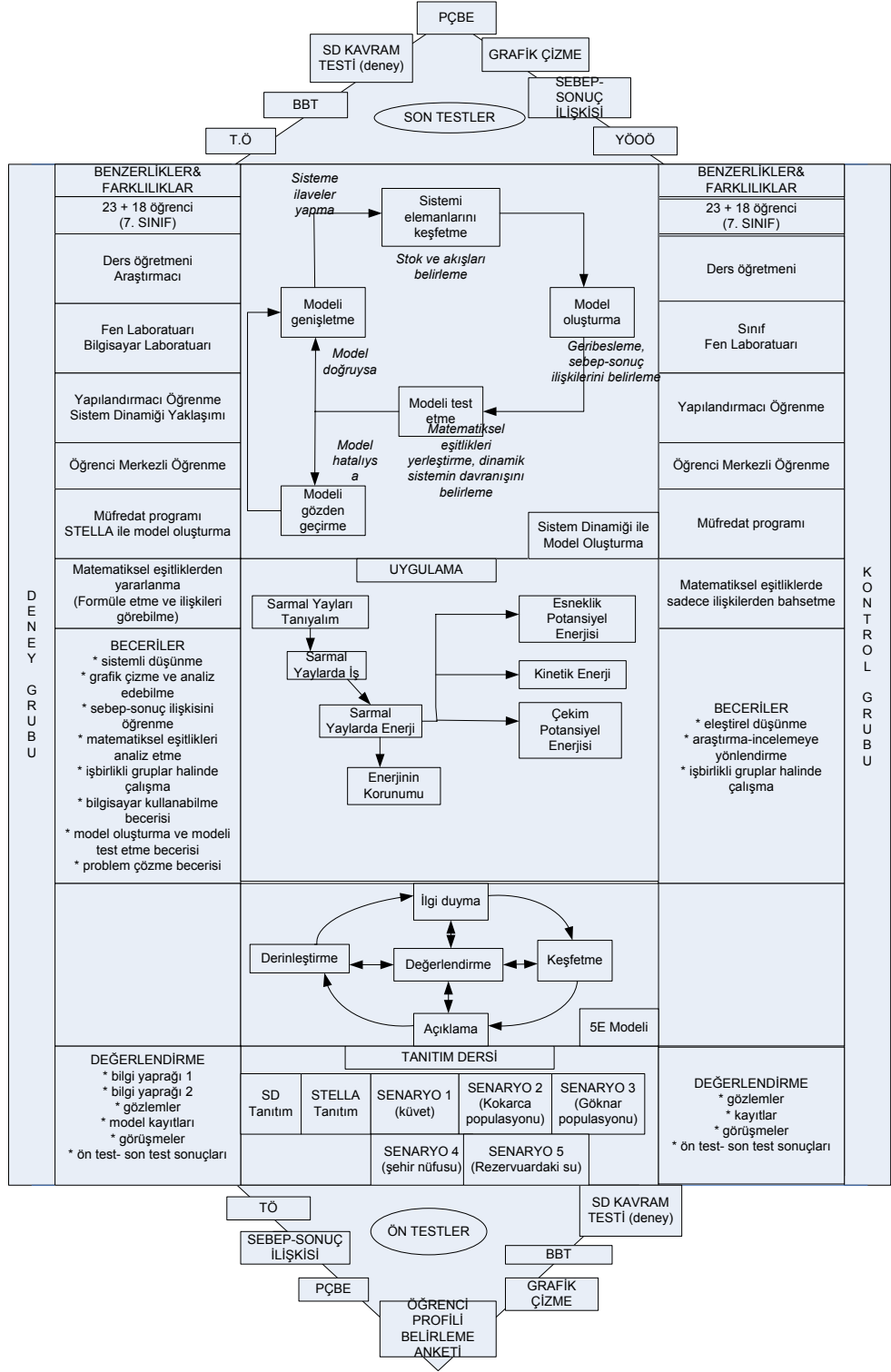
16. 05-09 kasım 2007 tarihleri arasında hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan “iş, enerji” konuları, 12-16 kasım 2007 tarihler arasında “enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu” konusu her iki okulda da müfradata uygun bir şekilde, deney ve kontrol gruplarında farklı öğretim yöntemleri uygulanarak işlenmiştir.
17. 19-22 kasım tarihleri arasında ölçme araçlarının son testleri uygulanmıştır. Son testler: Fen ve Teknoloji dersi tutum ölçeği, Bilimsel Başarı Testi, Problem Çözme Becerisi Envanteri, Grafik çizme ve Analiz Etme Becerisi Ölçeği, Sebep-Sonuç İlişkisi Ölçeği, Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Ölçeği ve Sistem Dinamiği Kavram testi (sadece deney grupları için).
18. 26- 30 kasım 2007 tarihleri arasında uygulamaya katılan öğrenciler ve öğretmenlerle deneysel çalışma hakkında görüşmeler yapılarak uygulama ile ilgili duygu ve düşünceleri öğrenilmiştir.
19. Deneysel çalışma her iki uygulama okulunda da 8 hafta aralıksız bir şekilde devam etmiştir.
20. Öğrenciler ön test ve son test verilerini optik formlara işaretlemişler ve istatistiksel analizler için optik okuyuculardan elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Bu sayede verilerin istatistiksel analizleri objektif bir şekilde yapılmıştır.

Tablo 23. Uygulama Takvimi

Tarihler	Etkinlikler
8-12 Ekim 2007	<i>Öğrencilerle tanışma</i>
15-19 Ekim 2007	<i>Ön testlerin uygulanması</i>
22-26 Ekim 2007	<i>Tanıtım dersi</i>
29-02 Kasım 2007	<i>Konu 1: “sarmal yayları tanıyalım”</i>
05-09 Kasım 2007	<i>Konu 2: “sarmal yaylarda iş, enerji”</i>
12-16 Kasım 2007	<i>Konu 3: “enerji çeşitleri, enerjinin korunumu”</i>
19-22 Kasım 2007	<i>Son testlerin uygulanması</i>
26-30 Kasım 2007	<i>Görüşmeler</i>

Deneysel çalışmanın uygulama basamakları aşağıdaki şekilde özet olarak ifade edilmektedir. Uygulama öncesinden uygulama sonrası yapılan etkinliklere kadar tüm uygulama süreci bir arada olacak şekilde özet bir tablo halinde sunulmaktadır.

Tablo 24. Araştırmanın Uygulama Süreci



3.7. Araştırmada Kullanılan İstatistiki Teknikler

Toplanan veriler betimsel istatistik, bağımlı ve bağımsız t- testi ve Pearson korelasyon analizi kullanılarak yorumlandı.

Betimsel istatistik, toplanan verilerin aritmetik ortalamasını, standart sapmasını bulmak için kullanıldı.

T-testi, deney ve kontrol gruplarının ön test ve son test fark puanlarına ait ortalama puanlar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını test etmek için kullanıldı. Bağımsız t-testi, deneysel bir çalışma kapsamında yansız olarak seçilen iki grupta iki ayrı yöntemle göre aynı içerik için eğitim yapılması ve çalışmanın sonunda yöntemler arasında etkililiğin değerlendirilmesi için yapıldı (Büyüköztürk, 2003). Bağımlı t-testi, (paired samples t-test), aynı deneklerin bir deneysel işlemin öncesi ve sonrasında elde edilen ölçümlerin ilişkisini görmek için yapıldı (Büyüköztürk, 2003).

3.8. Ön Uygulama Hakkında Bilgiler

Bu bölümün amacı; deneysel çalışma öncesinde, uygulama sürecinde karşılaşılabilecek sorunları tespit etmek ve bu sorunları önceden çözerek daha sağlıklı bir uygulama yapabilmek için araştırmacıya yardımcı olan ön uygulama çalışması hakkında bilgi vermektir.

Ön uygulama esnasında yapılan tanıtım dersi, etkinlikler, sistem dinamiği yaklaşımı ile model oluşturma ve modeli test etme aşamaları ile ilgili öğrencilerden elde edilen veriler göz önünde bulundurularak gerçek uygulama üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Gerçek deneysel uygulama ön uygulamadan elde edilen sonuçlar üzerine inşa edilmiştir.

3.8.1.Ön uygulama basamakları

1. Ön uygulama İstanbul il merkezine bağlı Türkan Sedefoğlu ilköğretim okulunda, 2006-2007 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde, 7. sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Ön uygulamaya 20 öğrenci katılmıştır.
2. Uygulama okulundaki bilgisayarlar gözden geçirildi, çalışmayanlar çalışır duruma getirilmiştir. Dersler bilgi ve teknoloji sınıfı ile fen laboratuvarında yapılmıştır..
3. Ön uygulama ön testler, tanıtım dersi, konuların işlenmesi ve son testlerin uygulanması olmak üzere 4 hafta 16 ders saati devam etmiştir.
4. Her bir çalışma sürecinde gözlemler yapıldı ve gözlem sonuçları gerçek uygulama için değerlendirmeye alınmıştır. Öğrencilerin geliştirdikleri her bir model bilgisayara kayıt edilmiştir. Aynı zamanda her bir dersin sonunda öğrencilerle görüşmeler yapılarak görüşme sonuçları değerlendirilmiştir.
5. Öğrenciler konuları ilk önce yeni müfredatın gerektirdiği şekilde yapılandırmacı öğrenmeyi temel alan öğrenci merkezli bir anlayışla işlemişlerdir. Konuyla ilgili etkinlikler fen laboratuvarında yapılmış, daha sonra bilgi ve teknoloji sınıfında (bilgisayar laboratuvarı) konular sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yaparak pekiştirilmiştir.

3.8.2.Ön ve Son Testlerle İlgili Gözlemler

1. Ön uygulama aşamasında: hareket ve kuvvet tutum ölçeği, bilimsel başarı testi, sistemli düşünme becerisi ölçeği, öğrenci profili belirleme ölçeği, mantıksal düşünme becerisi ölçeği kullanılmıştır.
2. Ön uygulamaya katılan öğrenciler ön testleri ve son testleri yaparken biraz sıkıldılar. Soru sayılarını fazla buldular. Soru sayıları azaltılabilir. Çok fazla

ölçeğin aynı anda uygulanması da öğrencilerin sıkılmasına sebep oldu. Ölçekler belirli zaman aralıklarında uygulanırsa daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.

3. Ölçeklerde yer alan soruları genellikle anlaşılır bulmuşlardır. Bazı soruları özellikle tutum ölçeğinde yer alan tutum maddelerini eğlenceli bulmuşlardır.
4. Son testlerde soruları daha kolay bir şekilde cevaplandırdılar. Sorular genellikle yorum gerektiren sorulardı. Öğrenciler son testte soruları daha iyi cevaplandırdıklarını söylemişlerdir.

NOT: Ön uygulamada kullanılan ölçeklerin geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları uygulama sürecinde yapıldığı için ölçeklerden elde edilen verilerden bu aşamada yararlanılamadı. Ölçekler geçerlik, güvenilirlik çalışmalarından elde edilen bulgulara göre yeniden gözden geçirilip, düzeltmeler yapılmıştır.

3.8.3. Tanıtım Dersi İle İlgili Gözlemler

1. Sistem dinamiği kavramını ilk duyduklarından tanımını yapamadılar. Sistem ve dinamik kavramları olarak ayrı ayrı sorulduğunda düşüncelerini söylediler. Sistem denince hemen vücudumuzdaki sistemlerden örnek verdiler. Öğrencilerden biri bilgisayar laboratuvarındaki bilgisayarların bir sistem oluşturduğunu söyledi, bundan yola çıkarak bir sistemde neler olması gerektiği tartışıldı. Öğrencilerden statik (durağan) ve dinamik sistemlere örnekler vermeleri istendi. Kütüphane sistemi (statik) ve su döngüsü sistemi (dinamik) örnek olarak verildi.
2. Sistem dinamiğinin tarihsel gelişiminden bahsedildi. Öğrenciler bu yaklaşımın dünyada uygulanmasını ve daha sonra neden sistem dinamiği yaklaşımının fen ve teknoloji dersinde uygulanacağı anlatılırken dikkatle dinlediler.
3. Sistem dinamiğini uygulamada yardımcı bir bilgisayar programı olan STELLA dan bahsedildi. Öğrencilerden daha önceden bilgisayarlara yüklenen STELLA

7.0 programını açmaları istendi. Stella programı tanıtılırken öğrencilerin programı çok hızlı bir şekilde kendi başlarına deneme yanılma yöntemi ile öğrenmeleri şaşırtıcı bir gözlem idi.

4. Sistemin temel elemanları olan stok ve akış kavramları hakkında tartışıldı. Stok ve akış kavramları kuvvet örneği ile açıklandı. Bu örnek biraz daha ayrıntılı bir şekilde açıklanabilir. Bir sistemdeki stok ve akışları belirlemek için farklı sistem örnekleri verildi. Öğrencilerden bu sistemlerdeki stok ve akışları bulmaları istendi. Öğrenciler farklı sistemlerdeki stok ve akışları kolay bir şekilde buldular. Gerçek anlamda anlayarak doğruyu bulup bulmadıkları farklı örnekler ile tespit edilebilir.
5. Öğrencilerin ileriki düzeyde modellerini doğru bir şekilde oluşturmaları için sistemdeki stok ve akışları doğru olarak belirlemeleri gerekir. Bir sistemdeki stok ve akışların neler olacağını doğru bilmek sistem hakkında doğru bilgi edinmeye yardımcı olur.
6. 5 senaryo üzerinde sistemin temel elemanları hakkında alıştırmalar yapıldı. İlk 3 senaryo stok ve akışı belirlemeyle ilgili son iki senaryo ise sistemdeki geri besleme döngülerini ve sebep-sonuç ilişkilerini belirlemeye yöneliktir. Ön uygulamada elde edilen sonuçlara göre öğrenciler stok ve akışı belirlemeye yönelik senaryolarda zorlanmadılar. Stok ve akışları belirlediler, modellerini Stella yardımı ile çizdiler sonra sistemin dinamik davranışını grafik ile gösterdiler. Sadece bazı öğrenciler göknar modelindeki sayıların büyüklüğünden dolayı grafiklerini bir kaç defa yeniden çizmek zorunda kaldılar.
7. Son iki senaryoda öğrenciler biraz uğraştılar. Çünkü bu senaryolarda stok ve akışın yanı sıra geri besleme döngüleri ve sebep-sonuç ilişkileri de modelde yerini aldı. Uygulamada elde edilen gözlem sonuçlarına göre öğrenciler geri besleme ve geri besleme çeşitlerini çok iyi anlayamadılar. Bunun sebepleri araştırıldığında; zihinlerinde yer alan geribesleme kavramı ile burada anlatılan geri besleme kavramı tam olarak uyum sağlamadı. Sunum esnasında verilen

örnekleri çok iyi benimseyemediler. Daha basit ve uygun örnekler verilebilir. Aynı zamanda ilk üç senaryoda çok zaman harcandığı için son iki senaryo için fazla zaman kalmadı. Dersin zamanlama planı yapılırken ilk üç senaryoya daha az zaman ayrılabilir.

8. Şehir nüfusu ile ilgili senaryoda öğrenciler ilk önce belli bir nüfusu olan bir şehre her yıl belli oranda kişi katılması durumunda şehrin nüfusunun nasıl değiştiğini düşündüler. Her yıl belli bir % oranında artarsa durumun nasıl değiştiğine dair model oluşturmaya çalıştılar. Bu kısımda öğrencilerin modellerine bir ara değişken ilave etmeleri gerekti. Nasıl bir ara değişken ilave edeceklerine karar vermekte zorlandılar. Araştırmacının rehberliğinde ara değişkeni modele ilave edip modelin grafiğini gördüklerinde daha öncekinden farklı bir grafik elde ettiklerini fark ettiler. Neden farklı bir grafik elde ettikleri tartışıldı. Bu tartışma daha somut örneklerle netleştirilebilir. Bu modelde bir sisteme yeni bir ara değişkenin nasıl ilave edileceğini gözlemledik.
9. Son senaryo açıkçası öğrencilere biraz karışık geldi. Bir tuvaletin sifonu çekildiğinde rezervuara saniyede belli bir miktar su dolarsa rezervardaki suyun miktarının nasıl değişeceği öğrencilerle tartışıldı, zaman kısıtlı olduğundan tartışma kısa sürdü. Öğrenciler modeli oluşturup grafiğini çizdiler. Bazı öğrenciler sifonu çektikten sonra rezervuara suyun nasıl dolduğunu hiç gözlemlemediklerini ve anlayamadıklarını söylediler. Basit bir simülasyon ile sifon çekildikten sonra rezervuara suyun nasıl dolduğu öğrencilere gösterilebilir. Sifonun her çekildiğinde rezervardaki suyun boşalıp tekrar dolmasını öğrenciler modelleyemediler. Model daha basitleştirilerek, yeniden gözden geçirilirse anlaşılabilirlik düzeyi artar veya son senaryo uygulamadan kaldırılabilir.

3.8.4. Derste Yapılan Etkinlikler İle İlgili Gözlemler

1. Öğrenciler konuyla ilgili deneyleri yaparken biraz zorlandılar. Laboratuvar malzemeleri istenilen düzeyde olmadığı için deneylerde sorun yaşandı.

2. Öğrenciler deneylerde beklenen sonucu bulamayınca biraz sıkıldılar. Deneyi bir kaç defa tekrarlamak zorunda kaldılar. Deney yapmadan önce malzemelerin temin edilmesi deney sırasında yaşanacak sıkıntıları ortadan kaldıracaktır.
3. Öğrenciler konuyla ilgili deneyler yaparken gruplar halinde çalıştılar. Gruptaki her öğrencinin deneyle ilgilenip ilgilenmediğini gözlemlemek zor bir uğraş olduğundan gruptaki öğrencilerin birbirlerini deneye yönlendirmeleri sağlanabilir.

3.8.5. Değerlendirme Araçlarının Kullanılması İle İlgili Gözlemler

1. Öğrenciler performans değerlendirme veya nereden nereye nasıl geldim? Formlarını doldurmakta zorlandılar. Özellikle erkek öğrenciler bu formları doldurmak istemediler. Bu tür formların sayısı azaltılabilir veya sıkıcı olmayan farklı formatlarda hazırlanabilir.
2. Değerlendirme araçlarının birden fazla olması öğrencileri farklı açılardan değerlendirme noktasında faydalı olabilir. Ön uygulamada öğrenciler her derste kamera ile takip edildi. 5 farklı ölçme aracı, çalışma kitabındaki sorulara verilen cevaplar, etkinlik formları, adım adım modelleme kayıtları öğrencilerin çok farklı yönlerden değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Fakat bu tür değerlendirmeler öğrencileri sıkmadan ve dersi aksatmadan yapılırsa daha etkili olabilir. Değerlendirme araçları gerçek uygulamada bu eksiklikler göz önünde bulundurularak yeniden düzenlenebilir.

3.8.6. Stella İle Model Oluşturma Ve Modeli Test Etme İle İlgili Gözlemler

1. Öğrencilerin bilgi ve teknoloji sınıfında ders işlemek ve konuları bilgisayar yardımıyla öğrenmekten dolayı derse yönelik ilgileri çok yüksekti. Öğrenciler bilgisayar kullanmaya meraklı oldukları için bilgisayarda çalışmak onların dikkatlerini çekti.

2. Öğrenciler STELLA programını beklenenden daha kısa sürede öğrendiler. Tanıtım dersinde Stella hakkında bilgi verilirken öğrenciler kendi başlarına programı keşfetmeye çalıştılar. Tanıtım dersinde ilk modelleme araştırmacı ile birlikte yapıldıktan sonra diğer modellemeleri kendi başlarına yaptılar. Zaman zaman araştırmacı öğrencileri yönlendirdi.
3. Öğrenciler her derste yeni modellerini daha önceki derste oluşturdukları modeller üzerine inşa ettiler. Böylelikle hem önceki konular hem de yeni konular arasında bağlantılar kuruldu. Konular arasındaki geçişler ve sebep sonuç ilişkileri daha kalıcı bir öğrenme için fırsatlar sunabilir. Öğrencilere bilgileri nasıl yapılandıracağı konusunda rehberlik edilirse konular arasındaki bağlantıları daha doğru bir şekilde kurabilir.
4. Öğrencilere modelin nasıl oluşturulacağına dair fikirler üretebilmesi için zaman verilmelidir. Modelin temel elemanlarını doğru keşfederse modelini daha kolay inşa edebilir. Sarmal yay sisteminde stok ve akışların neler olacağını bazı öğrenciler doğru tahmin ederken bazıları çok yanlış tahminlerde bulundular. Bu noktada stok ve akışlar hakkında ayrıntılı bilgi verilebilir. Öğrencilerin modelin temel elemanlarını kendilerinin bulmaları sağlanmalıdır. Ön uygulamada araştırmacının yönlendirmesiyle sistemin temel elemanları modelde yerleştirildi. Öğrencilerin sistemin temel elemanlarını kendileri bulmaları için biraz zaman verilmeli, bu şekilde modellemenin başında öğrencinin kendine güveni artar ve daha istekli olur.
5. Öğrenciler sarmal yay modelinde matematiksel eşitlikleri yerleştirmede sorunlar yaşadılar. Kavramlar arasındaki ilişkileri matematiksel eşitlikleri bilmeden doğru bir şekilde kuramadılar. Matematiksel eşitlikleri öğrendikten sonra kavramlar arasındaki ilişkileri daha kolay buldular. Kavramları zihinlerinde daha fazla somutlaştırdılar. Kavramlar zihinlerinde somut hale geldiğinde kavramların neden birbirleriyle ilişkili olduğunu daha rahat fark ettiler.

6. Öğrenciler modellerini yanlış kurduklarında araştırmacı hiç bir şekilde müdahale etmedi. Bazen öğrenciler yanlışlarını modellerini kontrol ederken kendileri buldular, bazen arkadaşlarından yardım aldılar, bazen de modelin grafiğini çizdiklerini hatalarını anlayıp düzeltmeler yaptılar. Öğrenciler arasındaki dayanışma görülmeye değerdi. Modeli doğru oluşturanlar arkadaşlarına yardım etmek için birbirleriyle yarıştılar.
7. Öğrenciler modellerini oluşturup, matematiksel eşitliklerini yazdıktan sonra modellerinin dinamik davranışını grafikler çizerek gördüler. Bir grafik üzerinde birden fazla değişkenin yer alması onlarda merak uyandırdı. Ayrıca her bir değişkenin grafiğinin farklı renklerle gösterilmesi dikkatlerini çekti. Bazı öğrencilerin grafiklerini arkadaşlarıyla tartışması, birlikte doğrusunu bulmaya çalışmalarını gözlemlemek hoştu.
8. Bazı öğrencilerin teneffüste dışarı çıkmayıp model üzerinde çalıştığı görüldü. Model geliştirmeye yoğunlaşmaları öğrencilerin bu işi gerçekten ciddiye aldıklarının bir göstergesi idi.

Bu gözlemler araştırmacı tarafından değerlendirilerek gerçek uygulamada neler yapılması gerektiğine dair fikirler öne sürdü. Uygulama sürecinin her bir aşaması gözlem sonuçlarına göre yeniden düzenlendi.

3.9. SD Yaklaşımına Göre Dersin Tasarlanması Ve Uygulanması



Tablo 25. Deney ve Kontrol Grubunda Dersin Tasarlanması

Gruplar	Deney	Kontrol
Tanıtım dersi	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem ve dinamik kavramları • Sistemin temel elemanları • Stok, akış, geribesleme, sebep-sonuç ilişkisi • Stella ile model oluşturma • Modeli test etme ve yorumlama • Sistemin temel elemanlarını senaryolarla öğrenme <ol style="list-style-type: none"> 1. Küvet senaryosu 2. Kokarca sayısı senaryosu 3. Gökmar ağacı senaryosu 4. Şehir nüfusu senaryosu 	<ul style="list-style-type: none"> • Yapılandırıcı öğrenme hakkında bilgi • Dersin işlenişi hakkında bilgi • Derste yapılacak etkinliklerin tanıtımı
1. Konu <i>(sarmal yayları tanıyalım)</i>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Yaylarla oynayalım ➤ Yay yapalım ➤ Dinamometre tasarlayalım <p>Sarmal yay modeli oluşturma Modeli test etme ve yorumlama</p>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Yaylarla oynayalım ➤ Yay yapalım ➤ Dinamometre tasarlayalım <p>Girme, keşfetme, açıklama, derinleştirme, değerlendirme</p>
2. Konu <i>(iş ve enerji)</i>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hangi durumda iş yaparız? ➤ İş var mı? <p>Sarmal yay modeline iş ve enerji konularını ilave ederek modeli geliştirme Modeli test etme ve yorumlama</p>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hangi durumda iş yaparız? ➤ İş var mı?
3. Konu <i>(enerji çeşitleri)</i>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sürat, kütle ve kinetik enerji ➤ Çekim potansiyel enerjisi nelere bağlıdır? ➤ Esneklik potansiyel enerjisi nelere bağlıdır? <p>İş ve enerji ilave edilen sarmal yay modelini kinetik, potansiyel ve esneklik potansiyel enerji ile genişletme Modeli test etme ve yorumlama</p>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sürat, kütle ve kinetik enerji ➤ Çekim potansiyel enerjisi nelere bağlıdır? ➤ Esneklik potansiyel enerjisi nelere bağlıdır?
4. Konu <i>(enerjinin korunumu)</i>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Enerji transferi nasıl yapılır? <p>Enerji ile ilişkilendirilen modeli geliştirme Modeli test etme ve yorumlama</p>	<p>Etkinlikler</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Enerji transferi nasıl yapılır?




3.10. Tanıtım Dersi

1. Kısım

Tanıtım dersinin ilk kısmında öğrencilerle tanışıldı ve öğrencilere dersin hedefleri ve dersin nasıl işleneceği hakkında kısa bilgiler verildi.

<h4>Hedefimiz :</h4> <ul style="list-style-type: none">bilgiyi nasıl ve nerede kullanacağını bilen, kendi öğrenme stillerini tanıyıp etkili bir biçimde kullanı ve yeni bilgiler üretmede öncelikli bilgilerinden yararlanan bir öğrenci profili ve öğrenme ortamı hazırlamakedilim kalitesini artırmak 	<h4>Dersin Tanıtımı</h4> <ul style="list-style-type: none">Sizlerle birlikte önümüzdeki 3-4 hafta içinde yeni bir öğrenim yöntemi ile (Sistem Dinamiği) hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan aşağıdaki konular işleyeceğiz;<ul style="list-style-type: none">Sarmal yaylarSarmal yaylarda İş & EnerjiSarmal yaylarda enerjinin korunumu
<h4>Sizden beklentilerim...</h4> <ul style="list-style-type: none">Etkinlik yaptığımız tüm derslere eksiksiz bir şekilde katılmanız,Anlamadığınız herhangi bir konu olduğunda hemen sormanız, bir konuyu anladığınızdan emin olduktan sonra diğer konuya geçmeniz,Dersden geçtikten zevk almamız ve yeni bir şeyler öğrenmenin heyecanı ile ilgilenmeniz,	<h4>Bugün Yapacağımız!</h4> <ol style="list-style-type: none">Yeni öğrenim yönteminin tanıtımı (Sistem Dinamiği)STELLA programı hakkında bilgilendirmeSTELLA programı ile örnek senaryolar üzerinde uygulamalar yapmaSizin de STELLA programı ile yeni 

2. Kısım

<h4>Sistem Dinamiği Tanıtım</h4> <ul style="list-style-type: none">Sistem Dinamiği= sistem + dinamikSistem: belirli bir amacı gerçekleştirmek için birbiri ile ilişkili parçaların oluşturduğu bir bütündür.Dinamik: sistemin zamanla değişimidir. 	<h4>Durağan sistemler-kütüphane</h4> <ul style="list-style-type: none">Kütüphane, bir bina, raflar ve kitapların toplamından ibaret değildir. Aynı zamanda bu üç unsurun arasındaki ilişkiler de kütüphane sisteminin oluşması için gereklidir.Bunların bir kütüphaneyi oluşturması için kitapların bina içinde ayakta duracak şekilde belli bir düzende dizilmiş olması gerekir.Kütüphane durağan (statik) bir sistemdir. Yani unsurların arasındaki ilişkiler zaman içinde sabit kalır. 
<h4>Dinamik sistemler- su döngüsü</h4> <ul style="list-style-type: none">Buza tuz ve diğer katı maddelerin çözünmesiyle oluşan dinamik sistemlerdir.Buza tuz ve diğer katı maddelerin çözünmesiyle oluşan dinamik sistemlerdir.Buza tuz ve diğer katı maddelerin çözünmesiyle oluşan dinamik sistemlerdir. 	<h4>Tarihsel Gelişimi</h4> <ul style="list-style-type: none">İşletme yönetimiEkonomiMühendislikRoma çalışması (dünyadaki doğal denge)Eğitim (Forrester)

Sistem ve dinamik tanımlarından yola çıkılarak statik ve dinamik sistemler hakkında bilgi verildi. Öğrencilerden günlük hayattan farklı sistem örnekleri vermeleri istendi.

3. kısım

Neden Sistem Dinamiği?

1. Simülasyon ortamları

- gerçek dünyanın modeli üzerinde deney yapma,
- tekrar tekrar uygulanabilme,
- farklı koşullarda dinamiğin nasıl ortaya çıktığını yaşayarak öğrenme.



Neden Sistem Dinamiği?

2. Fren bilgisi konularını daha derin ve kapsayıcı bir şekilde kavramasını sağlar.

- basit kavram yanlılıkları veya bilgi eksiklerini ortaya çıkarma,
- olayların sebebini ve sonucunu anlama,
- yeni konuları eskileri ile ilişkilendirme
- olayların gelecekteki davranışını tahmin etme



Neden Sistem Dinamiği?

3. Genel bir problemi tanımlama ve çözüme yaklaşmaktır.

- sadece sız soruların sorularını yanıtlamadan ziyade, çevrenizi gözlemleme, yeni problemleri keşfetme ve bu problemleri modelleyip inceleme fırsatı bulacaksınız!



Öğrenme sürecimizde neden SD yaklaşımına ihtiyaç duyuyoruz? Öğrencilere SD yaklaşımı ile ders işlemek ne gibi faydalar sağlayacak? Öğrencilerle diyalog halinde onlara sağlayacağı yararlar tartışıldı.

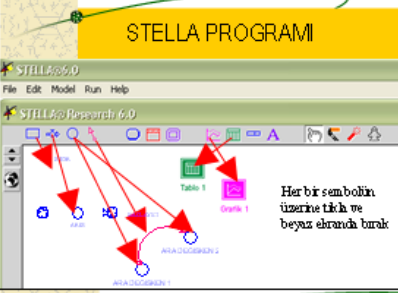
4. kısım

Sistem Dinamiği (SD)

4 temel fikir üzerinde odaklanır:

- stok & akış
- geri besleme
- Sebep & sonuç ilişkisi
- bilgisayar benzetimi

STELLA PROGRAMI

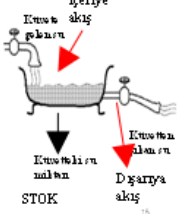


Her bir sembolün üzerine tıklan ve beyaz ekranda bırak

STOK & AKIŞ

STOK: Sistemin mevcut durumunu gösteren değişkendir. Su kütlete birikir. Kütletteki su miktarı suyun stokudur.

AKIŞ: akış stokun değişim oranıdır. Kuvvet örneğinde akış suyun musluk vasıtasıyla küve te gelmesi ve musluk vasıtasıyla küvetten ayrılmasıdır.



STOK & AKIŞ UYGULAMASI

Aşağıdaki gruplarda stok ve akışı tespit edin!

doğum	İçeriye akış	Dışarıya akış
yetistirme	çam ağacı	Taşın nüfusu
Se petteki elmalar	yeme	kesme
bitirme	başlama	sindirme
İade etme	Kütüphanedeki kitaplar	Ev ödevleri
		Ödün alma


SD yaklaşımının temel özelliklerinden bahsedildi. Modelleme yapmalarına yardımcı olacak program (Stella) tanıtıldı. Öğrenciler stella programı ile neler yapılacağını deneyerek bulmaya çalıştılar. Kuvvet örneği üzerinde bir sistemdeki stok ve akışların ne anlama geldiği tekrar tekrar anlatıldı. Son olarak da öğrencilerden farklı sistemlerdeki stok ve akışları bulmaları istendi. Öğrenciler bu sayede stok ve akış algılarını güçlendirdiler.

5. kısım

İlk üç senaryoda sistem kuramının temel elemanları olan stok ve akış kavramları öğretilerek her bir senaryoda stok-akış diyagramları çizildi ve sistemin dinamik davranışı grafiklerle ifade edildi.

Oğrenciler senaryo ile ilgili model oluşturmadan önce küvetteki su miktarının nasıl değişeceğini düşündüler, arkadaşlarıyla tartıştılar ve tahminlerini kaydettiler

SENARYO-1




Musluğu açtığınızda küvete bir miktar su geliyor, fakat küvetin altındaki delikten bir miktar su dışarıya boşalıyor. Küvetteki su miktarı değişir mi?

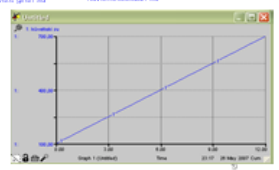
Senaryo-1 düşünme alıştırması

Küvette başlangıçta 100 L su olduğunu düşünelim. Küvete bir musluktan dakikada 75 L suyun geldiğini ve musluğun altındaki delikten 25 L suyun boşaldığını düşünürsek; sizce küvetteki suyun miktarı nasıl değişir? Cevabınızı size dağıtılan kağıtlara yazınız ve zamanla küvetteki suyun miktarının nasıl değiştiğini gösteren grafiği çiziniz.

Küvet modeli



Küvetteki su miktarı= 100
Giren su= 75
Boşalan su= 25



The graph shows a linear increase in water level over time. The y-axis is labeled 'Küvetteki su miktarı' and the x-axis is 'Zaman'. The line starts at (0, 100) and increases linearly.

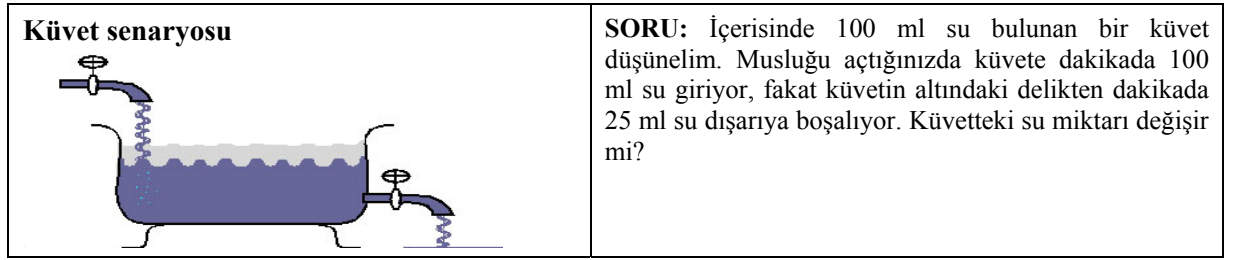
Küvet senaryosu, öğrencilerin stok ve akışları öğrenebilmesi için en temel senaryodur.

Öğrenciler küvet sistemindeki stok ve akışları belirlediler, modelin matematiksel verilerini yerleştirdiler ve grafiğini çizdiler. Stella ile çizdikleri grafikleri, modellemeden önceki sistemin nasıl davranacağına yönelik tahminleri ile karşılaştırdılar ve sonuçları tartıştılar.

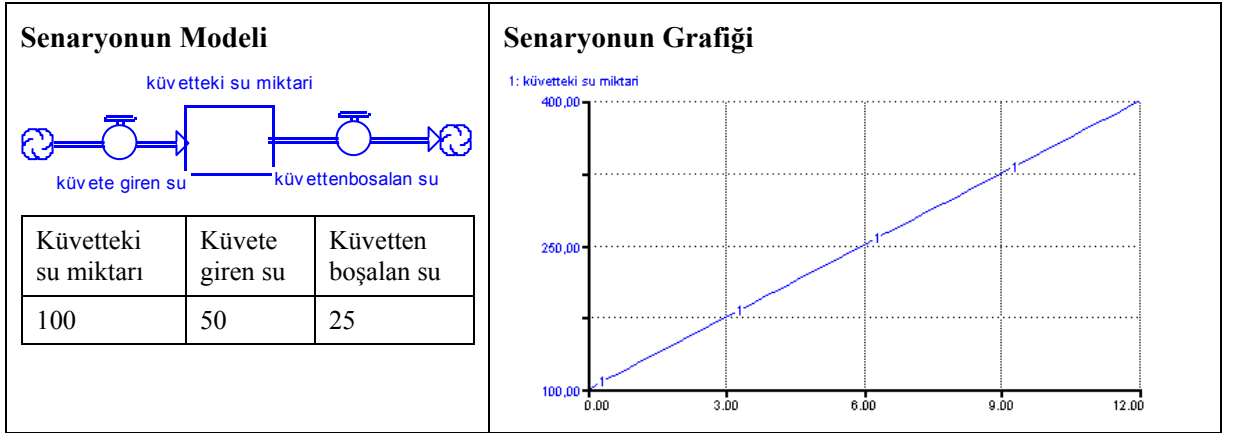
Senaryo 1

İlk senaryo sistem dinamiğinin temel senaryolarından biri olan küvet senaryosudur. Bir küvete bir musluktan suyun geldiği ve küvetin altındaki delikten suyun boşaldığı bir sistem hayal edelim. Bu sistemin herhangi bir andaki resmini çekersek sistemin mevcut durumunu görebiliriz. Küvet sisteminin bir andaki mevcut

durumu küvetteki su miktarıdır, yani suyun stokudur. Küvete gelen su miktarı ve küvetten boşalan su miktarı küvette biriken su miktarını etkiler. Küvete gelen su miktarı küvetten boşalan su miktarından fazla ise küvette biriken su miktarı artarken tersi durumda azalır. Öğrenciler bu senaryoda küvete gelen su miktarının boşalan su miktarından fazla olduğu durumu modellemektedirler. Modelleme sonunda öğrenciler doğrusal olarak artan bir grafik elde ederler. Öğrenciler, küvete gelen ve küvetten boşalan su miktarlarını değiştirerek doğrusal azalan veya hiç değişiklik göstermeyen (sabit) grafikler elde edebilirler. Küvet senaryosu Şekil 19’da, senaryonun modeli, matematiksel parametreleri ve grafiği Şekil 20’de gösterilmektedir.



Şekil 19. Küvet Senaryosu



Şekil 20. Küvet Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği

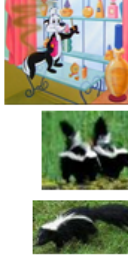
6. kısım

SENARYO-2

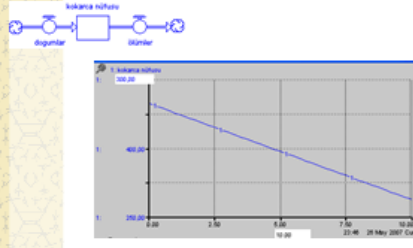
500 kokarca iki tren yolunun kesişim noktasının yakınında bir ormanda yaşamaktadır. Her yıl 100 yavru kokarca doğmaktadır. Anayola yakın olduğundan her yıl 120 kokarca ölmektedir. 10 yıl için kaç tane kokarca anayolun yakınında yaşayacaktır?

Düşünme alıştırması

Tahmininizi size verilen kağıda yazarak 10 yıl sonraki kokarca sayısını gösteren grafiği çiziniz.



Kokarca modeli




Kokarca senaryosunun modelini oluşturdular, matematiksel verileri yerleştirdiler ve 10 yıl sonraki kokarca sayısının kaç olacağını bulmaya çalıştılar. Buldukları sayıyı daha önceki tahminleri ile karşılaştırıp, sonuçları tartıştılar.

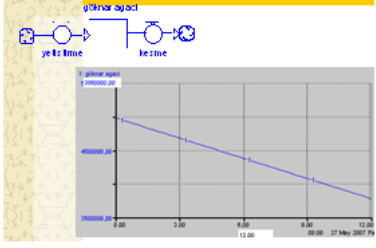
SENARYO-3

Bugün yaklaşık 5 milyon göknar ağacı Doğu Karadeniz ormanlarında yayılmıştır. Bir kereste şirketi her yıl yaklaşık 100 bin ağaç kesmektedir. Ormanın tamamen yok edilebileceğinden kaygılanan çevreci bir grup mümkün olduğunca yeni pek çok göknar ağacı yetiştirmek için uğraşır. Yaklaşık olarak her yıl 5 bin ağaç yetiştirebilirler.

12 yıl içinde Doğu Karadeniz ormanlarında kaç tane göknar ağacı olacaktır?



Göknar modeli



Senaryo-3 düşünme alıştırması


12 yıl içinde sizce doğu karadeniz ormanlarındaki göknar ağacı sayısı artar mı azalır mı? Tahminlerinizi sebepleriyle birlikte size dağıtılan kağıtlara yazınız.

Bir orman sisteminde 12 yıl içinde göknar ağaçlarının sayısının nasıl değişeceğini tahmin eden öğrenciler sonuçlarını stella ile yaptıkları modellemenin ardından çizdikleri grafik ile karşılaştırdılar. Sonuçlarını arkadaşları ile paylaştılar.

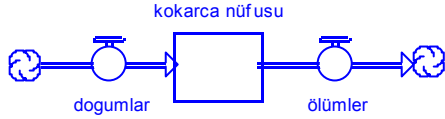
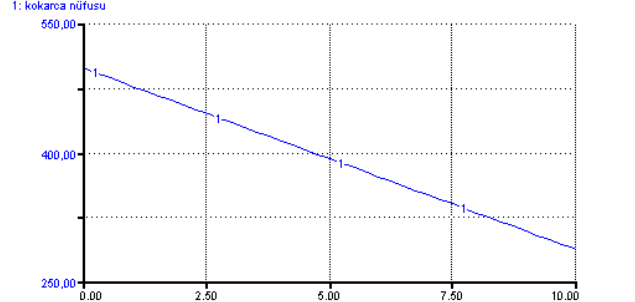
Senaryo 2

İkinci senaryo kokarca senaryosudur. Her yıl doğan ve ölen sayısı belli olan bir kokarca ekosisteminde 10 yıl sonraki kokarca sayısının nasıl değişeceği hakkında bilgi verilmektedir. Bu senaryoda doğum içeri akış iken ölüm dışarıya akıştır.

Kokarca nüfusu da stoktur. Yıl içinde ölen kokarca sayısı doğan kokarca sayısından fazla olduğu için kokarca sayısı doğrusal olarak azalan bir grafik ile ifade edilir. Senaryo hakkında kısa bilgi Şekil 21’de, senaryonun modeli, matematiksel verileri ve kokarca sayısının zamanla değişim grafiği ’de gösterilmektedir.

<p>Kokarca Senaryosu</p> 	<p>500 kokarca iki tren yolunun kesişim noktasının yakınında bir ormanda yaşamaktadır. Her yıl 100 yavru kokarca doğmaktadır. Orman anayola yakın olduğundan her yıl 120 kokarca ölmektedir. 10 yıl sonra ormanda yaşayan kokarca sayısı kaç olacaktır?</p>
---	---

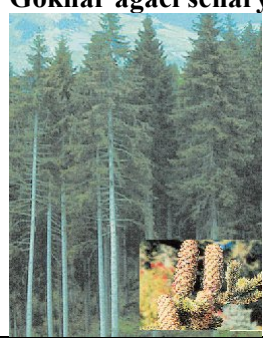
Şekil 21. Kokarca Senaryosu

<p>Senaryo Modeli</p>  <table border="1" data-bbox="304 1077 746 1198"> <thead> <tr> <th>Kokarca nüfusu</th> <th>Doğumlar</th> <th>Ölümler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	Kokarca nüfusu	Doğumlar	Ölümler	500	100	120	<p>Senaryonun Grafiği</p>  <table border="1" data-bbox="772 958 1409 1258"> <thead> <tr> <th>Yıl</th> <th>Kokarca Nüfusu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>475</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>425</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>	Yıl	Kokarca Nüfusu	0	500	2.5	475	5.0	450	7.5	425	10.0	400
Kokarca nüfusu	Doğumlar	Ölümler																	
500	100	120																	
Yıl	Kokarca Nüfusu																		
0	500																		
2.5	475																		
5.0	450																		
7.5	425																		
10.0	400																		

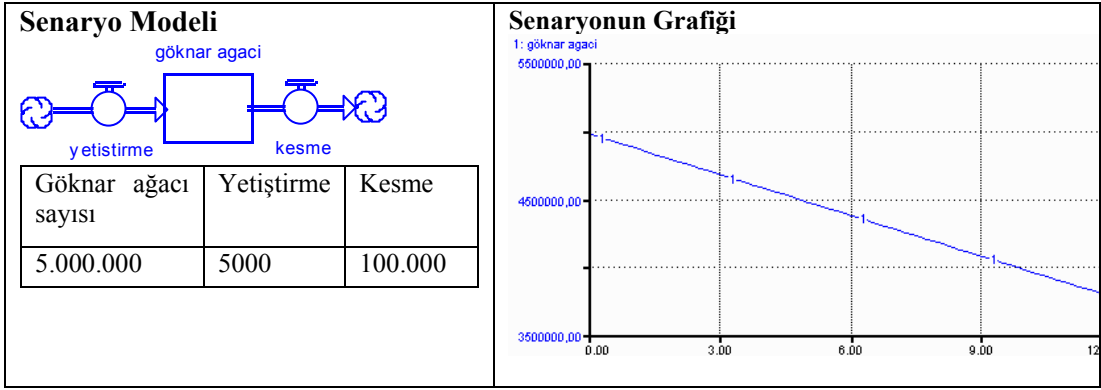
Şekil 22. Kokarca Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği

Senaryo 3

Üçüncü senaryo göknar ağacı senaryosudur. Senaryoda bir ormanda yetişen göknar ağacının yıl içindeki değişimi hakkında bilgi verilmektedir. Ormanda yıl içinde kesilen göknar sayısı yetişen göknar sayısından daha fazladır. 12 yıl içinde ormandaki göknar ağacı sayısı doğrusal olarak azalmaktadır. Senaryo hakkında kısa bilgi Şekil 23’te, senaryonun modeli, matematiksel verileri ve kokarca sayısının zamanla değişim grafiği Şekil 24’te gösterilmektedir.

<p>Göknar ağacı senaryosu</p> 	<p>Bugün yaklaşık 5 milyon göknar ağacı Doğu Karadeniz ormanlarında yayılmıştır. Bir kereste şirketi her yıl yaklaşık 100 bin ağaç kesmektedir. Ormanın tamamen yok edilebileceğinden kaygılanan çevreci bir grup mümkün olduğunca yeni pek çok göknar ağacı yetiştirmek için uğraşır. Yaklaşık olarak her yıl 5 bin ağaç yetiştirebilirler. 12 yıl sonra Doğu Karadeniz ormanlarında kaç tane göknar ağacı olacaktır?</p>
--	--

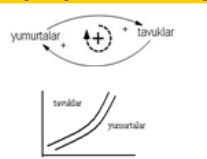



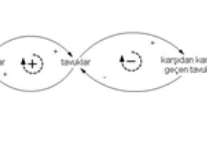
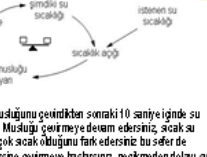
Şekil 23. Göknar Ağacı Senaryosu



Şekil 24. Göknar Ağacı Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği

Bu üç senaryoda öğrenciler stok ve akışları öğrenmeye yönelik uygulamalar yapmışlardır. Senaryo modelinde sadece stok ve akışlar yer almaktadır. Stok ve akışlar arasında herhangi bir ilişkiden bahsedilmemektedir. Senaryoların grafikleri ise doğrusal artan ve azalan bir davranış göstermektedir.

7. kısım

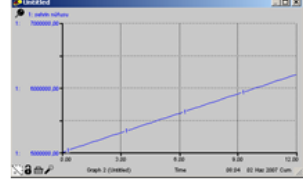

<p>GERİ BESLEME</p> <p>Gerri besleme sebep-sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı noktaya geri dönmeye dir. Aynı zamanda gönderdiğiniz size bilgi yüküyle geri dönmeye dir.</p>	<p>+geri besleme</p> <p>Pekistirci geri besleme büyüme sağlar. Bir değişikdeki artış diğer değişikde artışa sebep oluyorsa; veya bir değişikdeki azalma diğer değişikde de azalmaya sebep oluyorsa pozitif geri besleme den bahsedilir.</p> <p>Zenginler zenginleşir, fakirler fakirleşir.</p>	<p>-geri besleme</p> <p>Dengeleyici geri besleme denge durumunu ifade eder. Bir değişikden kimş diğer değişikde azalmaya sebep oluyorsa veya bir değişikdeki azalma diğer değişikde artışa sebep oluyorsa -gen besleme den bahsedilir.</p> <p>Sigarada kim kotin azaldıkça iktiyacı olan dozu alabilmek için daha çok sigara tüketmek</p>
<p>Pekistirci geri besleme (küçük değişimlerin nasıl büyüdüğünü keşfetme)</p> 	<p>Pekistirci geri besleme</p> <p>Arkadaşlık ortamına bakarsak:</p> 	<p>Dengeleyici geri besleme</p> 
<p>Dengeleyici geri besleme</p> <p>Vücut sıcaklığımızı istenen seviyeye göre kendin ayarlar</p> 	<p>Pekistirci ve dengeleyici geri beslemenin birlikte kullanılması</p> 	<p>Geçikmeler</p>  <p>Sıcak su musluğunu çevirdikten sonraki 10 saniye içinde su soğuk kalır. Musluğu çevirmeye devam ederken, sıcak su geliğinde çok sıcak olduğunu fark edersiniz bu soğuk de musluğu tersine çevirmeye başlırsınız, gecikmeden dolayı su yine soğur.</p>

Sistem kuramının bir diğer elemanı olan geribesleme kavramı gündeme geldiğinde ilk önce öğrencilerin geribesleme hakkındaki düşünceleri öğrenildi, daha sonra sistem kuramında geribeslemenin ne anlama geldiği açıklandı. Dengeleyici ve pekiştirici geribesleme tanıtılıp, geribesleme çeşitleri ile ilgili örnekler verildikten sonra öğrencilerin günlük hayatta fark ettikleri geribesleme örnekleri üzerinde tartışıldı. Bir sistemde her iki geribeslemenin de bir arada bulunabileceği belirtildi ve bu durumu açıklayan örneklerden yararlandı.

8. kısım

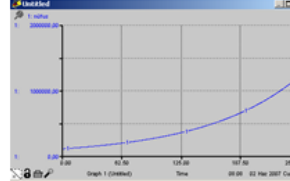
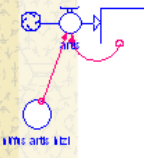
SENARYO-4

✳ Bir şehrin nüfusu 5 milyon olsun. Şehir nüfusuna her yıl 1000 kişi eklediğimizde sizce nüfus nasıl değişir?



SENARYO-4 model+grafik

Şimdi de nüfusun her yıl 1% oranında arttığı duruma bakalım. İlk nüfusu 100,000 alırsak bakalım grafiğimiz nasıl değişecek?



SENARYO-4 açıklama

✳ Bir şehir nüfusuna her yıl 1000 kişi eklediğimizde nüfus doğrusal olarak artar. Şimdi de nüfusun her yıl 1% oranında arttığı duruma bakalım. İlk nüfusu 100,000 alırsak, ilk yıl artış 100 olacaktır. Ama grafikten gördük ki 10-15 yıl sonra çok farklı bir nüfus eğrisi çıktı: Pekiştirici, +döngü. (kartopu döngüsü).

Şehir nüfusu senaryosunda ilk önce tek yönlü bir artıştan bahsedilirken, daha sonra yeni bir değişkenin ilavesi ile nüfusun değişimindeki sebep-sonuç ilişkisinin ne olacağını öğrencilerin tahmin etmesi istendi. Sonra öğrenciler modeli oluşturdu ve önceki durum ile sonraki durumu karşılaştırdılar. Tahmin ettikleri verilerle modeldeki verilerin paralellliğini tartıştılar.

Senaryo 4

Dördüncü senaryo şehir nüfusu senaryosudur. Öğrencilerden ilk önce bir şehir nüfusuna sürekli insan ilave edildiğinde nüfusun nasıl değişeceği sonra da nüfusun belli bir oranda arttığına nasıl değişeceğini bulmaları istenmiştir (Şekil 25). Şehir nüfusuna sürekli kişi ilave edilince şehrin nüfusu doğrusal olarak artarken, nüfusun her yıl % 1 oranında artması durumunda nüfus üstel olarak artış göstermektedir. Öğrenciler bu senaryoda modele yeni bir ara değişken de ilave etmeyi öğrenmişlerdir. Bu sayede öğrenciler stok, akış ve ara değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini de kavramış olurlar. Senaryonun modeli ve modelin sayısal

parametreleri ile nüfusun zamanla değişim grafikleri Şekil 26 ve Şekil 27’de gösterilmektedir.

Şehir Nüfusu Senaryosu

Adım 1:

Bir şehrin nüfusu 5 milyon olsun. Şehir nüfusuna her yıl 100.000 kişi eklediğimizde sizce nüfus nasıl değişir?

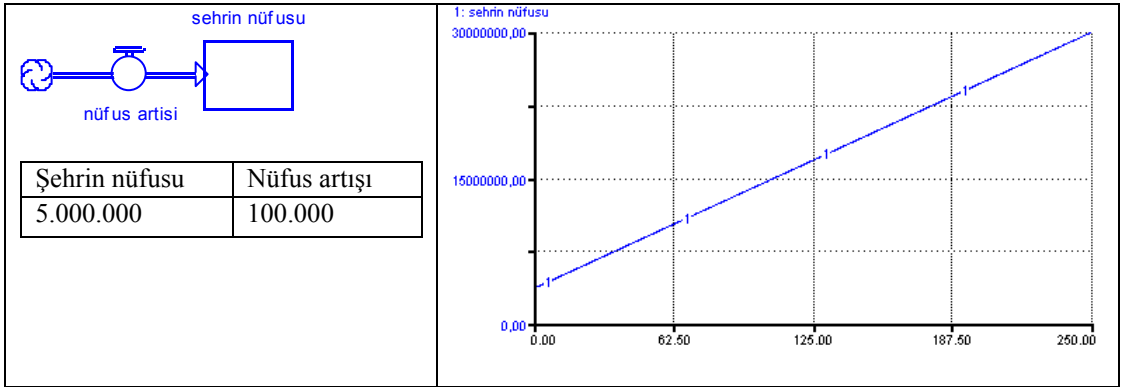
Adım 2:

Şimdi de nüfusun her yıl 1% oranında arttığı duruma bakalım. İlk nüfusu 100.000 alırsak bakalım grafiğimiz nasıl değişecek?

Şekil 25. Şehir Nüfusu Senaryosu

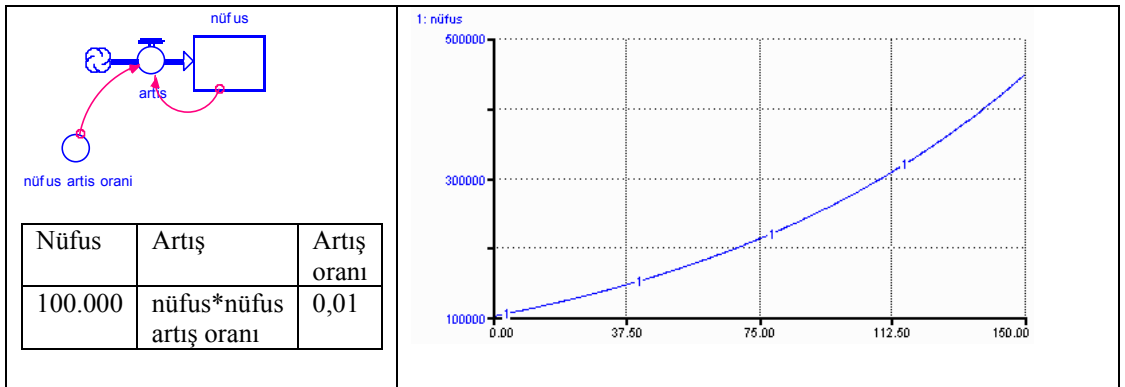
Senaryo modeli

Adım 1



Şekil 26. Şehir Nüfusu Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği- 1. adım

Adım 2



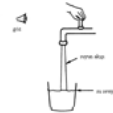
Şekil 27 Şehir Nüfusu Senaryosunun Modeli, Sayısal Parametre Tablosu ve Grafiği- 2. adım

Şehir nüfusu senaryosunun ikinci adımında akışın matematiksel parametresi (nüfus*nüfus artış oranı) gibi bir eşitlik ile ifade edilmektedir. Bu sayede bilgiler bir üst seviyeye ulaşmaktadır.

9. kısım

Sebep-sonuç ilişkisi

✦ Bir bardak su dolduruyorum dediğimizde zihnimize şu resim canlanır:



Bir bardak su doldururken suyun akışını düzenleyen musluk pozisyonunu ayarlıyorum. Su akışı da su seviyesini değiştiriyor. Su seviyesi değiştikçe algılanan fark (o anki seviye ile istenen seviye arasındaki) da değişiyor. Fakat değişikçe elimin musluk üzerindeki pozisyonu da tamamen değiştiriyor. Ve böyle devam ediyor...

Bir sistemdeki sebep-sonuç ilişkisinin ne anlama geldiği basit bir örnekle anlatıldı. Öğrencilerden farklı örnekler bulmaları istendi.

10. kısım

Hatırlatma!

- ✦ Senaryo 1 (kuvvetteki su): Stok & akış belirleme
- ✦ Senaryo 2 (korkarca): stok & akış belirleme
- ✦ Senaryo 3 (gökmar ağacı): stok & akış belirleme
- ✦ Senaryo 4 (nüfus): pekiştirici geribesleme

Kendi modelimi geliştiriyorum☺

✦ Şimdi kendi senaryomuzu oluşturup kendi modelimizi geliştirilim ve modelimizi test edelim...

Başarılar!...

Öğrencilerle birlikte tüm senaryolar tekrar hatırlandı, sonra da öğrencilerden içerisinde stok, akış ve geribeslemelerin olduğu herhangi bir sistemle ilgili bir senaryo oluşturup kendi modellerini geliştirmeleri istendi.

3.11. 1. ders: Sarmal Yay Modeli Oluşturma

Dersin hedefleri

Sarmal yayların özellikleri ile ilgili olarak öğrenciler;

- Yayların esneklik özelliği gösterdiğini gözlemler.
- Bir yayı sıkıştıran veya geren cisme, yayın eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını belirtir.
- Bir yayı geren veya sıkıştıran kuvvetin artması durumunda yayın uyguladığı kuvvetin de arttığını fark eder.
- Bir yayın esneklik özelliğini kaybedebileceğini keşfeder.
- Yayların özelliklerini kullanarak bir dinamometre tasarlar ve yapar.

Müfredatta sarmal yaylar konusu ile ilgili üç etkinlik yapılmaktadır. Bunlar: yaylarla oynayalım, yay yapalım ve bir dinamometre tasarlayalım. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerle birlikte bu etkinlikler yapıldıktan sonra deney grubundaki öğrenciler sarmal yayları tanıyalım konusunu sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yaparak pekiştirmişlerdir.

Müfredatta hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yayları tanıyalım konusunda yapılan etkinlikler aşağıda açıklanmaktadır:

▪ Yaylarla oynayalım

Bu etkinlik için öğrencilere bir dizi sarmal yay dağıtılır. Dağıtılan bu yayların sıkışma, gerilme ve bükülme özelliği gösterdiklerine dikkat edilir. Öğrenciler bu yayları değişik büyüklükte kuvvetlerle gerer ve sıkıştırlar. Yayların sıkıştırılma ve gerilme durumlarına dair gözlemlerini sınıfla paylaşırlar ve gözlem sonuçlarını tartışır. Bir yayı sıkıştırırken ve gererken uyguladıkları kuvvetin ve yayın bu durumlarda uyguladığı kuvvetin yönünü çizerek gösterirler.

▪ **Yay yapalım**

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin farklı cins ve kalınlıktaki telleri kullanarak kendi yaylarını yapmaları ve bu yaylara küçük kuvvetler uygulayarak onların esneklik özelliklerini fark etmeleridir. Etkinlik için bakır ve demir teller (ince veya kalın) kullanılabilir gibi nikel-krom tel de kullanılabilir. Öğrencilerin yaptıkları bu yaylara büyük kuvvetler uygulamaları ve yayların esneklik özelliklerini kaybedebildiklerini görmeleri sağlanır.

▪ **Bir dinamometre tasarlayalım**

Bu etkinliğin amacı öğrencilerin paket lastiği veya ince bir yay kullanarak dinamometre yapmalarını sağlamaktır. Öğrenciler yaptıkları dinamometreye çeşitli cisimler asarak bu cisimlerin ağırlıklarını ölçerler. Böylece yayın uzama miktarının yaya uygulanan kuvvete bağlı olduğu sonucuna deneyerek ulaşırlar.

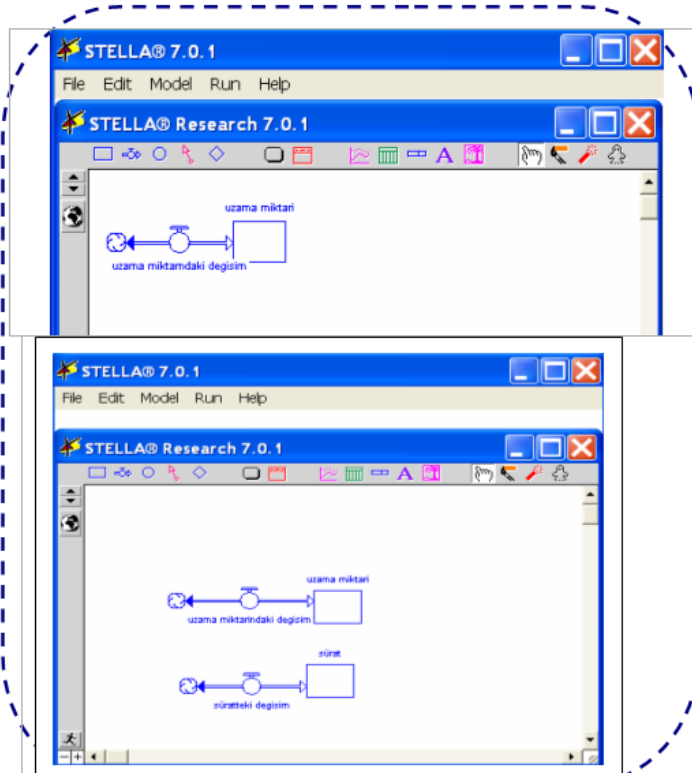
Öğrenciler bu etkinlikleri yaptıktan sonra öğrendiklerini gözden geçirirler.

- Yaylar esneklik özelliğine sahiptir.
- Yaylara kuvvet uyguladığımızda şeklinde bazı değişiklikler gözlemlenir.
- Yayların şeklinde meydana gelen değişiklikler uyguladığımız kuvvetin büyüklüğüne bağlıdır. Ne kadar büyük bir kuvvet uygularsak şekli o kadar değişir. Yaylara kuvvet uygulandıkça esneklik özelliğini kaybedebilir.
- Farklı yaylar farklı özelliklere sahiptir. Farklı üç yaya aynı kuvvet uygulanırsa farklı değişiklikler meydana gelir.
- O halde her bir yayın kendine özgü bir özelliği var, belki sabit bir katsayısı (burada öğretmen bu sabitin kuvvet sabiti olduğunu söyleyebilir)
- Yaylar sıkıştırıldığında veya gerildiğinde yayın davranışında değişiklikler gözlemlenir.

- Yaylar sıkıştırıldığında veya gerildiğinde yayın da bize bir kuvvet uyguladığı hissedilir.
- Yaya ne kadar büyük kuvvet uygulanırsa yay da bize o kadar büyük kuvvet uygular.
- Öyleyse yaya biz ne kadar kuvvet uygularsak o da bize eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladı.
- Yaya farklı ağırlıklarda kütleler asılırsa yayın uzama miktarları da değişir.
- Yaylara asılan kütleler değiştiğinde yayın süratinde de değişiklikler olur.

Laboratuvar ortamında yaptıkları etkinlikler ile bu bilgilere ulaşan öğrenciler bilgisayar ortamında stella programı yardımıyla kütle-yay sistemini modelleyerek öğrendiklerini pekiştirdiler.

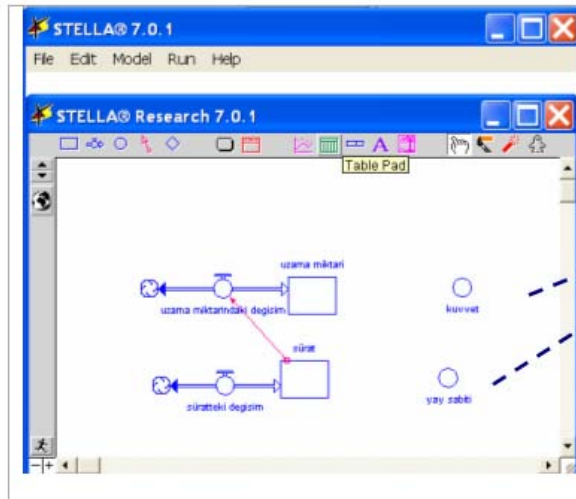
1. adım: Sarmal Yay Modelinin Elemanlarını Keşfetme



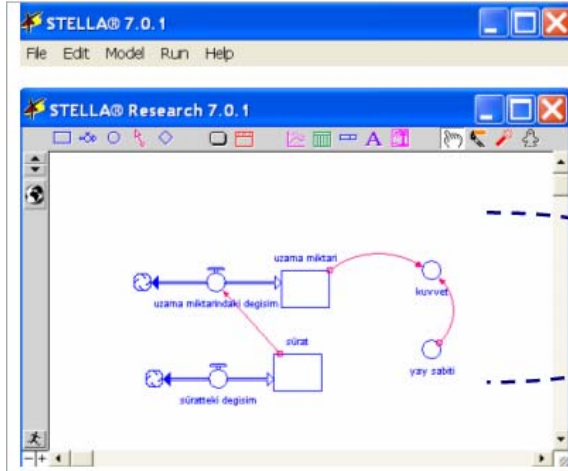
Sarmal kütle-yay sisteminde hareketi belirleyen faktörler neler olabilir? Sistemimizde stok ve akışlar neler olabilir?

Açıklama: Öğrenci ilk önce sistemdeki stok ve akışın ne olabileceği hakkında fikir yürütür. Sarmal yay kütle sistemince iki stok/akış diyagramı vardır. Stoklar sistemin durumunu karakterize edip, hareketler için gerekli olan temel bilgiyi sağladığı için bu etkinlikte iki stok vardır. Sarmal yay sistemindeki hareketi belirleyen iki faktör vardır. Bu faktörlerden birincisi uzama miktarı, ikincisi sürattir. Uzama miktarının zamanla değişmesini ifade eden birinci akış uzama miktarındaki değişme iken, sürat stokunun zamanla değişimini gösteren ikinci akış süratteki değişimdir. Okların çift yönlü olmasının sebebi; her iki stoka da hem içeri doğru hem de dışarı doğru akışın olmasından kaynaklanır.

2. adım: Sarmal Yay Modelini Oluşturma ve Modeli Geliştirme



Sarmal yayların hareketi başka nelere bağlı olabilir?
Sistemimizde ara değişkenler neler olabilir? Öğrendiğim hangi kavramları modelimde kullanabilirim?



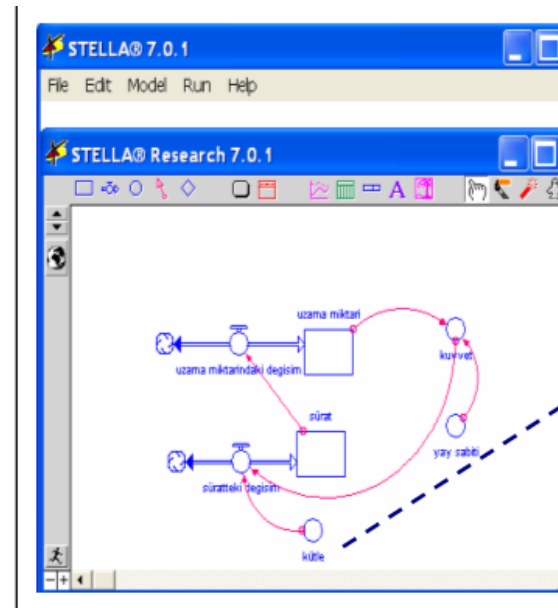
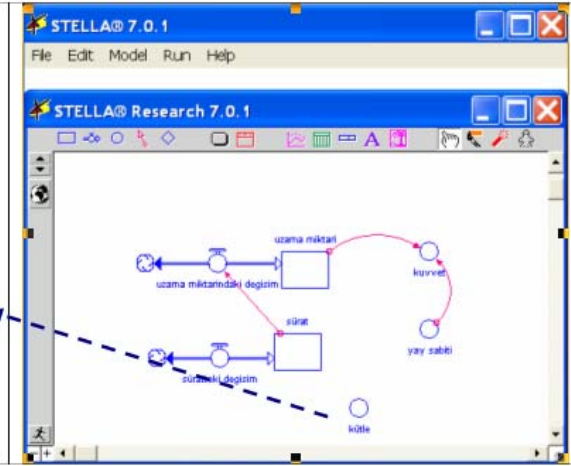
Sarmal yay sistemime ilave ettiğim ara değişkenlerin arasında herhangi bir ilişki olabilir mi? Varsa, nasıl bir ilişki olabilir? Kuvvet ve yay sabiti değişkenlerim stok veya akışlarla ilişkili olabilir mi?

Sistemimizi biraz da genişletebilir miyim?

Sistemimize yeni ara değişkenler ilave edebilir miyim?

Yeni ara değişkenler neler olabilir?

Öğrendiğim kavramlardan hangisini sistemime dahil edebilirim?



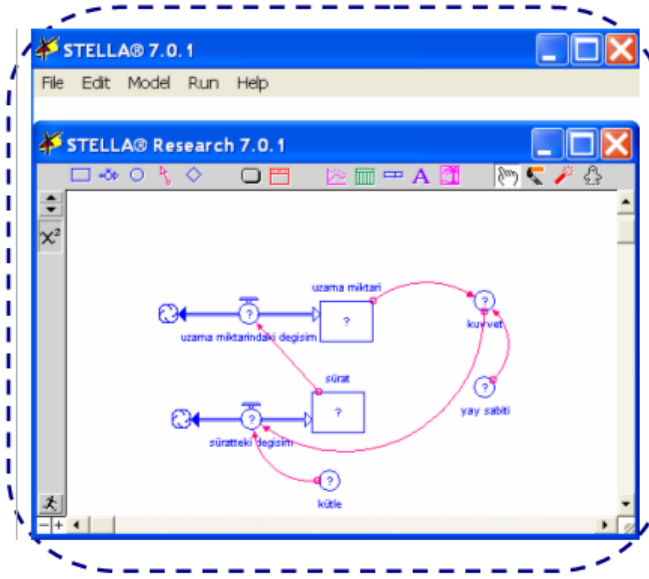
Sisteme ilave ettiğim değişkeni önceki bilgilerimle nasıl ilişkilendirebilirim? Sarmal yay modelimin tamamını gözden geçirdiğimde değişkenler arasında başka ne tür ilişkiler kurabilirim?



Sarmal Yay Sisteminin Geribesleme Döngüsü

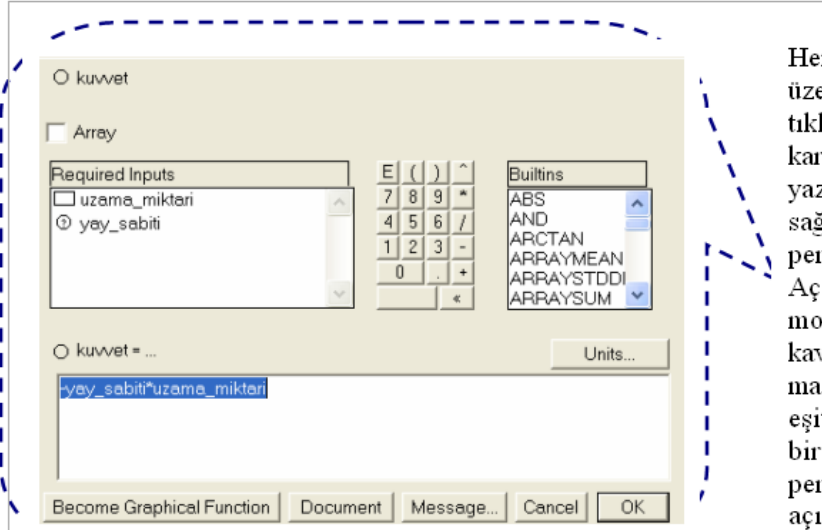


Sarmal yay sistemindeki geri besleme döngüsü, yaya bir itme veya çekme kuvveti uygulanmasıyla başlar. Yaya bir kuvvet uygulandığında, yay ileri-geri hareket etmeye başlar. Kuvvet uygulandığında, yay sürat kazanır. Bunun sonucunda, yay gerinir, yay gerinince hareketin ters yönünde bir kuvvet yay tarafından uygulanır. Bu kuvvet, süratin değişmesine sebep olur. Bu şekilde hareket devam eder. Bu sistemde dengeleyici bir geribesleme örneği görülmektedir. Yayın salınımını durduran etken, sürtünme kuvvetidir.

3. adım: Sarmal Yay Modelinin Matematiksel Verilerini Yerleştirme



STELLA programında modelleme yaptıktan sonra öğrenci sol üst köşedeki  işaretini değiştirir ve işaret  olduğunda her bir sistem elemanının üzerinde bir soru işareti belirir. Bu işaret sisteme matematiksel eşitliklerin ilave edilmesini istemektedir.



Her bir elemanın üzerine iki defa tıkladığında karşımıza eşitlikleri yazmamızı sağlayacak bir pencere açılır. Açılan pencereye modeldeki her bir kavram için matematiksel eşitlikler yazılır. Her bir kavram için bu pencere açılmaktadır.

Stok	Uzama miktarı	0
	Sürat	10
Akış	Uzama miktarındaki değişim	Sürat
	Süratteki değişim	Kuvvet/kütle
Ara değişkenler	Kuvvet	-yay sabiti*uzama miktarı
	Yay sabiti	0.1
	Kütle	10

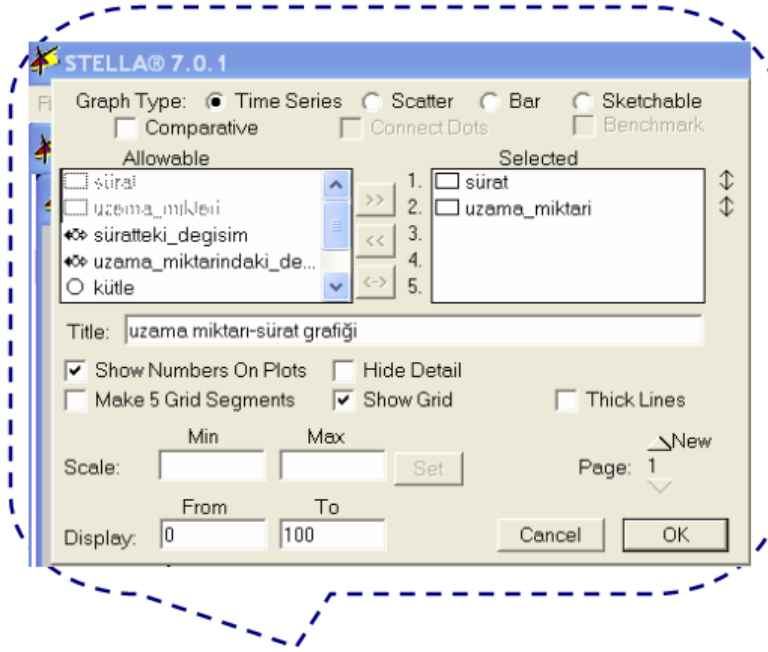
Sarmal yay-kütle modelindeki kavramların matematiksel eşitlikleri yandaki tabloda gösterilmektedir.

- $sürat(t) = sürat(t - dt) + (süratteki_degisim) * dt$
INIT sürat = 10
INFLOWS:
 * $süratteki_degisim = KUVVET/kütle$
- $uzama_miktari(t) = uzama_miktari(t - dt) + (uzama_miktari_degisim) * dt$
INIT uzama_miktari = 0
INFLOWS:
 * $uzama_miktari_degisim = sürat$
- kütle = 2
- KUVVET = -yay_sabiti*uzama_miktari
- yay_sabiti = 0.1

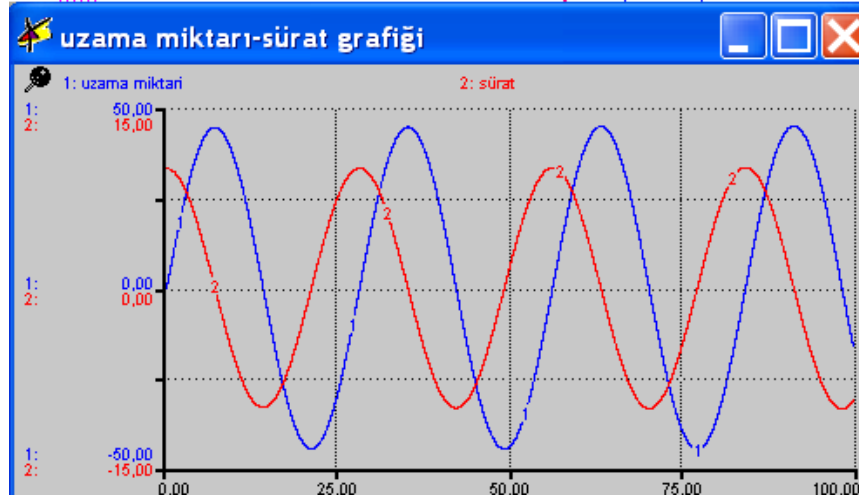
Açıklama: Denge durumunda ($x=0$), süratimiz 10 m/s olsun. Geri çağırıcı kuvvet (ters yöndeki kuvvet) ve yayın kütlesi süratteki değişimi etkilediğinden süratteki değişim matematiksel olarak kuvvet ve kütle arasındaki ilişki ile ifade edilir. Süratteki değişim, kuvvet/kütleye (Newton'un hareket kanunu) eşittir. Sürat hem stok hem akış olarak sistemimizde gösterilebilir. Uzama miktarının zamana göre değişimi sistemin doğası gereği zaten uzama miktarındaki değişim olarak bir akıştır. Fakat sürat aynı zamanda sarmal yayımızın hareketini açıkladığından ve süratin

şimdiki değeri önceki değerini etkileyeceğinden sürat bir stok olarak da modelimizde yer alabilir. Bu yüzden doğal olarak uzama miktarındaki değişme sürate eşittir. Kuvvet sabiti geri çağırıcı kuvvete ve uzama miktarına bağlı olduğundan aralarındaki matematiksel ilişki $- \text{kuvvet sabiti} * \text{uzama miktarı}$ olarak ifade edilir. Burada kuvvet sabiti 0.1 olarak sabit bir değer alınmıştır, bu değerın değişmesi modelin matematiksel yapısını etkilemez. Yukarıdaki tabloda verilen sabit değerler değiştirilebilir. Modellemeyi yapan kişinin tercihinə göre değişebilir önemli olan sistemin elemanları arasındaki ilişkiyi doğru kurabilmektir.

4. adım: Sarmal Yay Modelini Test Etme



Modelin grafiğini çizibilmek için STELLA programında butonuna basmak yeterlidir. Grafik ekrana çıktıktan sonra üzerine iki defa tıkladığında seçmek istediğiniz parametreleri belirtmek için bir sayfa açılır. Yukarıdaki sayfada grafikte yer almasını istediğimiz konum ve süratın seçildiği görülmektedir.



Açıklama: Yukarıda çizilen grafikte sadece iki parametre seçildi, parametreler uzama miktarı ve sürattir. Uzama miktarı ve sürat farklı renklerle çizilerek arasındaki farkın daha kolay anlaşılması sağlanabilir. Grafikteki eğriler, sürat fazının uzama miktarı fazından 90° farklı olduğunu gösterir. Yani, uzama miktarı en büyük ve en küçük değerde iken sürat sıfırdır. Benzer şekilde uzama miktarı sıfırken sürat en büyüktür. Aşağıdaki grafiklerde aynı zaman aralığında uzama miktarı ve süratin durumları kırmızı bir nokta ile gösterilmektedir. 3. saniyede uzama miktarı maksimum değerindeyken sürat sıfır noktasındadır. Uzama miktarı ve sürat zamanla sinüsel olarak değişir fakat aynı fazda değildirler.

ÖZET

Araştırmada gerçek deneysel desenin temel alındığı “esitlenmiş kontrol gruplu ontest-sontest tasarımı” kullanılmıştır. İlköğretim 7. sınıfta öğrenim gören 81 öğrencinin katıldığı araştırmada, deney grubundaki öğrenciler sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularını sistem dinamiği yaklaşımı ile kontrol grubundaki öğrenciler ise mevcut müfredat programı ile pekiştirmişlerdir. Araştırmada altısı araştırmacı tarafından geliştirilen, sekiz ölçme ve değerlendirme aracından yararlanılmıştır. Ölçme araçlarının geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmış ve araştırmada ön test ve son test şeklinde uygulanmıştır. Araştırma, ön uygulama esnasında yaşanan sıkıntılar göz önünde bulundurularak gözden geçirilmiş ve amaca uygun hale getirilmiştir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney

grubunda öğrencilere sistem dinamiği terimleri ve stella programı ile model oluşturma öğretilmiş sonra öğrenciler sarmal yay modeli geliştirmişlerdir. Öğrenciler, öğrendikleri kavramlar geliştirdikçe modellerini de zenginleştirmişlerdir.

4. BÖLÜM: BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde; sistem dinamiği yaklaşımının fen ve teknoloji öğretiminde etkisini araştırmak için deneysel çalışma sonucunda deney ve kontrol grubundan elde edilen veriler karşılaştırılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu analizler içinde betimsel istatistik, bağımlı ve bağımsız gruplar için t-testi, korelasyon analizi yer almaktadır.

4.1. Araştırmadaki Katılımcıların Profillerine İlişkin Bulgular

Araştırmaya katılan öğrencilerin profilleri hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla hazırlanan anketten elde edilen veriler ile, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin yaşam koşulları arasındaki benzerlik ve farklılıklar tespit edilmiştir.

Tablo 26’da araştırma kapsamında sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubunda öğrenim gören öğrenciler ile, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin dağılımları yer almaktadır.

Tablo 26. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Dağılımlarına İlişkin Betimsel İstatistik Sonuçları

Grup	N
Deney	40
Kontrol	41
Toplam	81

Tabloda görüldüğü gibi, “sarmal yaylar, iş-enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu” konularını içeren ilköğretim fen ve teknoloji dersinde, sistem dinamiği yaklaşımı ile uygulama yapılan deney grubunda 40, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ile uygulama yapılan kontrol grubunda ise 41 olmak üzere deneysel çalışma toplam 81 ilköğretim 7. sınıf öğrencisini kapsamaktadır.

Uygulamaya katılan öğrencilerin kişisel özellikleri ve yaşam tarzları ile ilgili ayrıntılı bilgilere aşağıdaki tablolarda yer verilmiştir. Bu sayede uygulamaya katılan öğrenciler ile ilgili daha derinlemesine bilgi edinmek mümkün olacaktır.

Tablo 27. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ailesi Hakkında Bilgi

		Anne Eğitim Düzeyi		Baba Eğitim Düzeyi	
		f	%	f	%
İlköğretim	Deney	16	40	10	25
	Kontrol	19	46	9	22
Ortaöğretim	Deney	22	55	22	55
	Kontrol	19	46	26	63
Üniversite	Deney	2	5	8	20
	Kontrol	3	7	4	10
Lisansüstü	Deney	-	-	-	-
	Kontrol	-	-	-	-

Tablo incelendiğinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin anne ve babalarının eğitim düzeylerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin % 55'inin annesi ortaöğretim okullarından mezunken kontrol grubundaki öğrencilerin annelerinin ilköğretim ve ortaöğretim mezunu olma yüzdesi 46'dır. Üniversite mezunu anne sayısı her iki grupta da çok azdır. Her iki gruptaki öğrencilerin babalarının eğitim düzeyine bakıldığında ortaöğretim ve üniversite mezunlarında bir artış olduğu göze çarpmaktadır. Her iki grupta da lisansüstü eğitimden mezun anne- baba bulunmamaktadır.

Tablo 28. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Kardeş Sayılarına İlişkin Veriler

	kardeş sayısı									
	1		2		3		4		Daha fazla	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Deney	27	68	6	15	4	10	2	5	1	3
Kontrol	21	51	8	20	7	17	3	7	2	5

Deney grubundaki öğrencilerin %68'inin sadece bir kardeşi vardır. Bu oran kontrol grubundaki öğrencilerde %51'dir. Kardeş sayısı arttıkça her iki grupta da yüzdeler azalmaktadır. Her iki gruptaki öğrenciler de az sayıda kardeşe sahiptir.

Tablo 29. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Ev Ortamı Hakkındaki Bilgilere İlişkin Veriler

Ev ortamı	Çalışma Odası		Bilgisayar		Bilgisayar Programları		İnternet		Kütüphane	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Deney	28	70	31	78	20	50	21	53	17	43
Kontrol	30	73	31	76	23	56	22	54	19	46

Öğrencilerin ev ortamlarında nelere sahip oldukları incelendiğinde; deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin büyük çoğunluğunun çalışma odasına ve bilgisayara sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra öğrencilerin yarısının bilgisayar programlarını ve interneti evlerinde kullanabildikleri, öğrencilerin yaklaşık yarısının da evlerinde kitaplık veya kütüphaneye sahip oldukları anlaşılmaktadır. Her iki gruptaki öğrencilerin de ev ortamları çalışmak için idealdir.

Tablo 30. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Bilgisayar Bilme Derecelerine İlişkin Veriler

Bilgisayar Bilme Derecesi										
	Açma kapama		Yazı yazma		Şekil çizme		İnternete girme		İleri düzey	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Deney	40	100	31	78	25	63	38	95	18	45
Kontrol	40	98	29	71	25	61	34	83	29	71

Tablo incelendiğinde öğrencilerin bilgisayarda çalışmaya yatkın oldukları gözlenmektedir. Bilgisayarla ilgili temel işlemleri öğrencilerin büyük çoğunluğu bilmektedir. Kontrol grubundaki öğrenciler, bilgisayarı ileri derecede (%71) bildiklerini iddia etmektedirler. Sonuçlar göstermektedir ki, bilgisayar artık öğrencilerin hayatlarında büyük bir öneme sahiptir.

Tablo 31. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Boş Zamanlarını Değerlendirme Verileri

Okuldan Arta Kalan Zamanı Değerlendirme															
		Tv		Bil.oyunu		Oyun		Ev işleri		Spor		Kitap		Ders Çalışma	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Hiçbir zaman	Deney	-	-	1	3	1	3	-	-	3	8	2	5	1	3
	Kontrol	2	5	3	7	2	5	5	12	5	12	4	10	1	2
1 saatten az	Deney	-	-	8	20	11	28	8	23	9	23	3	8	2	5
	Kontrol	1	2	9	22	10	24	9	5	2	5	1	2	1	2
1-2 saat	Deney	19	48	15	38	15	38	25	38	15	38	10	25	5	13
	Kontrol	15	37	10	24	15	37	17	44	18	44	21	51	6	15
3-5 saat	Deney	20	50	12	30	13	33	7	28	11	28	21	53	18	45
	Kontrol	10	24	10	24	9	22	9	24	10	24	13	32	16	39
5 saatten fazla	Deney	1	3	4	10	-	-	-	5	2	5	4	10	14	35
	Kontrol	13	7	9	22	5	12	1	15	6	15	2	5	17	41

Öğrencilerin okuldan arta kalan zamanlarını nasıl değerlendirdiklerine ilişkin sorulan soruya ait cevaplar; tv seyretme, bilgisayar oyunu oynama, dışarıda arkadaşlarıyla birlikte oynama, evde bazı işler yapma, spor yapma, kitap okuma ve ders çalışma gibi alt kategorilere ayrılarak incelenmiştir.

Deney grubundaki öğrencilerin yarısının günde 3-5 saat arasında televizyon seyrettikleri gözlenmektedir, kontrol grubunda bu oran %24'tür. Buna karşılık kontrol grubundaki öğrencilerin %22'sinin 5 saatten fazla bir süre bilgisayar oyunu oynadıkları görülmektedir. Her iki gruptaki öğrencilerin de %30'luk kısmı dışarıda arkadaşlarıyla birlikte oyun oynamaktadır. Evde bazı ev işleriyle ilgilenme 1-2 saat arasında yoğunlaşmaktadır. Öğrencilerin spor yapma yüzdeleri kitap okuma yüzdelerinden daha azdır. Tablodaki verilerden öğrencilerin vakitlerinin çoğunu televizyon izleyerek veya ders çalışarak geçirdikleri anlaşılmaktadır.

Tablo 32. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Boş Zaman Etkinliklerine İlişkin Veriler

Etkinlikler		Kitap, dergi okuma		Müze, sergi ziyareti		Konser, Tiyatro, sinema	
		f	%	f	%	f	%
Her gün	Deney	23	58	-	-	1	3
	Kontrol	28	68	-	-	2	5
Haftada bir kez	Deney	14	35	1	3	9	23
	Kontrol	9	22	3	7	11	27
Ayda bir kez	Deney	1	3	24	60	19	48
	Kontrol	1	2	23	56	21	51
Hiçbir zaman	Deney	1	3	14	35	10	25
	Kontrol	1	2	13	32	5	13
Boş	Deney	1	3	1	3	1	3
	Kontrol	2	5	2	5	2	5

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin boş zamanlarında hemen hemen her gün kitap veya dergi okudukları fakat müze, sergi veya konser, tiyatro, sinema gibi etkinliklere çoğunlukla ayda bir kez katıldıkları görülmektedir. bu etkinliklere hiç bir zaman katılmayan öğrencilerin yüzdeleri düşüktür.

Tablo 33. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Televizyonda İzledikleri Programlara İlişkin Veriler

Tv programları		Haber		Opera, bale		Doğa araştırmaları		Müzik programları		Spor programları		Video oyunları		Çizgi filmler		Dizi filmler	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Her gün	Deney	23	58	6	13	33	15	38	12	30	6	15	10	25	19	48	
	Kontrol	25	61	5	12	11	27	20	49	23	56	19	46	17	41	25	61
Haftada bir kez	Deney	10	25	13	33	13	33	17	43	17	43	12	30	14	35	13	33
	Kontrol	13	32	5	12	15	37	12	29	9	22	9	22	6	15	12	29
Ayda bir kez	Deney	3	8	4	10	6	15	3	8	5	13	8	20	6	15	5	13
	Kontrol	2	5	8	20	9	22	5	12	3	7	6	15	9	22	1	2
Hiçbir zaman	Deney	3	8	13	33	7	18	4	10	4	10	10	25	8	20	1	3
	Kontrol	1	2	22	54	4	10	2	5	4	10	5	12	7	17	2	5
Boş	Deney	1	3	4	10	1	3	1	3	2	5	4	10	2	5	2	5
	Kontrol	1	2	1	2	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5	1	2

Okuldan arta kalan zamanlarının çoğunu televizyon başında geçiren öğrencilerin hangi programları izledikleri Tablo 33'te gösterilmektedir. Her iki

gruptaki öğrencilerin yaklaşık %60'ının her gün haber programlarını izlediği, deney grubunda öğrencilerin %38'inin, kontrol grubunda %49'unun her gün müzik programları izlediği aynı zamanda deney grubundaki öğrencilerin %48'inin, kontrol grubundaki öğrencilerin %61'inin her gün düzenli olarak dizi filmler izledikleri görülmektedir. Günlük spor programlarını izleme oranı da her iki grup için yüksektir. Deney grubundaki öğrencilerin %33'ü, kontrol grubundaki öğrencilerin %54'ü hiç bir zaman opera, bale gibi programlarını izlemediklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin yaklaşık %30'u doğa araştırmalarını içeren belgesel programlarını izlediklerini iddia etmişlerdir.

Öğrenci profili belirleme anketinden elde edilen veriler, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin eşit koşullarda yaşadıkları, birbirine yakın ilgi ve yeteneklere sahip oldukları, ailelerinin benzer şartlara sahip olduğunu göstermiştir. Bu anket verileri, sadece her iki gruptaki öğrencilerin profilleri hakkında bilgi vermeyi hedeflemiştir, diğer ölçeklerden elde edilen veriler ile ilişkilendirilmemiştir.

4.2. Betimsel İstatistik Bulguları

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında, araştırma kapsamında kullanılan ölçme ve değerlendirme araçlarına verdikleri cevapların ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 34'te gösterilmektedir.

Tablo 34. Ölçeklere Verilen Cevapların Ortalama Ve Standart Sapma Değerleri

	Ortalama (Mean)				Standart sapma			
	D1	K1	D2	K2	D1	K1	D2	K2
BBT	5,26	4,74	8,67	7,01	3,20	3,20	4,30	4,50
Grafik 1	29,00	31,00	30,90	32,00	5,80	7,60	7,20	6,10
Grafik 2	0,50	-0,30	3,70	1,50	1,40	1,20	1,60	1,40
PÇBE	74,00	75,50	78,20	72,70	17,40	13,70	11,50	14,00
Sebep 1	38,60	35,20	40,80	40,80	7,70	14,20	7,50	7,40
Sebep 2	-0,10	-0,60	2,20	0,40	0,90	0,70	1,80	1,10
Tutum	12,63	11,07	14,24	10,82	6,36	6,86	5,51	8,31
Sd kavram	3,70		9,90		2,00		3,60	
YÖÖÖ			117,70	105,90			13,90	24,90

Tablo incelendiğinde, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin başarı ön test puanlarının eşit olmadığı fakat birbirlerine çok yakın puanlara sahip olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi her iki gruptaki öğrencilerin rastgele seçilmiş olmasıdır. Başarı testi son testlerine bakıldığında her iki grupta da başarı puanlarının arttığı görülmektedir. Bu artış deney grubundaki öğrencilerde daha fazladır. Standart sapma değerlerine bakıldığında ise deneysel çalışma sonrasında her iki grupta da bir artış olduğu fakat deney grubundaki öğrencilerde artışın daha az olduğu gözlenmektedir. Bunun anlamı da öğrencilerin puanları arasındaki farkın deney grubunda daha az olmasıdır.

Öğrencilerin problem çözme becerisi envanterine verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde başlangıçta kontrol grubundaki öğrencilerin puanları biraz yüksek olmasına rağmen deneysel çalışma sonrasında deney grubundaki öğrencilerin ortalamaları kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamalarından daha yüksektir. Deney grubundaki öğrencilerin son testlerde standart sapmalarında da bir düşüş gözlenmektedir.

Öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları incelendiğinde ise son testlerde kontrol grubundaki öğrencilerin tutum puanları düşüşe geçerken deney grubundaki öğrencilerin puanlarında artış gözlenmektedir. Fakat bu artış çok yüksek derecede değildir. Deneysel çalışma sonrasında kontrol grubundaki öğrencilerin cevapları arasındaki fark artış göstermiştir.

Sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme ölçeği iki kısımdan oluşmaktadır. 1. kısımda (sebep 1) öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisine yönelik ilgi ve tutumları değerlendirilirken, 2. kısımda (sebep 2) öğrencilerin örnek bazı olaylardaki sebep-sonuç ilişkisini tespit edebilme ve yorumlayabilme becerileri değerlendirildi. Öğrenci verilerinden elde edilen ortalama değerlerine bakıldığında başlangıçta sebep 1 ölçeğinde deney ve kontrol gruplarının başlangıç puanları farklıyken deneysel çalışma sonrasındaki ortalama puanları birbirine eşittir. Sebep 2 ölçeğine göre ise deneysel çalışma sonrasında deney grubundaki öğrencilerde sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerilerinin arttığı açıktır.

Grafik çizme ve analiz etme ölçeği de iki kısımdan oluşmaktadır. 1. kısımda (grafik 1) öğrencilerin grafik çizmeye ve analiz etmeye yönelik ilgi ve tutumları değerlendirilirken, 2. kısımda (grafik 2) öğrencilerin grafik çizebilme ve çizdikleri grafikleri yorumlama becerileri değerlendirildi. Grafik 1 ölçeğinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrasında ortalama puanlarındaki artış birbirine çok yakındır. Fakat deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrasında grafik 2 ölçeğine verdiği cevapların ortalamalarında artış gözlenmektedir. Öğrencilerin grafik çizmeye yönelik tutum puanları değişmezken grafik çizme ve grafikleri yorumlama becerilerinde ilerleme görülmektedir.

Sadece deney grubundaki öğrencilerin sistem dinamiği kavramlarını öğrenebilme derecelerini ölçmek amacıyla kullanılan sistem dinamiği kavram testine verilen öğrenci cevapları değerlendirildiğinde deneysel çalışma sonrasında öğrencilerin sistem dinamiği kavramlarını daha iyi öğrendikleri ortaya çıkmıştır. Deneysel çalışma sürecinde öğrenciler sistem dinamiği yaklaşımının temel kavramlarını öğrenebilmişlerdir.

Deneysel çalışmaya katılan deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sürecinde öğrenme ortamlarını ne kadar yapılandırmacı bulduklarını öğrenmek için uygulanan ölçek verileri, sistem dinamiği yaklaşımının daha yapılandırmacı bir öğrenme ortamı sağladığını göstermiştir.

4.3. Hipotez Testi Bulguları

Bu kısımda deneysel uygulama öncesinde ve sonrasında deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ölçme ve değerlendirme araçlarına verdikleri cevaplar doğrultusunda yapılan istatistik sonuçlarına yer verilmiştir. Analiz sonuçları tüm verilerin gösterildiği bir tablo ile ifade edildikten sonra ölçme araçlarına verilen cevapların analizleri sıra ile açıklanacaktır. Tüm ölçeklere ilişkin hipotez testi bulguları Tablo 35’te sunulmuştur.

Tablo 35. Hipotez Testine İlişkin Bulgular

Testler	Gruplar	h	p	ci(2)	t	df	S(1)	S(2)	fark var mı?	sd fayda sağlamış mı?	deney sapmalı mı?
BBT	D1 D2	1	0,00%	-2,44	-5,94	40,00	3,66		evet		
	K1 K2	1	0,00%	-1,38	-4,49	39,00	3,11		evet		
	K1 D1	0	23,22%	0,66	-0,73	79,93	3,18	3,27	yok		yok
	K2 D2	1	4,67%	-0,03	-1,69	78,63	4,49	4,30	evet	evet	
GRAFİK 1	D1 D2	0	6,13%	0,13	-1,58	38,00	7,40		yok		
	K1 K2	0	15,60%	0,82	-1,03	37,00	7,60		yok		
	K1 D1	0	91,07%	4,51	1,36	75,18	7,56	5,84	yok		yok
	K2 D2	0	76,96%	3,67	0,74	73,65	6,12	7,21	yok	yok	
GRAFİK 2	D1 D2	1	0,00%	-2,76	-12,90	38,00	1,54		evet		
	K1 K2	1	0,00%	-1,33	-6,27	37,00	1,79		evet		
	K1 D1	1	0,31%	-0,33	-2,81	77,26	1,18	1,42	evet		evet
	K2 D2	1	0,00%	-1,58	-6,29	74,42	1,41	1,58	evet	evet	
PCBE	D1 D2	0	5,06%	0,01	-1,68	38,00	9,82		yok		
	K1 K2	0	95,40%	5,51	1,73	37,00	9,94		yok		
	K1 D1	0	66,58%	7,25	0,43	75,95	13,74	17,38	yok		yok
	K2 D2	1	3,35%	-0,56	-1,86	71,39	14,04	11,48	evet	evet	
SEBEP 1	D1 D2	1	2,26%	-0,36	-2,07	38,00	5,88		evet		
	K1 K2	1	1,95%	-0,82	-2,14	37,00	11,22		evet		
	K1 D1	0	8,83%	0,76	-1,37	61,70	14,16	7,69	yok		yok
	K2 D2	0	49,86%	2,82	0,00	74,96	7,42	7,45	yok	yok	
SEBEP 2	D1 D2	1	0,00%	-1,94	-8,85	38,00	1,69		evet		
	K1 K2	1	0,00%	-0,62	-4,64	37,00	1,30		evet		
	K1 D1	1	0,92%	-0,13	-2,41	77,91	0,72	0,85	evet		evet
	K2 D2	1	0,00%	-1,27	-5,47	64,72	1,12	1,76	evet	evet	
TUTUM	D1 D2	0	85,04%	4,0599	1,0518	40,00	9,50		yok		
	K1 K2	0	97,78%	6,1858	2,0748	40,00	10,53		yok		
	K1 D1	0	88,78%	3,7983	1,2243	78,44	5,52	6,36	yok		yok
	K2 D2	0	44,26%	2,5608	-0,1448	77,23	8,32	6,87	yok	yok	
SD KAVRAM	D1 D2	1	0,00%	-5,3967	-11,895	40	3,384		evet		
YÖÖÖ	D2 K2	1	0,65%	-4,097	-2,5611	57,749	24,863	13,898	evet		

Tablo 35'te gösterilen verileri daha iyi değerlendirebilmek için Tablo 36'da yer alan bilgilerden yararlanılabilir.

Tablo 36. Hipotez Testi Bulgu Tablosu İle İlgili Açıklama

Tablo ile ilgili yorumlar		
h (hipotez)	1: fark var	null hipotezi reddet
	0: fark yok	null hipotezi reddetme
p (anamlılık seviyesi)		p ne kadar küçük olursa, null hipotezini o kadar sağlam bir şekilde reddedersin. Genel kabul $p < 10\%$ olmalı
tstat (t istatistiğinin değeri)	deney grubu: öntest/sontest kontrol grubu: öntest/sontest Öntest: deney/kontrol Sontest: deney/kontrol	bağımlı t testi bağımsız t testi
ci(2) (güven aralığı)		
df (serbestlik derecesi)	yaklaşık olarak örneklem boyutuna eşittir	
S(1)-S(2) (standart sapma)	bağımlı t testleri için, iki veri kümesi için tek bir standart sapma değeri olur	Bunun sebebi, bağımlı testlerde, iki grubun tek bir değişken olarak ele alınmasıdır
Gruplar	D1: deney öntest D2: deney sontest K1: kontrol öntest K2: kontrol sontest	D: deney grubu K: kontrol grubu 1: öntest 2. sontest
Beklenen sonuçlar	D1 D2: fark var	
	K1 K2: önemli değil	
	K1 D1: fark yok	Bu sağlanmadığı takdirde deney sapmalı olur.
	K2 D2: fark var	Bu sağlamıyorsa, sistem dinamiği yaklaşımının bu değişken üzerinde etkili olduğu ispatlanmış demektir

Hipotez testi bulguları ile ilgili açıklama: Hipotezimizin, $D1$ 'in ortalaması= $D2$ 'nin ortalaması olduğunu düşünelim. Varsayalım ki, p değeri 0.03 çıktı. Bunun anlamı şudur: $D1$ ve $D2$ gruplarının ortalamalarının eşit olduğu varsayıldığında, $D1$ ve $D2$ verilerini elde etme olasılığı %3'tür. Bu çalışmamız için çok düşük bir olasılık olabilir. Eğer böyleyse, null hipotezi reddedilir ve $D1$ ve $D2$ 'nin ortalamalarının farklı olduğu sonucuna ulaşılır. Hipotezi reddetmeye veya kabul etmeye karar vermeyi sağlayan eşik olasılık değerine, anlamlılık seviyesi denir. Genellikle buna alfa ismi verilir ve %5 olarak kabul edilir. p değeri eğer alfa değerinin altındaysa, hipotez reddedilir, değilse hipotez kabul edilir. Aslında hipotez hiçbir zaman istatistiksel olarak kabul edilemez, yapılan şey, hipotezi reddetmemektir, fakat bu günlük dilde hipotezi kabul etmek olarak ifade edilebilmektedir.

p değeri %99 gibi çok yüksek bir değer çıktığı zaman, bu hipotezin doğru olduğu varsayıldığında, verileri elde etme ihtimalinin %99 olduğu anlamına gelir. Yani bu veriler, bu hipotezle uyumludur. O zaman hipotez kabul edilir.

Tablo 34’te öğrencilerin ölçeklere verdikleri cevapların ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 35’te hipotez testi değerleri ile birlikte yorumlanarak bulgulardan elde edilen sonuç tabloları oluşturulmuştur.

4.3.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Bilimsel Başarı Testine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular

H₀₁: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencileri ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, BBT ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

İlköğretim fen ve teknoloji dersinde hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan “sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu” konularının öğrenilmesinde, deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi başarı puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin BBT Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D1)	40	5,26	3,2	-0,73	0,232
Kontrol (K1)	41	4,74	3,2		

Tablo incelendiğinde, deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin BBT ön test puanları arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmektedir ($t=-0,73$; $p>0,05$). Dolayısıyla, H_01 hipotezi kabul edilmiştir. Yani deney ve kontrol grubundaki

öğrencilerin, BBT ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur. Bu sonuç, deneyin sapmalı olmadığını göstermektedir. Her iki grup da başlangıçta aynı seviyededir.

H₀₂: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, BBT ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin, deneysel çalışma öncesi ve sonrasında başarı puanları arasında farklılık olup olmadığına bağlı gruplar için t-testi ile bakılarak, sonuçları Tablo 38’de verilmiştir.

Tablo 38. Deney Grubundaki Öğrencilerin BBT Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	t	P
Deney (D1)	40	5,26	3,2	3,66	-5,94	0,000
Deney (D2)		8,67	4,3			

Deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubundaki öğrencilerin bilimsel başarı puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir ($t=-5,94$; $p<0,05$). *Dolayısıyla, H₀₂ hipotezi reddedilmiştir.* Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında başarı ortalamalarında anlamlı bir artış gözlenmiştir.

H₀₃: Kontrol grubu öğrencilerinin, BBT ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında başarı puanları arasında farklılık t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin BBT Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	t	P
Kontrol (K1)	41	4,74	3,2	3,11	-4,49	0,000
Kontrol (K2)	41	7,01	4,5			

Tablo 39 incelendiğinde, “sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu” konularının işlendiği fen ve teknoloji dersi uygulamalarında, konuyla ilgili pekiştirmelerin yapılandırıcı öğrenme yaklaşımı yardımıyla yapılan kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında bilimsel başarıları arasında anlamlı düzeyde farklılık olduğu gözlenmektedir [$t=-4,49$; $p<0,05$]. Dolayısıyla, H_03 hipotezi reddedilmiştir. Yani, kontrol grubundaki öğrencilerinin, BBT ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark vardır. Kontrol grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersinde ilgili konuya yönelik bilimsel başarı ortalamaları deneysel çalışma öncesinde 4,74 iken, deneysel çalışma sonrasında 7,01 değerine yükselmiştir. Deneysel çalışma sürecinde kontrol grubundaki öğrencilerin konuyla ilgili başarılarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir.

H₀₄: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, BBT son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma sonrasında başarı puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığı bağımsız gruplar için t-testi ile analiz edilerek, sonuçları Tablo 40’ta verilmiştir.

Tablo 40. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin BBT Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D2)	40	8,67	4,3	-1,69	0,047
Kontrol (K2)	41	7,01	4,5		

Deneysel çalışma sonrasında her iki grupta da öğrencilerin başarı puanlarında bir artış gözlenmektedir. Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin BBT son test puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir [$t=-1,69$; $p<0,05$]. Dolayısıyla H_04 hipotezi reddedilmiştir. Yani, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerinin, BBT son test puanları arasında anlamlı bir fark vardır. Sistem dinamiği yaklaşımı öğrencilerin hareket ve kuvvet ünitesinde yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularındaki başarılarına olumlu yönde bir etkiye sahiptir.

4.3.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Fen ve Teknoloji Dersine Yönelik Tutumlarına İlişkin Bulgular

H₀₅: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencileri ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, fen ve teknoloji dersine yönelik ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasındaki anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını araştırmak amacıyla bağımsız gruplar için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 41. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D1)	40	12,63	6,36	1,22	0,888
Kontrol (K1)	41	11,07	6,86		

Tablo incelendiğinde, deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin BBT ön test puanları arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmektedir [$t=1,22$; $p>0,05$]. Dolayısıyla H_05 hipotezi kabul edilmiştir. Yani deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin, tutum ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur. Bu sonuç,

deneyin sapmalı olmadığını göstermektedir. Başlangıçta her iki gruptaki öğrencilerin konuyla ilgili tutumları eşit düzeydedir.

H₀₆: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, tutum ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasında farklılık olup olmadığına bağlı gruplar için t-testi ile bakılarak, sonuçları Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 42. Deney Grubundaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Deney (D1)	40	12,63	6,36	9,50	1,05	0,850
Deney (D2)		14,24	5,51			

Deney grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumları analiz edildiğinde, deneysel çalışma öncesi ve sonrasında istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ($t = 1,05$; $p > 0,05$). Dolayısıyla H_{06} hipotezi kabul edilmiştir. Öğrencilerin başlangıçtaki tutum puanları deneysel çalışma sonrasında biraz yükselmiş olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.

H₀₇: Kontrol grubu öğrencilerinin, tutum ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanlarının t-testi sonuçları Tablo 43’te verilmiştir.

Tablo 43. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Kontrol (K1)	41	11,07	6,86	10,53	2,07	0,978
Kontrol (K2)	41	10,82	8,31			

DeneySEL çalışma sürecinde kontrol grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($t = 2,07$; $p > 0,05$). *Dolayısıyla H_{07} hipotezi kabul edilmiştir.* Kontrol grubundaki öğrencilerin deneySEL çalışma sonrası tutum puanlarının ortalamalarına bakıldığında çok az bir düşüş göze çarpmaktadır.

H₀₈: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, tutum son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin deneySEL çalışma sonrası fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasındaki anlamlı düzeyde farklılık araştırması sonuçları Tablo 44’te verilmiştir.

Tablo 44. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin FT Dersine Yönelik Tutum Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D2)	40	14,24	5,51	-0,14	0,443
Kontrol (K2)	41	10,82	8,31		

Başlangıçta eşit puanlara sahip olan öğrenciler, deneySEL çalışma sonrasında deney grubundaki ortalamalarda az da olsa bir artışa sahip olsa da bu artış istatistiksel düzeyde anlamlı değildir ($t = -0,14$; $p > 0,05$). *Dolayısıyla H_{08} hipotezi kabul edilmiştir.* Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarında bir farklılığa sebep olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

4.3.3. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine İlişkin Bulgular

H₀₉: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencileri ile yapılandırılmı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, problem çözme becerisi ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi problem çözme becerilerine ilişkin puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 45'te verilmiştir.

Tablo 45. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D1)	40	74,0	17,4	0,43	0,666
Kontrol (K1)	41	75,5	13,7		

Tablo incelendiğinde deneysel çalışma öncesinde, her iki gruptaki öğrenciler yaklaşık olarak eşit ortalama puanlara sahip olduğu görülmektedir ($\bar{X}_{\text{deney}}=74,0$; $\bar{X}_{\text{kontrol}}=75,5$). Öğrencilerin başlangıçta problem çözme beceri puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($t = 0.43$; $p > 0,05$), dolayısıyla *H₀₉ hipotezi kabul edilmiştir*. Her iki grupta da puanlar eşit düzeyde olduğundan, deneysel çalışma sapmalı değildir.

H₀₁₀: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, problem çözme becerisi ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında problem çözme becerilerine yönelik puanlarının t-testi sonuçları Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Deneysel Grubundaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Deneysel (D1)	40	74,0	17,4	9,82	-1,68	0,051
Deneysel (D2)		78,2	11,5			

Deneysel grubundaki öğrencilerin problem çözme beceri puanlarının ortalamaları deneysel çalışma sonrasında artmasına rağmen, öntest-sontest puanları arasındaki fark anlamlı değildir ($t = -1,68$; $p > 0,05$). Dolayısıyla H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

H₀11: Kontrol grubu öğrencilerinin, problem çözme becerisi ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubundaki öğrencilerin problem çözme becerisi öntest-sontest puanlarına ilişkin t-testi sonuçları Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Kontrol (K1)	41	75,5	13,7	9,94	1,73	0,954
Kontrol (K2)	41	72,7	14,0			

Deneysel çalışma sürecinde kontrol grubundaki öğrencilerin problem çözme becerilerine yönelik ön-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($t = 1,73$; $p > 0,05$). Dolayısıyla H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Ayrıca, kontrol grubundaki öğrencilerin problem çözme sontest ortalama puanlarında, öntest ortalama puanlarına göre bir azalma görülmektedir.

H₀12: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, problem çözme becerisi son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrası problem çözme becerilerine ilişkin puanları arasındaki farklılık araştırma sonuçları Tablo 48’de verilmiştir.

Tablo 48. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Problem Çözme Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D2)	40	78,2	11,5	-1,86	0,034
Kontrol (K2)	41	72,7	14,0		

Deney ve kontrol gruplarının son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göze çarpmaktadır ($t = -1,86$; $p < 0,05$). Dolayısıyla H_012 hipotezi reddedilmiştir. Sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin problem çözme becerilerinde artışa sebep olarak olumlu bir etkiye sahiptir ($\bar{X}_{\text{deney}}=78,2$; $\bar{X}_{\text{kontrol}}=72,7$). Sistem dinamiği yaklaşımı öğrencilerin problem çözme beceri puanlarında bir artışa sebep olmuştur.

4.3.4. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini anlama becerisine İlişkin Bulgular

Öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerilerini öğrenmek amacıyla hazırlanan ölçeğe verdikleri cevaplar sebep 1 ve sebep 2 şeklinde değerlendirilmiştir. Sebep 1 ölçeğinde, öğrencilerin sebep- sonuç ilişkisi hakkındaki düşünceleri ve tutumları, sebep 2 ölçeğinde, örnek olaylar üzerinde sebep-sonuç ilişkisini tespit edip yorumlayabilme becerileri değerlendirilmiştir.

H₀13: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencileri ile yapılandırıcı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi sebep-sonuç ilişkisini anlama becerilerine ilişkin puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 49’da verilmiştir.

Tablo 49. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişkisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

		N	\bar{X}	S	T	P
Sebep 1	Deney (D1)	40	38,6	7,7	-1,37	0,883
	Kontrol (K1)	41	35,2	14,2		
Sebep 2	Deney (D1)	40	-0,1	0,9	-2,41	0,000
	Kontrol (K1)	41	-0,6	0,7		

Deneysel çalışma öncesinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini anlama becerileri karşılaştırıldığında, sebep 1 ölçeğinde sebep-sonuç ilişkisi puanlarında anlamlı bir fark yokken, sebep 2 ölçeğinde deney grubu lehine bir farklılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, Sebep 2 ölçeğinde deney grubundaki öğrencilerin sebep-sonuç ilişkilerini anlamaya yönelik sorularda kontrol grubundaki öğrencilere göre daha başarılı olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin ortalama değerlerinin – işaretle gösterilmesi, değerlendirmede yanlış cevapların bazı doğru cevapları silmesinden kaynaklanmaktadır.

H₀14: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi, ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında sebep-sonuç ilişkisini anlama becerilerine yönelik puanlarının karşılaştırmalı analiz sonuçları Tablo 50’de gösterilmektedir.

Tablo 50. Deney Grubundaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişkisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	t	P
Sebep 1	Deney (D1)	40	38,6	7,7	5,88	-2,07	0,023
	Deney (D2)		40,8	7,5			
Sebep 2	Deney (D1)		-0,1	0,9	1,69	-8,85	0,000
	Deney (D2)		2,2	1,8			

Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında sebep 1 ($t = -2,07$; $p < 0,05$) ve sebep 2 ($t = -8,85$; $p < 0,05$) ölçeklerine verdikleri cevaplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Sebep-sonuç ilişkisi ölçeğinin her iki kısmında da ortalama puanlarda artış olduğu dikkate değer bir sonuçtur.

H₀15: Kontrol grubu öğrencilerinin, sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi, ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında sebep-sonuç ilişkisini anlama becerilerine yönelik puanları arasındaki karşılaştırmalı analiz sonuçları Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 51. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişkisini Anlama Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Sebep 1	Kontrol (K1)	41	35,2	14,2	11,22	-2,14	0,019
	Kontrol (K2)		40,8	7,4			
Sebep 2	Kontrol (K1)		-0,6	0,7	1,30	-4,64	0,000
	Kontrol (K2)		0,4	1,1			

Tablo incelendiğinde kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sürecinde, sebep 1 ve sebep 2 ölçeklerine verdikleri cevaplar karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı fark görülmektedir. (sebepl için $t=-2,14$; $p<0,05$; sebep2 için $t=-4,64$; $p<0,05$). *Dolayısıyla H_0 15 hipotezi reddedilmiştir.* Kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrasında; hem sebep-sonuç ilişkilerini anlayabilme becerisine yönelik tutum puanlarının, hem de sebep-sonuç ilişkisini kavramaya yönelik başarı puanlarının ortalamalarında artış olmuştur.

H₀16: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi, son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrası sebep-sonuç ilişkisini anlama becerilerindeki farklılığın analiz sonuçları Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 52. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişkisini Anlama Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	T	P
Sebepl 1	Deney (D2)	40	40,8	7,5	0,00	0,499
	Kontrol (K2)	41	40,8	7,4		
Sebepl 2	Deney (D2)	40	2,2	1,8	-5,47	0,000
	Kontrol (K2)	41	0,4	1,1		

Deneysel çalışma sonrasında öğrencilerin sebep- sonuç ilişkisine yönelik ilgi ve tutumlarında (sebepl 1) istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($t=0,00$; $p>0,05$). Sistem dinamiğinin uygulandığı sınıflarda öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisi hakkındaki düşüncelerinin değişmediği açıktır. Sebep 2 ölçeğinden elde edilen sonuçlar ise, her iki grupta da deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($t=-5,47$; $p<0,05$). Ortalama puanlara bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini daha iyi anlayıp yorumlayabildikleri ortaya çıktı. Sistem dinamiği öğrencilerin sebep-sonuç ilişkilerini anlama yorumlama noktasında fayda sağladığı söylenebilir.

4.3.5. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme ve Analiz Etme Becerisine İlişkin Bulgular

Öğrencilerin grafik çizme ve analiz etme becerilerini ölçmek amacıyla hazırlanan ölçek iki kısımda incelenmiştir. Grafik 1 kısmında, öğrencilerin grafik çizmeye ve analiz etmeye yönelik duygu ve düşünceleri değerlendirilirken, grafik 2 kısmında öğrencilerin grafik çizme ve grafikleri yorumlama becerileri değerlendirilmiştir.

H₀17: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencileri ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, grafik çizme ve analiz etme becerisi, ön test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi grafik çizme ve analiz etme becerilerine ilişkin puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 53. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

		N	\bar{X}	S	T	P
Grafik 1	Deney (D1)	40	29,0	5,8	1,36	0,910
	Kontrol (K1)	41	31,0	7,6		
Grafik 2	Deney (D1)	40	0,5	1,4	-2,81	0,000
	Kontrol (K1)	41	-0,3	1,2		

Deneysel çalışma öncesinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin grafik çizmeye ve yorumlamaya yönelik duygu ve düşünceleri arasında anlamlı bir fark yoktur ($t=1,36$; $p>0,05$). Fakat deneysel çalışma öncesi deney grubundaki öğrencilerin grafik çizme ve yorumlama beceri puanları, kontrol grubundaki öğrencilerden daha yüksek olduğu için aralarında istatistiksel anlamlı bir fark vardır ($t = -2,81$; $p<0,05$).

H₀18: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, grafik çizme ve analiz etme becerisi, ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında grafik çizme ve analiz etme becerilerine yönelik puanları arasındaki ilişki sonuçları Tablo 54’te verilmiştir.

Tablo 54. Deney Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Grafik 1	Deney (D1)	40	29,0	5,8	7,40	-1,58	0,061
	Deney (D2)		30,9	7,2			
Grafik 2	Deney (D1)	40	0,5	1,4	1,54	-12,90	0,000
	Deney (D2)		3,7	1,6			

Grafik 1 ölçeğinden elde edilen verilere göre, deney grubundaki öğrencilerin öntest puanları ile sontest puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($t = -1,58$; $p > 0,05$). Grafik 2 ölçeğinde ise, öğrencilerin grafik çizme ve yorumlama becerisi, başarı puanlarının ortalamasında bir artış görülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasındaki grafik çizme becerileri arasında anlamlı bir farklılık vardır ($t = -12,90$; $p < 0,05$). Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrencilerin grafik çizebilme ve çizilen grafikleri analiz edebilme yeteneklerinde bir ilerleme görülmektedir.

H₀19: Kontrol grubu öğrencilerinin, grafik çizme ve analiz etme becerisi, ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında, grafik çizme ve analiz etme beceri puanları arasındaki farklılığın analiz sonuçları

Tablo 55’te gösterilmiştir.

Tablo 55. Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Grafik Çizme Ve Analiz Etme Becerisine Yönelik Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	t	P
Grafik 1	Kontrol (K1)	41	31,0	7,6	7,60	-1,03	0,156
	Kontrol (K2)		32,0	6,1			
Grafik 2	Kontrol (K1)		-0,3	1,2	1,79	-6,27	0,000
	Kontrol (K2)		1,5	1,4			

Kontrol grubundaki öğrencilerin grafik çizmeye yönelik düşüncelerinde deneysel çalışma öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($t = -1,03$; $p > 0,05$). Fakat grafik çizme ve çizilen grafikleri yorumlama becerisi puanlarının ortalamalarında bir artış görülmektedir ($\bar{X}_{\text{kontrol}(1)} = -0,3$; $\bar{X}_{\text{kontrol}(2)} = 1,5$). Kontrol grubunun deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında grafik 2 puanları arasında istatistiksel bir fark vardır ($t = -6,27$; $p < 0,05$).

H₀20: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, grafik çizme ve analiz etme beceri, son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deneysel çalışma sonrasında, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin grafik çizme ve analiz etme becerilerine ilişkin puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 56’da verilmiştir.

Tablo 56. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Sebep-Sonuç İlişisini Anlama Becerisine Yönelik Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	Grup	N	\bar{X}	S	t	P
Grafik 1	Deney (D2)	40	30,9	7,2	0,74	0,769
	Kontrol (K2)	41	32,0	6,1		
Grafik 2	Deney (D2)	40	3,7	1,6	-6,29	0,000
	Kontrol (K2)	41	1,5	1,4		

Deneysel çalışma sonrasında deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Grafik 1 ölçeğine verdiği cevaplar incelendiğinde, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin son test puanları arasında anlamlı düzeyde bir farklılık olmadığı ($t = 0,74$; $p > 0,05$)

gözlenmektedir. Ayrıca, öğrencilerin Grafik 2 verilerinden elde edilen analiz sonuçlarına bakıldığında, deneysel çalışma sonrasında her iki grupta da anlamlı düzeyde bir farklılık gözlenmektedir ($t = -6,29$; $p < 0,05$). Sistem dinamiği yaklaşımı öğrencilerin grafik çizme ve grafiği yorumlayabilme becerilerinde fayda sağladığı açıkça görülmektedir. Kontrol grubunda da bir artış mevcuttur. Fakat, deney grubundaki ortalama artış daha fazladır.

4.3.6. Deney Grubundaki Öğrencilerin Sistem Dinamiği Kavram Testine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular

Sistem dinamiği kavram testi için sadece deney grubundaki öğrencilerden veri toplanmıştır. Deneysel çalışmadan önce ve sonra uygulanarak sonuçlar bağımlı gruplar t-testi ile yorumlanmıştır.

H₀₂₁: Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu öğrencilerinin, sistem dinamiği kavramlarını anlama becerisi, ön-son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma öncesi ve sonrasında sistem dinamiği kavram testi puanları arasında farklılık olup olmadığına bağımlı gruplar için t-testi ile bakılarak, sonuçları Tablo 57’de verilmiştir.

Tablo 57. Deney Grubundaki Öğrencilerin Sistem Dinamiği Kavram Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Bağımlı Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	N	\bar{X}	S	S _{birleştirilmiş}	T	P
Deney (D1)	40	3,7	2,0	3,384	-11,89	0,000
Deney (D2)	40	9,9	3,6			

Tablo incelendiğinde, deneysel çalışma öncesinde sistem dinamiği kavramıyla ilgili bilgisi olmamasına rağmen, deneysel çalışma sonrasında sistem dinamiği yaklaşımının yanısıra sistem dinamiği elemanlarını da deneysel çalışma sürecinde rahatlıkla öğrenmişlerdir. Deneysel çalışma sonrasında başarı puanlarının

ortalamalarında bir artış olmuştur (\bar{X} deney(1)=3,7; \bar{X} deney(2)=9,9). Deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında deney grubundaki öğrencilerin, sistem dinamiği kavramlarını öğrenebilme durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($t = -11,89$; $p < 0,05$). *Dolayısıyla H_021 hipotezi reddedilmiştir.*

4.3.7. Deney ve kontrol Grubundaki Öğrencilerin Yapılandırıcı Öğrenme Ortamı Ölçeğine Verdikleri Cevaplara İlişkin Bulgular

Yapılandırıcı öğrenme ortamı ölçeği deney ve kontrol grubundaki öğrencilere. konuların yapılandırıcı bir öğrenme ortamında işlenip işlenmediğini öğrenmek amacıyla deneysel çalışma sonrasında uygulanmıştır.

H₀₂₂: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin, yapılandırıcı öğrenme ortamı ölçeğine yönelik, son test puanları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deney ve kontrol grubunda öğrenim gören öğrencilerin deneysel çalışma sonrası yapılandırıcı öğrenme ortamı ölçeğine verdikleri cevaplara ilişkin puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar için t-testi sonuçları Tablo 58’de verilmiştir.

Tablo 58. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğrencilerin Yapılandırıcı Öğrenme Ortamı Ölçeği Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar İçin t-Testi Sonuçları

	N	\bar{X}	S	t	P
Deney (D2)	40	117,7	13,9	-2,56	0,000
Kontrol (K2)	41	105,9	24,9		

Deneysel çalışma sonrasında, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin öğrenme ortamının yapılandırıcı olmasına yönelik görüşleri değerlendirildiğinde, aralarında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı görülmektedir ($t = -2,56$; $p < 0,05$). *Dolayısıyla H_022 hipotezi reddedilmiştir.* Öğrencilerin yapılandırıcı öğrenme ortamı ölçeğine verdikleri cevapların ortalamaları incelendiğinde, deney grubundaki

öğrencilerin öğrenme ortamlarını daha yapılandırmacı buldukları göze çarpmaktadır ($\bar{X}_{\text{deney}(2)}=117,7$; $\bar{X}_{\text{kontrol}(2)}=105,9$).

4.4. Gözlem ve görüşmelere ilişkin bulgular

Deneysel çalışma sürecinde çeşitli ölçme ve değerlendirme araçlarının yanısıra her ders sonunda öğrencilerle yapılan görüşmeler veya ders esnasında araştırmacı tarafından yapılan gözlemler değerlendirilerek bazı sonuçlar elde edilmiştir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubundaki öğrencilerle yapılan görüşme sonucunda elde edilen fikirler 3 farklı kategoride (öğrenmeye yönelik tutum değişikliği, uygulamada karşılaşılan sorunlar, sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilere kazandırdıkları) incelenmiş ve bu fikirler öğrenci ifadeleriyle zenginleştirilmiştir.

Öğrenmeye yönelik tutum değişikliği: Öncelikle öğrenciler bilgisayar ortamında çalışmayı çok sevdiklerini, bilgileri yeni bir öğretim yöntemi ile öğrenmenin dikkatlerini çektiğini ifade etmişlerdir. Öğrenciler öğrenmeye yönelik tutumlarında olumlu yönde bir ilerleme olduğunu fark ettiklerini dile getirmişlerdir. Öğrenci görüşlerinden bazıları:

“bilgisayar ortamında çalışmak çok hoşuma gitti. Diğer derslerden farklı bir ders olduğu için çok dikkatimi çekti”

“daha önce bilgisayarda modelleme nasıl yapacağımı bilemiyordum yeni bir şey öğrenmek çok hoşuma gitti”

“stella programını önceden hiç bilmiyordum ama biraz kurcaladıktan sonra stella ile nasıl modelleme yapacağımı öğrendim. Hatta yapamayan arkadaşlarıma bile yardımcı olunca çok hoşuma gitti.

“bilgisayarda çalışırken hiç bu kadar eğlenmemiştim. Model oluştururken yanlışlıklar yaptığımda tekrar düzeltmek veya yeniden oluşturmak zor gelse de yine de hoşuma gitti...”

Uygulamada karşılaşılan sorunlar: sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubunda öğrenciler gerek tanıtım dersinde gerekse sarmal yaylar, iş, enerji, enerji

çeşitleri ve korunumu konularının işlendiği derslerde uygulamaya yönelik bazı sorunlar yaşamışlardır. Sistem dinamiğinin temel senaryolarından biri olan küvet örneğinin mantığını iyi öğrenen öğrenciler bir sistemdeki stok ve akışları belirlemede fazla zorlanmamışlardır. Öğrencilerin en çok zorlandıkları nokta ara değişkenlerin tespiti ve aralarındaki sebep sonuç ilişkisini bulmak olmuştur. Tanıtım dersinde öğrenciler ilk iki modeli oluşturduktan sonra sayısal parametreleri model üzerinde doğru bir şekilde yerleştirmişlerdir, sadece üçüncü senaryonun (gök nar ağacı modeli) sayısal parametreleri büyük sayılardan oluştuğu için birkaç defa tekrarlamak zorunda kalmışlardır. Sarmal yay modeli tanıtım dersindeki modellerden daha karmaşık bir model olduğu için başlangıçta öğrenciler sistemin temel elemanlarının, stok ve akışların, neler olacağına karar vermekte zorlansalar da öğretmenin verdiği ipuçları ile stok ve akışları bulabilmişlerdir. Sarmal yayın hareketini etkileyen kavramlar ve bu kavramların sistemdeki diğer kavramlarla ilişkisi her öğrenci tarafından farklı yorumlanmıştır. Başlangıçta çok karmaşık olan modelleri, doğru ilişkileri kurduka daha basit hale gelmiştir. Modelini yanlış kuran bazı öğrenciler model üzerinde değişiklikler yapmaktan sıkılırken, bazı öğrenciler ise sürekli model üzerinde değişiklik yapmanın bulmaca çözmek gibi zevkli olduğunu belirtmişlerdir. Geliştirdikleri modelin grafiğini stella ile kolayca çizmelerine rağmen bazı öğrenciler modelin birden fazla değişken içeren grafiğini yorumlamada sıkıntı yaşamışlardır. Öğrenci görüşleri:

“en çok zorlandığım nokta stok ve akışı belirledikten sonra ara değişkenlerin neler olacağına karar vermek oldu. Ayrıca kavramlar arasındaki ilişkileri bazen ters yönlü yaptığım için çizdiğim grafik yanlış çıktı. Bu yönlerin de önemli olduğunu anladım”

“matematiksel eşitlikleri yazmakta zorlandım. İlk üç senaryoda matematiksel eşitlikleri yazmak kolaydı ama en son yaptığımız senaryoda durum biraz zorlaştı. Daha sonra modeli öğretmenimiz ile birlikte yaptıktan sonra bu kadar zor olmadığını gördüm”

“ilk başta stokları akışları stella programında çizerken çok zorlandım. Sürekli silip yeniden yapmaktan biraz sıkıldım, ama öğrendikten sonra çok zevk aldım. Doğru yapmaya başlayınca kendime güvenim arttı”

“...konuyla ilgili matematiksel eşitlikleri çok iyi bilemediğim için kavramlar arasındaki ilişkileri kuramadım...”

“sarmal yay sistemini modellemeye başladığımda stok ve akışlar neler olacağına karar vermekte zorlandığım için önceleri biraz sıkıldım. Öğretmenimin verdiği ipuçları ile stok ve akışları daha kolay buldum. Bazen kavramlar arasındaki ilişkileri yanlış kurdum fakat bu çalışma bulmaca çözer gibi zevkliydi...”

“sarmal yay modelini oluştururken stok ve akışları belirledikten sonra ara değişkenleri belirlemede zorlandım. Kavramlar arasındaki ilişkiden emin olmadığım zamanlarda genellikle çizdiğim grafikler yanlış oldu. Kavramsal ilişkilerin ve bu ilişkilerin yönünü doğru belirlemek çok önemli bence...”

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilere kazandırdıkları: Öğrenciler bilgisayar ortamında modelleme yapmayı öğrendiler. Öğrenciler stella programını önceden hiç bilmedikleri halde kısa bir zamanda öğrendiklerini ve stella ile model oluşturmanın çok zevkli ve öğretici bir etkinlik olduğunu düşündüklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca bir sistemin gelecekteki davranışının ne olacağını düşünmek ve bununla ilgili tahminlerde bulunmak öğrencilere farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Öğrenci görüşleri:

“senaryolardaki örneklere göre mesela 10 yıl sonra kokarcaların sayısının ne kadar olacağını gerçekten merakla hesapladım. Gelecek hakkında tahminler yapmak çok eğlenceli”

“şehir nüfusunun sürekli yeni göçler aldığında bu kadar büyüyeceğini tahmin edemezdim, çok şaşırtıcı...”

“senaryolardaki örneklere göre mesela 10 yıl sonra kokarcaların sayısının ne kadar olacağını gerçekten merakla hesapladım. Gelecek hakkında tahminler yapmak çok eğlenceli”

“sarmal yay sistemi ile ilgili etkinlikleri yaparken ne yaptığımızı tam olarak anlayamadım fakat modelleme yaparken kavramları öğrendim ve kavramlar arasındaki ilişkileri bulmaya çalıştım. Modelime yeni kavramlar eklendikçe karmaşıklaştı ama bu karmaşıklıkla uğraşmaktan memnundum...”

“sarmal yaylarla ilgili etkinlikler yaparken bir sarmal yay modeli kuracağımı düşünmemiştim. Yaya ağırlık astığımda yayın uzadığını gözlemlememe rağmen uzama miktarının sürati etkileyeceğini hiç düşünmemiştim. Uzama miktarı ile sürat arasındaki ilişkiyi daha iyi anladım...”

“model oluşturduktan sonra modelin grafiğini çizmek çok dikkatimi çekti. Grafik üzerinde birden fazla değişken farklı renklerle gösteriliyordu. Grafik sarmal yayın hareketine benziyordu...”

ÖZET

Betimsel istatistik sonuçlarına göre sadece kontrol grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanlarının ortalamalarında bir düşüş gözlenmiştir. Diğer tüm ölçeklerde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sonrasında ortalama puanlarında artış olmuştur. Bu artış deney grubundaki öğrencilerde kontrol grubundakilere göre daha fazladır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ölçme araçlarına verdikleri cevaplar doğrultusunda ön test-son test sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlılık seviyesi incelendiğinde:

✓ *Başarı testlerinde:*

- *Bilimsel başarı testinde,*
- *Grafik 2 ve sebep 2 ölçeklerinde,*
- *Sistem dinamiği kavram testinde istatistiksel olarak .05 düzeyinde anlamlı bir artış gözlenmiştir.*

✓ *Tutum Ölçeklerinde:*

- *Fen ve teknoloji dersi tutum ölçeğinde*
- *Grafik 1 ve sebep 1 ölçeklerinde istatistiksel olarak .05 düzeyinde anlamlı bir artış gözlenmemiştir.*

Öğrencilerle deneysel çalışma esnasında ve deneysel çalışma sonrasında yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçlar da istatistiksel analiz sonuçlarını desteklemektedir.

5. BÖLÜM: SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırma sonucunda elde edilen bulgulara dayalı olarak ulaşılan sonuçlara, bu sonuçları destekleyen araştırmalara ve önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Belirlenen problem cümlesi ışığında araştırmanın alt problemlerine yönelik sonuçlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

5.1.1.(1). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar:

Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Araştırma sonucuna göre, deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Başlangıçta öğrenciler fen ve teknoloji dersine yönelik eşit tutumlara sahipken, deneysel çalışma sürecinde sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubundaki öğrencilerin tutum puanlarının ortalamalarında bir artış söz konusudur. Kontrol grubundaki öğrencilerin tutum puanlarının ortalamalarında çok az bir düşüş görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin tutum puanlarındaki düşüş, öğretmenin uygulama esnasında, sınıf içindeki davranışından kaynaklanabilir. Sistem dinamiği yaklaşımı çıkarımsal istatistik sonuçlarına göre anlamlı düzeyde bir faydaya sebep olmasa da betimsel istatistik sonuçları ve öğrenci görüşmelerinden elde edilen sonuçlar, sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı sınıflardaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarında olumlu yönde bir ilerleme sağladığını göstermektedir.

5.1.2.(2). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konuları ile ilgili bilimsel başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Deneysel çalışma öncesinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin başarı puanları birbirine eşittir. Deneysel çalışma sürecinde sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubunun başarı puanları ile kontrol grubunun başarı puanları arasında anlamlı bir fark vardır. Sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin sarmal yaylar, iş-enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularını öğrenmelerinde faydalı olmuştur. Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubunda da öğrenci başarılarında artış gözlenmektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının temeli yapılandırmacı öğrenmeye dayandığı için bu beklenen bir sonuçtur. Bu sonuca göre sistem dinamiği yaklaşımı yapılandırmacı öğrenmeyi destekleyici bir rol üstlenir denilebilir.

5.1.3.(3). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası problem çözme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Deneysel çalışma öncesinde her iki gruptaki öğrencilerin problem çözme beceri puanları arasında anlamlı bir fark yoktur. Deney sarmalı değildir. Öğrenciler başlangıçta problem çözmeye yönelik eşit becerilere sahiptir. Deneysel çalışma sonrasında deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin problem çözmeye yönelik becerilerinde istatistiksel olarak deney grubu lehine bir farklılık göze çarpmaktadır. Deney grubundaki öğrencilerin problem çözmeye yönelik beceri puanlarının ortalamalarında artış olurken, kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarının ortalamalarında bir azalma görülmüştür. Karar verme sürecinde etkili bir yaklaşım

olan sistem dinamiği öğrencilerin problem çözebilme becerilerine de önemli katkılar sağlamaktadır

Sistem dinamiği bir problem tanımlama ve çöze yaklaşımıdır. Yapılandırmacı öğrenmenin temelinde de öğrencilerin çevrelerindeki problemleri fark etme ve bu probleme çözüm önerileri sunabilme becerilerini artırma isteği vardır. Sistem dinamiği ve yapılandırmacı öğrenme yaklaşımları öğrencilerin problem çöze becerilerini geliştirmeye odaklanmışlardır. Deney grubundaki öğrencilerin problem çöze becerilerine yönelik beceri puanları kontrol grubundaki öğrencilerden daha yüksek çıkmasının sebebi sistem dinamiği ile modelleme yapan öğrencilerin modellerini oluştururken bir problemi bütün olarak ele almaya sonra onları tek tek çözmeye yönlendirilmeleri olabilir.

5.1.4.(4). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası grafik çizme ve analiz etme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Öğrencilerin grafik çizmeye yönelik ilgi ve tutumları grafik 1 ölçeği ile ölçülmüştür. Deneysel çalışma sürecinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin grafik çizmeye yönelik ilgi ve tutumlarında herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Stella ile model oluşturan deney grubu öğrencileri modellerinin grafiklerini çizerken çok ilgili olmalarına rağmen bu ilgileri ölçekteki sorulara yansımamıştır. Uygulama süreci öğrencilerin grafik çizme ve analiz etme becerilerine yönelik tutumlarını değiştirmek için yeterli değildir. Soru sayısının az olması da bu sonucu etkilemiş olabilir.

Grafik 2 ölçeği ile öğrencilerin grafik çizme ve çizilen grafikleri yorumlama becerileri ölçülmüştür. Başlangıçta deney grubundaki öğrencilerin başarı puanı ortalamaları kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamalarına göre daha yüksek olsa da deneysel çalışma sonrasında her iki gruptaki öğrencilerin grafik çizme ve çizilen

grafikleri yorumlama becerilerinde bir artış gözlenmiştir. Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ve sistem dinamiği yaklaşımı öğrencilerin grafik çizibilme ve çizdikleri grafikleri analiz etme becerilerine katkısı arasında sistem dinamiği lehine anlamlı bir farklılık vardır.

Deney grubundaki öğrencilerin grafik çizme ve analiz etme becerisine yönelik başarılarının kontrol grubuna göre daha yüksek olmasının sebebi sistem dinamiği yaklaşımında öğrencilerin grafiklerle çok uğraşmaları olabilir. Ayrıca stella ile çizilen grafiklerde öğrenci birden fazla değişkenin davranışını aynı grafik üzerinde görebilir. Bu sayede öğrenciler grafikleri yorumlamaya yönelik daha derin bir bakış açısı kazanabilirler.

5.1.5.(5). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Öğrencilerin sebep-sonuç ilişkilerini anlamaya yönelik ilgi ve tutumlarını ölçen sebep 1 ölçeğinden elde edilen sonuçlara göre, her iki grupta da öğrencilerin sebep-sonuç ilişkilerini anlayabilmeye yönelik tutumlarında deneysel çalışma sürecinde bir değişiklik olmamıştır. Fakat sebep sonuç ilişkisini örnek senaryolar üzerinde göstermeyi içeren sebep 2 ölçeğinde deney ve kontrol grubundaki öğrenciler arasında deney grubu lehine anlamlı düzeyde farklılık tespit edilmiştir. Yapılandırmacı öğrenmenin uygulandığı kontrol grubunda da öğrencilerin sebep sonuç ilişkilerini anlayabilme becerilerine ilişkin puanlarında deneysel çalışma sonrası bir ilerleme olmuştur.

5.1.6.(6). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sistem dinamiği kavramlarını öğrenebilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Sadece deney grubundaki öğrencilerin deneysel çalışma sürecinde sistem dinamiğine ilişkin temel kavramları öğrenme durumlarını değerlendirmek için hazırlanmış olan sistem dinamiği kavram testinden elde edilen sonuçlara göre, öğrenciler deneysel çalışma öncesinde sistem dinamiği yaklaşımı ile ilgili herhangi bir bilgiye sahip değilken deneysel çalışma sonrasında sistem dinamiğinin temel elemanlarını öğrenmişlerdir.

5.1.7.(7). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası yapılandırmacı öğrenme ortamı ölçeğine verdikleri cevaplara ilişkin puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır? Sistem dinamiği yaklaşımı ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı arasında herhangi bir ilişki var mıdır?

Deneysel çalışma sonrasında deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin öğrenme ortamını değerlendirmelerine izin veren YÖÖÖ ile elde edilen sonuçlar öğrencilerin sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı ortamın yapılandırmacı yaklaşıma daha uygun olduğunu göstermektedir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin yapılandırmacı öğrenme ortamına ilişkin düşüncelerini yansıtan puanları arasında istatistiksel bir farklılık göze çarpmaktadır.

Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı, öğrenci merkezli öğrenmeyi esas almaktadır. Sistem dinamiği bu amaca hizmet etmekle kalmayıp, bu amacın gerçekleştirilebilmesi için öğretmenlere az bulunur bir araç sunar. Yapılandırmacı öğretimde, bilgi öğretmenden öğrenciye aktarılmaz. Bunun yerine öğretmen öğrenciye sorular sormasıyla, öğrencinin kendi kendine keşfetmesine yardımcı olur. Bu aşamada ortaya çıkan bilgilerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve bütün resmin yavaş yavaş çizilmesi gerekir. Sistem dinamiği ile modelleme yaklaşımını kullanan bir öğretmen, unsurları öğrencilerle birlikte tek tek ortaya çıkarır ve bunları birbiriyle ilişkilendirerek bütün sistemin resmini çizer. Bu yolu izlemekle, yapılandırmacı öğrenme yöntemi çok daha kolay ve etkin bir şekilde uygulanabilir. Yapılandırmacı öğrenmede öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını ortaya çıkarmak ve bu

kavram yanılgılarını doğru kavramlarla değiştirmek de esastır. Dinamik davranışı belirleyen sebep sonuç ilişkilerinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olan sistem dinamiği yaklaşımı, öğrencilerin fen bilgisi konularını daha derin ve kapsayıcı bir şekilde kavramalarını sağlar. Öğrencilerin pek çoğunda bulunan basit kavram yanılgıları veya bilgi eksiklikleri, bu çalışma sırasında ortaya çıkarılabilir ve düzeltilebilir. Öğrenci olayların nedenlerini böylece daha iyi anlar.

- ❖ Araştırmada kullanılan ölçme ve değerlendirme araçlarından elde edilen sonuçları (1.-7. alt problemlere ilişkin) özetlemek gerekirse:

Sistem dinamiği yaklaşımı öğrencilerin;

- başarılarını ölçmeye odaklı ölçeklerde,
 - ✓ sarmal yaylar, iş-enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konularındaki başarılarını ölçmeye yönelik bilimsel başarılarında,
 - ✓ sebep-sonuç ilişkilerini anlamaya ilişkin başarılarında (sebep 2 ölçeği),
 - ✓ grafik çizme ve analiz etme becerindeki başarılarında (grafik 2 ölçeği)
 - ✓ sistem dinamiğinin temel kavramlarını öğrenmelerindeki başarılarında,

Fayda sağlamıştır.

- İlgi ve tutumlarını ölçmeye odaklı ölçeklerde,
 - ✓ Problem çözme becerilerine yönelik tutumlarında ve
 - ✓ Çalıştıkları ortamının yapılandırmacı bir öğrenme ortamı olup olmadığına yönelik tutumlarında olumlu bir gelişme sağladığı halde
 - ✓ Sebep-sonuç ilişkisini anlamaya ve grafik çizme-analiz etme becerilerine yönelik ilgi ve tutumlarında,

İstatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sebep olmamıştır. Fakat tutum ölçmeye odaklı tüm ölçekler için tutum puanlarının ortalamalarında deneysel çalışma sonrasında bir artış gözlenmiştir.

5.1.8.(8). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Sistem dinamiği yaklaşımı ilköğretim fen ve teknoloji dersinde uygulanırken hangi problemlerle karşılaşmaktadır?

8. alt probleme ilişkin sonuçlar, uygulama esnasında yapılan gözlemlerden ve öğrenci görüşlerinden yararlanılarak elde edilmiştir.

Öğrenciler sistem dinamiği yaklaşımı ile ilk defa tanıştıkları için bazı konularda sıkıntılar yaşamışlardır. Sistem dinamiği yaklaşımının stok, akış, geribesleme gibi temel elemanlarından bahsedildiğinde öğrenciler merakla dinlemişlerdir.

Tanıtım dersinde ilk modelleme küvet senaryosudur. Küvet senaryosu öğrencilerin sistem düşüncesini ve sistem dinamiği yaklaşımı ile model oluşturmayı en basit ve anlaşılır şekilde öğreten temel bir örnektir. Küvet örneğinin mantığını öğrenen öğrenciler diğer senaryolardaki stok ve akışları belirlemede daha az sorun yaşamışlardır. Tanıtım dersinin ilk üç senaryosunda öğrenciler basit modeller oluşturduklarından stok ve akışların ne olacağını belirlemede zorluk çekmeseler de döngüsel sebep-sonuç ilişkilerinin ilave edildiği son senaryoda biraz zorlanmışlardır.

Sarmal yay modelini oluşturdukları ilk derste öğrenciler stok ve akışın ne olacağına karar vermekte kararsız kalmışlardır. İlk denemede stok ve akışları doğru tespit edemeyen öğrenciler sıkılsalar da araştırmacının stok ve akışı buldurmaya yönelik sorgulayıcı tavrı ile modellerini oluşturmaya başlamışlardır. Sarmal yay modelinde stok ve akışları belirleyen öğrenciler modele yeni kavramlar eklerken, ilk başta gerekli gereksiz konuyla ilgili öğrendikleri her kavramı ara değişken olarak ilave etmişlerdir. Oluşturdukları modelin matematiksel parametrelerini yerleştirirken veya modelin grafiğini çizdikten sonra modelde bir hata olduğunu anlamışlar ve modeli daha anlaşılır hale getirmek için uğraşmışlardır. Sarmal yay modelini oluştururken öğrenciler en çok kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini bulmada

ve modelin matematiksel verilerini yerleştirmede zorlanmışlardır. Bunun yanısıra öğrenciler birden fazla değişken içeren bir grafiği yorumlamakta zorluk çekmişlerdir.

Bazı öğrenciler modelde matematiksel parametreleri yerleştirme noktasında başarısızdırlar. Bunun sebebi matematiksel eşitlikler ile kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkileri arasında bağlantı kuramamaları olabilir.

Bazı öğrenciler modelde yanlışlıklar yaptığı zaman sıkılırken bazı öğrenciler bulmaca çözer gibi modeli tekrar tekrar güncelleştirmekten zevk almışlardır. Bu durum öğrencilerin problem çözmeye becerileri ile ilişkilendirilebilir.

5.1.9.(9). Alt Probleme İlişkin Sonuçlar

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin fen bilimlerini uygulama ve yenilik üretme becerilerine katkısı nedir?

Öğrencilerin bizzat kendilerinin katıldığı etkinliklerde daha istekli çalıştıkları eğitimciler tarafından savunulan bir görüştür. Sistem dinamiği yöntemi ile öğrenciler bir sistemi bütün olarak ele alıp sistemi arkadaşları ile fikir alışverişinde bulunarak kendileri modeller. Modeli öğrendikleri bilgiler üzerinde inşa etmek, model üzerinde düzeltmeler yaparak yeni bir model geliştirmek öğrencilerin derse olumlu tutum geliştirmelerine yardımcı olur. Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçlara göre, öğrenciler senaryolar üzerinde bir sistemi modellemekten zevk aldıkları gözlemlenmiştir. Modelleme yaparken karşılaştıkları problemlerin kaynaklarını araştırırken ve problemi çözmeye çalışırken sadece modele odaklanmaları teneffüse bile çıkmak istememeleri şaşırtıcıdır.

Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenciler mikrodünya olarak adlandırılan benzetim ortamlarında modelleme yapma fırsatı bulurlar. Bir konuyu derinlemesine düşünerek ve bir bilim adamı disiplini ile çalışmak öğrencilere bilmediklerini öğrenme, keşfetme merakı sunar.

Sistem dinamiği bir problem tanımlama ve çözüme yaklaşımı olduğu için öğrencileri, çevrelerinde gerçekleşen problemleri fark etmeye yönlendirir. Çevresindeki bir problemi keşfeden öğrenci bu problemi sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yaparak çözmeye çalıştığında, problemini daha önceden öğrendiği konularla bağdaştırmaya çalışır. Günlük hayatta karşılaştıkları olayları öğrendiği konularla ilişkilendirmek yapılandırmacı öğrenmenin de hedeflerinden biridir. Bu noktada sistem dinamiği yaklaşımı yapılandırmacı öğrenme için önemli bir araç sağlar.

Sistem dinamiği yaklaşımı ile model oluşturmak ve modelini yeni değişkenlerle geliştirmek aslında sistemdeki yenilikleri keşfetme ve farklı düşünme becerilerini kullanmaya yönlendirir.

5.1.10. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Profillerine İlişkin Sonuçlar

Araştırmaya sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubundan 40, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubundan 41 olmak üzere toplam 81 ilköğretim 7. sınıf öğrencisi katılmıştır. Öğrencilerin aile yapısı, ev ortamı, boş zamanlarında yaptıkları etkinlikleri öğrenci profili belirleme ölçeği ile tespit edilerek araştırmaya katılan öğrenciler hakkında daha fazla bilgi toplanmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin anne ve babaları çoğunlukla ortaöğretim mezunudur ve her iki grupta da öğrencilerin çoğunluğu tek kardeşe sahiptir. Ev ortamları incelendiğinde öğrencilerin genellikle evlerinde bir çalışma odası ve bilgisayar vardır. Çalışmak için ideal bir ortama sahip öğrencilerin sayısı fazladır. Gerek evlerinde gerekse okullarında bilgisayar kullanan öğrenciler bilgisayarla ilgili temel becerilere de sahip olduklarını iddia etmişlerdir. Öğrenciler okuldan arta kalan zamanlarında günde 3-5 saat arasında televizyon izlediklerini ve bilgisayar oyunu oynadıklarını diğer zamanlarda da kitap okuyup ders çalıştıklarını ifade etmişlerdir. Genellikle televizyonda haber ve müzik programlarının yanısıra dizi filmleri izledikleri ortaya çıkmıştır. Sonuçları özetlemek gerekirse;

- Deney ve kontrol grubundaki öğrenciler birbirlerine yakın ekonomik duruma ve aile yapısına sahiptir. İki gruptaki öğrencilerin evlerinde çalışma ortamı mevcuttur.
- Her iki grupta da öğrenciler, bilgisayar kullanmaya yönelik temel becerilere sahiptir.
- Öğrenciler okuldan arta kalan zamanlarının çoğunu tv izlemek veya bilgisayar oyunları oynamak ile geçirdiği için dersleriyle ilgili yeni bilgiler öğrenmeye veya okulda öğrendiği bilgileri kavramaya yönelik çalışmalara zaman ayıramamaktadır.

5.2. Öneriler

5.2.1.(1). Alt Probleme İlişkin Öneriler:

Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı deney grubu ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası fen ve teknoloji dersine yönelik tutum puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

- ✓ Tutum gözlenebilen bir davranış değil davranışa hazırlayıcı bir eylemdir. Öğrencilerin bir konudaki düşünceleri, ilgileri onun konuyla ilgili tutumlarını ifade eder. Bu çalışmanın sonucunda görüldüğü gibi deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumları 8 haftalık bir deneysel çalışma sürecinde değişikliğe sebep olmamıştır. Gözlem ve görüşme sonuçları öğrencilerin tutumlarında olumlu bir yönde değişiklik olduğunu gösterse de bu değişiklik tutum puanlarına yansımamıştır. Sistem dinamiği yaklaşımının öğrenci tutumlarına etkisini daha net bir şekilde görebilmek için daha uzun bir öğrenme-öğretme sürecinin uygulanması gerekebilir.

5.2.2.(2). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan sarmal yaylar, iş, enerji, enerji çeşitleri ve enerjinin korunumu konuları ile ilgili bilimsel başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

- ✓ Deney grubundaki öğrencilerin başarıları sistem dinamiği yaklaşımı ile konuyla ilgili kavramları daha iyi öğrendiklerini göstermektedir. Modelleme yaparken öğrencilerin kavramları ve kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini daha iyi öğrenebilmeleri için modellerine daha fazla ara değişken ilave etmeye yönlendirilebilirler. Fakat bu durumda modelleri karmaşık hale gelebilir ve öğrenci kavramlar arasında yanlış ilişkiler kurabilirler. Öğretmenin rehberliğinde modelin genişletilmesi önerilebilir.

5.2.3.(3). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası problem çözme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

- ✓ Öğrenciler model geliştirme sürecinde sürekli problemlerle karşılaşmakta ve bu problemleri çözmeye yoğunlaşmaktadırlar. Bu davranış, onların problemlerle karşı karşıya kalıp, problemi çözmeye yönelik düşünmesi veya arkadaşlarından yardım alması ile bu becerilerinin gelişebileceğini açıklayabilir. Modelleme esnasında problemlerle karşılaşan öğrencilere, sıkıntıya girmeden probleme odaklanmalarını çözüm önerileri geliştirerek onları modellerinde denemeleri tavsiye edilebilir.

5.2.4. (4). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası grafik çizme ve analiz etme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

- ✓ İlköğretim fen ve teknoloji konularında özellikle fizik konularını içeren müfredatta grafik çizme önemli bir beceridir. Özellikle hareket ve kuvvet konularında grafik çizme ve yorumlamanın önemli bir yeri vardır. Sistem dinamiği ve yapılandırmacı öğrenme yaklaşımlarının hedeflerinde grafik çizme ve çizilen grafikleri analiz etme becerisi kazandırma yer almaktadır. Sistem dinamiği ile modelleme yapan bir öğrenci modelinin dinamik davranışını bir grafik ile ifade eder. Öğrencilerin grafik çizme becerilerini geliştirmek için öğrencilerden modeldeki her bir parametreye ilişkin grafikler çizmelerini ve çizdikleri grafikleri arkadaşlarıyla tartışmaları istenebilir.

5.2.5.(5). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

- ✓ Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımında öğrenciler bilgileri zihinlerinde yapılandırarak öğrenirler. Sistem dinamiği yaklaşımının özünü yapılandırmacı öğrenme felsefesi oluşturur. Bu yaklaşımla öğrenciler öğrendikleri her bir kavramı zihinlerinde ilişkilendirerek kaydederler. Dolayısıyla kavramlar arasındaki ilişkilerin etkili öğrenmede önemli bir yeri vardır. Sistem dinamiği yaklaşımı ile oluşturulan modellerde öğrenciler kavramlar arası sebep-sonuç ilişkileri ile modellerini genişletirler. Bir sistemdeki sebep-sonuç ilişkilerini belirlemek konunun derin bir şekilde öğrenildiğini gösterir. Bu çalışma sonuçları sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrencilerin sebep-sonuç ilişkilerini anlama becerilerinde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına göre daha fazla artış

gözenmiştir. Sistem dinamiği yaklaşımı yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına bu noktada destek olabilir. İki yaklaşım birbirini tamamlayıcı özellikte olduğu için birlikte kullanılması fen ve teknoloji dersi kapsamında yer alan konuların daha etkili öğrenilmesini sağlayabilir.

5.2.6.(6). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası sistem dinamiği kavramlarını öğrenebilme becerisi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Öğrenciler sistem dinamiği kavramlarını tanıtım dersinde öğrenmişlerdir. Deneysel süreç bitiminde sistem dinamiği kavramları hakkında daha fazla bilgiye sahip olmuşlardır. Öğrenciler sistem dinamiğine yönelik kavramları bu kavramlar ile ilgili günlük hayattan verilen örneklerle veya hikaye tarzında anlatımlarla sık sık tekrarlar yapılarak daha iyi öğrenebilirler.

5.2.7.(7). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin, deneysel uygulama sonrası yapılandırmacı öğrenme ortamı ölçeğine verdikleri cevaplara ilişkin puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır? Sistem dinamiği yaklaşımı ile yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı arasında herhangi bir ilişki var mıdır?

- ✓ Yapılandırmacı bir öğrenme ve öğretme ortamı sağlayan sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrencinin kendi başına modelini geliştirmesine ve düşüncelerini arkadaşlarıyla paylaşmasına daha çok zaman ayrılabilir. Öğretmen her konuda öğrenmeyi destekleyici bir rehber olmalıdır. Öğrencilerin yaptıklarını yakından takip edip onlara çözüm yollarına nasıl ulaşabileceklerini göstermelidir.

5.2.8.(8). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Sistem dinamiği yaklaşımı ilköğretim fen ve teknoloji dersinde uygulanırken hangi problemlerle karşılaşmaktadır?

- ✓ Öğrenciler bir sistemdeki kavramların neler olacağını tespit etmekte nispeten başarılıdır. Fakat bu kavramların arasındaki ilişkileri belirlemede zorluk yaşamaktadırlar. Bunun sebebi, öğrencilerin bir konuyu derinlemesine düşünmediklerinden ve kendilerini öğrenmek için zorlamamaları olabilir. Kavramlar arasındaki sebep sonuç ilişkilerinin daha iyi kavranması için, bunların kullanıldığı senaryolarla çalışma sayısı artırılabilir.
- ✓ Bir sistemde stok ve akışı belirleyemeyen öğrencilere küvet örneği hatırlatılarak tekrar düşünmeleri sağlanabilir.
- ✓ Öğrencilerin sistem dinamiği ile model oluştururken çok fazla sorun yaşamaması için ders öncesinde yapılan tanıtım dersinde modelleme yaparken kullanacakları temel elemanlar basitten karmaşığa doğru mutlaka öğretilmelidir. Sarmal yay modellemesini yapmadan önce öğrencilerin stok-akış diyagramlarını nasıl oluşturacakları, ara değişkenlerin nasıl ilave edileceği, matematiksel parametrelerin nasıl yazılacağı ve modelin grafiğinin nasıl çizileceği ile ilgili senaryolar üzerinde çalışmış olmalıdır. Gerekli yerlerde senaryolar tekrar edilmeli veya ek senaryolara başvurulmalıdır.
- ✓ Öğrencilerin modelleme becerisinin olabilmesi için matematisel eşitlikleri anlama ve kavramlarla ilişkilendirebilme becerilerine de sahip olmalıdır. Bu becerilere sahip olmayan öğrenciler önceden tespit edilerek ders öncesinde özel bir ders ile bu sorunlar ortadan kaldırılabilir.
- ✓ Grafik okuma ve grafiği yorumlama noktasında da öğrencilerde bazı temel sorunlar göze çarpmıştır. Grafik çizebilme ve çizdikleri grafikleri yorumlama becerisi modelleme öncesi öğretilirse öğrenciler açısından çok faydalı olur.

5.2.9.(9). Alt Probleme İlişkin Öneriler

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin fen bilimlerini uygulama ve yenilik üretme becerilerine katkısı nedir?

- ✓ Bilgiye teknoloji ile ulaşılan günümüzde öğrencilere derste teknolojik imkanlar sunmak hem öğrencilerin ilgisini çekebilir hem de daha etkili bir öğrenme sağlayabilir. Fakat bilgisayarın tek başına öğrencilerin ilgisini çekmesi ve öğrencilere yeni yetenekler kazandırması mümkün değildir. Bilgisayar destekli öğretimin başarılı olması için, stella ile sistem modelleri üretmek gibi öğrencilerin çok boyutlu bir şekilde yeteneklerini kullanmasını sağlayan yaklaşımlar kullanılmalıdır.
- ✓ Sistem dinamiği çalışmaları öğrencileri karşı karşıya kaldıkları dinamik-karmaşık sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlarla ilgilenmeye yönelik sorumluluk, cesaret ve becerilerle doldurur. Karmaşık konularla ilgili zihinsel modellerini açık bir şekilde tartışmak için genel bir dil ve araç sağlar. Öğrenciler sistemin nasıl çalıştığını öğrendikçe kendi uzay ve zaman sınırlarını genişletirler, çevrelerindeki sistemlerle kişisel ilişkilerinin etkilerini fark etme yeteneği kazanırlar. Öğrenciler uzun ve kısa dönem çözümleri ve farklı yapan şeyin ne olduğunu öğrenirler.

5.2.10. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Profillerine İlişkin Öneriler

Deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin profillerine ilişkin bilgileri arasında farklılıklar var mıdır?

- ✓ Öğrencilerin kişisel ilgi ve yetenekleri sistem dinamiğini öğrenebilme becerilerine etkide bulunabilir. Özellikle bilgisayar kullanmaya meraklı öğrenciler sistem dinamiğini öğrenmeye daha istekli olabilirler. Okullarda öğretmenler evde aileler öğrencileri bilgisayar öğrenmeye yönlendirmelidirler.

Öğrenciler modelleme yaparken bir yandan da öğrencilere sarmal yaylarla ilgili görsel materyaller, benzetim oyunları ile hazırlanmış deneyler gösterilirse konu öğrenci zihninde daha iyi somutlaşacağı için modellerini daha kolay oluşturabilirler.

- ✓ Öğrenci derse önceden sahip oldukları kavramlar ile geldiğinden dersten önce varsa kavram yanlışları veya alternatif kavramları tespit edilmelidir. Ayrıca modelleme yaparken de kavram yanlışları ortaya çıkabilir. Öğretmen modelleme esnasında öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını tespit etmeye yönelik sorular sorabilirler.
- ✓ Sistem dinamiği eğitimi hakkında öğrencilerin aileleri ile de görüşmeler yapılarak sistem dinamiğinin çocuklarına neler kazandıracığı ve ailelerin çocuklarına bu konuda nasıl yardım edebilecekleri anlatılabilir. Ailesinin de sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenmesine teşvik etmesi öğrencinin bu yaklaşımı daha çok kabullenmesine destek olabilir. Ailelerin de katıldığı sistem dinamiği eğitimi elbette daha etkili bir öğrenme sağlayacaktır.

5.2.11. Ölçme Araçlarının Geliştirilmesine İlişkin Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen araçlar şu yönlerde ek niteliklerle iyileştirilebilir:

- ✓ Tutum ölçeği gibi psikolojik testler geliştirmek başlı başına zor bir uğraştır. Bu çalışmada geçerli ve güvenilir bir tutum ölçeği kullanabilmek için hazırlanan tutum maddeleri 3 defa hedef kitleye uygulanıp, istatistiksel analizlerden sonra tekrar gözden geçirilmek suretiyle son halini almıştır. Tutum ölçeği gibi psikometrik ölçekler hazırlamak isteyen araştırmacılar ilk önce çalışma amacına uygun mevcut araçlar varsa onları kullanmaya odaklanabilirler.
- ✓ Bu çalışma kapsamında hazırlanan BBT, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ve Bloom taksonomisinin tanımladığı öğrenme basamaklarına göre sınıflandırmayı esas almıştır. BBT yer alan sorular Bloom taksonomisine göre incelendiğinde soruların %25'inin kavrama, %50'sinin uygulama ve

%25'inin analiz aşamasında yer aldığı görülmektedir. Sentez ve değerlendirme sorularının da testte yer alması testten daha iyi sonuçlar alma noktasında yararlı olabilirdi. Çünkü sentez ve değerlendirme soruları ile öğrencilerin konuları derinlemesine öğrenme becerileri daha rahat ölçülebilir. Ayrıca testte bilimsel süreç becerilerini ölçmeye yönelik soruların dağılımı eşit olabilirdi. Bu sayede ölçekteki sorular daha homojen bir dağılıma sahip olurdu.

- ✓ Öğrencilerin problem çözme becerisi ölçeğini cevaplandırırken zorlandığı gözlenmiştir. Bu sorunu aşmak için ölçekteki sorular öğrencilerin anlama seviyelerine göre yeniden düzenlenerek daha anlaşılır hale getirilebilir.
- ✓ Grafik çizme ve çizilen grafiği yorumlama, sistem dinamiği yaklaşımının temel özelliklerinden biridir. Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenim gören öğrencilerin grafik çizme hakkındaki düşünceleri ve bu konudaki becerileri bu araştırma kapsamında geliştirilen ölçek ile ölçülebilir. Fakat öğrencilerin grafik çizmeye yönelik ilgi ve tutumlarını belirlemek için oluşturulan tutum maddelerinin sayısı artırılabilirse daha olumlu sonuçlar alınabilir. Mevcut ölçekteki soru sayısı 10 adet. Psikometrik ölçeklerde ne kadar çok soru bulunursa, ölçeğin ölçme gücü o kadar yükselir. Grafik yorumlamaya ait alt boyutları birbirinden ayıran ek sorularla, ölçeğin ölçme hassasiyeti artırılabilir.
- ✓ Öğrencilerin sebep-sonuç arasındaki ilişkiyi anlamaya yönelik tutumlarını ölçmek amacıyla hazırlanan ölçekte (sebep 1 ölçeği) yer alan tutum maddelerinin sayısı artırılabilir. Uygulama grubundaki öğrencilerin düzeyine göre bu ölçekte değişiklikler veya ilaveler yapılabilir.
- ✓ Öğrencilerin sebep-sonuç ilişkisini anlayabilme becerileri ölçmeye yönelik hazırlanmış ölçeğe, geribesleme döngülerini anlayabilme becerilerini ölçmeye yönelik sorular da ilave edilebilir.
- ✓ Ölçekler bu çalışmadaki örneklem büyüklüğünden daha büyük bir örnekleme uygulanabilir. Ölçme araçlarının geçerlik ve güvenirlik çalışmalarında

örneklemnin büyüklüğü ölçek hakkında araştırmacıya daha fazla bilgi vereceğinden analiz sonuçlarının daha iyi çıkması noktasında faydalı olabilir.

- ✓ Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı sınıflarda bu çalışmada kullanılan geçerli ve güvenilir ölçme ve değerlendirme araçlarından yararlanılabilir. Çalışma alanının ihtiyaçlarına göre farklı ölçme ve değerlendirme araçlarından da yararlanılabilir. Mesela; sistem dinamiği yaklaşımının temeli olan sistemli düşünme becerisini ölçmek amacıyla bir ölçek geliştirilebilir veya daha önce Booth Sweeney ve Sterman (2000), Sterman (2000) tarafından geliştirilen ve pek çok araştırmacı tarafından da kullanılan sistemli düşünme anketinden yararlanılabilir. Öğrencilerin sistem dinamiği yaklaşımı ile model geliştirebilme becerilerini değerlendirebilmek için de bir ölçek geliştirilebilir.
- ✓ Deneysel çalışma öncesinde ve sonrasında çok fazla ölçme ve değerlendirme aracı kullanılması öğrencilerin sıkılmasına ve cevaplandırmak istememelerine sebep olabilir. O yüzden değerlendirme araçlarının farklı zamanlarda uygulanması öğrencilerin dikkatlerinin dağılmasını engelleyebilir ve daha objektif sonuçlar elde etmeye yardımcı olur.

5.2.12. Sistem Dinamiği Dersinin Planlanmasına İlişkin Öneriler

- ✓ Literatürde sistem dinamiği yaklaşımının eğitim alanında farklı kademedeki öğrenciler ile farklı konularda uygulanmasına yönelik çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada yer alan konular, sistem dinamiği yaklaşımı ile modelleme yapmak için ideal konular olduğu düşünüldüğü için seçilmiştir. Sarmal yay kütle sistemi ile ilgili modelleme yapmadan önce stella programı, model oluşturma ve modeli test etme becerileri tanıtım dersinde öğretilmelidir. Sistemin temel elemanları olan stok, akış, geribesleme, sebep-sonuç ilişkileri, grafik çizme ve yorumlama becerileri öğrencilere önceden örnek senaryolar ile kavratılırsa öğrenciler sarmal yay sistemini daha kolay modelleyebilirler. Modelleme yaparken sıkıntılarla karşılaşan öğrencileri sabırlı olmaya yönlendirerek problem çözme becerilerinin gelişmesine fırsat verilmelidir.

- ✓ Öğrenciler sistem dinamiği yaklaşımının temelini oluşturan sistem kuramının stok-akış, sebep-sonuç ilişkisi gibi elemanlarını 4 ders saatinde (40 dak+10 dak teneffüs) farklı senaryolar üzerinde öğrenmişlerdir. İlköğretim öğrencilerinin sistem kuramının temel elemanlarını öğrenmeleri için 4 ders saati yeterli olmasına rağmen, çalışmanın kapsamına, öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçlarına göre bu süre artırılabilir.
- ✓ Tanıtım dersinde, öğrencilerin üzerinde çalıştıkları senaryoların basit ve anlaşılır bir dille ifade edilebilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Öğrencilerin zihninde karışıklığa neden olan ifadelerden kaçınılması konuların daha net anlaşılmasını sağlar.
- ✓ Ayrıca sistem dinamiği elemanlarını öğretmek için senaryoları görselleştirmek veya hikaye şeklinde anlatmak gibi yöntemler kullanılırsa öğrencilerin daha çok ilgisini çekebilir.
- ✓ Sistem dinamiğinin elemanlarını öğrenmek için temel senaryolardan biri olan küvet sisteminin nasıl çalıştığına dair animasyon üzerinde uygulama yapmak gibi yenilikçi teknikler uygulanabilir.
- ✓ Sistem dinamiği yaklaşımının fen ve teknoloji dersinde uygulanmasına yardımcı olacak ders planlarının ve diğer yararlı araçların hazırlanmasında ve uygulanmasında şu gibi özelliklere dikkat edilmelidir:
 - öğrencilere ilk önce bir tanıtım dersinde sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilere neler kazandıracığı, onların öğrenmelerine nasıl yardımcı olacağı anlatılarak öğrenmeye karşı merak uyandırılmalıdır.
 - daha sonra sistem dinamiği yaklaşımı ile model oluşturmak için stella programının nasıl çalıştığını öğrencilerin keşfetmesine olanak sağlanmalıdır.
 - Stella programını öğrenen öğrencilere model oluşturma basitten karmaşığa doğru ilerleyen senaryolarla öğretilmelidir.

- sunulan materyallerin görsel olmasına dikkat edilmeli ve senaryolar öğrencilerin ilgisini çekecek şekilde tasarlanmalıdır. Stok-akışı belirlemeye yönelik temel senaryolar üzerinde çalışıldıktan sonra sebep-sonuç ilişkileri ve geribesleme döngüleri içeren senaryolara başlanmalıdır. Daha karmaşık modeller için süre artırılabilir. Modelleme öncesinde esnek bir zamanla planı hazırlanabilir, bu öğretmenin zamanı doğru bir şekilde yönetebilmesine yardımcı olur.
- Modelleme yaparken öğrenciler modeli adım adım geliştirmeye yönlendirilmelidir. Dersten önce ders materyalleri hazırlanırken de model tek adımda geliştirilmemeli, öğretilecek kavramlar, adım adım modele eklenmeli.
- Model geliştirme aşamasında öğrencilerin arkadaşlarıyla iletişim kurmalarına izin verilmelidir. Temel problem anlatıldıktan sonra, 10 dakika kendi başlarına çalışmalarını için süre tanınmalıdır. Bu sırada yaşadıkları güçlükleri öğrenmek için, öğrencilerden o ana kadar yaptıkları modelleri kaydetmeleri istenebilir. Öğretmen bunları daha sonra değerlendirerek bir sonraki dersi yaşanan sorunları göz önünde bulundurarak tasarlar.
- Öğretmen her 10 dakikanın ardından, öğrencilerin eksiklerine yardımcı olmalı, gerekli yerlerde müdahale edebilmelidir. Özellikle ara değişkenlerin tespitinde çok fazla zorluk yaşandığı için, bu aşamada öğrencilere ek zaman ve destek sunulabilir. Ayrıca problemi doğru çözen öğrencilerin arkadaşlarına yardımcı olması istenebilir, bu davranış öğrencilerin aktif bir şekilde derste rol almalarını sağlar.

5.3. Tartışma

Eğitim ve öğretimle ilgili çalışmalarını değerlendirebilmek için geliştirilen psikometrik ölçekler, zor ve zahmetli bir hazırlanma süreci gerektirir. Sistem dinamiği yaklaşımını uygulayan araştırmacılar genellikle sistemli düşünme anketleri ve başarı testleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Sweeney ve Sterman (2000), örnek senaryolarla öğrencilerin sistemli düşünme becerilerini ölçmek amacıyla sistemli

düşünme anketi geliştirmişlerdir. Bu ölçeği pek çok araştırmacı (Pala ve Vennix, 2005; Ossimitz 2002) sistem dinamiği çalışmalarında kullanmış ve olumlu sonuçlara ulaşmışlardır. Evans (1988), üniversitede yönetim konularında sistem dinamiği yaklaşımının etkisini araştırırken çoktan seçmeli başarı testi ve kritik düşünme ölçeği kullanmıştır. Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005), su döngüsü konusunda öğrencilerin sistemli düşünme becerilerinin gelişmesini, kavram haritaları, kelime eşleştirme soruları ve devirli düşünme anketi gibi ölçme araçları kullanarak araştırmışlardır.

Bu tez çalışmasında ise birden fazla ölçme ve değerlendirme aracından yararlanılmıştır. Fakat teorik olarak ölçme araçları tutum ölçekleri ve başarı testleridir. Tutum ölçekleri: fen ve teknoloji dersi tutum ölçeği, problem çözme becerisi envanteri, grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeği (grafik-1) ve sebep-sonuç ilişkisi ölçeğidir (sebeb-1). Başarı testleri: çoktan seçmeli bilimsel başarı testi, açık uçlu grafik çizme ve analiz etme becerisi ölçeği (grafik-2) ve sebep-sonuç ilişkisi ölçeğidir (sebeb-2). Sistem dinamiği uygulamalarında kullanılan ölçme araçlarından problem çözme becerisi ölçeği dışındaki diğer tutum ölçeklerinde istatistiksel olarak .05 düzeyinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Öğrencilerin tutum puanlarının ortalamalarında bir artış olmuştur. Ayrıca gözlem sonuçlarına göre de, öğrencilerin gerek derse yönelik tutumlarında gerekse diğer becerilere yönelik tutumlarında fark edilebilir bir gelişme kaydedilmiştir. Bu durumun sebepleri dört farklı şekilde tartışılabilir: Ölçeklerdeki tutum maddelerinin sayısının az olması, örneklem boyutunun ve uygulama süresinin yetersiz olması veya ölçeklerin ayırt edici olmaması. Bu kriterler değiştirilerek yapılacak uygulamalardan elde edilen sonuçlar bu tezden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak yeni bilgilere ulaşılabilir.

Sistem dinamiği yaklaşımının ilk uygulandığı okullarda öğrenciler, okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürütmüşler, zaman zaman kendi velilerini de ders projelerine katacak kadar müfredata ilgi duyar hale gelmişlerdir. Fakat, uygulamaya yönelik pratik ilkelerin uygulayıcı öğretmenler tarafından ihmal edilmesi uygulamaların istenilen düzeye gelmediğini göstermiştir (Forrester, 1996). Bu durum, bu yaklaşımın başarısız veya pratik olmadığı anlamına gelmedi. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı okullarda, ABD başta olmak üzere Almanya,

İskandinavya ülkeleri, Çin, Japonya gibi diğer ülkelerde, elde edilen başarılar yayılım ile ilgili sorunları çözmeye yönelik araştırmaları yapmaya değecek kadar yüksekti. Ülkemizde sistem dinamiği yaklaşımı eğitimde bir öğrenme ve öğretme yöntemi olarak henüz kullanılmasa da ileri zamanlarda yapılan çalışmamlarla ülkemizde de yaygınlaşacağı ümit edilmektedir. Eğer bu yaklaşımın uygulanmasını kolaylaştıracak müfredat ve teknikler geliştirilecek olursa yayılmasında ve dolayısıyla öğrencilerin eğitim seviyelerinde anlamlı ilerlemeler olacağı düşünülmektedir.

Sistem dinamiği yaklaşımını okullarda pratik bir şekilde uygulamak amacıyla sistem dinamiği tabanlı müfredat projeleri geliştirilmiştir (Mandinach, 1989; Mandinach ve Cline, 1994; Fisher, 1994; Zaraza ve Fisher, 1997; Alessi, 2005). Bu projeler sistem dinamiği yaklaşımını sınıflarında uygulamak isteyen öğretmenler için pek çok yeni fikir ve yararlı modeller sağlamıştır.

Bu projelerin uygulanmasında bazı zorluklarla karşılaşıldığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Forrester, (1992) öğrencilerin model oluştururken genellikle stok ve akışı karıştırmaya yöneldiklerini, Alessi (2005) ise, öğrencilerin bazen geliştirdikleri modellerde akış ile sebep-sonuç ilişkisininin ne olacağına karar vermekte zorlandıklarını tespit etmiştir. Bu tez çalışmasının uygulama sürecinde karşılaşılan sorunlar da literatürde behsedilen sorunlarla paralellik göstermektedir. Öğrenciler ilk sarmal yay modelini oluştururken stok ve akışları belirlemede kısa bir süre kararsız kalmışlardır. Öğrencilerin model oluştururken en çok zorlandıkları nokta, kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ve geribesleme döngülerini belirleyebilmektir. Sarmal yay modelinde stok ve akışları belirleyen öğrencilerden bazıları modellerini genişletirken, ilk başta konuyla ilgili öğrendikleri her kavramı modellerine ara değişken olarak ilave etmişlerdir. Ara değişkenleri ilave ettikçe modelleri karmaşık hale geldiğinden değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini belirlemede kararsız kalmışlardır. Alessi'nin (2005) tespit ettiği gibi, zaman zaman gerçeği yansıtan modeller yerine gereksiz bir şekilde soyut ve karmaşık modeller oluşturma eğilimleri vardır. Modelleri çalışmadığı zaman öğrenciler hata yaptıklarını anlayıp modellerini sadeleştirme yollarını araştırmışlardır. Bazen de modellerini

tamamen silip yeniden model oluşturma yolunu tercih etmişlerdir. Öğrencilerin stok ve akışı, sebep-sonuç ilişkilerini modellerinde doğru bir şekilde tespit edebilmeleri için neler yapılmalı sorusu üzerinde tartışmakta yarar vardır.

Stok ve akışı öğretmenin en kolay yolu küvet senaryosudur. Pek çok araştırmacı (Sweeney ve Sterman, 2000; Senge, 2002; Barlas, 2002) temel sistem dinamiği çalışmalarında küvet senaryosunu kullanmışlardır. Tez çalışmasında da sistem dinamiği tanıtım dersindeki ilk senaryoda küvete gelen ve çıkan su rneği ile stok ve akış kavramları öğretilmiştir. Gözlem sonuçları küvet örneğindeki stok ve akışın mantığını iyi öğrenen öğrencilerin diğer modellerde de stok ve akışı daha kolay bulduklarını göstermiştir. Ayrıca sarmal yay modelinde stok ve akışı karıştıran öğrencilere, küvet senaryosunda stok ve akışların nasıl belirlendiği hatırlatılmıştır. Dolayısıyla öğrencilerin bir modeldeki stok ve akışı doğru tespit edebilmeleri için küvet senaryosu ideal olabilir.

Bir modelde doğru sebep-sonuç ilişkileri kurabilen bir öğrenci konuyu derinlemesine öğrendiğini ispat eder. Öğrendiği kavramları mantıksal erevde birbiri ile ilişkilendirebilmek sistem dinamiğinin temelini oluşturur. Modelinde sebep-sonuç ilişkilerini tespit etmede zorluk yaşayan öğrenciler için öğretici nitelikte nasıl bir yol izlenmesi gerekir? Aslında konuyla ilgili matematiksel eşitlikleri bilmek sebep-sonuç ilişkilerini tespit edebilmede kolaylık sağlayabilir. Burada iki farklı durum göze çarpmaktadır: matematiksel eşitliklerle sebep-sonuç ilişkilerini tespit etmek ya da sebep-sonuç ilişkileri ile matematiksel eşitlikleri öğrenebilmek. Bu tez çalışması ile elde edilen gözlem verileri, öğrencilerin konuyla ilgili matematiksel eşitlikleri hatırlamada zorluk yaşadıklarını göstermiştir. Çoğu öğrenci matematiksel bağıntıları ezberleyerek öğrendikleri için kolaylıkla unutma eğilimindedirler. Dolayısıyla sebep-sonuç ilişkilerinden elde ettikleri verilerle matematiksel eşitlikleri öğrenmeleri daha geçerli olabilir. Sebep-sonuç ilişkileri ile modelin matematiksel temelini yanlış oluşturma ihtimali çok yüksek olduğundan öğretmenin bu konuda rehberliği çok önemlidir.

Öğrenciler modelleme yaparken iki farklı yol izleyebilirler: ilki, basitten karmaşığa doğru modeli geliştirmek, diğeri modeli bir bütün halinde oluşturduktan sonra model üzerinde değişiklik yaparak modeli geliştirmek. Öğrenciler her iki yolla da modellerini geliştirebilirler. Öğrenciler ilgi ve yeteneklerine göre modelleme tarzını kendileri tercih edebilirler. Bu tez çalışmasında, öğrenciler kendi tercihlerine göre modelleme tarzlarını seçmişlerdir.

Sistem dinamiği yaklaşımını kullanan öğretmenler ve araştırmacılar öğrenen merkezli ve disiplinler arası bir yaklaşımla mevcut müfredatlarının geliştirileceğini (Lyneis, 2000), ayrıca öğrencilerin zamanla değişim grafiklerini, sebep-sonuç ve stok/akış diyagramlarını ve sistem dinamiği modellerini kullanarak disiplinler arası problemlerin sonuçlarını anlamaya çalışır hale geldiklerini (Forrester, 1996) gözlemlemişlerdir. Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar öğrencilerin problem çözme becerilerinin gelişimi noktasında bu bilgileri destekleyici niteliktedir. Sonuçlar sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilerin problem çözme becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilerlemeye sebep olduğunu göstermiştir. Neden sistem dinamiği öğrencilerin problem çözme becerilerinde bir ilerlemeye sebep olabilir? Çünkü sistem dinamiği ile modelleme yapan öğrenciler, modelleme sürecinde sürekli problemlerle karşılaşır ve bu problemleri hem bireysel hem de arkadaşlarıyla birlikte çözmek için uğraşırlar. Modelleri tamamlanıncaya kadar modellerindeki problemleri tespit etme ve problemleri çözmeye yönelik fikir üretme çalışmaları, öğrencileri problem çözmeye yönelik olumlu bir tutum geliştirmeye yönlendirebilir.

Pek çok araştırmacı ve öğretmen (Clauzet, 1982; Hassell, 1987; Evans, 1988; Webb, 1988; Draper and Swanson, 1990; Hopkins, 1992; Davidsen ve arkadaşları, 1993; Ossimitz, 1996; Zaraza ve Fisher, 1997; Coffin, 1999; Ticotsky, Quaden ve Lyneis, 1999; Alessi, 2000; Lyneis ve Fox-Melanson, 2001; Shaffer, 2006; Cruz ve arkadaşları, 2007) sistem dinamiği yaklaşımını sınıflarında uygulayarak ya da deneysel çalışmalar yaparak olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Bu tez çalışmasında da sarmal yay kütle sistemi sistem dinamiği yaklaşımı ile modellenmiş ve öğrencilerin başarılarında, problem çözme ve diğer becerilerinde olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Bu sonuçlar literatürdeki sonuçları destekleyici niteliktedir.

Schecker, (1994), Zaraza ve Fisher (1997), Fisher (2000), Hirsh (2002), Schecker (2005), hareket ve kuvvet konularının (sürat, konum, ivme, Newton'un hareket kanunları, vb.) sistem dinamiği yaklaşımı ile öğretilmesine yönelik modeller geliştirdiler ve sınıflarında bu modelleri uyguladılar. Literatürdeki çalışmalarda ölçme ve değerlendirme aracı olarak Schecker (2005), kuvvet kavram testi (force concept inventory–FCI), hareket hakkında görüşmeler, model yapılandırma ve yorumlama testini kullanırken diğer araştırmacılar öğrencilerin geliştirdikleri modelleri yorumlamışlardır. Bu tez çalışmasında ise sistem dinamiği ile öğrenim gören öğrenciler sarmal yay modeli geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımın tutum, başarı ve farklı becerilere etkisi nicel ve nitel veri toplama araçları bir arada değerlendirilerek daha objektif sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Sarmal yayların özellikleri, sarmal yaylarda iş, enerji ve enerji çeşitleri konularının ilköğretim öğrencileri tarafından modellenmesi ve sonuçların farklı ölçme araçları ile değerlendirilmesi literatürde bir yenilik olarak düşünülebilir.

Forrester (1992)'a göre sistem dinamiği okul öncesinden daha ileri seviyelere kadar eğitimde gençlerin enerjisini, merakını ve yaratıcılığını yönlendirir. Bu tez çalışması ile sistem dinamiği yaklaşımı, ilköğretim öğrencilerinin ilgileri, heyecanları ve merakları ile şekillenerek anlamlı ve yapılandırmacı öğrenmeye destek olmuştur. Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçlar, öğrencilerin bir konuyu yeni bir yöntemle ve özellikle onların ilgilerini çeken bilgisayar ortamında öğrenmelerinin, öğrenmeye yönelik isteklerini de artırdığını göstermiştir.

Forrester (1994), sistem dinamiğinin öğrencilere sağladığı faydaları tanımlamıştır. Bir sistem dinamiği eğitimi şu üç amacı başarmalıdır:

1. Kişisel becerileri geliştirmelidir. İnşa etmeyi öğrenme ve bilgisayar simülasyonunu kullanma açıklık ve temel gelişmiş iletişim sağlamalıdır. Alışılmadık fikirler oluşturmada cesaretlendirici olmalıdır. Yaşadığımız

karmaşık dünyayla tutarlı kişisel bir felsefe aşılmalıdır. Örneğin öğrenciler sistemin parçalarını anlamlandıran karşılıklı bağılılığı ve ilişkileri araştırmaya değer vermelidir.

2. Bugünün ihtiyaçlarına cevap vermek için kişisel bir bakış açısı şekillendirmelidir. Öğrencilere kendi geleceklerini şekillendirebilme ve sebep ve sonuçlar için kişisel bir şekil oluşturabilme noktasında güven vermelidir. Sistemlerle birlikte çalışmak zihinsel modellerin zayıf ve kuvvetli yönlerini ortaya çıkarmalı ve zihinsel ve bilgisayar modellerinin birbirlerini nasıl kuvvetlendirebildiklerini göstermelidir.
3. Daha iyi karar vermek ve problem çözmek için karmaşık sistemlerin doğası anlatılmalıdır. Uzun bir sistem çalışmasından sonra öğrenciler sistemin aldatıcı doğasının farkına varabilmelidir.

5.4. Sistem Dinamiği Uygulayıcı Öğretmene Tavsiyeler

- STELLA ile modelleme yapmanın kolay olduğu noktasında öğrencilerinize güven verin.
- Öğrencileri bireysel (veya grupla) çalışmalarını ve modelde eğitimciyi takip etmeleri için yönlendirin.
- Öğrencilerden yeni öğrendikleri kavramları daha önceden öğrendikleri ile ilişkilendirmelerini isteyin.
- Öğrencileri olaylar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini fark etmeleri için yönlendirin.
- Modellerini adım adım geliştirmelerini isteyin ve her bir adımı kaydetmenin değerini vurgulayın.
- Öğrencilerin birbirleri ile fikir alışverişinde bulunmaları için izin verin, gerekli yerlerde geliştirdikleri modeli sorgulamaları için fırsat yaratın.
- Öğrencilere modeli geliştirebilmeleri için yeterli zaman tanıyın.
- Öğrenciler modelleme yaparken onların arasında dolaşın ve karşılaştıkları problemleri çözmelerinde yardımcı olun.

- Bazı öğrenciler diğerlerinden önce bitirecek olursa diğerlerinin bitirmelerini beklerken onlara yapacakları yeni işler bulun. Erken bitiren öğrencilere yeni problem konuları bulmak bir alternatiftir.
- Öğrencilerin geliştirdikleri modelleri inceleyin, kavram yanlışları veya sebep sonuç ilişkilerinin yanlış kullanımı varsa doğruları ile düzeltmelerine destek olun.

KAYNAKLAR

Abbott, M. D. and Stanley, R. S. (1999). *Modeling groundwater recharge and flow in an upland fractured bedrock aquifer*. **System Dynamics Review**, **15(2)**, 163–184.

Albin, S. (1996). Four Sample Lesson Plans: Translated from German. System Dynamics in Education Project. www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM1996-05FourSampleLessons.pdf –

Erişim tarihi: Haziran, 2006.

Alessi, S. M. (2000). *Designing Educational Support in System-Dynamics-Based Interactive Learning Environments*. **Simulation&Gaming**. **31(2)**, 178-196.

Alessi, S. (2005). The Application of System Dynamics Modeling in Elementary and Secondary School Curricula.

<http://web.archive.org/web/20060304015136/http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/charlas/alessi.htm>

Erişim tarihi: Mart, 2006.

Anderson, V. and L. Johnson. 1997. *Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops*. Pegasus Press, Cambridge, MA.

Balcı, A. (2001). **Sosyal bilimlerde araştırma: Yöntem, teknik ve ilkeler**. Ankara: Pegem Yayıncılık.

Barlas, Y. (2002). **System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis in Knowledge for Sustainable Development - An Insight into the Encyclopedia of Life Support Systems**. UNESCO Publishing-Eolss Publishers, Paris, France, Oxford, UK.

Barlas, Y. (2005a). *Dinamik sistem yaklaşımı: Modeller, kurumsal öğrenme ve sorun çözme – I*. **Endüstri ve Otomasyon Dergisi (94)**.

- Barlas, Y. (2005b). *Dinamik sistem yaklaşımı: Modeller, kurumsal öğrenme ve sorun çözme - II. Endüstri ve Otomasyon Dergisi(95)*.
- Ben-Zvi Assaraf, O., and Orion, N. (2005). *Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. Journal of Research In Science Teaching, 42 (5): 518-560.*
- Booth Sweeney, L. (2000). **Bathtub dynamics: Initial results of a systems thinking inventory.** <http://web.mit.edu/jsterman/www/bathtub.pdf>.
Erişim tarihi: Kasım, 2007.
- Booth Sweeney, L. and Sterman, J. D. (2000). *Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory. System Dynamics Review, 16(4), 249-286.*
- Brown, G. S. (1992). *Improving Education in Public Schools: Innovative Teachers to the Rescue. System Dynamics Review, 8(1), 83-89.*
- Bryman, A., and Cramer, D. (1997). **Quantitative data analysis with spss for windows: A guide for social scientists.** New York: Routledge.
- Buluş, M. (2001). *Kişi algı ölçeğinin öğretmen adayları için güvenilirlik ve geçerlik çalışması. Eğitim Araştırmaları, 5, 29-35.*
- Büyüköztürk, Ş. (2001). **DeneySEL Desenler: Öntest-Sontest Kontrol Grubu Desen ve Veri Analizi.** Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). *Faktör Analizi: Temel Kavramlar ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi. 32, 470-483.*
- Büyüköztürk, Ş. (2003). **Veri Analizi El Kitabı,** Pegem A Yayıncılık, Ankara.

- Chilcott, J. D. (1996). Effective Use of Simulations in the Classroom. Catalina Foothills School District System Dynamics Project. www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM1996-01EffectiveUseOfSims.pdf –
Erişim tarihi: Haziran, 2006.
- Clauset, K. H. and Gaynor, A. K. (1982). *A Systems Perspective on Effective Schools*. **Educational Leadership**, 40(3): 54-59.
- Creswell, J. W. (1994). **Research Design, Qualitative & Quantitative Approaches**. Sage Publications, London.
- Coffin, S. (1999). Getting Started with Systems Thinking in the Primary Grades. www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM1999-03GettingStartedST.pdf –
Erişim tarihi: Haziran, 2006.
- Cohen, L., Manion, L., and Morrison, K. (2000). **Research Methods in Education**. 5th Edition, Routledge/ Falmer, Taylor&Francis Group, London.
- Cruz M., González M. T., Restrepo M. P., and Zuluaga M. L. (2007). *Colombian Classroom Experiments: A Preliminary Report*. **CLE Newsletters**, 16 (1), 9-11.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, M. F. (1996). **Fizik Öğretimi**. Milli Eğitim Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitim Deneme Basımı, Ankara.

Çepni, S. ve Özsevgeç, T. (2002). **Science teachers' assessment tools and their relation with students' cognitive development, Changing Times, Changing Needs.** First International Conference On Education, Eastern Mediterranean University, Gazimagusa, NRTC.

Dağ, İ. (2002). *Kontrol odağı ölçeği (KOÖ): Ölçek geliştirme, güvenirlik ve geçerlik çalışması.* **Türk Psikoloji Dergisi**, 17, 77-90.

Dauidsen, P. I., Bjurklo, M., and Wikström, H. (1993). *Introducing system dynamics in schools: the Nordic experience.* **System Dynamics Review**, 9(2): 165-181.

Draper, F. and Swanson, M. (1990). *Learner-Directed Systems Education.* **System Dynamics Review**, 7 (2): 209-213.

Draper, F. (1993). *A Proposed Sequence For Developing Systems Thinking In K-12 Curriculum.* **System Dynamics Review**, 9(2), 207-214.

Deaton, M. L., and Winebrake, J. J. (2000). **Modeling of Environmental Systems.** Springer-Verlag, New York.

Grant, W. E., Pedersen, E. K., and Marín, S. L., (1997). **Ecology and Natural Resource Management: Systems Analysis and Simulation.** Wiley, New York.

Guo, H. C., L. Liu, G.H. Huang, G. A. Fuller, R. Zou, and Y. Y. Yin. (2001). *A System Dynamics Approach for Regional. Environmental Planning and Management: A study for Lake Erhai Basin.* **J. Environ. Manage.** 61: 93–111.

Evans, J. K. (1988). **Application of System Dynamics as a Strategy for Teaching Management Concepts.** Boston University. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

- Fer, S., ve Cırık, İ. (2006). *Öğretmenlerde ve öğrencilerde, yapılandırmacı öğrenme ortamı ölçeğinin geçerlik ve güvenilirlik çalışması nedir?* **Edu 7, 2 (1)**, 1-26.
- Feuer, M. J., Towne, L., and Shavelson, R.J. (2002). *On the Science of Education Design Studies*. **Educational Researcher**, **31,(8)**, 4-14.
- Fisher, D. M. (1994). **Teaching System Dynamics to Teachers and Students in 8-12 Environment**. 1994 International System Dynamics Society Conference Sterling, Scotland.
- Fisher, D. M. (2000). **System Dynamics Models Created by High School Students**. 18 th International System Dynamics Society Conference, Bergen Norway.
- Ford, A. (1999). **Modeling the Environment: An Introduction to Systems Dynamics Modeling of Environmental Systems**. Island Press. Washington, DC.
- Forrester, J. W. (1961). **Industrial Dynamics**. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (1968). **Principles of Systems**. Cambridge: MIT Press.
- Forrester, J. W. (1969). **Urban Dynamics**. Cambridge, The MIT Press, MA, USA.
- Forrester, J. W. (1971). **World Dynamics**. Wright-Allen Press, Cambridge, Massachusetts, MA, USA.
- Forrester, J. W. (1987). *14 Obvious Truths*. **System Dynamics Review**, **3(2)**, 156-159.

- Forrester, J. W. (1973). **World Dynamics** (2 ed.). Waltham, MA: Pegasus Communications, 144.
- Forrester, J. W. (1992). *Road Map 1: System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Forrester, J. W. (1994). **Learning through system dynamics as preparation for the 21st century**. System thinking and dynamic modelling conference for K-12 education. Concord, MA.
- Forrester, J. W. (1995). *Road Map 1: Counterintuitive Behaviour of Social Systems*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Forrester, J. W. (1996). *Road Map 1: System Dynamics and K-12 Teachers*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Forrester, J. W. and et.al. (2002). **The future of system dynamics and learner-centered learning in K-12 education**. A Report from the Planning Meeting. 20 th International System Dynamics Society Conference, Palermo, Italy.
- Frank, M. (2000). *Engineering systems thinking and systems thinking*. **Systems Engineering**, 3, 63–168.
- Fruiland, R. M. (2006). **System thinking and science-based controversies for learning, teaching and collaboration: What do student teachers think?** University of Washington graduate school. (Yayınlanmamış doktora tezi).

Gudovitch, Y. (1997). **The global Carbon cycle as a model for teaching “earth systems” in high school: Development, implementation, and evaluation.** The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi).

Hassell, D. J. (1987). **The role of modelling activities in the humanities curriculum, with special reference to geography: an investigate study.** London: King’s College.

Heppner, P. P. and Petersen, C. H. (1982). *The Development and Implications of a Personal Problem-Solving Inventory.* **Journal of Counseling Psychology.** **29(1)**, 66-75.

Hirsh, G.B. (2002). *Using Dynamics Simulation to Teach Physics in a Real-World Context.*
<http://www.clexchange.org/ftp/documents/Science/SC2006-04DynamSimPhysics.pdf>

Erişim Tarihi: Eylül, 2007

Hopkins, P. L. (1992). *Simulating Hamlet in the Classroom.* **System Dynamics Review**, **8 (1)**, 91-98.

Hovardaoğlu, S. & Sezgin, N. (1998). *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme Standartları.* Ankara: Türk Psikologlar Derneği ve ÖSYM yayını.

Jensen, E. and Brehmer, B. (2003). *Understanding and Control of a simple dynamic system.* **System Dynamics Review**, **19**, 119-137.

Kaiser, H. F. (1974). *An index of factorial simplicity.* **Psychometrika**, **39(1)**, 31-36.

- Kali, Y., Orion, N., and Elon, B. (2003). *The effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system.* **Journal of Research in Science Teaching**, **40**, 545-565.
- Karasar, N. (2002). **Bilimsel Araştırma Yöntemi.** Anı yayıncılık, 11. baskı, Ankara.
- Kauffman, D. L. (1980). **Systems One: An Introduction to Systems Thinking.** Future Systems.
- Kim, D., (1999). **A Strategy for Building Competence; in The Dance of Change** (Senge et. al). Nicholas Brealey Publishing.
- Klieme, E., and Maichle, U. (1991). Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht. Bericht über eine Pilotstudie zur Unterrichtsevaluation. Translated from Germany; Ossimitz, G. (2000). **Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany.** System Dynamics Conference in Bergen, Norway.
- Klieme, E., and Maichle, U. (1994). Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Auswertungen von Unterrichtsversuchen mit dem Modellbildungssystem MODUS. Translated from Germany; Ossimitz, G. (2000). **Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany.** System Dynamics Conference in Bergen, Norway.
- Korkut, F. (2002). *Lise Öğrencilerinin Problem Çözme Becerileri.* **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, **22**: 177-184.
- Laszlo, E. (1972). **Introduction to Systems Philosophy. Toward a New Paradigm of Contemporary Thought.** San Francisco: Harper.

- Leonard, A., and Beer, S. (1994). **The Systems Perspective: Methods and Models for the Future**. In Futures Research Methodology, Edited by AC/UNU Millenium Project.
- Lyneis, D. A. (1995). Systems Thinking "in 25 Words or Less".
www.clexchange.org/ftp/documents/whyk12sd/Y_1995-08STIn25WordsOrLess.pdf
Erişim tarihi: Haziran, 2006.
- Lyneis, D. A. (2000). **Bringing system dynamics to a school near you suggestions for introducing and sustaining system dynamics in K-12 education**. International System Dynamics Society Conference Bergen, Norway.
- Lyneis, D. A. and Fox-Melanson, D. (2001). **The Challenges of Infusing System Dynamics into a K-8 Curriculum**. International System Dynamics Society Conference, Atlanta, Georgia.
- Mandinach, E. (1989). *Model building and the Use of Computer Simulation of dynamic Systems*. **Journal of Educational Computing Research**, 5(2), 221-243.
- Mandinach, E. B., and Cline, H. F. (1994). **Classroom Dynamics: Implementing A Technology-Based Learning Environment**. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.
- Martin, L. A. (1997a). Road Map 2: The First Step. MIT System Dynamics in Education Project. <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM2/D-4694.pdf>
Erişim tarihi: Temmuz, 2005.

Martin, L. A. (1997b). *Road Map 2: Beginner Modelling Exercise*. MIT System Dynamics in Education Project.

Martin, L. A. (1997c). *Road Map 2: An Introduction to Feedback*. MIT System Dynamics in Education Project.

<http://sysdyn.clexchange.org/sdep/Roadmaps/RM2/D-4691.pdf>

Erişim tarihi: Temmuz, 2005.

Meadows, D. H. (1973). **Toward Global Equilibrium**. Collected Papers, Wright-Allen Press, MA, USA.

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., and Behrens W. W. III., (1972). **The Limits to Growth**. New York: University Books. [ISBN 0-87663-165-0](https://www.isbn-international.org/product/0-87663-165-0)

Meadows, D.H. (1997). *Ways to Intervene in a System*. Whole Earth Review. Winter 1997.

MEB, (2006). Yeni müfredat programı.

http://ttkb.meb.gov.tr/ogretmen/modules.php?name=Downloads&d_op=viewdownload&cid=48

Erişim tarihi: Temmuz, 2007.

Moore, D. S. and McCabe, G. P. (1993). **Introduction to the Practice of Statistics** W.H. Freeman and Co., New York. ISBN 0-7167-2250-X.

Nail, R. F., Gelanger, S., Klinger, A., and Peterson, E. (1992). *An analysis of cost effectiveness of US energy policies to mitigate global warming*, **System Dynamics Review**, **8**, 111-118.

National Research Council, (1996). National Science Education Standards, National Academy Press, Washington, DC.

<http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/2.html#dsl>

Erişim tarihi: Temmuz, 2007.

Nelson, J. O. (1995). **Teacher behaviour and student achievement: a study in system dynamics simulation**. The university of Memphis. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi).

O'Connor, J. and McDermott, I. (1997). **The Art of Systems Thinking**. San Francisco, CA: Thorsons.

Ossimitz, G. (1994). Endbericht zum Projekt "Systemdynamiksoftware im Unterricht". Translated from Germany; Ossimitz, G. (2000). **Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany**. System Dynamics Conference in Bergen, Norway.

Ossimitz, G. (1996). Projekt "Entwicklung vernetzten Denkens" (Endbericht an die For- schungskommission). Translated from Germany; Ossimitz, G. (2000a). **Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany**. System Dynamics Conference in Bergen, Norway.

Ossimitz, G. (2000b). **Development of Systems Thinking Skills**.

<http://www.sci.uni-klu.ac.at/gossimit>.

Erişim tarihi: Haziran, 2006.

Ossimitz, G. (2002). **Stock-Flow-Thinking and Reading stock-flow-related Graphs: An Empirical Investigation in Dynamic Thinking Abilities**. System Dynamics Conference, Palermo, Italy.

Özgüven, İ.E. (1994). **Psikolojik testler**. Ankara: Yeni Doğu Matbaası.

- Pala, Ö. and Vennix, J. A. M. (2005). *Effect of System Dynamics Education Effect of system dynamics education on systems thinking inventory task performance. System Dynamics Review*, **21**, 147-172.
- Penner, D. A. (2000). *Explaining systems investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. Journal of Research in Science Teaching*, **37**: 784–806.
- Piaget, J., and Inhelder, B. (1969). **The psychology of the child**. Basic Books, New York.
- Richardson G. P and Pugh A. L. (1981). **Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO**. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.
- Roberts, N., Anderson, D., Deal, R., Garet, M., ve Shaffer, W. (1983). **Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach**. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Savaşır, I., ve Şahin, N. H. (1997). **Bilişsel-Davranışçı Terapilerde Değerlendirme: Sık Kullanılan Ölçekler**. Türk Psikologlar Derneği Yayınları, Ankara.
- Saysel, A. K., Barlas, Y. and Yenigun, O. (2002). *Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. J. Environ. Manage.* **64(1)**: 247-260.
- Selçuk, Z. (2004). **Gelişim ve Öğrenme**. Nobel Yayıncılık, 10. baskı, Ankara.
- Senge, P. M. (2002). **Beşinci Disiplin**. Çeviren: Ayşegül İldeniz ve Ahmet Doğukan, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.

Schecker, H. P. (1994). **System Dynamics in High School Physics**. International System Dynamics Conference, Stirling, Scotland.

Schecker, H. P. (2005). System Dynamics in High School Physics. didaktik.physik.uni-bremen.de/niedderer/download/SysDyn.pdf

Erişim tarihi: Haziran, 2006.

Shaffer, C. S. (2006). **Toward a System Dynamics Model of Teaching Computer Programming via Distance Education**. The Pennsylvania State University. (Yayınlanmamış doktora tezi).

Slavin, R. E. (2002). *Evidence-Based Education Policies: Transforming Educational Practice and Research*. **Educational Researcher**, 31(7), 15-21.

Son, H. (2003). **Forecasting the Higher Education Demand in South Korea: An Application of System Dynamics Modeling**. Master of Science, The University of Houston- Clear Lake. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Steed, M. (1992). *Stella, a simulation construction kit: Cognitive processes and educational implications*. **Journal of Computers in Mathematics and Science**, 11: 39-52.

Sterman, J. D. (2000). **Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World.**: Irwin McGraw- Hill, Boston, MA.

Şahin, N., Şahin, N. H., and Hepner, P. P. (1993). *Psychometric Properties of the Problem Solving Inventory in a Group of Turkish University Students*. **Cognitive Therapy and Research**, 17 (4): 379-396.

Tavşancıl, E. (2002). **Tutumların Ölçülmesi Ve SPSS İle Veri Analizi**. Nobel Yayınları, Ankara.

Taylan S. (1990). **Heppner'in problem çözme envanterinin uyarlama, güvenilirlik ve geçerlik çalışmaları.** A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Tekin, H. (2002). **Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme.** Yargı Yayıncılık, Ankara.

Tenenbaum, G., Naidu, S., Jegede, O., and Austin, J. (2001). *Constructivist pedagogy in conventional on-campus and distance learning practice: An exploratory investigation.* **Learning and Instruction, 11:**87-111.

Tezbaşaran, A. (1997). **Likert Tipi Ölçek Geliştirme Kılavuzu.** İkinci baskı, Türk Psikologlar Derneği Yayını, Ankara.

Ticotsky, A., Quaden, R. and Lyneis, D. (1999). The In And Out Game: A Preliminary System Dynamics Modeling Lesson.
systemdynamics.org/conferences/2001/papers/Lyneis_1.pdf
Erişim tarihi: Kasım, 2006.

Tinker, R. F., Nemirovsky, R., Mokros, J. and W.T. Barclay. (1990). **Measuring and modeling project-First year annual report.** Cambridge, Mass. Technical Education Research Center.

Turgut, M. F. (1997). **Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Metodları.** Ankara: Gül Yayınevi.

Turgut, M. F ve Baykul, Y. (1992). **Ölçekleme Teknikleri.** ÖSYM Yayını, Ankara.

Tyler, L. E. (1971). **Test and Measurement.** Second Edition Prentice- Hall.

- Ullmer, E.J. (1986). *Work Design in Organizations: Comparing The Organizational Elements Models And The Ideal System Approach*. **Educational Technology**, **26**: 12–18.
- Vežjak, M., Savsek, T., and Stuhler, E. A. (1998). *System Dynamics Of Euthrophication Processes in Lakes*. **Eur. J. Oper. Res.** **109** (1): 442-451.
- Vizayakumar, K., and Mohapatra, P. K. J. (1991). **Environmental impact analysis of a coalfield**, *J. Environ. Manage.* **34** (1): 73-93.
- Waring, A. (1996). **Practical Systems Thinking**. Thomson Business Press, Boston.
- Webb, M. E. (1988). **An Investigation Of The Opportunities For Computer Based Modelling And The Possible Contributions To Children's Learning, in Secondary School Science**. King's College, London.
- Wood, T. S., and Shelley, M. L. (1999). *A dynamic model of bioavailability of metals in constructed wetland sediments*. **Ecol. Eng.**, **12**(1): 231-252.
- Zaraza R. J. (1995). *The CC- STADUS Project: Developing and Nurturing a Cadre of Pre-College Teachers Using System Dynamics/Computer Modeling in the Classroom*. **CLE Newsletters**, **4**(3).
- Zaraza, R., and Fisher, D. (1997). **Introducing System Dynamics into the traditional secondary curriculum: The CC-STADUS project's search for leverage points**. The 15th International System Dynamics Conference, Istanbul, Turkey.
- Zuman, J. P. and Weaver, S. L. (1988). Tools for teaching problem solving: An evaluation of a modeling and systems thinking approach. Annual NARST Conference, Lake Ozark, MO.

EKLER

EK-1 FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ TUTUM ÖLÇEĞİ

Bu ölçek ilköğretim Fen ve Teknoloji dersine yönelik tutumları ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Ölçek sonuçları, yalnızca bu konudaki tutumları belirlemek için kullanılacak, başka hiçbir amaç için ölçek sonuçlarından yararlanılmayacaktır. Ölçekte 20 tutum maddesi bulunmaktadır. Bu maddelerin cevaplanması yaklaşık 15 dakika sürecektir.

Her bir maddeyi dikkatli bir şekilde okuduktan sonra, katılıp katılmama durumunuzu size verilen cevap kağıdına işaretleyiniz. Cevap kağıdında bulunan seçenekler şu şekilde ifade edilmektedir:

- A: Katılıyorum
- B: Katılmıyorum
- C: Fikrim yok
- D: Soruyu anlayamadım

Her bir maddeyi okuduktan sonra üzerinde uzun süre düşünmeden, ilk aklınıza geleni işaretleyiniz. Vermiş olduğunuz içten, doğru cevaplar ve cevapsız madde bırakmamakta gösterdiğiniz özen, araştırma açısından çok önemlidir.

Size verilen ölçek üzerine isminizi yazmanız gerekmez.

Yardım ve katkılarınız için teşekkür ederim.

Hasret NUHOĞLU

Fen ve Teknoloji (FT) Dersine Yönelik Tutum Maddeleri
1. FT dersinden iyi notlar alacağımı düşünürüm.
2. FT dersinde ilginç bilgiler öğrenmek bende merak uyandırır.
3. Okulda daha az FT dersi yapmak isterdim.
4. Zorunlu olmasam FT dersine girmezdim.
5. FT ders saatinin gelmesini dört gözle beklerim.
6. FT dersini okuldaki pek çok dersten daha az severim.
7. FT dersinde başarısız olduğumu düşünürüm.
8. FT dersinde yeni teknolojik gelişmeler öğrenmek bende heyecan uyandırmaz.
9. FT dersinde yer alan konuları öğrenmekte zorlanırım.
10. FT dersinde işlenen konuların günlük hayatta bana yararlı olması hoşuma gider.
11. FT konularının yeni teknolojik gelişmeler hakkında bilgi vermesi bende merak uyandırır.


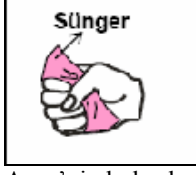
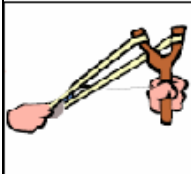

Fen ve Teknoloji dersinde yapılan etkinliklere yönelik tutum maddeleri

12. FT ile ilgili bilmediğim bir konuyu etkinlik yaparak öğrenmek isterim.
13. FT dersinde etkinlik yapmanın sıkıcı olduğunu düşünürüm.
14. FT dersinde etkinlik yapmayı dört gözle beklerim.
15. FT dersinde etkinlik yapmanın konuları anlamak için gerekli olduğunu düşünürüm.
16. FT ile ilgili yaptığımız etkinlikleri anlamaya çalışmanın zaman kaybı olduğunu düşünürüm.
17. FT dersinde konularla ilgili etkinlik yapmanın benim için faydalı olduğunu düşünürüm.
18. FT dersinde etkinlik yaparken geçen saatlerin zaman kaybı olduğunu düşünürüm.
19. FT dersinde daha az etkinlik yapılmasını isterim.
20. FT dersinde anlayamadığım konuları etkinlik yaparak daha kolay anlarım.

EK-2 BİLİMSEL BAŞARI TESTİ

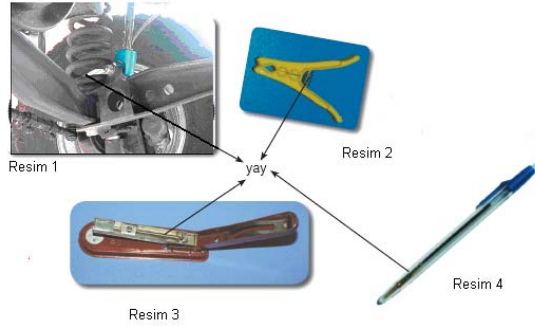
SORU 1

Aşağıdakilerin hangisinde kuvvetin etkisi ortadan kalktığında diğerlerinden farklı bir durum gözlenir?

a)  Fatih'in attığı topun camı kırması	b)  Ayşe'nin bulaşık süngerini sıkması
c)  Ali'nin sapan lastiğini germesi	d)  Ece'nin yayı germesi

SORU 2

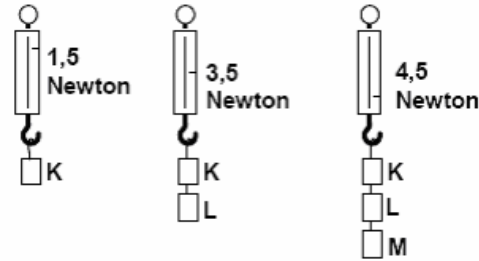
Yandaki resimlerde sert ve yumuşak sarmal yaylara günlük hayatta karşılaştığımız örnekler verilmektedir. Aşağıdakilerden hangisi veya hangileri yumuşak yaylara örnektir?



- a) I, II, III
- b) I, II, IV
- c) II, III, IV
- d) I, II, III, IV

SORU 3

Dinamometre ile yukarıdaki ölçümleri yapan bir öğrenci, aşağıdaki sonuçlardan hangisine ulaşır?



- a) K ve L cisimleri eşit ağırlıktadır.
- b) Ağırlığı en küçük olan cisim K'dır.
- c) L ve M cisimleri eşit ağırlıktadır.
- d) Ağırlığı en küçük olan cisim M'dir.

SORU 4

100 g'lık bir cisimi bir yaya taktığımızda yay 18 cm uzamaktadır. Aynı yaya 100 g'lık cisim yerine 250 g'lık bir cisim asarsak yay kaç cm uzar?

- a) 15
- b) 30
- c) 45
- d) 50

SORU 5

Aşağıda yaptığımız günlük olaylardan hangilerinde fiziksel anlamda iş yapılmış olur?

1. ağaçtan elma toplamak
2. Çekiçle çivi çakmak
3. Saatlerce kitap okumak
4. Bir yayı sıkıştırmak
5. Durakta otobüs beklemek

a) 1, 2, 3

b) 3, 4, 5

c) 1, 2, 4

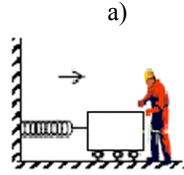
d) 2, 3, 5

SORU 6

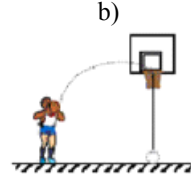
Fiziksel anlamda iş yapılabilmesi için;

- Kuvvet uygulanmalı,
- Kuvvet etkisindeki cisim yol almalıdır.

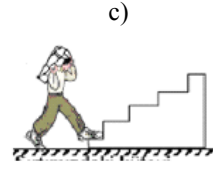
Buna göre aşağıdakilerden hangisinde fiziksel olarak iş yapılmamıştır?



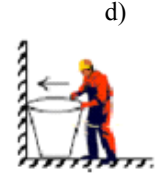
Sıkıştırılmış yayı serbest bıraktığımızda



Elimizdeki topu potaya attığımızda



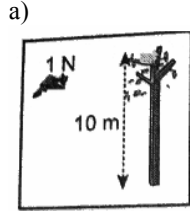
Sırtımızdaki küfeyi merdivenlerden yukarı çıkardığımızda



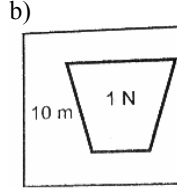
Duvara yaslanmış kovayı ok yönünde hareket ettirmeye çalıştığımızda

SORU 7

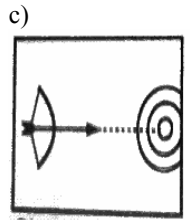
Aşağıdaki durumlardan hangisinde daha fazla iş yapılmıştır?



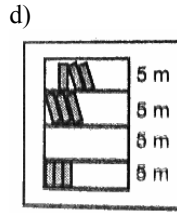
kuş 1 N'luk dalı yuvasına taşıyor



1N'luk kap ters çevriliyor



Okta 1 N'luk kuvvet uygulanarak 10 m yol aldıyor



En alt raftaki 1 N'luk kitaplardan biri alınarak en üst rafa konuluyor

SORU 8

Bir adam 200 N ağırlığındaki bir şeker çuvalını yerden 1,5 metre yüksekteki araba kasasına kaldırıırken yaptığı iş kaç Joule olur?

a) 100





b) 150

c) 200

d) 300

SORU 15

Aşağıdaki seçeneklerde kütle ve sürati belli olan farklı cisimler verilmiştir. Cisimlerle ilgili verilen bilgilerden yararlanarak aşağıdaki seçeneklerden hangisinde kinetik enerji en büyüktür?

		Kütle	Sürat
a)		200 kg	260 km/h
b)		10000 kg	2000 km/h
c)		10000kg	80 km/h
d)		1200 kg	80 km/h

SORU 16

Kinetik enerjisi 25 joule ve kütlesi 2 kg olan bir kedinin sürati kaçtır?

a) 5

b) 10

c) 15

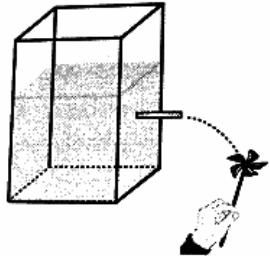
d) 20

SORU 17

Adı	sembolü	Birimi
sürat	V	I
II	m	kg
III	E	Joule

Yandaki birim tablosunu inceleyerek tabloda boş bırakılan kısımlar aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

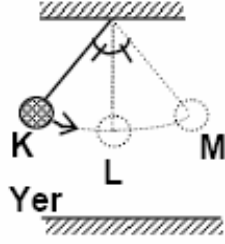
	I	II	III
a)	m.s	Ağırlık	Kinetik enerji
b)	m/s	Kütle	Kinetik enerji
c)	m.s	Kütle	Potansiyel enerji
d)	m/s	Ağırlık	Potansiyel enerji

SORU 18

Su dolu bir kaptan akan bir suyun altına rüzgar gülü koyan bir çocuk aşağıdakilerden hangi sonuca ulaşamaz? (ortam rüzgarsız)

- Suyun miktarı azaldıkça potansiyel enerji azalır
- Potansiyel enerjiden kinetik enerjiye bir dönüşüm vardır
- Suyun yüksekliği azaldıkça rüzgar gülünün hızı artar
- Rüzgar gülü deliğe yaklaşırlırsa daha yavaş döner

SORU 19



K ve M noktaları arasında (düşey konumu L) salınım yapan bir sarkacın enerji durumu aşağıdakilerin hangisinde yanlış verilmiştir? (Sürtünme önemsenmeyecek).

- a) K dan L ye giderken potansiyel enerjisi artar.
- b) L den M ye giderken potansiyel enerjisi artar.
- c) K dan M ye doğru hareketinde L noktasındaki kinetik enerjisi maksimumdur.
- d) K ve M noktalarında durgun hâlde iken, potansiyel enerjileri yere göre birbirlerine eşittir.

SORU 20



Yukarıdaki resimde trampleden atlayan bir bayan yüzücünün atlama sırasındaki bazı konumları verilmiştir. Resmi inceleyerek aşağıdaki seçeneklerden yanlış olanı işaretleyiniz.

- a) 3 konumunda sporcunun potansiyel enerjisi en büyüktür.
- b) Yüzücünün 5 konumunda kinetik enerjisi en büyüktür.
- c) 1 konumunda esneklik potansiyel enerjisi vardır.
- d) 4 konumunda potansiyel enerji artarken kinetik enerjisi azalır.

EK-3 PROBLEM ÇÖZME BECERİSİ ENVANTERİ

Heppner ve Petersen (1982)'in Problem Çözme Envanteri

A: Her zaman böyle davranırım

C: Arada sırada böyle davranırım

B: Sık sık böyle davranırım

D: Nadiren böyle davranırım

E: Hiçbir zaman böyle davranmam

S. No	Problem Çözme Maddeleri
1.	Bir sorunumu çözmek için kullandığım çözüm yolları başarısız ise bunların neden başarısız olduğunu araştırmam.
2.	Bir sorunumu çözmek için ilk çabalar başarısız olursa o sorun ile başa çıkabileceğimden şüpheye düşerim.
3.	Bir sorunumu çözdükten sonra bu sorunu çözerken neyin işe yaradığını neyin yaramadığını ayrıntılı olarak düşünmem.
4.	Sorunlarımı çözme konusunda genellikle yaratıcı ve etkili çözümler üretebilirim.
5.	Bir sorunumu çözmek için belli bir yolu denedikten sonra durur ve ortaya çıkan sonuç ile olması gerektiğini düşündüğüm sonucu karşılaştırırım.
6.	Bir sorunum olduğunda onu çözebilmek için başvurabileceğim yolların hepsini düşünmeye çalışırım.
7.	Bir sorunla karşılaştığımda neler hissettiğimi anlamak için duygularımı incelerim.
8.	Başlangıçta çözümünü fark etmesem de sorunlarımın çoğunu çözmeye yeteneğim vardır.
9.	Karşılaştığım sorunların çoğu, çözebileceğimden daha zor ve karmaşıktır.
10.	Genellikle kendimle ilgili kararları verebilirim ve bu kararlardan hoşnut olurum.
11.	Bir sorunla karşılaştığımda onu çözmek için genellikle aklıma gelen ilk yolu izlerim.
12.	Bazen durup sorunlarım üzerinde düşünmek yerine gelişigüzel sürüklenip giderim.
13.	Bir sorunla ilgili olası bir çözüm yolu üzerinde karar vermeye çalışırken seçeneklerimin başarı oranını tek tek değerlendiririm.
14.	Bir sorunla karşılaştığımda başka konuya geçmeden önce durur ve o sorun üzerinde düşünürüm.
15.	Genellikle aklıma ilk gelen fikir doğrultusunda hareket ederim.
16.	Bir karar vermeye çalışırken her seçeneğin sonuçlarını ölçer, tartar, birbiriyle karşılaştırır sonra karar veririm.
17.	Bir sorunumu çözmek üzere plan yaparken o planı yürütebileceğime inanırım.
18.	Belli bir çözüm planımı uygulamaya koymadan önce nasıl bir sonuç vereceğini tahmin etmeye çalışırım.
19.	Bir soruna yönelik olası çözüm yollarını düşünürken çok fazla seçenek üretmem.
20.	Yeterince zamanım olur ve çaba gösterirsem karşılaştığım sorunların çoğunu çözebileceğime inanıyorum.
21.	Yeni bir durumla karşılaştığımda ortaya çıkabilecek sorunları çözebileceğime inancım vardır.
22.	Bazen bir sorunu çözmek için çabaladığım halde bir türlü esas konuya giremediğim ve gereksiz ayrıntılarla uğraştığım duygusunu yaşarım.
23.	Ani kararlar verir ve sonra pişmanlık duyarım.
24.	Yeni ve zor sorunları çözebilmek yeteneğime güveniyorum.
25.	Bir sorunla karşılaştığımda bu sorunun çıkmasında katkısı olabilecek benim dışındaki etmenleri genellikle dikkate almam.
26.	Bir konuyla karşılaştığımda ilk yaptığım şeylerden biri durumu gözden geçirmek ve konuyla ilgili olabilecek her türlü bilgiyi dikkate almaktır.
27.	Bazen duygusal olarak öylesine etkilenirim ki sorunumla başa çıkma yollarından pek çoğunu dikkate bile almam.
28.	Bir karar verdikten sonra ortaya çıkan sonuç genellikle benim beklediğim sonuca uyar.
29.	Bir sorunla karşılaştığımda o durumla başa çıkabileceğimden genellikle pek emin değilimdir.
30.	Bir sorunun farkına vardığımda ilk yaptığım şeylerden biri sorunun tam olarak ne olduğunu anlamaya çalışmaktır.

EK-4 SEBEP - SONUÇ İLİŞKİSİ ÖLÇEĞİ

KISIM I

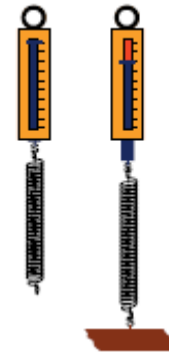
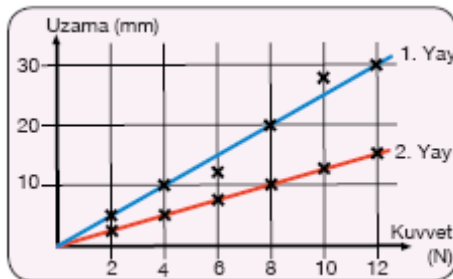
Açıklama: Bu ölçekte bahsedilen fiziksel olaylar ile içerisinde hareket bulunan; topun düşmesi, arabanın hareket etmesi, camın kırılması gibi olaylar anlatılmaktadır.

S. No	SEÇENEKLER	Her zaman	Sık sık	Arada sırada	Nadiren	Hiçbir zaman
1	Çevremizde gerçekleşen fiziksel olaylar arasında bir ilişki olduğunu düşünürüm.					
2	Fiziksel bir olayın sebebini bilirsem olayın nasıl gerçekleştiğini daha kolay anlarım.					
3	Çevremizde gerçekleşen fiziksel bir olayın sebeplerini araştırmak bana sıkıcı gelir.					
4	Sebebini öğrendiğim fiziksel bir olayı daha kolay hatırlarım.					
5	Bir olayın sebebini araştırmanın bize olayın sonucu hakkında ipucu verdiğini düşünürüm.					
6	Çevremizde gerçekleşen fiziksel bir olayın sonucunda neler olacağını merak etmem.					
7	Fiziksel olayların gerçekleşmesinde bir düzenin var olduğunu düşünürüm.					
8	Fiziksel bir olayın sebebine bakarak sonucunun ne çıkacağını tahmin etmenin gereksiz olduğunu düşünürüm.					
9	Fiziksel bir formülün nereden çıktığını anlamaya çalışmanın zor bir uğraş olduğunu düşünürüm.					
10	Çevremizde gerçekleşen fiziksel bir olayın sebeplerini araştırmanın boş ve yararsız olduğunu düşünürüm.					

KISIM II

Soru 1

Ayşe, dinamometre kullanarak elindeki iki farklı yaya uyguladığı kuvvet ile bu yayların uzama miktarları arasındaki ilişkiyi ölçen bir deney yapıyor. Ayşe'nin elde ettiği sonuçlardan yararlanarak çizdiği grafik aşağıdaki gibidir. Buna göre;



Ayşe, deney raporuna ikinci yayın daha güvenilir olduğunu; bu yüzden de dinamometre yapımında bu yayın kullanılmasının daha doğru olacağını yazdı. Ayşe'nin böyle düşünmesinin sebebi sizce nedir?

Yorum:

Soru 2

Bir kurbağayı kaynar suyun içine koysanız kendini hemen dışarı atmaya çalışacaktır. Ama eğer bir kurbağayı oda sıcaklığında suyun içine koyarsanız ve korkutmazsanız, öylece kimildamadan duracaktır. Bu arada su sıcaklığını yavaş yavaş artırırsanız, çok ilginç bir şey olur. Sıcaklık yükselirken kurbağa hiçbir şey yapmaz. Tersine, halinden keyfi çok yerinde gibi görünmektedir. Sıcaklık yavaş yavaş arttıkça, kurbağa gittikçe daha çok sersemleyecektir, ta ki kaptan dışarı çıkacak hali kalmayana kadar. Onu dışarı fırlamaktan alıkoyacak hiçbir şey olmamasına rağmen, kurbağa orada oturup haşlanmayı bekleyecektir. Sizce bunun sebebi ne olabilir?

Sebepler

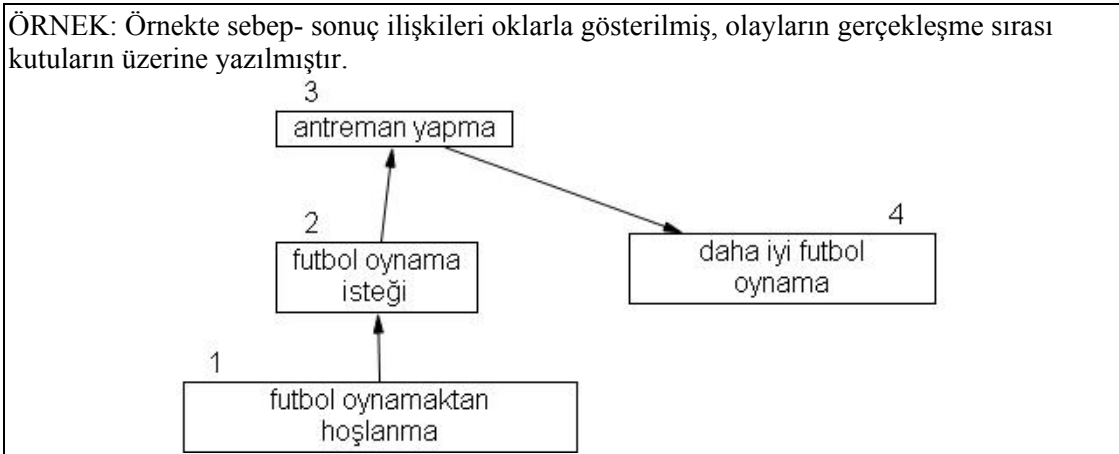
Soru 3

Son günlerde küresel ısınmanın etkisiyle hava sıcaklığının arttığı her gün medyada bahsedilmektedir. Sıcaklık artışıyla birlikte zaman içinde özellikle öğleden sonra vücut ısısında da artış olur. Kışın giyilen giysilere göre yazın daha ince, açık renkli kıyafetleri tercih edilir. Akşam üstü şiddetli bir yağmur yadıktan sonra hava sıcaklığı biraz azalır, yağmur yağarken dışarı çıkan bir kişi hafif bir üşüme hisseder ve yanında taşıdığı yağmurluğunu giyer. Gün içindeki ısı farklılıklarından dolayı giysiler istenen vücut sıcaklığına göre ayarlanır. Bu olaydaki sebepleri ve sebeplerin yol açtığı sonuçları aşağıdaki tabloda boş bırakılan yerlere yazınız.

Sebepler	Sonuç
1. küresel ısınma	1.
2.	2. ince ve açık renkli giysiler giyme
3. üşüme hissi	3.
4.	4.

Soru 4

Aşağıda gerçekleşen olaydaki sebep-sonuç ilişkilerini sebepten sonuca oklar çizerek kutular üzerinde gösterin. Her bir kutunun üzerine olayın gerçekleşme sırasını yazınız.



yazılıda o konuyla ilgili soruyu yapamama

ödevini unutma

öğretmene ne söyleyeceğini düşünme

kendine güvenin azalması

gece yarısına kadar bilgisayar oyunu oynama

ödevle ilgili öğretmene yalan söyleme

yazılıdan düşük not alma

yalan söylediği için pişmanlık hissetme

Soru 5



Aşağıdaki şekilde sarmal yaylarla ilgili 3 temel kavram (yayın cinsi, uygulanan kuvvet, uzama miktarı) ve bu kavramlarla ilgili bilgiler yer almaktadır. Birbiriyle ilişkili kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkisini kutuları birleştiren oklar çizerek gösterin.

yayın cinsi

ince yay

kalın yay

yay sabitinin büyümesi

yay sabitinin küçülmesi

uygulanan kuvvet

uygulanan kuvvetin artması

uygulanan kuvvetin azalması

uzama miktarı

uzama miktarındaki azalma

uzama miktarında artış

Soru 6

Çevrenizde sıkça karşılaştığınız, içerisinde sebep ve sonuçların olduğu herhangi bir olay yazın ve bu olaydaki sebep- sonuçları aşağıdaki tabloya yerleştirin.

Olay:

Sebep	Sonuç

EK-5 GRAFİK ÇİZME VE ANALİZ ETME BECERİSİ ÖLÇEĞİ

Kısım I

S. No	SEÇENEKLER	Her zaman	Sık sık	Arada sırada	Nadiren	Hiçbir zaman
1	Bir problemin çözümünü anlamak için sadece sayılar kullanmak yerine grafiklerden de yararlanmak anlamamı kolaylaştırır.					
2	Grafik ile ifade edilen olayları daha rahat anlarım.					
3	Nicel bir olayı tarif eden bir grafiği incelemek daha yavaş bir şekilde olayı anlamamı sağlar.					
4	Grafikleri yorumlamakta sıkıntı çekerim.					
5	Gerçekleşen nicel bir olay ile onunla ilgili çizilmiş grafik arasındaki ilişkiyi anlamak isterim.					
6	Nicel bir olayı açıklamak için grafiklerden yararlanmanın gereksiz olduğunu düşünürüm.					
7	Nicel bir olayı grafikte ifade etmenin olayın dayandığı matematiksel mantığı anlamada yardımcı olduğunu düşünürüm.					
8	Bir grafiği incelerken grafiğin neyi açıklamak istediğini anlamaya çalışmak bana sıkıcı gelir.					

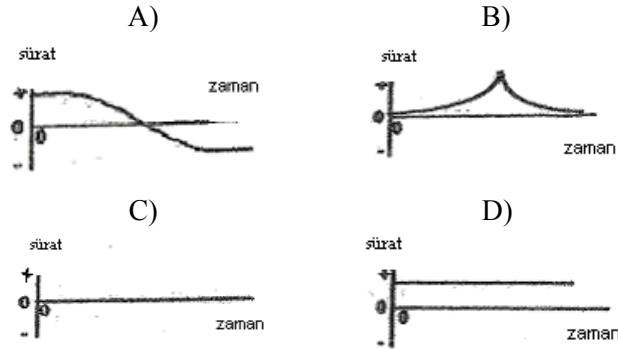
Kısım II

SORU 1

Şekilde düz bir çizgi üzerinde sağa ve sola hareket edebilen oyuncak bir araba gösterilmektedir.



Aşağıda verilen soru cümleleri için sizce en uygun olan grafiği aşağıdaki kutucuklara işaretleyin



Hala yerinde duran oyuncak bir arabanın grafiği

Sürati önce yavaşlayan sonra yönünü değiştiren arabanın grafiği

Sabit bir süratle sağa doğru hareket eden oyuncak bir arabanın grafiği

A	B	C	D

SORU 2

Aşağıdaki tablolardan yararlanarak birinci ve ikinci balığa ait yol-zaman grafiğini çizip balıklardan hangisinin daha hızlı olduğunu belirtiniz.



1. balık

Zaman (s)	0	1	2	3	4	5
Yol (m)	0	10	20	30	40	50

Yol-zaman grafiği



2. balık

Zaman (s)	0	1	2	3	4	5
Yol (m)	0	20	40	60	80	100

Yol-zaman grafiği

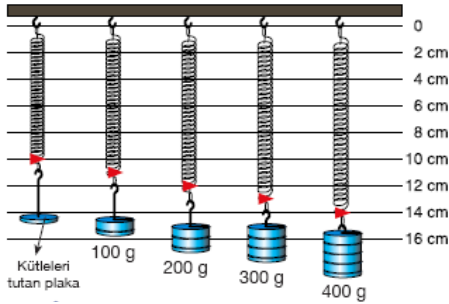


Hangisi daha hızlı?

Sebebi:

SORU 3

Yaya uygulanan kuvvet ile uzama miktarı arasındaki ilişkiyi araştıran bir öğrenci aşağıdaki deney düzeneğini hazırlıyor ve uygulanan kuvvet ile yayın ne kadar uzadığını tabloya kaydediyor. Öğrencinin tablodaki verileri kullanarak aşağıdaki boşluğa kütle-uzama miktarı grafiğini çiziniz.



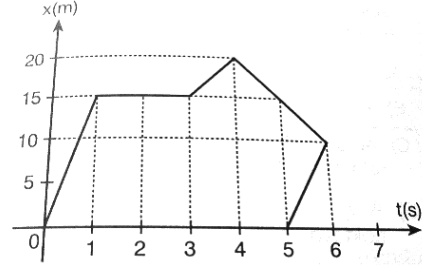
Kütle (g)	Uzama (cm)
100	1
200	2
300	3
400	4

SORU 4

Bir hareketlinin zaman ve konum verileri şöyledir:

t(s)	0	1	2	3	4	5	6	7
x(m)	5	10	15	20	20	15	10	0

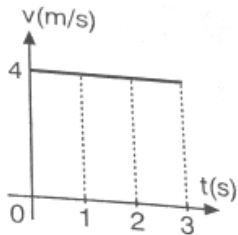
Bu verilere göre aşağıdaki konum-zaman grafiği çiziliyor.



Buna göre aşağıdakilerden hangisi, grafikte yapılan hatalardan değildir?

- Grafiğin x ekseninde 5'ten başlamaması
2. saniyede hareketlinin konumunu yanlış işaretlemesi
3. saniyede hareketlinin konumunun farklı işaretlenmesi
6. saniyeden sonra grafiğin zaman ekseninde geriye gitmesi

SORU 5

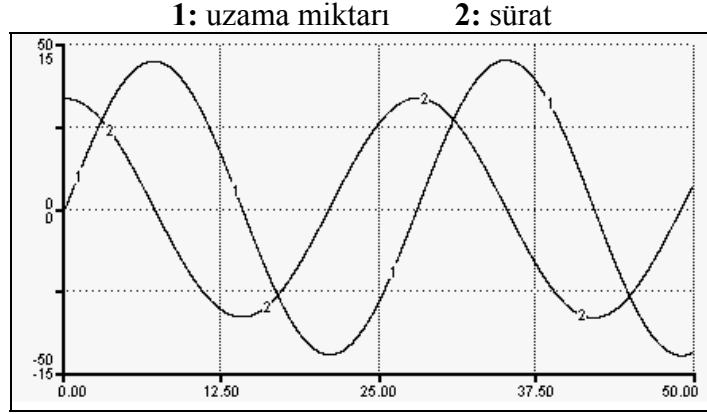


Yanda sürat-zaman grafiği verilen cismin hareketinin konum-zaman grafiği aşağıdakilerden hangisidir?

a)	b)	c)	d)

SORU 6

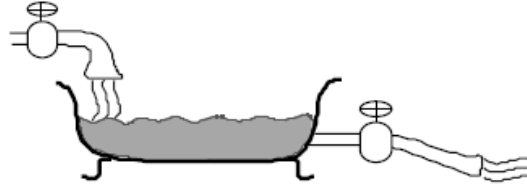
Aşağıdaki grafikte uzama miktarı ve sürat arasındaki ilişki gösterilmektedir. 1. çizgi: uzama miktarını, 2. çizgi: sürati ifade etmektedir. Bu grafikte gösterilen uzama miktarı ve sürat ilişkisini yorumlayınız.



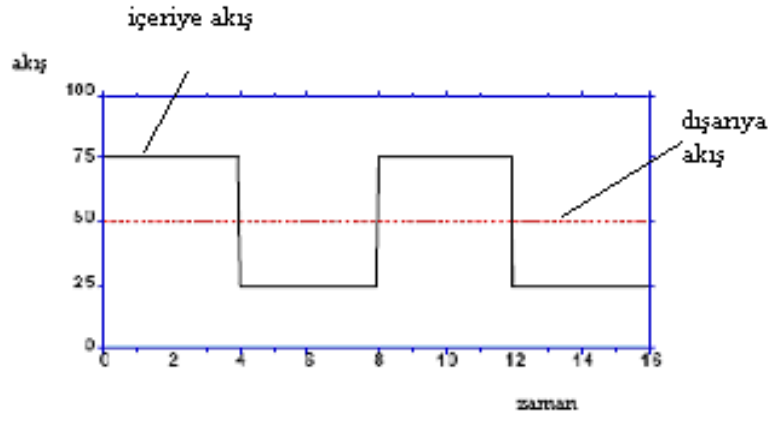
YORUM:

SORU 7

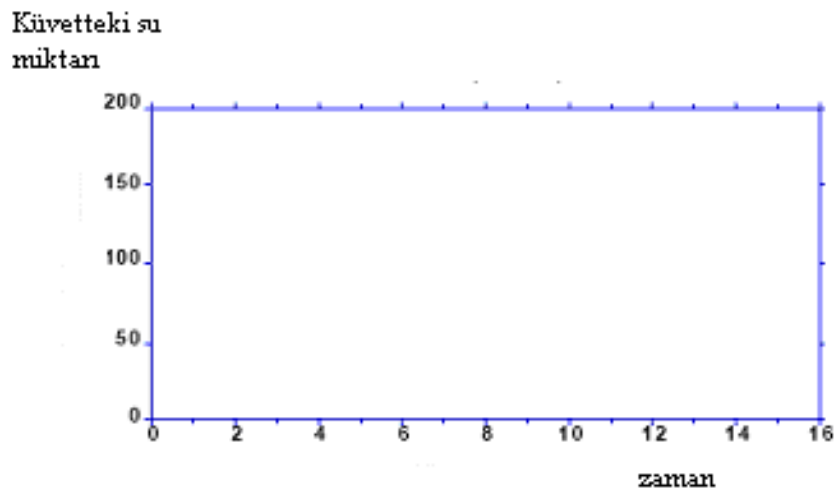
Aşağıdaki şekilde gösterilen küveti düşünelim. Su küvete içine belirli bir oranda akar ve yine belirli bir oranda küvetten kanal vasıtasıyla dışarıya çıkar.



Aşağıdaki grafikte küvete gelen bir miktar su ile küvetten boşalan bir miktar su akışının zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Bu bilgiden yararlanarak ikinci grafiğe küvetteki su miktarının nasıl değişeceğine dair bir grafik çiziniz.



I. Grafik



II. Grafik

YORUM:

EK-6 SİSTEM DİNAMİĞİ KAVRAM TESTİ

A) DOĞRU-YANLIŞ SORULARI

Aşağıda verilen her bir cümlenin başındaki parantezin içine cümlenin sizce doğru mu yanlış mı olduğunu D veya Y harfleri ile ifade ediniz.

- () Bir dağdaki çığ olayı dengeleyici geri beslemeye örnektir.
- () Bir sarmal yay-kütle sisteminde, yay sabiti ara değişkendir.
- () Banyo yapan bir kişi düşünelim. En başta musluktan soğuk su geldiği için sıcak su musluğunu sonuna kadar açıyor. Su ısındıkça sıcak su musluğunu yavaşça kapatıyor. Bu bir dengeleyici geri besleme örneğidir.
- () Bulutlar, atmosfer, güneş, toprak, deniz, bitkiler ve diğer canlılarca oluşan bir su döngüsü sistemi statik (durağan) bir sisteme örnektir.
- () Sistem dinamiği yaklaşımı ile model oluşturulurken bir bilgisayar benzetim programından yararlanır.

B) BOŞLUK DOLDURMA SORULARI

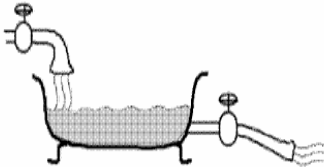
Aşağıda verilen kavramları kullanarak boşlukları doldurunuz. Size ipucu olarak verilen kavramların sayısı boşluk sayısından fazladır.

Geri besleme	STELLA	Dışarıya akış	Statik (durağan) sistem	B, A'ya
Dinamik sistem	İçeriye akış	A, B'ye	Stok	

- Kütüphane bina, raflar, kitaplar ve bunlar arasındaki ilişkilerden oluşan bir sistem olduğuna göre, bu ilişkilerin zaman içinde sabit kaldığı sistemleredenir.
- Bir ormanda yaşayan tavşanların sayısı; doğan tavşanların sayısı.....; ölen tavşanların sayısı.....
- Stok, akış, ara değişken ve bağlayıcılardan oluşan bilgisayar benzetim programına.....denir.
- A → B ilişkisinin anlamı:bağlıdır demektir.
-sebep-sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı noktaya geri dönmesidir. Aynı zamanda gönderdiğinizin size bilgi yüküyle geri dönmesidir.

C) ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

- Bir küvet sisteminde küvete bir musluktan su geldiğini, alttaki musluktan da bir miktar suyun boşaldığını düşünelim. Bu sistemde stok aşağıdakilerden hangisidir?

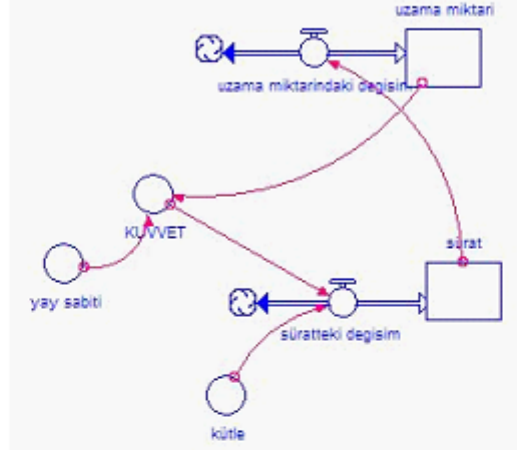


- Küvette biriken su miktarı
- Küvete gelen su miktarı
- Küvetten boşalan su miktarı
- Her iki musluktaki suyun toplam miktarı

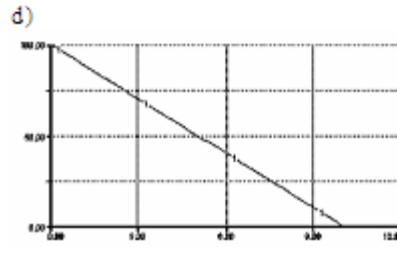
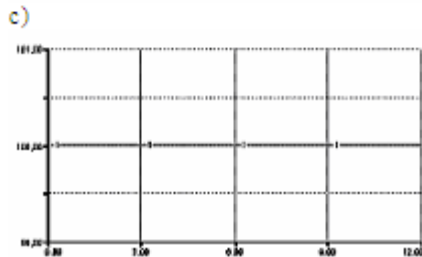
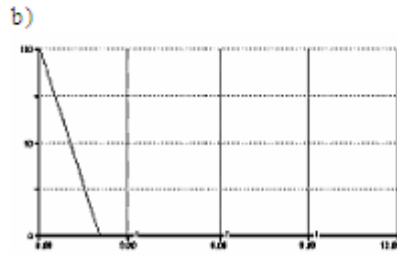
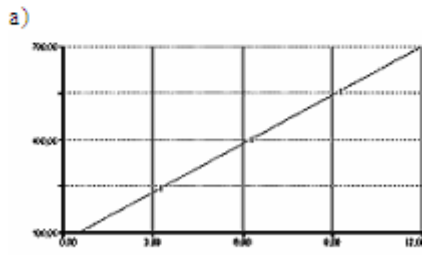
- Bir öğrenci fen ve teknoloji dersinde farklı özellikteki sarmal yaylarda deneyler yapıyor. Kalın ve ince bir yaya itme ve çekme kuvvetleri uygulayarak yayın uzama miktarını ölçmeye çalışıyor. Yaya uygulanan kuvvet ve yayın cinsi ile uzama miktarı arasındaki sebep-sonuç ilişkisi aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğrudur?

Sebeup	Sonuç
a) Uygulanan kuvvet artarsa	Uzama miktarı azalır
b) Uygulanan kuvvet azalır	Uzama miktarı artar
c) Kalın yay kullanılırsa	Uzama miktarı azalır
d) İnce yay kullanılırsa	Uzama miktarı azalır

3. ve 4. soruları aşağıda gösterilen sarmal yay-kütle sistemi modeline göre cevaplandırın.



- Sarmal yay kütle sistemi modeline göre kuvvet aşağıdaki seçeneklerden hangisine bağlıdır?
 - yay sabiti, uzama miktarı
 - yay sabiti, süratteki değişim
 - uzama miktarı, süratteki değişim
 - uzama miktarı, sürat
- Yukarıda gösterilen sarmal yay kütle sisteminde süratteki değişimin matematiksel formülü sizce aşağıdaki seçeneklerden hangisi olmalıdır?
 - Kuvvet/ kütle
 - kuvvet* kütle
 - sürat* kütle
 - kuvvet/ sürat
- Bir kuvvet sisteminde kuvvete bir musluktan dakikada 75 ml su geldiğini ve kuvvetin altındaki bir delikten de 25 ml suyun boşaldığını düşünürsek, kuvvetteki suyun miktarı aşağıdaki grafiklerden hangisi ile ifade edilir?



A) AÇIK UÇLU SORULAR

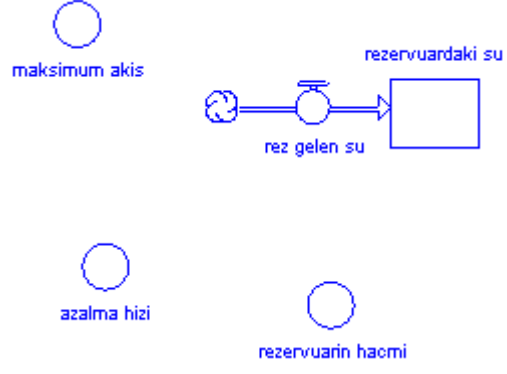
1. 600 tavşan tren yolunun kesişim noktasının yakınında bir ormanda yaşamaktadır. Her yıl 150 yavru tavşan doğmaktadır. Anayola yakın olduğundan her yıl 200 tavşan ölmektedir. 10 yıl için kaç tavşanın anayolun yakınlarında yaşayacağına dair bir model oluşturularak modelin grafiğini çizin.

Model:

Grafik:

2. “Bir tuvaletin sifonunu çekmişsin, diyelim. Rezervuara saniyede bir miktar su doluyor. Şimdi ise içinde bir kolun ucuna bağlı bir top olduğunu ve su düzeyi yükseldikçe, topun yükselerek, bağlı olan kolunda yavaş yavaş vanayı kapadığını düşünelim. Bu yeni sistemde, su düzeyi bir 'istenilen' düzeye yaklaştıkça, suyun içeri akış hızı azalacak, tam istenilen düzeyde de sıfır olacaktır”.

Rezervura gelen ve boşalan su ile ilgili model aşağıda gösterilmektedir. Bu modelde kavramlar arasındaki bağlantıları oklarla gösterin ve okların yönlerini belirtin.



3. Sistem dinamiği yaklaşımı ile işlenen fen ve teknoloji dersinin sizce en önemli özelliği ne olur? Lütfen yazınız.

EK-7 ÖĞRENCİ PROFİLİ BELİRLEME ANKETİ

Adı					
Soyadı					
Sınıfı					
Grubu	Deney (.....) / Kontrol (.....)				
	Gün	Ay	Yıl		
Doğum tarihi					
Doğum yeri					
	İlköğretim	Ortaöğretim	Üniversite	Lisans üstü	
Annenizin eğitim düzeyi					
Babanızın eğitim düzeyi					
	1	2	3	4	Daha fazla
Kardeş sayısı					
	Çalışma odası	Bilgisayar	Bilgisayar programları	İnternet	Kütüphane
Evinizde aşağıdakilerden hangisi mevcut					
	Açma/kapama	Word... Kes-kopyala-yapıştır	Şekil çizme	İnternete girme	İleri düzey
Bilgisayar bilme dereceniz					
Okuldan arta kalan zamanınızı nasıl değerlendiriyorsunuz?					
	Hiçbir zaman	1 saatten az	1-2 saat	3-5 saat	5 saatten fazla
Tv veya video izleme					
Bilgisayar oyunları oynama					
Arkadaşlarla dışarıda oyun oynama					
Evde işler yapma					
Spor yapma					
Kitap okuma					
Ders çalışma ve ödev yapma					
	Matematik	Fen ve teknoloji	Sosyal bilgiler	Türkçe	Diğer
Okulda en çok hangi ders hoşunuza gider?					
Okuldan sonra aşağıdaki etkinlikleri ne kadar sıklıkla yaparsınız?					
	Her gün	Haftada bir kez	Ayda bir kez	Hiçbir zaman	
Kitap veya dergi okuma					
Müze ve sergileri ziyaret etme					
Konser/Tiyatro ve Sinemaya gitme					
Okul dışında televizyonda aşağıdaki programları hangi sıklıkla izlersin?					
	Hergün	Haftada bir kez	Ayda bir kez	Hiçbir zaman	
Haberler veya belgesel programları					

Opera-bale-klasik müzik programları				
Doğa araştırmaları				
Müzik programları				
Spor programları				
Video oyunları				
Çizgi filmler				
Komedi veya macera filmleri				

Kendini birkaç cümle ile bize tanıtır mısın?

(kişilik özelliklerin, gelecekteki ideallerin, ,yeni bir konuyu öğrenme şeklin,ders çalışma biçimin, olaylara bakış açın, ailenle ilişkilerin, arkadaşlarıyla ve öğretmenlerinle ilişkilerin...)

EK-8 YAPILANDIRMACI ÖĞRENME ORTAMI ÖLÇEĞİ

YAPILANDIRMACI ÖĞRENME ORTAMI ÖLÇEĞİ (ÖĞRENCİ FORMU)

ölçek, yapılandırmacı öğrenme ortamına ilişkin görüşlerinizi ortaya koymaya yöneliktir. Lütfen görüşlerinizi aşağıda verilen her bir maddeyi dikkatle okuyarak, sınıflarımızdaki öğrenme ortamına en uygun olan durumun, diğer bir deyişle, sizin düşüncenizi en iyi yansıtan rakamın üstüne **X** işareti koyarak belirtiniz. Örneğin, verilen durum sizin sınıfınızdaki öğrenme ortamına **uyumuyor ise** aynı satırdaki **1** rakamının üstüne **X** işareti koyunuz. Ama **tamamen uyuyor ise 5** rakamının üstüne **X** işareti koyunuz. Lütfen, **hiç boş madde bırakmayınız ve her maddede yalnızca rakam işaretleyiniz.**

- | |
|------------|
| 1. Hiç |
| 2. Çok az |
| 3. Kısmen |
| 4. Çok |
| 5. Tamamen |

ölçeği doğru biçimde yanıtlayarak, öğrenme etkinliklerinin gelişimine katkıda bulunmuş olacaksınız. Formu doldurmak için ayırdığınız zaman ve katkılarınız için **teşekkür ederim.**

Konuları sınıfta tartışmalar ve görüşmeler yaparak işledik.	1	2	3	4	5
Dersler, özgün (kendime ait) düşüncelerimi ortaya koymamı teşvik etti.	1	2	3	4	5
Dersleri, arkadaşlarımla bilgi alışverişi yaparak işledik.	1	2	3	4	5
Derslerde, zihinsel bakış açımı, örneğin, eleştirel düşünme geliştirmeyi öğrendim.	1	2	3	4	5
Dersleri farklı bakış açılarımla karşılaştırarak işledik.	1	2	3	4	5
Dersler, çelişkiler yaşamama neden oldu.	1	2	3	4	5
Dersler, düşüncelerimin karışmasına neden oldu.	1	2	3	4	5
Dersler, farklı konularda çelişkiler yaşamama neden oldu.	1	2	3	4	5
Dersleri, sınıfta sosyal etkileşim sağlayarak işledik.	1	2	3	4	5
Dersleri, farklı ve çeşitli öğrenme etkinlikleriyle işledik.	1	2	3	4	5
Derslerde kendimi ifade etme fırsatım oldu.	1	2	3	4	5
Derslerde kendi deneyimlerimi arkadaşlarımla paylaşma fırsatım oldu.	1	2	3	4	5
Derslerde, uygun yanıtlara nasıl ulaşabileceğimi öğrendim.	1	2	3	4	5
Derslerde, ihtiyacım olan kaynaklara ulaşmayı ve kullanmayı öğrendim.	1	2	3	4	5
Dersleri, konumuza uygun örnekler vererek işledik.	1	2	3	4	5
Dersler, düşüncelerimi derinleştirmem için motive etti.	1	2	3	4	5
Dersler beni, bir konuyu farklı bakış açılarından inceleyerek öğrenmeye teşvik etti.	1	2	3	4	5
Derslerde arkadaşlarımla farklı düşünceleri, beni öğrenmeye motive etti.	1	2	3	4	5
Derslerde, öğrendiklerimi sorgulamayı öğrendim.	1	2	3	4	5
Derslerde, öğrendiğim bilgileri kullanmayı öğrendim.	1	2	3	4	5
Dersler, gelecekteki öğrenmeler konusunda beni motive etti.	1	2	3	4	5
Dersler, benim ihtiyaç ve ilgilerime uygun olarak işlendi.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrendiklerimden mutlu oldum.	1	2	3	4	5
Derslerde, öğrenme zorluklarımdan yararlanmayı öğrendim.	1	2	3	4	5
Derslerdeki öğrenme hedeflerine, sınıfça tartışarak karar verdik.	1	2	3	4	5
Dersler, bireysel hedeflerimi takip etmemi yardımcı oldu.	1	2	3	4	5
Derslerde, düşüncelerimi sorgulamayı ve geliştirmeyi öğrendim.	1	2	3	4	5
Dersler, konuları ve düşüncelerimi anlamlandırmamı sağladı.	1	2	3	4	5
Dersleri, gerçek yaşam olaylarıyla bağlantı kurarak işledik.	1	2	3	4	5
Dersleri örneklerle zenginleştirerek işledik.	1	2	3	4	5

YAPILANDIRMACI ÖĞRENME ORTAMI ÖLÇEĞİ (ÖĞRETMEN FORMU)

ölçek, yapılandırmacı öğrenme ortamına ilişkin görüşlerinizi ortaya koymaya yöneliktir. Lütfen görüşlerinizi aşağıda verilen her bir maddeyi dikkatle okuyarak, sınıflarınızdaki öğrenme ortamına en uygun olan durumun, diğerleriyle, sizin düşüncenizi en iyi yansıtan rakamın üstüne **X** işareti koyarak belirtiniz. Örneğin, verilen durumun sınıfınızdaki öğrenme ortamına

uyumuyor ise aynı satırdaki **1** rakamının üstüne **X** işareti koyunuz. Ama **tamamen uyuyor ise 5** rakamının üstüne **X** işareti koyunuz. Lütfen, **hiç boş madde bırakmayınız ve her maddede yalnızca tek rakam yazınız.**

- | |
|------------|
| 1. Hiç |
| 2. Çok az |
| 3. Kısmen |
| 4. Çok |
| 5. Tamamen |

ölçeği doğru biçimde yanıtlayarak, öğrenme etkinliklerinin gelişimine katkıda bulunmuş olacaksınız. Formu doldurmak için ayırdığımız zaman ve katkılarınız için **teşekkür ederim.**

Konular sınıfta tartışmalar ve görüşmeler yapılarak işlendi.	1	2	3	4	5
Derslerde, öğrencilerin özgün düşünceler ortaya koymaları teşvik edildi	1	2	3	4	5
Dersler, sınıfta bilgi alışverişi yapılarak işlendi.	1	2	3	4	5
Öğrenciler, zihinsel bakış açılarını, örneğin, eleştirel düşünme geliştirmeyi öğrendiler.	1	2	3	4	5
Dersler farklı bakış açıları karşılaştırılarak işlendi.	1	2	3	4	5
Dersler, öğrencilerin çelişkiler yaşamasına neden oldu.	1	2	3	4	5
Dersler, öğrencilerin düşüncelerinin karışmasına neden oldu.	1	2	3	4	5
Derslerde, öğrencilerin farklı konularda çelişkiler yaşaması sağlandı.	1	2	3	4	5
Dersler, sınıfta sosyal etkileşim sağlanarak işlendi.	1	2	3	4	5
Dersler farklı ve çeşitli öğrenme etkinlikleriyle işlendi.	1	2	3	4	5
Öğrencilerin kendilerini ifade etme fırsatları oldu.	1	2	3	4	5
Öğrencilerin kendi deneyimlerini arkadaşlarıyla paylaşma fırsatları oldu.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenciler, uygun yanıtlara nasıl ulaşabileceklerini öğrendiler.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenciler, ihtiyaçları olan kaynaklara ulaşmayı ve kullanmayı öğrendiler.	1	2	3	4	5
Dersler konuya uygun örneklerle işlendi.	1	2	3	4	5
Dersler düşüncelerini derinleştirmeleri için öğrencileri motive etti.	1	2	3	4	5
Dersler öğrencileri, bir konunun farklı bakış açılarını inceleyerek öğrenmeleri için teşvik etti.	1	2	3	4	5
Derslerdeki farklı düşünceler öğrencileri öğrenmeye motive etti.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenciler, öğrendiklerini sorgulamayı öğrendiler.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenciler, öğrendikleri bilgileri kullanmayı öğrendiler.	1	2	3	4	5
Dersler, gelecekteki öğrenmeler konusunda öğrencileri motive etti.	1	2	3	4	5
Dersler, öğrencilerin ihtiyaç ve ilgilerine uygun olarak işlendi.	1	2	3	4	5
Öğrenciler, derslerde öğrendiklerinden dolayı mutluydular.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenciler, öğrenme zorluklarından yararlanmayı öğrendi.	1	2	3	4	5
Derslerde öğrenme hedefleri sınıfça tartışılarak kararlaştırıldı.	1	2	3	4	5
Dersler, öğrencilerin bireysel hedeflerini takip etmelerine yardımcı oldu.	1	2	3	4	5
Öğrenme ortamı öğrencileri, düşüncelerini sorgulamaya ve geliştirmeye teşvik etti.	1	2	3	4	5
Öğrencilerin, konuları ve düşüncelerini anlamlandırmalarına odaklanıldı.	1	2	3	4	5
Dersler, gerçek yaşam olaylarıyla bağlantı kurularak işlendi.	1	2	3	4	5
Dersler örneklerle zenginleştirilerek işlendi.	1	2	3	4	5

EK-9 SİSTEM DİNAMIĞI TANITIM KILAVUZU

1. BÖLÜM: SİSTEM DİNAMIĞI TANITIM

Sistem dinamiği= sistem + dinamik

Sistem terimi, çok genel bir kavramdır. Yeryüzündeki su döngüsü, bir sistem olduğu gibi bir elektrik devresi de bir sistemdir. Elektrik devresini oluşturan direnç, ampermetre, voltmetre de kendi içinde bir sistemi oluşturur. Yere düşen bir cisim, iki cisim arasındaki sürtünme de sisteme örnektir. Bir ülkenin içindeki ekonomi, insanlardan ve aralarındaki alışverişten oluşan bir sistemdir. Yine bir insan vücudu, vücudun içindeki bir **organ**, organın içindeki bir **hücre** ve hücrenin içindeki belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere kurulmuş bulunan bir **enzim mekanizması** da birer sistemdir.

Örnek olarak, bir kütüphaneyi ele alalım. Kütüphane, bir bina, raflar ve kitapların toplamından ibaret değildir. Aynı zamanda bu üç unsurun aralarındaki ilişkiler de kütüphane sisteminin oluşması için gereklidir. Kitapların ortalığa yığılmamış olduğu, kitaplıkların düzensiz, kimisi bina içinde, kimisi dışarıda olduğu bir kümeye kütüphane denilemez. Bunların bir kütüphaneyi oluşturması için kitaplıkların bina içinde ayakta duracak şekilde belli bir düzende dizilmiş olması gerekir. Kitaplar da sınıflandırılmış ve kitaplıklara dizilmiş olmalıdır. Burada, kitapların raflarla aralarında konumsal bir ilişkileri vardır. Aynı şekilde rafların da kütüphane binasıyla dizilme şekli ve konumları açısından bir ilişkisi vardır. Kütüphane durağan (statik) bir sistemdir. Yani unsurların aralarındaki ilişkiler zaman içinde sabit kalır. Fakat incelenmeye değer sistemler genellikle dinamiklerdir.

Örneğin yeryüzündeki su döngüsü sistemini ele alalım. Bu sistemin unsurları bulutlar, atmosfer, güneş, toprak, deniz, bitkiler ve diğer canlılardır. Güneş yeryüzündeki denizleri ve canlıları ısıtır, canlılar ve denizler ısındıkça su kaybederler, buharlaşan su atmosferdeki hava akımlarının etkisiyle yükselir ve yoğunlaşır. Yoğunlaşan su buharı bulutları oluşturur. Güneşin yeryüzünün farklı yerlerini birbirinden farklı şekilde ısıtması sonucunda basınç farklılıkları meydana gelir. Bu basınç farklılıklarından dolayı bulutları hareket ettiren hava akımları oluşur. Belirli şartlarda bulutlardaki su buharı yoğunlaşır yağmur, kar veya dolu olarak yeryüzüne düşerek deniz veya toprağa karışır. Buradan da yeniden canlılara geçer. Bu döngü sürekli olarak birbirini besleyerek devam eder. Bu sistem, dinamik bir sistemdir. Çünkü unsurların aralarındaki ilişkiler zaman içinde değişim gösterir. Ayrıca bu sistem, karmaşık diye ifade edilen sistemlere bir örnektir. Çünkü bu sistem geri-besleme (feedback) döngüleri içerir. Denizlerden ve canlılardan buharlaşan su yeniden döngünün sonucunda denizlere ve canlılara geri döner. Aynı zamanda sistemin unsurları arasındaki su alışverişi (ilişkisi) gecikmelidir. Mesela İç Anadolu bölgesindeki Tuz gölünde su kaybı yaz mevsiminde en yüksek seviyededir. Tuz gölünden buharlaşan su ancak aylar sonra ve o da dolaylı yollardan Tuz gölüne geri dönmektedir. Çünkü kışın Tuz gölüne yağın yağmurdaki su yazın Tuz gölünden buharlaşan su değildir. Belki bu gölden buharlaşmış su hava akımlarının etkisiyle Hint Okyanusuna karışmıştır. Ancak bir bütün olarak ele alındığında dünyadaki farklı farklı su stokları arasındaki su alışverişi sonucunda yine başka bir yerden bir şekilde su buharlaşan yere geri dönmektedir. Bu sistem dinamik bir sistemdir.

Sistem dinamiği, karmaşık sistemlerle ilgilenir. Karmaşıklığından kasıt, bu sistemlerin şu üç özelliğe sahip olmasıdır: 1. Gecikme, 2. Geri döngü, 3. Çok sayıda stok.

Bütün sistemler karmaşık değildir, örneğin kütüphane basit ve statik bir sistemdir. Dinamik ve basit bir sistem örneği verelim. Yolda bulunan bir arabayı iten bir kişiyi düşünelim. Kişi arabaya kuvvet uyguladıkça arabanın konumu değişir. Bu dinamik bir sistemdir, fakat geri besleme zincirleri ve gecikme bulunmadığından basit bir sistemdir. Peki neden içinde gecikme ve geri besleme zincirleri bulunan sistemlere karmaşık sistem deniliyor? Çünkü gecikme ve geri besleme olmayan sistemlerin zaman içindeki dinamiği bir matematiksel formülle ifade edilebilir. Fakat gecikme ve geri besleme döngülerinin bulunduğu karmaşık sistemlerin dinamiği tek başına matematiksel formüllerle tarif edilemez ve çözümlenemez. Bu tarz sistemlerin davranışı ancak simülasyonlar yoluyla (belirli bir doğruluk seviyesinde) tarif edilebilir. **Sistem dinamiği, çok sayıda stoktan ve bunların aralarındaki gecikmeli, dinamik, geri beslemeli döngüsel ilişkilerden oluşan sistemleri inceleyen bilim dalıdır.** Kısaca özetlemek gerekirse; *Sistem dinamiği sistemlerin zamanla nasıl değiştiğini anlamak için kullanılan bir metodolojidir.*

Sistem dinamiği yaklaşımı, eğitim dışı alanlarda uzun süreden beri uygulanmaktadır. 1970'li yıllarda yapılan Roma çalışması, kamuoyuna en çok yansıyan sistem dinamikleri çalışmasıdır. Bu çalışma, önlem alınmazsa, dünyadaki doğal dengenin 2000 yılına kadar önemli ölçüde bozulacağını göstermiştir. Bu çalışmanın

sonrasında uzun tartışmalar oluşmuş ancak 1980'li yıllarda tespit edilen ozon deliğiyle ilgili çalışma dünya kamuoyu ve siyasi yöneticiler tarafından acil önlem almak üzere dikkate alınmıştır. Bu önlemlerin sonucunda, ozon tabakasına zarar veren gazlar, sera etkisine sebep olan gazlar ve diğer çevre problemleri konularında tüm dünya ülkelerinin katıldığı ortak kararlar uygulanmaya başlamıştır.

Roma çalışmasına benzer sistem dinamikleri araştırmaları, işletme yönetimi ve ekonomi sahalarında da önemli değişikliklere sebep olmuştur. Bunlardan esinlenen sistem dinamikleri üzerinde çalışan araştırmacılar, bu yaklaşımı eğitim alanında uygulayarak, eğitim kalitesini artırmayı hedeflemişlerdir. Sistem dinamiklerine dayalı ilk eğitim bilimi çalışmaları, bu sahada da ciddi sonuçlar elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı okullarda, öğrenciler, okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürütmüşler, zaman zaman kendi velilerini de ders projelerine katacak kadar müfredata ilgi duyar hale gelmişlerdir.

Neden sistem dinamiği?

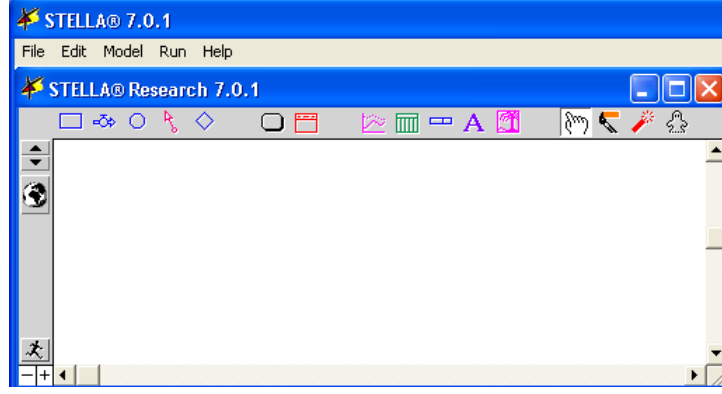
1. Sistem dinamiği ile benzetim (simülasyon) ortamları oluşturulur. Bu ortamlar öğrencilere:
 - gerçek dünyanın modeli üzerinde deney yapma,
 - tekrar tekrar uygulanabilme,
 - farklı koşullarda dinamiklerin nasıl ortaya çıktığını yaşayarak öğrenme olanağı sunar
2. Fen bilgisi konularını daha derin ve kapsayıcı bir şekilde kavranmasını sağlar. Bu da öğrencilere:
 - basit kavram yanılgıları veya bilgi eksiklerini ortaya çıkarma,
 - olayların sebebini ve sonucunu anlama,
 - yeni konuları eskileri ile ilişkilendirme
 - olayların gelecekteki davranışını tahmin etme fırsatı sunar
3. Sistem dinamiği genel bir problem tanımlama ve çözüme yaklaşımıdır. Bu yüzden öğrencilere:
 - sadece sorulan soruları yanıtlamadan ziyade, çevresini gözlemleme, yeni problemleri keşfetme ve bu problemleri modelleyip inceleme fırsatı sunar.

Sistem dinamiği yaklaşımı dört temel fikir üzerinde odaklanır. Bu fikirlerden ilki, bütün dinamik davranışlar, akışlar ile bunların toplandığı stoklardan oluşur. Örneğin bir su havuzu sisteminde, havuz stok, havuzu dolduran veya boşaltan musluklar akıştır. İkinci temel fikir, sistemdeki stok ve akışların geribesleme döngüleri içinde olmasıdır. Geribesleme, sebep sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı kaynağa geri dönmesidir. Üçüncü temel fikir de herhangi bir sistemdeki geribesleme döngüleri, doğrusal olmayan ilişkiler ile birleşir. Son temel fikir ise, sistemin doğasında olan ve birbiriyle etkileşim içindeki akışlar, geribesleme döngülerinin ve doğrusal olmayan ilişkilerin oluşturduğu ağı dinamik davranışının tek başına matematiksel olarak basitçe modellenememesidir. Bu nedenle karmaşık sistemlerin dinamik davranışını ortaya çıkarmak için bilgisayar benzetimi gereklidir.

Sistem dinamiği yaklaşımında öğrenciler gerçek dünyanın yerine bir bilgisayar modeli üzerinde deneyler yaparlar. Bu deneyler, bilgisayar kullanılarak yapılır. Benzetim ortamlarında deneyler, Dynano, Powersim (1999), Vensim (1999), STELLA (2000), ithink (2000), Extend (2000) gibi çeşitli bilgisayar yazılım programları vasıtasıyla yapılır. İlköğretim öğrencileri için genellikle STELLA programı önerilir.

2. BÖLÜM: STELLA YAZILIM PROGRAMININ TANITIMI

STELLA, sistemdeki değişkenlerin nicel etkileşimlerini gözlemlemeyi, sistemin çatısını ve grafiksel arayüzünü kolay anlamayı sağlayan, stok, akış, dönüştürücü ve bağlayıcı bloklarından oluşan bir bilgisayar benzetim programıdır.



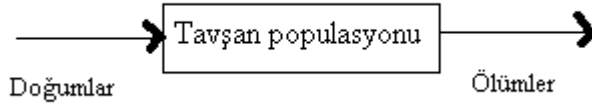
STOK: Stok sistemin mevcut durumunu gösteren değişkenlere verilen isimdir. Sistemin herhangi bir anında fotoğrafı çekilse sistemin o andaki mevcut durumu stoktur. Örneğin, su küvette birikir. Küvetteki su miktarı suyun stokudur.



AKIŞ: Akış, stokun değişim oranıdır. Küvet örneğinde akış suyun musluk vasıtasıyla küvete gelmesi ve kanal vasıtasıyla küvetten ayrılmasıdır.

Stok ve akış arasındaki fark nedir? Stoklar birikimlerdir. Sistemin herhangi bir andaki mevcut durumunu ortaya koyar. Eğer küvetin resmini alırsanız su seviyesini kolaylıkla görebilirsiniz. Suyun birikmiş hacmi stoktur. Stok herhangi bir zaman noktasında sistemin şartlarını tanımlar. Stok aynı zamanda birdenbire değişiklik göstermez değişimler zamanla olur. Akış değişim demektir. Musluktaki su küvete doğru akar ve su dışarı emilerek boşalır. Akış her zaman aralığında stoku artırır veya azaltır. Musluğun açık olduğu zamanın tümünde su içeriye ve dışarıya akacaktır. Zamanla değişen tüm sistemler ancak stok ve akış kullanılarak gösterilebilir.

Aşağıdaki şekilde bir tavşan popülasyonu örneğinde stok ve akış gösterilmektedir. Bir tavşan popülasyonu doğumlar ile artar, ölümler ile azalır. Aşağıdaki tabloda stok ile içeri ve dışarıya doğru akışlar arasındaki ilişki farklı örnekler ile sunulmaktadır.



Stok ve akış örnekleri tablosu

İçeriye akış	Stok	Dışarıya akış
Doğum	Popülasyon	Ölüm
Yetiştirme	Çam ağacı	Kesme
Yemek yeme	Midemizdeki yiyecekler	Sindirme
Öğrenme	Bilgi	Unutma

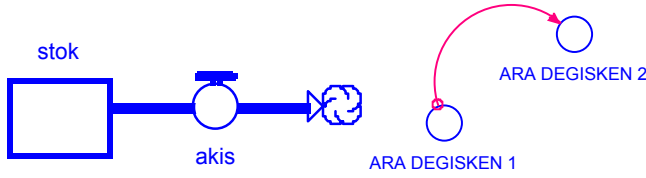


ARA DEĞİŞKEN: Veri girdisini almak, işletmek, bazı çıktı sinyalleri içindeki girdileri değiştirmek için kullanılır. Küvet örneğinde suyun akışını kontrol eden vanayı çevirmek ara değişken vanadaki hareketi bir girdi olarak alır ve suyun akışını yansıtan bir çıktı olarak değiştirir.

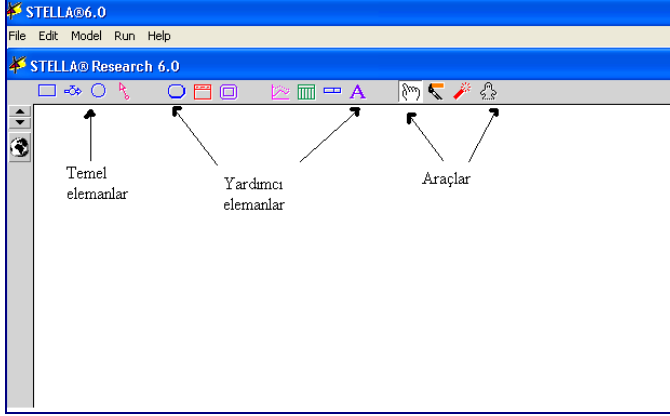


BAĞLAYICI: Akışların veya ara değişkenlerin arasındaki sebep sonuç ilişkilerini gösterir. Aşağıdaki şekilde birinci ara değişkenden ikinciye olan bağlayıcı, ikinci ara değişkenin birinciye bağlı olduğunu ifade etmektedir.

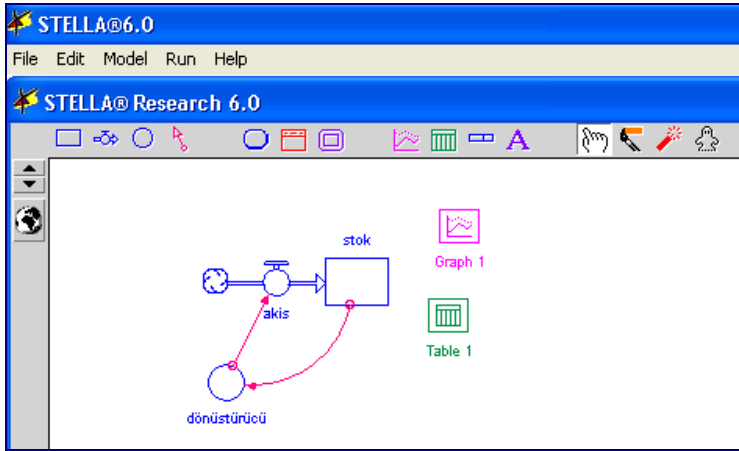
STELLA programına ait temel öğelerin nasıl bir ilişki içinde olduğu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Aşağıdaki şekilde STELLA 6.0 programında yer alan temel ve yardımcı elemanlar gösterilmektedir. Temel elemanlar ile sistem modellenir, yardımcı elemanlar ile modelle ilgili ayrıntılı bilgilere ulaşılır (modeli grafikte veya tablo ile ifade etmek gibi). Araçlar ise modelimizi silmek veya işaretlemek için kullanılır.




Aşağıdaki şekilde STELLA programı ile sistem elemanlarının nasıl çizildiği gösterilmektedir. Şekiller ekrana sürüklenir sonra da isimleri yazılır.



3. BÖLÜM: ADIM ADIM MODEL OLUŞTURMA (Geyik nüfusu örneği)

1. STELLA®7.0.1 programını açın.

2. Dünya şeklinin olduğu simgeyi tıklayarak  modelinizi oluşturabilirsiniz.


3. En üstteki araç çubuğunda aşağıdaki simgeleri göreceksiniz.

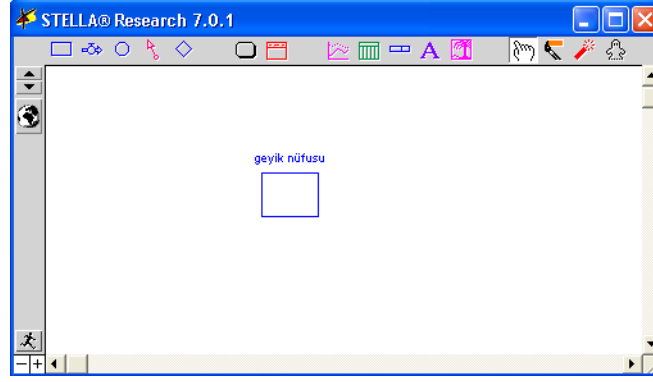


4. Senaryo üzerinde düşünme

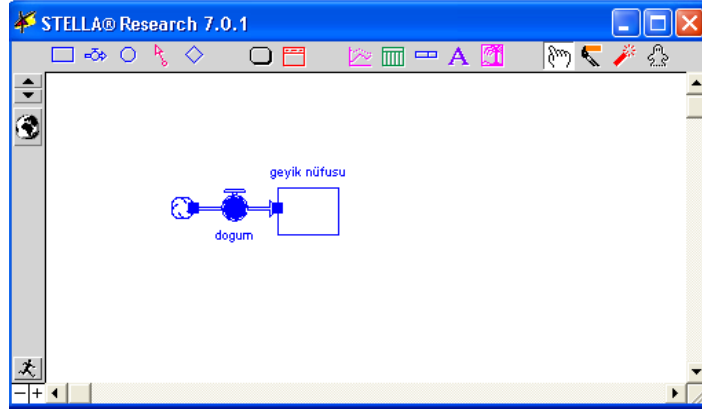
SENARYO: Bir ormanda 100 geyik yaşamaktadır. Her yıl 50 geyik doğarken 25 geyik avcılar tarafından avlanmaktadır. 10 yıl sonra bu ormanda kaç geyik yaşar?

İlk önce ormanda yaşayan geyik modelini yapılandırılalım. Modelimizde stok ve akışlar neler olmalı?

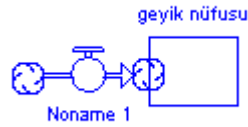
5.  Stok simgesini tıklayın ve sürükleyerek ekrana getirin sonra da stokunuzun ismini yazın.




6. Akış simgesini tıklayarak stokun içine veya dışına olan akışları gösterecek şekilde akış simgelerini yerleştirin.

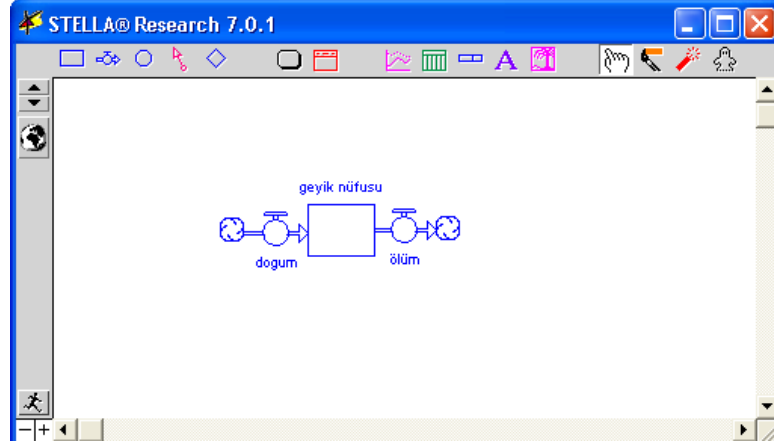


İçeriye akışı çizerken üst sütundaki akışı tıklayın sonra dışarıdan stokun içine kadar sürükleyip bırakın sonra akışın ismini yazın.






Eğer akışı aşağıdaki şekilde çizmişseniz akış ile stok arasında hiç bir bağın olmadığı anlamına gelir ve yanlış bir çizimdir. Silmek için  işaretini tıklayarak akışın üzerine getirip akışı işaretledikten sonra bırakın.

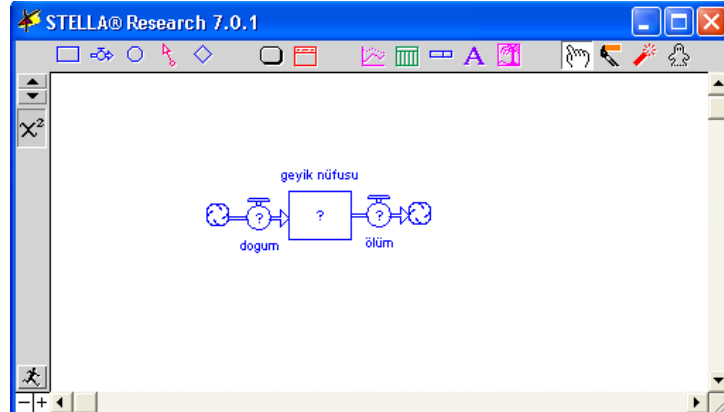





Dışarıya akışı çizerken üst sütundaki akışı tıklayın sonra stokun içinden dışarıya doğru sürükleyip bırakın sonra akışın ismini yazın.

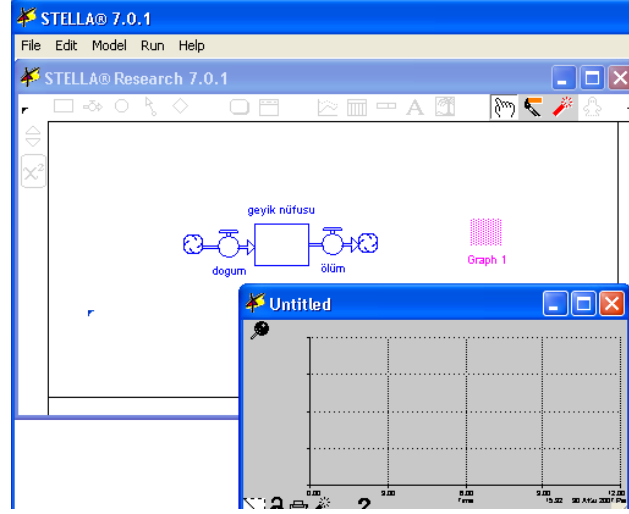
Geyik nüfusu doğumlarla artmakta, ölümlerle azalmaktadır.

Modeldeki stok ve akışlar belirlendikten sonra  simgesini tıklayarak  simgesi ile değiştirin.  simgesine tıkladıktan sonra modelde ? işaretleri göreceksiniz bunun anlama bu kutucuklara sayısal veriler yazmaktır. Her bir ? işaretini iki defa tıklayarak verileri yazabilirsiniz.

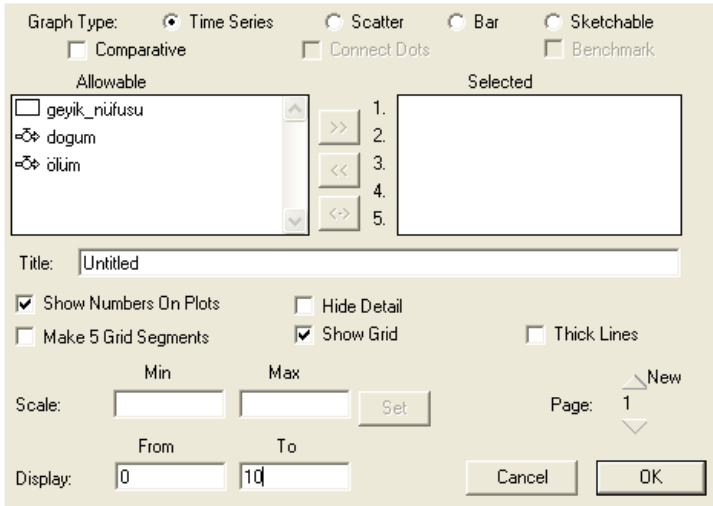


Stok iki defa tıkladığında aşağıdaki pencere açılır. Burada işaretli kısma stokun sayısını yazmanız gerekir. Senaryoda ormanda 100 geyiğin yaşadığı söyleniyordu. O halde stoka 100 yazalım. Aynı şekilde içeriye ve dışarıya akışları iki defa tıklayarak içeriye akışa (doğum) 50, dışarıya akışa (ölüm) 25 değerlerini yazıp **OK** tıklalayalım.

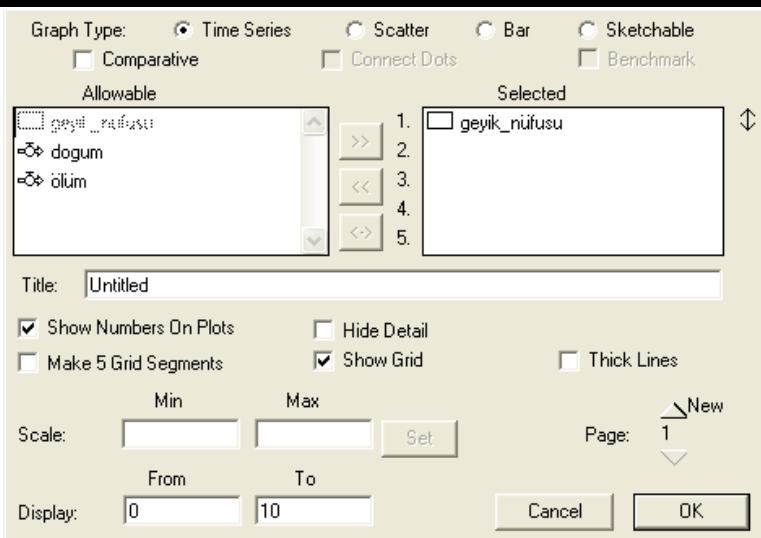
7. Modelin matematiksel verilerini yazdıktan sonra modelin grafiğini çizmek için  simgesini tıklayıp model üzerinde bırakın. Grafiklendirme simgesi çift tıkladığında aşağıdaki şekildeki gibi boş bir grafik şekli gelir.



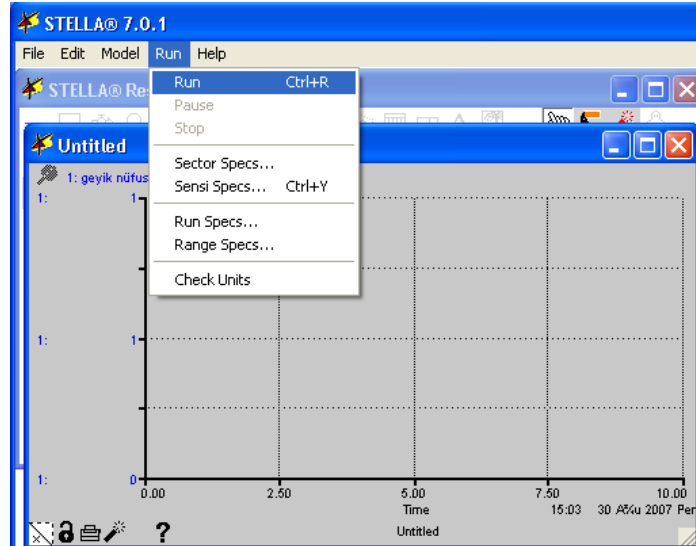
Boş grafik şekli çift tıkladığında hangi verilerin grafiğini çizmek istediğiniz sorulur.



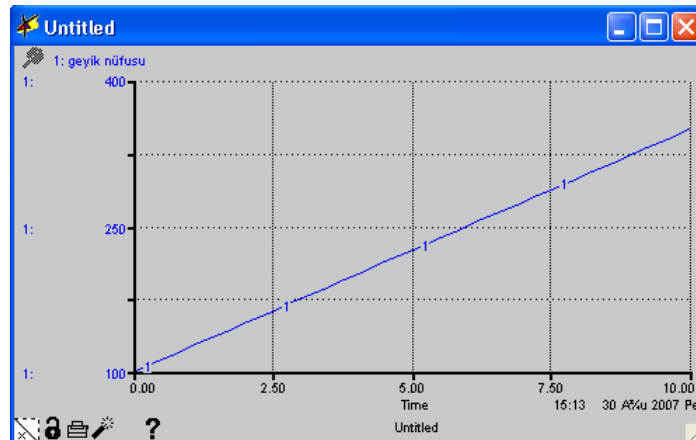
Senaryoda 10 yıl içinde geyik nüfusunun ne kadar olacağı sorulduğu için Display kısmında from – to bölümüne 0- 10 yazılır. Senaryoda geyik nüfusunun ne kadar değişeceği sorulduğundan geyik nüfusunun grafiğini çizelim. Geyik nüfusu seçildiğinde selected kısmına geyik nüfusu geçtikten sonra OK tuşuna basılır.



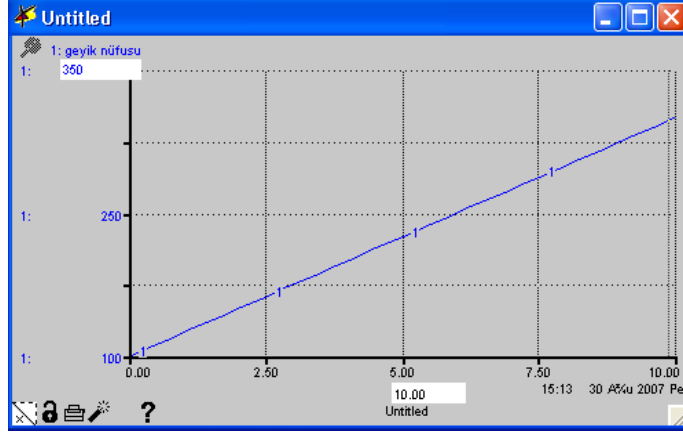
OK tuşuna basıldıktan sonra aşağıdaki sayfa açılır. O sayfada üstte gösterilen menüden RUN menüsüne girilir. Run menüsü tıklandıktan sonra grafik elde edilir.



Ormanda yaşayan geyik nüfusunun 10 yıl sonraki durumunu aşağıdaki grafik göstermektedir. Grafik incelendiğinde geyik nüfusunda doğrusal bir artış olacağı gözlenmektedir. 10 yıllık süre içinde doğan geyik sayısı avlanarak ölen geyik sayısından fazla olduğu için geyik nüfusu giderek artacaktır.



Grafikte 10 yılın üzerine tıkladığında 10. yılda geyik nüfusunun 350 olacağı görülmektedir. başlangıçta 100 geyik varken 10 yıl sonra geyik nüfusu artarak 350'ye ulaşacaktır. Aşağıdaki şekilde sayılar gösterilmektedir. Grafikte her bir sayının üzerine tıkladığında o yıldaki geyik sayısı görülebilir.



Grafığe doğum ve ölüm değişkenleri de ilave edilirse değişkenler aşağıdaki gibi seğilir ve üç değişkenli bir grafik elde edilir.

Graph Type: Time Series Scatter Bar Sketchable
 Comparative Connect Dots Benchmark

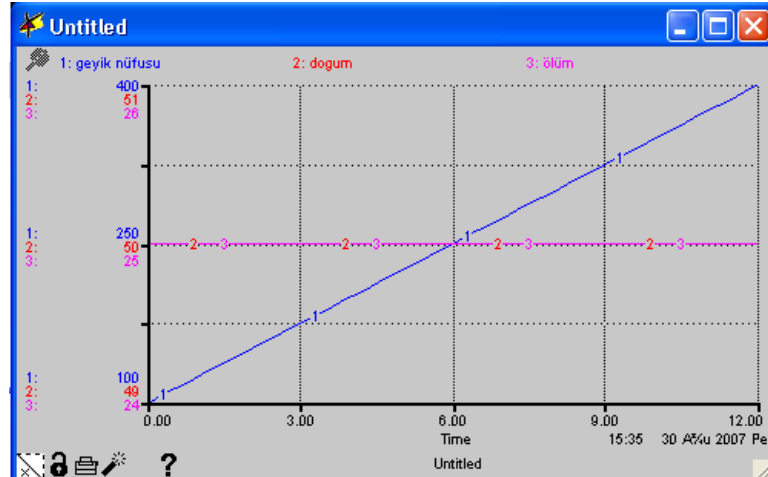
Allowable: geyik_nüfusu, doğum, ölüm
Selected: 1. geyik_nüfusu, 2. doğum, 3. ölüm

Title: Untitled

Show Numbers On Plots Hide Detail
 Make 5 Grid Segments Show Grid Thick Lines

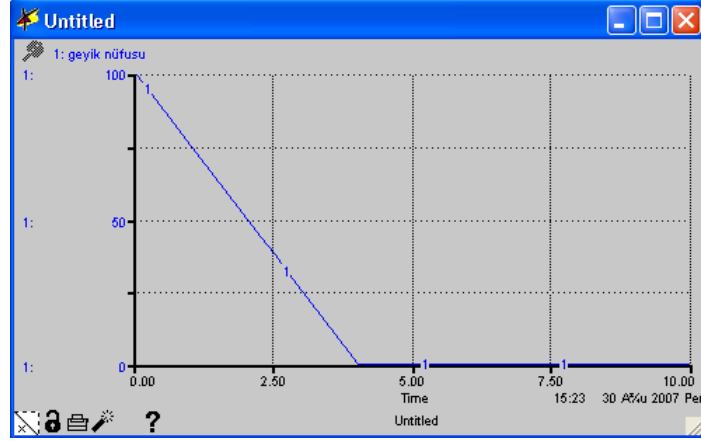
Scale: Min: [] Max: [] Set
Page: 1 New

Display: From: 0 To: 10 Cancel OK





Grafik incelendiğinde 10 yıllık süre içinde geyik nüfusu artarken doğum ve ölüm sayısı sabit kalmaktadır.

Senaryoda tersi durum söz konusu olsaydı grafiğimiz nasıl değişirdi? Doğan geyik sayısı 25 iken avlanarak ölen geyik sayısı 50 olması durumunda modelimizde değişiklikler yaparak grafiğimizi yeniden çizebiliriz. Yukarıdaki işlemleri değiştirdiğimiz sayılarla tekrar denediğimizde aşağıdaki grafiği elde ederiz.



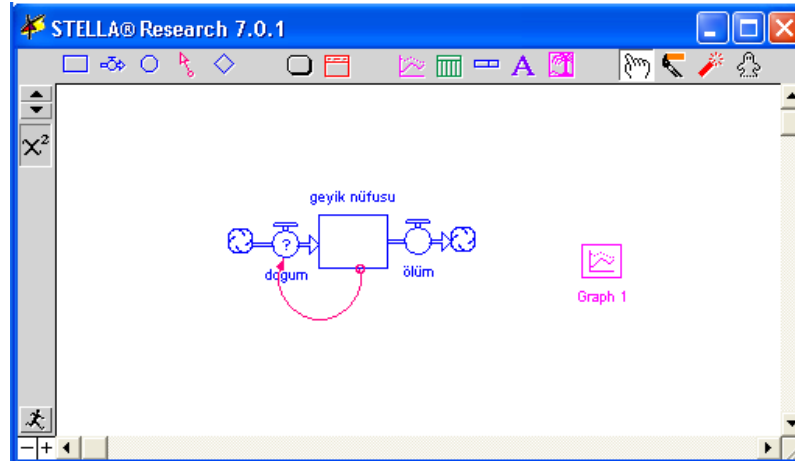
Grafik incelendiğinde geyik nüfusunun giderek azaldığı ve 4. yıldan sonra geyik sayısının sıfırlandığı görülmektedir. Burada yeni doğan geyik sayısı avlanarak ölen geyik sayısından az olduğu için geyik sayısında azalma sonra da ortadan kalkma görülmektedir.

Farklı durumlarda farklı grafikler elde edilmesi senaryo üzerinde tekrar tekrar deneyler yapma fırsatı sağlar.

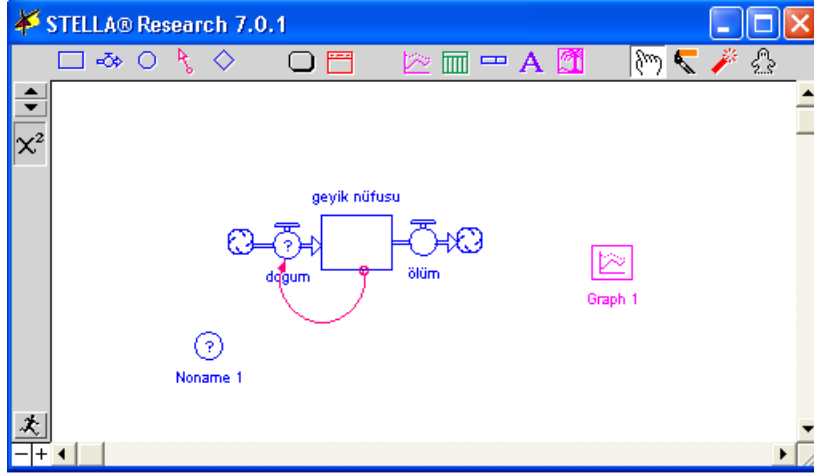
8. Şimdi de  Ara değişken ve  bağlayıcı simgelerini kullanarak modelinizdeki stok, akış, geri besleme ve doğrusal olmayan ilişkileri tespit edelim.

Şimdi tekrar  simgesini tıklayarak  simgesi ile değiştirip modelimizi yapılandırmaya devam edelim.

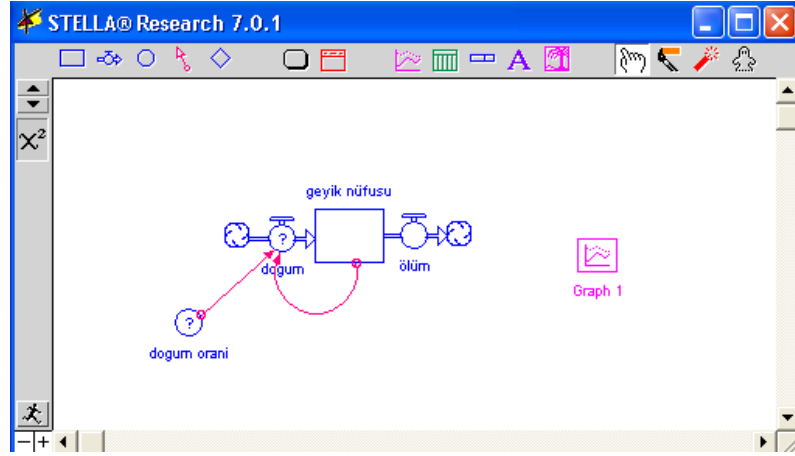
Aşağıdaki modelde geyik nüfusu ile doğum arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. geyik nüfusu ile doğum arasındaki ilişki bize doğumun nüfus değişkenini içermesi gerektiğini söylemektedir.



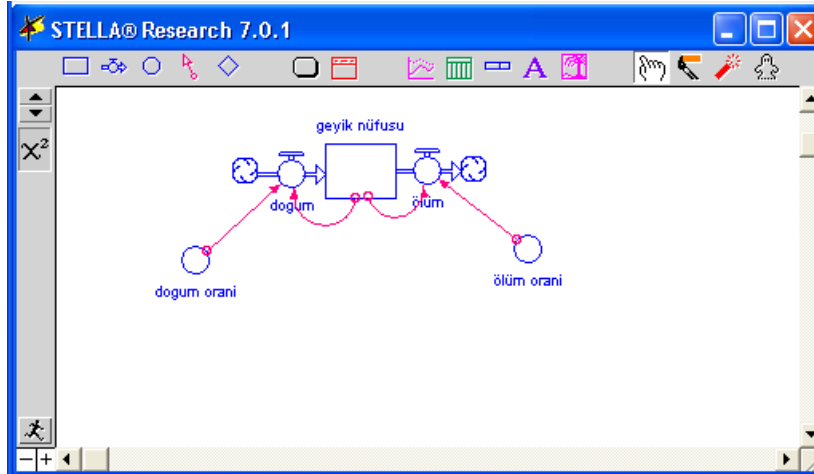
Senaryo üzerinde birkaç değişiklik yapalım. Modelimize ara değişkenler ilave edelim. Ara değişken ne olabilir? Senaryomuzda doğum oranının %3 oranında değiştiğini düşünelim.



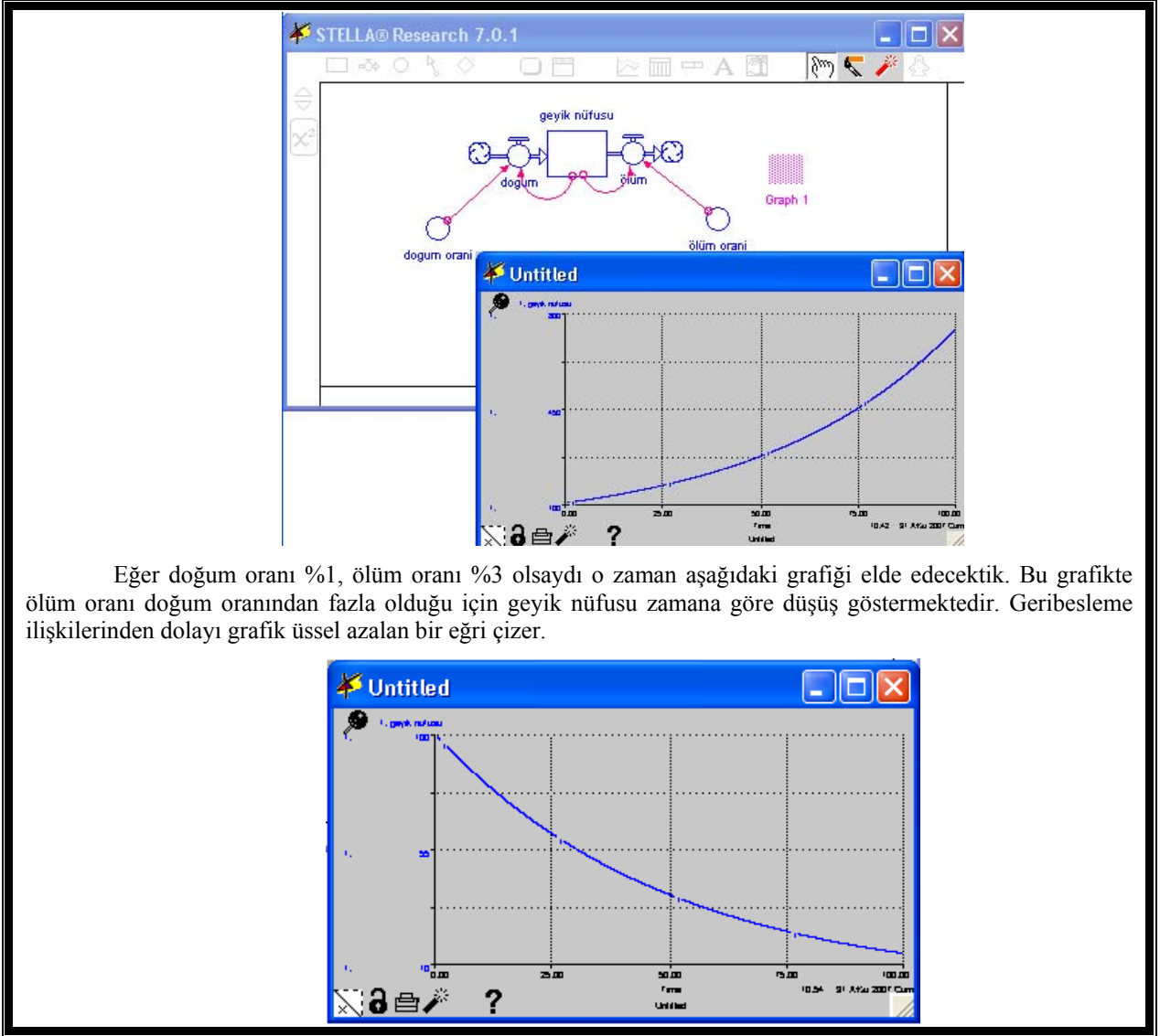
Modelimizde ara değişken doğum oranı olur. Doğan geyiklerin sayısı geyiklerin doğum oranına bağlıdır. Doğum oranını çift tıkladığımızda sayısal değer olarak 0.03 yazalım.



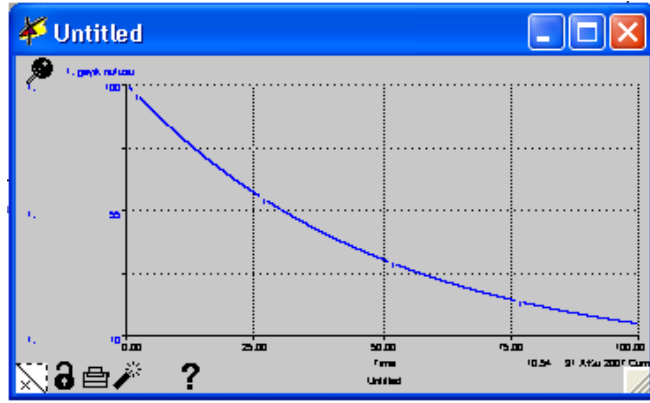
Geyiklerin ölüm oranının da %1 olduğunu düşünerek modelimizi yeniden yapılandırıp verilerimizi model üzerinde yerleştirelim.



Modelin grafiğini çizdiğimizde önceki grafikten farklı bir grafik elde ederiz. Grafikten geyik nüfusunun üssel (nüfus ne kadar çoksa nüfus artış hızı da o kadar çok) olarak arttığı görülmektedir. farklılığın sebebi stok ve akışlar arasındaki ilişkiler ve ara değişkenlerin modele ilave edilmesidir. Önceki sistemde stok olan geyik nüfusu doğan geyiklerin sayısını etkilemiyordu dolayısıyla artış doğrusal bir eğri çiziyordu. Şimdiki sistemde geyik nüfusu doğan geyiklerin sayısını etkiliyor ve doğum oranı da doğan geyik sayısını etkiliyor aralarında bir geribesleme ilişkisi var. Bu geribesleme ilişkisi grafiğin üssel olarak artmasına sebep oluyor. Aynı zamanda doğum oranının yüzdesi ölüm oranına göre daha yüksek olduğu için grafik artan bir eğri çiziyor.



Eğer doğum oranı %1, ölüm oranı %3 olsaydı o zaman aşağıdaki grafiği elde edecektik. Bu grafikte ölüm oranı doğum oranından fazla olduğu için geyik nüfusu zamana göre düşüş göstermektedir. Geribesleme ilişkilerinden dolayı grafik üssel azalan bir eğri çizer.

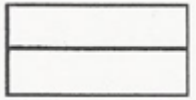


4. BÖLÜM: GRAFİK YORUMLAMA

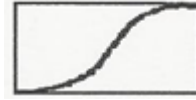
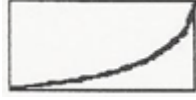
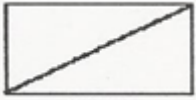
Dinamik sistem yaklaşımında odak noktası, olayları ya da değişkenleri belli zamanlarda tahmin etmek değildir. Amaç değişkenlerin temel davranış biçimlerini anlayıp, nedenlerini bulmak ve sistemin uzun dönemli davranışını iyileştirme yolları aramaktır.

Geliştirdiğiniz modelinizin dinamik davranışının aşağıdaki davranış biçimlerine göre yorumlayabilirsiniz.

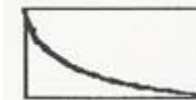
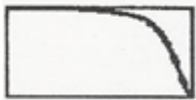
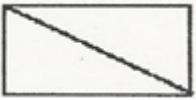
1. Sabit



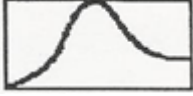
2. Büyüme



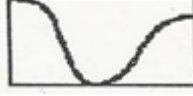
3. Düşüş



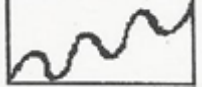
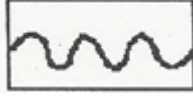
4. Büyüme ve Düşüş



5. Düşüş ve Büyüme



6. Salınım



EK-10 SİSTEM DİNAMİĞİ ÖĞRETMEN KILAVUZLARI

SARMAL YAYLARI TANIYALIM

Ünite	Hareket ve Kuvvet
Sınıf	7
Konu	Sarmal yayları tanıyalım
Amaç	Sarmal yayların özelliklerini keşfetme
Keşif	Trombolinde zıplama Günlük hayatta sarmal yayların kullanımı
Süre	3 ders saati
Etkinlikler	1. Yaylarla oynayalım 2. Yay yapalım 3. Dinamometre tasarlayalım
Ders amaçları	<p>Sarmal yayların özellikleri ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <ul style="list-style-type: none">• Yayların esneklik özelliği gösterdiğini gözlemler• Bir yayı sıkıştıran veya geren cisme, yayın eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını belirtir.• Bir yayı geren veya sıkıştıran kuvvetin artması durumunda yayın uyguladığı kuvvetin de arttığını fark eder.• Bir yayın esneklik özelliğini kaybedebileceğini keşfeder• Yayların özelliklerini kullanarak bir dinamometre tasarlar ve yapar <p>[!] Uyarı Öğrenciler sıkıştırılan veya gerilen yayların eski hâllerine geri dönerken kendileri ve çevredekiler için tehlike oluşturacak tarzda hareket edebilecekleri konusunda uyarılmalıdır.</p> <p>Öğrenciler şunları yapabildikleri zaman öğrendiklerini gösterebilecekler:</p> <ol style="list-style-type: none">1. hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan sarmal yaylar konusunu içeren fizik kavramlarının ne zaman ve nerede uygulandığını açıklayabildiğinde,2. fiziksel olayları incelerken ve problem çözerken fizik kavramlarını kullandığında,3. kavramları yeni içeriklere uyguladığında,4. bir durumu analiz etmek için öğrendiği kavramları birleştirdiğinde5. çalışma kılavuzlarındaki standart problemleri doğru bir şekilde çözdüğünde,6. zengin içerikli problemleri, tahmin problemlerini, çok basamaklı ve çok kavramlı problemleri, nitel sorgulama içeren problemleri çözebildiğinde,7. arkadaşlarının probleme buldukları çözümleri değerlendirdiğinde,8. öğrendiği fiziksel olaylar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini sorguladığında,9. fiziksel olayların matematiksel modellerini geliştirmek için simülasyonlar kullanabildiğinde,10. web'den bilgi araştırıp öğrenme amaçları için kullanabildiğinde.
Gerekli Düşünme Becerileri	<ul style="list-style-type: none">- sistemi, zamanla davranışını, ilişkileri tanımlama,- zamanla davranışını, uzama miktarı ve sürat arasındaki ilişkileri analiz etme,- model yapıları, zamanla davranışlarının grafiklerini sentezleme,- problemlerin ve tahminlerin çözümünü değerlendirme- problem çözme

Zihinsel Alışkanlıklar	<ul style="list-style-type: none"> - düşünmeyi düşünme - açıklık ve doğrulukla düşünme ve iletişim kurma - doğruluğu için uğraşma - eski bilgilerini yeni bilgilerine uygulama. Bu zihinsel alışkanlıklar bu derslere önemli derecede uygulanabilir ve şunları vurgular: - ısrar etme - esnek bir şekilde düşünme - birbiriyle bağlantılı düşünme (eğer öğrenciler grup halinde çalışıyorsa) - sürekli öğrenme için istekli kalma
Değerlendirme	<p>Ders esnasında kullanılacak değerlendirme araçları:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Öğrenci ve öğretmen gözlemleri - Model kayıtları - Görüşmeler - Laboratuvar Uygulamaları - Öğrenme Blogları - Öğrenci ürün dosyası - Bireysel veya Grup Projeleri
Eğitimsel düşünme	<p>Bu ders yapılandırmacı öğrenme modeline uygun olacak şekilde tasarlanır. Bu dersin temelinde yapılandırmacı öğrenme olduğu gibi aynı zamanda Sistem dinamiği yaklaşımı ile de zenginleştirilmiştir.</p> <p>Dersin uygulanma sırası şu şekildedir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konu hakkında düşünme ▪ Konu ile ilgili senaryo oluşturma ▪ Öğrencilerin ön bilgilerini tespit etme ▪ Konu için gerekli terimleri verme ▪ Terimler verilirken STELLA modelini oluşturma. ▪ Modellemede kullanılan parametreleri değiştirerek modeli test etme. ▪ Sistemi kontrol etme. ▪ Verileri grafikte ifade etme. ▪ Matematiksel eşitlikleri yazma. ▪ Verileri karşılaştırma. ▪ Süreci değerlendirme, modeli kontrol etme. <p>Bir sarmal yay modelini öğrencilerle birlikte yapılandırma, öğrencilerin bireysel yada işbirlikli gruplar halinde çalıştıkları bilgisayar laboratuvarlarında yapılmalıdır. Her bir öğrenci onların sorulara verdikleri cevapları, tahminleri ve model sonuçlarını kaydetmek için çalışma yapraklarına sahiptir. Öğrencilere verilen ödevleri bitirmeleri için yeterli zaman (yaklaşık 45 dakika) verildikten sonra dersi sorgulayan geniş bir grup oluşturulmalıdır (yaklaşık 20 dak).</p> <p>Bu dersler öğretmenin öğretimde sorgulama yaklaşımını kullandığı sınıflarda en iyi şekilde kullanılır. Bu ders planının amacı için, bir sorgulama yaklaşımı, öğrencilerden cevapları önermesi, tahminler yapması ve doğru cevabı düşünmeksizin hipotez kurması istendiğinde tanımlanabilir.</p>
Ön şart	<p>Öğretmen bilgi ve becerilerinin ön şartı</p> <p>Öğretmen bir bilgisayar laboratuvar ortamında rahat çalışmalıdır. Ortaya çıkacak belirli teknolojik konularla (donanım veya yazılım problemleri gibi) ilişkili olabilmelidir. Öğretmenin sadece STELLA programını anlaması yeterlidir, öğretmenin uzman modellemeci olması gerekmez. Öğretmenin stok/akış diyagramının mantığını anlaması önemlidir.</p> <p>Öğretmen sarmal yaylar hakkında genel kavram yanılgılarının farkında olmalıdır. Öğretmen sınıf tartışmaları yaparken ve öğrencilerin kabul edilen fiziksel açıklamaların farkına varmasını sağlayan soruları sorarken, kavram</p>

	<p>yanılıgılarını ortadan kaldırma becerisine sahip olmalıdır.</p> <p>Öğrenci bilgi ve becerilerinin ön şartı Öğrenciler uzama miktarı, sürat kavramlarının ne anlama geldiğini bilmeli ve basit hesaplamalar yapabilmelidir. Bazı matematiksel verilerden yararlanarak tablo oluşturma ve grafik çizme ve buna ek olarak tek ve çok ölçekli grafikleri okumayabilme becerisine sahip olmalıdır. Öğrencilerin STELLA veya stok/akış diyagramlarını önceden bilmelerine gerek yoktur. Birkaç saatlik tanıtım dersi ile sistemin elemanlarını, STELLA programını ve model oluşturmaya öğrenilebilir.</p>	
Materyaller	<p>Öğrencilerin bireysel veya grup halinde çalışabilecekleri yeterli derecede bilgisayara sahip bir bilgisayar laboratuvarı ve her bilgisayar için STELLA programı gereklidir.</p> <p>Bir projeksiyon aletiyle bir bilgisayar tüm sınıf tartışmalarında öğretmeni yönlendirir. Bir alternatif de tepegöz kullanmaktır. Bu durumda, modeli ve stok/akış diyagramlarını adapte etme sırasında yapılan grafiklerin slaytları hazırlanır.</p> <p>Sarmal yay modeli için gerekli materyaller:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ders kitabı ▪ Laboratuvar malzemeleri ▪ Öğrenci çalışma kılavuzları ▪ Öğrenci ürün dosyası ▪ Değerlendirme gözlem formları ▪ STELLA yazılım programı 	
Model oluşturma		
Sistemin analizi	<p>Stok:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Uzama miktarı - sürat
	<p>Akışlar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - uzama miktarındaki değişim - süratteki değişim
	<p>Ara değişkenler</p>	<ul style="list-style-type: none"> - kuvvet - yay sabiti - kütle

	İlişkiler	<ul style="list-style-type: none"> - sürat → uzama miktarındaki değişim - uzama miktarı → kuvvet - yay sabiti → kuvvet - kütle → süratteki değişim
Geri besleme döngüleri	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Sarmal yay sistemindeki geri besleme döngüsü, yaya bir itme veya çekme kuvveti uygulanmasıyla başlar. Yaya bir kuvvet uygulandığında, yay ileri-geri hareket etmeye başlar. Kuvvet uygulandığında, yay sürat kazanır. Bunun sonucunda, yay gerinir, yay gerinince hareketin ters yönünde bir kuvvet yay tarafından uygulanır. Bu kuvvet, süratin değişmesine sebep olur. Bu şekilde hareket devam eder. Bu sistemde dengeleyici bir geribesleme örneği görülmektedir. Yayın salınımını durduran etken, sürtünme kuvvetidir.</p>	
Sistemin matematiksel analizi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uzama miktarı, sürat, kuvvet sabiti ve kütle sabit değerlerle ifade edilirken, uzama miktarındaki ve süratteki değişim ve kütle formüllerle ifade edilir. ▪ Uzama miktarındaki değişme sürate bağlıdır. $x_0 = v_0 \cdot t_0$ $x_1 = x_0 + v_0 \cdot t_0$ $x_2 = x_1 + v_1 \cdot t_1$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $x_2 - x_1 = v_1 \cdot t_1$ </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kuvvet hem uzama miktarına hem de yay sabitine bağlıdır. Yayın uyguladığı kuvvet açısından bakılırsa kuvvet, uzama miktarına bağlıdır fakat eğer biz yaya bir kuvvet uygularsak o zaman uzama miktarı kuvvete bağlı olur. (bu kısımda öğretmen kuvvet; $F = -k \cdot x$ formülünü gösterebilir) ▪ Süratteki değişim uygulanan kuvvete bağlıdır. ▪ Süratteki değişim yaylara astığımız kütle miktarlarına bağlıdır. 	
Matematiksel veri tablosu	<pre> <input type="checkbox"/> sürat(t) = sürat(t - dt) + (süratteki_degisim) * dt INIT sürat = 10 INFLOWS: ✚ süratteki_degisim = KUVVET/kütle <input type="checkbox"/> uzama_miktari(t) = uzama_miktari(t - dt) + (uzama_miktarındaki_degisim) * dt INIT uzama_miktari = 0 INFLOWS: ✚ uzama_miktarındaki_degisim = sürat <input type="radio"/> kütle = 2 <input type="radio"/> KUVVET = -yay_sabiti*uzama_miktari <input type="radio"/> yay_sabiti = 0.1 </pre>	

<p>Grafik çizme</p>	
<p>Grafiği yorumlama</p>	<p>Grafikteki eğriler, sürat fazının uzama miktarı fazından 90° farklı olduğunu gösterir. Yani, uzama miktarı en büyük ve en küçük değerde iken sürat sıfırdır. Benzer şekilde uzama miktarı sıfırken sürat en büyüktür. Uzama miktarı ve sürat zamanla sinüsel olarak değişir fakat aynı fazda değildirler.</p>

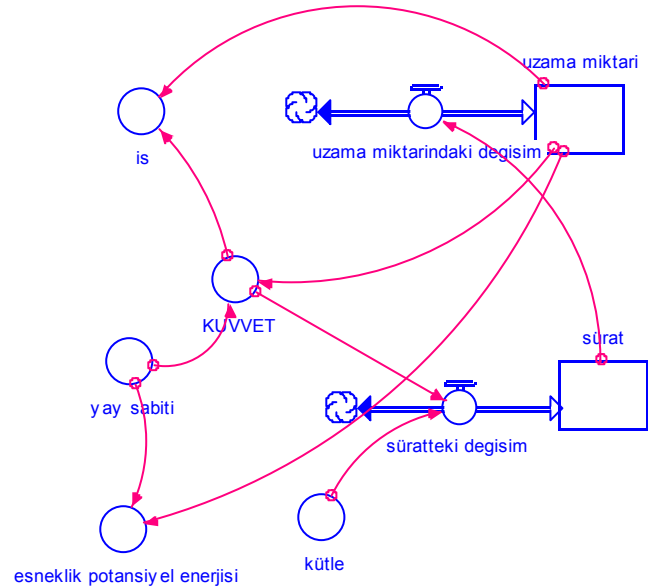
SİSTEM DİNAMİĞİ ÖĞRETMEN KILAVUZU-2

SARMAL YAYLARDA İŞ, ESNEKLİK POTANSİYEL ENERJİSİ, KİNETİK ENERJİ

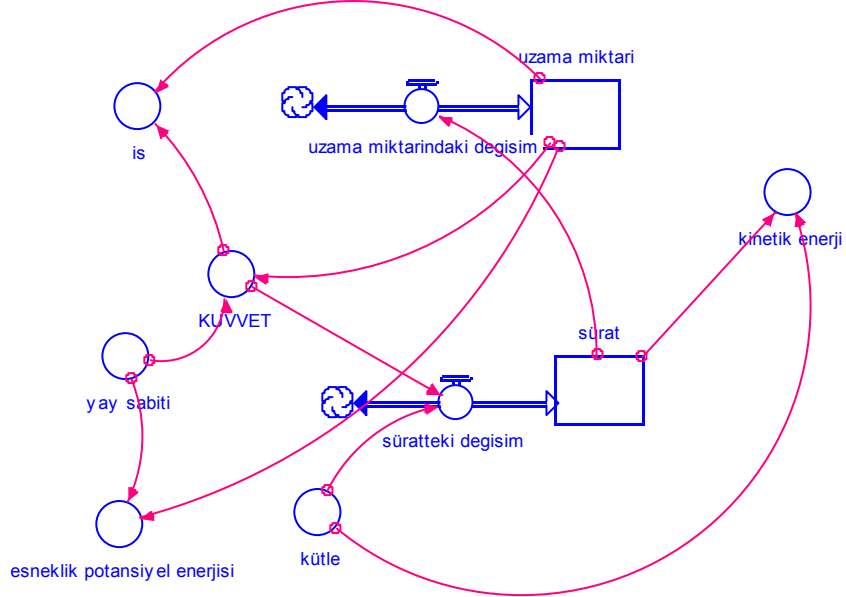
Ünite	Hareket ve Kuvvet
Sınıf	7
Konu	İş ve Enerji
Süre	5 ders saati
Etkinlikler	<ol style="list-style-type: none">1. Hangi durumda iş yaparız?2. İş var mı?3. Sürat, kütle ve kinetik enerji4. Çekim potansiyel enerjisi nelere bağlıdır?5. Esneklik potansiyel enerjisi nelere bağlıdır?
Ders amaçları	<p>Kuvvet, iş ve enerji ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <ol style="list-style-type: none">1. Kuvvet, iş ve enerji arasındaki ilişkiyi araştırır.2. Fiziksel anlamda işi tanımlar ve birimini belirtir.3. Bir cisme hareket doğrultusuna dik olarak etki eden kuvvetin, fiziksel anlamda iş yapmadığını ifade eder.4. Enerjiyi iş yapabilme yeteneği olarak tanımlar.5. Hareketli cisimlerin kinetik enerjiye sahip olduğunu fark eder.6. Kinetik enerjinin sürat ve kütle ile olan ilişkisini keşfeder7. Cisimlerin konumları nedeniyle çekim potansiyel enerjisine sahip olduğunu belirtir.8. Çekim potansiyel enerjisinin cismin ağırlığına ve yüksekliğine bağlı olduğunu keşfeder9. Bazı cisimlerin esneklik özelliği nedeni ile esneklik potansiyel enerjisine sahip olabileceğini belirtir.10. Sıkıştırılmış veya gerilmiş bir yayın esneklik potansiyel enerjisine sahip olduğunu fark eder11. Yayın esneklik potansiyel enerjisinin yayın sıkışma (veya, gerilme) miktarı ve yayın esneklik özelliğine bağlı olduğunu keşfeder12. Potansiyel ve kinetik enerjilerin birbirine dönüşebileceğini örneklerle açıklar13. Enerji dönüşümlerinden hareketle, enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.14. Çeşitli enerji türlerini araştırır ve bunlar arasındaki dönüşümlere örnekler verir <p>[!] Uyarılar</p> <p>İş birimi joule (jul) olarak verilir. Öğrenciler iş ve enerji kavramları arasındaki farkı ve ilişkiyi fark edebilmelidir. Bazı cisimlere örnek olarak balon, lastik, cetvel verilebilir.</p> <p>Öğrenciler şunları yapabildikleri zaman öğrendiklerini gösterebilecekler:</p> <ol style="list-style-type: none">1. hareket ve kuvvet ünitesi kapsamında yer alan sarmal yaylar konusunu içeren fizik kavramlarının ne zaman ve nerede uygulandığını açıklayabildiğinde,2. fiziksel olayları incelerken ve problem çözerken fizik kavramlarını kullandığında,3. kavramları yeni içeriklere uyguladığında,4. bir durumu analiz etmek için öğrendiği kavramları birleştirdiğinde5. çalışma kılavuzlarındaki standart problemleri doğru bir şekilde çözdüğünde,6. zengin içerikli problemleri, tahmin problemlerini, çok basamaklı ve çok kavramlı problemleri, nitel sorgulama içeren problemleri çözebildiğinde,7. arkadaşlarının probleme buldukları çözümleri değerlendirdiğinde,8. öğrendiği fiziksel olaylar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini sorguladığında,9. fiziksel olayların matematiksel modellerini geliştirmek için simülasyonlar kullanabildiğinde,10. web'den bilgi araştırıp öğrenme amaçları için kullanabildiğinde.
Gerekli Düşünme	<ul style="list-style-type: none">- sistemi, zamanla davranışını, ilişkileri tanımlama,- zamanla davranışını, uzama miktarı ve sürat arasındaki ilişkileri analiz etme,

Becerileri	<ul style="list-style-type: none"> - model yapıları, zamanla davranışlarının grafiklerini sentezleme, - problemlerin ve tahminlerin çözümünü değerlendirme - problem çözüme
Zihinsel Alışkanlıklar	<ul style="list-style-type: none"> - düşünmeyi düşünme - açıklık ve doğrulukla düşünme ve iletişim kurma - doğruluğu için uğraşma - eski bilgilerini yeni bilgilerine uygulama. Bu zihinsel alışkanlıklar bu derslere önemli derecede uygulanabilir ve şunları vurgular: - ısrar etme - esnek bir şekilde düşünme - birbiriyle bağlantılı düşünme (eğer öğrenciler grup halinde çalışıyorsa) - sürekli öğrenme için istekli kalma
Değerlendirmeye	<p>Ders esnasında kullanılacak değerlendirme araçları:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Öğrenci ve öğretmen gözlemleri - Model kayıtları - Görüşmeler - Laboratuvar Uygulamaları - Öğrenme Blogları - Öğrenci ürün dosyası - Bireysel veya Grup Projeleri
Eğitimsel düşünme	<p>Bu ders yapılandırmacı öğrenme modeline uygun olacak şekilde tasarlanır. Bu dersin temelinde yapılandırmacı öğrenme olduğu gibi aynı zamanda Sistem dinamiği yaklaşımı ile de zenginleştirilmiştir.</p> <p>Dersin uygulanma sırası şu şekildedir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konu hakkında düşünme ▪ Konu ile ilgili senaryo oluşturma ▪ Öğrencilerin ön bilgilerini tespit etme ▪ Konu için gerekli terimleri verme ▪ Terimler verilirken STELLA modelini oluşturma. ▪ Modellemede kullanılan parametreleri değiştirerek modeli test etme. ▪ sistemi kontrol etme. ▪ Verileri grafikte ifade etme. ▪ Matematiksel eşitlikleri yazma. ▪ Verileri karşılaştırma. ▪ Süreci değerlendirme, modeli kontrol etme. <p>Daha önce yapılandırılan sarmal yay modelini öğrencilerle birlikte geliştirme, öğrencilerin bireysel yada işbirlikli gruplar halinde çalıştıkları bilgisayar laboratuvarlarında yapılmalıdır. Her bir öğrenci onların sorulara verdikleri cevapları, tahminleri ve model sonuçlarını kaydetmek için çalışma yapraklarına sahiptir.</p>
Ön şart	<p>Öğretmen bilgi ve becerilerinin ön şartı</p> <p>Öğretmen bir bilgisayar laboratuvar ortamında rahat çalışmalıdır. Ortaya çıkacak belirli teknolojik konularla (donanım veya yazılım problemleri gibi) ilişkili olabilmelidir. Öğretmenin sadece STELLA programını anlaması yeterlidir, öğretmenin uzman modellemeci olması gerekmez. Öğretmenin stok/akış diyagramının mantığını anlaması önemlidir.</p> <p>Öğretmen sarmal yaylar hakkında genel kavram yanlışlarının farkında olmalıdır. Öğretmen sınıf tartışmaları yaparken ve öğrencilerin kabul edilen fiziksel açıklamaların farkına varmasını sağlayan soruları sorarken, kavram yanlışlarını ortadan kaldırma becerisine sahip olmalıdır.</p> <p>Öğrenci bilgi ve becerilerinin ön şartı</p> <p>Öğrenciler uzama miktarı, sürat kavramlarının ne anlama geldiğini bilmeli ve basit hesaplamalar yapabilmelidir.</p> <p>Bazı matematiksel verilerden yararlanarak tablo oluşturma ve grafik çizme ve buna ek olarak tek ve çok ölçekli grafikleri okumayabilme becerisine sahip olmalıdır.</p> <p>Öğrencilerin STELLA veya stok/akış diyagramlarını önceden bilmelerine gerek yoktur. Birkaç saatlik tanıtım dersi ile sistemin elemanları, STELLA programı ve</p>

	<p>model oluşturma öğrenilebilir.</p>
Materyaller	<p>Öğrencilerin bireysel veya grup halinde çalışabilecekleri yeterli derecede bilgisayara sahip bir bilgisayar laboratuvarı ve her bilgisayar için STELLA programı gereklidir.</p> <p>Bir projeksiyon aletiyle bir bilgisayar tüm sınıf tartışmalarında öğretmeni yönlendirir. Bir alternatif de tepegöz kullanmaktır. Bu durumda, modeli ve stok/akış diyagramlarını adapte etme sırasında yapılan grafiklerin slaytları hazırlanır.</p> <p>Sarmal yay modeli için gerekli materyaller:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ders kitabı ▪ Laboratuvar malzemeleri ▪ Öğrenci çalışma kılavuzları ▪ Öğrenci ürün dosyası ▪ Değerlendirme gözlem formları ▪ STELLA yazılım programı
Model oluşturma	<p style="text-align: center;">Sarmal yaylarda iş modeli</p> <p style="text-align: center;">sarmal yaylarda esneklik potansiyel enerjisi</p>



sarmal yaylarda kinetik enerji



Sistemin analizi







Stok:	- Uzama miktarı - sürat
Akışlar	- uzama miktarındaki değişim - süratteki değişim
Ara değişkenler	- kuvvet - yay sabiti - kütle - iş - esneklik potansiyel enerjisi - kinetik enerji
İlişkiler	- sürat → uzama miktarındaki değişim - uzama miktarı → kuvvet - yay sabiti → kuvvet - kütle → süratteki değişim - uzama miktarı → iş - kuvvet → iş - uzama miktarı → esneklik potansiyel enerjisi - yay sabiti → esneklik potansiyel enerjisi - sürat → kinetik enerji

		- kütle→kinetik enerji																	
Sistemin matematiksel analizi	<ul style="list-style-type: none"> Uzama miktarı, sürat, yay sabiti ve kütle sabit değerlerle ifade edilirken, uzama miktarındaki ve süratteki değişim ve kütle formüllerle ifade edilir. Uzama miktarındaki değişme sürate bağlıdır. <ul style="list-style-type: none"> $v_0 = v_0 \cdot t_0$ $x_1 = x_0 + v_0 \cdot t_0$ $x_2 = x_1 + v_1 \cdot t_1$ $x_2 - x_1 = v_1 \cdot t_1$ Kuvvet hem uzama miktarına hem de yay sabitine bağlıdır. Yayın uyguladığı kuvvet açısından bakılırsa kuvvet uzama miktarına bağlıdır fakat eğer biz yaya bir kuvvet uygularsak o zaman uzama miktarı kuvvete bağlı olur. (bu kısımda öğretmen kuvvet; $F = -k \cdot x$ formülünü gösterebilir) Süratteki değişim uygulanan kuvvete bağlıdır. Süratteki değişim yaylara astığımız kütle miktarlarına bağlıdır. Bir cisim üzerine bir kuvvet etkir ve cisimde bu kuvvetin etkisiyle hareket ederse iş yapılmış olur. İş yapılabilmesi için cisim kuvvet doğrultusunda hareket etmelidir. İş uygulanan kuvvete ve cismin kuvvet doğrultusunda yerdeğiştirmesine bağlıdır. ($W = F \cdot x$) Esneklik potansiyel enerji uygulanan yay sabitine ve uzama miktarına bağlıdır. $E_p = 1/2 kx^2$ yayda depolanan enerji. Kinetik enerji kütle ve sürate bağlıdır. $E_k = 1/2 mv^2$. Yay ne kadar süratli hareket ederse kinetik enerji de o kadar büyük olur. 																		
Matematiksel veri tablosu	<table border="1"> <tr> <td>Uzama miktarı</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Sürat</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Süratteki değişim</td> <td>Kuvvet/kütle</td> </tr> <tr> <td>Uzama miktarındaki değişme</td> <td>Sürat</td> </tr> <tr> <td>Kuvvet</td> <td>- yay sabiti*uzama miktarı</td> </tr> <tr> <td>Yay sabiti</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>iş</td> <td>Kuvvet*uzama miktarı</td> </tr> <tr> <td>Esneklik potansiyel enerjisi</td> <td>$1/2 * \text{yay_sabiti} * (\text{uzama miktarı})^2$</td> </tr> <tr> <td>Kinetik enerji</td> <td>$1/2 * \text{kütle} * (\text{sürat})^2$</td> </tr> </table>	Uzama miktarı	0	Sürat	10	Süratteki değişim	Kuvvet/kütle	Uzama miktarındaki değişme	Sürat	Kuvvet	- yay sabiti*uzama miktarı	Yay sabiti	0.1	iş	Kuvvet*uzama miktarı	Esneklik potansiyel enerjisi	$1/2 * \text{yay_sabiti} * (\text{uzama miktarı})^2$	Kinetik enerji	$1/2 * \text{kütle} * (\text{sürat})^2$
Uzama miktarı	0																		
Sürat	10																		
Süratteki değişim	Kuvvet/kütle																		
Uzama miktarındaki değişme	Sürat																		
Kuvvet	- yay sabiti*uzama miktarı																		
Yay sabiti	0.1																		
iş	Kuvvet*uzama miktarı																		
Esneklik potansiyel enerjisi	$1/2 * \text{yay_sabiti} * (\text{uzama miktarı})^2$																		
Kinetik enerji	$1/2 * \text{kütle} * (\text{sürat})^2$																		
Grafik çizme	<p>1: esneklik potansiyel enerjisi 2: iş 3: kinetik enerji</p>																		

EK-11 SARMAL YAYLAR BİLGİ YAPRAKLARI

BİLGİ YAPRAĞI-1

SORU 1

	Stok		
	Akış		
	Ara değişken		
	Bağlayıcı		

Yanda gösterilen sarmal yay modelinde stok, akış ve ara değişkenlerin isimlerini yazarak, aralarındaki ilişkileri oklarla belirtiniz.

SORU 2

Aşağıdaki tabloda “süratteki değişimin” ve “kuvvetin” nelere bağlı olduğunu işaretleyerek (X) matematiksel eşitliklerini yazınız.

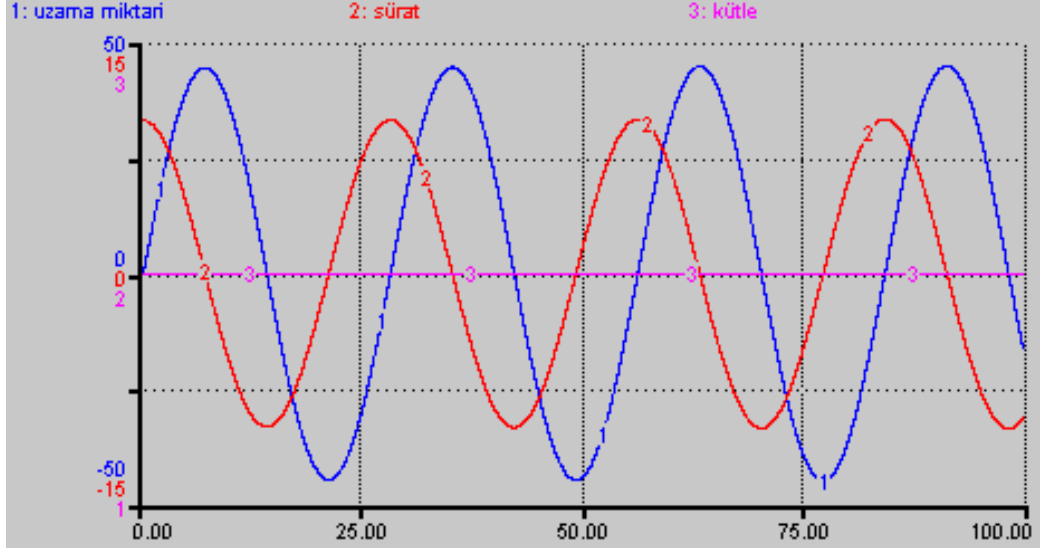
	Uzama miktarı	Sürat	Kuvvet	Kütle	Yay sabiti	Matematiksel eşitlik
Süratteki değişim						
Kuvvet						

SORU 3

Sarmal yay modelindeki geri besleme döngüsünü çizerek, hangi tür geri besleme olduğunu sebebiyle birlikte yazınız.

SORU 4

Aşağıdaki üç değişkenli grafikte uzama miktarı, sürat ve kütle arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.




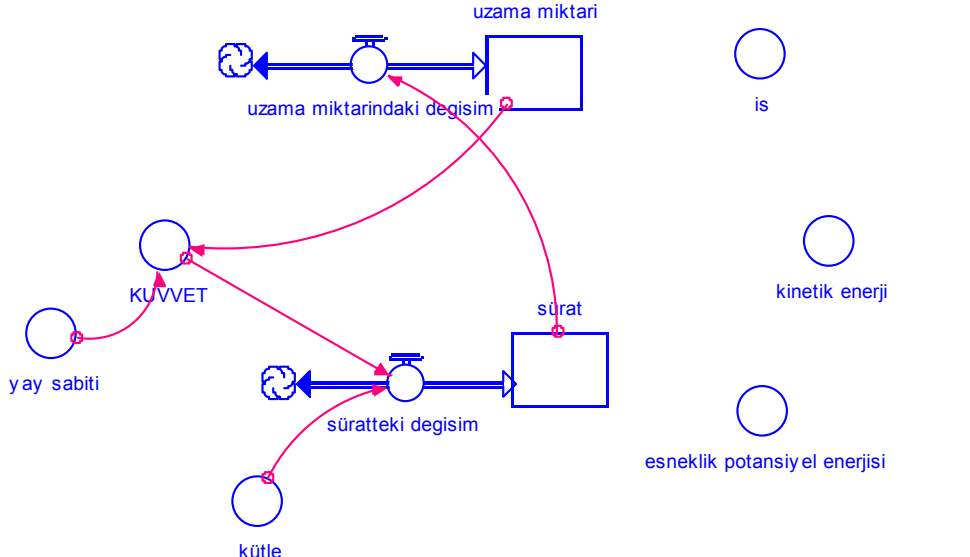



YORUM:

SORU 5

Bu dersin size kazandırdığı yenilik ne oldu? Lütfen yazınız.

BİLGİ YAPRAĞI-2

SORU 1

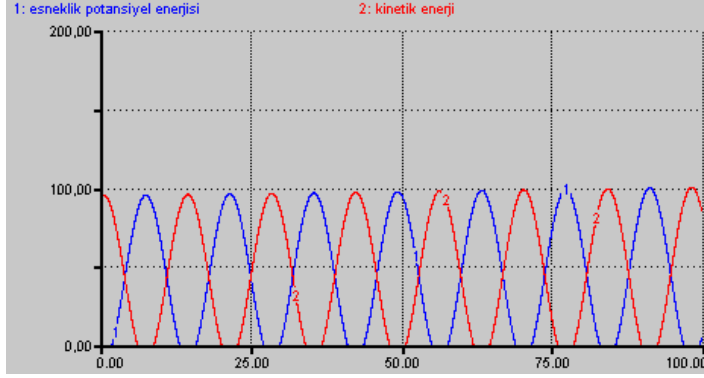
	Stok	
	Akış	
	Ara değişken	
	Bağlayıcı	
<p>Yukarıda gösterilen sarmal yayda iş ve enerji modeline “iş”, “kinetik enerji” ve “esneklik potansiyel enerjisi” ilave edildiğinde; bu değişkenlerin modeldeki diğer elemanlar ile ilişkilerini oklarla gösteriniz.</p>		

SORU 2

Aşağıdaki tabloda “iş”, “kinetik enerji” ve “esneklik potansiyel enerjisi”nin nelere bağlı olduğunu işaretleyerek (X) matematiksel eşitliklerini yazınız.

	Uzama miktarı	Sürat	Kuvvet	Kütle	Yay sabiti	Matematiksel eşitlik
İş						
Kinetik enerji						
Esneklik potansiyel enerjisi						

SORU 3



Yandaki iki değişkenli grafikte kinetik enerji ve esneklik potansiyel enerjisi arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.

YORUM:

SORU 4

Bu dersin size kazandırdığı yenilik ne oldu? Lütfen yazınız.

**EK-12 İLKÖĞRETİM FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ 7. SINIF MÜFREDAT
PROGRAMI**

7. Sınıf Üniteler

1. ÜNİTE : Vücudumuzda Sistemler
2. ÜNİTE : Kuvvet ve Hareket
3. ÜNİTE : Yaşamımızdaki Elektrik
4. ÜNİTE : Maddenin Yapısı ve Özellikleri
5. ÜNİTE : Işık
6. ÜNİTE : İnsan ve Çevre
7. ÜNİTE : Güneş Sistemi ve Ötesi: Uzay Bilmecesi

**İLKÖĞRETİM FEN VE TEKNOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMI
7. SINIF ÖĞRENME ALANLARI, ÜNİTELER VE ÖNERİLEN SÜRELER**

ÖĞRENME ALANI	ÜNİTELER	KAZANIM SAYISI	SÜRE/DERS SAATİ*	ORANI (%)
CANLILAR VE HAYAT	1. Vücudumuzda Sistemler	27	30	20,8
	6. İnsan ve Çevre	12	16	11,1
	Toplam	39	46	32
MADDE VE DEĞİŞİM	4. Maddenin Yapısı ve Özellikleri	46	36	25
	Toplam	46	36	25
FİZİKSEL OLAYLAR	2. Kuvvet ve Hareket	31	16	11,1
	3. Yaşamımızdaki Elektrik	32	16	11,1
	5. Işık	29	16	11,1
	Toplam	92	48	33,3
DÜNYA VE EVREN	7. Güneş Sistemi ve Ötesi: Uzay Bilmecesi	27	14	9,7
	Toplam	27	14	9,7
Genel Toplam		204	144	100

*: Üniteler için verilen ders saatleri öğretmen tarafından şartlara göre \pm %10 oranında değiştirilerek uygulanabilir.

7. Sınıf Üniteler

Öğrenme Alanı : Fiziksel Olaylar

2. Ünite : Kuvvet ve Hareket

Önerilen Süre : 16 ders saati

A. Genel Bakış

Öğrenciler 6. sınıfta sürat, kuvvetin ölçülmesi, kuvvetlerin yönlü doğru parçaları ile gösterimi, ağırlık-kütle farkı ve kuvvetlerin dengesi hakkında bilgi ve deneyim edinmiş, bu kavramlarla uğraşmanın gerektirdiği becerileri kazanmıştı. Bu aşamadan sonra öğrenciler kuvvetle hareketin buluşma noktası olan enerji, enerji dönüşümlerini ve korunumunu öğrenecek düzeye erişmiş bulunmaktadır. Bununla birlikte sarmal yayları, basit makineleri tanıyacaklar ve sürtünme kuvvetinin enerji kaybına yol açacağını sezeceklerdir.

Bu ünite de öğrenciler, sarmal yayların esneklik özelliği ile ilgili olarak gerilme ve sıkışmayı, esneklik sınırının aşılması durumlarını, yaya kuvvet uygulandığında yayın davranışını keşfedeceklerdir. Uygulama olarak da bir dinamometre yapmaya çalışacaklardır. Daha sonra öğrenciler fiziksel anlamda “iş” tanımlayacak ve daha önce varlığını sezdiği enerjiyi, iş yapabilme yeteneği olarak nitelendirecektir. Ayrıca iki temel enerji formu olan kinetik ve potansiyel enerjiyi ve bu enerjilerin nelere bağlı olduğunu fark edeceklerdir. Çekim potansiyel enerjisini ve yayları tanıyan öğrenciler esneklik potansiyel enerjisini de keşfedecektir. Öğrenciler bu ünite de son olarak basit makinelerin özelliklerini, çeşit ve örneklerini, sürtünme kuvvetinin kinetik enerjide meydana getireceği azalmayı enerji dönüşümleri ile açıklayacaktır.

Ünite de verilen öğrenme, öğretim ve değerlendirme etkinlikleri öneri niteliğindedir. Öğretmenler fizikî şartları da dikkate alarak tüm öğrencilerin etkin katılımını sağlayacak uygun bir öğrenme ortamı hazırlamalıdır. Ünite de öğrencilerin sarmal yayları ve basit makineleri tanımalarına yönelik etkinlik örnekleri verilmiştir. Bu etkinlikleri yaparken öğrencilerin çeşitli tahminlerde bulunmaları, bu tahminleri test etmeleri, doğru ölçümler yapmaları ve sonuç çıkarmaları sağlanarak alt sınıflarda edindikleri bilimsel süreç becerilerini geliştirmeleri hedeflenmektedir. Ayrıca teknolojinin doğası ve insanlık için önemi, fen ile ilişkisi hayatımıza getirdikleri hakkında öğrencileri eleştirel düşünmeye yöneltmek ve bu konuları tanıtarak içselleştirmeleri için olanaklar sunmak, ilgili etkinliklerin özünü oluşturmaktadır.

B. Ünitenin Amacı

Bu ünite de öğrencilerin; sarmal yayların özelliklerini fark etmeleri, kuvvet, iş ve enerji arasındaki ilişkiyi kavramaları, enerji dönüşümlerini anlamaları, basit makinelerin ne amaçla kullanıldığını, hayatımızdaki önemini ve sürtünme kuvvetinin kinetik enerjide bir azalmaya neden olduğunu keşfetmeleri amaçlanmaktadır.







C. Ünitenin Odağı










Ünitenin odağını; enerji ve kuvvet kavramı etrafında iş, çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi, sarmal yay, basit makine sistemlerinde ölçme, sonuç çıkarma ve sunma bilimsel süreç becerileri oluşturmaktadır. Öğrencilerin bilgiye ulaşmada bu becerileri kullanmaları ve geliştirmeleri beklenir.

7. Sınıf Üniteler

E. Ünite Kazanımları ve Etkinlikler

ÖĞRENME ALANI: FİZİKSEL OLAYLAR 2. ÜNİTE: KUVVET VE HAREKET

ÜNİTE	KAZANIMLAR	ETKİNLİK ÖRNEKLERİ	AÇIKLAMALAR
KUVVET VE HAREKET	<p>1. Sarmal yayların özellikleri ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <p>1.1. Yayların esneklik özelliği gösterdiğini gözlemler (BSB-1).</p> <p>1.2. Bir yayı sıkıştıran veya geren cisme, yayın eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını belirtir.</p> <p>1.3. Bir yayı geren veya sıkıştıran kuvvetin artması durumunda yayın uyguladığı kuvvetin de arttığını fark eder (BSB-1).</p> <p>1.4. Bir yayın esneklik özelliğini kaybedebileceğini keşfeder (BSB-16,18).</p> <p>1.5. Yayların özelliklerini kullanarak bir dinamometre tasarlar ve yapar (BSB-16,22,23,24,27, FTTÇ-9; TD-3).</p>	<p> Yaylarla Oynayalım</p> <p>Öğrencilere bir dizi sarmal yay dağıtılır. Öğrenciler yayları değişik büyüklükte kuvvetlerle gerer ve sıkıştırır. Yayların sıkıştırılması ve gerilmesi durumlarındaki gözlemlerini paylaşırlar ve gözlem sonuçlarını tartışırlar. Öğrenciler bir yayı sıkıştırırken ve gererken uyguladıkları kuvvetin yönünü ve yayın uyguladığı kuvvetin yönünü çizerek gösterirler (1.1,1.2,1.3).</p> <p> Yaylar Esneklik Özelliğini Kaybedebilir</p> <p>Öğrenciler bir silindirik çubuğa tel sararak kendi yaylarını yapar. Bu yaylara küçük bir kuvvet uygulayarak yaylarının esneklik özelliği gösterdiğini gözlemler. Daha sonra aynı yaylara büyük bir kuvvet uygulayarak yaylarda meydana gelen değişiklikleri gözlemler. Yayların esneklik özelliklerini kaybettikleri sonucuna ulaşırlar. Yayların hangi amaçlar için ve nerelerde kullanıldığını araştırırlar. Yayların kullanıldığı yerlere örnekler vererek “Mancınık bir yay mıdır?” sorusunu tartışırlar (1.4).</p> <p> Basit Bir Dinamometre Yapalım</p> <p>Öğrenciler, bir yaya farklı büyüklükte ağırlıklar asarak yayda meydana gelen uzamaları dikkatlice ölçer ve ölçüm sonuçlarını bir tabloya kaydeder. Tablodaki verileri çizgi grafik hâlinde göstererek grafiği yorumlarlar. Çizilen grafiği kullanarak, grafikte her hangi bir nokta için cismin ağırlığını yada yayın miktarını tespit eder. Bir yayın uzama miktarının yaya uygulanan kuvvete bağlı olduğu sonucunu çıkarır. Öğrenciler, yayların bu özelliklerini kullanarak bir dinamometre tasarlar ve yapar (1.5).</p>	<p> Öğrenciler sıkıştırılan veya gerilen yayların eski hâllerine geri dönerken kendileri ve çevredekiler için tehlike oluşturacak tarzda hareket edebilecekleri konusunda uyarılmalıdır.</p> <p> 1.4 Yayların esneklik özelliklerinin farklı olabileceği vurgulanmalı; fakat <i>yay sabiti</i> ve <i>geri çağırıcı</i> kuvvet kavramları kullanılmamalı ve bunlarla ilgili matematiksel bağlantılara girilmemelidir.</p> <p> Kavramları Bulup Yerleştirelim</p>

 Sınıf-Okul İçi Etkinlik  Okul Dışı Etkinlik  Ders İçi İlişkileştirme  Diğer Derslerle İlişkileştirme  Ölçme ve Değerlendirme  Kavram Yanılgısı  Uyarı  Sınırlamalar  Ara Disiplinlerle İlişkileştirme (Ayrıç içindeki 1. rakam Fen ve Teknoloji dersi kazanımını, 2. rakam ara disiplin kazanımını gösterir.)

7. Sınıf Üniteler

ÖĞRENME ALANI: FİZİKSEL OLAYLAR 2. ÜNİTE: KUVVET VE HAREKET

ÜNİTE	KAZANIMLAR	ETKİNLİK ÖRNEKLERİ	AÇIKLAMALAR
KUVVET VE HAREKET	<p>2. Kuvvet, iş ve enerji ile ilgili olarak öğrenciler;</p> <p>2.1. Kuvvet, iş ve enerji arasındaki ilişkiyi araştırır.</p> <p>2.2. Fiziksel anlamda işi tanımlar ve birimini belirtir.</p> <p>2.3. Bir cisme hareket doğrultusunda dik olarak etki eden kuvvetin, fiziksel anlamda iş yapmadığını ifade eder.</p> <p>2.4. Enerjiyi iş yapabilme yeteneği olarak tanımlar.</p> <p>2.5. Hareketli cisimlerin kinetik enerjije sahip olduğunu fark eder (BSB-1,3,8).</p> <p>2.6. Kinetik enerjinin hız ve kütle ile olan ilişkisini keşfeder (BSB-16,19,20,27,32).</p>	<p>Hangi Durumda En Fazla İş Yaparız?</p> <p>Öğrencilerden biri, yerdeki bir cismi kaldırarak sınıfın bir köşesinde bulunan dolabın yanına kadar taşır. Daha sonra bu cismi biraz daha yukarıya kaldırarak dolabın üzerine bırakır. Arkadaşlarını gözlemleyen diğer öğrenciler, yukarıda sırası ile numaralandırılmış her bir eylemde yapılan işi, sebepleri ile tartışarak hangi durumda daha fazla iş yapıldığına karar verir. Son olarak öğrenciler, bir kuvvetin iş yaptığı ve yapmadığı durumları farklı örneklerle tartışır (2.2;2.3).</p> <p>Kütle, Kinetik Enerjinin Büyüklüğünü Değiştirir</p> <p>Öğrenciler aynı hızla hareket eden bazı cisimleri durdurmanın neden tehlikeli olabileceği sorusuna cevap aramak için tahminlerde bulunur. Bu amaçla eğik bir düzlem ve bunun en alt ucundan belirli bir mesafeye konmuş tahta bloktan oluşan bir düzenek hazırlar. Öğrenciler, oyuncak bir arabayı eğik düzlemin en üst noktasından serbest bırakarak tahta blokla çarpışmasını sağlar. Tahta bloğun zemin üzerinde ne kadar sürüklendiğini ölçerler. Sonra aynı işlemi oyuncak arabanın kütesini artırarak (iki katına çıkararak) tekrar ederler. Tahta bloğun her iki denemede sürüklenme miktarını karşılaştırırlar. Her iki durumda da eğik düzlemi aynı hızla terk eden oyuncak arabanın tahta bloğu neden farklı miktarlarda sürüklendiği hakkında fikir üretirler. Oyuncak arabanın kütesindeki değişimle arabanın kinetik enerjisindeki değişim arasında ilişki kurarlar. Benzer bir düzenek, hızın kinetik enerjiji nasıl etkilediğini göstermek için kurulur ve hız ile kinetik enerji arasındaki ilişki tartışılır (2.5;2.6).</p>	<p>[!] İş birimi joule (jul) olarak verilir.</p> <p>2.2 İşin fiziksel olarak ne anlama geldiği tanımsal düzeyde verilmeli ve bir cisme etki eden kuvvetin hangi durumda iş yaptığı örneklerle sezdirilmeli, iş ile ilgili hesaplamalara ($W=F \cdot x$) girilmemelidir.</p> <p>2.3 Hangi kuvvetlerin fiziksel anlamda iş yapacağı konusunda, sadece hareket doğrultusunda dik olarak etki eden kuvvetin, fiziksel anlamda iş yapmadığı ve bu özel durumun dışında kalan kuvvetlerin iş yapacağı vurgulanmalı, açığı yapan kuvvetlerin bileşenleri ile ilgili hesaplamalar yapılmamalıdır.</p> <p>[!] 2.4 Öğrenciler iş ve enerji kavramları arasındaki farkı ve ilişkiyi fark edebilmelidir.</p> <p>2.5 Sadece hareketli cisimlerin kinetik enerjije sahip olacağından bahsedilmeli, bununla ilgili matematiksel bağıntılara girilmemelidir.</p> <p>6. sınıf "Kuvvet ve Hareket" ünitesi ile ilişkilendirilir.</p> <p>Hangi Kuvvet İş Yapar?</p> <p>Hangi Durumda Daha Kolay Yukarı Çıkarırız?</p>

BSB: Sınıf-Okul İçi Etkinlik; BS: Okul Dışı Etkinlik; Dİ: Ders İçi İlişkilendirme; DİD: Diğer Derslerle İlişkilendirme; O: Ölçme ve Değerlendirme; K: Kavram Yanıtı; U: Uyarı; S: Sınıflarlar; A: Ara Disiplinlerle İlişkilendirme (Ayrıç içindeki 1. rakam Fen ve Teknoloji dersi kazanımını, 2. rakam ara disiplin kazanımını gösterir.)

7. Sınıf Üniteler

ÖĞRENME ALANI: FİZİKSEL OLAYLAR 2. ÜNİTE: KUVVET VE HAREKET

ÜNİTE	KAZANIMLAR	ETKİNLİK ÖRNEKLERİ	AÇIKLAMALAR
KUVVET VE HAREKET	<p>2.7. Cisimlerin konumları nedeniyle çekim potansiyel enerjisine sahip olduğunu belirtir.</p> <p>2.8. Çekim potansiyel enerjisinin cismin ağırlığına ve yüksekliğine bağlı olduğunu keşfeder (BSB-16,19,20,27,32).</p> <p>2.9. Bazı cisimlerin esneklik özelliği nedeni ile esneklik potansiyel enerjisine sahip olabileceğini belirtir.</p> <p>2.10. Sıkıştırılmış veya gerilmiş bir yayın esneklik potansiyel enerjisine sahip olduğunu fark eder (BSB-16,19,20,27,32).</p> <p>2.11. Yayın esneklik potansiyel enerjisinin yayın sıkışma (veya gerilme) miktarı ve yayın esneklik özelliğine bağlı olduğunu keşfeder (BSB-16,19,20,27,32).</p> <p>2.12. Potansiyel ve kinetik enerjilerin birbirine dönüşebileceğini örneklerle açıklar (BSB-25).</p> <p>2.13. Enerji dönüşümlerinden hareketle, enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.</p> <p>2.14. Çeşitli enerji türlerini araştırır ve bunlar arasındaki dönüşümlere örnekler verir (FTTÇ-7,30,33,34; TD-3).</p>	<p>Çekim Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?</p> <p>Öğrenciler iki basketbol topu gibi ağırlıkları eşit iki cismi farklı yüksekliklerden (Olayın kolayca fark edilebilmesi için yükseklikler mümkün olduğunca farklı alınmalıdır.) serbest bırakarak bu cisimlerin kumlu bir zemin üzerinde oluşturacağı etkileri gözlemler ve sonuçları karşılaştırır. Daha sonra öğrenciler basketbol topu ve plastik bir top gibi ağırlıkları farklı iki cismi eşit yüksekliklerden serbest bırakarak bu cisimlerin kumlu bir zemin üzerinde oluşturacağı etkileri gözlemler ve sonuçları karşılaştırır. Her iki denemeden elde ettikleri sonuçları kullanarak çekim potansiyel enerjisinin yükseklik ve ağırlıkla olan ilişkisini fark ederler (2.7).</p> <p>Esneklik Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?</p> <p>Öğrenciler bir yayı sıkıştırarak önüne bir cisim koyar. Sonra sıkıştırılmış yayı serbest bırakarak cismin hareketini gözlemler. Aynı işlemi, yayı daha fazla sıkıştırarak tekrar denirler. Benzer bir deneyi, ucuna cisim bağlanmış bir yayı gererek yaparlar. Cisimlerin hareketlerinin sebebinin ne olduğunu tartışır. Cisimlerin aldığı yolu yayın sıkıştırılma/gerilme miktarını yayın sahip olduğu esneklik potansiyel enerjisi ile ilişkilendirirler. Son olarak öğrenciler, farklı esneklik özelliğine sahip birkaç yayı, aynı miktarda sıkıştırarak veya gererek yukarıdaki işlemi tekrar eder. Yayların esneklik özelliğinin yayların esneklik potansiyel enerjisini değiştirdiğini gözlemler (2.9;2.10).</p> <p>Enerjiyi Vardan Yok, Yoktan Var Edemeyiz!</p> <p>Öğrenciler belirli bir yükseklikten bir cismin serbest bırakılması, hareket eden bir cismin belirli bir yüksekliğe çıkması, sıkıştırılmış bir yayın önüne konulan bir cismi fırlatması veya hareketli bir cismin bir yayı sıkıştırması olaylarını tartışarak potansiyel ve kinetik enerjinin birbirine dönüşümlerini fark eder. Çeşitli enerji dönüşümlerini araştırarak enerjinin korunduğu sonucuna ulaşırlar (2.11;2.12;2.13).</p>	<p>2.7 Burada konuyla ilgili olarak öğrenciler bir cismin yerden yüksekliğini dikkate almalıdır.</p> <p>2.8 "Potansiyel enerji" kavramı öğrencilere sezdirilmeli; bununla ilgili matematiksel bağıntılar verilmemelidir.</p> <p>2.9 Öğrenciler kütle (m) ve yer çekimi ivmesinin (g) çekim potansiyel enerjisine etkisini, ayrı ayrı değil onlara tanıdık gelen ve kütle ile yer çekimi ivmesinin çarpımının yerine geçen ağırlık olarak incelemelidir. Çünkü öğrenciler yer çekimi ivmesi ile ilgili bilgileri almadan bir cismin ağırlığını dinamometre ile belirleme becerisini 6. sınıfa kazanmıştır.</p> <p>2.7 Dünya-Ay ve Dünya-Güneş arasındaki çekim potansiyel enerjisine değinilmelidir.</p> <p>2.9 Bazı cisimlere örnek olarak balon, lastik, cetvel verilebilir.</p> <p>Enerjinin, harcanması, tüketilmesi ve kullanılması günlük dilde sıkça geçer. Böyle durumlarda enerjinin yok olmadığı, genellikle başka bir enerjiye dönüştüğü vurgulanmalıdır.</p> <p>2.14 kazanımı, Türkçe dersi "Okuma" dil becerisi amaç 6 ile ilişkilendirilir.</p>

BSB: Sınıf-Okul İçi Etkinlik; BS: Okul Dışı Etkinlik; Dİ: Ders İçi İlişkilendirme; DİD: Diğer Derslerle İlişkilendirme; O: Ölçme ve Değerlendirme; K: Kavram Yanıtı; U: Uyarı; S: Sınıflarlar; A: Ara Disiplinlerle İlişkilendirme (Ayrıç içindeki 1. rakam Fen ve Teknoloji dersi kazanımını, 2. rakam ara disiplin kazanımını gösterir.)

1 Yayları Tanıyalım

Anahtar Kavramlar



yay
esneklik
dinamometre



Pınarlar Köyü, şehrin gürültüsünden uzak, doğayla iç içe olan güzel bir yerd. Filiz Hanım ve İsmail Bey, kızları Nilgün ile birlikte haftanın yorgunluğunu atmak için soluğu dedelerinin bu köydeki evlerinde aldılar. Onları tertemiz bir çevre ve kuş sesleri karşıladı.

Köyün derli toplu olması ve burada çöp diye nitelendirilen atıklara rastlanmaması dikkate değerdi. Belli ki bu köyün halkı ve buraya piknik yapmaya gelenler, kendilerine mutluluk verendoğayı temiz tutmaya özen göstermekteydiler.

Filiz Hanım ve İsmail Bey öğle yemeğini hazırlarlarken kızları Nilgün de dedesinin yeni aldığı trombolinde zıplayarak kahkaha atıyordu.

İsmail Bey'in babası, trombolini bir televizyon programında görmüş ve bu aletin vücut gelişimi için çok faydalı olduğunu öğrenmişti. Trombolinde zıplamanın torunu için iyi bir oyun

olacağını da düşündüğünden bu spor aletinden bir tane satın almış ve onu bahçesinin uygun bir köşesine yerleştirmişti.

Kızlarının bu mutluluğunu gören Filiz Hanım, İsmail Bey'e dönerek

- Keşke ben de çocuk olsaydım, dedi.

İsmail Bey,

- Bu mutluluğu yaşamak için çocuk olmaya gerek yok, istersen birlikte deneyebiliriz, diye cevap verdi.

- Ciddi misin? diye sordu Filiz Hanım. Trombolin bizi de çocuklar gibi zıplatır mı?

Karı koca, komşularının şaşkın bakışları arasında tromboline çıkıp çocuklar gibi zıpladılar. Çok mutlu olmuşlardı. Kendilerine bu mutluluğu yaşatan "içlerindeki çocuğa" teşekkür ederek trombolinden indiler.

Sizce;

- Filiz Hanım, İsmail Bey ve kızları Nilgün trombolinin hangi özelliği sayesinde zıplayabildiler?
- Aynı hareketi çimlerin üzerinde tekrarlasalardı yine aynı yüksekliğe çıkabilirler miydi?
- Zıplayan kişilerin ağırlığı değişirse trombolinin esneme miktarı ve zıplayan kişilerin ulaştığı yükseklik nasıl değişir?



3
Okuma kitabı
43. s



1. Etkinlik

Gözlemleyelim, İnceleyelim

Yaylarla Oynayalım



Değişik tip ve boyuttaki yayları, günlük hayatımızın birçok alanında görmekte ve kullanmaktayız. Sizce, yayların çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olmasının sebebi onların hangi özelliğinden kaynaklanmaktadır? Bu marifetli aracı daha yakından tanımaya ne dersiniz?

Araç ve Gereç

◆ değişik tip ve boyuttaki yaylar

Bunları Yapalım

- Sınıfa getirdiğimiz yaylara itme ve çekme kuvveti uygulayalım.
- Hangi yaylara itme, hangilerine çekme kuvvetini kolayca uygulayabildiğimizi gözlemleyelim.
- Kuvvet uyguladığımız yayların özelliklerini, kalınlık-incelik ve sarımın sıklığı bakımından gözlemleyelim.



Sonuca Varalım

- Kuvvet uyguladığımız yaylar direnç gösteriyor mu?
- Yayları germek, sıkıştırmak veya bükmek için hangi yönde kuvvet uyguladık?
- Uygulanan kuvvet ortadan kalktığında yaylarda ne gibi değişiklikler meydana gelmektedir?
- Yukarıdaki yayların şekillerini defterlerimize çizelim. Bunları germek, sıkıştırmak ve bükmek için uygulanması gereken kuvvetlerin yönlerini şekillerin üzerinde oklarla gösterelim.
- Kuvvet uygulanan yaylar hangi yönde tepki verir? Verilen tepkilerin yönlerini oklarla gösterelim.

Kuvvet uygulandığında bazı cisimlerin şekillerinde değişiklikler olduğunu, uygulanan kuvvet ortadan kalktığında ise bu cisimlerin ilk şekillerine döndüklerini fark ettiniz mi? Bu tür cisimlere, esnek cisimler dendiğini biliyor musunuz?

Örneğin, giydiğimiz bazı tişört ve çoraplar esnektir. Onları, giyebilmek için gereriz. Çıkardığımızda ise bu giysiler, ilk şekillerine döner. Oyun hamuru ve cam macunu gibi maddeler esnek değildir. Onlara kuvvet uyguladığımızda şekillerini değiştirebiliriz. Fakat uyguladığımız kuvvet ortadan kalktığında bu maddeler eski hâllerine dönmezler.

Yay gibi cisimler esnektir. Gererek ya da sıkıştırarak onların şekillerini değiştirebiliriz. Uyguladığımız kuvveti ortadan kaldırdığımızda ise yay eski hâline döner.



Bir yayı sıkıştırmak için kuvvet uygularız. Örneğin, uzandığımızda vücudumuzun ağırlığı yatağın içindeki yayları sıkıştırır.



Bir yayı çektiğimizde, yayı germek için kuvvet uygulamış oluruz.

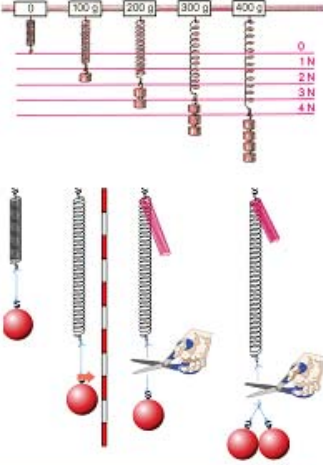
Yayın Oluşturduğu Kuvvet

Bir yaya uygulanan kuvvetin büyüklüğü, yayın gerilmesini veya sıkışmasını nasıl etkiler? Yandaki şekle baktığınızda iki kat büyük kuvvetin yayı iki kat, üç kat büyük kuvvetin de yayı üç kat uzamasını sağladığını fark ettiniz mi?

Bir cismi, yayın ucuna astığımızda cismin ağırlığından dolayı yay uzar. Fakat yay da asılı olduğu cisme yukarı doğru bir kuvvet uygular. Bu yüzden cisim asıldıktan sonra, yayın ucu bir müddet aşağı ve yukarı hareket eder ve bir süre sonra durur. Bu durumda cismin ağırlığı ile yayda oluşan kuvvet dengede olur.

Yandaki şekilde görüldüğü gibi, cismi yaydan ayırdığımızda yayın ucu yukarı doğru hareket eder. Eğer yayın ucundan ayırdığımız cisim daha ağır olursa yay yukarı doğru daha hızlı hareket eder. Bu durum yayın, kendisini geren cisme, eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını gösterir.

Acaba, bir yaya çok büyük bir kuvvet uygularsak ne olur? Bunu, yapacağımız bir etkinlikle görelim.



2. Etkinlik

Gözlemleyelim, İncelleyelim

Yay Yapalım



Bunları Yapalım

- Telleri, fotoğraftaki gibi sırayla aynı sıklıkta çubuğa saralım ve çubuktan ayırarak bir yay elde edelim.
- Hem kalın hem de ince demir ve bakır tellerden yaptığımız yaylara parmaklarımızla kuvvet uygulayarak bu yayların özelliklerini tespit edelim.

Sonuca Varalım

- Kuvvet uyguladığımız yaylar;
 - a. Telin kalınlık ve inceliğine göre,
 - b. Aynı kalınlıktaki tellerin cinsine göre, nasıl tepki verdiler?
- Uyguladığımız kuvveti artırdıkça yaylarda ne gibi değişiklikler meydana geldi?

Araç ve Gereç

- ♦ 40 cm uzunluğunda kalın demir tel
- ♦ 40 cm uzunluğunda ince demir tel
- ♦ 40 cm uzunluğunda kalın bakır tel
- ♦ 40 cm uzunluğunda ince bakır tel
- ♦ 30 - 40 cm uzunluğunda silindirik çubuk (Kalem olabilir).



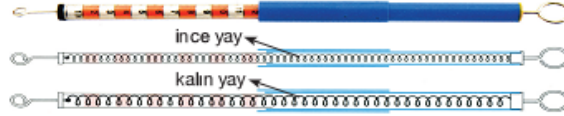
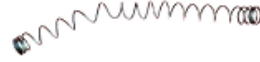
Yaya gereğinden fazla kuvvet uygulandığında yay, esneklik özelliğini kaybeder ve eski hâline dönemez.

Yapımında yay kullanılan aletler tasarlanırken yay ile bu yaya uygulanacak kuvvetin uygun özellikte olmasına dikkat edilir.

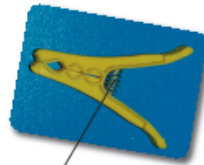
Bir cismin ağırlığını ölçmek için dinamometre (yaylı el kantarı) kullanıldığını öğrenmiştik. Yandaki fotoğrafta görüldüğü gibi bir elmayı dinamometreye astığımızda elmanın ağırlığı dinamometrenin içindeki yayı uzatır. Eğer aynı dinamometreye bir paket elma asarsak yay bu kez daha fazla uzar. Çünkü bir paket elmanın ağırlığı daha fazladır.

Kuvvet biriminin Newton (Nivton) olduğunu ve "N" ile gösterildiğini biliyoruz. Newton biriminin kullanımını şu şekilde örneklendirebiliriz: Söz gelişi 100 g'lık bir çikolatanın ağırlığı yaklaşık 1N iken 1 kg'lık şeker paketinin ağırlığı yaklaşık 10N'dur. Aşağıdaki resimde de görüldüğü gibi ağırlık ölçmek için kullanılan dinamometreler farklı şekillerde tasarlanır. Yaylarının inceliğinden ya da kalınlığından bu dinamometrelerin farklı ağırlıktaki cisimleri ölçmek için yapıldıklarını anlayabiliriz. Örneğin, ince yaydan yapılan bir dinamometre 0 – 1 N arasında ölçüm yaparken kalın yaydan yapılanı 0 – 10 N arasında ölçüm yapabilir.

5
Çalışma kitabı
44. s



Aşağıdaki resimlerden de anlaşılacağı gibi, yaylar birçok alette kullanılır. Yayların bu aletlerde hangi amaçlarla kullanılmış olduklarını açıklayalım. Yapımında yay kullanılan aletlere çevremizden başka örnekler verelim.



6
Çalışma kitabı
44. s



Fen bilimleriyle uğraşan bilim insanları için ölçme çok önemlidir. Bilim insanları yaptıkları gözlem ve araştırmalarını, uygun ölçme araçlarını kullanarak anlamlı hâle getirirler. Örneğin, bir mühendis metre ve gönye gibi araçları kullanırken bir doktor da hastasının ateşini ölçmek için termometreden yararlanır. Gözlem ve ölçümlerin sonucunda elde edilen veriler, yorumlanarak değişkenler arasındaki muhtemel ilişkiler belirlenir. Elde edilen veriler tablo, grafik, resim, çizim ve yazılı metin gibi çeşitli yöntemlerle kaydedilir.

Şimdi bir lastiğe ya da yaya farklı büyüklükteki ağırlıkları asarak bir dinamometre yapmaya ne dersiniz?



3. Etkinlik

Bulalım, Keşfedelim

Bir Dinamometre Tasarlayalım

Dikkat! Sıkıştırılan veya gerilen yaylar eski hâllerine dönerken tehlike oluşturabilir. Bu yüzden yaylarla etkinlik yaparken dikkatli olmalıyız.

Yayların esneklik özelliği farklı amaçlarda kullanılarak insan hayatını kolaylaştırmıştır. Yayların bu özelliği olmasaydı günlük hayatta kullandığımız bir çok aleti kullanamayacağımızı biliyor muydunuz?

Örneğin, cisimlerin ağırlığını ölçmek için dinamometre kullanıldığını biliyoruz. Dinamometre, yayların esneklik özelliğinden faydalanılarak yapılan bir ölçme aracıdır. Verilen araç-gereçlerden ve yandaki fotoğraftan yararlanarak kendimize ait bir dinamometre yapalım. Yaptığımız bu dinamometreye farklı cisimler asalım. Ölçüm sonuçlarından yararlanarak defterimize "Ağırlık-Uzama Miktarı" grafiği çizelim.

Sonuca Varalım

- Lastiğin ucuna asılan kütlelerin ağırlıkları ile yayın uzama miktarı arasında nasıl bir ilişki vardır?
- Çizdiğiniz grafikte herhangi bir ağırlık için yayın uzama miktarını nasıl tespit edersiniz?
- Bir cismin ağırlığı 2,5 N ise bu cismin kütlesi kaç kg'dır?

Araç ve Gereç

- ◆ raptiye
- ◆ lastik (ya da ince yay)
- ◆ 100 gramlık beş adet kütle
- ◆ 30 cm'lik cetvel
- ◆ kağıt şerit
- ◆ kalem



Yukarıdaki etkinlikte de görüldüğü gibi lastikteki uzama miktarı uygulanan kuvvet ile doğru orantılıdır. Yani bir lastik ya da yaya uygulanan kuvvet ne kadar artırırsa uzama miktarı da aynı oranda artar. Günlük hayatta kullandığımız el kantarı, baskül gibi tartı araçları yayların bu özelliğine göre ölçüm yapar. Ancak uygulanan kuvvetin artırılması sonucunda lastiğin kopabileceğini veya yayın esnekliğini yitirebileceğini ve uzamanın kalıcı hâle gelebileceğini dikkate almak gerekir.



45. s



Kendimizi Değerlendirelim

Aşağıdaki soruları defterimize sırayla cevaplayalım.

1. 100 g'lık bir cismi bir yaya taktığımızda yay, 18 cm uzamaktadır. Aynı yaya 100 gr'lık cisim yerine 250 g'lık başka bir cisim asarsak yay kaç cm uzar?
2. Evinizde, pil ile çalışan ve pil yuvasının içinde yay olan bir alet bulunuz. Pilin çalışması için neden yaya ihtiyaç duyulmaktadır? Açıklayalım. Açıklamamızı gösteren bir şema çizelim.

2 İş ve Enerji

Anahtar Kavramlar



iş
kinetik enerji
çekim potansiyel enerji
esneklik potansiyel enerji

İnşaat işçilerinin ağır iş yaptıkları herkesçe kabul edilmektedir. Peki, bir öğretmenin yaptığı iş konusunda ne söyleyebiliriz? Beyin gücüyle çalışmak da ağır iş sayılır mı? Oyun oynamak ve spor yapmak da birer iş midir?

"İş" kelimesi, konuşma dilinde bir kompozisyon yazmaktan tutalım da bahçe kazmaya kadar yapılan her bir hareket için kullanılabilir.

Peki, iş kelimesi hakkında siz ne düşünüyorsunuz? Hangi durumlarda iş yapılmış olur?



4. Etkinlik

Güstermeyeelim, İncelerelim

Hangi Durumda İş Yapınız?

Ağır yükleri kaldırırken destek ve hareket sistemimizin sağlığına dikkat edelim.

Bunları Yapalım

Etkinliği yapmak için sınıfımızdan bir arkadaşımızı seçelim. Bu arkadaşımız aşağıdaki işlemleri sırayla gerçekleştirsin.

- Tahtanın önündeki boş okul çantasını, sınıfın arka duvarına kadar taşınsın.
- Çantayı kitaplar ile doldurarak yerden kaldırsın ve öğretmen kürsüsünün üzerine bıraksın.
- Kitap dolu çantayı tahtanın önünden sınıfın arka duvarına kadar taşınsın.
- Elleriyle sınıfın duvarını itsin.

Sonuca Varalım

- Yukarıdaki dört adımdan hangisinde bir iş yapılmış oldu? Açıklayalım.
- İş yapılmayan adım var mı? Varsa hangi adımlar? Neden?
- Bir kuvvetin etkisiyle gerçekleştirilen hareketlerin iş sayıldığı ve sayılmadığı durumlara hayatımızdan ve çevremizden örnekler verelim.
- Kitap okuduğumuzda iş yapmış olur muyuz?



Araç ve Gereç

- ♦ okul çantası
- ♦ 4 adet kitap



İş Nedir?

Bilim insanları ve mühendisler için işin özel bir tanımı vardır.

Onlara göre; bir kuvvet, cismi, uygulandığı yönde hareket ettirebiliyorsa bilimsel anlamında iş yapıyor demektir. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi kızığın kayması, domateslerin toplanması, kâğıdın yırtılması ve bisikletin sürülmesi birer iştir.



Buzdolabına kuvvet uygulayarak onun yerini değiştirdiğimizde bir iş yapmış oluruz.

Ancak aynı dolaba kuvvet uyguladığımız hâlde onun yerini değiştiremiyorsak yorulduğumuz hâlde bir iş yapmış sayılmayız. Buna göre yandaki resimlerden hangisinde bir iş yapıldığını söyleyebiliriz?

Çalışma kitabı
46. s

Yapılan işin büyüklüğü, cisme uygulanan kuvvetin büyüklüğüne ve cismin yer değiştirme mesafesine bağlıdır.

İnşaat ustası, aşağıda görülen birinci resimde yerden aldığı bir tuğlayı; ikinci resimde ise iki tuğlayı duvarın üstüne koymaktadır. Tuğlalar her iki resimde de aynı yüksekliğe konulmaktadır. İki tuğla, bir tuğladan iki kat daha ağırdır. Dolayısıyla iki tuğlayı kaldırmak için uygulanan kuvvet, bir tuğlayı kaldırmak için uygulanan kuvvetin iki katıdır. Bu sebeple yapılan iş de iki kat fazladır.



Öğrenci kapıyı itiyor. Kapı açılmıyor. Öğrenci kapıyı çekiyor. Kapı açılıyor.



I. Resim



II. Resim

Kuvvet biriminin Newton (Nivton), yol biriminin de metre olduğunu ve Newton'un kısaca "N" ile metrenin de "m" ile gösterildiğini biliyoruz. İşin birimi ise N.m dir. N.m ye özel olarak joule (jul) denir. Bir N'luk bir kuvvet, bir cismi, 1 m'lik bir yolda ve kuvvet yönünde hareket ettirirse 1 J'lük iş yapmış olur.

2 N'luk bir kuvvet, bir cismi, 3 metre hareket ettirirse 6 J iş yapmış olur.

Kuvvet, yer değiştirme ve iş arasındaki ilişkiyi anlayabildik mi?

Kitapları alıp rafa yerleştiren öğrencinin fen anlamında bir iş yapmış olduğunu söyleyebiliriz.

Oysaki aynı öğrenci kitapları omzuna koyarak başka bir noktaya taşıdığı anda yer çekimi kuvvetine karşı bir iş yapmış olmaz. Çünkü taşıma sırasında kitaplara uygulanan kuvvetin yönü düşey, gerçekleşen hareketin yönü ise yataydır. Demek ki iş yapılabilmesi için cisme uygulanan kuvvetin hareketle aynı doğrultuda olması gerekir.

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz ki cisme, hareket doğrultusuna, dik olarak etki eden kuvvet, bilimsel anlamda bir iş yapmış olmaz. Buna göre yüksekten bırakılan bir cismin yere düşmesiyle iş yapılmış olur mu? Cevabımız "Evet" ise bu işin hangi kuvvet tarafından yapıldığını söyleyelim?

Yandaki fotoğraflarda da görüldüğü gibi yerden aldığımız bir kitabı, kitaplığımızın ikinci rafına mı yoksa daha yüksekteki dördüncü rafına mı yerleştirdiğimizde daha çok iş yapmış oluruz?



Enerji Nedir?

Günlük konuşmalarımızda "enerji" kavramını sıkça kullanırız. "Enerjimiz yetersiz." "Enerji fiyatları gittikçe artıyor." "Enerji tasarrufu yapmalıyız." vb. sözlerin hiç de yabancıları değiliz. Enerji denilince aklımıza ilk gelen "elektrik, ışık, benzin, doğal gaz, kömür, ateş, Güneş, pil belki de baraj ve rüzgâr"dır.

Enerji, evrenin sahip olduğu en büyük zenginliktir. Bir iş yapabilmek için enerjiye ihtiyaç duyarız. Şehirlerimiz enerji sayesinde aydınlanır, trenler, arabalar, uçaklar ve roketler enerji sayesinde hareket eder. Evlerimizi ısıtmak, yemek pişirmek, radyoda müzik dinlemek, televizyonda görüntü oluşturmak için de enerji gereklidir. Bunların yanı sıra tarlaları süren traktörler ve fabrikalardaki makineler de enerji sayesinde iş görür.



Güneş'ten gelen enerji gün boyunca etrafımızı aydınlatır ve ısıtırken bitkilerin büyümesini sağlar. Hayvanlar, ihtiyaç duydukları enerjiyi yedikleri besinlerde depolanmış olan enerjiden sağlar. Kısacası enerji olmadan hayat da olmaz.

Bütün bu açıklamalardan sonra "enerji" deyince ne anlıyorsunuz?

Bilim insanları enerjiyi "iş yapabilme yeteneği" olarak tanımlarlar. Enerji bir madde değil, bir cisme ait özelliktir. Örneğin, benzinin sahip olduğu enerji doğrudan kullanılmaz. Ancak motorda yandığında enerjiye dönüşür.

Peki, hangi enerji türlerini biliyoruz?



Kinetik Enerji

Sevgi ile Samet'in en büyük zevkleri televizyonda yayımlanan belgeselleri izlemektir. Bugün okul dönüşünde televizyonu açtıklarında "Büyük Kedilerin Günlüğü" adlı belgeselin yayımlanmakta olduğunu gördüler. Heyecanla doğal ortamda yaşayan hayvanları konu alan bu belgeseli izlemeye başladılar. Bir ara çalılardan gizlenmiş çitayın hızla koşarak ceylanı kovaladığını gördüler. Birkaç dakika süren kovalamacadan sonra ceylan, çitaya yakalanmıştı. Sevgi, "Ne kadar yazık! İki de çok hızlı koşabilmelerine rağmen ceylan, çitaya yem olmaktan kurtulamadı." dedi. Samet de, "Kaçınılmaz sonu hazırlayan, çitayın ceylandan daha fazla kinetik enerjiye sahip olmasıdır." diye cevap verdi.



Acaba, Samet'in sözünü ettiği kinetik enerji nedir? Bir varlığın kinetik enerjiye sahip olduğunu anlamak çok kolaydır. Eğer bir varlık, hareket ediyorsa kinetik enerjiye sahip demektir. Örneğin, hareket halinde olan bir kamyon, koşan bir köpek, hareketli dönme dolap, akan bir nehir ve rüzgâr kinetik enerjiye sahiptir. Siz de çevrenizdeki varlıklardan kinetik enerjiye sahip olanlardan bazılarını söyleyebilir misiniz? Pekî, "Bir varlığın süratının artması, o varlığın kinetik enerjisini de artırır." diyebilir miyiz? Bu sorunun cevabını verebilmek için aşağıdaki etkinliği birlikte yapalım.



5. Etkinlik

Gözlemleyelim, İnc eleylelim

Sürat, Kütle ve Kinetik Enerji

Araç ve Gereç

- ◆ dört ya da beş adet kitap
- ◆ ince tahta takoz
- ◆ oyuncak araba
- ◆ üç adet taş (oyuncak arabaya sığacak büyüklükte)
- ◆ 30 cm'lik cetvel

Bunları Yapalım

- Önce, 1. şekildeki gibi, tahtayı ve iki kitabı kullanarak eğik bir düzlem oluşturalım. Oluşturduğumuz düzlemin önüne tahta takozu koyalım.
- Oyuncak arabayı eğik düzlemin üst ucundan serbest bırakalım. Arabanın eğik düzlemin önündeki takozla çarpmasını gözlemleyelim. Çarpmadan sonra takozun ne kadar sürüklendiğini cetvelle ölçerek tespit edelim.
- Aynı işlemi tahtanın altına dört kitap koyarak tekrarlayalım ve takozun ne kadar sürüklendiğini belirlemek için cetvelle yeniden ölçelim.
- Dört kitapla oluşturduğumuz eğik düzlemdeki oyuncak arabanın üzerine herhangi bir kütle koyalım ve takozun sürüklenme mesafesini ölçelim.
- Ölçüm sonuçlarını defterimize çizeceğimiz bir çizelgeye kaydedelim.

Sonuca Varalım

- Eğimin artması oyuncak arabanın süratini nasıl etkiledi?
- Eğim artınca takozun sürüklenme mesafesi nasıl değişti?
- Sürat ile kinetik enerji arasındaki ilişki nedir?
- Oyuncak arabaya yüklenen kütle, takozun sürüklenme mesafesini nasıl etkiledi?
- Kütle ile kinetik enerji arasındaki ilişki hakkında ne söyleyebiliriz?



1. Şekil



2. Şekil

Bir varlığın sürati artıkça kinetik enerjisinin de arttığını biliyoruz. Peki, yandaki fotoğrafta görülen kamyon ve otomobil aynı süratle hareket ettiklerine göre kinetik enerjileri aynı mıdır?

“Sürat, Kütle ve Kinetik Enerji” adlı etkinlik bu sorunun cevabını vermeye yeterli midir?

Aynı süratle hareket eden varlıklardan kütlesi büyük olanın kinetik enerjisi, kütlesi küçük olandan fazladır. Yandaki resimde görülen ve aynı süratle hareket eden kamyonun kütlesi otomobilden daha büyüktür. Öyleyse bu kamyonun kinetik enerjisi de aynı süratle hareket eden otomobile göre daha fazladır diyebilir miyiz?

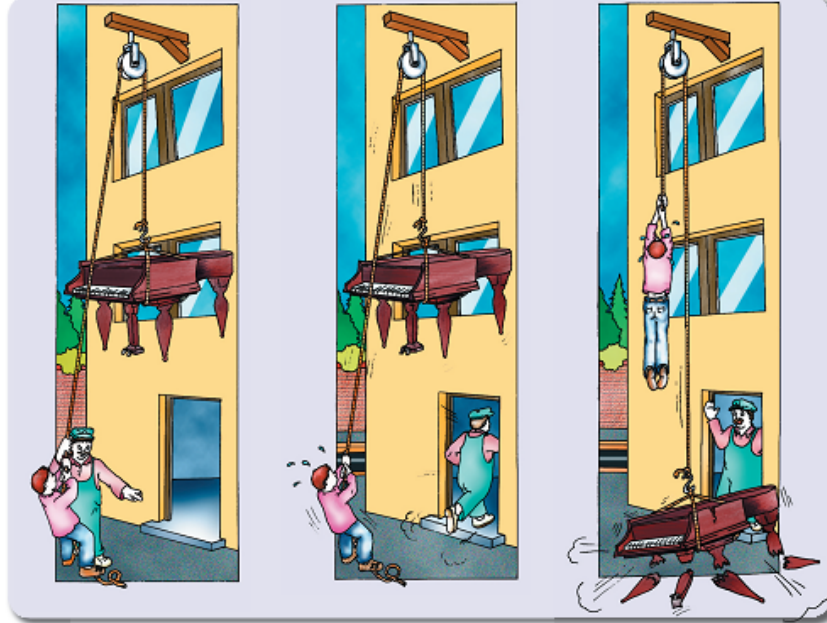
Enerji, sadece hareketli varlıklarda mı söz konusudur?

Bazı maddeler hareketli olmadıkları hâlde iş yapabilme yeteneğine sahiptir. Acaba bu maddeler iş yaparken hangi tür enerjeyi kullanır?

Cisimlerin, konumlarından dolayı sahip oldukları bir çeşit enerji vardır. Bu enerjiye **potansiyel enerji** adı verilir.

Aşağıdaki resmi dikkatle inceleyelim. İki işçi, bir piyanoyu makara yardımıyla üçüncü kata çıkarıyorlar. İşçiler, yedikleri gıdalardan sağladıkları enerji sayesinde bu piyanoyu kaldırabilirler. Yukarı kaldırıldığında piyanoda bir çeşit enerji depolanmış olur. Depolanan bu enerji **çekim potansiyel enerjisi** olarak adlandırılır. İşçilerden biri makaranın ipini elinden bırakırsa diğer işçinin uyguladığı çekme kuvveti piyanoyu yukarıda tutmak için yeterli olmayabilir. Bu durumda piyano düşerek çekim potansiyel enerjisini kaybeder. Düşen piyano işçiyi yukarı çekerek bir iş yapmış olur.

Acaba, çekim potansiyel enerjisini etkileyen değişkenler nelerdir?





6. Etkinlik Çekim Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?

Gözlemleyelim, İnceleyelim

Bunları Yapalım

- Bir zemini ince kumla, 5-10 cm kalınlığa ulaşacak biçimde kaplayarak düz bir sathı oluşturalım.
- Bir basketbol topunu önce 50 cm, sonra 1,5 m yüksekten bırakarak topun kum üzerinde oluşturduğu etkiyi inceleyelim.
- Kumun yüzeyini düzelterek bir basketbol topunu ve bir plastik topu aynı yükseklikten (50 cm) sırayla bırakalım. Bunların kum üzerinde oluşturdukları etkileri inceleyelim.

Sonuca Varalım

- Topların ağırlıklarının ve yüksekliklerinin farklı olması, kumun yüzeyinde meydana gelen değişiklikleri nasıl etkiledi?
- Yüksekliğin ve ağırlığın potansiyel enerji üzerinde nasıl bir etkisi vardır?

Araç ve Gereç

- ◆ basketbol topu
- ◆ plastik top
- ◆ ince kum
- ◆ metre

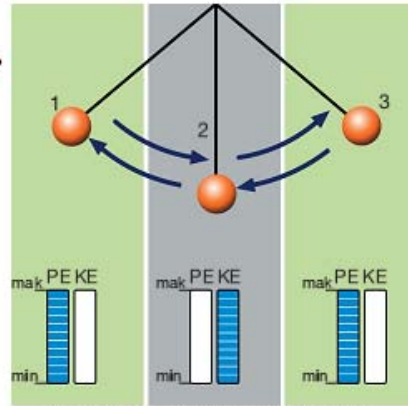


Bir cismi yukarı kaldırdığımızda cisme etkiyen yer çekimi kuvvetini (ağırlığı) yenmek için cisme kuvvet uygulamış ve bir iş yapmış oluruz. Yaptığımız bu iş kaldırdığımız cisimde çekim potansiyel enerjisi olarak depolanır. Bir cismin ağırlığı ve yerden yüksekliği arttıkça çekim potansiyel enerjisi de artar. Bu yüzden basketbol topunu daha yüksekten bıraktığımızda kum üzerinde daha derin bir iz bırakır.

Kinetik ve potansiyel enerjinin birbirine dönüşebildiğini biliyor musunuz? Bir ipin ucuna cisim bağlayarak oluşturduğumuz basit bir sarkaçta bu durumu rahatlıkla gözlemleyebiliriz.

12
Çalışma kitabı
48. s

13
Çalışma kitabı
48. s



PE: Potansiyel Enerji KE: Kinetik Enerji

1 konumunda	Cisim yörüngelin en üstünde. Sürat sıfır.	Çekim potansiyel enerjisi en üst seviyede. Kinetik enerji sıfır.
1-2 arası	Cismin yüksekliği azalıyor. Sürat gittikçe artıyor.	Çekim potansiyel enerjisi azalıyor. Kinetik enerji artıyor.
2 konumunda	Cisim yörüngelin en altında. Sürat en üst seviyede.	Çekim potansiyel enerjisi sıfır. Kinetik enerji en üst seviyede.
2-3 arası	Cismin yüksekliği artıyor. Sürat azalıyor.	Çekim potansiyel enerjisi artıyor. Kinetik enerji azalıyor.
3 konumunda	Cisim yörüngelin en üstünde. Sürat sıfır.	Çekim potansiyel enerjisi en üst seviyede. Kinetik enerji sıfır.

14
Okuma kitabı
49. s

Potansiyel enerji azalıyor.
Kinetik enerji artıyor.

Hız treni aşağıya inerken
potansiyel enerji kinetik
enerjiye dönüşür.



Cisimlerin potansiyel enerjileri sadece onları yükseğe çıkardığımızda mı artar? Kurmalı bir oyuncuğun da potansiyel enerjiye sahip olabileceğini biliyor muydunuz?



Yukarıdaki fotoğrafta da görüldüğü gibi bazı kurmalı oyuncakların içinde bir yay bulunur. Bu yay kurularak oyuncuğun hareket etme yeteneği kazanması sağlanır. Yani yayda potansiyel enerji depolanır. Yay boşalırken oyuncak hareket eder. Böylece yaydaki potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşmüş olur. Yayların (ya da daha genel olarak esnek cisimlerin) enerji depolama özelliğinden birçok alanda yararlandığını fark ettiniz mi?





7. Etkinlik Esneklik Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?

Gözlemleyelim, İnceleyelim



Sedef, çevresini sürekli gözlemleyen ve gözlem sonuçlarını derslerinde öğrendiği bilgilerle ilişkilendirebilen bir öğrencidir. Uzun süredir okçuluk sporuyla uğraşan Sedef, yay ve ok kullanarak yaptığı birçok atıştan sonra şöyle bir sonuca ulaşmıştır: Yay ne kadar çok gerilirse ok o kadar uzağa gidiyor.

Sedef'in vardığı sonucunun doğruluğunu tespit etmek ve esneklik potansiyel enerjisinin nelere bağlı olduğunu anlayabilmek için bir deney yapalım.

Araç ve Gereç

- ◆ aynı büyüklükte ince ve kalın paket lastiği
- ◆ kâğıt parçası
- ◆ cetvel

Bunları Yapalım

- Kâğıt parçasını, katlayarak kalınlaştıralım.
- İnce paket lastiğini işaret ve başparmaklarımızla gerelim.
- Kâğıt parçasını lastiğe tutturarak lastiği, 10 cm kadar gerelim ve bırakalım.
- Kâğıt parçasının nereye düştüğünü gözlemleyelim.
- Aynı işlemi lastiği 15 cm gererek tekrarlayalım ve kâğıt parçasının nereye düştüğünü gözlemleyelim.
- Yukarıdaki işlemleri kalın paket lastiği ile tekrarlayalım.



Sonuca Varalım

- Lastiği daha fazla germemiz kâğıdın düştüğü yerin uzaklığını nasıl etkiledi?
- Kâğıt parçası, ince lastik ile mi yoksa kalın lastik ile mi daha uzağa fırladı?

Yaptığımız etkinlikte de görüldüğü gibi esneklik potansiyel enerjisi, lastiğin cinsine ve gerilme miktarına göre değişmektedir. Bu durum sadece lastik için değil bütün esnek maddeler için de geçerlidir.



15
Çalışma Kartı
50. s

16
Çalışma Kartı
57. s

Yüksek atlama yapan bir sporcuyla düşünelim. Bu sporcu sırk ile koşarken kinetik enerji söz konusudur. Yüksek atlama sırasında sırk esner ve sporcunun kinetik enerjisi sırkta, esneklik potansiyel enerjisine dönüşür. Sırk ile yükselen sporcu potansiyel enerji kazanır. Mindere düşerken ise bu sporcunun potansiyel enerjisi azalırken kinetik enerjisi artar. Kinetik enerji ile mindere çarpan sporcu minderin şeklini değiştirir hatta minderin bir miktar ısınmasını da sağlar.

İlk aşamadan son aşamaya varıncaya kadar sporcunun sahip olduğu enerji türü değişmiş fakat toplam enerji miktarı aynı kalmıştır. Buna **enerjinin korunumu** denir. Enerjinin korunumuna göre enerji bir türden başka bir türe dönüşebilir ancak hiçbir zaman artmaz veya azalmaz.

Enerji Dönüşümleri

İşlerimizi yaparken kullandığımız birçok enerji türü vardır. Bunlar kimyasal enerji, kinetik enerji, potansiyel enerji, ısı enerjisi ve elektrik enerjisi şeklinde sıralanabilir. Kinetik ve potansiyel enerji, mekanik enerji olarak da adlandırılır.

Yukarıda sıralanan enerji türleri çeşitli araçlar yardımıyla birbirine dönüştürülebilir. Enerjinin yok olmadan başka enerjilere dönüşmesi insan hayatında çok farklı amaçlara hizmet eder. Bu dönüşümler olmasaydı insanoğlu şu anda yapabildiği birçok şeyi yapamazdı. Örneğin, aydınlatma amacıyla kullandığımız ampul, aslında elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürmektedir. Peki, ışık elde etmek için anahtarın düğmesine bastığımızda ampul sadece ışık mı üretmektedir?

Elektrik enerjisi, farklı araç-gereçlerin yardımıyla diğer enerji türlerine dönüştürülebilir. Örneğin, serinlemek amacıyla kullandığımız vantilatörde hareket, radyoda ise ses enerjisine dönüştürülmektedir.

Akü ve pillerde depolanan kimyasal enerji, kullanım aşamasında elektrik enerjisine dönüşür. Kömürde depolanan kimyasal enerji de yanma sırasında ısı enerjisine dönüşmektedir. Aşağıdaki resmi dikkatlice inceleyerek enerji dönüşümüne örnek olabilecek etkinlikleri sıralayalım.



17
Çalışma kitabı
51. s



Kendimizi Değerlendirelim

Aşağıdaki soruları sırayla defterimize cevaplayalım.

1. Aynı süratle gitmekte olan bisiklet ve otomobilden hangisinin kinetik enerjisi daha fazladır?
2. Yandaki şekilde görüldüğü gibi belli bir yükseklikten yayın üzerine bırakılan cisim sistem üzerinde hangi enerji dönüşümlerine neden olur?



85

1. Etkinlik

Yaylarla Oynayalım



Değişik tip ve boyutlarda yayları, günlük hayatımızda bir çok durumda görmekte ve kullanmaktayız. Sizce, yayların çok yaygın kullanım alanlarına sahip olmasının sebebi nedir? Hangi değişiklikleri kaydedebilirsiniz? Bu maddeleri arada daha yakından tanıyabiliriz.

Amacımız
Değişik boyutlu yaylar

Buradan Yapalım

- Sınıfa getirdiğimiz yaylara itme ve çekme kuvveti uygulayalım.
- Hangi yayları itme, hangilerini çekme kuvveti kullanarak uyguladığımızı gözlemleyelim.
- Kuvvet uyguladığımız yayların özelliklerini, kalınlık, esneklik ve sarmal şekli bakımından gözlemleyelim.



Buradan Yapalım

- Kuvvet uyguladığımız yaylar itme mi çekme mi?
- Yayları çekerek sıkılaşması için hangi yönde kuvvet uyguladık?
- Uygulanan kuvvet ortadan kalktığı anda yaylarda ne gibi değişiklikler meydana gelmektedir?
- Yükümlü yayların özelliklerini tanımlayabiliriz. Buradan çekerek sıkılaşması ve bükülmesi için uyguladığımız kuvvetlerin yönlerini gözlemleyebiliriz.
- Kuvvet uyguladığımız yaylar hangi yönde tepki verir? Verilen tepkilerin yönlerini belirleyebiliriz.

Kuvvet uyguladığımızda bazı cisimlerin özelliklerinde değişiklikler oluşur. Uygulanan kuvvet ortadan kalktığı anda ise bu cisimlerin ilk özelliklerine döndüklerini de gözlemleyebiliriz. Bu tür cisimlere, esnek cisimler dendiğini biliyor musunuz?

Örneğin, uyguladığımızda bükülen ve gerilen esnek cisimler. Çekerek sıkılaşması ve bükülmesi için gerilmeye uğruyor. Çıkardığımızda ise bu cisimler, ilk özelliklerine dönüyor. Oyun hamuru ve çamur macunu gibi maddeler esnek değildir. Onların kuvvet uyguladığımızda özelliklerini değiştirebiliriz. Fakat uyguladığımız kuvvet ortadan kalktığı anda bu maddeler eski hallerine dönmüyor.

Faydaları nedir? Çekerek sıkılaşması ve bükülmesi için uyguladığımız kuvvet ortadan kalktığı anda ise yay eski haline döner.



Bir yayı sıkıştırarak için kuvvet uyguladık. Örneğin, uzandıktan sonra yay eski haline döner.



Bir yayı çektiğimizde, yayı çekerek için kuvvet uyguladığımız olur.

4. Etkinlik

Esnek Cisimler

Kuvvet uyguladığımızda şekli değişen, uygulanan kuvvetin ortadan kalkmasıyla da tekrar eski haline dönen cisimlere esnek cisimler deneriz. Aslında, değişik tiplerde lastik ve yayları kuvvet uyguladığımızda oluşan fotoğrafları inceleyebiliriz. Örneğin, fotoğrafları inceleyebiliriz. Diğer yaylara ve lastiklere uyguladığımız kuvvetlerin yönlerini fotoğrafları inceleyebiliriz, de gözlemleyebiliriz.



Örnek resim



Öğrencilerin yayların esneklik özelliği gösterdiğini fark etmeleri amacıyla Ders Kitabı'ndaki "Yaylarla Oynayalım" adlı 1. Etkinlik yaptırılır.

Kağıf Aşaması

1. Etkinlik: Yaylarla Oynayalım

(Önerilen süre: 15 dk.)

Bu etkinlik için öğrencilere bir dizi sarmal yay dağıtılır. Dağıtılan bu yayların sıkışma, gerilme ve bükülme özelliği gösterdiklerine dikkat edilir. Öğrenciler bu yayları değişik büyüklükte kuvvetlerle gerer ve sıkıştırırlar. Yayların sıkıştığında ve gerilme durumlarına dair gözlemlerini sınıfa paylaşırlar ve gözlem sonuçlarını tartışırlar. Bir yayı sıkıştırdıkça ve gererken uyguladıkları kuvvetin ve yayın bu durumlarda uyguladığı kuvvetin yönünü çizerek gösterirler.

Öğrencilerin Ders Kitabı'ndaki "Yaylarla Oynayalım" adlı etkinlikteki öğrenmiş oldukları bilgilerini pekiştirmeleri amacıyla Çalışma Kitabı'ndaki "Esnek Cisimler" adlı 4. Etkinlik yaptırılır. Bu etkinliğin yapıldığı sırada lastik, kauçuk gibi günlük hayatta kullandığımız birçok esnek cismin yay özelliği gösterdiği söylenmelidir.

4. Etkinlikte Esnek Cisimler

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin Ders Kitabı'nda bulunan "Yaylarla Oynayalım" adlı etkinlikte öğrenmiş oldukları bilgileri pekiştirerek bir yayı sıkıştıran veya geren cisme yayın eşit büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uyguladığını kavramalarını sağlamaktır.

Yayın genelişen hatta kuvvet uygulandığında yay, esneklik özelliğini kaybeder ve eski haline döner.

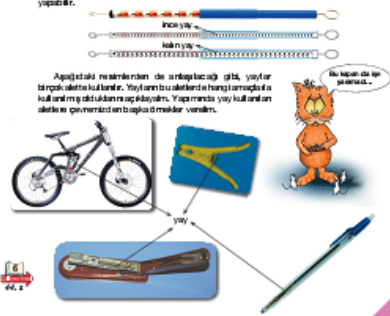
Yapay yay kullanılarak yapılan çalışmalar yay ile bu yay uygulanan kuvvetin uygun şekilde alınması dikkat edilir.

Bir cismin ağırlığını ölçmek için dinamometre (yaylı ölçer) kullanılmaya başlanmıştır. Farklı fotoğrafları gördüğü gibi bir yaylı dinamometreye yayla bağlanarak ağırlığı dinamometrenin içine yayılır. Eğer yaylı dinamometreye bir paket atarsanız yay bu kez daha uzar. Çünkü bir paket atarsanız ağırlığı daha fazla olur.

Kuvvet biriminin Newton (N) olarak ölçülmesi ve "N" ile gösterildiğini biliyoruz. Newton biriminin kullanılması şu şekilde örneklenmiştir: Bizim 100 gram bir çanta için ağırlığı yaklaşık 1 N'dir. 1 kg bir paketin ağırlığı yaklaşık 10 N'dir. Aşağıdaki resimde de gördüğümüz gibi ağırlığı ölçmek için kullanılan dinamometreler farklı şekillerde tasarlanır. Yayların incelikle tasarlanması da kullanılmadık durumlarda ağırlıklı cisimlerin ölçmek için yapılabilmemesi anlamına gelir. Örneğin, ince yayları yayları bir dinamometre 0 - 1 N arasında ölçemeyen kalın yayları yayları 0 - 10 N arasında ölçemeyebilir.



44



6. Etkinlik: Yayları Keşfediyoruz

Yaylar yay esneklik özelliği, günlük hayattaki en çok kullanılan cisimlerden biridir. Aşağıdaki fotoğraflarda bulunan nesnelere doğru yayları kullanarak bu fotoğraflardaki yayları ve esnek cisimlerin hangi amaçlarla kullanıldığını, fotoğrafları altına yazarak bulduklarını yazınız.



Süspansiyon sisteminden geçen araçların sürüşünü rahatlatmaya yarar.



Takımı sırasında sallanmaya yardımcı olarak kullanılır.



Kamyonların yüklerini taşıması için yaylar kullanılır ve yüklerin hareketini engeller.



Yüksek atlama yarışlarında yardımcı olarak kullanılır.

Genişletme Aşaması

Öğrenciler 6. sınıfta, kütleyle etki eden yer çekimi kuvvetinin ağırlık olarak adlandırıldığını ve ağırlığın dinamometre ile ölçüldüğünü öğrenmişlerdir. Bu aşamada ise günlük hayatta çok sık kullanılan ağırlık ölçme aletlerinin (dinamometre) yapımında yayların esneklik özelliğinden yararlandığını vurgulanır. Çünkü yaylar uygulanan kuvvetle doğru orantılı olarak uzar. Farklı ağırlıktaki maddeleri ölçebilmek için dinamometreler çeşitli şekillerde tasarlanır. Bu tasarımlardaki en önemli unsur kullanılan yayların cinsleridir. Kütleli büyük cisimlerin ağırlığını ölçmek için tasarlanan dinamometrelerde kalın ve sert yaylar tercih edilirken küçük kütleli cisimlerin ağırlıklarını ölçmek için tasarlanan dinamometrelerde ince ve yumuşak yaylar kullanılır. Yapımında ince ve yumuşak yayların kullanıldığı dinamometreler daha hassas ölçüm yapar.



Dinamometreler ağırlık ölçer. Fakat bir cismin kütlelerinin yerin birim kütleyle etki ettiği kuvvet ile çarpımı ağırlığı verdiğinden dinamometreler, günlük yaşantıda bir cismin kütlelerini bulmak için de kullanılabilir. Bu amaçla kullanılan dinamometreler kütle ölçmek için derecelendirilmiştir. Öğrencilerden gelecek sorular için dinamometrenin ağırlık ölçmenin yanında yaklaşık olarak kütle ölçme amacıyla da günlük hayatta kullanılabildiği belirtilebilir. Bu kullanımlara örnek olarak baskül, kantar gibi araçlar verilebilir.

6. Etkinlik: Yayları Keşfediyoruz

Bu etkinliğin amacı öğrencilerin verilen fotoğraflardaki yayların (veya esnek cisimlerin) hangi amaçlarla kullanıldıklarını fotoğrafların altına yazmalarını sağlamaktır.

Yaylar günlük hayatta kalemden kapı koluna, gözlük çerçevesinden prizlere kadar birçok alanda kullanılır. Öğrencilere yayların ya da esnek cisimlerin kullanıldığı yerlerle ilgili bir araştırma ödevi veya poster çalışması ödev olarak verilebilir. Çalışma Kitabı'ndaki "Yayları Keşfediyoruz" adlı 6. Etkinlik yapılarak öğrencilerin yayların kullanım alanları hakkındaki bilgilerini pekiştirmeleri sağlanır.

Dinamometrelerin yapımında yayların kullanıldığını öğrenen öğrenciler basit bir dinamometre tasarlar ve yaparlar. Bunu sağlamak amacıyla Ders Kitabı'ndaki "Bir Dinamometre Tasarlayalım" adlı 3. Etkinlik yaptırılır. Bu etkinlikle TD-3 (Hareketlere, olaylara ve nesnelere değer verir.) kazanımının da gerçekleştiğini amaçlanmaktadır.

3. Etkinlik: Bir Dinamometre Tasarlayalım

(Önerilen süre: 20 dk.)

Bu etkinliğin amacı öğrencilerin paket lastiği veya ince bir yay kullanarak dinamometre yapmalarını sağlamaktır. Öğrenciler yaptıkları dinamometreye çeşitli cisimler asarak bu cisimlerin ağırlıklarını ölçerler. Böylece yayın uzama miktarının yaya uygulanan kuvvete bağlı olduğu sonucuna deneyerek ulaşırlar.

Ders Kitabı'ndaki 3. Etkinliği tamamlayan öğrencilere Çalışma Kitabı'ndaki "Dinamometre Hangi Yayı Seçmeliyim?" adlı 7. Etkinlik yaptırılır.

7. Etkinlik: Dinamometre Hangi Yayı Seçmeliyim?

Bu etkinliğin amacı, öğrencilere kuvvet-uzama grafiğini okuma ve yorumlama becerilerini kazandırarak ölçme sonuçlarının nasıl kontrol edileceğini kavratmaktır.

Doğrulendirme Aşaması

• "Kendimizi Değerlendirelim" Soruları

Bu bölümde yer alan sorular öğrencilere ev ödevi olarak verilir. Öğrencilerin cevapları bir sonraki derste beyin fırtınası yoluyla irdelenir. Bu sırada, yanlış ya da eksik cevap veren öğrencilerden cevaplarını düzeltmelerini isteriz.

• "Kendimizi Değerlendirelim" Sorularının Cevapları

1. Yaylar uygulanan kuvvetle doğru orantılı olarak uzarlar. Bu sebeple 100 g'lık bir cisim, yayı 18 cm uzatırsa 250 g'lık bir cisim, aynı yayı 45 cm uzatır.
2. Radyo, hesap makinesi, uzaktan kumanda gibi aletlerin pil yuvalarında yay kullanılır. Bu yaylar pilin yuvaya düzgün bir şekilde oturmasını sağladığı gibi iletken görevi de yapar. (Öğrencilerin çizdikleri şemalar değerlendirilir.)

Konu Biterken

- Öğrencilerden sarmal yayların özellikleri hakkındaki bilgilerini defterlerine kendi cümleleriyle yazmalarını isteriz. Yazılan özetlerden birkaçı okutulurak geri bildirim yapılır. Diğer öğrencilerin de bu doğrultuda kendi eksikliklerini gidermeleri sağlanır. Öğrenciler, defterlerine yazdıkları anahtar kavramlara dönerek bu kavramlarla ilgili ön bilgilerinin doğruluğunu kontrol ederler.
- Bir sonraki ders için "İş ve Enerji" konusunun okunması tavsiye edilir.

Pilin birlemlerle uğraşın bilgin insanların için ölçme çok önemlidir. Bilgin insanların yaptıkları güden ve araşmaları, uygun ölçme araçlarını kullanarak anlamlı hale getirirler. Örneğin, bir mühendis metre ve çayya gibi araçları kullanarak bir doktor da hastasının ağrı ölçmek için termometreden yararlanır. Gözlem ve ölçmenin sonucuyla elde edilen veriler, yorumlanarak değerlendirilerek amaçlı muhalemler yapılır. Elde edilen veriler tablo, grafik, neresi çizim ve yapı metin gibi çeşitli yöntemlerle kaydedilir. Örneğin bir basketç ya da yaya fark büyüklüğüne ayrışkan olarak bir dinamometre yapmaya deniriz?

3. Etkinlik

Etkinlik, Etkinlik

Bir Dinamometre Tasarlayalım

Dikkat! Sağağınan yaya çekilen yaylar esli halden dinamik tehlike oluşturmaz. Bu yüzden yağın etnikli yaparken dikkatli olmalısın.

Yayların esnelik özellikleri fark amaçları kullanarak insan hayatını kolaylaştırmıştır. Yayların bu özellikleri anlamaya günlük hayatta kullanığınız bir çak alet kullanıyacağınızda biliyor muydunuz?

Örneğin, cisimlere ölçme amaçları için dinamometre kullanıldığını biliyoruz. Dinamometre, yayların esnelik özelliklerini faydalanarak yapılan bir ölçme araçtır. Verilen araç-gereçlerden ve yarıdağı fotoğraflardan yararlanarak kendinize ait bir dinamometre yapalım. Yaptığınız bu dinamometreyi fark amaçları amaçlı ölçme amaçlarından yararlanarak dikkatli olarak "Ağırlık-Uzama Mikrometre" grafiğini çizin.

Soruca Verelim

- Kullanılan uzama miktarı kütlelerin ağırlıkları ile yaya uzama miktarı arasında nasıl bir ilişki vardır?
- Çizdiğiniz grafikte herhangi bir ağırlık için yayın uzama miktarını nasıl tespit edersiniz?
- Bir cismin ağırlığı 2,5 N ise bu cismin kütle kaç kg'dır?

Araç ve Gereç

- 4 neşirli lastik ya da çayya yayı
- 100 gramlık bağcı kütle yökü
- 30 cm'lik ölçme kağıdı
- Kağıt şerit
- Kalem



Kütledeki değişiklikler de görüldüğü gibi lastiğin uzama miktarı uygulanan kuvvet ile doğru orantılıdır. Yani bir lastik ya da yaya uygulanan kuvvet ne kadar artarsa, uzama miktarı da aynı oranda artar. Günlük hayatta kullanıldıkları el bantları, basketç gibi lastik araçları yayların bu özellikleri gereğince yapar. Ancak uygulanan kuvvetin artması sonucunda lastiğin kopabileceğini veya yayın esnelikini yitirebileceğini ve uzamaları fazla hale gelebileceğini düşünmek gerekir.

Kendimizi Değerlendirelim

Aşağıdaki soruların defterinize yanıtı cevaplayınız.

1. 100 g'lık bir cisim bir yaya çekildiğinde yay, 18 cm uzamaktadır. Aynı yaya 100 g'lık cisim yerine 250 g'lık başka bir cisim asarsak yay kaç cm uzar?
2. Etkinlikte, pil ile güçlenen ve pil yuvalarını içine yay olan bir alet bulduk. Pilin galvanesi için neyin yaya fitiyapı yapılmıştır? Açıklayınız. Açıklamaları gözlemlerinizi gösteriniz.

7. Etkinlik: Dinamometre Hangi Yayı Seçmeliyim?

Aynı dinamometre kullanarak elindeki iki farklı yaya uyguladığı kuvvet ile bu yayların uzama miktarları arasında ilişkiyi ölçen bir deney yapınız. Aşağıda elinizde elinizde araştırarak yararlanarak çizdiğiniz grafiğinizi çizin. Buna göre:



- a) Aşağıdaki kullanıldığı yayların hangisi daha kolay uzar?
1. Numarasılı yay daha kolay uzar.
- b) Aynı, hangi yay ile yaptığınız deneyin sonuçlarını kontrol edebilirsiniz. Çizdiğiniz grafiğinizdeki ölçümler değerlendirilerek sonuçları yorumlayınız.
- c) Aynı, deney raporunu ikinci yaydan daha güvenilir olduğuna bu yayların da dinamometre yapımında bu yayları kullanılmaması daha doğru olacaktır. Aynı, Aşağıdaki böyle değerlendirilmesini nasıl yaparsınız?
Cisimlerin aynı yaya eklenen ağırlıkların oranları bir sabitlik arandıktan sonra yaydaki uzama da aynı oranda artmalıdır.
- d) Her iki yay da 10 gram'lık kuvvet uygulandıktan da yayların her birinin ne kadar uzayacağını tahmin edelim. Tahminlerinizi sabitlere açıklayalım.
1. Numarasılı yay 20 mm uzarsa, 2. Numarasılı yay 10 mm uzar.

Bir deneyin güvenilir olduğunu söyleyebilmemiz için dikkatli olarak bakmamız gerekir. Aynı sonuçları almamız gerekir. Yapılan deneyin güvenilir olması için şu hususlara dikkat etmeliyiz:

- Ölçümler dikkatli olmalıdır.
- Ölçüm sonuçlarından yararlanarak grafik çizilmelidir. Eldeki çizimlerin yanlış olmaları önlenmelidir.
- Çizdiğiniz grafik uygun ölçümlerle dikkatli olarak kontrol edilmelidir.

273

2 İş ve Enerji

Anahtar Kavramlar

- İş
- Kinetik enerji
- Çekim potansiyel enerji
- Esneklik potansiyel enerji

İmpatı hareketlerin işi iş yapmanın herkeşpe kabul edilmediği. Fakat, iş öğrenmenin yapıldığı konularında ne diyebilirsiniz? Bazen gücünüzle çekmek da işi iş sayılır mı? Oyun oynamak ve spor yapmak da iş iş midir?
"İş" kavramı, kuruyucu dillele bir kompozisyon yaratılabildiğinden işi işleme kavramı işi işleyen her bir hareket işi kabul edilebilir.
Peki, iş kavramı hakkında siz ne düşünüyorsunuz? Hangi durumlarda iş yapıyor olursunuz?



4. Etiknik Hangi Durumda İş Yaparız?

Ağır yükleri kaldırmak çalışmak ve hareket kabiliyetimizi düşürür dikkat edilmeli.
Okuma Yapalım
Etiknik yapmak için anlatılmadan bir arkadaşımızı seçelim. Bu arkadaşımız aşağıdaki işleri nasıl yapacağını anlatır.

- Tahtadan dışındaki boş okula çantasını, sırtını arka düzlemde tutar yapar.
- Çantayı kaldırır ile otidürarak yarıdan kaldırır ve öğrencin korumadın üzerine bırakır.
- Kıyafetleri çantaya tahtadan dışından sırtını arka düzlemde tutar yapar.
- İlaçları sırtını üzerine alır.

- Okuldan dışarı çıkarken hangi şekilde iş yapıyor olursunuz?
- Açıklayalım
- İş yapma potansiyel var mı? İlaçları nasıl kaldırır? İlaçları
- Bir hareketi etkileyecek hareketleri iş yapıyor ve açıkladığı durumlarda hareketleri ve potansiyel enerji verilir.
- Kıyafetleri çantaya iş yapma durumunuz?

Ağır İş Öğretir
+ 4 kol çantası
+ 4 saat kitap



9. Etiknik İş Var mı?

Aşağıdaki durumlardan hangilerinde iş yapıyor olursunuz? Çevremizi aşağıdaki başlıklarla yazalım.



1. Potansiyel iş yapıyor çünkü... Çünkü... işi iş yapma potansiyelini düşürür.
2. Potansiyel iş yapıyor çünkü... Çünkü... işi iş yapma potansiyelini düşürür.
3. Potansiyel iş yapıyor çünkü... Çünkü... işi iş yapma potansiyelini düşürür.
4. Potansiyel iş yapıyor çünkü... Çünkü... işi iş yapma potansiyelini düşürür.

2 İş ve Enerji

Konuya Başlarken

- #### KAZANIMLAR
2. Kuvvet, iş ve enerji ile ilgili olarak öğrenciler:
 - 2.1. Kuvvet, iş ve enerji arasındaki ilişkiyi açıklar.
 - 2.2. Fiziksel anlamda iş yapmanın vektörünü belirtir.
 - 2.3. Bir cisim hareket doğrultusunda iş olarak etki eden kuvvetin, fiziksel anlamda iş yapmadığına örnekle açıklar.
 - 2.4. Enerjiyi iş yapıldığında verildiğini olarak tanımlar.
 - 2.5. Hareketli cisimleri kinetik enerjiye sahip olduğunu fark eder (BSB-1, 3, 8).
 - 2.6. Kinetik enerjinin vektör ve kütfe ile olan ilişkisini açıklar (BSB-16, 19, 20, 27, 32).
 - 2.7. Cisimlerin konumlarına göre çekim potansiyel enerjilerine sahip olduğunu belirtir.
 - 2.8. Çekim potansiyel enerjisinin cismin ağırlığına ve yüksekliğine bağlı olduğunu açıklar (BSB-16, 19, 20, 27, 32).
 - 2.9. Cisimlerin kinetik ve potansiyel enerjileriyle esneklik potansiyel enerjilerine sahip olduğunu belirtir.
 - 2.10. Sakatların veya genleşen bir yayın esneklik potansiyel enerjilerine sahip olduğunu fark eder (BSB-16, 19, 20, 27, 32).
 - 2.11. Yayın esneklik potansiyel enerjisinin yayın sıkıştırma (veya genleşme) miktarı ve yayın esneklik özelliğine bağlı olduğunu açıklar (BSB-16, 19, 20, 27, 32).
 - 2.12. Potansiyel ve kinetik enerjilerin birbirine dönüşebileceğini örneklerle açıklar (BSB-25).
 - 2.13. Enerji dönüşümünden hareketle, enerjinin korunmadığına örnekler verir.
 - 2.14. Çekim enerji tabanlı araçları ve bunları arasındaki ilişkiyi açıklar (FTT-7, 30, 33, 34; TD-3).

- #### AÇIKLAMALAR
1. İş anlamı
İş kavramı işi (güç) olarak verilir.
2.4 Öğrenciler iş ve enerji kavramlarını anlamak için ve işi işleme fark edilebilirlik.
2.9 Cisimlerin kinetik olarak etki eden kuvvetin, fiziksel anlamda iş yapmadığı ve bu özel durumun dışında bütün kuvvetlerin iş yapacağı vurgulanmalı, işi yapan kuvvetlerin bileşimi ile ilgili hesaplamalar yapılmamalıdır.
2.5 Sadece hareketli cisimlerin kinetik enerjiye sahip olduğunu belirtmek, bunların ilgili matematiksel hesaplamaları yapılmamalıdır.
2.7 Fiziksel anlamda iş yapıldığında cisimlerin bir cisimden diğerine yüksekliğinin değiştiği belirtilmelidir.
2.8 "Potansiyel enerji" kavramı öğrencilere sunulduğunda, bunların ilgili matematiksel hesaplamaları yapılmamalıdır.
2.9 Öğrenciler kütfe (m) ve yay çekimi ivmesinin (g) çekim potansiyel enerjilerine etkisini, aynı işin diğer anlamda gelen ve kütfe ile yay çekimi ivmesinin karşılaştırılması yerine geçen açıklar olarak açıklanmalıdır. Çekim işi öğrenciler yay çekimi ivmesi ile ilgili bilgileri almak için cisim ağırlığına dikkat etmeli ve belirlenen beslenme, 6. sınıfın kazanımları.
2.7 Dünya-İy ve Dünya-Güney arasındaki çekim potansiyel enerjilerine değinilmeli.
Ders İçeriği Değişiklikleri
6. sınıf "Kuvvet ve Hareket" ünitesi ile değiştirilmiştir.
6.3 İş ve Enerji ile ilgili olarak.
2.14 kazanımı, Türkiye'deki "Okuluma" öğrenme durumu ile değiştirilmiştir.

Öğrenciler Neredeler, Nereye Gelecekler?

Öğrenciler önceki yıllarda, kuvvet ve enerji kavramları hakkında ön bilgi edinmişlerdir. Ayrıca "iş" kelimesini günlük hayatta kullanmakta fakat kelimenin bilimsel anlamını bilmemektedirler. Bu konuda, iş ve enerji kavramları kuvvet kavramıyla ilişkilendirilerek işlenecektir.

Ön Bilgileri Yoklama ve Merak Uyandırma Aşaması

Anahtar Kavramlar

Öğrencilerden iş, kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi kavramları hakkındaki bilgilerini defterlerine yazmaları istenir. Daha sonra yazdıklarını arkadaşlarıyla paylaşmaları söylenir. Yanlış açıklamalar için herhangi bir düzeltme yapılmaz ve konu sonunda bu kavramlara tekrar dönüleceği hatırlatılır. Böylece onların bu kavramlarla ilgili olarak öğrendiklerinin farkına varmalarının sağlanması amaçlanır.

Konuya Giriş

Konu girişindeki metin ve fotoğraflar incelendikten önce tahtaya iki öğrenci çıkarılır. Bu öğrencilerden birine küçük bir kâğıt parçasını üfleme, diğerine ise sınıf duvarını itmesi söylenir. Öğrenciler söylediklerini yaptıktan sonra sınıfa, bu öğrencilerden hangisinin daha fazla iş yaptığı sorulur. Bu sorunun cevabı hakkında bir tartışma ortamı oluşturulur. Tartışmanın sonunda küçük kâğıt parçasını hareket ettiren öğrencinin iş yaptığı diğer öğrencinin kuvvet uyguladığı halde herhangi bir iş yapmadığı açıklanır. Bu açıklamanın ardından Ders Kitabı'ndaki metin okutulur ve fotoğrafların incelenmesi sağlanır.

Koşif Aşaması

Ders Kitabındaki "Hangi Durumda İş Yaparız" adlı 4. Etkinlik yaptırılarak öğrencilerin "iş" kavramının bilimsel anlamını öğrenmeleri sağlanır.

4. Etkinlik: Hangi Durumda İş Yaparız? (Önerilen süre: 10 dk.)

Bu etkinliğin amacı, okul çantasını çeşitli şekillerde hareket ettiren öğrencinin hangi durumlarda iş yapmış olduğunu kavratılmasıdır. İş yapıldığını söyleyebilmek için cismin kuvvetin uygulandığı doğrultuda hareket etmesi gerekir.

Daha sonra Çalışma Kitabı'ndaki "İş Var mı?" adlı 8. Etkinlik yaptırılır.

8. Etkinlik: İş Var mı?

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin verilen resimlerden hangilerinde iş yapıldığını bularak bilimsel anlamdaki iş tanımıyla günlük hayatta kullanılan iş kelimesini birbirinden ayırt etmelerini sağlamaktır.

Açıklama Aşaması

Günlük hayatımızda "iş yapmak" deyince bir yorgunluğu veya kuvvet kullanmayı belirtmiş oluruz. Örneğin el arabasıyla çimento taşıyan bir işçi; matematik problemi çözen bir öğrenci, tarlasında saatlerce çapa yapan bir köylü; bir dolabı, zorlayıp da hareket ettiremeyen bir kişi "iş" kelimesinin günlük hayattaki anlamına uygun hareket etmiş olurlar. Çünkü bütün bunlar, günlük hayatımızda "iş yaptık ve yorulduk" diyebileceğimiz eylemlerdir. Oysaki "iş yapmak" kavramı, fen biliminde günlük hayatımızda kullandığımızdan farklı bir anlam taşır. Fen biliminde "iş yapmak", bir kuvvet uygulayarak bir cisim kuvvet uygulanan yönde hareket ettirmek demektir. Buna göre ağır bir dolabı büyük bir kuvvetle ittiği hâlde hareket ettiremeyen kimse iş yapmış olmaz.

Üst katlara çimento torbası çıkaran bir inşaat işçisi iş yapmış olur. Çünkü bu işçi, çimento torbasını kaldırırken, çimentoya etkiyen yer çekimi kuvvetini yenmek zorundadır. Bu ise çimento torbasına, onun ağırlığına eşit değerde ve zıt yönde bir kuvvet uygulamak demektir. Çimento torbasının üst katlara taşınmasıyla kuvvet kendi doğrultusunda yol alır. Ancak çimento torbasını omzuna yükleyerek yatay düzlemde taşıyan bir işçi fen anlamında bir iş yapmamış olur. Çünkü burada kuvvet ile hareket farklı doğrultulardadır.

Öğrenciler fen anlamındaki "iş" kavramını öğrenmeleri amacıyla Çalışma Kitabı'ndaki "Hangi Halterci İş Yapıyor?" adlı 9. Etkinlik yaptırılır.

9. Etkinlik: Hangi Halterci İş Yapıyor?

Bu etkinliğin amacı öğrencilere, farklı pozisyonlardaki fotoğrafları verilen haltercilerden hangisinin fen anlamında iş yaptığını kavratılmasıdır. Birinci halterci iş yapıyor çünkü uyguladığı kuvvet ile halter aynı doğrultuda hareket etmektedir. İkinci fotoğraftaki halterci iş yapmamaktadır. Çünkü kuvvet uygulamasına rağmen halter hareket etmiyor.

İş Nedir?

Bilin insanları verimli haldeler için işi özel bir tarafa vardır. Çünkü güneş bir kuvvet, demir, uygulandığı yönde hareket ettirilebilir. Bu bilim anlamında iş yapar demektir. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi koşma, kayma, dönmeleri toplama, köğürme yapma ve bisikletin sürülmesi işlerdir.



Bu fotoğraflarda kuvvet uygulayarak onun yönde hareket ettirildiği görülür. Ancak aynı şekilde kuvvet uyguladığımız hâlde onun yönde hareket etmediği görülür. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi koşma, kayma, dönmeleri toplama, köğürme yapma ve bisikletin sürülmesi işlerdir.

Yapılan işin büyüklüğü, cisim uygulanan kuvvetin büyüklüğüne ve cismin yer değiştirmesiyle değişir.

İşin büyüklüğü, cisim uygulanan kuvvetin büyüklüğüne ve cismin yer değiştirmesiyle değişir. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi koşma, kayma, dönmeleri toplama, köğürme yapma ve bisikletin sürülmesi işlerdir.



Kuvvet biliminin Newton (Newton), yer biliminin de metre ölçülmesine ve Newton'un kavramı "N" ile gösterilmesine bağlıdır. İşin birimi ise Nm dir. Nm ye dış olarak Joule (J) denir. Bir Nm'ye bir kuvvet, bir cisim, 1 m'lik bir yolda ve kuvvet yönünde hareket ettirir. 1 J'lık iş yapmış olur. 20 N'lık bir kuvvet, bir cisim, 3 metre hareket ettirir 60 J iş yapmış olur. Kuvvet, yer değiştirmesi ve iş arasında ilişkiyi anlatırsanız mı?

9. Etkinlik: Hangi Halterci İş Yapıyor?



Bu fotoğraflarda kuvvet uygulayarak onun yönde hareket ettirildiği görülür. Ancak aynı şekilde kuvvet uyguladığımız hâlde onun yönde hareket etmediği görülür. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi koşma, kayma, dönmeleri toplama, köğürme yapma ve bisikletin sürülmesi işlerdir.

Yapılan işin büyüklüğü, cisim uygulanan kuvvetin büyüklüğüne ve cismin yer değiştirmesiyle değişir. Örneğin, aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü gibi koşma, kayma, dönmeleri toplama, köğürme yapma ve bisikletin sürülmesi işlerdir.

Gerişletme Aşaması

Öğrenciler 6. sınıftaki fen ve teknoloji dersi Kuvvet ve Hareket ünitesinde hareketli cisimlerin hareket enerjisine sahip olduğunu öğrenmişlerdir. Bu konuda ise hareketli cisimlerin sahip olduğu enerjinin kinetik enerji olarak adlandırıldığını öğreneceklerdir. Öğrencilere Ders Kitabı'ndaki "Kinetik Enerji" adlı metin okutulduktan ve fotoğraf incelendikten sonra aşağıdakilere benzer sorularla bir tartışma ortamı oluşturulabilir.

- Etrafınızda kinetik enerjiye sahip hangi varlıklar görüyorsunuz?
- Bir cismin kinetik enerjisi neyle bağlıdır?
- Süratli giden bir otomobilin kinetik enerjisi yavaş giden bir kamyonu göre daha mı fazladır?

Daha sonra öğrencilere kinetik enerjinin sürat ve kütleyle olan ilişkilerini kavratmak için Ders Kitabı'ndaki "Sürat, Kütle ve Kinetik Enerji" adlı 5. Etkinlik yaptırılır.

5. Etkinlik : Sürat, Kütle ve Kinetik Enerji (Önerilen süre: 15 dk.)

Bu etkinliğin amacı öğrencilerin, kinetik enerjinin sürat ve kütle ile olan ilişkisini keşfetmeleridir. Etkinliğin yapıldığı sırada, eşik düzlemden bırakılan oyuncak arabaların küçük tahta takozu sürüklenme miktarı, enerjinin büyüklüğü ile ilişkilendirilir.

Daha sonra "Hangi Aracın Kinetik Enerjisi Büyük?" adlı 2. Alternatif Etkinlik yaptırılabilir.

2. Alternatif Etkinlik Hangi Aracın Kinetik Enerjisi Büyük?

Öğrenciler bu etkinlikte verilen fotoğraflardaki, araçların sürat ve kütlelerini dikkate alarak kinetik enerjilerini kıyaslayacaklardır. Bu etkinliğin amacı, öğrencilere süratı büyük olan aracın kinetik enerjisinin her zaman büyük olmayacağını kavratmaktır. Bu etkinlik fotokopi ile büyütülerek öğrencilere dağıtılabilir.

Kinetik Enerji

Sergi ile Sarmaç'ın büyük zevkleri nedeniyle yaptıkları buluşmaları izlemektir. Bu gün okul dışında televizyonu açtıklarında "Dünya Kuvvetleri Günlüğü" adlı bir programı izlemeye başladılar. Programda değişik olaylarda yaşanan hareketin kuvvetinin büyüklüğünü ölçüyorlar. Örneğin, bir otomobilin hızından sonra hızını, ölçüyorlar.



Sergi, "Nite kadar yavaş olsa da çok hızlı koşabiliyorlar değil mi? İşte bu kadar hızlı koşabiliyorlar, hareketli oldukları için kinetik enerjiye sahiptirler. Siz de çevrenizdeki varlıklardan kinetik enerjiye sahip olanları bulup yazabilirsiniz. Peki, "Bir varlığın kinetik enerjisi, o varlığın kütlesiyle de sürat" diyebilir miyiz? Bu sorunun cevabına verebilmek için aşağıdaki etkinliği birlikte yapalım.

5. Etkinlik

Sürat, Kütle ve Kinetik Enerji

Birlikte Yapalım:

- Önce, 1. şekildeki gibi, tahta ve 60 kütlesiz oyuncak araba bir düzlemde tutulurken, Oluşturduğumuz düzlemden araba tahta tahtaya kaydırılır.
- Oyuncak arabaya eşik düzlemden Oluşturulan küçük tahta takozu bırakılır. Arabanın eşik düzlemden Oluşturulan küçük tahta takozu çarpmasına gözlenir. Çarpışmadan sonra takozun ne kadar sürüklenmiş olduğunu gözlemleyebiliriz.
- Aynı işlemi tahtanın altına diğer küçük tahta takozu koyarak tekrar ederiz ve takozun ne kadar sürüklenmiş olduğunu gözlemleyebiliriz.
- Daha sonra oluşturduğumuz eşik düzlemlerinde oyuncak arabaların üzerine herhangi bir kütle koyarak ve takozun sürüklenmesini gözlemleyebiliriz.
- Öğrenmiş olduğumuz bilgileri kullanarak bir grafiğe çalışabiliriz.

Soru Soralım:

- Öğrenmiş olduğumuz bilgileri kullanarak soruların nasıl sorulduğunu düşünelim?
- Eğer araba takozun sürüklenmesi nasıl olurdu?
- Sürat ile kinetik enerji arasında ilişki nedir?
- Oyuncak arabaya yukarıdaki kütle, takozun sürüklenmesi nasıl olurdu?
- Kütle ile kinetik enerji arasında ilişki hakkında ne söyleyebiliriz?

Araç ve Ölçümler:

- 1. Şekil
- 2. Şekil

2. Alternatif Etkinlik Hangi Aracın Kinetik Enerjisi Büyük?

Aşağıdaki fotoğrafları çizimleri karşılaştırarak hangisinin değerine göre daha çok kinetik enerjiye sahip olduğunu tahmin ederek altındaki kutucuğa (X) işareti koyalım.

 Kütlesi: 200 kg Sürat: 260 km/h	 Kütlesi: 200 kg Sürat: 100 km/h
 Kütlesi: 10 ton Sürat: 2000 km/h	 Kütlesi: 35 ton Sürat: 2000 km/h
 Kütlesi: 10000 kg Sürat: 80 km/h	 Kütlesi: 1200 kg Sürat: 80 km/h

İş ve Enerji
Kuvvet ve Hareket

Bir varlığın süratini artıracağı keskinlikle ne kadar hızla arttığına bağlıdır. Peki, yarıda ki fotoğrafta görülen kamyon ve otomobilin yarıda ki hareket ettiklerine göre kinetik enerjileri aynı mıdır?



"Hızın, kütle ve kinetik enerji" a di ki etkiyle bu sorunu cevap verebiliriz ya da mıdır?

Aynı süratle hareket eden varlıklardan kinetik büyüklük olarak enerjiyi, kütleleri gördüğümüzde hareketli. Aynı süratle hareket eden kamyonun kinetik enerjisi otomobilinkinin daha büyüktür. Çünkü bu kamyonun kütlesi enerjiyi taşıyan süratle hareket eden otomobile göre daha büyüktür diyebiliriz mi?

Enerji, sadece hareketli varlıklarda mı ada konurdu? Bu sorulara hareketli olmadıkları halde iş yapabileceği yeteneğine sahiptir. Acaba bu madde iş yaparken hangi tür enerjiyi kullanır?

Örneğin, kamyonlardan dolayı sahip oldukları bir çeşit enerji vardır. Bu enerjiyi potansiyel enerji adı verilir.

Aşağıdaki resim di ki ne göstermektedir. İki kişi, bir piyanoyu masaya yerleştirme için bir kasa kullanıyor. İşleri, ya da kasa güdükten sağladıkları enerji sayesinde bu piyanoyu kaldırırlar. Nüfus kaldırıldığı da iş yapmada bir çeşit enerji depolanır. Depolanmış bu enerji çekim potansiyel enerjisi olarak adlandırılır. İşlerini bir malzemenin işini etkilerken başka bir iş için uygun bir şekilde kuvvetli piyanoyu yukarıda tutmak için yeterli olmalıdır. Bu durumda piyano dışındaki çekim potansiyel enerjisi neyi kaybeder. Diğer piyano işi için gereken bir iş yapar mıdır.

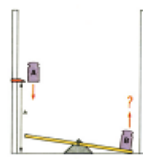
Acaba, çekim potansiyel enerjisi etkileyen değişimler nelerdir?



81

11. Etkinlik : Potansiyel Enerji ve Akrobatlar

Akrobatlar, gösteri yaparken bazen tahterevalli kullanırlar. Aşağıdaki resimde akrobatların kullandıkları tahterevallere benzer bir düzenek di gösterilmektedir.



Bu deneyin uygulanması a nandır;

a) B cisminin yükseltilmesi için hangi tür enerjinin kullanılması gerekir?
A. cisminin potansiyel enerjisi. B cisminin kinetik enerjisi. C cisminin kütlesi.

b) B cisminin çok daha yüksek bir noktaya çıkması için ne yapılabilir?
A. cisim daha yukarıdan bırakılmalıdır.

47

Hareketli cisimlerin kinetik enerjiye sahip olduğunu öğrenen öğrencilere potansiyel enerji kavramını anlatmak için, hareket halinde olmayan cisimlerin de iş yapabileceği çünkü bunların da depolanmış enerjiye sahip oldukları söylenir. Masanın üzerine konulan bir kitabın buna örnek olabileceği, kitabı masanın üzerine koyduğumuzda kitapta konumundan dolayı bir enerji depolandığı ve bu enerjiye çekim potansiyel enerjisi denildiği belirtilir.



Yukarıdaki fotoğrafta görülen yüzücü potansiyel enerjiye sahiptir.



Balon yere göre potansiyel enerjiye sahiptir. Deniz seviyesinin üzerindeki her şey konumundan dolayı potansiyel enerjiye sahiptir. Teoride ise Dünya'nın merkezinin üzerindeki her şeyin potansiyel enerjisi vardır. Potansiyel enerjide, bahsedilen konunun öğrencilere yerden yüksekliği dikkate alınmaz belirtilir. Öğrencilere, varlıkların potansiyel enerjisini ve bu potansiyel enerjinin iş yapabilme yeteneğine sahip olduğunu sezdirmek için Çalışma Kitabı'ndaki "Potansiyel Enerji ve Akrobatlar" adlı 11. Etkinlik yaptırılır.

11. Etkinlik : Potansiyel Enerji ve Akrobatlar

Bu etkinliğin amacı, öğrencilere belli bir yükseklikte bulunan cisimlerin çekim potansiyel enerjisine sahip olduğunu ve bu enerjinin iş yapabilmeyi sağladığını sezdirmektir. Etkinlikteki A cismi çekim potansiyel enerjisine sahiptir ve tahterevallinin üzerine düşerek B cisminin fırlamasına sebep olarak bir iş yapar.

81

Öğrencilerin çekim potansiyel enerjisinin cismin ağırlığına ve bulunduğu yüksekliğe bağlı olduğunu kavramaları amacıyla Ders Kitabındaki "Çekim Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?" adlı 6. Etkinlik yaptırılır.

6. Etkinlik : Çekim Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır? (Önerilen süre: 15 dk.)

Öğrencilerden, önce basketbol topunu, kumlu zemin üzerine farklı yüksekliklerden bırakarak topun zemin üzerinde oluşturacağı etkileri gözlemlemeleri ve sonuçları karşılaştırmaları; ardından da yine aynı zemin üzerine ağırlıkları farklı iki cisim (örneğin, basketbol topu ile plastik topu) bırakılmalı ve aynı işlemleri tekrarlamaları istenir. Böylece öğrencilerin her iki denemeden elde ettikleri sonuçları kullanarak çekim potansiyel enerjisi ile yükseklik-ağırlık arasındaki ilişkiyi fark etmeleri sağlanır.

Öğrencilerin kinetik enerjinin ve çekim potansiyel enerjisinin ne olduğunu kavramaları ve bu konudaki bilgilerini pekiştirmeleri amacıyla Çalışma Kitabı'ndaki "Uçak ile Kamyonun Enerjilerini Karşılaştırım" ve "Hangi Enerji?" adlı etkinlikler (12. ve 13. Etkinlikler) yaptırılır.

12. Etkinlik : Uçak ile Kamyonun Enerjilerini Karşılaştıralım

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin kinetik enerji ve potansiyel enerji kavramları ile bunların birbirlerinden farkı hakkındaki bilgilerini pekiştirmektir.

13. Etkinlik : Hangi Enerji?

Bu etkinlikle, öğrencilerin verilen fotoğraflardaki varlıkların hangi enerjiye sahip olduklarını bularak kinetik enerji ile potansiyel enerjiyi ayırt edebilmelerini sağlamak amaçlanmaktadır.

6. Etkinlik Çekim Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?
Öğrencilerden, önce...

Başarıya Gözünüzü


- Bir armut veya kumru, 5-10 cm kalınlığındaki kağıda kaplayarak düz bir şekilde oluşturun.
- Bir basketbol topunu önce 50 cm, sonra 1,5 m yüksekten bırakarak topun kum üzerine oluşturduğu etkiyi inceleyin.
- Kumun yüzeyini düzleştirerek bir basketbol topunu ve bir plastik topu aynı yükseklikten (50 cm) aynı şekilde kum üzerine bırakarak oluşturulduktan etkileri inceleyin.

Sorulara Gözünüzü

- Topların aynı yüksekten ve yüksekliklerin farklı olmasına, kumun yüzeyinde meydana gelen değişiklikleri nasıl etkiler?
- Yüksekliğin ve ağırlığın potansiyel enerji üzerindeki etkisi nedir?

Araç ve Gereç

- Bir basketbol topu
- Plastik top
- Bir çuval
- Kum



Bir cisim yukarı kaldırıldığında cisim ve yükün yer çekimi kuvveti (ağırlığı) yerçekimin etkisiyle hareketlenir ve bir iş yapılır. İş yapılırken bu işi kaldırılan cisim çekim potansiyel enerjisi olarak depolar. Bir cismin ağırlığı ve yarıdan yüksekliği arttıkça çekim potansiyel enerjisi de artar. Bu yüzden basketbol topunu daha yüksekten bırakıldığında kum üzerine daha fazla iz bırakır.

Kinetik ve potansiyel enerjinin birbirine dönüşümünün bir örneği mi? Bir işin ucunu cisim taşıyarak oluşturduğumuz basit bir araçta bu durumun nasıl gerçekleştiğini inceleyin.

1. Durumda	Cisim deniz seviyesinde duruyor. Kinetik enerji yok.	Çekim potansiyel enerjisi yok.
2. Durumda	Cisim deniz seviyesinden 10 m yüksekliğe kaldırılıyor. Kinetik enerji yok.	Çekim potansiyel enerjisi artıyor.
3. Durumda	Cisim deniz seviyesine düşüyor. Kinetik enerji artıyor.	Çekim potansiyel enerjisi azalıyor.
4. Durumda	Cisim deniz seviyesinde duruyor. Kinetik enerji yok.	Çekim potansiyel enerjisi yok.

KE: Kinetik Enerji PE: Potansiyel Enerji

12. Etkinlik : Uçak ile Kamyonun Enerjilerini Karşılaştıralım

Trafik ışıkların yanmasıyla ışıkla bir uçak ile bir kamyon yarışıyor. Fotoğrafla gördüğünüz araçları izleyip aşağıdaki sorulara cevap veriniz. Hangi araçların hangi enerjiye sahip olduğunu söyleyiniz?



Birinci soru: Hangi araç kinetik enerjiye sahiptir?
Sorum: Sarmel

Birinci soru: Hangi araç potansiyel enerjiye sahiptir?
Sorum: Pirat

Birinci soru: Hangi araç kinetik enerjiye sahiptir?
Sorum: Mustafa

13. Etkinlik : Hangi Enerji?



1. Hangi fotoğrafların gösterdiği durum ya da durumlarda sadece kinetik enerji vardır?
2, 4, 5, 6

2. Hangi fotoğrafların gösterdiği durum ya da durumlarda sadece potansiyel enerji vardır?
1, 3, 6

3. Hangi fotoğrafların gösterdiği durum ya da durumlarda hem kinetik enerji hem de potansiyel enerji vardır?
1, 2, 3, 4, 5

Öğrencilerin yayın esneklik potansiyel enerjisinin yayın sıkışma (ya da gerilme) miktarı ve yayın esneklik özelliğine bağlı olduğunu keşfetmeleri amacıyla "Esneklik Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?" adlı 7. Etkinlik yaptırılır.

7. Etkinlik: Esneklik Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?

(Önerilen süre: 10 dk.)

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin esneklik potansiyel enerjisinin yayın esneklik özelliğine ve yayın sıkışma (veya gerilme) miktarına bağlı olduğunu keşfetmelerini sağlamaktır. Etkinlikte kullanılan ince ve kalın paket lastikleri esneklik özelliklerinin farklı olması sebebiyle seçilmiştir.

Öğrencilerin enerji dönüşümlerinden hareketle, enerjinin korunduğu sonucuna ulaşabilmeleri için Ders Kitabı'ndaki yüksek atlama yapan sporcu resmi incelenir ve metin okutulur. Daha sonra Çalışma Kitabı'ndaki "Tramplenden Atlama" ve "Kahraman Fare" adlı 15 ve 16. Etkinlikler yaptırılır.

15. Etkinlik: Tramplenden Atlama

Bu etkinlik ile öğrencilerin esneklik potansiyel enerji, çekim potansiyel enerji ve kinetik enerji dönüşümlerini fark etmeleri amaçlanmaktadır.

16. Etkinlik: Kahraman Fare

Bu etkinlikte, esneklik potansiyel enerjisi ve kinetik enerji dönüşümleri karikatürize edilmiştir. Özellikle görsel zekâyâ sahip öğrenciler için düşünülmüş olan etkinliğin yapılışı sırasında hazırlanacak karikatürler sınıf veya okul panosunda sergilenebilir.

Aşağıdaki resimlerdeki enerji dönüşümleri sınıfta örnek olarak kullanılabilir.



Sporcunun kimyasal enerjisi vardır.



Sporcunun kimyasal enerjisi haltere kinetik ve potansiyel enerji kazandırır.



Halter potansiyel enerjiye sahiptir.



Halterin potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşmektedir.



Halterin kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüşmektedir.

7. Etkinlik: Esneklik Potansiyel Enerjisi Nelere Bağlıdır?

Sadece, gemesini sürmeli gözetleyen ve gözlem sonuçlarına derinlemesine öğrendiği bilgilerle ilgilenenlerden bir öğrencidir. Uzun süreler okutuk sporuyla uğraşan Serdar, yay ve sak kullanılarak yapıldığı bir paket atlatma sporuyla bir sorunu yaşamıştır. Yay ne kadar sıkıştırıldıkça o kadar uzadığı görüyor. Serdar'ın yaşadığı sorununun dışındaki bir sebep olarak yay ve esneklik potansiyel enerjinin nelere bağlı olduğunu anlayabilmek için bir deney yapabilir.

Bunun Yaşamı

- Kalın paket lastiği ince ve kalın paket lastiklerden farklıdır.
- Kalın paket lastiği 10 cm kadar gerilince 10 cm kadar uzar.
- Kalın paket lastiği 10 cm kadar gerilince 10 cm kadar uzar.
- Kalın paket lastiği 10 cm kadar gerilince 10 cm kadar uzar.
- Kalın paket lastiği 10 cm kadar gerilince 10 cm kadar uzar.

Soru Sorun

- Kalın paket lastiği ince ve kalın paket lastiklerden farklıdır. Bu durum aslında kalın ve ince paket lastiklerin esneklik özelliklerinin farklı olması sebebiyledir. Bu durum aslında kalın ve ince paket lastiklerin esneklik özelliklerinin farklı olması sebebiyledir.

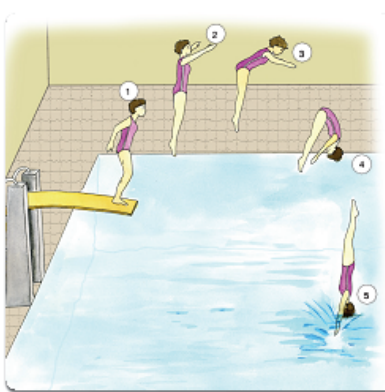
Yüksek atlama yapan bir sporcuyla ilgilenen, bu sporcu sanki bir kasparın kinetik enerjisi azaldıkça, yüksek atlamada sanki enerji ve sporcunun kinetik enerjisi azalıyor, esneklik potansiyel enerjisi artıyor. Sanki bu yüksek atlamada potansiyel enerji kazanıyor. Örneğin dışarıya doğru bir sporcunun potansiyel enerjisi azalıyor kinetik enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor.



Yüksek atlama yapan bir sporcuyla ilgilenen, bu sporcu sanki bir kasparın kinetik enerjisi azaldıkça, yüksek atlamada sanki enerji ve sporcunun kinetik enerjisi azalıyor, esneklik potansiyel enerjisi artıyor. Sanki bu yüksek atlamada potansiyel enerji kazanıyor. Örneğin dışarıya doğru bir sporcunun potansiyel enerjisi azalıyor kinetik enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor. Kinetik enerjisi arttıkça çarpışma potansiyel enerjisi artıyor.

84

15. Etkinlik: Tramplenden Atlama



Yüksek atlamada tramplenden atlayan bir bayağın vücudunun atlamaya başlaması başlangıç noktasıdır. Başlangıç noktası başlangıç noktasıdır. Başlangıç noktası başlangıç noktasıdır.

1. ... konumunda sporcunun potansiyel enerjisi en büyüktür.
2. Vücudunun ... konumunda ... enerjisi en büyüktür.
3. ... konumunda ... enerjisi en büyüktür.
4. ... konumunda ... enerjisi en büyüktür.
5. ... konumunda ... enerjisi en büyüktür.

84

Enerji Dönüşümleri

İşlerini yaparken kullandığımız birçok enerji türü vardır. Bunlar kimyasal enerji, kinetik enerji (potansiyel enerji), ses enerjisi ve elektrik enerjisi gibi enerji türleridir. Kimyasal ve potansiyel enerji, mekanik enerji olarak da adlandırılır. Yukarıda anlatılan enerji türleri çoğu araçlar yardımıyla birbirine dönüştürülebilir. Enerjinin yok olmadan başka enerjiye dönüştürülmesi insan hayatında çok fark yaratır. Herkes bilir. Bu dönüşümler olmasaydı insanın şu anda yaşadığı birçok şeyi yapamazdı. Örneğin, aydınlatma amacıyla kullandığımız ampul, elektrik enerjisine elektrik enerjisine dönüştürülür. Fakat, elektrik enerjisi için insanların dönüştürmesi gerektiğinde ampul sadece ışık yaymaz mıdır?

Elektrik enerjisi, farklı amaçlarla kullanılarak diğer enerji türlerine dönüştürülebilir. Örneğin, seslendirmek amacıyla kullandığımız sesli telefonlar, radyo da ses enerjisine dönüştürülebilir.

Akıl ve güçle depolanan kimyasal enerji, kullanılmadık sürede elektrik enerjisine dönüştürülür. Kimyasal depolanan enerji de yavaş yavaş elektrik enerjisine dönüştürülür. Akıldaki enerji kimyasal enerjiye dönüştürülür. Akıldaki enerji kimyasal enerjiye dönüştürülür. Akıldaki enerji kimyasal enerjiye dönüştürülür.



17
Etkinlik
51. 4

Kendimizi Değerlendirelim

- Aşağıdaki sorulara doğru ya da yanlış olarak cevaplayınız.
1. Aynı maddeden yapılmış olan cisimlerin kinetik enerjisi aynıdır mı?
 2. Yarıktaki cisimlerin kinetik enerjisi aynıdır mı? Aynı cisimlerin kinetik enerjisi aynıdır mı? Aynı cisimlerin kinetik enerjisi aynıdır mı?

55

Öğrencilerin çeşitli enerji türlerini araştırmaları ve bunlar arasındaki dönüşümlere örnekler vermeleri amacıyla "Enerji Dönüşümleri" başlıklı metin okutulur ve resim incelenir.

Daha sonra Çalışma Kitabı'ndaki "Enerji Dönüşümü" adlı 17. Etkinlik yapılır.

17. Etkinlik Enerji Dönüşümü

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin bir hidroelektrik santralinde meydana gelen enerji dönüşümlerini fark etmeleri ve buradan yola çıkarak temik santrallerdeki enerji dönüşümlerini araştırmalarıdır.

NOT: Aşağıdaki bilgiler üst seviyedeki öğrencilerin sorularını cevaplamak için kullanılır.

Kâinattaki her şey madde veya enerji olarak sınıflandırılabilir. En çok bilinen enerji türleri ısı, ışık, ses ve elektrik enerjisi ile kimyasal, mekanik ve nükleer enerjilerdir. Bunların her biri kinetik enerji ve potansiyel enerji içinde değerlendirilebilir. Enerji dönüşümü kâinatta en fazla potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi şeklinde meydana gelir. Bunun en önemli istisnası fotosentez olayında görülür. Fotosentez olayının sonucunda, Güneş ışığının kinetik enerjisi yeşil bitkilerin potansiyel enerjisine dönüşür.

Değerlendirme Aşamaları

"Kendimizi Değerlendirelim" Soruları

Bu bölümde yer alan sorular öğrencilere ev ödevi olarak verilir. Bir sonraki derste öğrencilerin cevapları beyin fırtınası yoluyla incelenir. Bu sırada yanlış ya da eksik cevap veren öğrencilerin de cevaplarını düzeltmeleri sağlanır.

"Kendimizi Değerlendirelim" Sorularının Cevapları

1. Otomobilin kinetik enerjisi daha büyüktür. Çünkü otomobil ile bisikletin hızları aynıdır. Bu durumda kütle büyük olanın kinetik enerjisi daha büyüktür.
2. Cisim konumundan dolayı çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Bu cisim bırakıldığında çekim potansiyel enerjisi azalır, kinetik enerji artar. Cisim yaya çarptığında kinetik enerji yayda esneklik potansiyel enerjisine dönüşür.

Konu Biterken

- Öğrencilerden "iş ve enerji" ile ilgili neler öğrendiklerini defterlerine kendi cümleleriyle yazmaları istenir. Yazılan özellerden birkaçı okutulur ve geri bildirimde bulunulur. Diğer öğrencilerin de bu doğrultuda kendi eksikliklerini gidermeleri sağlanır. Öğrenciler defterlerine yazdıkları anahtar kelimelere dönerek kavramların doğruluğunu kontrol ederler.
- Bir sonraki ders için "Hayatımızı Kolaylaştıran Makineler" konusunun okunması tavsiye edilir.

18. Etkinlik Kuvvetin Etkisi

Aşağıdaki karikatürleri gözden geçirdikten sonra sorulara cevap veriniz ve hareket enerjisi nedir? Siz de, bir enerji dönüşümü olayını karikatürleştiriniz. Çizdiğiniz karikatürü arkadaşlarınıza gösteriniz.

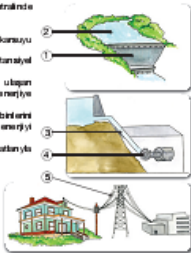


19. Etkinlik Enerji Dönüşümü

Bir türden başka bir türe dönüşüm, enerjiyi çok kullanışlı hale getirir. Nükleer enerji suyu ısıtmak ve ısıtılardan yararlanarak elektrik, buharı enerjiyi suyu ısıtmak için kullanılır. Aşağıdaki şekil bir hidroelektrik santralinde elektrik enerjisi üretilmesini göstermektedir.

1. Nehirlerin üzerine kurulan baraj akarsuyu tutar.
2. Barajın arkasından yükselen su potansiyel enerji kazanır.
3. Barajın altından geçerek aşağıya akan suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür.
4. Suyun kinetik enerjisi jeneratörlerin köprülerine dönüşür. Jeneratörler mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.
5. Elektrik enerjisi elektrik enerjisi hava hatlarıyla evlere taşınır.

Siz de bir termik santralde elektrik enerjisinin nasıl üretiltiğini araştırarak enerji dönüşümlerini belirleyiniz. Araştırmanızı bir poster şeklinde sergileyebilirsiniz.

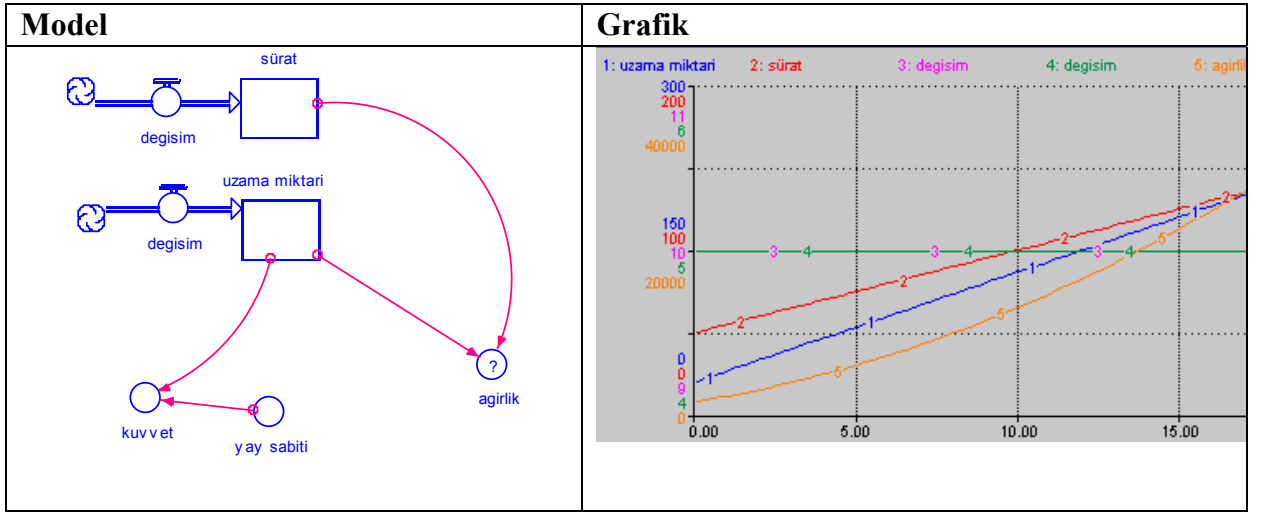


51

**EK-15 SARMAL YAY MODELİ GELİŞTİRME AŞAMALARI (ÖĞRENCİ
KAYITLARI)**

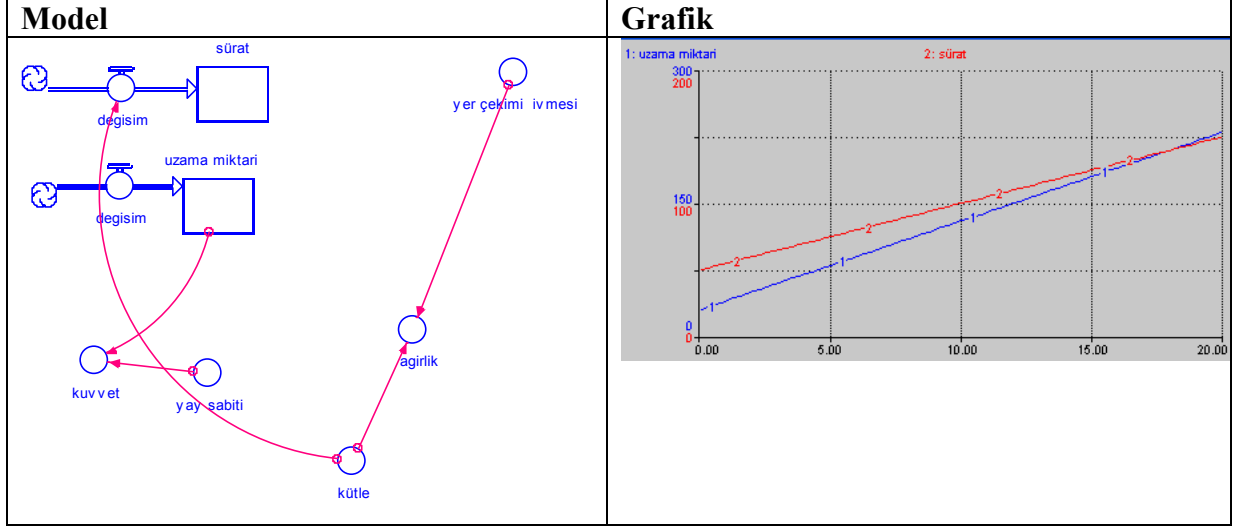
GİZEM GELİŞİM DOSYASI

1. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



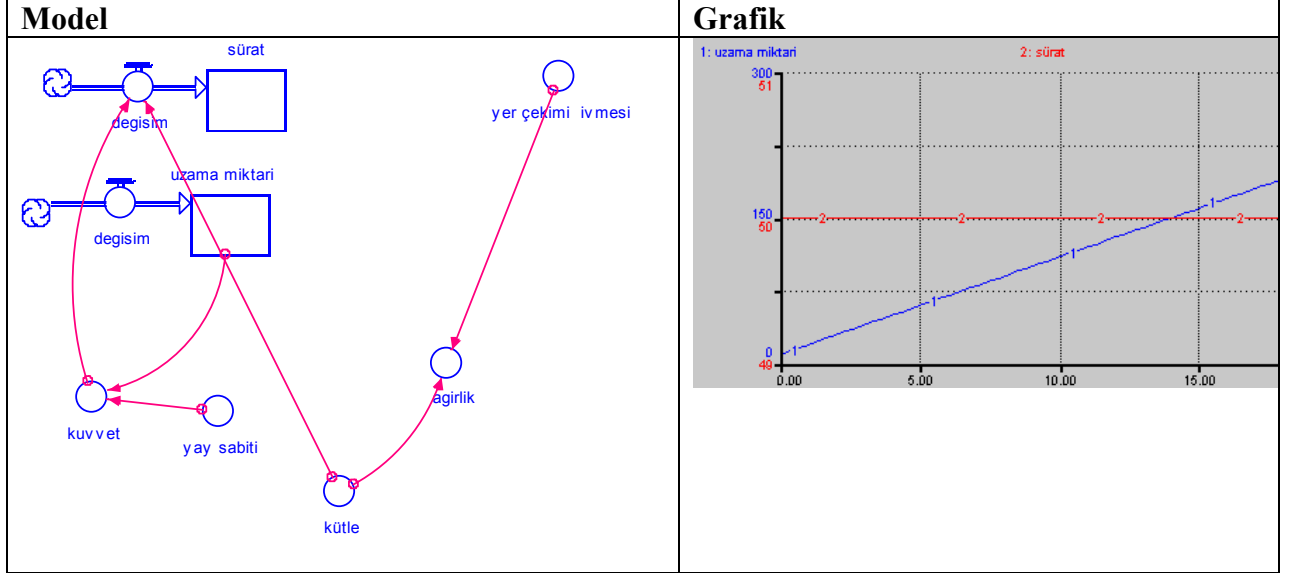
		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
İLİŞKİLER	Sürat-ağırlık		+
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı		+
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	4	3
GRAFİK			+
Toplam		12	6

2. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



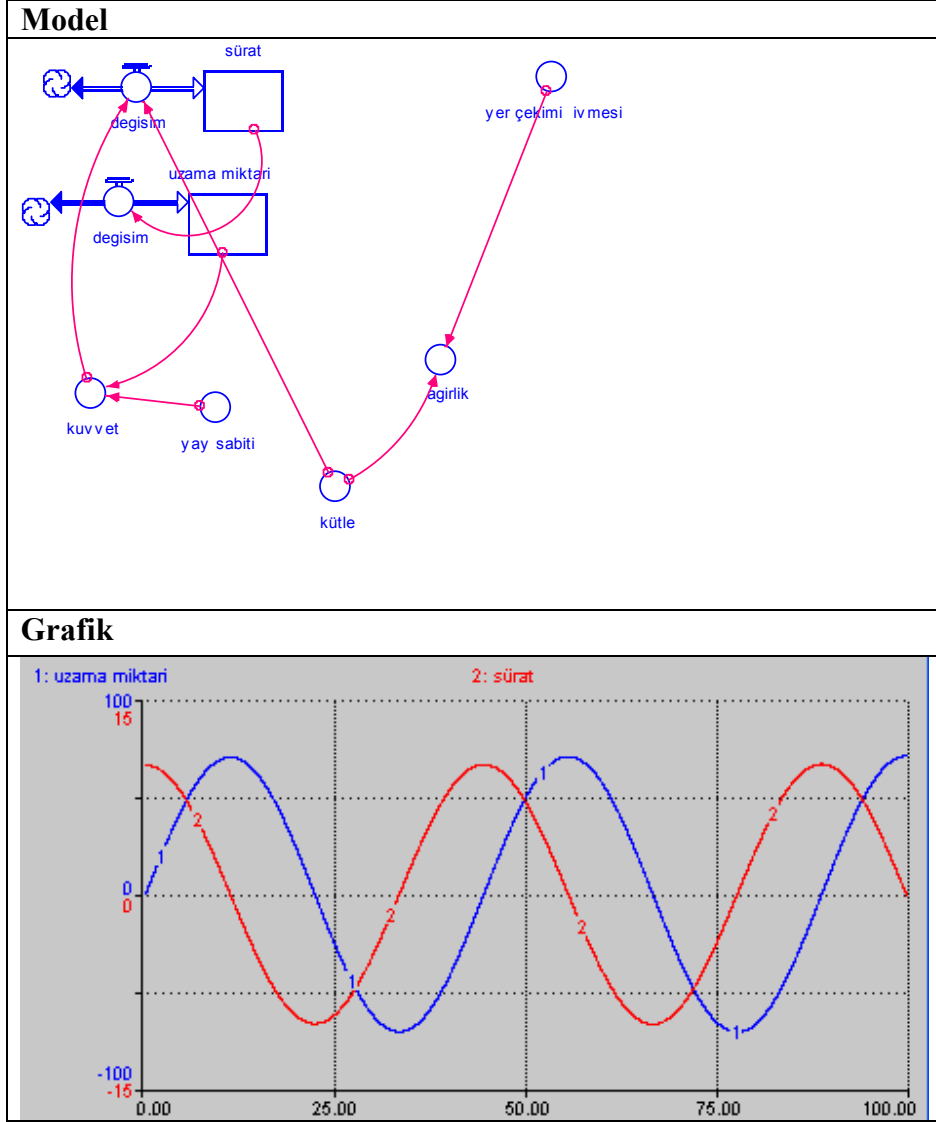
		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	6	3
GRAFİK			+
Toplam		20	4

3. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



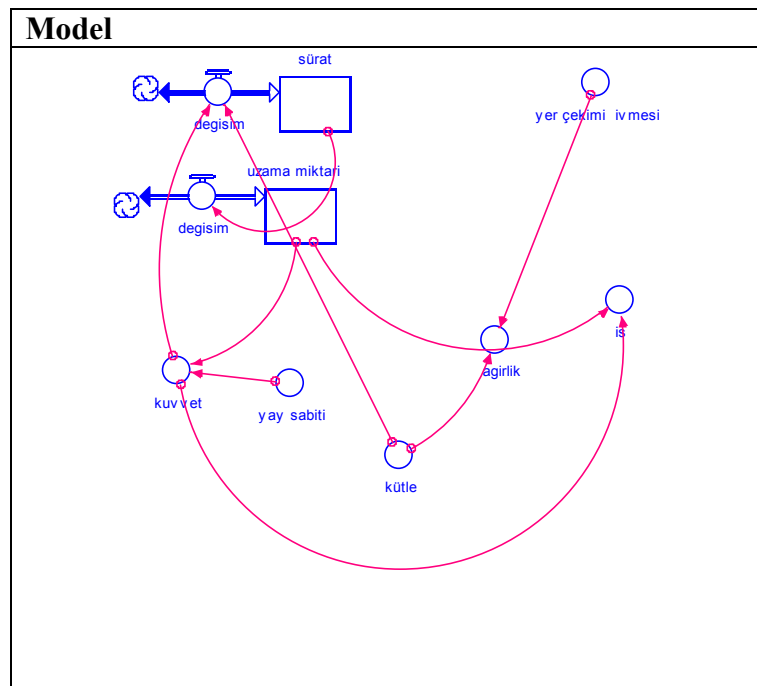
		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	
	Kuvvet-süratteki değişim	+	
Matematiksels eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	6	3
GRAFİK			+
Toplam		21	4

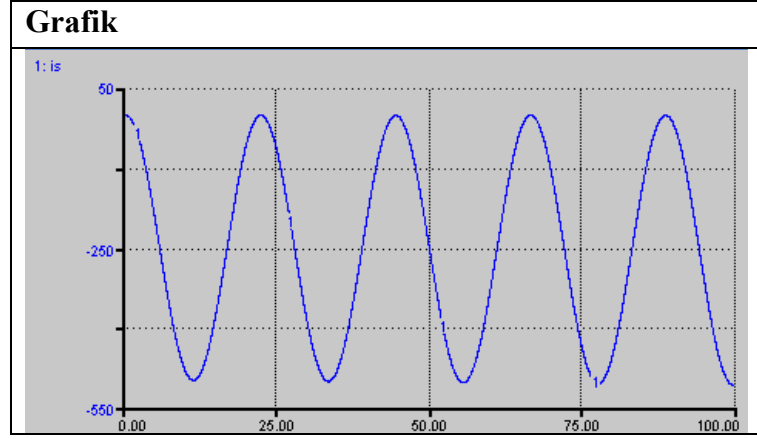
4. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	
	Kuvvet-süratteki değişim	+	
	Sürat-uzama miktarındaki değişim	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	9	
GRAFİK		+	
Toplam		26	0

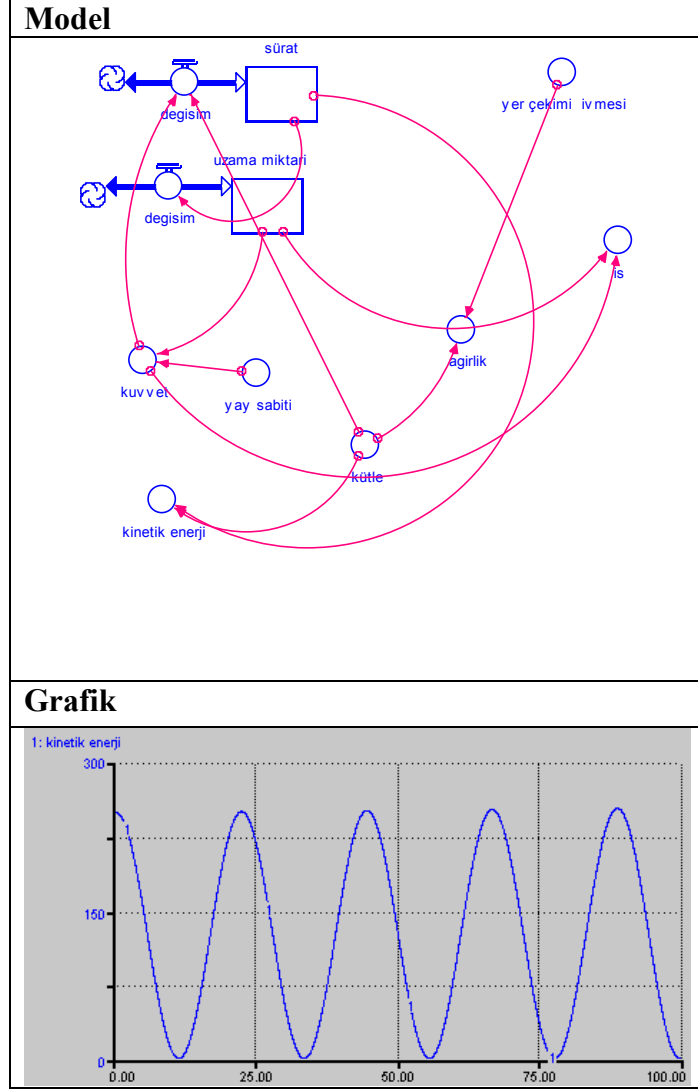
5. ADIM: Sarmal Yaylarda İş





		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
	İş	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	
	Kuvvet-süratteki değişim	+	
	Sürat-uzama miktarındaki değişim	+	
	İş-kuvvet	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	10	
GRAFİK		+	
toplam		30	0

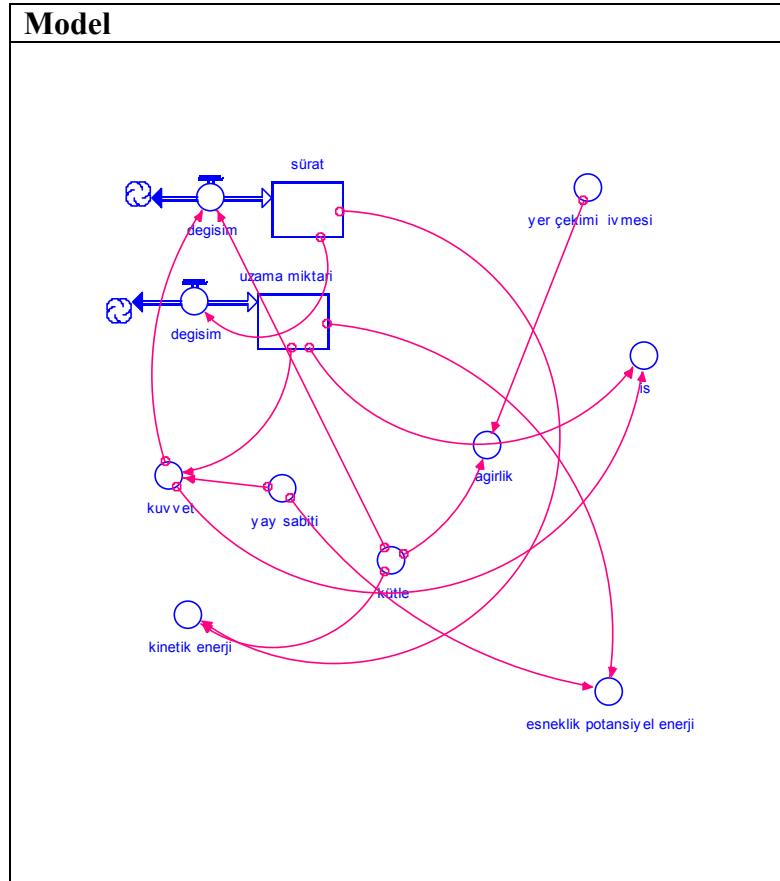
6. ADIM: Sarmal Yaylarda Kinetik Enerji

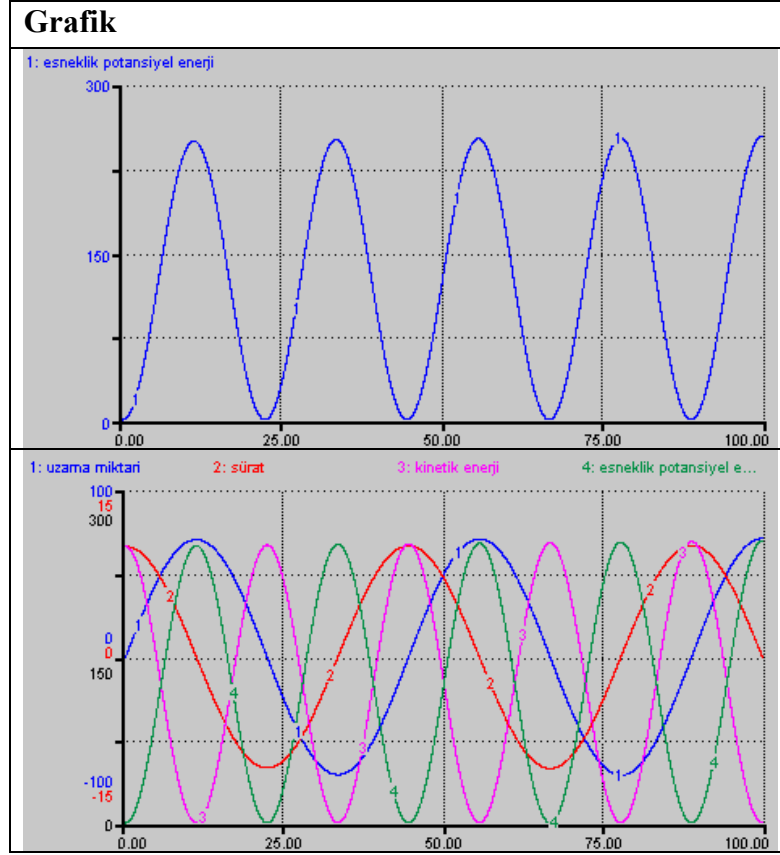


		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
	İş	+	
	Kinetik enerji	+	

SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	
	Kuvvet-süratteki değişim	+	
	Sürat-uzama miktarındaki değişim	+	
	İş-kuvvet	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
	Kinetik enerji-kütle	+	
	Sürat-kinetik enerji	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	11	
GRAFİK		+	
Toplam		34	0

7. ADIM: Sarmal Yaylarda Esneklik Potansiyel Enerjisi



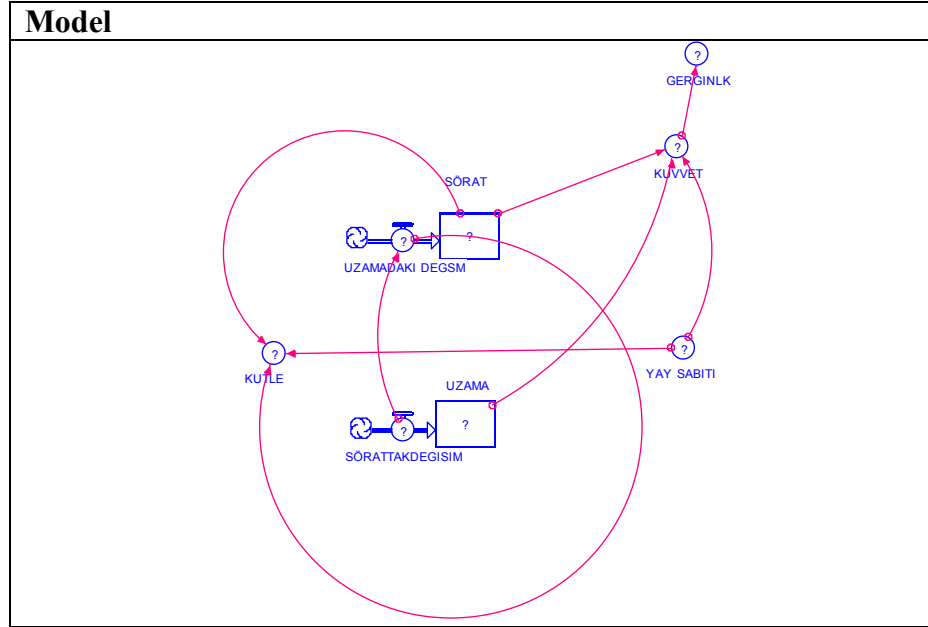


		Doğru	Yanlış
STOK	Uzama miktarı	+	
	Sürat	+	
AKIŞLAR	Uzama miktarındaki değişim	+	
	Süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	Kuvvet	+	
	Yay sabiti	+	
	Ağırlık	+	
	Yerçekimi ivmesi	+	
	Kütle	+	
	İş	+	
	Kinetik enerji	+	
	Esneklik potansiyel enerjisi	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Kütle-ağırlık	+	
	Ağırlık- yerçekimi ivmesi	+	
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle-süratteki değişim	+	

	Kuvvet-sürattteki değişim	+	
	Sürat-uzama miktarındaki değişim	+	
	İş-kuvvet	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
	Kinetik enerji-kütle	+	
	Sürat-kinetik enerji	+	
	Esn.pot.enerji-uzama miktarı	+	
	Yay sabiti-esn.pot.enerji	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	12	
GRAFİK		+	
Toplam		38	0

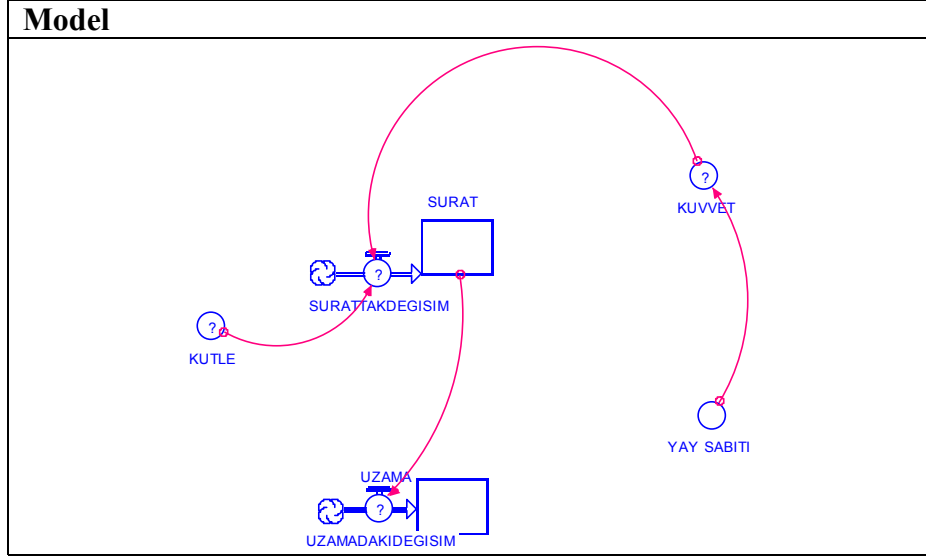
KORAY GELİŞİM DOSYASI

1. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



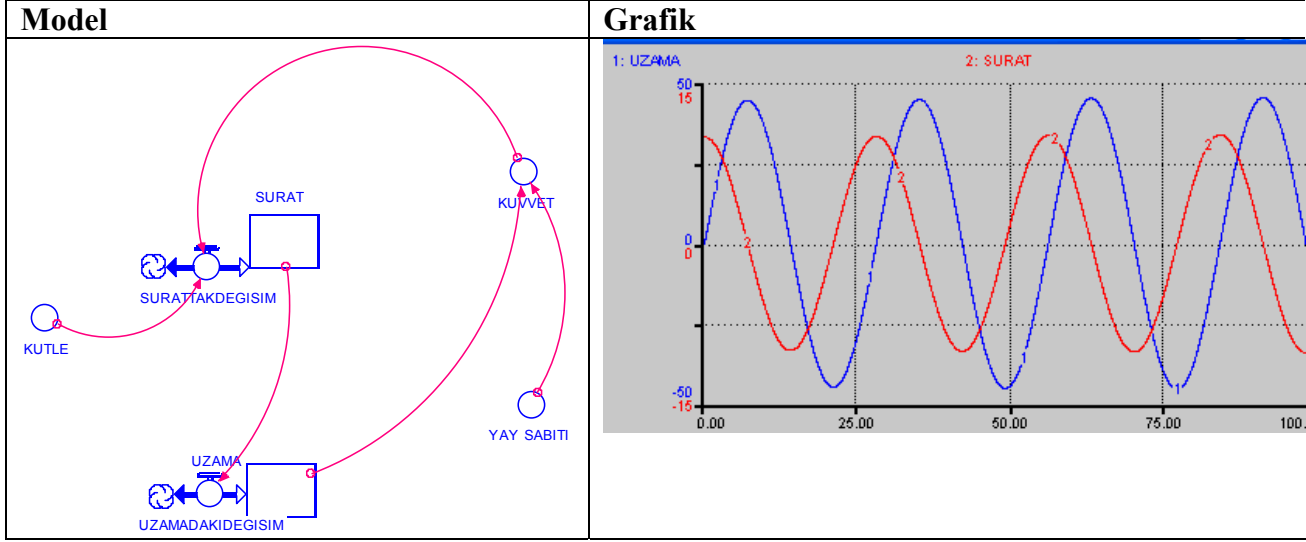
		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	gerginlik		+
	kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Sürat-kuvvet		+
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı		+
	Yay sabiti-kütle		+
	Uzama miktarındaki değişim-kütle		+
	Sürat-kütle		+
	Süratteki değişim-uzama miktarındaki değişim		+
	Kuvvet-gerginlik		+
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	0	0
GRAFİK		0	0
Toplam		8	8

2. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Sürat-uzama miktarı		+
	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-süratteki değişim	+	
	Kütle- Süratteki değişim	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	0	0
GRAFİK		0	0
toplam		10	1

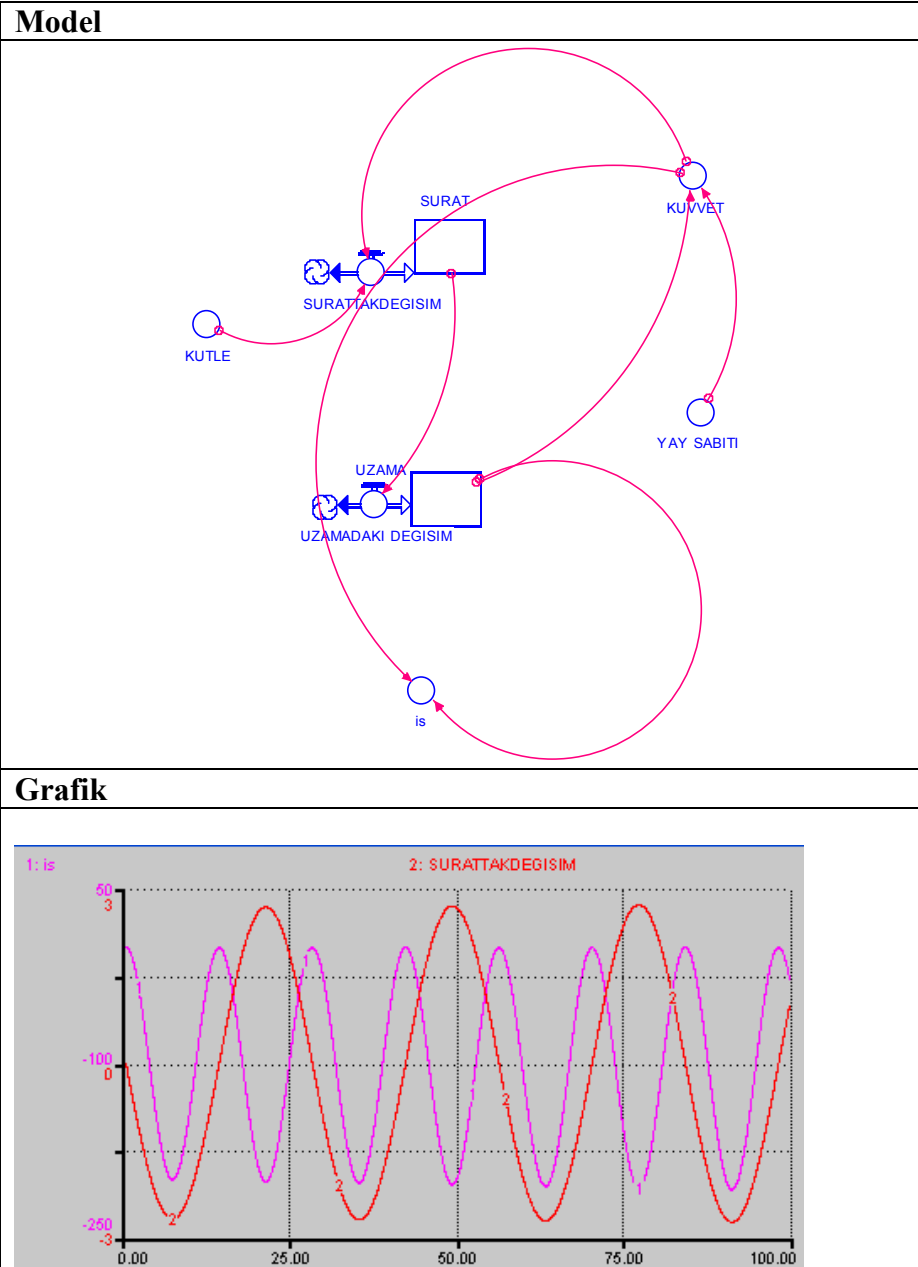
3. ADIM: Sarmal Yayları Tanıma



		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	kütle	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle- Süratteki değişim	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	7	0
GRAFİK		+	
Toplam		18	0

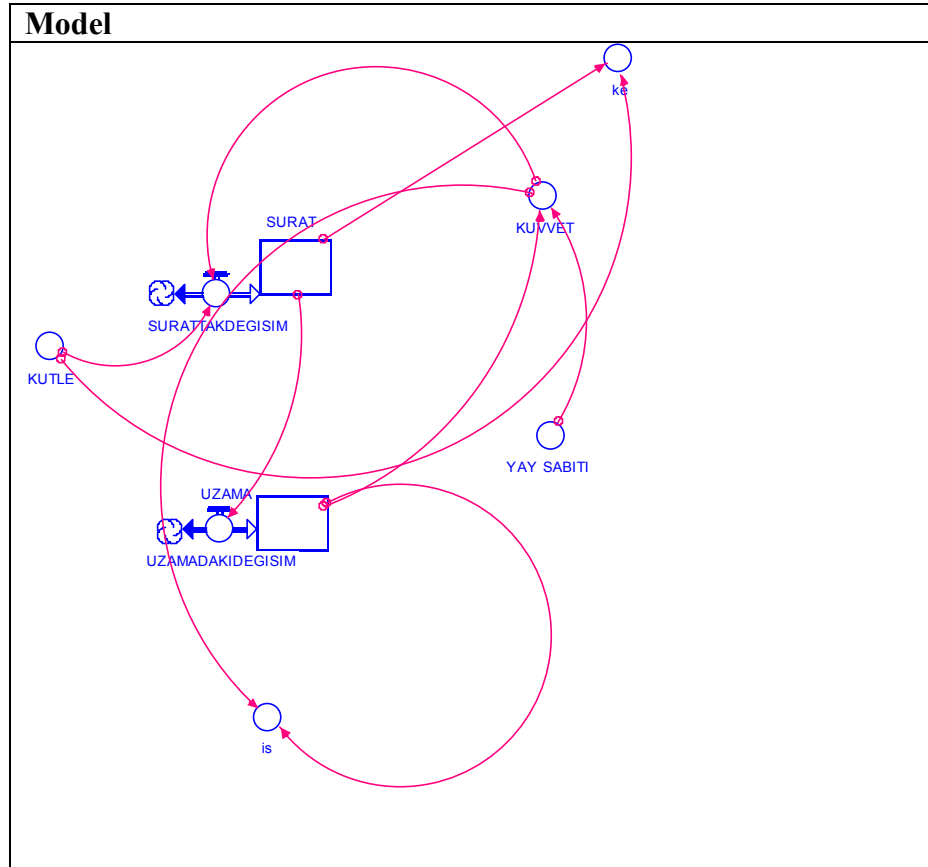
4.

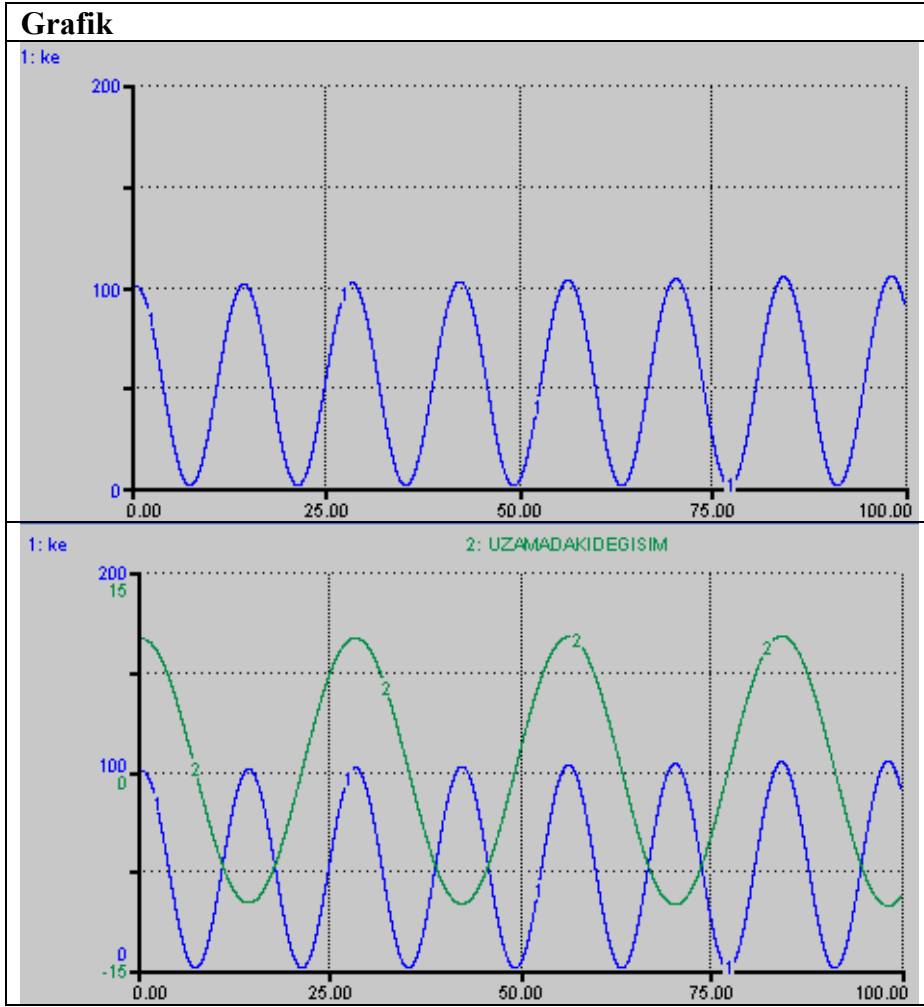
5. ADIM: Sarmal Yaylarda İş



		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	kütle	+	
	iş	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle- Süratteki değişim	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
	Kuvvet-iş	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	8	
GRAFİK		+	
toplam		21	

6. ADIM: Sarmal Yaylarda Kinetik Enerji

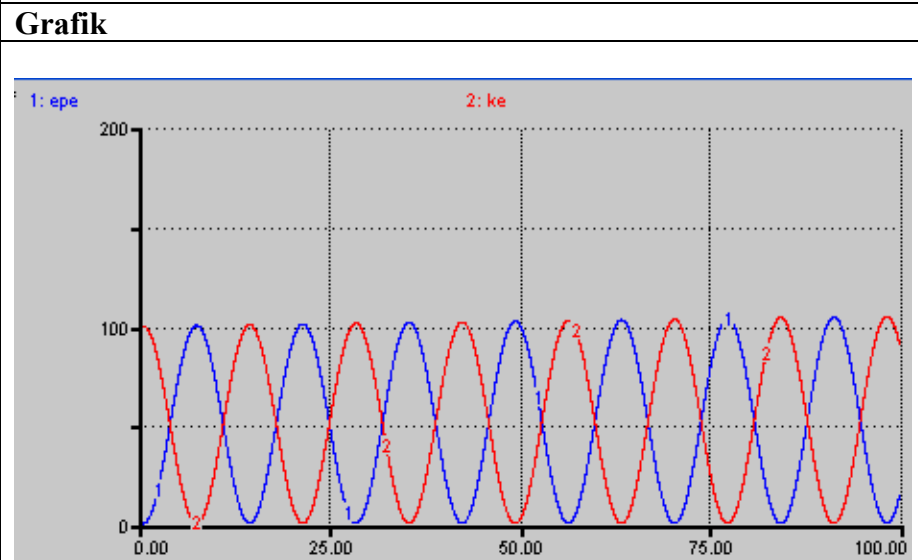
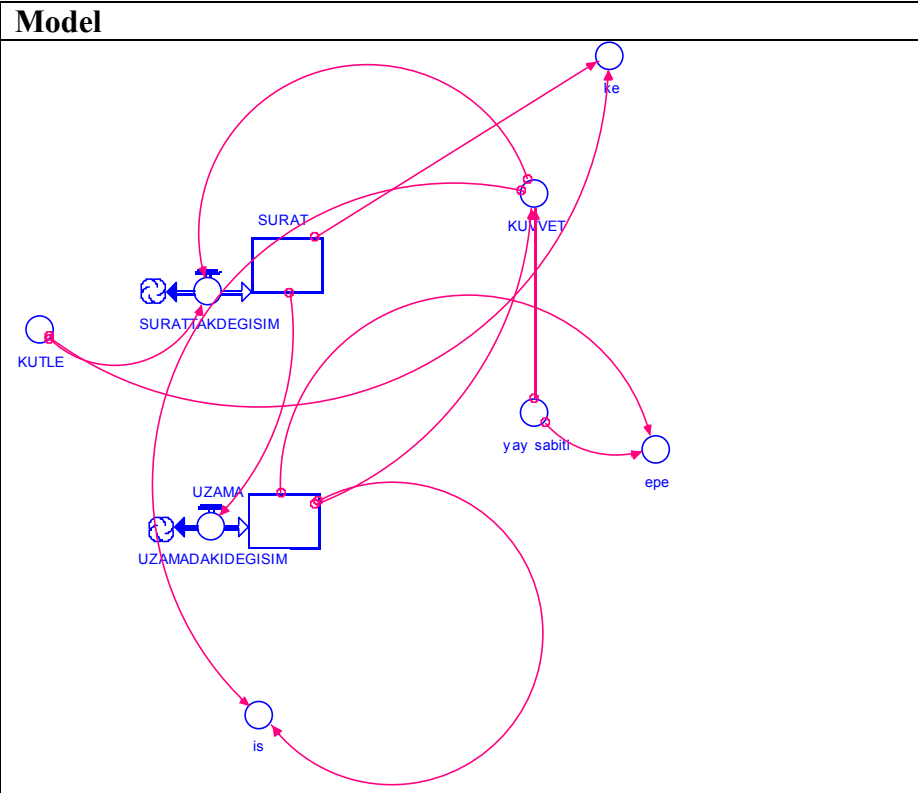




		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	kütle	+	
	iş	+	
	Kinetik enerji	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle- Süratteki değişim	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
	Kuvvet-iş	+	
	Sürat-kinetik enerji	+	

	Kütle-kinetik enerji	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	9	
GRAFİK		+	
Toplam		26	

7. ADIM: Sarmal Yaylarda Esneklik Potansiyel Enerjisi



		Doğru	Yanlış
STOK	uzama miktarı	+	
	sürat	+	
AKIŞLAR	uzama miktarındaki değişim	+	
	süratteki değişim	+	
ARA DEĞİŞKENLER	kuvvet	+	
	yay sabiti	+	
	kütle	+	
	iş	+	
	Kinetik enerji	+	
	Esneklik potansiyel enerji	+	
SEBEP-SONUÇ İLİŞKİLERİ	Yay sabiti-kuvvet	+	
	Kuvvet-uzama miktarı	+	
	Kütle- Süratteki değişim	+	
	Uzama miktarı-iş	+	
	Kuvvet-iş	+	
	Sürat-kinetik enerji	+	
	Kütle-kinetik enerji	+	
	Esnk.pot.enerji-yay sabiti	+	
	Esnk.pot.enerji- uzama miktarı	+	
Matematiksel eşitlikler	Stok-akış-dönüştürücü	10	
GRAFİK		+	
Toplam		30	