

# Kavram Yanılgılarını Ortaya Çıkarmak: İnsan Dolaşım Sistemi Üzerine Üç Aşamalı Kavramsal Tanılayıcı Bir Araç Geliştirme\*

Şeyma Nur CANER 

Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ferhat KARAKAYA 

Yozgat Bozok Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Mehmet YILMAZ 

Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi

## ÖZ

Dolaşım sistemi, oksijen, karbondioksit, besin maddeleri ve hormonların taşınmasının yanı sıra, su ve elektrolit dengesinin sağlanması, pH homeostazisinin düzenlenmesi, vücut ısısının korunması ve bağışıklık sisteminin desteklenmesi gibi çok yönlü işlevleriyle organizmanın homeostazisini sürdürmede kritik bir rol oynamaktadır. Ancak dolaşım sistemi, içerdiği soyut kavramlar, birbirine bağlı karmaşık yapılar ve öğrenme materyallerinde yer alan kavramsal tutarsızlıklar nedeniyle öğrenciler tarafından genellikle eksik veya yanlış anlaşılmaktadır. Özellikle fen bilimleri öğretim programlarının sarmal yapısı göz önüne alındığında, dolaşım sistemine ilişkin temel bilgilerin erken yaşlarda doğru bir şekilde öğretilmesi, daha ileri düzeydeki biyolojik kavramların edinilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda öğrencilerin konuya ilişkin kavramsal düzeylerini ortaya koyacak geçerli ve güvenilir ölçme araçlarının geliştirilmesi gereklidir. Bu araştırmanın amacı, altıncı sınıf öğrencilerinin dolaşım sistemine yönelik öğrenmelerini ve kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik üç aşamalı bir kavram testi geliştirmektir. Nicel araştırma yöntemlerinden biri olan tarama modeliyle yürütülen çalışma, uygun örnekleme yöntemiyle seçilen 225 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda; dolaşım sistemine ilişkin öğrenme düzeylerini ölçmede kullanılacak, on maddeden oluşan, geçerli ve güvenilir bir kavram testi geliştirilmiştir. Testin güvenilirlik katsayısı KR-20 = 0.85 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen bu test, kavram yanılgılarının tanınmasında etkili bir araç olarak öğretim sürecine katkı sağlayacak niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dolaşım sistemi, kavram yanılgısı, üç aşamalı kavram testi.



Erciyes Üniversitesi Eğitim Fakültesi

Sorumlu Yazar:  
Ferhat KARAKAYA



Tür: Araştırma

Makale Geçmişi

Gönderim : 05.09.2025

Kabul : 29.09.2025

Yayınlanma : 31.10.2025

## Önerilen Atıf

Caner, Ş.N., Karakaya, F. ve Yılmaz, M. (2025). Kavram yanılgılarını ortaya çıkarmak: İnsan dolaşım sistemi üzerine üç aşamalı kavramsal tanılayıcı bir araç geliştirme. *Erciyes Eğitim Dergisi*, 9(2), 123-140. <https://doi.org/10.32433/eje.1778652>

\* Bu çalışmanın bulguları 5. Ulusal Biyoloji Eğitimi Kongresinde (UBEK-2025) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

1. Y.L. Öğr. Şeyma Nur Caner, Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi, canerseymanur@gmail.com

2. Doç. Dr. Ferhat Karakaya, Yozgat Bozok Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi, ferhatk26@gmail.com

3. Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi, m.yilmaz@gazi.edu.tr

# Uncovering Misconceptions: Development of a Three-Tier Conceptual Diagnostic Tool on the Human Circulatory System\*

Şeyma Nur CANER 

Yozgat Bozok University, School of Graduate Studies

Ferhat KARAKAYA 

Yozgat Bozok University, Faculty of Education

Mehmet YILMAZ 

Gazi University, Gazi Faculty of Education

## ABSTRACT

The circulatory system plays a critical role in maintaining organismal homeostasis through its multifaceted functions, including the transport of oxygen, carbon dioxide, nutrients, and hormones, as well as the regulation of water and electrolyte balance, pH homeostasis, thermoregulation, and immune system support. However, the circulatory system is often incompletely or misunderstood by students due to its abstract concepts, complex interconnected structures, and conceptual inconsistencies in learning materials. Considering the spiral structure of science curricula in particular, it is of great importance that fundamental knowledge related to the circulatory system is accurately taught at an early age, as this forms the foundation for the acquisition of more advanced biological concepts. Therefore, developing valid and reliable assessment tools that can identify students' conceptual understanding and misconceptions is of great importance. This study aimed to develop a three-tier conceptual diagnostic test to assess sixth-grade students' understanding of the circulatory system. The study, which was conducted using the survey model, one of the quantitative research methods, was conducted with 225 students selected using the convenient sampling method. As a result, a ten-item test was developed that effectively measures students' learning levels related to the circulatory system. The test demonstrated strong reliability, with KR-20 = 0.85. The diagnostic test is considered to be a valuable instrument for identifying conceptual misconceptions and can serve as a useful resource to support instructional improvement in science education.

**Keywords:** Circulatory system, misconception, three-tiered concept test



Erciyes University Faculty of Education

Corresponding Author:  
Ferhat KARAKAYA



Type: Research

Article History

Received : 05.09.2025

Accepted : 29.09.2025

Published : 31.10.2025

## Suggested Citation

Caner, Ş.N., Karakaya, F. and Yılmaz, M. (2025). Uncovering misconceptions: development of a three-tier conceptual diagnostic tool on the human circulatory system. *Erciyes Journal of Education*, 9(2), 123-140. <https://doi.org/10.32433/eje.1778652>

\* The findings of this study were presented as an oral presentation at the 5th National Biology Education Congress (UBEK-2025).

1. Master's student, School of Graduate Studies, canerseymanur@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7972-2717>

2. Assoc. Prof. Dr., Science Education, ferhatk26@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5448-2226>

3. Prof. Dr., Biology Education, m.yilmaz@gazi.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6700-6579>

## Extended Abstract

### *Introduction*

The circulatory system constitutes one of the most fundamental biological systems in the human body, comprising the heart, blood vessels, and blood. It plays a crucial role in sustaining physiological functions such as the transport of oxygen and carbon dioxide, the distribution of nutrients and hormones, and the elimination of metabolic waste products. Furthermore, it plays an essential role in maintaining homeostatic balance and supporting immune functions (Zhao et al., 2023). Given the centrality of these processes to organismal survival, a comprehensive understanding of the circulatory system is indispensable in the context of biology education. However, research consistently reveals that students encounter significant challenges when attempting to conceptualize the components and functions of this system. These challenges are primarily attributed to the abstract and dynamic nature of the circulatory system, its microscopic structures, and the complexity of its physiological interactions (Gnidovec et al., 2020; Nurdiansyah, 2022). Students' limited knowledge of concepts often leads to the formation of alternative concepts; these are pre-existing ideas or intuitive explanations that deviate from scientifically accepted models. When these alternative frameworks persist, they may solidify into deeply held misconceptions that resist conventional instruction and actively hinder the acquisition of accurate scientific knowledge (Çalgıcı & Duru, 2023; Cooper & Klymkowsky, 2013). The persistence of such misconceptions can obstruct meaningful learning and influence students' attitudes toward science more broadly. Therefore, identifying and addressing these cognitive obstacles is of central importance in science education.

In an effort to identify students' misconceptions and gaps in understanding, a range of diagnostic tools and techniques have been developed and implemented within educational research. Among the most widely recognized diagnostic approaches are structured interviews, open-ended questionnaires, concept maps, and tiered multiple-choice assessments, each offering unique insights into students' conceptual understanding (Laçın Şimşek, 2022). Each of these methods provides distinct insights into student thinking, yet they vary in their efficiency, scalability, and diagnostic depth. In recent years, the three-tier diagnostic test model has gained prominence for its ability to offer a more nuanced assessment of student understanding. This format combines a traditional multiple-choice question with an open reasoning prompt and a confidence rating scale. Unlike two-tier tests which only assess selected responses and reasoning the three-tier model adds a metacognitive dimension, thereby enabling researchers and educators to distinguish between guessing, partial understanding, and confidently held misconceptions (Caleon & Subramaniam, 2010; Şenyiğit & Silay, 2019). The integration of confidence ratings is particularly valuable. Research has shown that students who hold misconceptions often express high confidence in their incorrect answers, which makes such misconceptions more resistant to change (Jamaluddin et al., 2023). Conversely, students who are unsure or display low confidence in their answers are more likely to benefit from targeted instructional interventions. Thus, the three-tier diagnostic approach not only reveals the presence of erroneous ideas but also offers insight into their cognitive robustness. This information is critically important for the design of pedagogical strategies aimed at fostering conceptual change. In line with constructivist learning theories, meaningful learning occurs when students actively integrate new information with their existing knowledge base (Gil-Perez & Carrascosa-Alis, 1994). Accordingly, recognizing and addressing prior beliefs is a prerequisite for effective science instruction (Simard, 2023; Thouin, 2020).

### *Method*

Against this backdrop, the present study set out to develop a three-tier diagnostic test designed to evaluate sixth-grade students' understanding of the human circulatory system. The specific objectives were twofold: (1) to construct a valid and reliable instrument grounded in curriculum standards and expert validation,

and (2) to employ this instrument to detect students' conceptual understanding, misconceptions, and epistemic uncertainty regarding key physiological concepts. The study utilized a quantitative survey methodology and was conducted with a sample of 225 sixth-grade students, who were selected through convenience sampling from public middle schools. The selection of sixth grade was intentional, as national curriculum guidelines introduce circulatory system concepts at this educational level. The initial development of test items was guided by the Turkish Ministry of National Education's science curriculum and supplemented by relevant literature on common student misconceptions in biology. Following this, a panel of subject-matter experts in science education and biology reviewed the draft items to ensure content validity, clarity, and alignment with learning objectives. A pilot test was administered to a smaller sample to identify ambiguities and revise items accordingly. The final version of the diagnostic tool comprised ten three-tier items, each assessing a distinct conceptual area within the topic of the circulatory system. Each item in the test was structured according to the three-tier model: the first tier presented a multiple-choice question, the second tier required students to justify their chosen answer from a set of reasoning options, and the third tier prompted them to indicate their confidence level (high, medium, or low). Responses were evaluated using a scoring rubric adapted from Arslan et al. (2012) and Şen and Yılmaz (2015). Only responses that included a correct answer, scientifically accurate reasoning, and high confidence were scored as fully correct. This rigorous scoring approach ensured that only well-integrated and confidently endorsed scientific concepts were recognized as valid evidence of understanding.

### *Findings*

Statistical analyses of the test responses indicated that the instrument exhibited robust psychometric properties. Item difficulty indices ranged from 0.31 to 0.74, while discrimination indices varied between 0.35 and 0.67, demonstrating the test items' efficacy in distinguishing among students with different levels of conceptual understanding. Internal consistency reliability was also high, with KR-20 = 0.85. These metrics support the diagnostic test's reliability and validity for measuring circulatory system understanding among middle school students. The findings of the study underscore the utility of three-tier diagnostic assessments in capturing the multifaceted nature of student understanding. The test not only identified students who had mastered the content but also revealed those who held misconceptions with strong confidence a group typically resistant to change through traditional instructional approaches. Additionally, the test distinguished students who exhibited uncertainty or partial knowledge, suggesting potential for learning when provided with appropriate scaffolding. Thus, the instrument offers a valuable resource for educators seeking to design responsive teaching strategies that facilitate conceptual change.

### *Discussion & Conclusion*

Beyond its immediate classroom application, the diagnostic tool developed in this study has implications for educational research and curriculum development. It can be employed as a pre- and post-instruction assessment to measure learning outcomes, as a needs analysis tool for instructional planning, or as a research instrument for investigating the cognitive dimensions of science learning. Moreover, the test structure is adaptable and could be extended to assess student understanding in other science domains, including respiratory, digestive, or nervous systems. Future studies may explore its use across different grade levels, demographic groups, or instructional settings to further validate its generalizability. In conclusion, the development and validation of a three-tier diagnostic test on the circulatory system contribute meaningfully to the field of science education by offering a robust tool for uncovering and addressing student misconceptions. The study highlights the necessity of moving beyond surface-level assessment toward more diagnostically rich approaches that account for reasoning and confidence. Furthermore, it contributes to the broader objective of promoting a deep and lasting comprehension of scientific concepts among learners from an early stage.

## Giriş

İnsan kan dolaşım sistemi; kan, kan damarları ve kalpten oluşan fizyolojinin önemli bir parçasıdır (Zhao vd., 2023). Oksijen, karbondioksit, besin maddeleri, metabolik atıklar ve hormonları taşıma gibi birçok metabolik olayda görev alan dolaşım sisteminin hayati önemi bulunmaktadır (Simon vd., 2017). Bu kapsamda gerek ortaokul gerekse ortaöğretim programlarında dolaşım sistemine yönelik kazanımlar olduğu bilinmektedir. Öğretim Programı incelendiğinde, “F.6.2.3.1. Dolaşım sistemini oluşturan yapı ve organların görevlerini model kullanarak açıklar. F.6.2.3.2. Büyük ve küçük kan dolaşımını şema üzerinde inceleyerek bunların görevlerini açıklar. F.6.2.3.3. Kanın yapısını ve görevlerini tanımlar. F.6.2.3.4. Kan grupları arasındaki kan alışverişini ifade eder. F.6.2.3.5. Kan bağışının toplum açısından önemini değerlendirir (MEB, 2018, s. 32-33)” şeklinde kazanımlar yer almaktadır. Biyoloji Dersi Öğretim Programında; “11.1.4.1. Kalp, kan ve damarların yapı, görev ve işleyişini açıklar. 11.1.4.2. Lenf dolaşımını açıklar. 11.1.4.3. Dolaşım sistemi rahatsızlıklarını açıklar. 11.1.4.4. Dolaşım sisteminin sağlıklı yapısının korunması için yapılması gerekenlere ilişkin çıkarımlarda bulunur (MEB 2018b, s. 25-26)” şeklinde kazanımlar bulunmaktadır. Ancak dolaşım sisteminin karmaşık yapısı (Zhao vd., 2023) nedeniyle öğrenciler sıklıkla alternatif kavramlar üretmekte ve kavram yanlışlığına düşmektedir (Gnidovec vd., 2020; Nurdiansyah, 2022).

Öğrenme sürecinde öğrenciler, genellikle alternatif kavramlar olarak etiketlenen yerleşik bilimsel bilgiden farklı birçok kavram üretirler (Zhao, 2023). Üretilen alternatif kavramlar, zaman içerisinde öğrencilerde kalıcı hâle gelir. Bu noktadan sonra alternatif kavramlar öğrencilerin değiştirmekte direnç gösterdikleri kavram yanlışlığı hâline dönüşür. Kavram yanlışlığı, bilimsel kaynaklarla açıklanmış ve kabul edilmiş kavramlara karşı öğrencilerin geliştirdiği kavramlardır (Çalgıcı ve Duru, 2023). Bir başka ifadeyle kavram yanlışlığı, bilimsel olarak doğru olmayan, hatalı ön bilgiler ve yanlış fikirler gösteren bilimsel hatalı ifadeler olarak tanımlanmaktadır (Cooper ve Klymkowsky, 2013). Jung (2020)’a göre bilim insanları ve uzmanların üzerinde anlaşmaya vardığı bir kavramın yanlış anlaşılması ve alternatif kavramın oluşturulması kavram yanlışlığı olarak tanımlanmaktadır. Kavram yanlışlığının belirlenmesinde ve giderilmesinde farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklere “açık uçlu sorular, mülakatlar, yapılandırılmış grid, tanılayıcı dallanmış ağaç (TDA), anlam çözümleme tabloları, kavram haritaları ve teşhis testleri” örnek olarak verilebilir (Laçın Şimşek, 2022). Genellikle iki ya da üç aşamadan oluşan teşhis (diagnostik) testlerinin ilk bölümünde, kök soru olarak adlandırılan bir soru ve bu soruya ait cevap seçenekleri yer almaktadır. İkinci bölümde ise, bireyin birinci aşamada verdiği cevabın gerekçelerini ortaya koymak için farklı madde tipli (çoktan seçmeli, açık uçlu sorular vb.) yer almaktadır. Teşhis testlerini klasik çoktan seçmeli testlerden ayıran temel özellik gerekçe kısmıdır; zira bu bölümde öğrenciden, ilk soruya verdiği yanıtın nedenini ifade etmesi ya da açıklaması beklenmektedir (Laçın Şimşek, 2022).

Yapılan araştırmalarda, iki aşamalı teşhis testlerinin “gerçekten var olan kavram yanlışlarından kaynaklanan hatalar ile bilgi eksikliği neticesinde yapılan hataları ve gerçek bir bilimsel dayanağa göre verilen doğru cevaplar ile tahmine dayalı olarak verilen doğru cevapları birbirinden ayırt etme” noktasında limitlerinin olduğu vurgulanmıştır (Caleon ve Subramaniam, 2010; Şenyiğit ve Sılay, 2019). Bu limitlerin ortadan kaldırılması ve daha etkin bir teşhis yapılabilmesi için üçüncü aşama olacak şekilde tanı testleri geliştirilmiştir. Teşhis/tanı (diagnostik) testlerinin ilk iki aşaması benzerlik göstermekte birlikte üçüncü aşama ayırt edici bir özelliktir. Üç aşamalı testlerinin üçüncü aşamasında katılımcıların vermiş oldukları cevaplardan emin olma durumları sorulmaktadır (Yang ve Lin, 2015). Çünkü kavram yanlışlığı olan bireyler cevaplarında ısrarcıdır (Karakaya, Bilgili, Soysal ve Yılmaz, 2023).

Biyoloji kavramlarına yönelik yanlışlığa sahip bir öğrenci, öğrenme sürecini doğru bir şekilde yönetememekte (Jamaluddin, Jufri ve Ramdani, 2023) ve akademik başarı düzeyini düşürmektedir (Karakaya, Bozkurt ve Yılmaz, 2022). Çünkü anlamlı öğrenme, yeni öğrenilen bilgiler ile önceden

öğrenilmiş bilgiler arasında bağlantı kurulması sonucunda gerçekleşmektedir (Gil-Perez ve Carrascosa-Alis, 1994). Anlamalı öğrenmenin gerçekleştirilebilmesi için kavram yanlışlarının anlaşılması, tanımlanması, nedenleriyle birlikte analiz edilmesi ve giderilmesi gerekmektedir (Simard, 2023; Thouin, 2020). Yapılan birçok çalışma kavram yanlışlarının öğrencilerin kendilerinden, öğretmenlerden, ders kitaplarından ve öğretim yöntemlerinden kaynaklandığını göstermektedir (Puspitasari, Puspitasari, Jalmo ve Yolida, 2017; Yılmaz vd., 2017). Ayrıca öğrencilerin kavram yanlışlarını üst sınıflara taşıyabilecekleri ve ilerleyen düzeyde mesleki hayatlarına aktarabilecekleri ifade edilmektedir (Peker ve Taş, 2020). Öğrencilerin öğrenmelerinin (doğru öğrenme, kavram yanlışlığı, bilgi eksikliği ve güven eksikliği/sansa dayalı tahmin) belirlenmesi öğretim sürecinin geleceği ve öğretim programında kazanımlara ulaşılma düzeyi açısından oldukça önemlidir. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan öğretim programlarının sarmal yapısı gereğince sınıf seviyelerine göre “tekrar eden kazanımlara ve açıklamalara” yer verilerek bütüncül bir yaklaşımın oluşturulması hedeflenmektedir. Altıncı sınıfta öğrenim gören öğrencilerin dolaşım sistemine yönelik öğrenmeleri, ilerleyen eğitim hayatlarını da etkileyecektir. Bu nedenle öğrencilerin dolaşım sistemine yönelik öğrenmelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Konu ile ilgili alan yazın incelendiğinde, dolaşım sistemine yönelik farklı uygulamaların başarı, tutum, kalıcılık gibi özelliklere etkisi (Aytekin ve Topçu, 2023; Özay Köse ve Yıldırım, 2020) ve ders kitaplarının incelenmesi (Sevinç, Zeynoğlu ve İmert, 2022; Yıldız, Şimşek ve Araz, 2016; Yılmaz vd., 2021; Yılmaz vd., 2017) gibi konularda araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Öğrencilerin dolaşım sistemi özelinde öğrenmelerinin tespitinde kullanılacak üç aşamalı kavram testi geliştirilmesine yönelik çalışmaların ise az sayıda olduğu görülmektedir (Maulana vd., 2023; Zhao vd., 2023). Bu kapsamda araştırmada, altıncı sınıf öğrencilerinin dolaşım sistemi konusuna yönelik öğrenmelerinin belirlenmesinde kullanılacak üç aşamalı bir kavram testinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## Yöntem

### Araştırma Deseni

Araştırmada, nicel araştırma desenlerinden biri olan tarama modeli kullanılmıştır. Tarama modeli, yapısında birçok farklı değişken barındıran evreni değerlendirmek için evren veya evrenden seçilen bir örneklem üzerinde yapılan taramalar sistemidir (Karasar, 2006). Ayrıca tarama modeli, evreni bir bütün olarak değerlendirmek için çok bileşenli bir evren, evrenin tamamı veya ondan alınan bir örneklem veya örneklem üzerinde yapılan bir çalışmadır. Bu araştırmada da öğrencilerin dolaşım sistemine yönelik öğrenmelerinin belirlenmesi ve yorumlanabilmesi için tarama modeli tercih edilmiştir.

### Evren ve Örneklem

Araştırmanın katılımcıları gönüllülük esasına göre uygun örneklem yöntemi dikkate alınarak belirlenmiştir. Uygun örnekleme, araştırmaya katılabilecek bireylere ulaşmanın güç olduğu ya da zaman, maliyet ve erişim sınırlılıklarının bulunduğu durumlarda araştırmacıya kolaylık sağlayan ve literatürde sıklıkla kullanılan bir örnekleme yöntemidir (Patton, 2014). Bu yöntemde temel ölçüt, araştırmaya katılmaya istekli ve araştırma sürecine uygun bireylerin gönüllülük esasına göre belirlenmesidir. Araştırmada uygun örnekleme yönteminin seçilmesinin temel nedeni, çalışma grubunun altıncı sınıf öğrencilerinden oluşması ve bu öğrencilere doğrudan erişimin okul yönetimleri ve velilerin izin süreçlerine bağlı olmasıdır. Katılımcıların gönüllülük esasına göre belirlenmesi, etik ilkelerin gözetilmesini ve araştırmanın sağlıklı bir biçimde yürütülmesini sağlamıştır. Ayrıca il merkezi ve ilçelerde öğrenim gören öğrencilerden katılım sağlanması, örneklemede heterojenliğin artırılmasına ve farklı sosyo-kültürel

bağlamlardan öğrencilerin araştırmaya dâhil edilmesine imkân tanımıştır. Dolayısıyla uygun örnekleme yöntemi hem araştırmanın pratik koşulları hem de örnekleme çeşitliliği sağlanması açısından en uygun yöntem olarak tercih edilmiştir. Araştırmanın örnekleme hakkında gerekli açıklamalar Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Katılımcıların demografik bilgileri

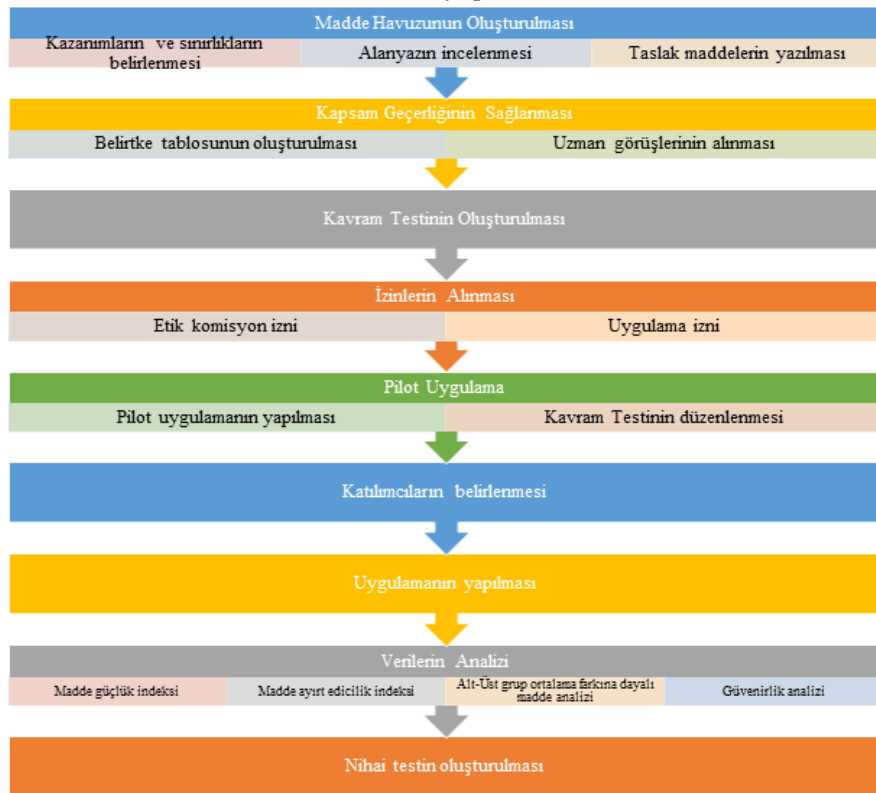
Demografik bilgi		N	%
Cinsiyet	Kadın	105	46.6
	Erkek	120	53.4
Okul Yerleşim yeri	İl	185	82.3
	İlçe	40	17.7

Tablo 1’deki bulgular incelendiğinde, araştırmanın çalışma grubunun %46.6’sı (N=105) kadın ve %53.4’ünün (N=120) erkek öğrenciden oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin %17.7’si (N=40) ilçe merkezinde ve %82.3’ü ise (N= 185) il merkezinde bulunan okullarda öğrenim görmektedir.

### Veri Toplama Araçları

#### Üç Aşamalı kavram testinin geliştirilme süreci

Araştırmanın amaç ve hedeflerine ulaşılabilmesi için yapılan işlemler Şekil 1’de özetlenmiştir.



**Şekil 1.** Üç aşamalı kavram testinin geliştirilmesi

#### Madde havuzunun oluşturulması

Madde havuzunun oluşturulmasında öncelikle öğretim programında yer alan kazanımlar (öğrenme çıktıları) ve sınırlıkları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daha sonra alan yazında dolaşım sistemi (Aytekin ve

Topçu, 2023; Canlas ve Molino-Magtolis, 2022; Keçeci, Yıldırım ve Kırbağ Zengin, 2019; Maulana vd., 2023; Zhao vd., 2023) ve ders kitaplarının bilimsel olarak incelendiği araştırmalar (Gündüz vd., 2016; Yılmaz vd., 2021; Yılmaz vd., 2018) incelenmiştir. Ayrıca hazırlanan maddelerin bilimsel içerik açısından doğruluğu için uluslararası kabul görmüş alan kitapları (*Campbell Biyoloji, Campbell Temel Biyoloji, Yaşam bilimi biyoloji, Zooloji Entegre Prensipler*) referans alınmıştır. Hazırlanan maddeler üç aşamalı tanı testi kuralları dikkate alınarak oluşturulmuştur. 20 madde olacak şekilde madde havuzu hazırlanmıştır. Alan yazında üç aşamalı kavram yanlışlığı tanı testlerinin bazı örneklerinde sebep basamağında “diğer” seçeneğine de yer verildiği görülmektedir. Bu seçeneğin eklenmesindeki temel amaç, öğrencilerin verilen seçeneklerden bağımsız olarak farklı gerekçeler sunmasına imkân tanımak ve böylece alan yazında tanımlanmamış kavram yanlışlarının da belirlenebilmesidir (Treagust, 1988). Bu çalışmada ise “diğer” seçeneğine yer verilmemesinin birkaç gerekçesi bulunmaktadır. İlk olarak, test maddeleri hazırlanırken kapsamlı bir alan yazın taraması yapılmış, alan yazında rapor edilen tüm kavram yanlışları derlenmiş ve uzman görüşleri doğrultusunda seçenekler oluşturulmuştur. Böylece öğrencilerin karşılaşılabileceği kavram yanlışlarının büyük ölçüde kapsanması sağlanmıştır. İkinci olarak, “diğer” seçeneğinin bulunması bazı öğrencilerde kolaylığa kaçma, gerekçelerini açık biçimde ifade etmeden bu seçeneği işaretleme eğilimi yaratabilmektedir. Bu durum, testin ölçme gücünü ve elde edilen verilerin yorumlanabilirliğini sınırlayabilmektedir. Dolayısıyla çalışmada “diğer” seçeneğinin bulunmaması bilinçli bir tercihtir; bu tercih hem kapsamlı içerik geçerliği çalışmasına hem de ölçme aracının geçerli ve güvenilir biçimde uygulanmasına dayanmaktadır.

#### *Kapsam geçerliğinin sağlanması*

Üç aşamalı kavram testine yönelik hazırlanan maddelerin kazanım ifadelerine uygun olup olmadığını belirlemek için belirtke tablosu hazırlanmıştır. Belirtke tablosu, hazırlanan maddelerin kapsam geçerliğini sağlayan yöntemlerden biridir (Üçüncü ve Sakız, 2020). Daha sonra kavram yanlışlığı, öğrenme süreçleri ve ders kitaplarının incelenmesi, başarı testi geliştirme gibi konularda araştırma yapan en az doktora derecesine sahip uzmanlardan (1 profesör, 1 doçent, 1 ölçme ve değerlendirme uzmanı ve 1 Fen Bilimleri öğretmeni) görüşleri alınarak kapsam geçerliği sağlanmıştır. Ayrıca, daha sonra bir Fen Bilimleri öğretmenin de görüşü alınarak hazırlanan maddelerin uygulanabilirliği (öğrenci seviyesi, dil vb.) incelenmiştir. 20 maddeden 4 tanesi ilgili uzmanlardan gelen farklı gerekçeler (dil, kazanım ilişkisi vb.) doğrultusunda havuzdan çıkartılmıştır.

#### *Pilot Uygulama*

Hazırlanan üç aşamalı kavram testinde yer alan maddelerin öğrenciler tarafından anlaşılma durumu ve testin uygulanma zamanı gibi değişkenlerin incelenmesi için yedinci sınıfta öğrenim gören öğrencilere (gönüllülük esasına göre) pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Yedinci sınıf öğrencileri ilgili konuyu daha önceden öğrenmeleri nedeniyle tercih edilmiştir. Süreç sonucunda elde edilen veriler, analiz edilerek gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

#### *Uygulamanın Yapılması*

Gönüllülük esasına göre araştırmaya katılmayı kabul eden altıncı sınıf öğrencilerine hazırlanan üç aşamalı kavram testi uygulanmıştır. Katılımcılara araştırmanın amacı ve hedefleri açıklanmıştır. Uygulama sürecinde katılımcılara bir ders saati (40 dakika) süre verilmiştir. Katılımcılar ilgili soruları yaklaşık 36

dakikada tamamlamışlardır.

### Verilerin Analizleri

Araştırma kapsamında elde edilen veriler Arslan, Çiğdemoglu ve Moseley (2012) tarafından geliştirilen ve Şen ile Yılmaz (2015) tarafından farklı çalışmalarda kullanılmak üzere uyarlanan “üç aşamalı skorlar için kodlama prosedürü” doğrultusunda analiz edilmiştir. Üç aşamalı skorlamaya ilişkin kodlama süreci ve puanlama ölçütleri Şekil 2’de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Score Türü	Birinci Aşama Sorusu	İkinci Aşama Sorusu	Üçüncü Aşama Sorusu	Puan Değeri
Puan-1	Doğru	-	-	1
Puan-2	Doğru	Doğru	-	1
Puan-3 ( <i>Bilimsel Doğru</i> )	Doğru	Doğru	Emin	1
Puan-4 ( <i>Bilgi Eksikliği</i> )	Doğru Yanlış Yanlış	Yanlış Doğru Yanlış	Emin değil Emin değil Emin değil	1
Puan -5 ( <i>Güven Eksikliği veya Şanslı Tahmin</i> )	Doğru	Doğru	Emin değil	1
Puan -6 ( <i>Kavram Yanılgısı</i> )	Yanlış	Yanlış	Emin	1
Puan -7 ( <i>Kavram Yanılgısı-Pozitif yönde Yanlış</i> )	Doğru	Yanlış	Emin	1
Puan -8 ( <i>Kavram Yanılgısı-Negatif yönde Yanlış</i> )	Yanlış	Doğru	Emin	1
Puan -9 ( <i>Güven Puanı</i> )	-	-	Emin	1

Şekil 2. Puanlama prosedürü (Şen ve Yılmaz, 2015)

Araştırma kapsamında geliştirilmesi hedeflenen dolaşım sistemine yönelik üç aşamalı kavram testine yönelik verilerin geçerlik-güvenirliğin sağlanabilmesi için aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır. Bu analizlerin belirlenmesinde alan yazında yer alan çalışmalar (İlhan ve Hoşgören, 2017; Sontay ve Karamustafaoğlu, 2020; Peker ve Taş, 2019; Üçüncü ve Sakız, 2020) dikkate alınmıştır:

- Madde güçlük indeksi,
- Madde ayırt edicilik indeksi
- Alt-üst grup ortalama farkına dayalı madde analizi
- Kuder-Richardson-20 (KR-20) güvenilirlik katsayısı

### Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde dolaşım sistemi konusuna yönelik öğrenmelerinin belirlenmesine yönelik üç aşamalı kavram testinin geliştirilme sürecinde gerçekleştirilen analiz sonuçları açıklanmıştır.

#### Testin Geçerlik-Güvenirlik Çalışması

##### Kapsam Geçerliği

Araştırma kapsamında dolaşım sistemine yönelik üç aşamalı kavram testinin belirtke tablosu oluşturulmuştur. Kazanımların ilişkili olduğu düşünme süreçleri için Haladayna (1997) taksonomisi referans alınmıştır. Araştırmanın kazanım ilişkilendirilmesi Şekil 3’te verilmiştir.

Kazanım	Bilişsel (Zihinsel) Düzey		
	Anlama	Problem Çözme	Eleştirel Düşünme
F.6.2.3.1. Dolaşım sistemini oluşturan yapı ve organların görevlerini model kullanarak açıklar.	16. Madde	11.Madde	-
F.6.2.3.2. Büyük ve küçük kan dolaşımını şema üzerinde inceleyerek bunların görevlerini açıklar.	7. Madde 8. Madde	5.Madde 10.Madde	1.Madde 4.Madde
F.6.2.3.3. Kanın yapısını ve görevlerini tanımlar.	9. Madde	6. Madde 13.Madde	2.Madde
F.6.2.3.4. Kan grupları arasındaki kan alışverişini ifade eder.	15.Madde	-	3.Madde
F.6.2.3.5 Kan bağışının toplum açısından önemini değerlendirir.	-	12.Madde	14.Madde

Şekil 3. Üç aşamalı kavram testine belirtke tablosu

Kapsam geçerliği için uzmanlardan her bir madde için farklı kriterler açısından (dil, bilimsel içerik, ölçme ve değerlendirme) görüşler alınmıştır. Uzmanlardan gelen görüşler doğrultusunda ilgili maddelerde iyileştirme çalışmaları yapılmış ve 13 maddeden oluşan taslak test oluşturulmuştur. Üç madde (14, 15, 16); bilimsel içerik ve kazanım uygunluğu açısından uzman görüşleri doğrultusunda testten çıkartılmıştır. Düzeltme yapılan maddelere ait örnek Tablo 2’de verilmiştir.

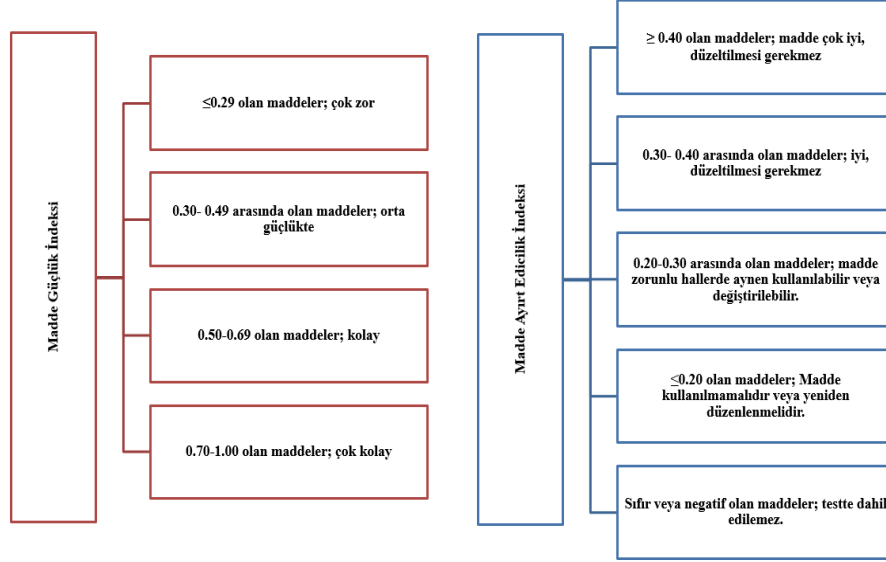
Tablo 2. Örnek madde uygulaması

Maddenin ilk hâli	Maddenin son hâli
Büyük kan dolaşımının <b>işlevi</b> aşağıdakilerin hangisinde <b>doğru</b> olarak verilmiştir?	Büyük kan dolaşımının <b>işlevi</b> aşağıdakilerin hangisinde <b>doğru</b> olarak verilmiştir?
A. Oksijence fakir kanı akciğerlere ulaştırmak B. Yapı ve organlara besin ve oksijen taşımak C. Kanı oksijence zenginleştirmek D. Kanı akciğerlerden kalbe ulaştırmak	A. Oksijence fakir kanı akciğerlere ulaştırmak B. Organlara besin ve oksijen taşımak C. Kanı oksijence zenginleştirmek D. Kanı akciğerlerden kalbe ulaştırmak
<b>Gereçeniz: Çünkü</b>	<b>Gereçeniz: Çünkü</b>
a. Oksijence zenginleştirilmiş kanı kalp ve tüm vücut dokuları arasında taşımaktır. b. Büyük kan dolaşımında kan oksijen bakımından zenginleştirilir. c. Büyük kan dolaşımı kalp ve akciğer arasında olur. d. Büyük kan dolaşımında sadece oksijen bakımından zengin kan taşınır.	a. Büyük kan dolaşımında oksijence zengin kan, kalpten tüm vücut dokularına taşınır. b. Büyük kan dolaşımında kan oksijen bakımından zenginleştirilir. c. Büyük kan dolaşımı kalp ve akciğer arasında olur. d. Büyük kan dolaşımında sadece oksijen bakımından zengin kan taşınır.
<b>Emin olma durumunuz</b>	<b>Emin olma durumunuz</b>
a. Eminim b. Emin değilim	a. Eminim b. Emin değilim

### Madde Analizi

Araştırmanın geçerlik çalışmalarına yönelik olarak yürütülen madde analizinde, her bir madde için güçlük indeksi (Pj) ve madde ayırt edicilik indeksi (rjx) belirlenmiştir (Tablo 3). Bu süreçte, üç aşamalı kavram testinden elde edilen puanlar büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve katılımcılar, sıralamaya göre alt ve üst %27’lik gruplara ayrılmıştır. Dolaşım sistemi konusuna ilişkin geliştirilen üç aşamalı kavram testinin

analizinde, yalnızca bilimsel açıdan tam doğru kabul edilen yanıt kombinasyonları (1. aşamada doğru cevap, 2. aşamada doğru gerekçe, 3. aşamada "eminim" ifadesi) dikkate alınmış ve bu yanıtlar Puan-3 (Bilimsel Doğru) kategorisi kapsamında değerlendirilmiştir. Testte yer alacak maddelerin seçimi ise, Çalık ve Ayas'ın (2003) hazırladığı çalışmalarında önerilen ölçütler temel referans alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Madde Analizi Kriterleri (Çalık ve Ayas, 2003)

Tablo 3. Taslak testin madde güçlük ve ayırt edicilik değerleri

Taslak Testteki Madde Numarası	Nihai Testteki Madde Numarası	Da	Dü	Pj	r <sub>jx</sub>
M1	M1	1	15	0.14	0.52
M2	Testten çıkartıldı	0	5	0.04	0.27
M3	Testten çıkartıldı	2	5	0.06	0.09
M4	M2	1	17	0.16	0.55
M5	M3	2	40	0.37	0.72
M6	Testten çıkartıldı	0	8	0.07	0.22
M7	M4	2	37	0.35	0.70
M8	M5	0	27	0.24	0.64
M9	M6	1	29	0.27	0.57
M10	M7	0	21	0.19	0.55
M11	M8	1	9	0.09	0.36
M12	M9	3	46	0.44	0.73
M13	M10	0	33	0.29	0.69

Dü=üst gruptan soruyu doğru cevaplayanların sayısı; Da=alt gruptan soruyu doğru cevaplayanların sayısı

Tablo 3'te verilen bulgular incelendiğinde, taslak testte M2, M3 ve M6 numaralı olarak verilen maddelerin madde güçlük (zor madde) ve ayırt edicilik değerlerinin (zorunlu hâllerde kullanılabilir) kabul edilebilir aralıklarda olmadığı belirlenmiştir.

Dolaşım sitemine yönelik üç aşamalı kavram testinden ilgili maddeler çıkarıldıktan sonra yapılan betimsel istatistikler Tablo 4'te tanımlanmıştır.

**Tablo 4.** Üç aşamalı kavram testi betimsel istatistik değerleri

Betimsel İstatistikler	Değerler
Kişi sayısı (%27'lik grup)	112
Soru sayısı	10
Aritmetik ortalama	2.54
Varyans	6.94
Standart sapma	2.64
Çarpıklık	0.58
Basıklık	-0.85
En yüksek puan	10
En düşük puan	0

### Testin Güvenirlik Çalışmaları

Testin ölçmek istenilen özelliği ne kadar doğru ölçtüğü güvenirlilik göstergesidir. Güvenirlilik düzeyini belirli değerler ile ifade edebiliriz. Bu değerler 0 ile 1 arasındadır. Güvenirlilik değerinin 1'e yaklaşması testin güvenirliliğinin artması anlamına gelmektedir. Araştırma kapsamında hazırlanan kavram testinin güvenirlilik değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Üç aşamalı kavram testinin güvenirlilik değerleri

Madde sayısı	KR-20 İndeksi
10	0.85

Tablo 5'teki bulgular incelendiğinde on maddeden oluşan dolaşım sistemi konusuna yönelik üç aşamalı kavram testinin güvenirlilik değerlerinin (KR-20=0.85) olduğu tespit edilmiştir.

### Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu araştırmada, dolaşım sistemi konusuna yönelik öğrenmelerin belirlenmesinde kullanılacak üç aşamalı tanı testinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Üç aşamalı kavram testinin geliştirme sürecinde dolaşım sistemine yönelik yapılan alan yazındaki başarı testi geliştirme, kavram yanlışları belirleme yöntemleri gibi konulara odaklanmış çalışmalar referans alınmıştır (Maulana vd., 2023; Zhao vd., 2023). Hazırlanan maddelerin kapsam geçerliği için hem belirtke tablosu hazırlanmış hem de uzman görüşü (2 akademisyen, 1 ölçme ve değerlendirme uzmanı, 1 fen bilimleri öğretmeni) alınmıştır. Uzmanların incelemeleri doğrultusunda gereken düzenlemeler yapılarak tekrar görüşlerine başvurulmuştur. Daha sonra kavram testinin pilot ve esas uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Son olarak testin madde analizi yapılarak güvenirlilik ve geçerlik çalışması yapılmıştır. Bichi'e (2015)'e göre madde analizi, ölçme araçlarının geliştirilmesi ve öğrenci performansının değerlendirilmesinde oluşturulacak ölçütler açısından kritiktir. 13 maddeden oluşan taslak form, yapılan madde analizleri sonucunda 10 maddelik nihai üç aşamalı kavram testi formuna kavuşmuştur. Madde ayırt edicilik indeksleri ile her bir maddenin kalitesinin belirlenmesi (kolay madde, zor madde, ayırt edici madde vb.) sağlanmaktadır (Adeleke ve Joshua, 2015; Kurt, Aydın ve Bekereci, 2023).

Araştırma kapsamında geliştirilen testin güvenirlilik katsayısı [KR-20 = 0.85] yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu sonuç, testin öğrencilerin kavram yanlışlarının geçerli ve güvenilir bir biçimde ölçülebileceğini

göstermektedir. Doğru cevapların 1, yanlış cevapların ise 0 puan olarak kodlandığı testlerde kullanılan KR-20 benzer biçimde testin iç tutarlılığını değerlendirmeye yönelik yöntemlerdir (Atılğan, 2013). Güvenirlik katsayısının 0.40'ın altında olması düşük güvenirlilik anlamına gelirken, 0.40–0.60 arası değerler yetersiz güvenirlilik düzeyini; 0.60–0.90 aralığındaki değerler testin güvenilir olduğunu; 0.90 ve üzeri değerler ise yüksek düzeyde güvenilirliği işaret etmektedir (Can, 2014). Bu çalışmada elde edilen değerlerin 0.70'in üzerinde olması testin güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır (Kehoe, 1995). Nitekim alan yazında da başarı testlerinin güvenirlilik katsayılarının 0.70 ve üzerinde olmasının testin güvenilirliğine ilişkin güçlü bir kanıt olarak kabul edildiği bildirilmektedir (Ayvacı ve Durmuş, 2016; Kurt vd., 2023; Uçar ve Aktamış, 2019). Bu bağlamda, geliştirilen üç aşamalı kavram testinin güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir.

### Öneriler

Araştırmanın sonuçları dikkate alınarak öğrencilerin dolaşım sistemine yönelik öğrenmelerinin belirlenmesi için aşağıda belirtilen öneriler sunulmuştur:

- ❖ Test, öğretmenler tarafından tanılayıcı değerlendirme aracı olarak kullanılabilir. Bu sayede kavram öğretiminde öğrenciye özgü müdahaleler yapılabilir.
- ❖ Test sonuçlarına göre en sık karşılaşılan yanlışlar belirlenip, bunları gidermeye yönelik deneysel veya uygulamalı öğretim materyalleri geliştirilebilir.
- ❖ Merkezi sınav ve değerlendirme sistemlerinde sadece bilgi değil, gerekçe ve güven ölçütünü de içeren tamamlayıcı değerlendirme formatlarının yaygınlaştırılması önerilebilir.

### Sınırlılıklar

Bu araştırma, bazı sınırlılıklar çerçevesinde yürütülmüştür. Çalışma yalnızca altıncı sınıf düzeyindeki öğrencilerle sınırlı olup elde edilen bulgular bu düzey için geçerlidir. Katılımcılar belirli bir bölgedeki il ve ilçe merkezlerinde yer alan okullardan seçildiğinden coğrafi çeşitlilik sınırlıdır. Ayrıca çalışmada yalnızca nicel veri toplama aracı (üç aşamalı kavram testi) kullanılmış, öğrencilerin kavram yanlışlarının derinlemesine nedenleri nitel verilerle desteklenmemiştir. Uygulamanın belirli bir zaman diliminde gerçekleştirilmiş olması da öğrencilerin öğrenme süreçlerindeki uzun vadeli değişimleri gözlemlemeyi kısıtlamıştır.

**Etik Kurul Onayı:** Araştırma etiği ve yasal yükümlülükler gereğince bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun 17.04.2024 tarih ve 13/20 numaralı kararına istinaden yürütülmüştür.

**Yazar Katkı Oranı Beyanı:** Yazarlar araştırmaya eşit oranda katkı sağlamışlardır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir.

**Teşekkür:** Bu çalışmanın ortaya çıkmasında destekleri olan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

### Kaynakça

- Adeleke, A. A. ve Joshua, E.O (2015). Development and validation of scientific literacy achievement test  
Adeleke, A. A. & Joshua, E. O. (2015). Development and validation of scientific literacy achievement test to assess senior secondary school students' literacy acquisition in physics. *Journal of Education and Practice*, 6(7), 28–43.
- Arslan, H. Ö., Çiğdemoğlu, C. ve Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess preservice teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667–1686. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.680618>
- Atılğan, H. (Ed.). (2013). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (6. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Aytekin, A. ve Topçu, M. S. (2023). The effect of integrating computational thinking (CT) components into science teaching on 6th grade students' learning of the circulatory system concepts and CT skills. *Education and Information Technologies*, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12103-x>
- Ayvacı, H. Ş. ve Durmuş, A. (2016). Bir başarı testi geliştirme çalışması: Isı ve sıcaklık başarı testi geçerlik ve güvenilirlik araştırması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(1), 87–102.
- Bichi, A. A. (2015). Item analysis using a derived science achievement test data. *International Journal of Science and Research*, 4(5), 1655–1662.
- Caleon, I. S. ve Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313–337.
- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (2. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Canlas, I. P. ve Molino-Magtolis, J. (2022). Reflecting on the relevance of drawing as a tool in eliciting pre-service teachers' preconceptions of human organs and organ systems. *Journal of Biological Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2147207>
- Cooper, M. M. ve Klymkowsky, M. W. (2013). The trouble with chemical energy: Why understanding bond energies requires an interdisciplinary systems approach. *CBE—Life Sciences Education*, 12(2), 306–312. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-10-0170>
- Çalgıcı, G. ve Duru, M. K. (2023). The effect of differentiated instruction on mass and weight misconceptions and academic achievement. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 57(57), 201–225. <https://doi.org/10.15285/maruaebd.1117542>
- Çalık, M. ve Ayas, A. (2003). Çözeltilerde kavram başarı testi hazırlama ve uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(14), 1–17.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. ve Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Higher Education.

- Gil-Perez, D. ve Carrascosa-Alis, J. (1994). Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: A permanent feature in innovations in science teaching. *Science Education*, 78(3), 301–315. <https://doi.org/10.1002/sce.3730780310>
- Gnidovec, T., Žemlja, M., Dolenc, A. ve Torkar, C. (2020). Using augmented reality and the structure–behaviour–function model to teach lower secondary school students about the human circulatory system. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 774–784. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09850-8>
- Gömlüksiz, M. ve Erkan, S. (2010). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Gündüz, E., Yılmaz, M. ve Çimen, O. (2016). The investigation of the 10th year biology textbook of national education ministry (MoNE) as regards to scientific concept. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2), 414–430. <https://dergipark.org.tr/en/pub/befdergi/issue/28762/307851>
- Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. London: Allyn & Bacon.
- Hickman, P. C., Roberts, S. L., Larson, A., I'Hanson, A. ve Eisenhour, D. J. (2016). *Zooloji: Entegre prensipler* (16. baskıdan çev. ed. E. Gündüz). Ankara: Palme Yayıncılık.
- İlhan, N. ve Hoşgören, G. (2017). Fen bilimleri dersine yönelik yaşam temelli başarı testi geliştirilmesi: Asit baz konusu. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 5(2), 87–110.
- Jamaluddin, J., Jufri, A. W. ve Ramdani, A. (2023). Effect of e-readiness skills, metacognitive awareness, and biological literacy on the high school students' misconceptions. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2), 252–264. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.37536>
- Jung, J. (2020). Diagnosing causes of pre-service literature teachers' misconceptions on the narrator and focalizer using a two-tier test. *Education Sciences*, 10(4), 104. <https://doi.org/10.3390/educsci10040104>
- Karakaya, F., Bilgili, C., Soysal, N. & Yılmaz, M. (2023). Investigation of secondary school students' learning about the fungi kingdom. *Turkish Journal of Education*, 12(4), 227–242. <https://doi.org/10.19128/turje.1334348>
- Karakaya, F., Bozkurt, S. ve Yılmaz, M. (2022). Developing preschool students' awareness of living things: Fungi in nature. *Pedagogical Research*, 7(1), e0116. <https://doi.org/10.29333/pr/1155>
- Karasar, N. (2006). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Keçeci, G., Yıldırım, P. ve Kırbağ Zengin, F. (2019). Sistemler akademik başarı testi: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 3(1), 96–114.
- Kehoe, J. (1995). Basic item analysis for multiple-choice tests. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(10), 13.
- Kelecioğlu, H. ve Göçer Şahin, S. (2014). Geçmişten günümüze geçerlik. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 5(2), 1–11.

- Kurt, A., Aydın, M. ve Bekereci, Ü. (2023). Achievement test development study for 6th grade sound and characteristics unit: Validity and reliability analysis. *E-International Journal of Educational Research*, 14(3), 20–33. <https://doi.org/10.19160/e-ijer.1226568>
- Laçın Şimşek, C. (2022). Kavram, kavram yanlışları, tespiti ve giderilmesi. In C. Laçın Şimşek (Ed.), *Fen öğretiminde kavram yanlışları tespiti ve giderilmesi* (ss. 1–25). Ankara: Pegem Akademi.
- Maulana, Y., Sopandi, W., Rosmiati, I. ve Agustina, N. S. (2023). Analysis of prior knowledge elementary school students using three-tier diagnostic test to identify blood circular system misconceptions. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 11(1), 55–69. <https://doi.org/10.23971/eds.v11i1.6298>
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018a). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018b). *Biyoloji Dersi Öğretim Programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/20182215535566-Biyoloji%20d%C3%B6p.pdf>
- Nurdiansyah, N. M., Jam' siawati, D., Arief, A., Khaeroni, K. & Habudin, H. (2022). Science learning patterns for primary school/madrasah ibtdaiyah: Use of circulatory bottle props on the circulatory system. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 166–178. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i1.1841>
- Özay Köse, E. ve Yıldırım, T. (2020). Dolaşım sistemi öğretiminde hikâye destekli etkinliklerin ilköğretim öğrencilerinin akademik başarı, tutum ve kalıcılığına etkisi. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 6(13), 68–84. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijhe/issue/54071/665220>
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri* (Çev. Ed.: M. Bütün & S. B. Demir). Ankara: Pegem Akademi.
- Peker, E. A. & Taş, E. (2020). Misconceptions of fifth grade students about the “Let’s travel and learn about the living world” unit. *Van Yüzcüncü Yıl University Journal of Education Faculty*, 17(1), 643–670. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.710025>
- Puspitasari, P., Jalmo, T. ve Yolida, B. (2017). Identification of students' misconceptions on photosynthesis and plant respiration. *Journal of Bioterdidik: Forum for Scientific Expression*, 8(2), 123–137.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. ve Jackson, R. B. (2013). *Campbell biyoloji* (Çev. Ed.: E. Gündüz & İ. Türkan). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sadava, D., Hillis, M. D., Heller, H. C. ve Berenbaum, M. R. (2014). *Yaşam bilimi biyoloji* (Çev. Ed.: E. Gündüz & İ. Türkan). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sevinç, Ö. S., Zeynoğlu, E. ve İmert, M. N. (2022). Ortaöğretim 11. sınıf biyoloji ders kitaplarındaki dolaşım sistemine ait görsellerin bilimsel içerik bağlamında incelenmesi. *Asya Öğretim Dergisi*, 10(2), 21–40. <https://doi.org/10.47215/aji.1153086>
- Sim, J. ve Wright, C. C. (2005). The kappa statistic in reliability studies: Use, interpretation, and sample size requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257–268.

- Simard, C. (2023). Microorganism education: Misconceptions and obstacles. *Journal of Biological Education*, 57(2), 308–316. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.2012345>
- Simon, E. J., Dickey, J. L., Hogan, K. A. ve Reece, J. B. (2017). *Campbell temel biyoloji* (Çev. Ed.: E. Gündüz & İ. Türkan). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sontay, G. ve Karamustafaoğlu, O. (2020). Fen bilimleri dersi “Güneş, Dünya ve Ay” ünitesine yönelik başarı testinin geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(2), 511–551. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gefad/issue/56462/670701>
- Şen, S. ve Yılmaz, A. (2017). The development of a three-tier chemical bonding concept test. *Journal of Turkish Science Education*, 14(1), 110–126. <https://doi.org/10.12973/tused.10193a>
- Şenyiğit, Ç. ve Sılay, İ. (2019). Basit elektrik devreleri konusunda üç aşamalı kavram testi geliştirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48, 69–87. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/deubefd/issue/51015/609631>
- Thouin, M. (2020). La didactique: Essentielle, mais menacée. *Didactique*, 1(1), 61–86. <http://dx.doi.org/10.37571/2020.0104>
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students’ misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Uçar, R. ve Aktamış, H. (2019). Astronomi’ye yönelik tutum ölçeği ve 7. sınıf “Güneş sistemi ve ötesi” ünitesine yönelik başarı testi geliştirme çalışması. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(1), 57–79.
- Üçüncü, G. ve Sakız, G. (2020). Başarı testi geliştirme süreci: İlkokul dördüncü sınıf maddeyi tanıyalım ünitesi örneği. *Kastamonu Education Journal*, 28(1), 82–94. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.3440>
- Yang, D. C. ve Lin, Y. C. (2015). Assessing 10- to 11-year-old children’s performance and misconceptions in number sense using a four-tier diagnostic test. *Educational Research*, 57(4), 368–388. <https://doi.org/10.1080/00131881.2015.1085235>
- Yıldız, E., Şimşek, Ü. ve Araz, H. (2016). Dolaşım sistemi konusunda eğitsel oyun yönteminin kullanılmasının öğrencilerin akademik başarı ve fen öğrenimi motivasyonu üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(36), 20–32. <https://dergipark.org.tr/en/pub/mkusbed/issue/44301/547052>
- Yılmaz, M., Gündüz, E., Çimen, O. ve Karakaya, F. (2017). Examining of biology subjects in the science textbook for grade 7 regarding scientific content. *Turkish Journal of Education*, 6(3), 128–142. <https://doi.org/10.19128/turje.318064>
- Yılmaz, M., Gündüz, E., Çimen, O., Karakaya, F. ve Aslan, İ. (2021). 6. sınıf fen bilimleri ders kitaplarının bilimsel içerik ve kazanımlar açısından incelenmesi. *E-Kafkas Journal of Educational Research*, 8(2), 101–122. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.947938>

- Yılmaz, M., Gündüz, E., Üçüncü, G., Karakaya, F. ve Çimen, O. (2018). Sekizinci sınıf fen bilimleri ders kitabındaki biyoloji konularının bilimsel içerik bakımından incelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 2(2), 1-16. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/aod/issue/41228/490889>
- Zhao, C., Zhang, S., Cui, H., Hu, W. ve Dai, G. (2023). Middle school students' alternative conceptions about the human blood circulatory system using four-tier multiple-choice tests. *Journal of Biological Education*, 57(1), 51-67.