



Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumlarının incelenmesi

Nilgün Aydın¹ & Abdullah Aydın²
^{1,2} Kırıkkale Üniversitesi

Bu araştırmanın amacı; fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumlarının incelenmesidir. Araştırmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nda 2017-2018 eğitim-öğretim yılında öğrenim gören 94 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının seçilmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir durum örnekleme kullanılmıştır. Veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen açık uçlu sorulardan oluşan soru formu kullanılmıştır. Nitel verilerin analizinde betimsel analiz ve betimsel istatistik kullanılmıştır. Bulgulara göre, öğretmen adaylarının, ses dalgalarının farklı ortamlardaki sürati ve ses dalgalarının yansımaları ile ilgili sorulara verdikleri cevaplar, bu konudaki bilgilerini günlük yaşamla daha kolay ilişkilendirdiklerini göstermektedir. Sesin frekansı ile ilgili sorulara verilen cevaplar, örneklemedeki öğretmen adaylarının bu konudaki bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirmekte zorluk çektiklerini göstermektedir. Sesin şiddet düzeyi ile ilgili sorulara verilen cevaplara göre öğretmen adaylarının yarıya yakınının bu konudaki bilgilerini günlük yaşamla doğru bir şekilde ilişkilendirdikleri görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ses dalgaları, günlük yaşamla ilişkilendirme, durum çalışması

Investigation of science teacher candidates of relating their sound waves knowledge with daily life

Abstract

The aim of this research is to examine the cases that the science teacher candidates are able to relate the knowledge about sound waves to daily life. Research is based on epistemological philosophy. In the study, case study method was used from qualitative research designs. The sample of the research is composed of 94 teacher candidates in Kırıkkale University, Faculty of Education, Science Education Department in the 3rd and 4th grades in 2017-2018 academic year spring semester. In the selection of teacher candidates, easy accessible case sampling was used from purposeful sampling methods. As a data collection tool, a test consisting of 16 open-ended questions in 4 groups developed by the researchers was used. It is thought that the support of the information about the sound waves by the daily life examples will contribute to the academic achievement by increasing the interest and motivation of the teacher candidates.

Keywords: Sound waves, Relating with daily life, Case study

Yazarlara ait bilgiler:

¹Öğr. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, nilgunaydin@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8163-9476

² Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., aaydin@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8629-6268

Atıf için;

Aydın, N. & Aydın, A. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumlarının incelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi (ESTÜDAM) Eğitim Dergisi (ESTUDAM Journal of Education)*, 4 (1), 1-13.

Giriş

Fen eğitimi ile bireylere sadece eğitim sürecinde kullanacakları alana ilişkin bilgi değil günlük yaşamda karşılaşılabilecekleri problemlere mantıklı ve yapıcı çözümler önerebilmelerini sağlayacak bilgilerin verilmesi gerekmektedir. Bunun yanında bireylere bilimsel düşünme becerileri kazandırarak onların fen okuryazarı bireyler olarak yetiştirilmesi amaçlanmalıdır (Yiğit, Devocioğlu ve Ayvacı, 2002). Yapılan araştırmalarda konuların gerçek hayata benzerlikleri öğrencilerin konulara olan ilgisini artırmakta ve bunun sonucunda öğrenmenin daha etkili gerçekleştiği belirtilmektedir (Fortus, Krajcik, Charles, Marx ve Mamlok-Naaman, 2005; Özmen,2003; Whittelegg ve Parry, 1999). Öğrencilerin edindikleri bilgileri günlük yaşamda karşılaşılan olaylarla bağdaştırabilme dereceleri, onlara verilen eğitimin ezberden ne derece uzak olduğunun bir göstergesidir. Eğitim sürecinde kazanılan bilgiler, günlük yaşamdaki olaylarla ilişkilendirilebildiği ölçüde kalıcı olurlar ve karşılaşılan yeni durumları yorumlamada daha kolay kullanılabilirler (Özmen, 2003). Smith ve Siegel (2004)'e göre bir insanın bir kavramı ya da düşünceyi tam olarak öğrenebilmesi; o kavramı ya da düşünceyi akademik ve günlük yaşamında uygulayabildiği takdirde mümkün olabilir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen bilimleri derslerinde öğrendikleri konuların hayatlarının her alanında var olduğunu fark etmeleri derslere karşı ilgi ve tutumlarını olumlu yönde etkileyecektir.

Bu çalışmaya konu olan ses dalgaları, mekanik dalgalar içinde günlük yaşantımızda önemli yeri olan boyuna dalgalardır. Bu dalgalar, herhangi bir ortamda ortamın özelliklerine bağlı olan bir hızla yayılırlar. Ses dalgaları, ortamda yayılırken; ortamın parçacıkları dalganın hareket doğrultusu boyunca yoğunluk ve hacim değişiklikleri üreterek titreşirler. Bu değişiklikler yüksek ve alçak basınç bölgelerinin oluşumuna yol açarlar. En basit ses dalgaları, belirli bir frekans, genlik ve dalga boyuna sahip olan sinüzoidal dalgalardır. Ses dalgaları, frekanslarına göre; insan kulağının işitebildiği dalgalar, ses altı (infrasonik) dalgalar ve ses üstü (ultrasonik) dalgalar olarak sınıflandırılırlar (Giancoli, 2009; Serway ve Beichner, 2015; Young ve Freedman, 2009) . Fen bilgisi öğretmen adayları da öğrenim süreçleri boyunca Fizik 1, Ses ve Işık, Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları ve Yer Bilimi gibi derslerde ses dalgaları ile ilgili bilgiler edinmektedirler. Bu bilgiler yaşamlarının birçok alanında karşılıklarına çıkmaktadır. Fen bilimlerinin içeriği düşünüldüğünde, fen bilimleri kapsamındaki konuların tamamının günlük yaşamla ilişkili olduğu görülmektedir (Enginar, Saka ve Sesli, 2002). Bu sebeple, öğretmen adaylarının öğrendikleri bu bilgileri günlük yaşamlarında karşılaştıkları olaylarla ilişkilendirebilmeleri, kalıcı, anlamlı ve hatırlanması kolay bilgilerin oluşmasına katkı sağlayabilir. Böylece bilgi düzeyleri yeterli olan öğretmen adayları, mesleklerini icra ederken kendi öğrencilerine aktardıkları bilgilerin günlük yaşamla ilişkilendirilmesi konusunda başarılı olabilirler. Öğrencilerin mevcut bilgilerini günlük yaşamlarında karşılaştıkları çeşitli durumlara uygulayarak olayları daha iyi kavramaları, motivasyonlarının artırılması, çevreye karşı bilinçlerinin gelişmesi ve günlük yaşamlarına uyum düzeylerini artırarak daha mutlu bireyler olmaları yönünde önemli katkılar sunacaktır (Pınarbaşı, Doymuş, Canpolat ve Bayrakçeken, 1998).

Literatürde özellikle kimya ve fizik konularının günlük yaşamla ilişkilendirilmesi ile ilgili çeşitli araştırmalar olduğu görülmektedir (Akgün, Tokur ve Duruk, 2016; Ayas ve Özmen, 1998; Balkan-Kıyıcı, 2008; Enginar, Saka ve Sesli, 2002; Kıyıcı ve Aydoğdu, 2011; Özmen, 2003; Pınarbaşı, Doymuş, Canpolat ve Bayrakçeken, 1998; Taşdemir ve Demirbaş, 2010; Türkoğuz ve Yankayış, 2015; Yadigaroglu ve Demircioğlu, 2012; Yıldırım ve Konur, 2014). Bu çalışmaların birçoğu, öğrencilerin fen derslerinde öğrendikleri kavramları günlük yaşama aktarmada problem yaşadıklarını göstermektedir. Akgün ve diğerleri (2016), *“Fen öğretiminde öğrenilen kavramların günlük yaşamla ilişkilendirilmesi: Su kimyası ve su arıtımı”* isimli çalışmalarında ortaokul 8.sınıf öğrencilerinin “su kimyası ve su arıtımı” konusuna ilişkin öğrenilen kavramları günlük yaşamdaki olaylarla ilişkilendirme durumlarının yeterli düzeyde olmadığını belirlemiştir. Kıyıcı ve Aydoğdu(2011), *“Fen bilgisi öğretmen adaylarının günlük yaşamları ile bilimsel bilgileri ilişkilendirebilme düzeylerinin belirlenmesi”* isimli çalışmalarında, 4.sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının kimya alanındaki bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme düzeylerinin, fizik ve biyoloji alanındaki bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme düzeylerinden daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Yadigaroglu ve Demircioğlu (2012), *“Kimya öğretmen adaylarının kimya bilgilerini günlük hayattaki olaylarla ilişkilendirebilme düzeyleri”* başlıklı çalışmalarında, kimya öğretmeni adaylarının kimya bilgilerini günlük hayattaki olaylarla ilişkilendirmede zorlandıklarını belirlemiştir. Yıldırım ve Konur (2014), *“Fen bilgisi öğretmen adaylarının kimya kavramlarını günlük hayatla ilişkilendirebilmelerine yönelik gelişimsel bir araştırma”* isimli çalışmalarında, öğrencilerin genel olarak ders kitaplarında veya öğretim sürecinde karşılaştıkları olaylara benzer durumları daha kolay açıklayabildiklerini ancak farklı örnekler karşısında yeterli açıklamayı yapamadıklarını belirlemiştir. Sözen ve Bolat(2014), *“11–18 yaş öğrencilerin ses hızı ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesi”* isimli çalışmalarında 11-18 yaş arasındaki öğrencilerin ses hızı ile ilgili kavram yanlışlarının bulunduğunu ve bu yanlışların 11–14 ve 15–18 yaş grubundaki öğrenciler için benzer olduğunu belirlemiştir.

Literatürde ses dalgaları ile ilgili yapılan çalışmaların diğer fen konularıyla ilgili yapılan çalışmalara göre çok daha az sayıda oldukları görülmektedir. Bu durumu destekleyecek şekilde, Driver, Squires, Rushworth ve Robinson (2001), fen konularında yapılan çalışmaların niteliği ve sayısını inceledikleri çalışmalarında, ses dalgalarıyla ilgili çalışmaların diğer fen konularının yanında çok az sayıda kaldığını belirlemiştir. Bu durum, ülkemizde yapılan çalışmalar için de geçerlidir. Fen bilgisi konularının günlük yaşamla ilişkilendirilmesiyle ilgili bazı araştırmalarda, ses dalgalarıyla ilgili 1-2 soruya rastlanmıştır. Ses dalgalarının günlük yaşamla ilişkilendirilmesiyle ilgili olarak, bu dalgaların genel özelliklerini (ses dalgalarının sürati, frekansı, yansıması ve şiddet düzeyi) kapsayan bir çalışmaya rastlanamamıştır. İlköğretimde yer alan fen bilgisi konularında ses dalgalarıyla ilgili birçok kavram yer almaktadır (MEB, 2018). Bu nedenle fen bilgisi öğretmen adaylarının bu konulardaki bilgi düzeyleri ve edindikleri bu bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirme durumları önem taşımaktadır. Bu araştırmanın amacı; fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumlarının incelenmesidir. Bu amaçla;

1- Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgalarının genel özellikleri (ses dalgalarının sürati, frekansı, yansıması ve şiddet düzeyi) ile ilgili bilgi durumları nedir?

2- Ses dalgaları ile ilgili bilimsel bilgilerini günlük yaşamdaki olaylarla ilişkilendirebilme durumları nedir?

şeklindeki alt problemlere cevaplar aranmıştır.

Yöntem

Araştırma modeli

Araştırmanın temeli, bilgi, bilme ve bilmenin doğası ile ilgilenen epistemolojik felsefeye dayanmaktadır. Bu araştırmada var olan olay, olgu ve durumları kendi ortamında olduğu gibi inceleyen nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum çalışmaları, nicel veya nitel yaklaşımla yapılabilir. Her iki yaklaşımda da amaç, belirli bir duruma ilişkin sonuçlar ortaya koymaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2013, s. 83).

Örnekleme

Araştırmanın örneklemini Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nda 2017-2018 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde öğrenim gören 3. sınıftan 60 ve 4. sınıftan 34 öğretmen adayı olmak üzere toplam 94 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Toplam 120 adet form kullanılmış ancak bunlardan 94 öğretmen adayının formu analiz için uygun görülmüştür. Araştırmacılardan birinin örneklemin seçildiği bölümde öğretim elemanı olması nedeniyle, öğretmen adaylarının seçilmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabılır durum örnekleme kullanılmıştır.

Veri toplama aracı

Veri toplama aracı olarak, araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve ses dalgalarının sürati, frekansı, yansıması ve şiddet düzeyi ile ilgili 4 ana başlığa ayrılmış 16 açık uçlu sorudan oluşan soru formu kullanılmıştır. Bu soruların içeriği Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Verilerin elde edilmesinde kullanılan ses dalgaları ile ilgili sorular

Soru Grupları	Sorular
1. Grup Ses dalgalarının sürati	1. Soru: Yan odadan gelen sesleri daha iyi duyabilmek için ne yaparsınız? Nedenini açıklayınız. 2. Soru: Havası boşaltılmış bir ortamda çalan telefonun sesini duyup duyamayacağınızı nedeniyle birlikte yazınız. 3. Soru: Yağmurlu bir havada şimşek çaktığında önce ışığın görülüp sonra sesinin duyulmasının nedeni nedir? 4. Soru: Aynı ses kaynağından yayılan ses dalgalarının sıcak ve soğuk havadaki yayılma sürati ile ilgili ne söylersiniz?
2. Grup Ses dalgalarının frekansı	5. Soru: Telli enstrüman çalan bir kişi parmaklarını neden enstrüman kolu üzerinde hareket ettirir? Tellerin uzunluğu, cinsi ve kalınlığı çıkan sesi nasıl etkiler? 6. Soru: Genellikle kadınların ince sesli erkeklerin ise kalın sesli olmasını nasıl açıklarsınız? 7. Soru: Tıpta iç organların görüntülenmesinde hangi ses dalgaları kullanılmaktadır? Nedenini açıklayınız. 8. Soru: Bir ses sanatçısının sesiyle ince bir kadehi kırabilmesi gibi aynı ortamdaki iki cisimden biri titreştiğinde diğersinin de titreşmeye başlamasını hangi ses olayı ile açıklarsınız? 9. Soru: Bize yaklaşan ve uzaklaşan bir ambulansın siren seslerini farklı frekanslarda duymamızı hangi fiziksel olayla açıklarsınız?

Tablo 1. Devamı...

3. Grup Ses dalgalarının yansıması	10. Soru: Tiyatro ve sinemalarda ses yalıtımının sağlanması için ne tür malzemelerin kullanıldığını nedeniyle birlikte açıklayınız. 11. Soru: Yunuslar engelleri veya avlarını tespit etmek için hangi tür ses dalgaları yararlar ve ses dalgalarının hangi özelliğinden yararlanırlar? 12. Soru: Boş bir oda ile eşyalı bir odadaki sesimizin farklı duyulmasının nedeni nedir? 13. Soru: Açık havada bir tepeye doğru yüksek sesle söylenen bir kelimenin aynı şekilde tekrar duyulabilmesini hangi fiziksel olayla açıklarsınız?
4. Grup Ses dalgalarının şiddet düzeyi	14. Soru: Yüksek sesli ortamlar kulak sağlığımız için neden zararlıdır? Bunu önlemek için neler yapabilirsiniz? 15. Soru: Bir patlama sesinin bir binanın camlarını kırabilmesinin nedeni nedir? 16. Soru: Normal bir insan kulağının duyabileceği en düşük ses şiddet düzeyi ve acı eşiği kaç dB olabilir? Günlük yaşamda karşılaşılabileceğiniz durumlardan örnekler veriniz.

Kullanılan sorular, çeşitli kaynak kitaplar (Giancoli, 2009, s.425-444; Serway, 2015, s.519-545; Young ve Freedman, 2009, s.527-560) kullanılarak araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmada geçerliği belirlemede “doğrudan geçerlik” ve “kapsam geçerliği” kullanılmıştır. Öğrencilerin başarılarını değerlendirmek amacıyla yapılan sınavların ve testlerin geçerliğini belirlemede kullanılan yaklaşımlardan biri “doğrudan geçerlik” yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, uzman kişilerin (öğretmenler, test geliştiriciler, alan uzmanları gibi) sınavları ya da testleri doğrudan inceleme ve analizine dayanır. Kapsam geçerliği ise diğer geçerlik türleri ile karşılaştırıldığında en önemli geçerlik türüdür. Bir testin kapsam geçerliği için öncelikle ölçmeyi amaçladığı içeriğin net bir şekilde tanımlanması gerekir. Daha sonra içeriği kapsayacak sayıda test(ölçme) maddesi hazırlanmalıdır (Demircioğlu, 2007, s. 53-56; Yurdabakan, 2008, s.56-58). Bu araştırmada da “kapsam geçerliği” kullanılarak ses dalgalarının özelliklerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumunu belirlemeyi amaçlayan sorular oluşturulmuştur. Araştırmacılar tarafından oluşturulan test(ölçme) soruları, “doğrudan geçerlik” ve “kapsam geçerliği” yaklaşımına göre alanında uzman 2 öğretim elemanı tarafından incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, önceden oluşturulmuş 20 sorudan 4’ü çıkarılmış ve araştırmada 16 açık uçlu soru kullanılmıştır. Güvenirliliği sağlamak için öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar araştırmacılar tarafından ayrı ayrı analiz edilerek hangi kategoriye girdiğine karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan sorular, örneklemdaki öğretmen adaylarına standart bir form şeklinde verilmiş ve cevaplamaları için de yeterli süre (yaklaşık bir ders saati) tanınmıştır.

Veri analizi

Elde edilen nitel verilerin analizinde betimsel analiz, bu verilerin sayısallaştırılmasında ise betimsel istatistik kavramları olan frekans, yüzde ve grafik kullanılmıştır. Örneklemdaki öğretmen adaylarının cevap formları K1, K2, K3, ... olarak işaretlenmiştir. Öğretmen adaylarının, 16 sorudan oluşan formdaki sorulara verdikleri cevaplar, 4 kategoriye ayrılarak kodlanmış ve cevapların hangi kategoriye girdiği araştırmacılar tarafından ayrı ayrı incelendikten sonra ortak bir karara varılmıştır. Testten elde edilen verilerin analizinde, **Yeterli (Y)**, **Kısmen Yeterli (KY)**, **Yanlış (YŞ)** ve **Boş-Cevapsız (B)** kategorileri kullanılmıştır. Benzer kategoriler literatürde birçok araştırmacı tarafından da sıkça kullanılmaktadır (Abraham, Grzybowski, Renner ve Marek, 1992; Ayas ve Özmen, 1998; Özmen, 2003; Yıldırım ve Konur, 2014; Aydın, 2018). Elde edilen verilerin analizinde kullanılan kategoriler ve bunların anlamları, Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Verilerin analizinde kullanılan kategoriler ve anlamları

Cevap kategorisi	Cevap kategorilerinin anlamı
Yeterli (Y)	Bilimsel olarak yeterli kabul edilebilecek açıklamalar
Kısmen Yeterli (KY)	Bilimsel olarak tam yeterli açıklama yapılmamış olsa da doğru kabul edilebilecek cevapların bulunduğu açıklamalar
Yanlış (YŞ)	Tamamen yanlış cevap
Boş - Cevapsız (B)	Cevaplanmamış, boş bırakılmış

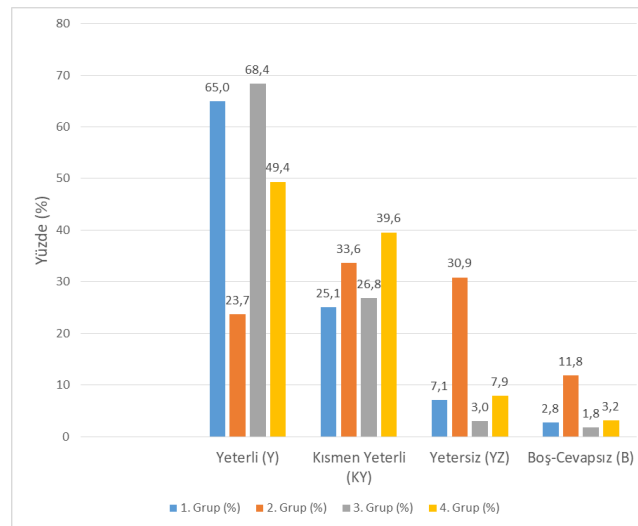
Bulgular

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerinin günlük yaşamdaki olaylarla ilişkilendirebilme durumlarını belirlemeyi amaçlayan soru gruplarına verdikleri cevaplar, araştırmacılar tarafından analiz edilerek hangi kategorilere girdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca verilen cevaplardan doğrudan alıntılar yapılmıştır. Her gruptaki sorulara verilen cevapların ortalama frekans ve yüzde dağılımları Tablo 3’de ve her gruptaki sorulara verilen cevapların kategorilere göre ortalama yüzde dağılımları ise sütun grafiği şeklinde Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Her gruptaki sorulara verilen cevapların ortalama frekans ve yüzde dağılımları

Cevap kategorisi	1. Grup		2. Grup		3. Grup		4. Grup	
	Ses dalgalarının sürati		Ses dalgalarının frekansı		Ses dalgalarının yansıması		Ses dalgalarının şiddet düzeyi	
	(f)	(%)	(f)	(%)	(f)	(%)	(f)	(%)
Y	61,10	65,00	22,30	23,72	64,30	68,40	46,40	49,36
KY	23,60	25,11	31,60	33,62	25,20	26,81	37,20	39,57
YŞ	6,70	7,13	29,00	30,85	2,80	2,98	7,40	7,87
B	2,60	2,77	11,10	11,81	1,70	1,81	3,00	3,19

Y: Yeterli; KY: Kısmen Yeterli; YŞ: Yanlış; B: Boş- Cevapsız

**Şekil 1.** Her gruptaki sorulara verilen cevapların kategorilere göre ortalama yüzde dağılımları

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **1. Gruptaki** ses dalgalarının sürati ile ilgili sorulara **Yeterli(Y)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K2: “Kulağımı duvara dayarsam daha iyi duyarım. Çünkü ses katıda daha hızlı yayılır”, (1. Soru). K61: “Bardağın açık tarafını duvara, dip kısmını da kulağıma dayarım. Böylece yan odadaki ses dalgaları daha iyi toplanır.” (1. Soru). K18: “Ses havada yavaş yayılır, duvara yaklaşırsak daha iyi duyarız. Çünkü duvar katıdır.” (1. Soru). K3: “Ses boşlukta yayılmadığından telefonun sesini duyamayız. Sesin yayılması için madde gerekir.” (2. Soru). K87: “Çünkü ışık sestten çok daha hızlı yayılır.” (3. Soru). K91: “Işık hızı havada 3.10^8 m/s iken ses hızı yaklaşık 340 m/s’dir. Bu yüzden sesi daha sonra duyarız.” (3. Soru). K29: “Sıcak havada moleküllerin titreşimleri daha hızlı olduğundan ses dalgaları soğuk havaya göre daha hızlı yayılır.” (4. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **1. Gruptaki** ses dalgalarının sürati ile ilgili sorulara **Yanlış(YŞ)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K48: “Sesin ışıktan daha hızlı olması.” (3. Soru). K79: “Soğuk havada ses daha hızlı yayılır. Sıcak hava yoğunluğundan ötürü sesin daha yavaş yayılmasına neden olur.” (4. Soru). K33: “Soğuk havada daha hızlı yayıldığını söyleyebiliriz.” (4. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **2. Gruptaki** ses dalgalarının frekansı ile ilgili sorulara **Yeterli(Y)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K19: “Tellerin inceliği, kalınlığı, uzunluğu, kısıllığı, cinsi farklıdır. Çalgıcı ellerini farklı tellerin üzerine ve farklı yerlere getirerek ses frekanslarının farklı çıkmasını sağlar.” (5. Soru). K55: “Ses tellerinin uzunluğu ve kısıllığı kadın ve erkeklerde farklıdır. Kadın sesinin frekansı yüksek, erkek sesinin frekansı düşüktür.” (6. Soru). K59: “Ultrasonik ses dalgaları kullanılır, yani yüksek frekanslı sesüstü dalgalar.” (7. Soru). K67: “Rezonans olayı ile açıklayabilirim.” (8. Soru). K90: “Ambulans bize yaklaşırken sesin frekansı artar, uzaklaşırken azalır. Bu durum Dopler olayı ile açıklanır.” (9. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **2. Gruptaki** ses dalgalarının frekansı ile ilgili sorulara **Yanlış(YŞ)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K13: “Ses tellerini titreştirerek sesin çıkmasını sağlamak için.” (5. Soru). K22: “Sesin tınısını değiştirmek için.” (5. Soru). K28: “Radyoaktif dalgalar kullanılır.” (7. Soru). K35: “x-ray dalgaları kullanılmaktadır.” (7. Soru). K43: “Sesin dalgalar halinde iletimi ile alakalıdır.” (8. Soru). K76: “Diyapozom ile açıklarım.” (8. Soru). K81: “Vuru olayı ile açıklanır.” (8. Soru). K8: “Davulun sesi uzaktan hoş gelir hesabıyla ambulans sesini uzaktan az duyarız.” (9. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **3.Gruptaki** ses dalgalarının yansımaları ile ilgili sorulara **Yeterli(Y)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K11: “ Yün, pamuk, strafor, köpük gibi yumuşak maddeler kullanılarak ses dalgalarının daha fazla yansımaları, yankılanması engellenmiş olur. Hem dışarıya ses gitmez hem de ses düzgün çıkar.” (10. Soru). K81: “Köpük benzeri malzemeler kullanılarak, sesin düzeyi ayarlanır.” (10. Soru). K18: “Sonar ses

dalgalarını kullanırlar, yunusların çıkardığı sesler sesüstü dalgalar yayar, bu ultrasonik sesler engele ya da balığa çarparak geri yansır. Yani yansıma özelliğini kullanırlar.” (11. Soru). K31: *“Boş bir odada ses her zaman bir maddeden diğerine çarparak yansır ve yankılanır. Mobilyalar olursa çıkan seslerin bir kısmı yutulur.”* (12. Soru). K38: *“Sesin bir engele çarpıp geri dönmesi olayıdır. Buna yankı denir. En az 17 metre mesafe gereklidir.”* (13. Soru). K70: *“Yankı olayı ile açıklanır.”* (13. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **3.Gruptaki** ses dalgalarının yansıması ile ilgili sorulara **Yanlış(YŞ)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K70: *“Titreşim sonucu oluşan ses dalgalarını kullanırlar.”* (11. Soru). K23: *“Yunuslar bizim işitemediğimiz sesleri işitir.”* (11. Soru). K49: *“Sesin yayılma hızıyla ilgilidir.”* (12. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **4.Gruptaki** ses dalgalarının şiddet düzeyi ile ilgili sorulara **Yeterli(Y)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K1: *“Kulak zarımız olumsuz etkilenmesin diye tıkaç kullanmalıyız. Ortamda uzun süre kalmamalıyız.”* (14. Soru). K23: *“Ses düzeyi 120 dB olursa kulağımız acı eşiğine gelir. Bu da kulak sağlığımız için çok zararlıdır. Zarı korumak için kulaklık kullanabiliriz.”* (14. Soru). K11: *“Sesli ortamlarda fazla bulunmamalıyız. 85 dB’den yukarıya zararlıdır. 0–60 dB arası en ideal ortamdır.”* (14. Soru). K9: *“Ses dalgaları enerji taşır. Şiddet düzeyi yüksek ise enerjisi de fazla demektir. Bu durumda patlama sesi binanın camını bile kırabilir.”* (15. Soru). K17: *“En düşük duyma eşiği 0 dB’dir. Acı eşiği ise yaklaşık 120 dB’dir. Yaprakların hışırtısını ve jet uçağının kalkış sesi örnek verilir.”* (16. Soru).

Örneklemedeki öğretmen adaylarının **4.Gruptaki** ses dalgalarının şiddet düzeyi ile ilgili sorulara **Yanlış(YŞ)** kategorisinde verdikleri cevaplardan bazı alıntılar şu şekildedir:

K16: *“Ses dalgalarının hızına göre camlar kırılır.”* (15. Soru). K19: *“En düşük 30 dB ve acı eşiği 200 dB olabilir.”* (16. Soru).

Sonuç ve tartışma

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgaları ile ilgili bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilme durumlarını belirlemek amacıyla oluşturulmuş 4 gruba ayrılan 16 açık uçlu soru formundan elde edilen verilere ilişkin bulgular aşağıda sırası ile verilmiştir:

1.Grupta ses dalgalarının sürati ile ilgili 4 tane açık uçlu soru bulunmaktaydı. Öğretmen adaylarının bu gruptaki sorulara ortalama %65 oranında **Yeterli** kategorisinde cevaplar verdikleri, bu orana %25,11’lik **Kısmen Yeterli** kategorisini de eklediğimizde bu oranın yaklaşık %90’a çıktığı görülmektedir. Bu sonuç, örneklemedeki öğretmen adaylarının büyük oranda ses dalgalarının sürati ile ilgili bilimsel bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebildiklerini göstermektedir. Ancak 4.soru (*Aynı ses kaynağından yayılan ses dalgalarının sıcak ve soğuk havadaki yayılma sürati ile ilgili ne söylersiniz?*) ile ilgili cevapların çoğunluğunun **Yanlış** kategorisinde olması, ses dalgalarının sürati ile ortamın sıcaklığı arasındaki ilişkinin yeterince kurulamadığını göstermesi bakımından dikkat çekmektedir. Bu gruptaki ilk 3 soru, ses dalgalarının günlük yaşamda sıklıkla karşılaşılan durumları içermesi ve dersin işleniş sürecinde daha fazla

vurgulanması nedeniyle büyük oranda **Yeterli** düzeyde cevaplandığı, 4.soru ise daha fazla üst düzey düşünme gerektirdiğinden büyük oranda **Yanlış** cevaplandığı düşünülmektedir.

2.Grupta ses dalgalarının frekansı ile ilgili 5 tane açık uçlu soru bulunmaktaydı. Öğretmen adaylarının bu gruptaki sorulara ortalama %23,7 oranında **Yeterli** kategorisinde cevaplar verdikleri görülmektedir. Bu gruptaki 6.soruya büyük oranda doğru cevap verdikleri ancak diğer sorulara büyük oranda **Kısmen Yeterli** ve **Yanlış** kategorisinde cevaplar verdikleri görülmüştür. Bu sonuç, örneklemdaki öğretmen adaylarının büyük oranda ses dalgalarının frekansı ile ilgili bilimsel bilgilerinin yetersiz olduğunu ve bu nedenle bu bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebilmekte zorluk çektiklerini göstermektedir. Bu sonucun özellikle frekans ve enerji ilişkisinin günlük yaşamdaki örnekler üzerinde görülememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.Grupta ses dalgalarının yansıması ile ilgili 4 tane açık uçlu soru bulunmaktaydı. Öğretmen adaylarının bu gruptaki sorulara ortalama %68,4 oranında **Yeterli** kategorisinde cevaplar verdikleri, bu orana %26,81'lik **Kısmen Yeterli** kategorisini de eklediğimizde bu oranın %95,21'e çıktığı görülmektedir. Bu sonuç, örneklemdaki öğretmen adaylarının büyük oranda ses dalgalarının yansıması ile ilgili bilimsel bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirebildiklerini göstermektedir.

4.Grupta ses dalgalarının şiddet düzeyi ile ilgili 3 tane açık uçlu soru bulunmaktaydı. Öğretmen adaylarının bu gruptaki sorulara ortalama %49,36 oranında **Yeterli** ve %39,57 oranında **Kısmen Yeterli** kategorisinde cevaplar verdikleri görülmektedir. Bu gruptaki **Yanlış** ve **Boş** kategorisini büyük ölçüde 16.soru (*Normal bir insan kulağının duyabileceği en düşük ses şiddet düzeyi ve acı eşiği kaç dB olabilir? Günlük yaşamda karşılaşılabileceğiniz durumlardan örnekler veriniz.*) ile ilgili cevapların oluşturması, insan kulağının duyabileceği ses sınırları ile ilgili bilgilerin günlük yaşamla yeterince ilişkilendirilemediğini göstermektedir.

Literatüre bakıldığında sadece ses dalgalarının genel özelliklerini (ses dalgalarının sürati, frekansı, yansıması ve şiddet düzeyi) günlük yaşamla ilişkilendirme üzerine yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Demirci ve Efe (2007), ilköğretim öğrencilerinde sesin oluşumu, sesin yayılması, sesin hızı, sesin yayıldığı ortam, sesin şiddeti, sesin yüksekliği, sesin yansıması gibi konularda birçok güçlüklerle ve bu konularla ilgili kavram yanlışlarına sahip olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca, Sözen ve Bolat (2014), ses dalgalarının sürati ile ilgili kavram yanlışları üzerine yaptıkları çalışmada, öğrencilerin ses dalgalarının sürati ile ilgili ciddi kavram yanlışlarına sahip olduklarını ve bu kavram yanlışlarının ses dalgalarının sürati ile ortamın sıcaklığı arasında ilişki kurulmasını engellediğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da örneklemdaki öğretmen adaylarının ses dalgalarının sürati ile ortamın sıcaklığı arasındaki ilişkiyi yeterince kuramamış olmaları, Sözen ve Bolat(2014)'ın çalışmasını destekler niteliktedir. Literatürdeki diğer çalışmalar, öğrencilerin fizik ve kimya gibi fen bilimleri derslerinde öğrendikleri bilimsel bilgileri, günlük yaşamlarındaki olay ve olgularla ilişkilendirebilmeleri üzerine yapılan çalışmalardır (Akgün vd., 2016; Buyruk ve Korkmaz, 2016; Enginar vd., 2002; Er, Şen, Sarı ve Çelik, 2013; Kıyıcı ve Aydoğdu, 2011; Özmen, 2003; Türkoğuz ve Yankayış, 2015; Yadigaroglu ve Demircioğlu, 2012; Yıldırım ve Konur, 2014). Bu çalışmaların ortaya çıkardığı genel sonuç, fen bilimleri derslerinde edinilen bilimsel bilgilerin günlük

yaşamla ilişkilendirilmesinde ciddi problemlerin var olmasıdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da, örneklemdaki fen bilgisi öğretmen adaylarının ses dalgalarıyla ilgili olarak özellikle frekansla ilgili bilgilerindeki eksikliklerin günlük yaşamlarındaki olaylarla ilişki kurmalarında zorluk yarattığını göstermektedir.

Öneriler

Bu çalışmanın sonuçlarından, çeşitli fizik konularının içinde verilmesine karşın frekans kavramının tam olarak öğrenilemediği ve bu eksikliğin kendisini ses dalgaları konusunda da gösterdiği görülmektedir. Bu sebeple özellikle, ses dalgalarının frekansı, dalga boyu ve enerjisi arasındaki ilişkinin günlük hayattan verilecek örneklerle kavratılması önemlidir. Kalıcı öğrenme için frekans ile ilgili çeşitli somutlaştırıcı etkinlikler ve deneyler yapılabilir.

Öğretmen adaylarının fen derslerinde karşılaştıkları konuların büyük çoğunluğuna ait örnekler ve uygulamalar günlük yaşamlarında karşlarına çıkmaktadır. Öğretmen adaylarının bunun farkına varmaları, bu bilimsel bilgileri tamamen kavramalarıyla mümkün olabilir. Bu nedenle derslerin işleniş sırasında, ölçme ve değerlendirmede öğrencilerin bu bilimsel bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirmeleri sağlanmalıdır. Öğrencilerin bu ilişkileri kurabilmeleri, hem dersleri ilgi çekici hale getirecek hem de kalıcı, anlamlı ve hatırlanması kolay bilgilerin oluşmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma, ses dalgalarının sürati, frekansı, yansıması ve şiddet düzeyi ile bilimsel bilgilerin günlük yaşamla ilişkilendirilmesi çerçevesinde 16 açık uçlu soru ile sınırlandırılmıştır. Bu araştırmada ele alınan konu, farklı çalışmalarda nicel araştırma deseni kullanılarak ve farklı sorularla desteklenerek daha geniş örneklere uygulanabilir.

Bilgi notu

Bu makale, 6-8 Eylül 2018 tarihleri arasında Amasya’da düzenlenen “International Learning, Teaching and Educational Research Congress-ILTER-2018”de sözlü olarak sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

Kaynakça

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 105–120.
- Akgün, A., Tokur, F., & Duruk, Ü. (2016). Fen öğretiminde öğrenilen kavramların günlük yaşamla ilişkilendirilmesi: Su kimyası ve su arıtımı. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(1), 151-178.
- Ayas, A., Özmen, H., (1998). *Asit-baz kavramlarının güncel olaylarla bütünleştirilme seviyesi: Bir örnek olay çalışması*. III.Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu. KTÜ, Trabzon.

- Aydın, N. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ısı ve sıcaklık bilgilerine dayalı grafik anlama ve yorumlama düzeylerinin belirlenmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 6(1), 20-36.
- Balkan-Kıyıcı, F. (2008). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının günlük yaşamları ile bilimsel bilgileri ilişkilendirebilme düzeyleri ve bunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Buyruk, B. & Korkmaz, Ö. (2016). Öğrencilerin fen bilimleri dersine dönük kavramları günlük hayatla ilişkilendirme durumları. *OMÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(1), 159-172.
- Demirci, N. & Efe, S. (2007). İlköğretim öğrencilerinin ses konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(1), 23-56.
- Demircioğlu, G. (2007). *Geçerlik ve güvenirlik*. E. Karip (Ed.), Ölçme ve değerlendirme (s.53-54) içinde. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Robinson, V.W. (2001). *Making sense of secondary science* (s.133-137). London and Newyork: Routledge Falmer.
- Enginar, İ., Saka, A., & Sesli, E. (2002). *Lise 2 öğrencilerinin biyoloji derslerinde kazandıkları bilgileri güncel olaylarla ilişkilendirebilme düzeyleri*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi. Ortadoğu Üniversitesi, Ankara.
- Er, T. D., Şen, Ö.F., Sarı, U., & Çelik, H. (2013). İlköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersi bilgilerini günlük hayatla ilişkilendirme düzeyleri. *Journal of Research in Education and Teaching*, 2(2), 209-216.
- Fortus, D., Krajcik, J., Charles, D., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design based science and realworld problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Giancoli, D.C. (2009). *Fen Bilimleri ve Mühendislik için Fizik*, (G. Önengüt, Çev. Ed.), Ankara: Akademi Yayıncılık.
- Kıyıcı, F., & Aydoğdu, M. (2011). Fen bilgisi öğretmen adaylarının günlük yaşamları ile bilimsel bilgileri ilişkilendirebilme düzeylerinin belirlenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 5(1), 46-61.
- MEB. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü Basımevi.
- Özmen, H. (2003). Kimya öğretmen adaylarının asit ve baz kavramlarıyla ilgili bilgilerini günlük olaylarla ilişkilendirme düzeyleri. *G.Ü. Kastamonu Eğitim Dergisi*, 11(2), 317-324.
- Pınarbaşı, T., Doymuş, K., Canpolat, N. & Bayrakçeken, S. (1998). *Üniversite kimya bölümleri öğrencilerinin bilgilerini günlük hayatla ilişkilendirebilme düzeyleri*. III.Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu. KTÜ, Trabzon.
- Serway, R. A., & Beichner, R. J. (2015). *Fen ve Mühendislik için Fizik*, (K. Çolakoğlu, Çev. Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık.

- Smith, M. U. & Siegel H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education?. *Science & Education*, 13, 553–582.
- Sözen, M. & Bolat, M. (2014). 11–18 yaş öğrencilerin ses hızı ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesi. *OMÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(2), 505-523.
- Taşdemir, A., Demirbaş, M. (2010). İlköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersinde gördükleri konulardaki kavramları günlük yaşamla ilişkilendirebilme düzeyleri. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1), 124-148.
- Türkoğuz, S., & Yankayış, K. (2015). Isı ve sıcaklık hakkındaki kavram yanlışlarının günlük yaşama etkileri üzerine öğretmen görüşleri. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 498-515.
- Yadigaroğlu, M., & Demircioğlu, G. (2012). Kimya öğretmen adaylarının kimya bilgilerini günlük hayattaki olaylarla ilişkilendirebilme düzeyleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 165-171.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, N., & Birinci Konur, K. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının kimya kavramlarını günlük hayatla ilişkilendirebilmelerine yönelik gelişimsel bir araştırma. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 30, 305-323.
- Yiğit, N., Devocioğlu, Y., & Ayvaci, H. Ş. (2002). *İlköğretim fen bilgisi öğrencilerinin fen kavramlarını günlük yaşamdaki olgu ve olaylarla ilişkilendirme düzeyleri*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Young, H.D., & Freedman, R.A. (2009). *Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği*, (H. Ünlü, Çev. Ed.). Ankara: Pearson Education Yayıncılık.
- Yurdabakan, İ. (2008). *Eğitimde Kullanılan Ölçme Araçlarının Nitelikleri*, S.Erkan ve M. Gömleksiz (Ed.), Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme (s.56-58) içinde. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Whittelegg, E., & Parry, M. (1999). Real life contexts for learning physics: meanings, issues and practice. *Phys. Education*, 34(2), 68-72.

Extended Abstract

Sound waves are longitudinal mechanical waves that have an important place in our daily lives. These waves spread at a velocity that depends on the characteristics of the environment in any environment. As the waves of sound travel through the medium, the particles of the environment vibrate by producing intensity and volume changes along the direction of motion of the waveguide. These changes lead to the formation of high and low pressure zones. The simplest sound waves are sinusoidal waves with a certain frequency, amplitude and wavelength. The sound waves are divided into three groups according to their frequencies: waves that the human ear can hear, infrasonic waves and supersonic waves. Sound waves come in the face of students in many areas of their lives and the information about these waves are given at different stages of learning. Science teacher candidates also acquire knowledge about sound waves in different physics courses during their learning process. Teacher candidates' associating these information with their daily life will contribute to the formation of permanent, meaningful and easy-to-remember information. It is seen that there are various researches related to associating of chemistry and physics to everyday life in the literature. However, no study has been found concerning the association of sound waves with daily life. The aim of this research is to examine the cases that the science teacher candidates are able to relate the knowledge about sound waves to daily life. Research is based on epistemological philosophy. In the study, case study method was used from qualitative research designs. The sample of the research is composed of 94 teacher candidates in Kırıkkale University, Faculty of Education, Science Education Department in the 3rd and 4th grades in 2017-2018 academic year spring semester. In the selection of teacher candidates, easy accessible case sampling was used from purposeful sampling methods. As a data collection tool, a test consisting of 16 open-ended questions in 4 groups developed by the researchers was used. It is thought that the support of the information about the sound waves by the daily life examples will contribute to the academic achievement by increasing the interest and motivation of the teacher candidates. According to the results in the literature, it is seen that science teacher candidates do not exactly match the scientific knowledge they learned in the science courses such as physics and chemistry, and the facts and events in their daily lives. The results obtained in this study also show that the lack of information about the sound waves of science teacher candidates in the sample, especially the frequency related to the events in their daily life creates difficulties. According to the results of this study, although it is given in various physics subjects, it is seen that the concept of frequency is not fully learned and this deficiency shows itself in the sound waves. For this reason, it is important to comprehend the relationship between the frequency, wavelength and energy of sound waves with examples to be given from daily life. Various endogenous activities and experiments can be carried out for frequency learning. This study is limited to 16 open-ended questions within the framework of the speed, frequency, reflection and intensity of sound waves and scientific information related to daily life. The topic discussed in this study can be applied to larger samples by using a quantitative research design in different studies and supported by different questions.