



Haziran / June 2022

Cilt/Volume: 6

Sayı/Issue: 1

ISSN: 2587-1706

Anadolu Öğretmen Dergisi
Anatolian Journal of Teacher



www.dergipark.gov.tr/aod

DOI: 10.35346/aod.1088529

ÖĞRENCİLERİN ZİHİNSEL MODELLERİNİN RASCH ANALİZİNE GÖRE GELİŞTİRİLEN DÖRT AŞAMALI HÜCRE TANI TESTİYLE İNCELENMESİ

Hüseyin Cihan BOZDAĞ^{1*}, Prof. Dr. İsa GÖKLER²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Öğretmenliği Doktora Programı, İzmir, Türkiye, chnbzd@gmail.com, *Sorumlu Yazar

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, İzmir, Türkiye, isa.gokler@gmail.com

ÖZET

Bu araştırmada, Fen Bilimlerinde ileri düzey konuların temelini oluşturan hücre konusuna ilişkin dört aşamalı tanı testi geliştirilmesi suretiyle ortaöğretim dokuzuncu sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarama modelinin benimsendiği araştırma İzmir şehir merkezindeki bir devlet okulunda öğrenim gören 147 (110'u kız, 37'si erkek) lise öğrencisi ile yürütülmüştür. Araştırmada dört aşamalı ölçme aracının geliştirilmesi aşamasında geçerlik ve güvenilirlik analizleri Rasch modeli ile gerçekleştirilmiştir. Rasch model analiz verileri, dört aşamalı tanı testinin iç uyum, dış uyum, boyutluluk ve nokta ölçüm korelasyon istatistikleri bağlamında tam bir uyum içinde olduğunu, geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermiştir. Zihinsel modele yönelik bulgular incelendiğinde ortaöğretim dokuzuncu sınıf öğrencilerinin hücre konusundaki zihinsel modellerinin genel olarak bilimsel model kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Kazanımlar bağlamında ise öğrencilerin zihinsel modellerinin bilimsel model ve ilkel model kategorilerinde olduğu belirlenmiş, sentez model kategorisine ise rastlanmamıştır. Araştırma sonucunda ulaşılan verilere dayalı olarak, öğretim basamaklarında dikkate alınması gereken zihinsel modellerin yeni bilginin edinilmesi ve yapılandırmasındaki rolüne dayalı olarak önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Dört aşamalı test, hücre, rasch model, ortaöğretim, zihinsel model.

INVESTIGATION OF STUDENTS' MENTAL MODELS WITH THE FOUR TIER CELL DIAGNOSTIC TEST DEVELOPED ACCORDING TO RASCH ANALYSIS

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine of high school ninth-grade students' mental models by developing a four-tier diagnostic test on the cell subject, which forms the basis of advanced subjects in science. The research, in which the survey model was adopted, was conducted with 147 (110 girls, 37 boys) high school students studying at a public school in the city center of İzmir. In the research, the validity and reliability analyzes were carried out with the Rasch model during the development of the four-tier measurement tool. Rasch model analysis data showed that the four-tier diagnostic test was in full harmony in terms of infit, outfit, dimensionality and point measurement correlation statistics, and it was a valid and reliable measurement tool. When the findings of the mental model were examined, it was determined that the mental models of the ninth-grade students about the cell were generally in the scientific model category. In the context of achievements, it was determined that the mental models of the students were in the scientific model and primitive model categories, but the synthesis model category was not found. Based on the data obtained as a result of the research, suggestions were made based on the role of mental models in the acquisition and construction of new knowledge, which should be considered in the teaching steps.

Keywords: Four tier test, cell concept, rasch model, high school, mental model.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve yenilikler eşliğinde bilginin üretilerek toplumun her alanında yoğun bir şekilde kullanılması yeni bir çağın başlaması olarak kabul görmektedir. Nitekim bu çağ, bilginin toplumsal, ekonomik ve sosyal tüm alanların gelişiminin vazgeçilmez unsuru olduğu bilgi çağı olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla birey ve toplumların hızla değişim içindeki bu çağa entegrasyonu için bilgiyi etkin bir şekilde kullanmaları gerekmektedir. Bu nedenle içinde bulunduğumuz 21.yüzyıl, bilgi çağı olmaktan öte bilgiyi kullanma çağı olarak nitelendirilmektedir (Özbay & Akdağ, 2013; Sekman, 2002). Bu bağlamda çağın şartlarına uyum sağlayarak bilgiyi etkin kullanan bireylerin yetiştirilmesi amacıyla eğitim programlarında da yenilik ve geliştirmeler gerçekleştirilmektedir. Böylece bilgiyi üreten, hayatta işlevsel olarak kullanan, problem çözme, eleştirel düşünme ve iletişim becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesi hedeflenmektedir (MEB, 2018). Bu noktada gündelik hayata transfer edilmesi hedeflenen bilginin öğrencilerin zihninde nasıl yapılandığı ayrı bir önem taşımaktadır. Öğrencilerin zihinlerinde herhangi bir konuya ilişkin oluşturdukları şemalar, modeller bilginin nasıl yapılandırıldığı hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak sağlamaktadır (Sözcü vd., 2016). Dolayısıyla bu konu araştırmacılar için her zaman ilgi odağı olmuş ve çoğunlukla modeller araştırmacılara yardımcı olmuştur.

Modeller, olgu, kavram ve olayları açıklamak ve buna bağlı tahminlerde bulunabilmek (Arslan, 2013), bilinen bir olaydan yola çıkarak bilinmeyen ya da somut bir olayı anlatabilmek (Ünal Çoban, 2009), anlaşılmayanı anlaşılır hale getirebilmek (Gülcü ve Taşçı, 2019) amacıyla kullanılan temsili sistemlerdir. Modeller çoğunlukla soyut ve doğrudan gözlenemeyen durumlarda kullanılmaktadır (Harrison ve Treagust, 2000). Bir diğer ifade ile modeller, karmaşık süreçleri basitleştirerek nasıl gerçekleştirildiğini anlamamıza yardımcı olan temsillerdir (Harrison, 2001). Bireylerin bir hedef sistemle etkileşimi sonucu zihinlerinde doğal olarak gelişen modeller ise zihinsel modellerdir (Norman, 1983). Vosniadou (1994) zihinsel modelleri bireylerin bilişsel faaliyetleri sırasında ürettikleri zihinsel temsiller olarak tanımlamaktadır. Zihinsel modeller, yeni bilgilerin tanımlanması ve üretilmesinde oynadığı rol nedeniyle üretken, yeni bilgiler eklendikçe değişebilir olduğundan ise dinamik bir yapıdadır (Norman, 1983; Vosniadou, 1994).

Diğer yandan, zihinsel modeller yeni bilgilerin bilgi tabanına dahil edildiği noktalar olduğundan bilgi edinme sürecini sınırlayabilmektedir (Vosniadou, 1994). Nitekim öğrenciler öğrenme ortamlarına formal ya da formal olmayan yollardan edindikleri bilgiler ile gelmektedirler (Allen, 2019; Duit ve Treagust, 2003). Bu bilgilerin bir kısmı doğru iken bir

kısmı kısmen doğru, ilişkisiz ya da bilimsel bilgilerle örtüşmeyen haldedir. Bilimsel bilgilerle örtüşmeyen bu bilişsel yapılara dayalı oluşturulan modeller bilgi edinme sürecini engelleyebilmektedir (Treagust, 2012). Dolayısıyla zihinsel modeller bir bilgi, durum ya da olayın bireylerin zihinlerinde nasıl yapılandırıldığı hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olabilmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin bir konuyu anlayıp anlamadıklarını belirlemek amacıyla zihinsel modeller kullanılabilir (Greca ve Moreira, 2000; Ünal Çoban ve Ergin, 2006). Zira zihinsel modeller iç temsiller olduğu için, öğrencilerin bilgilerinin ne olduğunu, bu bilgiyi zihinlerinde nasıl oluşturduklarını, bilgi seviyelerinin belirlenmesini, var olan kavram yanlışlarını ve sahte kavramlarının açığa çıkarılmasını sağlar (Kayhan, 2010).

Soyut ya da doğrudan gözlenemeyen kavramların zihinde canlandırılması (Aydın ve Öztekin, 2018) ile kavramların somut ve anlaşılır hale getirilmesi zihinsel modeller sayesinde sağlanır. Dolayısıyla araştırmacılar eğitimde özellikle soyut içerikli konu alanlarında zihinsel modellerin belirlenmesi (Doğru ve Arslan, 2014; Kurt vd., 2013; Meela ve Yuenyong, 2019; Saptono vd., 2017) yeterliliklerin tespit edilmesi (Feyzioğlu vd., 2014; Nowak vd., 2013; Öztürk ve Doganay, 2013) üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır. Biyoloji dersi de soyut kavram içeriği yönünden zengin alanların başında gelmektedir. Dolayısıyla Biyoloji öğretiminde de soyut kavramların somutlaştırılmasında zihinsel modellerden yararlanılmıştır (Hamdiyati vd., 2017a, 2017b; Jalmo ve Suwandi, 2018; Núñez-Oveido vd., 2008; Saptono vd., 2017).

Fen bilimlerinde ileri düzey konuların temelini oluşturan hücre konusu soyut içeriği nedeniyle kavram öğretiminde öğretmenlerin en çok zorlandığı (Ecevit ve Şimşek, 2017; Güneş vd., 2010) ve öğrenciler tarafından anlaşılması zor kavramlardan biri olarak görülmektedir (Dreyfus ve Jungwirth, 1988; Flores vd., 2003; Kawalkar ve Vijapurkar, 2009). Nitekim bu durum araştırmacıların çalışmalarını hücre konusunda yoğunlaştırmalarına neden olmuştur. Bu çalışmalarda odak noktayı hücresel yapı ve organeller (Bozdağ ve Ok, 2019; Gençer, 2006; Hailegebriel, 2014; Kawalkar ve Vijapurkar, 2009; Kete vd., 2012; Maraş ve Akman, 2009; Önel vd., 2015; Ormancı vd., 2020; Özay Köse, 2014; Tambo vd., 2003), hücre ve hücre teorisi (Yoğurtçu, 2021; Yörek, 2007), hücre zarından madde geçişi (Koyuncuer, 2014; Odom, 1995; Odom ve Barrow, 2007; Reinke vd., 2020; Tarakçı vd., 1999) konularındaki kavramsal anlama düzeyleri ile kavram yanlışlarının belirlenmesi oluşturmuştur. Literatürde hücre konusunda bu doğrultuda yürütülen çalışmalarda kavramsal anlama düzeyinin teşhisinde açık uçlu sorular, kavram haritaları, çizim teknikleri kullanılsa da çoğunlukla çoktan seçmeli testler tercih edilmektedir (Gençer, 2006; Kete vd., 2012; Odom, 1995; Ormancı vd., 2020; Tambo vd.,

2003; Tarakçı vd., 1999; Yörek, 2007). Ancak çoktan seçmeli testlerin doğru yanıt veren katılımcı ile şans eseri doğru yanıt vereni ayırmadaki sınırlılığı nedeniyle zaman içinde çok aşamalı testler geliştirilmeye başlanmıştır (Caleon & Subramaniam, 2010; Peşman & Eryılmaz, 2010; Treagust, 1985, 2012). Katılımcıların verdikleri yanıtlardan ne derece emin olduklarına ilişkin güven düzeylerini içeren çok aşamalı testler iki, üç ve dört aşamalı olarak evrilmiştir. Nitekim hücre konusunda da iki aşamalı (Reinke vd., 2020) ve dört aşamalı testlerin (Bozdağ ve Ok, 2019) kullanımına rastlamak mümkündür. Buna karşın ortaöğretim düzeyinde hücre konusunda kavramsal anlama düzeyinin teşhisinde dört aşamalı testlerin kullanımına ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Diğer yandan hücre konusunda kavramsal anlama düzeyleri ile ilişkili olan zihinsel modellerden sıklıkla yararlanılması beklense de oldukça sınırlı çalışma bulgusu yer almaktadır (Aydın, 2011; Ayvacı vd., 2016; Saptono vd., 2017). Nitekim temel konularda sahip olunan zihinsel modellerin belirlenmesi yeni edinilecek bilgilerin nasıl yapılandırılacağı konusunda öngörü elde edilmesini sağlayabilmektedir. Dolayısıyla ileri düzey konuların anlaşılmasına katkı sağlaması amacıyla hücre konusundaki kavramlara ilişkin zihinsel modellerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Tüm bu noktalar dikkate alındığında sürdürülen çalışmanın çıkış amacını öğrencilerin hücre konusundaki zihinsel modellerinin belirlenerek literatürdeki sınırlı çalışma bulgularına katkı sağlamak oluşturmuştur. Bu nedenle yürütülen çalışma kapsamında Biyoloji dersinin en önemli konularından biri olan Hücre konusuna ilişkin bir ölçme aracı geliştirilmesi suretiyle öğrencilerin zihinsel modellerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada, 9. sınıf öğrencilerinin hücre konusundaki zihinsel modellerinin Rasch modeli ile geliştirilen DAHTT ile belirlenmesi amaçlandığından betimsel tarama yöntemi tercih edilmiştir. Tarama yöntemi, geçmişte ya da halen var olan bir durumun olduğu şekliyle betimlenmesini amaçlayan bir yaklaşımdır (Karasar, 2009).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, İzmir ili Buca ilçesindeki farklı okullarda öğrenim gören 147 (110 kız [%75], 37 erkek [%25]) dokuzuncu sınıf öğrencisi oluşturmuştur.

DAHTT, COVID-19 pandemisi döneminde uzaktan eğitim şeklinde sürdürülen eğitim öğretim faaliyetleri kapsamında lise öğrencilerine ulaştırılmak üzere çevrimiçi olarak sunulmuş ve gönüllü katılımcılara yönlendirilmiştir. Çevrimiçi veri toplanması aşamasında lise öğrencilerinin internet erişim imkanı, dijital yeterlilikleri ve gönüllülük düzeyleri çalışma grubunun belirlenmesinde hem en önemli kriter hem de en önemli sınırlılıkları oluşturmuştur. Bu sınırlılık nedeniyle ulaşılan örneklem büyüklüğü yürütülen çalışmada tercih edilen Rasch modeli açısından da değerlendirilmiştir. Buna göre örneklem büyüklüğü minimum gözlem sayısı (50) açısından yeterli görülmektedir (Linacre, 1994).

Veri Toplama Aracı Geliştirilme Süreci

Çalışma kapsamında 9.sınıf öğrencilerinin hücre konusundaki zihinsel modellerinin belirlenmesi amacıyla Dört Aşamalı Hücre Tanı Testi (DAHTT) geliştirilerek geçerlik ve güvenilirlik analizlerinin Rasch modeli ile gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Ölçme aracının geliştirilmesi aşamasında 4D modeli (Defining [Tanımlama], Designing [Tasarlama], Developing [Geliştirme], Disseminating [Uygulama/Tatbik]) kullanılmıştır. 4D modeli eğitim araştırmacılarının bir ürün tasarlamasına yardımcı olan bir basit bir eğitim tasarım modelidir (Aminudin vd., 2019; Irawan vd., 2018). Tanımlama aşamasında hücre konusu ve dört aşamalı testlerin yapısına yönelik literatür taraması yapılmıştır. Tasarlama aşamasında ise dört aşamalı testin yapısal düzenlemesi gerçekleştirilmiştir. Dört aşamalı testler temelde soru ve gerekçe aşamaları ile bu aşamalarda verilen yanıtlardan ne derece emin olduğuna ilişkin ilgili aşamaları takip eden güven aşamalarından oluşmaktadır.

Geliştirme aşamasında öncelikle literatürde dört aşamalı ölçme araçlarına yönelik bir tarama gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda veri toplama aracı olarak ortaokul öğrencilerine yönelik Bozdağ ve Ok (2019) tarafından geliştirilen dört aşamalı Hücre Kavramsal Ölçme Aracından (HKÖA) yararlanılmıştır. Ancak, ortaokul ve lise ders içeriğinin benzerlik ve farklılıkları göz önüne alınarak HKÖA içeriğinden yalnızca 7 soru soru havuzuna dahil edilmiştir. Bunun yanı sıra literatürde hücre konusunda kavramsal anlama ve zihinsel model çerçevesinde yürütülen çalışmalar ve kullanılan ölçme araçları, biyoloji dersi öğretim programındaki kazanımlar, ders kitapları, başarı testleri, ders öğretmenleri ve uzman önerileri ile öğrenci görüşleri dikkate alınmıştır. Buna göre DAHTT geliştirilmesi kapsamında her biri dört aşamadan oluşan 24 soruluk bir soru havuzu oluşturulmuştur.

Dört aşamalı testin her bir sorusunda birinci aşama muhtemel kavram yanılgılarını içeren çeldiricilerle birlikte doğru yanıtın yer aldığı çoktan seçmeli üç/dört seçenekten oluşan

soru aşamasıdır. İkinci aşama öğrencinin soru aşamasına verdiği yanıtta ne derece emin olduğu ile ilgili güven aşamasıdır. Üçüncü aşama öğrencilerin ilk aşamada verdikleri cevaplara ilişkin gerekçelerin yer aldığı çoktan seçmeli üç/dört seçenektan oluşan gerekçe aşamasıdır. Dördüncü aşama ise öğrencinin gerekçe aşamasında vermiş olduğu yanıtta ne kadar emin olduğu ile ilgili ikinci güven aşamasıdır. Güven aşamalarında “1” ve “6” arasında puanlandırılmış sırasıyla “Sadece Tahmin”, “Çok Emin Değilim”, “Emin Değilim”, “Eminim”, “Çok Eminim” ve “Kesinlikle Eminim” olmak üzere altı seçenek yer almaktadır.

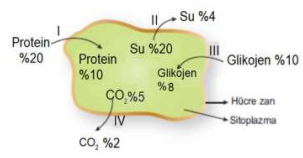
Bu aşamadan sonra DAHTT hakkında öncelikli olarak Biyoloji alanında öğretim üyesi, fen bilimleri alanında bir alan uzmanı ve iki biyoloji öğretmenin görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşleri neticesinde iki farklı konuda aynı içerikte olduğu belirlenen dört soru aynı soru kökünde değerlendirilmiş, iki soru ise iptal edilmiştir. Nihai hali verilen on sekiz sorudan oluşan DAHTT okuma, anlama ve yapısal yönden bir Türkçe öğretmeni, bir Biyoloji öğretmeni ve son olarak çalışma grubunun bir üst öğrenim basamağındaki 20 öğrencinin görüşüne sunulmuştur. Biyoloji öğretmeni ve öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmeler neticesinde altı farklı güven ifadesinin dörde indirilmesi yönünde fikir birliğine varılmış ve “Sadece Tahmin”, “Emin Değilim”, “Eminim”, ve “Kesinlikle Eminim” olmak üzere dört seçenek belirlenmiştir. Türkçe öğretmeni ve öğrencilerden alınan dönütler uyarınca imla hataları ve benzeri eksiklikler giderilerek nihai ölçme aracı geliştirilmiştir. DAHTT kapsamındaki soruların biyoloji dersi öğretim programı (MEB, 2018) kazanımlarına göre dağılımı Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. DAHTT Sorularının Kazanım Dağılımı

ÜNİTE	KAZANIM	SORU
HÜCRE	Hücre teorisine ilişkin çalışmaları açıklar.	S1, S13
	Hücrel yapıları ve görevlerini açıklar.	
	a) Ökaryot hücre kısımları	S2, S3,
	b) Organellerin hücrede aldıkları görevler	S4, S6, S14, S15, S16, S17, S18
	c) Farklı hücre örnekleri karşılaştırılması	S8, S9, S10, S11
	Hücre zarından madde geçişine ilişkin kontrollü bir deney yapar.	S5, S7, S12

Uygulama aşamasında ise COVID-19 pandemisi nedeniyle sosyal etkileşimin aza indirilmesi amacıyla okulların kapalı olması belirleyici bir faktör olmuştur. Bu bağlamda DAHTT, 2020-2021 eğitim öğretim yılında uzaktan eğitim sürecinde eğitim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerine Google Forms içeriği haline dönüştürülerek çevrimiçi ortamda uygulanmıştır (Şekil 1).

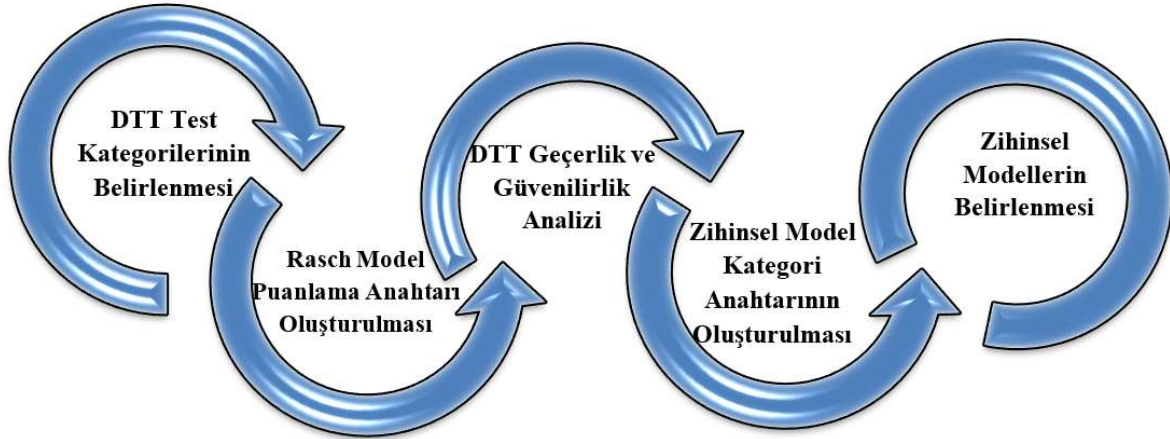
1.1) Hücre ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır? A) Tüm hücrelerde zarlı organeller bulunur. B) Canlının, temel, yapısal ve işlevsel birimi hücredir. C) Hücre büyüdükçe yüzey alanı/hacim oranı azalır. D) Canlılar bir yada birden çok hücreden oluşur.				
1.2 Güven Derecesi	(1) Sadece Tahmin	(2) Emin Değilim	(3) Eminim	(4) Kesinlikle Eminim
1.3) Bu cevabı seçtim, Çünkü; A) Hücre büyüdükçe yüzey alanı daha çok artacağından yüzey alanı/hacim oranı da artar. B) Canlıların tümü çok hücrelidir. C) Yalnızca ökaryot (gelişmiş) hücrelerde zarlı organel bulunur. D) Canlının en küçük yapısal ve işlevsel birimi atomdur.				
1.4 Güven Derecesi	(1) Sadece Tahmin	(2) Emin Değilim	(3) Eminim	(4) Kesinlikle Eminim

12.1) Bir hücrenin sitoplazması ve bulunduğu ortamdaki madde derişimleri yandaki şekilde gösterilmiştir. Buna göre hücrede numaralarla ifade edilen geçişlerin türü konusunda aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır? A) I – Endositoz B) II – Osmoz C) III – Aktif taşıma D) IV - Difüzyon				
				
12.2 Güven Derecesi	(1) Sadece Tahmin	(2) Emin Değilim	(3) Eminim	(4) Kesinlikle Eminim
12.3) Bu cevabı seçtim, Çünkü; A) Suyun taşınması difüzyon yoluyla gerçekleşir. B) Monomerlerin hücre içine taşınması difüzyon ile gerçekleşir. C) Gazların hücre ile ortam arasında geçişi aktif taşıma ile gerçekleşir. D) Büyük moleküllerin hücre içine alınması ekzositoz ile gerçekleşir .				
12.4 Güven Derecesi	(1) Sadece Tahmin	(2) Emin Değilim	(3) Eminim	(4) Kesinlikle Eminim

Şekil 1. DAHTT Örnek Sorular

Verilerin Toplanması ve Analizi

Öğrencilerin hücre konusunda zihinsel modellerinin belirlenmesine yönelik yürütülen çalışmada verilerin analizinde MS Office Excel ile Winsteps v.4.8.0.0 programları kullanılmıştır. Yürütülen çalışma kapsamında verilerin toplanma ve analizi aşamaları veri toplama sürecinde sunulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Veri Toplama Süreci

Şekil 2 incelendiğinde veri toplama süreci birbirini takip eden ve ilişkili beş aşamadan oluşmaktadır. Bu kapsamda öncelikle dört aşamalı test kategorilerinin belirlenmesi ile buna dayalı olarak Rasch model puanlama anahtarının oluşturularak geçerlik ve güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunu takiben dört aşamalı test kategorileri ile Rasch model puanlama anahtarı esas alınarak oluşturulan zihinsel model kategori anahtarı uyarınca öğrencilerin zihinsel modelleri belirlenmiştir.

Hücre konusunda öğrencilerin zihinsel modellerin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen DAHTT’de aşamalara verilen yanıtlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde farklı olasılıkları bulunmaktadır. Bu yanıt olasılıkları Tablo 2’de sunulduğu gibi *Bilimsel Bilgi, Kavram Yanılgısı, Şanslı Tahmin, Pozitif Yanlış, Negatif Yanlış, Bilgi Eksikliği* şeklinde altı farklı kategori altında toplanmaktadır (Bozdağ ve Ok, 2019).

Tablo 2. Dört Aşamalı Test Kategorileri

AŞAMA	BB	ŞT	ŞT	ŞT	PY	NY	BE-1				BE-0			KY		
Bilgi Aşaması	D	D	D	D	D	Y	D	D	D	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Güven Aşaması	E	E	ED	ED	E	E	E	ED	ED	E	ED	ED	E	ED	ED	E
Gerekçe Aşaması	D	D	D	D	Y	D	Y	Y	Y	D	D	D	Y	Y	Y	Y
Güven Aşaması	E	ED	E	ED	E	E	ED	E	ED	ED	E	ED	ED	E	ED	E

BB: Bilimsel Bilgi, ŞT: Şanslı Tahmin, PY: Pozitif Yanlış, NY: Negatif Yanlış, BE: Bilgi Eksikliği, KY: Kavram Yanılgısı
D: Doğru, Y: Yanlış, E: Emin (Güven Düzeyi>2,5), ED: Emin Değil (Güven Düzeyi<2,5)

DAHTT’nin geçerlik ve güvenilirlik analizinde ise Rasch Model analizi tercih edilmiştir. Rasch modeli, olasılıksal bir model olup (Boone ve Scantlebury, 2006) belirli bir yetenek düzeyindeki bireyin gerçekleştirilmesi istenen göreve karşı ne yapabileceği olasılığı kestirilmeye çalışılır (Rasch, 1961). Rasch modeline göre, diğer bireylerden daha yüksek yeteneğe sahip olan bir bireyin, aynı yapıyı ölçen başka bir maddeyi de doğru cevaplama olasılığı daha fazladır. Benzer şekilde herhangi bir birey için kolay olan sorunun doğru cevaplanma olasılığı yüksek olduğu gibi, zor olan sorunun da cevaplanamama olasılığı yüksektir (Bond vd., 2007). Bu bağlamda Rasch modeli analizinde öğrencilerin doğru yanıtlarına ilişkin kavramsal anlama düzeyleri esas alındığından Tablo 2’de yer alan puanlama kategorilerinde yeniden düzenleme yapılması gerekmiştir. Bu amaçla Rasch Model içinde yer alan “Kısmi Kredili Model” kullanılmıştır. Bu modelde bir test maddesindeki izlenen adımlar uyarınca elde edilen kısmi başarı kısmi puanlarla ifade edilir. Bu sayede ölçülen özellikler kapsamındaki yeterlilikler ayrıntılı olarak belirlenebilir (Bond vd., 2007). Buna göre daha yüksek kısmi puan verilen yanıt, düşük puan verilen yanıtı nazaran daha niteliklidir (Eggert ve Bögeholz, 2010). Dolayısıyla Rasch kısmi kredi modeli kullanılarak öğrencilerin hücre konusundaki yetkinlikleri temel bir seviyeden ileri yetkinlik seviyesine kadar belirlenebilecektir. Buna göre, Rasch kısmi kredi modeli analizine esas olmak üzere dört aşamalı testin her maddesine verilen yanıtla ilişkin kısmi bir puanlama yapılması gerekmektedir (Bozdağ ve Türkoğuz, 2021). Bu bağlamda dört aşamalı testin her bir maddesine yönelik aşamalar sonucunda verilen yanıtlara dayalı olarak 0 ile 4 puan arasında değişen (0,1,2,3,4) kısmi puanlama anahtarı oluşturulmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Dört Aşamalı Test Kategorilerine Dayalı Rasch Analizi Puanlama Anahtarı

KATEGORİ	AÇIKLAMA	PUANLAMA
Bilimsel Bilgi	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi DOĞRU Güven Aşamalarının her ikisi >2,5	4
Şanslı Tahmin	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi DOĞRU Güven Aşamalarından en az biri <2,5	3
Pozitif Yanlış	Bilgi Aşaması DOĞRU , Gerekçe Aşaması YANLIŞ Güven Aşamalarının her ikisi >2,5	2
Negatif Yanlış	Bilgi Aşaması YANLIŞ , Gerekçe Aşaması DOĞRU Güven Aşamalarının her ikisi >2,5	2
Bilgi Eksikliği-1	Bilgi yada Gerekçe Aşamasından yalnız biri DOĞRU Güven Aşamalarından en az biri <2,5	1
Bilgi Eksikliği-0	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi YANLIŞ Güven Aşamalarından en az biri <2,5	0
Kavram Yanılgısı	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi YANLIŞ Güven Aşamalarının her ikisi >2,5	0

Kavramsal anlama düzeyi zihinsel modeller ile ilişkili (Vosniadou, 1994) olduğundan elde edilen veriler öğrencilerin hücre konusundaki zihinsel modellerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Zihinsel modelleri tanımlamaya yönelik yürütülen çalışmalarda ilkel model, sentez model ve bilimsel model olmak üzere üç farklı modelden bahsedilmektedir (Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994). İlkel model bilimsel bilgi ile örtüşmeyen fikirleri, sentez model bilimsel bilgi ile kısmen örtüşen fikirleri, bilimsel model ise bireyin bilimsel fikirlerini ifade etmektedir (Kurnaz ve Emen, 2014; Vosniadou ve Brewer, 1992, 1994). Buna göre, öğrencilerin hücre konusunda kavramsal anlama düzeylerini belirten dört aşamalı test kategorilerinden yola çıkılarak Tablo 4’de verilen zihinsel model kategori anahtarı belirlenmiştir.

Tablo 4. Zihinsel Model Kategori Anahtarı

Zihinsel Model Kategorisi	Kavramsal Anlama Düzeyi	DAHTT Kategorisi	Rasch Model Puanı	Açıklama
Bilimsel Model	Bilimsel Anlama	Bilimsel Bilgi	4	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi DOĞRU Güven Aşamalarının her ikisi >2,5
		Şanslı Tahmin	3	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi DOĞRU Güven Aşamalarından en az biri <2,5
Sentez Model	Kısmi Bilimsel Anlama	Pozitif Yanlış	2	Bilgi Aşaması DOĞRU , Gerekçe Aşaması YANLIŞ Güven Aşamalarının her ikisi >2,5
		Negatif Yanlış	2	Bilgi Aşaması YANLIŞ , Gerekçe Aşaması DOĞRU Güven Aşamalarının her ikisi >2,5
		Bilgi Eksikliği-1	1	Bilgi yada Gerekçe Aşamasından yalnız biri DOĞRU Güven Aşamalarından en az biri <2,5
İlkel Model	Bilimsel Olmayan Görüşler	Bilgi Eksikliği-0	0	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi YANLIŞ Güven Aşamalarından en az biri <2,5
		Kavram Yanılgısı	0	Bilgi ve Gerekçe aşamasının her ikisi YANLIŞ Güven Aşamalarının her ikisi >2,5

BULGULAR

Yürütülen çalışma kapsamında elde edilen bulgulara ilişkin analizler üç kısımda gerçekleştirilmiştir. Analizin ilk kısmında DAHTT'nin geçerliliğine ilişkin verilerin analizi gerçekleştirilmiştir. Rasch Modeline dayalı geçerlilik analizinde madde uyum istatistikleri, madde polarite analizi ile boyutluluk analizleri irdelenmiştir. Analizin ikinci kısmında ise ölçme aracının güvenilirliğine yönelik veri analizi gerçekleştirilmiştir. Rasch modeline dayalı güvenilirlik analizinde madde ve kişi güvenilirliğine ilişkin analiz sonuçları ile madde ve kişi ayırma indislerinin analiz sonuçları birlikte değerlendirilmiştir. Analizin son kısmında ise DAHTT'den elde edilen verilerin öğrencilerin zihinsel modellerin belirlenmesine amacıyla irdelenmesine ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır.

DAHTT'nin Geçerliliğine İlişkin Bulgular

Rasch modeline göre yapı geçerliliği kaydedilen performansların ölçülmek istenen temel yapının yansımaları olduğu fikrine odaklanır. Buna göre test maddelerini ve kişileri bütünleşik şekilde ilişkilendiren verinin incelenen yapıyı temsil etmesi daha olasıdır (Bond vd., 2007). Bu bağlamda Rasch analizi, her bir ögenin temeldeki test yapısına ne kadar iyi uyduğuna dair göstergeler sağlar. Buna göre DAHTT maddelerine ilişkin madde uyum istatistikleri, nokta ölçüm korelasyon analizi ile boyutluluk analizi verileri yapı geçerliliğinin belirlenmesi amacıyla irdelenmiştir. Tablo 5'te Winsteps v.4.8.0.0 paket programından elde edilen madde analiz sonuçları sunulmuştur.

Tablo 5. Rasch Modeline Dayalı Madde Analiz Sonuçları

Madde	Toplam Puan	Ölçüm	Model Std.Hata	İnfit MNSQ	Outfit MNSQ	PTMEA Corr
1	356	47,40	0,62	1,49	1,44	0,46
2	212	52,88	0,64	0,75	0,72	0,67
3	227	52,28	0,63	0,96	0,80	0,67
4	159	55,23	0,70	1,27	1,48	0,55
5	224	52,40	0,63	0,94	0,96	0,60
6	261	50,97	0,61	1,15	1,27	0,56
7	182	54,16	0,67	1,25	1,21	0,50
8	335	48,20	0,61	0,95	0,83	0,64
9	425	44,58	0,67	0,81	0,78	0,56
10	457	43,08	0,71	0,77	0,54	0,62
11	224	52,40	0,63	1,03	1,09	0,57
12	120	57,35	0,78	0,87	1,09	0,47
13	216	52,72	0,64	1,05	1,12	0,57
14	364	47,09	0,62	0,76	0,64	0,69
15	223	52,44	0,63	1,20	1,32	0,46
16	377	46,58	0,63	0,98	0,85	0,60
17	407	45,36	0,65	0,83	0,71	0,63
18	418	44,89	0,66	0,74	0,61	0,65
ORT	288,2	50,00	0,65	0,99	0,97	

Madde uyum istatistikleri iç uyum (infit MNSQ) ve dış uyum (outfit MNSQ) olmak üzere iki tip istatistiki veri sağlamaktadır. İç uyum test maddelerine verilen yanıtlara duyarlı bilgi ağırlıklı uyum istatistiği iken, dış uyum aykırı değerlere duyarlı uyum istatistiğidir. Uyum istatistiklerine yönelik değerlerin 0,5-1,5 arasında bulunması ölçüm için uygun olarak kabul edilmektedir (Linacre, 2002). Tablo 5 incelendiğinde iç uyum değerlerinin 0,74-1,49 ve dış uyum değerlerinin 0,54 - 1,48 aralığında bulunduğu gözlenmektedir. Ayrıca, her iki uyum istatistiği için beklenen ortalama değer 1,0'dır. Buna göre iç uyum ortalama değeri 0,99, dış uyum ortalama değeri ise 0,97 olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar DAHTT'de yer alan tüm maddelerin ölçüm için uyum içinde olduğuna işaret etmektedir.

Ölçme aracının yapı geçerliliğinin belirlenmesine yönelik değerlendirilen diğer bir veri nokta ölçüm korelasyon (PTMEA-Corr) analizi sonuçlarıdır. Nokta ölçüm korelasyonu verilerdeki gözlemler ile katılımcıların ölçümleri arasındaki korelasyonu ifade eder. Yüksek korelasyon değeri, bir maddenin yanıtlayanların yeteneklerini ayırt edebildiği anlamına gelir (Linacre, 2021). Dolayısıyla, nokta ölçüm korelasyonuna ilişkin değerlerin 0,30'da büyük olması arzu edilmektedir (Bond vd., 2007). Diğer yandan Othman vd. (2014) arzu edilen ölçüm değerlerini zayıf ve küçük korelasyon (<0,35), orta ve makul korelasyon (0,36-0,67), güçlü ve yüksek korelasyon (0,68-1,00) halinde kategorilere de ayırmışlardır. Buna göre Tablo 5'de yer alan nokta ölçüm korelasyon verileri incelendiğinde tüm değerlerinin 0,46-0,69 aralığında arzu edilen değerler aldıkları belirlenmiştir. Test maddelerine yönelik yapılan değerlendirmede ise 14. maddenin güçlü ve yüksek korelasyon, diğer tüm maddelerin ise orta ve makul düzeyde korelasyon gösterdiği gözlenmektedir. Dolayısıyla korelasyon katsayısının arzu edilen aralıkta bulunduğu belirlenmesi her bir test maddesinin katılımcıların yeteneğini ayırt edebileceğine işaret etmektedir.

Yapı geçerliliğinin belirlenmesine yönelik değerlendirilen diğer bir bileşen ise boyutluluk analizidir. Rasch modeline göre bir ölçme aracının tek bir özelliğin ölçümüne katkıda bulunması beklendiğinden tek boyutlu bir yapıya sahip olması gerekmektedir (Bond vd., 2007; J. M. Linacre, 2006). Dolayısıyla ölçme aracının tek boyutlu olup olmadığını değerlendirmek için Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis [PCA]) gerçekleştirilmiştir. Boyutluluk analizi neticesinde ölçümlerle açıklanan ham varyansın %30'den büyük olması, ilk kontrastta açıklanamayan varyansın %15'den düşük olması Rasch model için uygun ve kabul edilebilir değerlerdir. Buna göre DAHTT'nin boyutsallık analizi verileri Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. DAHTT Boyutsallık Analizi Verileri

	Özdeğer	Gözlemlenen	Beklenen
Gözlemlerdeki toplam ham varyans	34,8883	%100,0	%100,0
Ölçümle açıklanan ham varyans	16,8883	%48,4	%48,0
Katılımcılara ilişkin ham varyans	9,6673	%27,7	%27,5
Test maddelerine ilişkin ham varyans	7,2210	%20,7	%20,5
Ham açıklanamayan varyans (toplam)	18,0000	%51,6	%52,0
İlk kontrastta açıklanamayan varyans	2,2768	%6,5	%12,6
İkinci kontrastta açıklanamayan varyans	1,7663	%5,1	%9,8
Üçüncü kontrastta açıklanamayan varyans	1,4903	%4,3	%8,3
Dördüncü kontrastta açıklanamayan varyans	1,4375	%4,1	%8,0
Beşinci kontrastta açıklanamayan varyans	1,3268	%3,8	%7,4

Tablo 6 incelendiğinde ölçümlerle açıklanan ham varyansın %48,4 ve ilk kontrastta açıklanamayan varyansın %6,5 olduğu görülmektedir. Buna göre boyutsallık verilerinin Rasch modeline uygun olduğu belirlenmiştir.

DAHTT'nin Güvenirliğine İlişkin Bulgular

Rasch model analizinde güvenilirlik kişi ve madde güvenirligi olmak üzere iki kısımda değerlendirilir. Bu bağlamda Rasch modeline göre güvenilirlik analizleri kişi ve madde güvenilirlik değerleri ile kişi ve madde ayırım indislerine ilişkin verilerin birlikte analizi ile gerçekleştirilir.

Rasch model analizlerinde kişi güvenirligi klasik test güvenirligi olan Cronbach alpha (KR-20) katsayısına denk kabul edilmekte (Linacre, 2014) ve bu katsayısının 0,70'den büyük olması gerekmektedir (Büyüköztürk vd., 2014). Rasch model kişi ve madde güvenilirlik analizlerinden elde edilen sonuçların ise 0,80'den büyük değerler alması beklenmektedir (Bond vd., 2007; Fisher, 2007; Linacre, 2014).

Tablo 7. Rasch Model Kişi ve Madde Güvenirlik Analizi Verileri

KİŞİ	Toplam Puan	Ölçüm	Model Std.Hata	İnfit MNSQ	Outfit MNSQ
Ortalama	35,3	50,05	2,03	0,97	0,97
MAX.	71,0	73,58	9,38	2,31	3,38
MIN.	6,0	38,73	1,63	.30	0,32
Gerçek Model	Kök Ortalama Kare Hatası: 2,33	Standart Sapma: 5,75	Ayırım İndisi	2,47	Kişi güvenirligi 0,86
	Kök Ortalama Kare Hatası: 2,22	Standart Sapma: 5,80	Ayırım İndisi	2,61	Kişi güvenirligi 0,87
	Cronbach alpha katsayısı: 0,89				
MADDE	Toplam Puan	Ölçüm	Model Std.Hata	İnfit MNSQ	Outfit MNSQ
Ortalama	288,2	50,0	0,65	0,99	0,97
MAX.	457,0	57,35	0,78	1,49	1,48
MIN.	120,0	43,08	0,61	0,74	0,54
Gerçek Model	Kök Ortalama Kare Hatası: 0,68	Standart Sapma: 3,98	Ayırım İndisi	5,87	Madde güvenirligi 0,97
	Kök Ortalama Kare Hatası: 0,65	Standart Sapma: 3,98	Ayırım İndisi	6,10	Madde güvenirligi 0,97

Tablo 7’de sunulan analiz verileri incelendiğinde model kişi güvenilirliği 0,87, Cronbach alpha katsayısı 0,89 ve model madde güvenilirliği 0,97 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda Rasch analizi verilerinin DAHTT’nin ölçüm güvenilirliğine işaret ettiği değerlendirilmektedir.

Rasch model analizlerinde ayırma indisleri 0 ile ∞ arasında bir değer almaktadır (Boone ve Noltemeyer, 2017). Madde ayırma indisinin 3 ve üzerinde olması, kişi ayırma indisinin ise 2,00 iyi ve 3,00 değerleri arasında olması arzu edilmektedir (Duncan vd., 2003; Fisher, 2007; Linacre, 2002). Dolayısıyla Tablo 7’de sunulan DAHTT’ye ilişkin hem model kişi ayırma indisi (2,61) hem de model madde ayırma indisinin (6,10) kabul edilebilir ve uygun olduğu belirlenmiştir

Zihinsel Modellere İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında katılımcı öğrencilerin DAHTT test maddelerine verdikleri yanıtlar çözümlenerek hücre konusundaki kavramsal anlama düzeyleri belirlenmiştir. Hücre ünitesine ilişkin her bir test maddesi ve kazanımlar bağlamında kavramsal anlama düzeylerine yönelik betimsel istatistik sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

Dört aşamalı test kategorileri bağlamında Tablo 8 incelendiğinde öğrencilerin hücre ve hücre teorisi (Hücre teorisine ilişkin çalışmaları açıklar) kazanımında kavramsal anlama yönünden hem bilimsel bilgi hem de bilgi eksikliği kategorisinde oldukları belirlenmiştir. Buna göre hücre ve hücre teorisi kazanımı içinde yer alan Soru 1’de (S1) öğrencilerin yarısından fazlası (51) tüm test aşamalarında yüksek güven düzeyinde doğru yanıtlar vererek bilimsel bilgi kategorisinde değerlendirilirken, S13’de ise öğrencilerin yaklaşık üçte birlik bölümü (%33) test aşamalarına verdikleri yanlış yanıtlar nedeniyle bilgi eksikliği kategorisinde değerlendirilmiştir.

DAHTT kapsamında yer alan hücre zarından madde geçişi (Hücre zarından madde geçişine ilişkin kontrollü bir deney yapar) kazanımında ise öğrencilerin kavramsal anlama yönünden bilgi eksikliği kategorisinde oldukları belirlenmiştir. Bu kazanım içinde yer alan S5’de öğrencilerin %37’si, S7’de %41’i ve S12’de %40’ı verdikleri yanlış yanıtlar nedeniyle bilgi eksikliği kategorisinde değerlendirilmiştir.

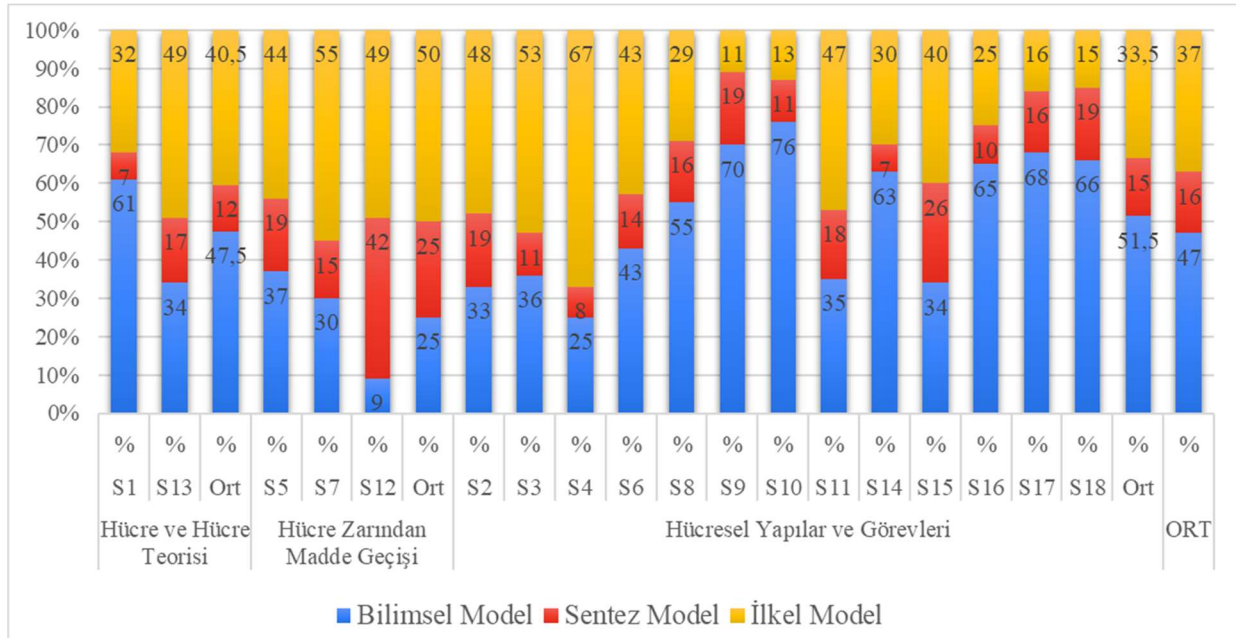
Tablo 8. Kavramsal Anlama Düzeylerine Yönelik Betimsel İstatistik Sonuçları

KAZANIM	SORU		Kavramsal Anlama Test Kategorisi						
			BB	ŞT	PY	NY	BE-1	KY	BE-0
Hücre ve Hücre Teorisi	S1	f	75	14	3	0	8	27	20
		%	51	10	2	0	5	18	14
	S13	f	28	23	4	7	13	24	48
		%	19	15	3	5	9	16	33
Hücre Zarından Madde Geçiş	S5	f	28	27	3	1	23	11	54
		%	19	18	2	1	16	7	37
	S7	f	22	23	2	1	19	20	60
		%	15	15	1	1	13	14	41
	S12	f	7	6	8	4	50	13	59
		%	5	4	5	3	34	9	40
Hücrel Yapılar ve Görevleri	S2	f	25	24	1	11	16	29	41
		%	17	16	1	7	11	20	28
	S3	f	46	7	5	1	10	39	39
		%	31	5	3	1	7	26	27
	S4	f	27	11	6	1	4	28	70
		%	18	7	4	1	3	19	48
	S6	f	44	21	1	1	18	20	42
		%	30	13	1	1	12	14	29
	S8	f	70	10	2	5	17	16	27
		%	48	7	1	3	12	11	18
	S9	f	76	26	8	7	13	5	12
		%	52	18	5	5	9	3	8
	S10	f	101	11	4	1	10	5	15
		%	69	7	3	1	7	3	10
	S11	f	36	16	2	3	22	26	42
		%	24	11	1	2	15	18	29
	S14	f	74	19	1	0	9	7	37
		%	50	13	1	0	6	5	25
S15	f	24	27	6	2	30	13	45	
	%	16	18	4	1	21	9	31	
S16	f	74	21	1	2	12	16	20	
	%	51	14	1	1	8	11	14	
S17	f	83	16	0	3	21	6	18	
	%	57	11	0	2	14	4	12	
S18	f	91	6	6	1	22	7	14	
	%	62	4	4	1	14	5	10	

BB: Bilimsel Bilgi, ŞT: Şanslı Tahmin, PY: Pozitif Yanlış, NY: Negatif Yanlış, KY: Kavram Yanılgısı, BE: Bilgi Eksikliği

Diğer yandan, öğrenciler hücrel yapılar ve görevleri (Hücrel yapıları ve görevlerini açıklar) kazanımında yer alan toplam on üç sorudan dördünde bilgi eksikliği, dokuzunda ise bilimsel bilgi düzeyindedir. Buna göre 147 öğrenciden 41 öğrenci S2’de (%28), 70 öğrenci S4’de (%48), 42 öğrenci S11’de (%29) ve 45 öğrenci S15’de (%31) tüm aşamalarda yanlış yanıtları nedeniyle bilgi eksikliği kategorisinde değerlendirilmiştir. Öte yandan S3 ve S6’da öğrencilerin üçte birinin, S8, S9, S10, S14, S16, S17 ve S18’de yarısından fazlasının tüm aşamalara doğru yanıtlar vererek bilimsel bilgi kategorisinde oldukları belirlenmiştir (Sırasıyla; %31, %30, %48, %52, %69, %50, %50, %56, %62).

Hücre konusundaki kavramsal anlama düzeylerine yönelik betimsel istatistik verileri zihinsel model kategori anahtarı ile ilişkilendirilerek zihinsel modellerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Öğrencilerin dört aşamalı test maddelerine verdikleri yanıtlar uyarınca oluşturulan zihinsel model kategorilerinde bilimsel bilgi ve şanslı tahmin kategorileri bilimsel model, pozitif yanlış, negatif yanlış ve bilgi eksikliği-1 kategorileri sentez model, kavram yanlışları ve bilgi eksikliği-0 kategorileri ilkel model olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Tablo 8’deki betimsel istatistik verileri zihinsel model kategorilerine dönüştürülerek öğrencilerin hücre ünitesindeki zihinsel modelleri belirlenmiştir (Grafik 1).

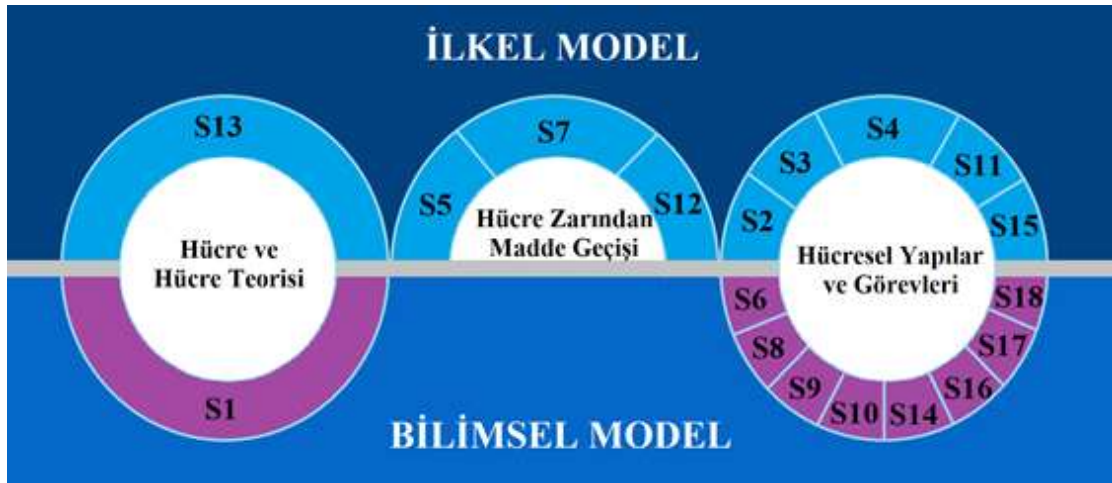


Grafik 1. Betimsel İstatistik Sonuçlarına Göre Zihinsel Model Kategorileri

Grafik 1 incelendiğinde hücre ünitesine ilişkin DAHTT genelinde öğrencilerin %47’si verdikleri yanıtlar uyarınca bilimsel modele sahipken, %37’si ilkel modele %16’sı ise sentez modele sahiptir. Bu aşamadan sonra bir bütün halinde değerlendirilen test maddeleri hem tek tek hem de kazanımlar bağlamında da değerlendirmeye alınmıştır.

Hücre ve hücre teorisi kazanımında öğrencilerin ortalama %47,5'inin bilimsel modele, %40,5'inin ilkel modele ve %12'sinin sentez modele sahip olduğu saptanmıştır. Buna göre, öğrenciler hücre ve hücre teorisi kazanımında genel olarak bilimsel bilgiye sahiptirler. Hücre zarından madde geçişi kazanımında ise öğrencilerin ortalama %25'inin bilimsel modele, %25'inin sentez modele ve %50'sinin ilkel modele sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre hücre zarından madde geçişi kazanımında öğrencilerin bilgi eksikliğine sahip oldukları değerlendirilmektedir.

Diğer yandan hücre yapısı ve görevleri kazanımında ise öğrencilerin %51,5'i bilimsel modele, %15'i sentez modele ve %33,5'i ilkel modele sahiptir. Öğrenciler hücre yapısı ve görevleri kazanımında genel olarak bilimsel bilgiye sahiptirler. Elde edilen sonuçların kazanımlar, test maddeleri ve zihinsel model yönünden görsel karşılaştırmasına olanak sağlamak üzere DAHTT test maddeleri ve ilgili kazanımlar zihinsel model kategorilerine göre gruplandırılarak Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Hücre Ünitesine İlişkin Zihinsel Modeller

Zihinsel model kategori anahtarı uyarınca her bir soru maddesi ve ilişkili kazanımların listelendiği Şekil 3'e göre, öğrenciler 1, 6, 8, 9, 10, 14, 16, 17 ve 18. Sorularda bilimsel modele sahipken, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12, 13 ve 15. Sorularda ise ilkel modele sahiptir. Öğrenciler hücre konusunda herhangi bir test maddesinde sentez modele ise sahip değildirler. İki test maddesi içeren hücre ve hücre teorisi kazanımında hem ilkel (S13) hem de bilimsel modele (S1) sahip olan öğrenciler, üç test maddesi (S5, S7, S12) içeren hücre zarından madde geçişi kazanımında ise yalnızca ilkel modele sahiptir. Diğer yandan hücre yapısı ve görevleri kazanımında ise beş test maddesinde (S2, S3, S4, S11, S15) ilkel modele, sekiz test maddesinde (S6, S8, S9, S10, S14, S16, S17, S18) ise bilimsel model sahiptirler.

TARTIŞMA

Bu çalışma neticesinde elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, DAHTT'nin geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu ile öğrencilerin hücre konusundaki zihinsel modellerinin genel olarak bilimsel model kategorisinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında geliştirilen DAHTT'nin geçerlik ve güvenilirlik analizleri Rasch model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçme aracının yapı geçerliliğine ilişkin veri sağlayan Rasch model analizleri kapsamında iç uyum, dış uyum, nokta ölçüm korelasyon ve boyutluluk analiz sonuçları irdelenmiştir. Buna göre iç uyum ve dış uyum istatistikî değerlerinin 0,54-1,49 aralığında bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgu DAHTT'de yer alan tüm maddelerin ölçüm için uygun aralıkta olduğunu (Linacre, 2002) ve uyum içinde olduklarını göstermektedir. Bunun yanı sıra elde edilen verilerdeki gözlemler ile öğrencilerin ölçümleri arasındaki korelasyona ilişkin nokta ölçüm korelasyonu istatistikî analiz edilmiş olup; tüm maddelerin arzu edilen aralıkta (0,46-0,69 aralığında) ve pozitif olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, asal bileşen analizi ile testin Rasch modeline uygun olarak belirlenen tek bir özelliğin ölçümüne katkı sağlayıp sağlamadığına yönelik boyutluluk analizi gerçekleştirilmiştir. Rasch modeline yönelik temel bileşen analizi verileri DAHTT'nin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğunu doğrulamıştır. İç uyum, dış uyum, nokta ölçüm korelasyon istatistikleri ile boyutluluk analizi verileri DAHTT'nin tüm maddelerinin Rasch modeline oldukça iyi uyduğuna ve testin yapı geçerliliğine sahip olduğuna işaret etmektedir.

DAHTT'nin ölçüm güvenilirliğinin belirlenmesine ilişkin kişi ve madde güvenilirliği ile ayırma indisleri incelenmiştir. Rasch modeline göre kişi güvenilirliği 0,87, kişi güvenilirliğinin geleneksel karşılığı olan Cronbach alpha katsayısı ise 0,89 olarak belirlenmiştir. Diğer yandan, test maddelerinin kalitesine ilişkin madde güvenilirliği ise 0,97 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç testin ölçüm güvenilirliğine ilişkin literatürdeki kriterleri karşılamaktadır (Fisher, 2007; Linacre, 2014). Güvenirliğe ilişkin diğer bir kriter olan kişi ayırma indisinin 2,61, madde ayırma indisinin ise 6,10 olduğu belirlenmiştir. Buna göre elde edilen değerlerin literatürde arzu edilen ve kabul edilen değer aralığında olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Duncan vd., 2003; Linacre, 2002). Bu sonuçlara göre Rasch analizi verilerinin DAHTT'nin ölçüm güvenilirliğine işaret ettiği değerlendirilmiştir.

Öğrencilerin zihinsel modelleri bilimsel model, sentez model ve ilkel model olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir. Ölçme aracından elde edilen veriler öğrencilerin hücre konusundaki kazanımlar bağlamında zihinsel modellerinin bilimsel model ve ilkel model

kategorilerinde toplandığını, sentez model kategorisine rastlanmadığını göstermiştir. Diğer yandan ölçme aracının geneli açısından değerlendirildiğinde ise öğrencilerin yarısına yakın bir bölümü bilimsel modele sahipken, yaklaşık üçte birlik bölümü ilkel modele ve yaklaşık altıda birlik bölümü ise sentez modele sahiptir. Benzer şekilde Saptono vd. (2017) hücre konusuna yönelik öğrencilerin zihinsel modellerinin belirlendiği çalışmalarında da öğrencilerin üç zihinsel model kategorisine sahip olduğunu belirlemiştir. Saptono vd. (2017) hücre biyolojisi konusundaki zihinsel modelleri öğrencilerin basit kavramları anlayarak ilişkilendirdiği mikro-zihinsel model, yalnızca basit kavramları anlayabildiği makro-zihinsel model ve öğrencilerin basit kavramları algılayamadığı, kavram yanlılığı gözlenen sezgisel-zihinsel model olmak üzere üç temel kategoride toplamıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin hücre konusuna yönelik zihinsel modellerine yönelik elde edilen bulguların alandaki çalışma bulguları ile benzerlik gösterdiği gözlenmektedir.

Ölçme aracından elde edilen sonuçları kavramsal anlama düzeyi yönünden de değerlendirmek mümkündür. Buna göre; elde edilen bulgular öğrencilerin hücre ünitesi kazanımları bağlamındaki kavramsal anlama düzeylerinin ya bilimsel bilgi düzeyinde (bilimsel model) olduğunu ya da bilimsel bilgi ile örtüşmeyecek düzeyde (ilkel model) olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, ölçme aracının geneli açısından değerlendirildiğinde ise öğrencilerin %47'sinin bilimsel model, %37'sinin ise ilkel model ve %16'sının ise sentez model kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Buna göre öğrencilerin genel olarak hücre konusundaki bilgilerinin bilimsel olarak kabul edilebilecek düzeyde olduğunu belirtmek mümkündür. Ancak elde edilen bu sonucun kavramsal anlama yönünden değerlendirilmesi amacıyla Gilbert (1977) tarafından ortaya konulan kavramsal anlama kriterleri (%75 ve üzeri değerler yüksek ve tatmin edici, %50-74 arası değerler yeterli, %25-49 arası değerler düşük ve %25 altı değerler oldukça düşük) esas alınmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerinin hücre konusundaki kavramsal anlama düzeylerinin düşük seviyede yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, Bozdağ ve Ok (2019) da yürüttükleri çalışma neticesinde öğrencilerin hücre konusundaki kavramsal anlama düzeylerinin düşük seviyede olduğu belirlemiştir. Elde edilen veriler alandaki benzer çalışma bulgularını destekler niteliktedir.

Öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek amacıyla çalışmadan elde edilen veriler belirlenen kriterler uyarınca hücre ünitesindeki kazanımlar bağlamında ayrı ayrı irdelenmiştir. Buna göre öğrencilerin hücre ve hücre teorisi kazanımı ile hücre yapısı ve görevleri kazanımında hem ilkel modele hem de bilimsel modele, hücre zarından madde geçişi kazanımında ise yalnızca ilkel modele sahip olduğu belirlenmiştir.

Hücre, temel canlılık olaylarının gözlemlendiği canlılığın en küçük yapı birimidir. Hücre ünitesine ilişkin öğretim programında hücrenin keşfinden itibaren bilim insanları tarafından yürütülen çalışmalar neticesinde ortaya atılan hücre teorisi ile bilgilerin edinilmesi amaçlanmıştır (MEB, 2018). Çalışma kapsamında geliştirilen ölçme aracı hücre ve hücre teorisi kazanımına ilişkin iki test maddesi içermektedir. Hücrenin gelişmesi ve büyümesi durumunda hücrenin yüzey alanı artacağından yüzey alanı/hacim oranının artacağına ilişkin bilginin sorgulandığı S1’de öğrencilerin büyük çoğunluğu doğru yanıt vererek bilimsel model kategorisinde değerlendirilmişlerdir. Diğer yandan, hücreler yapılarına ve gelişmişlik düzeylerine göre prokaryot ve ökaryot olmak üzere ikiye ayrılmasına karşın bu ayrıma hücre teorisi kapsamında yer verilmemiştir. Ancak çalışma kapsamında elde edilen veriler öğrencilerin hücre teorisi konusunu hücrenin yapısı konusu ile karıştırdıklarını ortaya koymuştur. Buna göre hücre teorisi kapsamında hücrelerin yapılarına göre ayrılıp ayrılmadığının sorgulandığı S13’e yönelik elde edilen sonuçlar öğrencilerin yanlış yanıt vererek ilkel model kategorisinde değerlendirildiklerini göstermektedir. Ölçme aracından elde edilen bulgular hücre teorisi konusunda öğrencilerin hem bilimsel hem de bilimsel olmayan görüşleri paylaştıklarına işaret etmektedir. Benzer şekilde hücre ve hücre teorisi konusunda öğrencilerin kavramsal anlama düzeyinde olduklarına ilişkin çalışma bulgularına da rastlamak mümkündür (Yoğurtçu, 2021; Yörek, 2007).

Biyoloji dersi öğretim programına göre hücrelerin genel yapısı incelendiğinde hücreler öncelikle prokaryot ve ökaryot olarak sınıflandırılarak, hücre zarı, sitoplazma ve çekirdek olmak üzere hücrenin temel kısımları sunulmaktadır. Hücrenin temel kısımlarını takiben ise sitoplazmada yaşamsal faaliyetlerin yerine getirilmesinden sorumlu organeller ve görevleri öğretim basamaklarında sıralanmaktadır. Hücresel yapı ve organeller konusu hem ortaokul hem de ortaöğretim düzeyinde birbirini takip edecek şekilde sarmal olarak sunulan konulardır. Dolayısıyla öğrencilerin konuyu yeni işlemlerine paralel olarak temel düzeyde bilgi birikimine sahip olmaları beklenmektedir. Çalışma sonucunda da elde edilen bulgular öğrencilerin ortaokul döneminde edindikleri bilgilerin bilişsel yapılarına tutunma düzeyine yönelik bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamıştır. Ölçme aracından elde edilen bulgular hayvan hücrelerinde bulunan sentrozom organeline ilişkin bilgilerin tarandığı S6, hücrenin temel kısımlarının irdelendiği S8, bitki ve hayvan hücrelerinin yapılarının sorgulandığı S9 ve S17, bitki hücrelerinin yapısına ilişkin S10 ve S18 ile hücresel organellere ilişkin bilgilerin tarandığı S14 ve S16 olmak üzere sekiz soruda öğrencilerin bilimsel modele sahip olduğunu göstermiştir. İlgili sorular ortaokul müfredatı ile paralellik gösterdiğinden öğrencilerin bu konu alanında

bilimsel düzeyde bilgi sahibi olduklarına işaret etmektedir. Zira çalışma sonuçları, öğrencilerinin hücrenin temel kısımlarına yönelik (Bozdağ ve Ok, 2019; Tambo vd., 2003; Yörek, 2007), hücresel yapı ve organeller konusuna yönelik (Kete vd., 2012; Önel vd., 2015; Ormancı vd., 2020), bitki ve hayvan hücrelerinin yapılarına yönelik (Gençer, 2006; Ormancı vd., 2020) bilgi düzeylerinin yüksek olduğuna ilişkin çalışma bulguları ile paralellik göstermektedir. Diğer yandan, mitokondri ve kloroplast organellerinin özelliklerine ilişkin bilgilerin sorgulandığı S4’de öğrencilerin ilkel model kategorisinde olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde, Gençer (2006) yürüttüğü çalışma neticesinde de öğrencilerin mitokondri ve kloroplast organellerinin görevlerini karıştırdıkları sonucuna ulaşmıştır. Bu yönüyle elde edilen bulguların alandaki çalışma verilerine katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Hücrenin temel kısımlarından hücre zarının en önemli görevlerinden birisi hücreye madde girişi ve çıkışı kontrol etmektir. Seçici geçirgen özelliğe sahip olan hücre zarından madde geçişi farklı yollarla gerçekleşmektedir. Dolayısıyla aktif ve pasif taşıma, difüzyon, osmoz, osmotik basınç, plazmoliz, deplazmoliz ve turgor gibi kavramlarla ilk kez karşılaşan öğrenciler yalnızca hücrenin temel kısmı olarak aşına oldukları hücre zarından madde geçişine ilişkin yeni olarak sunulan kavramlara yönelik yanlgı içinde bulunabilirler. Nitekim hücre zarından madde geçişinin irdelendiği S5, S7 ve S12’de öğrencilerin ilkel model kategorisinde buldukları belirlenmiştir. Bu durum öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilebilen bilgilerle uyuşmayan görüşlere sahip olduğunu göstermektedir. Nitekim elde edilen bulgu öğrencilerin hücre zarından madde geçişi konusunda karmaşa yaşadığı yönündeki çalışma bulgularını desteklemektedir (Kete vd., 2012; Koyuncuer, 2014; Odom, 1995; Odom ve Barrow, 2007; Reinke vd., 2020; Tarakçı vd., 1999). Benzer şekilde ortaokul kademesinde yalnızca hücrenin temel kısmı olarak sunulan hücre zarına özgünlük kazandıran moleküllere yönelik bilginin tarandığı S2’de de öğrencilerin ilkel model kategorisinde oldukları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ulaşılan bulgular öğrencilerin öğrenim kademelerinde yeni olarak sunulan bilgilere yönelik bilimsel bilgi ile uyuşmayan görüşlerinin olduğuna işaret etmektedir.

Hücreler yapılarına ve gelişmişlik düzeylerine göre prokaryot ve ökaryot hücre olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Öğretim basamaklarında gelişmiş (ökaryot) hücreler ile ilkel (prokaryot) hücrelerin temel kısımları ile hücresel yapı ve organellere yönelik bilgiler sunulmakta olup farklı hücre örneklerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2018). Çalışma kapsamında geliştirilen ölçme aracı prokaryot ve ökaryot hücrelerin sahip oldukları hücresel yapı ve organellere ilişkin üç test maddesi içermektedir. Bir hücrenin ökaryot hücre olup olmadığına karar verilmesi için referans alınacak hücresel yapı ve

organelere yönelik bilgilerin sorgulandığı S3 ile prokaryot ve ökaryot hücrelerin sahip oldukları hücresel yapı ve organellere yönelik bilgilerin sorgulandığı S11 ve S15'e ilişkin elde edilen sonuçlar öğrencilerin bilimsel olmayan bilgiler eşliğinde yanıt vererek ilkel model kategorisinde değerlendirildiklerini göstermektedir. Nitekim, Kete vd. (2012) ortaöğretim öğrencileri ile yürüttükleri çalışmaları neticesinde de öğrencilerin prokaryot ve ökaryot hücrelerin özelliklerine yönelik kavram karmaşası yaşadıkları sonucuna ulaşmışlardır. Bu bağlamda çalışma sonucunda elde edilen bulguların alandaki çalışma bulgularını destekler nitelikte olduğu değerlendirilmiştir.

SONUÇ

Öğrencilerin herhangi bir konu alanındaki zihinsel modellerinin tespit edilmesi konu ile ilgili bilişsel yapılarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda yeni bilginin edinilmesi ile var olan bilgilerin transferinde yaşanabilecek zorlukların önceden teşhisinde öğrencilerin zihinsel modellerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Dolayısıyla öncelikle öğrencilerin herhangi bir konu alanındaki zihinsel modellerinin tespitine ilişkin ölçme araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Geçerliği ve güvenilirliği sağlanmış ölçme araçlarından elde edilen veriler ile zihinsel modellerin teşhisi sağlanabilmektedir.

Yürütülen çalışma sonucunda da geliştirilen DAHTT'nin öğrencilerin hücre konusunda zihinsel modellerinin belirlenmesine yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin zihinsel modelleri bilimsel model, sentez model ve ilkel model olmak üzere üç kategori dahilinde değerlendirilmiştir. Öğrencilerin bilimsel bilgiler ile örtüşmeyen yanıtları ilkel model, bilimsel bilgi ile kısmen örtüşen fikirleri sentez model, bilimsel fikirleri ise bilimsel model kategorisinde değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda ulaşılan veriler öğrencilerin zihinsel modellerinin hücre ve hücre teorisi kazanımı ile hücresel yapılar ve görevleri kazanımlarında hem bilimsel hem de ilkel model kategorisinde, hücre zarından madde geçişi kazanımında ise yalnızca ilkel model kategorisinde olduğunu göstermiştir. Öğrenciler arasında bilimsel bilgiler ile örtüşmeyen fikirlere işaret eden ilkel zihinsel modellerin varlığı ise öğrencilerin bilişsel yapısında yanılı ve karmaşa bulunduğu sonucunu beraberinde getirmiştir. Nitekim öğrencilerin bilimsel bilgilerle örtüşmeyen görüşleri yeni bilgi edinme sürecine ket vurabilmektedir. Bu bağlamda çalışma sonucunda elde edilen veriler öğrencilerin hücre konusundaki kavramsal anlama, kavram yanılığı ve zihinsel model kategorilerinin belirlenmesine olanak sağlaması yönünden kritik öneme sahiptir.

ÇALIŞMANIN SINIRLILIKLARI VE ÖNERİLER

Yürütülen çalışmanın bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Çalışma COVID-19 pandemisi döneminde uzaktan eğitim sürecinde olan öğrencilere çevrimiçi ortamda sunulmuştur. Çevrimiçi ortamda veri toplanması aşamasında öğrencilerin internet erişimi ve dijital okuryazarlıkları çalışmanın ilk sınırlılığıdır. Bunun yanı sıra çalışma verileri çevrimiçi olarak elde edildiğinden öğrencilerin soruları hangi ortamda yanıtladıkları veya yardım alıp almadıklarının belirlenememesi de çalışmanın bir sınırlılığı olarak görülmektedir. Çalışmanın diğer bir sınırlılığı ise hücre ünitesine ilişkin çalışmanın yalnızca dokuzuncu sınıf düzeyinde sınırlı tutulmasıdır. Gelecekteki çalışmaların birden fazla kademe de aynı ünite başlığı altında sarmal olarak işlenen konularda yürütülmesinin daha kapsamlı veriler elde edilmesine olanak sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Öğrencilerin herhangi bir konu alanındaki zihinsel modellerinin belirlenmesi, yeni bilginin edinilmesi ve edinilen bilgilerin yapılandırılmasında yaşanacak zorlukların teşhisine olanak sağlayabilmektedir. Bu durum, öğretim basamaklarında dikkate alınması gerektiği yönünde değerlendirilebilir. Dolayısıyla dört aşamalı testlerin kavramsal anlama ve zihinsel modellerin teşhisinde kullanımının yaygınlaştırılması daha kapsayıcı veri elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Bunun yanı sıra soyut içerikli konulara ilişkin zihinsel model, kavramsal anlama ve kavram yanılgılarına yönelik çalışmaların takip edilmesi yeni bilgi edinilmesi ve bilginin yapılandırılması aşamalarında izlenecek yöntem, teknik ve stratejilerin belirlenmesinde yol gösterici olacaktır.

KAYNAKÇA

- Allen, M. (2019). *Misconceptions in Primary Science 3e*. McGraw-hill education (UK).
- Aminudin, A. H., Kaniawati, I., Suhendi, E., Samsudin, A., Coştu, B., & Adimayuda, R. (2019). Rasch analysis of multitier open-ended light-wave instrument (MOLWI): Developing and assessing second-years sundanese-scholars alternative conceptions. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 607–629. <https://doi.org/10.17478/jegys.574524>
- Arslan, A. (2013). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin anlama, hatırda tutma, yaratıcılık düzeyleri ile zihinsel modelleri üzerine etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Akdeniz Üniversitesi. Antalya.
- Aydın, G. (2011). *Öğrencilerin" hücre bölünmesi ve kalıtım" konularındaki kavram yanılgılarının giderilmesinde ve zihinsel modelleri üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkisi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir.
- Aydın, S., & Öztekin, S. (2018). Üç aşamalı tanı testi ile fen lisesi öğrencilerinin geometrik optik konusundaki zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Uluslararası Eğitim Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 155–172.
- Ayvacı, H. Ş., Bebek, G., Alper, A., Keleş, C. B., & Özdemir, N. (2016). Öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin modelleme süreci içerisinde incelenmesi: Hücre konusu örneği. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 175–188.
- Bond, T. G., Fox, C. M., & Lacey, H. (2007). Applying the Rasch model: Fundamental measurement. *In the Social Sciences (2nd)*.
- Boone, W. J., & Noltemeyer, A. (2017). Rasch analysis: A primer for school psychology researchers and practitioners. *Cogent Education*, 4(1), 1416898. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2017.1416898>
- Boone, W. J., & Scantlebury, K. (2006). The role of rasch analysis when conducting science education research utilizing multiple-choice tests. *Science Education*, 90(2), 253–269.
- Bozdağ, H. C., & Ok, G. (2019). Determination of the knowledge awareness and misconceptions of sixth grade students about the cell with four tier test. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 9(1), 200–226. <https://doi.org/10.17984/adyuebd.413369>
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). Bilimsel araştırma yöntemleri. *Pegem Atf İndeksi*, 2017, 1–360.
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939–961. <https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Doğru, M., & Arslan, A. (2014). Modellemeye dayalı fen öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin anlama, hatırda tutma, yaratıcılık düzeyleri ile zihinsel modelleri üzerine etkisi. *Mediterranean Journal of Humanities*, 4(2), 1–1. <https://doi.org/10.13114/MJH.201428425>
- Dreyfus, A., & Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10(2), 221–229.

- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Duncan, P. W., Bode, R. K., Min Lai, S., & Perera, S. (2003). Rasch analysis of a new stroke-specific outcome scale: the stroke impact scale 11. No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated.. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(7), 950–963. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00035-2)
- Ecevit, T., & Şimşek, P. Ö. (2017). Öğretmenlerin fen kavram öğretimleri, kavram yanlışlarını saptama ve giderme çalışmalarının değerlendirilmesi. *İlköğretim Online*, 16(1).
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2010). Students' use of decision-making strategies with regard to socioscientific issues: An application of the rasch partial credit model. *Science Education*, 94(2), 230–258.
- Feyzioğlu, E. Y., Feyzioğlu, B., & Küçükçingı, A. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen öğretimine yönelik zihinsel modelleri, öz yeterlik inançları ve öğrenme yaklaşımları. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(2), 404–423.
- Fisher, W. P. Jr. (2007). Rasch measurement transaction. transaction of the rasch measurement. *American Educational Research Association. Vol. 21 No.1, p. 1095, 21(1), 1087–1096.*
- Flores, F., Tovar, M. E., & Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2), 269–286.
- Gençer, Z. (2006). *İlköğretim öğrencilerinin (6., 7., ve 8. Sınıflar) hücre konusundaki kavram yanlışlarının tespiti üzerine bir araştırma*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Gazi Üniversitesi. Ankara.
- Gorbi Irawan, A., nyoman Padmadewi, N., & Putu Artini, L. (2018). Instructional materials development through 4D model. *SHS Web of Conferences*, 42, 00086. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184200086>
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Gülcü, M., & TAŞÇI, G. (2019). İlkokul öğrencilerinin biyoloji konularını modelleme ile öğrenme süreçlerinin incelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 4(1), 75–97.
- Güneş, T., Dilek, N. Ş., Demir, E. S., Hoplan, M., & Çelikoğlu, M. (2010). Öğretmenlerin kavram öğretimi, kavram yanlışlarını saptama ve giderme çalışmaları üzerine nitel bir araştırma. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, 11(13), 937–944.
- Hailegebriel, G. (2014). *Students' misconceptions about cell biology and cell division: the case of kelafo secondary and preparatory school, somali region, ethiopia.*
- Hamdiyati, Y., Sudargo, F., Redjeki, S., & Fitriani, A. (2017a). Biology students' initial mental model about microorganism. *Journal of Physics: Conference Series*, 812(1), 012027.
- Hamdiyati, Y., Sudargo, F., Redjeki, S., & Fitriani, A. (2017b). Students' mental model profile of microorganism after the implementation of mental model-based microbiology course. In *Ideas for 21st Century Education* (pp. 93–96). Routledge.

- Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31(3), 401–435.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- Jalmo, T., & Suwandi, T. (2018). Biology education students' mental models on genetic concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 17(3), 474–485.
- Karasar, N. (2009). Bilimsel araştırma yöntemi (19. bs). *Ankara: Nobel Yayın Dağıtım*.
- Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2009). What do cells really look like? Children's resistance to accepting a 3-d model. *Proceedings of EpiSTEME 3, International Conference to Review Research in Science, Technology and Mathematics Education*, 187–193.
- Kayhan, C. H. (2010). Model ve zihinsel modeller. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 407–422.
- Kete, R., Horasan, Y., & Namdar, B. (2012). 9. sınıf biyoloji ders kitaplarında hücre konusundaki kavramsal anlama güçlüklerinin tespiti. *Ilkogretim Online*, 11(1).
- Koyuncuer, B. (2014). *Lise 9. sınıf öğrencilerinde difüzyon ve ozmosla ilgili kavram yanlışları*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Necmettin Erbakan Üniversitesi. Konya.
- Kurnaz, M. A., & Emen, A. Y. (2014). Student mental models related to expansion and contraction. *Acta Didactica Napocensia*, 7(1), 59–67.
- Kurt, H., Ekici, G., Aksu, Ö., & Lises, K. M. H. G. A. (2013). Tuz: biyoloji öğretmen adaylarının zihinsel modelleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2(4), 244–255.
- Linacre, J. (1994). Sample size and item calibration stability. *Rasch Mes Trans.*, 7, 328.
- Linacre, J. M. (2002). What do infit and outfit, mean-square and standardized mean. *Rasch Measurement Transactions*, 16(2), 878.
- Linacre, J. M. (2006). Data variance explained by Rasch measures. *Rasch Measurement Transactions*, 20(1), 1045.
- Linacre, J. M. (2014). *Reliability and separation of measures: A user's guide to win steps ministep Rasch-model computer programs (ver. 3.81. 0)*.
- Linacre, J. M. (2021). A User's guide to Winsteps-ministep: Rasch-model computer programs. Program Manual 4.8.0. *Chicago, IL*.
- Maraş, M., & Akman, Y. (2009). Hücre biyolojisi konusunda öğrencilerin Anlama düzeyleri ve kavram yanlışları. *Milli Eğitim*, 38(181), 146–151.
- Meela, P., & Yuenyong, C. (2019). The study of grade 7 mental model about properties of gas in science learning through model based inquiry (MBI). *AIP Conference Proceedings*, 2081(1), 030028.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Ortaöğretim biyoloji dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. *Mental Models*. Lawrence Erlbaum., 99–129.
- Nowak, A., Rychwalska, A., & Borkowski, W. (2013). Why simulate? To develop a mental model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16(3), 12.

- Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing complex mental models in biology through model evolution. In *Model based learning and instruction in science* (pp. 173–193). Springer.
- Odom, A. L. (1995). Secondary & college biology students' misconceptions about diffusion & osmosis. *The American Biology Teacher*, 409–415.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H. (2007). High school biology students' knowledge and certainty about diffusion and osmosis concepts. *School Science and Mathematics*, 107(3), 94–101.
- Önel, A., Yüce, Z., & Dilek, Y. (2015). Öğrenci çizimleri yoluyla ortaöğretim öğrencilerinin hücre konusundaki kavramsal bilgi düzeylerinin belirlenmesi. *Caucasian Journal of Science*, 2(1), 6–17.
- Ormancı, Ü., Çepni, S., & Ülger, B. B. (2020). Ortaokul öğrencilerinin hücre konusunu anlama ve günlük yaşamla ilişkilendirme durumlarının belirlenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 3(2), 125–143.
- Othman, N. B., Salleh, S. M., Hussein, H., & Wahid, H. B. A. (2014). Assessing construct validity and reliability of competitiveness scale using Rasch model approach. *The 2014 WEI International Academic Conference Proceedings*, 113–120.
- Özay Köse, E. (2014). Hücre ve organellerin öğretiminde kavram haritalarının kullanılması. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2014(3), 116–121.
- Özbay, M., & Akdağ, E. (2013). Deyimlerin öğretiminde aktif öğrenmenin etkisi. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 1(2), 46–54.
- Öztürk, A., & Doganay, A. (2013). Primary school 5th and 8th graders' understanding and mental models about the shape of the world and gravity. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 13(4), 2469–2476.
- Peşman, H., & Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103(3), 208–222. <https://doi.org/10.1080/00220670903383002>
- Rasch, G. (1961). On general laws and the meaning of measurement. *Psychology. Proceedings 4th Berkeley Symposium Mathematics Statistics and Probability*, 5, 321–333.
- Reinke, N. B., Kynn, M., & Parkinson, A. L. (2020). Conceptual understanding of osmosis and diffusion by Australian first-year biology students. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(9).
- Saptono, S., Isnaeni, W., & Sukaesih, S. (2017). Undergraduate students' mental model of cell biology. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 122742.
- Sekman, M. (2002). *Kesintisiz öğrenme*. Alfa.
- Sözcü, U., Kıldan, A. O., Aydınözü, D., & İbret, B. Ü. (2016). Bilimsellik değerine ilişkin zihinsel modellerin değişiminin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 5(2), 9–22.
- Tambo, E. M. Z., Mukaro, J. P., & Mahaso, J. (2003). Some misconceptions on cell structure and function held by a-level biology students: implications for curriculum development. *Zimbabwe Journal of Educational Research, Special Issue 15*(2).
- Tarakçı, M., Hatipoğlu, S., Tekkaya, C., & Özden, M. Y. (1999). A cross-age study of high school students' understanding of diffusion and osmosis. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(15).

- Treagust, D. F. (1985). Diagnostic tests to evaluate student misconceptions in science. *Science Education Association of Western Australia: Western Australian College of Advanced Education*, 17.
- Treagust, D. F. (2012). Diagnostic assessment of students' science knowledge. In *Learning science in the schools* (pp. 339–358). Routledge.
- Ünal Çoban, G., & Ergin, Ö. (2006). Fen eğitimi ve modeller. *Milli Eğitim*, 35(171), 188–196.
- Ünal Çoban G. (2009). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. sınıf ışık ünitesi örneği*. Yayınlanmamış doktora tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123–183.
- Yoğurtçu, A. (2021). *Lise öğrencilerinin hücre konusundaki kavramsal yapıları, metaforik algıları ve kavram yanlışlarının belirlenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Necmettin Erbakan Üniversitesi. Konya.
- Yörek, N. (2007). Öğrenci çizimleri yoluyla 9 ve 11. sınıf öğrencilerinin hücre konusunda kavramsal anlama düzeylerinin belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22.