

Öğretmen Adaylarının Özel Görelilik Konusundaki Bilgi Düzeylerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi

Examining the Knowledge Levels of Preservice Teachers Regarding Special Relativity in Terms of Different Variables

Tuğba TAŞKIN*, Şebnem KANDİL İNGEÇ**

• *Geliş Tarihi:* 20.09.2017 • *Kabul Tarihi:* 11.11.2018 • *Yayın Tarihi:* 31.07.2019

Kaynakça Bilgisi: Taşkın, T., & Kandil İnceç, Ş. (2019). Öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(3), 860-887. doi: 10.16986/HUJE.2018045389

Citation Information: Taşkın, T., & Kandil İnceç, Ş. (2019). Examining the knowledge levels of preservice teachers regarding special relativity in terms of different variables. *Hacettepe University Journal of Education*, 34(3), 860-887. doi: 10.16986/HUJE.2018045389

ÖZ: Bu çalışmanın amacı öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerini belirlemek, yaş ve cinsiyet açısından farklılıkları incelemektir. Araştırma grubu 138 (%58) kız ve 100 (%42) erkek toplam 238 öğretmen adayından oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının yaşları 18 ile 37 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 21,33'dür. Bu çalışmada, var olan durumu değerlendirme olanağı veren tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak, Aslanides ve Savage (2013) tarafından geliştirilen, araştırmacılar tarafından Türkçe'ye uyarlanmış olan iki aşamalı "Görelilik Kavram Envanteri" kullanılmıştır. Çalışmada İki Yönlü MANOVA analizi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, öğretmen adaylarının özel görelilikle ilgili bilgi düzeylerinin "düşük" düzeyde olduğu söylenebilir. Öğretmen adaylarının bilgi düzeyleri yaş değişkenine dayalı olarak farklılık gösterirken, cinsiyet değişkenine dayalı olarak farklılık göstermemektedir. Ayrıca lisans düzeyinde özel görelilik almamış olanların bilgi düzeylerinde cinsiyet ve yaş için anlamlı bir fark bulunamamıştır. Lisans düzeyinde özel görelilik dersi almış olan öğretmen adaylarında ise bilgi düzeyinin yaşa bağlı olarak arttığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Özel görelilik, öğretmen adayları, bilgi düzeyleri

ABSTRACT: The purpose of this study was to determine the knowledge levels of preservice teachers regarding special relativity and examined differences in terms of age and gender. Study group consisted of a total of 238 preservice teachers: 138 (58%) female and 100 (42%) male. The preservice teachers were aged 18 to 37 years and their age average was 21,33 years. The study was conducted using screening model, which gives an opportunity of evaluating an existing situation. In the study, the data were collected using the two-stage "Relativity Concept Inventory", which was developed by Aslanides and Savage (2013) and adapted into Turkish by the researchers. Two-Way Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) was used in the study. According to the findings acquired, it was possible to state that preservice teachers had "low" knowledge levels regarding special relativity. The knowledge levels of the preservice teachers varied according to the variable of age, but did not vary according to the variable of gender. In addition, it was determined that there was no significant difference in the knowledge levels of those who had not studied special relativity during their undergraduate education in terms of gender and age. On the other hand, it was seen that the knowledge levels of the preservice teachers who had studied special relativity during their undergraduate education increased in parallel with age.

Keywords: Special relativity, preservice teachers, knowledge levels

* Dr, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı, Ankara-TÜRKİYE. e-posta: tcopur@gazi.edu.tr (ORCID: 0000-0002-8738-0012)

** Prof Dr, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı, Ankara-TÜRKİYE. e-posta: singec@gazi.edu.tr (ORCID: 0000-0002-5317-4480)

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağda bilim hızla ilerlemektedir. Bu ilerleme içinde özel görelilik, evren bilim ve parçacık fiziği çalışmalarının vazgeçilmez bir parçası olarak kendisine yer bulmuştur. Özel görelilik kuramı, giderek temel kavramlarımızda fizikte başlayan ve başka bilim alanlarına, aslında bilimin dışında çok büyük bir düşünme alanına yayılmakta olan köktenci bir değişimin ilk evresi olarak oldukça önemli gelişmelerden biri olmuştur (Bohm, 2013). Özel görelilik kuramı ile birlikte “uzay” artık “zaman”dan ayrı düşünülemez olmuş “uzay-zaman” kavramı haline gelmiştir (Stannard, 2018). Uzay, zaman, madde, enerji kavramlarının ve Einstein fiziğine dayanan modern teknolojinin anlaşılabilmesi özel göreliliğin öğretilmesini zorunlu kılmıştır (Kaur, Blair, Moschilla, Stannard ve Zadnik, 2017). Bu nedenle önce üniversite, daha sonra lise fizik müfredatında kuantum fiziğine ve özel göreliliğe yer verilmiştir.

Alan yazında; bazı araştırma sonuçları matematiksel ifadelerden ziyade kavramsal olarak anlatıldığında lise öğrencilerinin görelilik konularını anlayabileceği yönündedir (Zahn ve Kraus, 2014). Öğrencilerin modern fiziğin temel kavramlarını Newton fiziğinden önce öğrenmelerinin daha iyi olduğunu, böylelikle evrene ilişkin en iyi anlayışı geliştirebileceklerini savunan araştırmacılar da mevcuttur (Kaur, Blair, Moschilla, Stannard ve Zadnik, 2017). Bazı araştırmalar da hiç fizik altyapısına sahip olmayan öğrencilerin özel görelilik konularının temel fikirlerini anlayabildiğini göstermiştir (Godfrey ve Walwema, 2016). Hatta bazı çalışmalarda özel göreliliğin ortaokul düzeyinde (Fabri, 2005; Levrini, 2002; Pe’rez ve Solbes, 2003) ve ilkokulun sonlarında (Astin, 2005) da öğretilmesinin gerekliliği savunulmuştur. Benzer şekilde özel görelilik konularının nasıl ve ne şekilde okullarda öğretilmesine yönelik fikirler ve tartışmalar her dönemde ortaya çıkmıştır (Kaur et al. 2017; McGrath, Wegener, McIntyre, Savage, ve Williamson, 2010; Gjurchinovski, 2006; Mallinckrodt, 1993; Mermin, 1994; Greenwood, 1982). Ülkemizde fizik öğretim programında bu yönde önemli bir adım atılmış; modern fizik konuları içerisinde özel görelilik orta öğretim fizik dersi öğretim programına dâhil edilmiştir.

Ülkemizdeki fizik öğretim programına bakıldığında özel görelilik konularının lise fizik dersi öğretim programına dâhil edildiği görülmektedir. 2007 yılında dört yıllık eğitime uygun olacak biçimde yeni bir fizik öğretim programı geliştirilmiştir. 9. sınıf programı 2008-2009, 10. sınıf programı 2009-2010, 11.sınıf programı da 2010-2011 eğitim-öğretim yılında tüm ortaöğretim kurumlarında uygulamaya konulmuş ve 2011 yılında güncellenmiştir (Göçen ve Kabaran, 2013). 2011 yılında güncellenen 10. sınıf fizik dersi öğretim programında; ışık hızına yakın hızlarda gerçekleşen olayları açıklamakta kullanılan temel yaklaşımlarda bazı değişiklikler yapmanın kaçınılmaz olduğunun vurgusu yapılarak modern fiziğe giriş yapılmış ve özel görelilik ile ilgili bilgi verilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu kapsamda eylemsiz referans sistemlerine, uzunluk büzülmesine, zaman genişlemesine ve kütle hız ilişkisi ile ilgili kazanımlara yer verilmiştir. 2013 yılında öğretim programları yeniden güncellenmiş ve 2013-2014 öğretim yılından itibaren 9. sınıflardan başlamak üzere kademeli olarak uygulamadan kaldırılması kararlaştırılmıştır (Göçen ve Kabaran, 2013). Güncellenen 2013 fizik dersi öğretim programında Modern fizik ünitesiyle öğrencilerin; Newton fiziğinin açıklayamadığı temel olayları analiz etmeleri, ışığın doğasına ilişkin çıkarımlar yapmaları ve kuantum fiziğinin ortaya çıkış gerekçelerini anlamaları amaçlanmıştır (MEB, 2013). Bu amaç kapsamında özel görelilik adı altında göreliliğin zaman ve göreliliğin uzunluk kavramlarına, MEB tarafından yayınlanan 2013 Ortaöğretim Fizik Dersi 12. Sınıf Öğretim Programında kazanımlar çerçevesinde yer verilmiştir. Son olarak 2017 yılında güncellenen fizik programında ise özel göreliliğe yine 12. sınıfta yer verilmiş; özel görelilik başlığı altında özel görelilik teorisinin temel postülatları, göreliliğin zaman, göreliliğin uzunluk ve kütle-enerji eşdeğerliği kavramları yer almıştır. Burada matematiksel hesaplara girilmeden, konu kavramsal düzeyde tutulmuştur.

Her düzeydeki öğrenci sahip olduğu bilgilerden bir kavramsal çerçeve oluşturur. Bu kavramsal çerçeve içerisinde anlamlı öğrenmenin sağlanması için öğrencilerin hangi kavramları öğrenmede zorlandığının bilinmesi önemli basamaktır. Bu bağlamda özel görelilik teorisinin anlaşılma düzeyini tespit etmek, öğrenenler tarafından zorlanılan kavramları belirlemek oldukça önemli olacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi, ülkemizde lise fizik öğretim programında özel görelilik konularının kapsamı yapılan her güncelleme ile birlikte değişiklik göstermiştir. Bu çalışmada, müfredattaki bu değişikliklerden yola çıkılarak, farklı yaş gruplarında özel görelilik konularının öğrenilme durumu araştırılmıştır. Böylece hem elde edilen bulgular ışığında eğitim programında yapılacak yeni değişikliklerde bu yönde tedbirler alınması sağlanabilir hem de etkili öğretim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlanabilir.

1.1. Alanyazında Özel Görelilik

Alanyazın incelendiğinde; modern fiziğin öğrenilmesine yönelik çok sayıda araştırmaya rastlanmıştır (Asikainen, Hervonen, Heikkinen, Nivalainen ve Viiri, 2003; Çalışkan, Selçuk ve Erol, 2009; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2007; Müller, Müller ve Weisner, 2002; Singh, Belloni ve Christian, 2006; Şen, 2000; Weisner, 1999; Yürümezoğlu, 2005). Alanyazın taraması “özel görelilik” ile sınırlandırıldığında, sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmaktadır. Zaman, eşzamanlılık, referans sistemleri, uzunluk büzülmesi kavramlarına yönelik kavram yanılgılarının tespiti ve bu kavramların öğrenilmesinde yaşanan güçlüklerin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (McGrath, Savage, Williamson, Wegener ve McIntyre, 2008; Özcan, 2009; Scherr, 2001; Scher, Shafter ve Vokos, 2002; Sezgin Selçuk, 2011).

Araştırmalarda özel görelilik konularında yaşanan güçlüklerin buradaki kavramlar ile günlük hayatta karşılaşmamasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Buna yönelik bazı araştırmacılar özel görelilik kavramları için simülasyonlar geliştirmiş ve bu simülasyonlarda günlük hayat senaryoları kullanmışlardır (Belloni, Christian ve Dancy 2004, Christian, 2005; Doat, Parizot, ve Vézien, 2011; McGrath et al. 2008, 2010; Savage, Searle, ve McCalman, 2007; Weiskopf, 2001). Sonuç olarak simülasyonların öğrenmeyi olumlu yönde etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır.

Özel göreliliğin öğretilmesine yönelik olarak yapılan diğer çalışmalara bakıldığında, bu konuya yönelik olarak geliştirilmiş modeller göze çarpmaktadır (Kaur et al. 2017a; Kaur et al. 2017b; Kaur et al. 2017c; Scherr, 2007). Bu modellerle özel görelilik konularının kavramsal boyutu ön plana çıkarılmış ve öğrencilerinin başarılarını artırdığı görülmüştür. Bunlardan başka özel görelilik konuları için ders modülleri geliştirilmiştir (Arriasecq ve Greca, 2012; Dimitriadi ve Halkia, 2012; Egdall, 2014; Zhang, 2005). Bu çalışmaların ortak yönü, modellerde olduğu gibi, elde ettikleri başarıyı modüllerin matematikten ziyade kavramsal olarak tasarlanmış olmasına bağlamış olmalarıdır.

Alan yazında özel göreliliğin öğretimi için öğretim yöntemlerinden yararlanan çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Guisasola ve ark. (2009), İspanya'da bir bilim müzesine yapılan ziyaretleri içeren bir öğrenme yöntemi önermiştir. Arriasecq ve Greca (2012) ise, özel göreliliğin öğretiminde bağlam temelli yaklaşımın etkisini savunmuşlardır.

Ulusal alanyazın incelendiğinde ise uluslararası literatüre oranla özel görelilik konusunu ele alan çalışmaların sayısının iyice azaldığı görülmektedir. Bu çalışmalar arasında en fazla, öğrencilerin özel göreliliği öğrenirken yaşadığı zorluklar konusunda çalışmalar bulunduğu görülmektedir. Ingeç, Taşkın ve Gürsoy (2016), çalışmalarında ortaöğretim öğrencilerinin özel görelilik konusunda yaptıkları kavramsal hatalarını araştırmış; öğrencilerin özel görelilik ile ilgili olarak önemli sıkıntıları olduğunu tespit etmişlerdir. Turgut, Gürbüz, Salar ve Toman (2013), fizik öğretmen adaylarının özel görelilik kavramlarını nasıl anladıklarını inceledikleri çalışmalarında, öğretmen adaylarının zamanın göreliliği ve referans sistemi kavramlarını anlamakta zorlandıkları bulgusuna ulaşmışlardır. Aynı zamanda ışık hızının sabit oluşunu

yorumlayamadıklarını belirlemişlerdir. Özcan ve Abak (2007), özel görelilik kavramlarından eşzamanlılık ve referans sisteminin öğrenilmesinde yaşanan zorlukları araştırdıkları çalışmalarında, öğrencilerin en yaygın olarak matematik gerektiren kısımlarda zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Özcan (2009), fizik bölümü öğrencileri ve fizik öğretmen adaylarıyla gerçekleştirdiği doktora tez çalışmasında, kuantum mekaniği ve görelilik öğretiminde karşılaşılan kavramsal ve matematiksel zorlukları incelemiştir. Zaman, gözlemci, referans sistemleri ve eş zamanlılık kavramlarının anlaşılmasında zorluklar yaşandığını belirlemiştir. Kızılcık ve Yavaş (2015) ise fizik öğretmen adaylarıyla yaptıkları çalışmada öğrencilerin özel görelilik konularında zorlanma nedenlerinin araştırmışlardır. Öğrencilerin referans sistemini belirleme ve matematiksel güçlükler nedeniyle özel göreliliği anlamakta zorlandıkları bulgusuna ulaşmışlardır.

Özel görelilik ile ilgili ölçek geliştirme çalışmaları araştırıldığında iki çalışmaya ulaşılmıştır. Önsal ve Güneş (2016), yüksek lisans tez çalışmasında özel görelilik kuramıyla ilgili kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik dört aşamalı bir test geliştirmişlerdir. Testin uygulaması 211 fizik bölümü, fizik mühendisliği ve fizik öğretmenliği lisans öğrencileri ile yapılmıştır. Analizler sonunda son halini alan test 27 soru maddesinden oluşmaktadır ve Cronbach- α güvenilirlik katsayısı 0,748'dir. Faktör analizinde, faktörlere düşen kavram yanlışları için ortak bir tanımlama yapılamamıştır.

İncec ve Tinni'nin (2016) ise, özel görelilik kavramlarından uzunluk büzülmesi ve zaman genişlemesine ilişkin geliştirdikleri kavram karikatürü ölçeği bulunmaktadır. Uygulama aşamasında 20 ortaöğretim öğrencisine ve 80 lisans öğrencisine uygulanmış olan kavram karikatürü ölçeği, nihai durumda altı adet kavram karikatüründen oluşmaktadır.

Özel görelilik konusunun öğrenilmesine yönelik yapılan uygulamalara bakıldığında, Altunsoy ve Dökme (2012), fen bilgisi öğretmen adaylarıyla bir yüksek lisans tez çalışması yapmışlardır. Deney-kontrol gruplu deneysel çalışmada, üst bilişsel stratejilerle problem çözme etkinliklerinin özel görelilik konusundaki başarıya etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonunda, öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki başarılarında deney grubu lehine anlamlı bir fark olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Ayrıca, Özcan'ın (2011), özel görelilik kuramı ile ilgili problemlerin çözümüne yönelik problem çözme yaklaşımlarını belirlediği bir araştırma bulunmaktadır. 34 fizik öğretmen adayı ile yapılan nitel çalışmada, öğretmen adaylarının problem çözme yaklaşımlarının bilimsel olmadığı, karşılaştıkları problemleri derste yapılan çözümlere benzetmeye çalıştıkları bulgusu elde edilmiştir.

Yapılan alan yazın taraması sonucunda ulusal alanyazında özel görelilik ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkilerin incelendiği araştırmaların yetersiz olduğu söylenebilir. Özel görelilik ile ilgili öğrencilerin bilgi düzeylerinin incelendiği, var olan kavramsal hataların tespit edildiği, kavramsal bilgiyi ölçmeye yönelik kavramsal testlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalara ihtiyaç duyulduğu ortadadır. Sunulan bu çalışmayla alan yazındaki bu eksikliği giderme yönünde katkı sağlayacağı ayrıca özel görelilik ile ilgili çalışmalara kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

1.2. Alanyazında Akademik Başarı, Cinsiyet ve Yaş

Fizik öğretiminin etkili ve verimli bir şekilde yapılmasına, öğrenci başarısının artırılmasına yönelik olarak fizik ile ilgili konularda bireylerin sahip oldukları bilgi düzeyleri üzerinde hangi değişkenlerin etkili olduğunu gösteren çalışmalar oldukça önemlidir. Çünkü bu değişkenlerin farkına varılması durumunda öğretim yapılırken veya program yapılırken göz önünde bulundurularak fizik eğitime yönelik öğrencilerin algılarında bir değişim oluşturulabilir. Bununla beraber kavramların öğrenilmesinde yaşanan zorlukların ortaya konulması durumunda bu konuların öğretiminde çeşitli önlemler alma yönünde araştırmalar yapılabilir.

Başarıyı etkileyen faktörlerin başında bireysel farklılıklar gösterilmektedir (Buluş ve diğerleri, 2011; Zehir Topkaya ve Çelik, 2009). Akademik başarıyı etkilediği düşünülen bireysel farklılıklar arasında en yaygın olarak kullanılan (Boz, Yerdelen-Damar ve Belge-Can, 2018; Buckley, S, 2016) ve sonuçları merak edilen bağımsız değişkenlerden birisi cinsiyettir (Buluş ve diğerleri, 2011; Bursal, Buldur ve Dede, 2015; Özkan ve Yıldırım, 2013). Bazı çalışmalarda akademik başarının en iyi (anlamli) yordayıcıları arasında cinsiyet ve yaş bireysel özellikleri olduğu sonucuna ulaşılırken (Batyra, 2017; Buluş ve diğerleri, 2011; Çınar, Özkaya ve Şaker, 2010), cinsiyetin eğitimsel ürünler üzerinde etkili olmadığını ileri süren (Özkan ve Yıldırım, 2013; Berberoğlu ve Demircioğlu, 2000; Kurt ve Erdem, 2012; Sungur, Tekkaya ve Geban, 2001) araştırmalar da mevcuttur. Bu durum, öğrencilerin cinsiyetinin başarıları üzerinde etkisinin değişen koşullarda farklılık gösterebileceğine işaret etmektedir.

İlgili alan yazın incelendiğinde cinsiyet, öğrenci başarısı ile ilgili araştırmalarda ele alınan önemli bir değişken olarak göze çarpmaktadır (Ateş, 2008; Ateş ve Karaçam, 2008; Buluş, Duru, Balkis ve Duru, 2011; Berberoğlu ve Demircioğlu, 2000; Erickson ve Erickson, 1984; Eryılmaz ve Tatlı, 2001; Sencar ve Eryılmaz, 2002b; Uzun ve Öğretmen, 2010; Young ve Fraser, 1994; Zhang ve Manon, 2000). Birçok çalışma fizik başarısıyla cinsiyet arasında bir ilişkinin olduğunu ve genel olarak erkek öğrencilerin kız öğrencilere göre daha başarılı olduğunu göstermektedir (Bahçetepe, 2013; Köse, 2003; Özay, Ocak, ve Ocak, 2003; Özgüngör, 2006; Sencar ve Eryılmaz, 2004). Bazı araştırmalarda da kızların erkeklerden daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Acar, 2017; Hacıeminoglu, Yılmaz-Tuzun ve Ertepinar, 2009; Özgüngör, 2006). Bazı araştırmalarda da erkek öğrencilerin kız öğrencilerden hem daha az kavram yanılgısına (Chambers ve Andre, 1997; Shipstone et al. 1988) hem de daha fazla fizik başarısına sahip olduğu belirlenmiştir (Eryılmaz, 1996; Eryılmaz ve Tatlı, 2001; Haggerty, 1991). Ayrıca alan yazında toplam skorlar üzerinden yapılan analiz sonuçlarında cinsiyet farklılığı kız öğrencilerin aleyhine görünürken (Özay, Ocak, ve Ocak, 2003; Özgüngör, 2006) kavram yanılgıları tek tek incelendiğinde durumun kız öğrencilerin lehine olabileceği ortaya konulmuştur (Sencar ve Eryılmaz, 2002b).

Konu bazında cinsiyet ile fen ve matematik başarısı arasında ilişkinin incelendiği araştırmalar konulara göre cinsiyet faktörünün önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Kız ve erkek öğrencilerin basit elektrik devreleri konusu ile ilgili, tecrübeye dayalı sorulardan elde edilen skorlarda erkeklerin lehine anlamlı bir fark bulunmuştur (Sencar ve Eryılmaz, 2002a; Sencar ve Eryılmaz, 2002b). Geometrik optik konusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının kavramsal anlamaları üzerine cinsiyetin anlamlı etkilerinin olmadığını göstermiştir (Taşlıdere, 2013). Cinsiyet değişkeninin, öğrencilerin ölçme ve değerlendirme dersi başarılarını yordadığı tespit edilmiştir (Kart ve Gülleroğlu, 2013). İnsanda dolaşım sistemi kavramlarını öğrenme başarı üzerinde cinsiyet farkının anlamlı bir değişken olmadığı belirlenmiştir (Sungur, Tekkaya, ve Geban, 2001). Cinsiyetin, konu bazında öğrenci başarısı üzerinde etkili olabilecek bir değişken olduğu söylenebilir.

Alan yazında farklı konularda cinsiyet ile bireylerin farklı ölçme ve değerlendirme teknikleriyle ölçülen başarıları arasındaki ilişkinin incelendiği araştırmalar da mevcuttur (Ateş ve Karaçam, 2008; Zhang ve Manon, 2000). Ateş ve Karaçam (2008) hareket ve hareket yasaları konusunda cinsiyet değişkeni ile kavramsal anlama düzeyi arasındaki ilişkinin, kavramsal anlama düzeyini belirlemek için kullanılan ölçme ve değerlendirme tekniğinin türüne bağlı olduğunu belirlemişlerdir. İlgili alan yazın incelendiğinde de açık uçlu sorular kullanıldığında kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre daha başarılı olduklarını (Burton, 1996; Burkam ve Burkam, 1995; DeMars, 1998; Yip et al. 2004), erkek öğrencilerin çoktan seçmeli testlerde kız öğrencilere göre daha başarılı oldukları (Jovanic et al. 1994) görülmektedir.

Cinsiyetler arası başarı farkının zaman içinde değişimine bir gösterge olarak Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme for International Student Assessment) [PISA]

sonuçları incelenebilir. İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development) [OECD] tarafından 2000 yılında başlatılan PISA projesi, OECD üyesi olan ülkelerde uygulanan eğitim sistemlerinin durumu hakkında karşılaştırmalı bilgi vermek amacıyla her üç yılda bir yapılmaktadır (Berberoğlu ve Kalender, 2005). PISA dünya genelinde yürütülen en geniş kapsamlı eğitim araştırmalarındandır. Bu araştırmalarda bazı ülkelerde testlerdeki performansların cinsiyet gibi demografik özelliklerden etkilendiği görülmektedir. 2000 ve 2003 PISA çalışmalarında OECD ülkelerinde erkekler lehine fen ve matematik başarı farkı tespit edilmiştir (Bursal, Buldur, ve Dede, 2015). Ülkemiz, ilk kez 2003 yılında katılmıştır ve PISA 2003 ulusal raporunda (MEB, 2005: 129) “geçmişte erkekler fen bilimlerinde daha sık olarak yüksek performans göstermişse de PISA 2003’te fen bilimleri alanındaki performans açısından kız ve erkekler arasında sistematik farklar yoktur” şeklinde puanların kız ve erkekler arasında birbirine yaklaştığı belirtilmiştir. Zaman içinde kızlar lehine farklar gözlenmeye başlanmış ve PISA 2006 ulusal raporunda (MEB, 2007: 32) “Kız öğrencilerimiz, erkek öğrencilerimizden daha başarılıdır.” şeklinde yorumlanmıştır. PISA 2009’da OECD üyesi ülkelerdeki kız ve erkeklerin ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olmasa da Türkiye’de kızların ve erkeklerin fen okuryazarlığı ortalamaları arasındaki fark kızların lehinedir (MEB, 2010: 120). 2006 ve 2009 PISA çalışmaları karşılaştırıldığında OECD ülkelerinde erkekler lehine fen ve matematik başarı farkının küçüldüğü söylenebilir (Bursal, Buldur, ve Dede, 2015). PISA 2012’de fen alanında kızların lehine bir fark olduğu ve bu puan farkının da istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (Yıldırım ve diğerleri, 2013: 33). 2012 PISA ulusal raporunda ise bu durum “Türkiye, fen performansları açısından cinsiyete göre farkın fazla olduğu ülkelere biridir.” (Yıldırım ve diğerleri, 2013: 33) şeklinde vurgulanmıştır. Fen puan ortalamaları bakımından, PISA 2009 ile PISA 2012 karşılaştırıldığında kız-erkek öğrenciler arasındaki farkın azaldığı (Özmuş ve Kaya, 2011) dikkati çekmektedir. PISA 2015 uygulaması kapsamında cinsiyet değişkenine göre tüm ülkelerdeki kız öğrencilerin puanlarının ve Türkiye’deki kız öğrencilerin puanlarının erkek öğrencilerin puanlarından daha yüksek olduğu görülmüştür (Özgürlük ve ark., 2015). 2012 PISA ulusal raporuna (Özgürlük ve diğerleri, 2015) göre Türkiye’de fen alanında kız ve erkek öğrencileri arasındaki fark PISA 2006 uygulamasına göre düşmüştür. PISA 2015 ulusal raporunda (MEB, 2015: 18) ağırlıklı alanın fen okuryazarlığı olduğu 2006 ve 2015 yıllarına göre, fen okuryazarlığı ortalama puanları arasındaki farkın cinsiyet ve yıllar açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeye göre Kız ve erkek öğrencilerin ortalama puanları arasındaki fark OECD ülkelerinde erkek öğrenciler lehine, Türkiye’de ise kız öğrenciler lehinedir. Ayrıca raporda “PISA 2006 uygulamasında OECD ülkelerindeki fen okuryazarlığı ortalama puan farkı erkek öğrenciler lehine 2 puan iken, Türkiye’de kız öğrenciler lehine 12 puandır. PISA 2015 uygulamasında OECD ülkelerindeki ortalama puan farkı yine erkekler lehine 4 puan iken Türkiye’de kız öğrenciler lehine 6 puandır.” vurgusu yapılarak Türkiye’de kız ve erkek öğrenciler arasındaki puan farkının azaldığı ifade edilmiştir.

Batı (2017), PISA 2015 verilerini kullanarak Türkiye’de cinsiyete dayalı başarı farkının bir değerlendirmesini yapmıştır. Batı (2017)’nin çalışmasında sınav puanlarının ve puanlardaki cinsiyet uçurumunun iki grup değişkene bağlı olarak nasıl etkilendiğine odaklanılmıştır. Araştırma çerçevesinde ebeveynlerin duygusal desteği, çocukların ebeveynleriyle etkileşimi, öğrenmeyi kolaylaştıran etmenler (sınav kaygısı, okula aidiyet hissi gibi), bir konu için hissedilen zevk, merak ve ona verilen önem normalde araştırmacı için bilinmeyen konular arasında olduğuna dikkat çekilerek gözlemlenemeyen bir heterojenliğe sebep olabileceği vurgulanmıştır. Daha da önemlisi, bu değişkenlerin aslen cinsiyete dayalı olduğu ifade edilmiştir. Bu yüzden bu değişkenlerin cinsiyet açığına olan katkılarının bilimsel olarak araştırılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Bu değerlendirmeler ışığında 2000-2015 PISA çalışmalarında iki ortak nokta olduğu söylenebilir. Bu ortak noktalardan biri fen ve matematik alanında zaman içinde başarının

cinsiyete göre farklılık göstermesidir. Değişen zamana bağlı olarak değişen koşulların kız ve erkeklere yönelik eğitimde başarı anlamında farklılık yarattığı söylenebilir. Bir diğer ortak nokta ise PISA raporlarında cinsiyete özel başlıkların ayrıldığı görülmüştür. PISA gibi geniş ölçekli çalışmaların raporlarında cinsiyete özel başlıklar ayrılması bu konuya ne kadar önem verildiğinin bir göstergesidir (Bursal, Buldur ve Dede, 2015). Sonuç olarak cinsiyete dayalı araştırmalar başarının belirleyicilerinin ortaya konulması açısından önem taşımaktadır.

Yaşın akademik başarıda önemli bir yordayıcı olduğunu belirten araştırmalar mevcuttur (Ateş, 2008; Beaty, 1994; Chinnanon, 1985). Ateş (2008) kız ve erkek öğrencilerin fizik başarısını etkileyen faktörlerin başında yaş değişkeninin geldiğini belirtmiştir. Beaty (1994)'e göre yaş, özellikle uzaktan eğitimde alınan derslerin tamamlanmasında etkili bir faktördür ve yaş arttıkça derslerin tamamlanma olasılığı düşmektedir.

Fizik başarısı ve cinsiyet arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmaların bulguları, genel olarak ilköğretim yıllarında nadir olarak görülen cinsiyetin başarı üzerindeki etkisinin yaş ve sınıf seviyesi ilerledikçe iyice belirgin hale geldiğini ve özellikle fizik derslerinde diğer fen bilgisi derslerine göre daha fazla olduğunu vurgulamaktadır (Ateş, 2008). Fen akademik başarılarının boyamsal olarak sınıf düzeyi ve cinsiyet farklılıkları bazında 4-8. sınıf ilköğretim öğrencilerinin incelendiği araştırmalarda kızların tutarlı olarak az bir farkla da olsa erkeklerden daha yüksek fen başarısına sahip olduğu ve bu farkın sınıf düzeyi arttıkça istatistiksel olarak anlamlı bir farka dönüştüğü belirlenmiştir (Bursal, 2013). Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kuruluşu- IEA'nın, dört yıllık aralıklarla düzenlemiş olduğu 4. ve 8. sınıf düzeyindeki öğrencilerin matematik ve fen bilimleri alanlarında kazandıkları bilgi ve becerilerin değerlendirilmesine yönelik bir tarama araştırması (Yıldırım ve ark., 2016) olan TIMMS sonuçlarının, cinsiyetler arası başarı farkının sınıf düzeyine göre zaman içindeki değişiminde en önemli göstergesi olarak incelenebileceğine dikkati çeken araştırmalar kızlar ve erkekler arasındaki başarı farkının yıllar ilerledikçe azaldığını vurgulamaktadır (Bursal, Buldur ve Dede, 2015). 1995'teki TIMSS çalışması sonucunda da cinsiyetler arası fen başarı farkının sınıf düzeyi arttıkça erkekler lehine arttığı görülmüştür (Bursal, 2013).

Sonuç olarak ilgili alan yazın incelendiğinde cinsiyet ve yaşın fen başarısının önemli yordayıcısı olduğu görülmektedir. Hem cinsiyet ile fen dersi başarısı arasındaki ilişkinin ölçme tekniğine ve konuya bağlı oluşu hem de bu ilişkinin genellenebilirlikten uzak oluşu da göz önüne alındığında ele alınan konu bazında cinsiyet ve yaş değişkeni açısından farklılaşmaya yönelik araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca cinsiyet ve yaş değişkeninin fen başarısı arasındaki ilişkilerin incelendiği araştırmalar başarının belirleyicilerinin ortaya konulması açısından önem taşımakta ve alana katkı sağlayıcı nitelik taşımaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan özel görelilik konusuna 2013 Ortaöğretim Fizik Dersi 12. Sınıf Öğretim Programında kazanımlar çerçevesinde yer verilmiştir. Özel görelilik konusunun cinsiyet ve yaş değişkenleri açısından incelenmesi hem bu konuya yönelik başarının belirleyicilerinin hem de araştırmacı tarafından gözlemlenemeyen bir heterojenliğin ortaya çıkarılmasında ilk adımları oluşturacaktır. Ayrıca özel görelilik konusunun ortaöğretim fizik müfredatında yer alması durumunda dikkate alınması gereken durumların belirlenmesi yönünde yapılacak olan yeni araştırmalara yol gösterici nitelikte olacaktır.

1.4. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerini belirlemek ve çeşitli değişkenler açısından incelemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

- Öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeyleri nedir?

- Öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeyleri ve “Görelilik Kavram Envanteri” alt boyutları yaş ve cinsiyet değişkenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?
- Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almış olan öğretmen adaylarının, özel görelilik konusunda bilgi düzeyleri ve “Görelilik Kavram Envanteri” alt boyutları cinsiyet ve yaş değişkenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?
- Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almamış olan öğretmen adaylarının, özel görelilik konusunda bilgi düzeyleri ve “Görelilik Kavram Envanteri” alt boyutları cinsiyet ve yaş değişkenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?

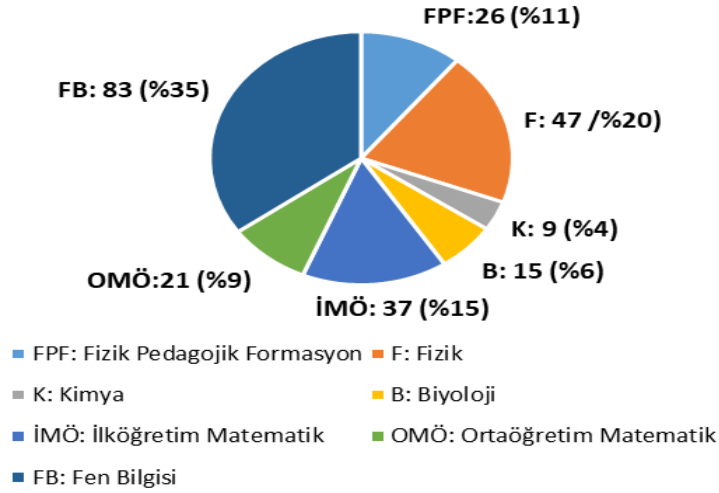
2. YÖNTEM

Araştırma betimsel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama modeli, var olan veya geçmişte var olup sona ermiş bir durumun ortaya çıkarılmasını amaçlayan araştırma yaklaşımıdır (Karasar, 2012; McMillan & Schumacher, 2006). Bu araştırmalarda bir grubun belirli özelliklerini betimlemek hedeflenir (Büyüköztürk, 2009). Bu modelin kullanıldığı araştırmalar, var olan durumu değiştirme çabasına girmeden var olduğu şekliyle ele alır ve araştırmada ele alınan değişkenlerin derecesini belirlemeye çalışır (Büyüköztürk, 2009; Fraenkel & Wallen, 2006).

2.1. Çalışma Grubu

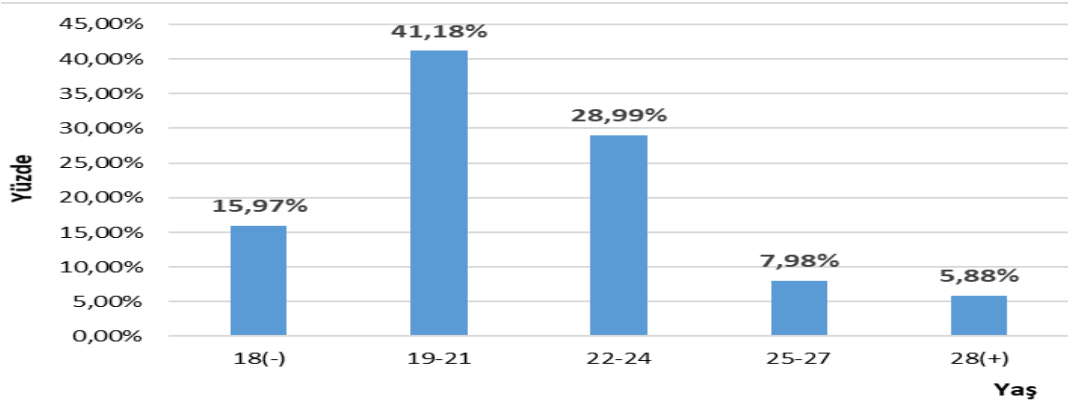
Araştırmanın çalışma grubu, farklı programlara yerleşmiş olan öğretmen adaylarının bilgi düzeyleri konusundaki çeşitlilik sağlamak amacıyla, amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örneklemesine göre belirlemiştir. Çalışma grubunu 2015-2016 Bahar döneminde Eğitim Fakültesinde öğrenim gören toplam 238 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Karşı karşıya oldukları üniversite sınavı nedeniyle akademik çalışmalara katılıma olan gönülsüzlük, yılın son aylarında sınava yoğunlaşma gerekçesiyle devamsızlık yapılması, özel görelilik ünitesinin ikinci dönemin son konularından olması ve üniversite sınavının yakın bir tarih oluşunun veri toplama açısından olumsuz bir ortam oluşturması gerekçesiyle 12. sınıf öğrencilerini temsilen çalışma grubunda liseyi yeni bitirmiş, fen ve matematik alanını (fizik, kimya, biyoloji ve matematik) tercih etmiş olan 17-18 yaş grubu öğretmen adaylarına yer verilmiştir. Çalışma grubunda yer alan öğretmen adaylarında, lisede özel görelilik konusunu görmüş olma şartı aranmıştır. Lisede bu konuyu görmemiş olan ya da hatırlamadıklarını söyleyen öğretmen adayları çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma grubunu oluşturan öğretmen adaylarının 138'i (%58) kadın, 100'ü (%42) erkektir. 115 öğretmen adayı (%48) özel görelilik konularını sadece ortaöğretimde aldığı fizik dersinde görmüş; 123'ü (%52) ise üniversitede özel görelilik konusunu içeren dersler almıştır.

238 öğretmen adayının öğrenim gördükleri programlara dağılımı Grafik 1'de verilmiştir.



Grafik 1: Çalışma grubunun öğrenim gördükleri programlara dağılımı göre dağılımı

Grafik 1’de görüldüğü üzere çalışma grubundaki öğretmen adaylarını, Fizik öğretmenliğinden 47 (%19,7), Kimya öğretmenliğinden 9 (%3,8), Biyoloji öğretmenliğinden 15 (%6,3), İlköğretim Matematik öğretmenliğinden (İMÖ) 37 (%15,5), Ortaöğretim Matematik (OMÖ) öğretmenliğinden 21 (%8,8), Fen Bilgisi öğretmenliğinden 83 (%34,9), Fizik Öğretmenliği Pedagojik Formasyon Programından 26 (%10,9) öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının yaş gruplarına göre dağılımı Grafik 2’de görülmektedir.



Grafik 2. Çalışma grubunun yaşa göre dağılımı

Grafik2’de görüldüğü üzere, çalışma grubundaki öğretmen adaylarını 38’i (%15,97) 18 yaş ve altı grubunda; 98’i (%41,18) 19-21 yaş aralığında; 69’u (%28,99) 22-24 yaş aralığında; 19’u (%7,98) 25-27 yaş aralığında; 14’ü (%5,88) 28 yaş ve üstü grubunda yer almaktadır. Katılımcıların yaş ortalaması 21,33’tür.

2.2. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın veri toplama aracı olarak, Aslanides ve Savage (2013) tarafından geliştirilen, kinematik rölativistik kavramların anlaşılmasına yönelik iki aşamalı “Görelilik Kavram Envanteri” kullanılmıştır. Bu envanter gerekli izin alındıktan sonra araştırmacılar tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Envantere 6 maddelik, öğretmen adaylarının kişisel bilgilerini ortaya çıkartacak demografik bilgiler bölümü eklenmiştir.

2.3. Görelilik Kavram Envanteri’nin Türkçe’ye uyarlanma Süreci

Özgün formu İngilizce olan Görelilik Kavram Envanteri (GKE), iki Fizik Eğitimi uzmanı tarafından ve bir İngilizce tercüman tarafından bağımsız olarak Türkçe’ye çevrilmiştir. Elde

edilen çeviriler incelenerek, her bir maddeyi en iyi ifade ettiği düşünülen maddeler benimsenmiş, çeviriden kaynaklanacak kavramsal hataların önüne geçilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde ölçeğin Türkçe formu oluşturulmuştur.

Oluşturulan Türkçe form, kültürel bağlam, dilbilim ve ölçme değerlendirme ölçütleri açısından incelenmesi için, yurtdışında doktora yapmış, anadili Türkçe olan bir Türkçe Eğitimi ve bir Fizik alan uzmanından görüş alınmıştır. Böylelikle hem ölçek maddeleri anlam ve gramer özellikleri bakımından tekrar incelenmiş hem de kültürler arası farklılıklardan kaynaklı, ölçeğin geçerlik ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyecek durumların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Kültürler arası farklılıklar bazı kültürlerde çok nadir de olsa ölçeğin uygulanabilirliğinin düşük çıkmasına sebep olmaktadır (Asil ve Kaya, 2013). Ayrıca tercüme sırasında gerçekleşen farklılaşmalar da söz konusu olabilmektedir (Tabuk, 2018; Clarke, 2013). Bu farklılaşmayı da gidermek amacıyla uzmanların birbirlerinden bağımsız olarak yaptıkları incelemeler sonrasında görüşleri dikkate alınmış ve üzerinde uzlaştıkları noktalarda değişiklikler yapılmıştır. Yapılan değişikliklerde envanterin orijinalinde yer alan uzun cümleler birden fazla cümleye bölünmüş, anlam değiştirilmeden daha anlaşılır cümleler haline getirilmiştir.

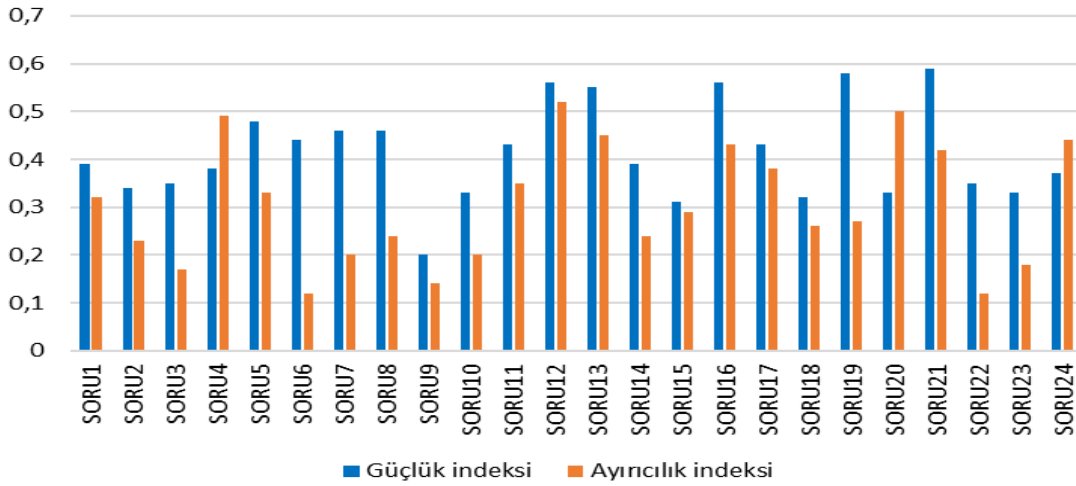
Son aşamada ise, düzenlemede son hali verilen ölçek, araştırmacılar tarafından 22 öğretmen adayına uygulanmıştır. Uygulama sırasında anlaşılmayan ya da aksaklığa neden olan ifadeler yeniden düzenlenmiştir.

2.4. Geçerlik ve Güvenilirliğe yönelik alınan önlemler

Görelilik Kavram Envanteri'nin birinci aşaması farklı sayıda seçenek içeren çoktan seçmeli, ikinci aşaması ise öğretmen adaylarının ilk aşamada işaretlediği seçenektan emin olma durumlarını işaretledikleri toplam 24 soru içerecek şekilde hazırlanmıştır. GKE'nin yüzey geçerliğini belirlemek için (Çakmur, 2012; Karakuş ve Dönmez, 2014) uygulama öncesinde bir pilot çalışma yapılmış, 22 öğretmen adayına uygulanmıştır. Bu öğretmen adayları tarafından anlaşılmayan ya da aksaklığa neden olan ifadeler, etik kuralları ihlal etmeyecek tarzda yeniden düzenlenmiştir.

Kavramsal yapının temel boyutları ve ölçüm alanının kapsanması yönünden önem taşıyan içerik geçerliğini (Şencan, 2005; Karakuş ve Dönmez, 2014) belirlemek için 4 fizik ve fizik eğitimi uzmanından görüş alınmıştır. Kapsam geçerliliği için kapsam geçerlilik indeksi, Davis tekniği ile belirlenmiştir (Yurdagül, 2005). Davis (1992) tekniğinde maddeler; “uygun”, “madde hafifçe gözden geçirilmeli”, “madde ciddi olarak gözden geçirilmeli” ve “madde uygun değil” şeklinde dördü derecelendirilmiştir. Maddelerin uygun olduğu ve maddenin hafifçe gözden geçirilmesi gerektiği seçeneklerini işaretleyen uzmanların sayısı toplam uzman sayısına bölünerek maddeye ilişkin “kapsam geçerlik indeksi” elde edilmiştir. Bu değer 0,80 olması kabul edilebilir bir düzey demektir (Taşkın ve Akat, 2010; Polit & Beck, 2006: 491). GKE için kapsam geçerlik indeksi 0,96 bulunmuştur.

GKE maddelerinin ne kadar iyi işleve sahip olduğunu belirlemek için madde analizi yapılmıştır. Madde güçlük indeksi ortalaması ,38; ayırıcılık indeksi ortalaması ,25 olarak bulunmuştur. Buna göre güçlük ve ayırıcılık düzeyi “orta” olarak belirlenmiştir. Madde analizi değerleri Grafik 3'te görülmektedir.



Grafik 3. Görelilik Kavram Envanteri madde analizi sonuçları

Yapı geçerliğini belirlemek için istatistiksel analiz tekniklerinden Bayesci doğrulayıcı faktör analizi kullanılmıştır. Her bir regresyon parametresi için önsel dağılım olarak normal dağılım alınmıştır. Modelde tahmin edilen regresyon parametrelerinin yakınsama durumları Gelman Rubin kriteri ile değerlendirilmiştir. Bu kriter gereği potansiyel ölçek indirgeme faktörü (Potential scale reduction factor-PSRF) değeri 1 veya 1'e yakın olan parametreler için yakınsama sağlanmaktadır. Analiz için her parametre için üç zincir şeklinde analiz yapılmıştır. Her regresyon parametresi için Markov Zinciri Monte Carlo(MCMC) simülasyonu ile parametre değerleri elde edilmiştir. Bayesci analiz için yakma periyodu 10000, toplam iterasyon sayısı da 20000 olarak alınmıştır. Bayesci doğrulayıcı faktör analizi modelinin performansını değerlendirmek için uyum iyiliği ölçüleri incelenmiştir. Hata payı %5 olarak alınmıştır. Bayesci doğrulayıcı faktör analizi sonucu elde edilen istatistiksel sonuçlar HPD sınırları Bayesci model için regresyon parametrelerine ait güven sınırları olarak yorumlanabilir. HPD sınırları sıfır değerini kapsadığında ilgili değişken istatistiksel olarak anlamsız olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen sonuçlara tüm faktörler için her bir değişkenin HPD sınırları sıfır değerini kapsamadığı için tüm gizil faktörler altında yer alan değişkenler istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu sonuç; çalışmada yer alan değişkenlerin ilgili faktörler altında doğru bir şekilde toplandığını göstermektedir.

Yapılan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda ise bazı maddelerin binişik çıktığı görülmüş, bunun üzerine alt boyutları belirlemek için uzman görüşünden faydalanılmıştır. GKE, orjinaline uyumlu şekilde, “zaman genişlemesi”, “uzunluk büzülmesi”, “eşzamanlılığın göreliliği”, “görelî hız”, “eylemsiz referans sistemi” “nedensellik”, “kütle enerji eşdeğerliği”, “özel göreliliğin 1. postülası” ve “özel göreliliğin 2. postülası” olmak üzere 9 alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutların sorulara dağılımı Tablo1'de görülmektedir.

Tablo 1: Görelilik Kavram Envanterinin alt boyutlara göre dağılımı

Alt boyut	Soru maddesi	Örnek Soru
1 Zaman genişlemesi	5, 6, 7, 8	<i>Burak bir asteroit (uzayda yüzen küçük kaya parçası) üzerinde durmaktadır. Aslı, Burak'a göre yüksek hızda hareket eden bir uzay gemisinin içindedir. Aslı, $t=0$ anında, Burak'ı geçerken, , bir anlığına Burak ile yanyana gelir.</i> 5) Aslı'nın gemisi tam Burak'ı geçerken, Aslı gemiden Burak'a iki ışık sinyali gönderir. Eğer Aslı ışık sinyallerini kendi saatine göre 1 nanosaniye ara ile gönderirse, Burak'a göre iki sinyal arasında ne kadar zaman geçer? A)1 nanosaniyeden daha fazla B) 1 nanosaniyeye eşit C) 1 nanosaniyeden daha az
2 Uzunluk büzülmesi	13, 14, 17	17) Hızlı uzay gemileri üretmekte uzmanlaşmış, geleceğe ait bir uzay istasyonu düşünün. Gemiler inşa edildiğinde, test etmek için yüksek hızda istasyondan ayrılır. Gemiler hızla ayrılırken istasyonda bulunan bir cihaz ile gemilerin yüzeyine aniden bir seri numarası damgalanır. Bu seri numarası uzay istasyonundaki bir inşaatçı tarafından D uzunluğunda ölçülür. Test sürüşü bittikten sonra, gemiler istasyona döner ve garaja park edilir. Uzay istasyonundaki inşaatçı tarafından ölçülen seri numarasının uzunluğu, gemi park halindeyken nasıl ölçülür? A)D' den daha büyük B)D' ye eşit C)D' den daha küçük
3 Eşzamanlılığın göreliliği	11, 12, 15, 21	15)Bir gözlemciden uzakta bulunan 2 ayrı ampul ışık yaymaktadır. Bu gözlemci, her iki kaynaktan çıkan sinyalleri aynı anda görür. Yalnızca buradan yola çıkarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir? A) Işık sinyalleri tüm gözlemciler için aynı anda ortaya çıkar. B) Işık sinyalleri bu konumdaki gözlemciler için aynı anda ortaya çıkar. C) Ampullere göre gözlemci hareket etmiyorsa ışık sinyalleri aynı anda ortaya çıkar. D) Yukarıdaki yorumları yapmak mümkün değildir.
4 Görelî hız	9, 10	<i>Arda ve arkadaşı Burcu özdeş uzay gemileri ile ayrı ayrı sefere çıkmaya karar verirler. İksi de zıt yönlerde doğru Dünya'dan uzaklaşırlar. Dünya'dan bakan bir gözlemciye göre Arda $v=0,75c$ hızı ile sol yöne, Burcu ise $v=0,75c$ hızı ile sağ yöne gitmektedir.</i> 9)Eğer Arda, Burcu ile arasındaki mesafenin artış hızını ölçerse, nasıl bir değere ulaşır?: A)1,5c' ye eşit B) c' den büyük ama 1,5c'den küçük C) c' ye eşit D) 0,75c' den büyük ama 1,5c'den küçük E) 0,75c' ye eşit
5 Eylemsiz referans sistemi	1, 2	<i>Berk platform üzerinde ayakta durmaktadır. Ada ise, Berk'e göre soldan sağa doğru v hızıyla hareket eden bir trenin içerisinde ayakta durmaktadır. Ada, tam Berk'i geçerken, elinde bulunan bowling topunu trenin penceresinden dışarıya atar. (Şekill)</i> 1)Hava direncini ihmal edildiğinde, platformda duran Berk, topun hangi yolu izlediğini görür? A) A yolu B) b yolu C) c yolu
6 Nedensellik	22, 23	22).Eğer iki olay, gözlemcinin ikisinin de bulunabildiği bir yolla ayrılabilirse, iki olay arasındaki hangi ilişki tüm gözlemciler için aynıdır? A) İki olay arasındaki zaman B)İki olay arasındaki mesafe C) Olayların gerçekleşme sırası D)Tüm gözlemciler için bu ilişkilerin hiçbiri aynı olamaz.
7 Kütle enerji eşdeğerliği	24	24) Eşit miktarda madde ve antimadde içeren kapalı bir kutu düşünün. Bu kutunun ve içindekilerin toplam kütlesi başlangıçta M' dir. Sonra madde ve antimaddenin kutunun içerisinde birbirini imha etmesine izin verilir ve fotonlara dönüşürler. İmha işlemi sonrasında kutunun ve içindekilerin toplam kütlesi ne olur? A) M' den daha büyük B) M' ye eşit C) M' den daha küçük
8 Özel göreliliğin 1. postülası	16, 18, 19, 20	16) Aşağıdaki düşünce deneyinde, bir demiryolunda yüksek hızda hareket eden bir trendesiniz. Doğru mu, yanlış mı?: “Vagonun uzunluğunu ölçmek istediğinizde, trenin hareketsiz olduğu andakinden daha farklı bir değer elde edersiniz.” A)Doğru B) Yanlış
9 Özel göreliliğin 2. postülası	3, 4	3) Doğru mu, Yanlış mı?: “teorik olarak, sabit yüksek bir hızla bir ışık sinyalini takip eden bir gözlemci ışığı neredeyse duruyor olarak görür .” A) Doğru B) Yanlış

Görelilik Kavram Envanteri'nin güvenilirliğine ilişkin olarak iç tutarlık katsayısı Cronbach Alpha ,703 olarak hesaplanmıştır. Envanterin güvenilirliğini desteklemek için Ferguson's delta değeri de hesaplanmıştır (Ding ve Beichner, 2009). Ferguson's delta değeri ,92 (>.9) olarak

bulunmuş olup istenilen değer aralığındadır. Elde edilen bu sonuç testin güvenilirliğini artırıcı yöndedir.

2.2. Araştırmada Etik Olgular

Aslanides ve Savage (2013)'in çalışmalarında kullandıkları ölçme aracı olan “Görelilik Kavram Envanteri” ni Türkçe’ye kazandırmak için öncelikle sorumlu yazar Craig Savage ile e-posta yoluyla iletişim kurulmuş, ölçeğin Türkçe’ye uyarlanabilmesi konusunda gerekli izin alınmıştır. Ayrıca araştırmada tüm prosedürler, 1964 Helsinki Bildirgesi ve daha sonraki değişikliklerle etik standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

2.3. Verilerin Analizi

Görelilik Kavram Envanteri değerlendirilirken verilen her doğru cevaba “1” puan, yanlış cevaba ise “0” puan verilmiştir. “Görelilik Kavram Envanteri”nden birinci aşaması için alınabilecek maksimum puan 24’dir. Ölçeğin 2. aşamasında öğretmen adaylarına “Verdiğiniz cevaptan ne kadar eminsiniz?” diye sorulmuştur. Bu aşamada ise puanlandırma “Kesinlikle emin değilim=0”, “Emin değilim=0,25”, “Kararsızım=0,50”, “Eminim=0,75”, “Kesinlikle eminim=1” puan verilerek yapılmıştır. “Görelilik Kavram Envanteri”nden ikinci aşaması için alınabilecek maksimum puan 24’dir. Bu durumda “Görelilik Kavram Envanteri”nden alınabilecek maksimum puan “48” dir.

Ölçekten alınan puanların alt boyutlara göre dağılımı hesaplanırken her alt boyut için alınan puanlar toplanarak, soru sayısına bölünmüştür. Her alt boyut için ortalama puanlar hesaplanmıştır.

Bilgi düzeylerinin değişkenler ile ilişkisi incelenirken ise, çalışmada birden fazla bağımsız değişkenin birden fazla bağımlı değişken üzerindeki etkisi araştırıldığından iki yönlü çoklu varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. İki yönlü çoklu varyans analizi iki bağımsız değişkenin, birden fazla bağımsız değişken üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılan bir varyans analizi tekniğidir (Kalaycı, 2009). MANOVA testi bağımsız değişkenleri aynı anda ele aldığından birinci tip hata yapma olasılığını kontrol altına almaktadır (Stevens, 1996). MANOVA testinin yapılabilmesi için kovaryans matrislerinin ve hata varyanslarının homojenliği (Tabachnick ve Fidell, 1996) ve normal dağılım (tek değişkenli ve çok değişkenli) bu analizin temel varsayımlarıdır (Kalaycı, 2010). MANOVA’nın uygulanma varsayımlardan bir diğeri de, bağımlı değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantının bulunmamasıdır. (Field, 2009). Puanlarla ilgili betimsel istatistikler elde edildikten sonra MANOVA testinin yapılabilmesi için temel varsayımlardan grupların varyans homojenliğini kontrol etmek için Levene testinden, buna ek olarak MANOVA testinde kovaryans eşitliği sayılıştısının kontrolü için Box’s M istatistiğinden faydalanılmıştır. MANOVA için sağlanması gereken bir diğer gerekli varsayım olan bağımlı değişkenler arasında doğrusal ilişki kontrol edilmiştir.

3. BULGULAR

Bu çalışmanın birinci alt problemine uygun olarak çalışma grubundaki öğretmen adaylarına “Görelilik Kavram Envanteri” uygulanmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarının “Görelilik Kavram Envanteri”nden elde edilen puanlara ait istatistik değeri Tablo 2’de sunulmuştur.

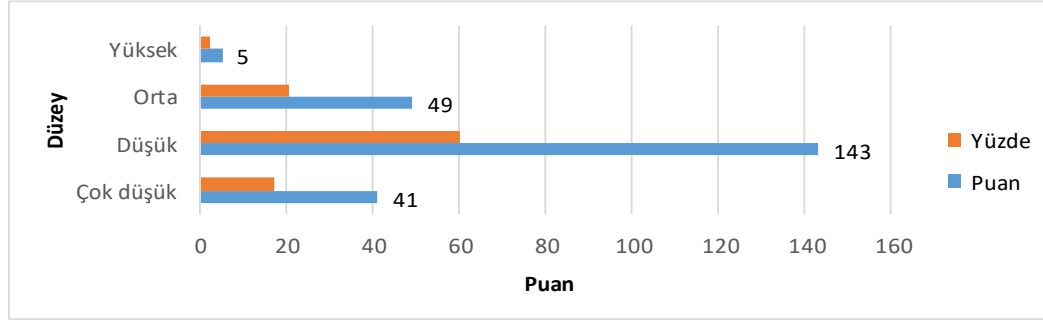
Tablo 2: Görelilik Kavram Envanteri için betimsel istatistikler

\bar{X}	SS	Mod	Medyan	Ranj	Alınabilecek en yüksek puan	Alınan en düşük puan	Alınan en yüksek puan
21,56	0,33	21,5	21,5	30	48	7	37

Öğretmen adaylarının “Görelilik Kavram Envanteri”nden aldıkları puanlar beşli sisteme çevrilmiş ve “Çok Düşük (0.0-1.79)”, “Düşük (1.80-2.59)”, “Orta, (2.60-3.39)”, “Yüksek (3.40-4.19)”, “Çok Yüksek (4.20-5.00)” kategorileri içinde değerlendirilerek bilgi düzeyleri belirlenmiştir.

3.1. Öğretmen adaylarının bilgi düzeyleri

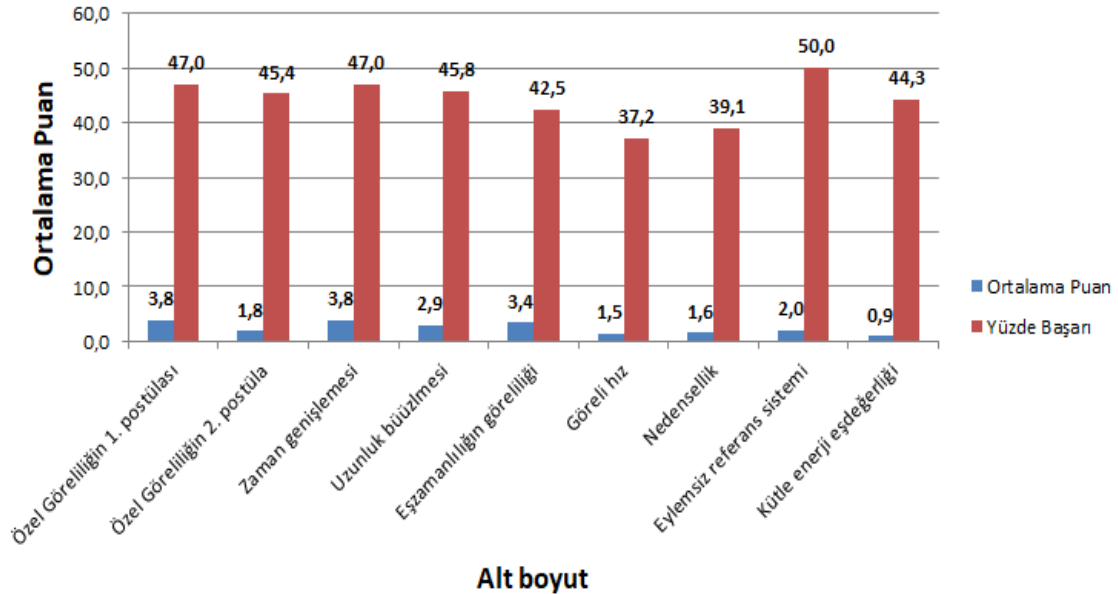
Öğretmen adaylarının Görelilik Kavram Envanterinden aldıkları puanlar hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre öğretmen adaylarının özel görelilikle ilgili bilgi düzeyleri Grafik 3’te görülmektedir.



Grafik 3: Öğretmen Adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeyleri

Öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin %17,2 (n=41) oranında “Çok Düşük”, %60,1 (n=143) oranında “Düşük”, %20,6 (n=49) oranında “Orta”, %2,1 (n=5) oranda “Yüksek” düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirilirse öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin “Düşük” düzeyde olduğu söylenebilir.

Öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin ölçeğin alt boyutlarına göre dağılımı Grafik 4’te görülmektedir.



Grafik 4: Öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin Görelilik Kavram Envanterinden alınan ortalama puanların alt boyutlarına göre dağılımı

Grafik 4’te görüldüğü üzere, öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin en yüksek olduğu alt boyut eylemsiz referans sistemi olmuştur (%50). Özel göreliliğin 1. postülası (%47) ve zaman

genişlemesi (%47) en yüksek puan alan ikinci alt boyut olarak sıralanmıştır. Öğretmen adaylarının en düşük bilgi düzeyleri nedensellik (%39,1) ve görelî hız (%37,2) alt boyutlarında olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının GKE ölçeğinden aldığı ortalama puan 21,56 olup bilgi düzeylerinin oranı %44,9'dır.

Grafik 4, tüm öğretmen adayları bazında GKE ölçeğın bütünü dikkate alınarak hesaplanan ortalama puana yönelik değerlendirmelerdir. Bu nedenle GKE'de sadece özel görelilik soruları dikkate alınarak altboyutlar bazında ele alındığında hangi alt boyut ile ilgili öğretmen adaylarının zorluk yaşadığı daha net görülebilir. Bundan sonraki kısım bu doğrultuda yapılan değerlendirmeler ele alınmıştır.

Zaman genişlemesi alt boyutunda ilgili soruların her birinin doğru cevaplanma oranının %44,1(n=105) ile %44,5 (n=106) aralığında yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Tüm sorulara doğru cevap veren katılımcılar ise %5,5 (n=13) dir. Dikkat çeken nokta, yanlış olan seçeneklerde yığılmanın tüm sorular için zaman aralığının daha küçük değer olacağını ifade eden seçenekte olmasıdır. Öğretmen adaylarının, basit olarak "duran gözlemci zaman aralığı hareketli gözlemciye göre daha büyüktür veya hareketli saat durgun saate göre daha yavaş işler" şeklinde ifade edilen zaman genişlemesi kavramının, referans sistemi değişmesine rağmen, kavramsal olarak zaman aralığının olduğundan daha küçük ölçüleceği yönünde bir yanılığa sahip oldukları söylenebilir.

Eylemsiz gözlem çerçevesindeki (cismin durağan referans çerçevesi) ölçülen uzunluk has (öz) uzunluk olarak ifade edilir. Eylemsiz gözlem çerçevesine göre hareket eden diğer referans çerçevelerindeki uzunluğu has uzunluktan daha kısadır. Başka bir ifadeyle "hareket eden cismin boyu daha kısa ölçülür" şeklinde söylenebilir. Bu etkiye uzunluk büzülmesi denir. Uzunluk büzülmesi alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 6'dır. Bu boyut için toplam puanların açıklık değeri 6, tepe değeri 2,5 ve ortalama değeri ise $2,88 \pm 1,18$ olarak hesaplanmıştır. Sorular tek tek ele alındığında %19,7 (n=47) ve %25,2 (n=60) oranında katılımcının uzunluğun hareketli veya durgun gözlemci için değişmeyeceğini düşündükleri söylenebilir. Uzunluk büzülmesi referans çerçevelerinin bağıl hareketinin yönüne dik yönde gerçekleşmez. GKE'nin bir maddesi hareket doğrultusuna dik olan uzunluğa yöneliktir ve bu maddeye %67,2 (n=160) oranında yanlış cevap verilmiştir. Buna göre öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesinin her durumda başka bir ifadeyle referans çerçevelerinin bağıl hareketinin yönüne bakılmaksızın gerçekleştiği yanılığına sahip olduğu söylenebilir. Alt boyuttaki tüm sorulara bakıldığında ise tüm soruların cevaplanma yüzdesi %8,8 (n=21) olduğu görülmüştür. Bu oranın oldukça düşük düzeyde oluşu öğretmen adaylarının uzunluğun göreliliğini anlamada zorluk yaşadıklarını göstermektedir.

Eşzamanın göreliliği alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 8'dir. Bu alt boyut için toplam puanların açıklık değeri 5,25, tepe değeri 4 ve ortalama değeri ise $3,38 \pm 1,16$ olarak hesaplanmıştır. Sorular tek tek ele alındığında başarı %47,1 (n=112), %50,8 (n=121) , %16,0 (n=38) ve %10,9 (n=26) oranındadır. Alt boyuttaki tüm sorulara bakıldığında ise tüm soruların cevaplanma yüzdesinin %1,3 (n=3) olduğu görülmüştür. Eşzamanın göreliliği alt boyutunda bir soruda dikkat çeken nokta öğretmen adaylarının %63,9'unun (n=132) zaman genişlemesi seçeneğini işaretlemeleridir. Bu bulgu eşzamanlılığın zaman genişlemesi kavramı ile ilişkisinin analaşıması açısından sıkıntı olduğuna işaret etmektedir. Zamanın ve zaman aralığının ölçülmesi eşzamanlılık kavramını içermektedir. Bir referans çerçevesinde eşzamanlı gerçekleşen iki olay, birinciye göre görelî olarak hareket eden ikinci referans çerçevesinde, her ikisi de eylemsiz gözlem çerçevesi olsalar bile, eşzamanlı değildir.

Görelî hız alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 4'tür. Bu alt boyut için toplam puanların açıklık değeri 2, tepe değeri 0 ve ortalama değeri ise $0,57 \pm 0,68$ olarak hesaplanmıştır. Bu alt boyutta dikkati çeken bulgu hızın ışık hızından daha büyük olabileceği yönünde cevap vermeleridir. Bu yanlış cevapların soru bazındaki oranları ise % 46,7 (n=111) ve

% 46,3 (n=110) tür. Özel göreliliğin postülalarından ikincisi “eylemsiz bir gözlemcinin ışığın boşluktaki sürati olan c ile hareket etmesi imkânsızdır” sonucunu ifade etmektedir. Katılımcıların hızın büyüklüğünü c 'den daha büyük işaretlemeleri, özel göreliliğin bu ön kabulünü dikkate almadıkları için görelî hız kavramında yanılığa düşüklerini göstermektedir.

Eylemsiz referans sistemi alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 4'tür. Bu alt boyut için toplam puanların açıklık değeri 4, tepe değeri 1 ve ortalama değeri ise $124 \pm 0,91$ olarak hesaplanmıştır. Öğretmen adaylarının %25,63'ü (n=61) bu alt boyuttaki her iki soruya da incelenen olayda cismin hareketinin aynı kalacağı, değişmeyeceği yönünde görüş bildirmişlerdir. Bu bulgu incelenen cismin izleyeceği yolun, gözlemci değişmesine rağmen, aynı kalacağı yönünde bir düşünceye sahip oldukları anlamına gelmektedir. Bu yanılı katılımcıların diğer alt boyuttaki puan ortalamalarının neden düşük olduğu yönünde fikir vermektedir.

Özel göreliliğin 1. postülası (ön kabul) alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 8'dir. Bu alt boyut için toplam puanların açıklık değeri 7, tepe değeri 4 ve ortalama değeri ise $3,76 \pm 1,35$ olarak hesaplanmıştır. Sorular tek tek ele alındığında başarı %47,9 (n=114), %31,9 (n=76), %53,4 (n=127) ve %26,5 (n=63) oranındadır. Alt boyuttaki tüm sorulara bakıldığında ise tüm soruların cevaplanma yüzdesinin %5,9 (n=14) olduğu görülmüştür. Birbirine göre sabit hızla hareket eden bir gözlemciden diğerine geçildiğinde, fizik yasaları biçimsel olarak değişmez. Fizik yasaların tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynı oluşu, soru bazında bakıldığında katılımcılar için anlaşılmiş gibi görünse de tüm sorularda bu fikre sahip olan katılımcı sayısı oldukça düşüktür. Bu bulgu öğretmen adaylarının özel göreliliğin 1. postülasını benimseme açısından zorlandıkları şeklinde yorumlanabilir.

Özel göreliliğin 2. postülası (ön kabul) alt boyutunda alınabilecek en yüksek puan değeri 4'tür. Bu alt boyut için toplam puanların açıklık değeri 4, tepe değeri 2,25 ve ortalama değeri ise $1,81 \pm 0$ olarak hesaplanmıştır. %45,25 gibi başarı oranı görülmekle birlikte, bu alt boyut tüm sorulara bakıldığında %9,2 (n=22) oranında doğru cevaplandırıldığı görülmektedir. Bu oran oldukça dikkat çekicidir. Özel göreliliğin anlaşılması açısından bu alt boyut oldukça önemlidir. 2. Postüla ışığın boşluktaki ilerleme süretinin bütün referans sistemlerinde aynı olduğunu ifade eder. Bu postüla başka bir ifadeyle bir bakıma c ışık hızının evrensel bir sabit oluşunu belirler. Bu alt boyutun anlaşılmasında yaşanan sorunun yansması görelî hız alt boyutunda görülmektedir.

3.2. Yaş ve cinsiyete dayalı farklılıklar

Öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeyleri, “zaman genişlemesi”, “uzunluk büzülmesi”, “eşzamanlılığın göreliliği”, “görelî hız”, “eylemsiz referans sistemi” “nedensellik”, “kütle enerji eşdeğerliği”, “özel göreliliğin 1. postülası” ve “özel göreliliğin 2. postülası” alt boyutları yaş ve cinsiyet değişkenlerine dayalı farklılıklarını belirlemek için MANOVA yapılmıştır. Çok değişkenli varyans analizini (MANOVA) yapmadan önce varsayımların karşılanıp karşılanmadığı test edilmiştir. Puanların normal dağılım göstermesi, bağımlı değişkenler ile eş değişkenler arasında kabul edilebilir bir doğrusal ilişkinin bulunması, gruplar-arası farkların olmaması MANOVA analizinin temel varsayımlarıdır (Büyüköztürk, 2007; Mayers, 2013). Varyansların eşitliği varsayımı Levene testi ile incelenmiştir. Yapılan Levene testi sonucuna göre ($p > .05$) varyansların homojen dağıldığı belirlenmiştir. Kovaryans homojenlik varsayımı Box M testi kullanılarak incelenmiştir. Box's M testi sonuçlarının anlamlı (significant) olmadığı bulunmuştur (Box M = 345.006, F=1.047, p = .286). Böylelikle MANOVA analizinin önemli varsayımlarından birinin karşılandığı görülmüştür. Grupların ortalamaları arasında bir değişkene göre farklılığın olup olmadığına karar vermede çok değişkenli istatistiklerinden en güçlü testlerden biri Wilk's Lambda istatistiğidir (Rencher, 2002). Bu nedenle, analizin ana etkilerin ve etkileşimlerin çok değişkenli önemini değerlendirmek için Wilks' Lambda istatistiği kullanılmıştır.

Grupların varyans ve kovaryanslarının eşit (homojen) olduğu sonucuna varıldıktan sonra öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerinin yaş ve cinsiyet değişkenlerine dayalı farklılık gösterip göstermediği çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) ile kontrol edilmiştir. MANOVA sonuçları Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3: Cinsiyet ve Yaş Değişkenlerine göre Görelilik Kavram Envanteri Puanlarının İki Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

	Wilks' λ	F	p	η^2
Cinsiyet	,946	1,262	,253	,054
Yaş	,717	1,904	,001	,080
Yaş*Cinsiyet	,787	1,356	,072	,058

Tablo3'te görüldüğü gibi, MANOVA sonucunda özel görelilik bilgi düzeyleri ve alt boyutları üzerinde, cinsiyet bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ = .946, F(10,219)= 1,262, p=.253, η^2 =.054], yaş bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunduğu [Wilks' Lambda λ = .717, F(40,832.278)= 1,904, p=.001, η^2 =.080], yaş*cinsiyet değişkenlerinin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ = .787, F(40,832.278)= 1,356, p=.072, η^2 =.058] belirlenmiştir.

Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almış olan öğretmen adayları için bilgi düzeylerinin yaş, cinsiyet ve yaş*cinsiyet değişkenlerine bağlılığı araştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almış olan öğretmen adayları için Görelilik Kavram Envanteri puanlarının iki yönlü varyans analizi (MANOVA) sonuçları

	Wilks' λ	F	p	η^2
Cinsiyet	,914	1,002	,446	,086
Yaş	,661	1,574	,032	,129
Yaş*Cinsiyet	,661	1,673	,017	,136

Tablo 4'e göre, Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almış olan öğretmen adaylarının özel görelilik bilgi düzeyleri ve özel görelilik alt boyutları üzerinde, cinsiyet bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ = .914, F(10,106)= 1,002, p=.446, η^2 =.086], yaş bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunduğu [Wilks' Lambda λ = .661, F(30,311.807)= 1,574, p=.032, η^2 =.129], yaş*cinsiyet değişkenlerinin anlamlı düzeyde etkisinin bulunduğu [Wilks' Lambda λ = .645, F(30,311.807)= 1,673, p=.017, η^2 =.136] belirlenmiştir.

Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almamış olan öğretmen adayları için bilgi düzeylerinin yaş, cinsiyet ve yaş*cinsiyet değişkenlerine bağlılığı araştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5: Lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almamış olan öğretmen adayları için MANOVA sonuçları

	Wilks' λ	F	p	η^2
Cinsiyet	,062	0,659	,760	,062
Yaş	,747	1,014	,450	,093
Yaş*Cinsiyet	,893	,579	,924	,055

Tablo 5'e göre, lisans öğreniminde özel görelilik ile ilgili ders almamış olan öğretmen adaylarının özel görelilik bilgi düzeyleri ve özel görelilik alt boyutları üzerinde, cinsiyet bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ = .062, F(10,99)= 0,659, p=.760, η^2 =.062], yaş bağımsız değişkeninin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ =,747, F(30,291.261)= 1,014, p=.450, η^2 =.093], yaş*cinsiyet değişkenlerinin anlamlı düzeyde etkisinin bulunmadığı [Wilks' Lambda λ =.893, F(20,198)= ,579, p=.924, η^2 =.055] belirlenmiştir.

Öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeylerinin Görelilik Kavram Envanteri alt boyutlarına göre puanları hesaplanmış; bu puanların yaş ve cinsiyet değişkenine göre nasıl değiştiği araştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6: Görelilik Kavram Envanterinin alt boyutlarına ait MANOVA sonuçları

	Ölçeğin Alt Boyutları	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	p	η^2
Cinsiyet	Özel göreliliğin 1. postülası	3,697	1	3,697	2,245	,135	,010
	Özel göreliliğin 2. postülası	2,292	1	2,292	3,588	,059	,015
	Zaman genişlemesi	,736	1	,736	,420	,518	,002
	Uzunluk büzülmesi	1,425	1	1,425	1,120	,291	,005
	Eşzamanlılık	1,519	1	1,519	1,223	,270	,005
	Görelî hız	,905	1	,905	1,360	,245	,006
	Nedensellik	,333	1	,333	,495	,482	,002
	Eylemsiz referans sistemi	,968	1	,968	1,471	,226	,006
	Kütle enerji eşdeğerliği	,274	1	,274	,869	,352	,004
	Ölçeğin tamamı	1,356	1	1,356	3,268	,072	,014
Yaş	Özel göreliliğin 1. postülası	41,172	4	10,293	6,252	,000	,099
	Özel göreliliğin 2. postülası	8,438	4	2,110	3,302	,012	,055
	Zaman genişlemesi	28,541	4	7,135	4,072	,003	,067
	Uzunluk büzülmesi	28,663	4	7,166	5,632	,000	,090
	Eşzamanlılık	24,993	4	6,248	5,031	,001	,081
	Görelî hız	6,357	4	1,589	2,386	,052	,040
	Nedensellik	2,928	4	,732	1,088	,363	,019
	Eylemsiz referans sistemi	6,711	4	1,678	2,549	,040	,043
	Kütle enerji eşdeğerliği	2,694	4	,674	2,134	,077	,036
	Ölçeğin tamamı	10,632	4	2,658	6,407	,000	,101
Cinsiyet * Yaş	Özel göreliliğin 1. postülası	14,993	4	3,748	2,277	,062	,038
	Özel göreliliğin 2. postülası	5,925	4	1,481	2,319	,058	,039
	Zaman genişlemesi	11,161	4	2,790	1,592	,177	,027
	Uzunluk büzülmesi	10,941	4	2,735	2,150	,076	,036
	Eşzamanlılık	16,006	4	4,002	3,222	,013	,054
	Görelî hız	,765	4	,191	,287	,886	,005
	Nedensellik	4,488	4	1,122	1,667	,158	,028
	Eylemsiz referans sistemi	6,931	4	1,733	2,632	,035	,044
	Kütle enerji eşdeğerliği	,626	4	,156	,496	,739	,009
	Ölçeğin tamamı	4,151	4	1,038	2,501	,043	,042

p<.05

Tablo 6'dan görülen bulgular öğretmen adaylarının özel görelilik bilgi düzeylerinin yaş değişkenine göre farklılaştığını göstermektedir. Yaş bağımsız değişkeninin “zaman genişlemesi”, “uzunluk büzülmesi”, “eşzamanlılığın göreliliği”, “eylemsiz referans sistemi”, “özel göreliliğin 1. postülası” ve “özel göreliliğin 2. postülası” alt boyutları üzerindeki etkileri anlamlı; “nedensellik”, “kütle enerji eşdeğerliği” ve “görelî hız” alt boyutları üzerindeki etkileri anlamlı bulunmamıştır. En büyük etkinin özel göreliliğin 1. postülası” üzerinde olduğu görülmektedir.

Ortaöğretimde fizik dersi kapsamında özel görelilik konusunu gören öğretmen adaylarının, özel görelilik ile ilgili bilgi düzeyleri üzerinde cinsiyet, yaş ve cinsiyet*yaş değişkenlerinin etkileri anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Lisans düzeyinde özel görelilik konusunu gören öğretmen adaylarının ise “özel göreliliğin 1. postülası”, “özel göreliliğin 2. postülası”, “uzunluk büzülmesi”, “eşzamanlılığın göreliliği”, “kütle enerji eşdeğerliği” alt boyutları ve özel görelilik bilgi düzeyi üzerinde yaş değişkeninin etkileri anlamlı bulunmuştur.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeylerinin incelendiği bu araştırma sonucunda, elde edilen bulgular ışığında öğretmen adaylarının özel görelilik konusunda bilgi düzeylerinin “düşük” düzeyde olduğu söylenebilir. Dimitriadi ve Halkia, (2012) lise öğrencileriyle yaptıkları klinik görüşmelerde, öğrencilerin özel görelilik konusunu anlamada zorluk yaşadığı bulguya ulaşmışlardır. İngeç ve diğerleri (2016) de lise öğrencilerine uyguladıkları çoktan seçmeli ölçekte de benzer bir bulgu elde etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, özel görelilik konusunun anlaşılması zor bir konu olduğunu gösteren diğer çalışmalarla uyum göstermektedir (Dimitriadi ve Halkia, 2012; İngeç, Taşkın ve Gürsoy, 2016; Özcan ve Abak, 2007; Özcan, 2009; Turgut, Gürbüz, Salar ve Toman, 2013).

Zaman genişlemesi kavramına ait puanların da üst sıralarda olduğu görülmektedir. Eşzamanın göreliliği de benzer oranda birkaç basam aşağıda sıralanmıştır. Scheer et al. (2002), yaptıkları çalışmada eşzamanın göreliliği ve zaman genişlemesi kavramlarında yaşanan zorluğun özel göreliliğin öğrenilmesini zorlaştırdığı şeklinde yorumlamışlardır. Bu çalışmanın sonucu göz önüne alınırsa beklenen durum zaman genişlemesi ve eşzamanın göreliliği alt boyut puanlarının en düşük düzeyde olmasıdır. Ancak, bu çalışmada tam tersi bir sonuca ulaşılmış, bu kavramlara ait bilgi düzeyleri beklenen düzeye göre daha yüksek çıkmıştır. Zaman genişlemesi alt boyuttunda en yüksek puan alınmasının nedeninin matematiksel işlem gerektirmemesi olarak değerlendirilmiştir. Ölçekte zaman genişlemesi kavramına ait sorular farklı gözlem çerçeveleri tarafından zaman aralığının nasıl algılandığına yöneliktir ve fazla işlem gerektirmeyen yapıdadır. Yine eşzamanın göreliliğine ait sorular da işlem gerektirmeyen yoruma dayalı sorulardır. Bu durumda eşzamanın göreliliği ve zaman genişlemesi konularının temel fikirlerinin öğrenilmesi için çok güçlü bir matematiksel alt yapıya ihtiyaç olmadığı söylenebilir. Başka bir ifadeyle; alan yazında özel göreliliğin anlaşılmasının altında yatan sebep olarak matematiksel işlemler açısından öğrencilerin yaşadığı sorun yönünde görüş birliği (Kızılcık ve Ünlü-Yavaş, 2017; Özcan, 2009; Shankar, 1994) göz önüne alındığında “eşzamanın göreliliği” ve “zaman genişlemesi” konularının kavramsal olarak anlatılması durumunda öğrencilerin bu konuların temel fikirlerini anlayabileceği söylenebilir. Bu sonuç genel görelilik kuramının lise veya lisans öğrencilerine öğretimde, matematiksel değil, kavramsal olan bir yaklaşıma dayandırılması gerektiğini ileri süren çalışmalarla (Zahn ve Kraus, 2014) uyumludur.

Öğretmen adaylarının özel göreliliğin postülalarına ait aldıkları ortalama puanlara bakıldığında özel göreliliğin 1. postülasına ait puanların, 2. postülasına ait puanlardan daha yüksek olduğu ancak farkın çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durum, çalışmanın ilgi çekici bir bulgusu olarak görülmektedir. Çalışma öncesinde ışık hızının her zaman sabit olmasının zor anlaşılacağı, buna göre 1. postülanın daha kolay anlaşılacağı düşünülmüş ama her iki boyutta bilgi düzeyleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Bu durum, Dimitriadi ve Halkia (2012)’nin elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Dimitriadi ve Halkia da aynı beklentiyle yaklaşıtlarını ama tam tersi bir bulgu elde ederek, bu bulguya şaşırtdıklarını belirtmişlerdir. Işık hızı özel görelilik kuramında önemli bir rol oynamaktadır. Işık hızı fiziksel bir olayın göreliliği olup olmayacağını gösteren basit ve doğal bir belirteçtir. Bu bağlamda özel göreliliğin 2. Postülasının anlaşılması oldukça önemlidir. Başka bir ifadeyle klasik fizik-göreliliği fizik paradigma değişimi yani olaya hangi paradigmayla bakması gerektiğini anlaması açısından önemlidir. Özel göreliliğin 2. postülası sadece ışık hızının tüm gözlemciler için aynı olduğunu söylemez, göreliliği hareketlerde bile değişmeyeceğini belirtir. Bu sonuç bizim göreliliği hızlar hakkındaki temel düşüncemizle çelişir. Herkes tarafından doğru kabul edilen düşünce ile uyumlu olmaması veya güncel deneyimlere dayalı olan sezgilerimizle farklılık oluşturması 2. Postülanın anlaşılmasında zorluk oluşturmaktadır. Bu durumda araştırma sonucunda ulaşılan özel göreliliğin 1. Postüla ve 2. Postülasına ilişkin bilgi düzeylerinin birbirine yakın çıkması beklenen bir durum değildir. Ayrıca özel göreliliğin 2. Postülası uzunluk büzülmesi, eşzamanlılık gibi kavramların anlaşılmasının temelini oluşturur.

Zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesi kavramlarının, sorular tek tek ele alındığında, öğretmen adaylarının yaklaşık yarısının bu kavramları (%44) anladığı belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda ise uzunluk büzülmesi kavramının kolay anlaşıldığı (Turgut ve diğerleri, 2013); ancak zamanın göreliliğinde zorluk yaşandığı (Özcan, 2009; Sezgin Selçuk, 2011; Turgut ve diğerleri, 2013) belirlenmiştir. Bu çalışmalarda genel olarak, öğrencilerin zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesi kavramlarının anlaşılmasında matematiksel güçlüklerin engel oluşturduğu şeklinde yorumlanmıştır. Sunulan bu çalışmada ise öğretmen adaylarının, uzunluğun göreliliğinde farklı koordinat sistemlerinde hareket yönüne paralel uzunluk ölçümü mü yoksa hareket yönüne dikey ölçülen uzunluk mu olduğu dikkate alınmaksızın her durumda uzunluk büzülmesi olacağına yönelik bir yanılığa sahip oldukları belirlenmiştir. Bu, araştırmanın bir diğer önemli sonucudur. Bu bulgu uzunluğun büzülmesi alt boyutundaki bilgi düzeylerinin sadece matematiksel alt yapıya değil aynı zamanda hangi durumda uzunluk büzülmesinin gerçekleşeceğinin dikkate alınmaması veya bu konudaki bilgi eksikliklerinden kaynaklanabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bir diğer önemli sonucu eylemsiz referans sistemine ait bilgi düzeyinin, özel göreliliğin anlaşılabilirliğinin sağlanabilmesi açısından beklenen düzeyden düşük oluşudur. Katılımcıların %12,2'si (n=29) referans sistemi ile ilgili soruların tamamına doğru cevap verirken, %40,8'i (n=97) yanlış cevap vermiştir. Bu sonuç olayların açıklanmasında referans sisteminin rolünün anlaşılmasında zorluk çekildiği şeklinde yorumlanabilir. Referans sisteminin anlaşılmasındaki zorluğun katılımcıların eylemsiz referans sistemini “bakış açısı” olarak yorumlamaları ve soruları cevaplandırırken zaman ve mekân ilişkisini göz ardı etmelerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Referans sisteminin anlaşılmasında zorluk yaşanması bulgusu alan yazınla uyumludur. Scheer ve et al. (2002), çalışmalarında her seviyedeki öğrencinin referans sistemi kavramını ve gözlemcinin rolünü anlamakta zorluk yaşadığını; bu durumun da özel göreliliği anlamakta önemli bir engel oluşturduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde başka çalışmalarda da (Turgut ve diğerleri, 2013; Sezgin Selçuk, 2011; Özcan, 2009) bu kavramın özel görelilik kavramları arasında öğrenmede en çok zorluk çekilen kavram olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Cinsiyet değişkeni fen eğitiminde başarıyı etkileyen olası bir faktördür (Kart ve Gülleroğlu, 2013; Sencar ve Eryılmaz, 2002a; Sencar ve Eryılmaz, 2002b). Alan yazın konu bazında incelendiğinde cinsiyet değişkeni açısından farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin basit elektrik devreleri konusunda erkekler lehine bir farklılaşma gözlenirken (Sencar ve Eryılmaz, 2002a; Sencar ve Eryılmaz, 2002b), geometrik optik (Taşlıdere, 2013) ve dolaşım sistemi (Sungur, Tekkaya ve Geban, 2001) konularında cinsiyetin anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen bu çalışmada özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerinin cinsiyete göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Bu sonuç alanyazındaki araştırmalarla farklılık göstermektedir. Aslanides ve Savage (2013) özel görelilik konusunda cinsiyet açısından anlamlı bir farklılaşma tespit etmiştir. Kızılcık ve Yavaş (2015)'in fizik öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada kadınların erkeklere göre özel görelilik konularında daha fazla zorlandıkları bulgusu elde edilmiş ve bunu matematiksel kısımlarda daha fazla zorlanmalarına bağlamışlardır. Kaur et al. (2017c) ise kadınların başta tutum ve başarı puanları daha düşük olmasına rağmen, erkelere göre daha fazla geliştikleri bulgusuna ulaşmıştır. Alan yazın ile sunulan bu araştırma sonuçlarındaki farklılaşmanın kaynağının ölçme aracındaki soruların ağır matematik gerektirmemesi ve yoruma dayanmasından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Özel görelilik bilgi düzeylerinin cinsiyet değişkeni açısından farklılaşmamasının altında yatan bir diğer kaynağın ise ölçme aracı olduğu düşünülmektedir. Ölçme aracına ilişkin ilgili alan yazında ölçme aracı olarak açık uçlu sorular kullanıldığında kız öğrencilerin (Burton, 1996; Burkam ve Burkam, 1995; DeMars, 1998; Yip et al. 2004), çoktan seçmeli sorularda ise erkek öğrencilerin (Jovanic et al. 1994) öne çıktığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Araştırmada kullanılan ölçme aracında ise hem sadece yorumla çözülebilen

kavramsal sorular, hem de çoktan seçmeli sorular bulunmaktadır. Bu nedenle iki grubun sahip olduğu avantajın birbirini dengelediği düşünülmektedir. Sonuç olarak özel görelilikle ilgili temel fikirlerin kazandırılmasında cinsiyet değişkeninin yordayıcı değişken olmadığı söylenebilir.

Öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerinin yaş değişkeni ile ilişkisi araştırıldığında; lisans düzeyinde özel görelilik almamış olanlar için anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu durum, ders tekrar görmeyen öğretmen adaylarının, lise bilgilerini zamanla unutmalarına bağlanabilir. Araştırma için beklenen bir sonuç olmuştur. Lisans düzeyinde özel görelilik dersi almış olan öğretmen adaylarında ise bilgi düzeyinin yaşa bağlı olarak arttığı görülmüştür. Bu sonuç, Eğmir, Ödemiş, Bayar, Bayar ve Kayır (2013)'in çalışma sonuçları ile açıklanabilir. Eğmir, Ödemiş, Bayar, Bayar ve Kayır (2013) akademik güdülenme düzeylerini çeşitli değişkenlere göre inceledikleri tarama modeli çalışmalarında, öğrenim seviyesi yükseldikçe akademik faaliyetlerle daha sıkı ilişkiler kurulduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Sunulan bu çalışmada da benzer şekilde öğretmen adaylarının üst sınıflara çıkıldıkça özel görelilik konusundaki bilgi düzeyleri de yükselmiş olabilir. Ayrıca, küçük yaşlardaki öğrencilerin özel göreliliği anlamakta zorlanmaları özel görelilik konusunun oldukça soyut bir konu olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Yaşa bağlı olarak diğer konulardaki bilgi düzeyinin artması ve bilimsel bakış açısı kazanılması da konunun anlaşılma düzeyinin artmasında etkili olabilir. Yaş ilerledikçe bilgi düzeyleri artmış ve bu da öğretmen adaylarının muhakeme etme becerilerini olumlu yönde etkilemiş olabilir. Bu nedenle çalışmanın bulgularına dayalı olarak ortaöğretim ders öğretim programında özel görelilik ile ilgili olarak yapılacak değişikliklerde yaş faktörünün göz önünde bulundurulması ve araştırmacılara da yaş değişkeninin altında yatan etkenlerin araştırılması önerilebilir.

Bu çalışmada öğretmen adaylarının özel görelilik konusundaki bilgi düzeylerini belirlemek için çoktan seçmeli bir ölçek olan Görelilik Kavram Envanteri kullanılmıştır. Yapılacak yeni araştırmalarda, farklı ölçme araçları kullanılarak öğrencilerin özel görelilik konusunda yer alan hangi kavramlarda zorluk yaşadıklarına yönelik sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca bilgi düzeylerinin belirlenmesinde farklı ölçütler kullanılabilir. Özcan (2017) yaptığı çalışmada öğrencilerin özel görelilikteki kavramlarla ilgili açıklamalarının bilimsel olarak doğru ya da yanlış olup olmadığına göre yaptığı sınıflandırma sonucunda “tam anlama”, “yanlış anlama” ve “eksik anlama” olmak üzere üç seviyede bir anlayış geliştirdiklerini ileri sürmüştür. Benzer bir anlayış GKE için de geliştirilebilir.

Görelilik kavram Envanterinin alt boyutları arasında en düşük puana göreli hız ve nedensellik kavramlarının sahip olduğu görülmüştür. Özel görelilik öğretilirken bu kavramlar üzerinde daha fazla durulması önerilmektedir. Örneğin, alanyazında geliştirilmiş ve başarıyı artırmış olan ders modülleri bulunmaktadır (Arriasecç ve Greca, 2012; Dimitriadi ve Halkia, 2012; Egđall, 2014; Kaur et al. 2017a; Kaur et al. 2017b; Kaur et al. 2017c; Zhang, 2005). Bu modüllere benzer modüller, göreli hız ve nedensellik gibi özel görelilikte zor anlaşıldığı belirlenen kavramlar için geliştirilebilir.

Araştırma sonuçları özel görelilik konusunda bilgi düzeylerinin “düşük” olarak belirlenmesi göz önüne alınırsa özel göreliliğin öğretiminde alternatif yaklaşımların kullanılması gerektiği söylenebilir. Bazı çalışmalar, özel ve genel görelilik öğretiminde bilgisayar simülasyonları gibi sanal ortamların etkili olduğunu göstermektedir (Belloni, Christian ve Dancy 2004; Christian 2005; McGrath et al 2008; Savage, Searle ve McCalman, 2007;). Bu tür simülasyonlardan yararlanılabilir ya da yeni sanal öğrenme ortamları geliştirebilir. Benzer şekilde, özel göreliliğin öğretiminde farklı öğretim yöntemlerinin denenmesi önerilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Acar, Ö. (2017). Türkiye’de az ve çok başarılı okullardaki öğrencilerin ve kız-erkek öğrencilerin duyuşsal ve bilişsel değişkenler açısından farklarının incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 500-518.
- Altunsoy, S. & Dökme, İ. (2012). *Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının üstbilişsel stratejileri kullanmalarının özel görelilik teorisi konusundaki başarıları ve kuantum fiziğine yönelik tutumları üzerine etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara.
- Arriasecç, I., & Greca, I. (2012). A teaching–learning sequence for the special relativity theory at high school level historically and epistemologically contextualized. *Science and Education*, 21, 827-851.
- Asikainen, M., Hervonen, P., Heikkinen, M., Nivalainen, V., & Viiri, J. (2003). A novel quantum physics course for physics teachers: theoretical background. <http://www.citeulike.org/group/234/article/380105> adresinden 29.09.2015 tarihinde erişilmiştir.
- Asil, H., & Kaya, İ. (2013). Türk tüketicilerin etnosentrik eğilimlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 42(1), 113-132.
- Aslanides, J. & Savage, C. (2013). Relativity concept inventory: Development, analysis, and results, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 9(1).
- Astin, C. (2005). Teaching relativity to 10-years-olds. *School Science Review*, 316, 34-35.
- Ateş, S. & Karaçam, S. (2008). Cinsiyetin farklı ölçme teknikleri kullanılarak ölçülen hareket ve hareket yasaları konularındaki kavramsal bilgi düzeyine etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(1), 39-59.
- Ateş, S. (2008). The effects of gender on conceptual understandings and problem solving skills in mechanics. *Education and Science*, 33(148), 3-12. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/viewFile/672/122> adresinden erişilmiştir.
- Bahçetepe, Ü. (2013). *İlköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ile algıladıkları okul iklimi arasındaki ilişki*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Batıra, A. (2017). Türkiye’de cinsiyete dayalı başarı farkı: uluslararası öğrenci değerlendirme programı (pısa) bulguları 2015. http://aydindoganvakfi.org.tr/static/media/images/files/PISA_TR.pdf adresinden erişilmiştir.
- Beaty, V. C. (1994). Relationship of learning style and academic discipline to corresponding course attrition. *Dissertation Abstracts International*, 56(01A), 127. <https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/18950>
- Belloni, M., Christian, W. & Dancy, M. H. (2004). Teaching special relativity with PhysletsR. *Phys. Teach.* 42, 284-90.
- Berberoğlu, G., & Demircioğlu, H. (2000). Factors affecting achievement in general chemistry courses among science major students. *Education and Science*, 25(118), 35-42.
- Berberoğlu, G., & Kalender, İ. (2005). Öğrenci başarısınıyıllara, okul türlerine ve bölgelere öre incelenmesi: ÖSS ve PISA analizi. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 4 (7), 21-35.
- Bohm, D. (2013). *Özel Görelilik Kuramı*. (1. Basım) (Çev. Aziz Yardımlı). İstanbul: İdea Yayıncılık.
- Boz, Y., Yerdelen-Damar, S., & Belge-Can, H. (2018). Ortaokul öğrencilerinin cinsiyeti, öğrenme yaklaşımı, yapılandırmacı öğrenme ortamı algıları ve fen bilgisi başarıları arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 17(3), 1268-1282. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2018.466342>
- Buckley, S. (2016). *Gender and sex differences in student participation, achievement and engagement in mathematics*, Changing minds: discussions in neuroscience, psychology and education, Australian Council for Educational Research, Camberwell. http://research.acer.edu.au/learning_processes/18/.
- Buluş, M., Duru, E., Balkis, M., & Duru, S. (2011). Öğretmen adaylarında öğrenme stratejilerinin ve bireysel özelliklerin akademik başarının yordamadaki rolü. *Eğitim ve Bilim*, 36(161), 186-198.
- Burkam, D. T., & Burkam, A. S. (1995). *Is item format important?* In D. R. Baker, & K. Scantlebury (Eds.), Science “coeducation”: Viewpoints from gender, Race and Ethnic Perspectives. NARTS monograph No. 7, 140-151.
- Bursal, M. (2013). İlköğretim öğrencilerinin 4-8. sınıf fen akademik başarılarının boylamsal incelenmesi: Sınıf düzeyi ve cinsiyet farklılıkları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(2), 1141-1156.
- Bursal, M., Buldur, S. & Dede, Y. (2015). Science and mathematics course success of elementary students in low socio-economic status among 4th-8th grades: Gender perspective. *Eğitim ve Bilim*, 40(179), 133-145. <https://doi.org/10.15390/EB.2015.2913>

- Burton, N. W. (1996). How have changes in the SAT's affected women's math scores. *Educational Researcher*, 15, 4, 5-9.
- Büyüköztürk, Ş. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri*, Ankara, Pegem Akademi.
- Chambers, S. & Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 107-123.
- Chinnanon, S. (1985). Multi-Media distance education: A study of factors affecting the educational achievement of adult participants in the radio correspondence project in thailand. *Dissertation Abstracts International, A Humanities and Social Sciences*, 46(4).
- Christian, W. (2005). *Computer-based interactive material for teaching special and general relativity*. American Physical Society, APS April Meeting.
- Clarke, D. (2013). The validity-comparability compromise in crosscultural studies in mathematics education. Hyväksytyt julkaisuun Proceedings of the 8th CERME conference. Antalya, Turkey: ERME.
- Çakmur, H. (2012). *Araştırmalarda ölçme-güvenilirlik-geçerlilik*. TAF Preventive Medicine Bulletin, 11(3), 339-344.
- Çalışkan, S., Sezgin Selçuk, G. & Erol, M. (2009). Student understanding of some quantum physical concepts. *Latin-American Journal of Physics Education (LAJPE)*, 3(2), 202-206.
- Çınar, D., Özkaya, A. & Şeker, R. (2004). *Çevresel faktörlerin üniversite öğrencilerinin başarı düzeyine etkileri*. XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı, 6-9 Temmuz 2004, İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Malatya.
- Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research*, 5(4), 194-197. doi: 10.1016/S0897-1897(05)80008-4.
- DeMars, C. E. (1998). Gender differences in mathematics and science on a high school proficiency exam: The role of response format. *Applied Measurement in Education*, 11(3), 279-299.
- Didiş, N., Eryılmaz, A., & Erkoç, Ş. (2007). *Students' comprehension of fundamental concepts in quantum mechanics: a qualitative study*. Çalışma GIREP-EPEC Conference- Frontiers of Physics Education konferansında bildiri olarak sunulmuştur, Croatia.
- Dimitriadi, K. & Halkia, K. (2012). Secondary students' understanding of basic ideas of special relativity. *International Journal of Science Education*. 34(16), 2565-2582.
- Ding, L. & Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 5, 020103.
- Doat, T., Parizot, E. & Vézien, J. M. (2011). Novative rendering and physics engines to apprehend special relativity. Proceedings of the Joint Virtual Reality Conference of EuroVR-EGVE.
- Egdall, I. M. (2014). Teaching special relativity to lay students. *The Physics Teacher*, 52, 406-409.
- Eğmir, E., Ödemiş, İ. S., Bayar, V., Bayar, A. & Kayır, G. (2013). Lisansüstü eğitim gören öğrencilerin akademik güdülenme düzeyleri. VI. Ulusal Lisansüstü Eğitim Sempozyumu.
- Erickson, G. L., & Erickson, L. J. (1984). Females and science achievement: Evidence, explanations, and implications. *Science Education*, 68(2), 63-89.
- Eryılmaz, A. (1996). The effects of conceptual assignments, conceptual change discussions, and a car program emphasizing cognitive conflict on students' achievement and misconceptions in physics. *Dissertation Abstract International*, 57, 04A, 1546.
- Eryılmaz, A., & Tatlı, A. (2001). Geleneksel öğretim yönteminin ODTÜ öğrencilerinin Mekanik dersindeki kavram yanılgılarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 26(122), 72-77.
- Fabri, E. (2005). Insegnare relatività nel XXI secolo: dal 'navilio' di Galileo all'espansione dell'Universo, Quaderno 16. *La Fisica nella Scuola*.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE.
- Fraenkel, J. R. & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education*. (6th Edition). New York: McGraw-Hill Book Company
- Gjurchinovski, A. (2006). Relativistic addition of parallel velocities from Lorentz contraction and time dilation. *Am. J. Phys.*, 74, 838-839.

- Godfrey, B. & Walwema, G. (2016). Is classical mechanics a prerequisite for learning physics of the 20th century? *Phys. Educ*, 51, 7.
- Göçen, G., & Kabarın, H. (2013). Ortaöğretim 9. sınıf fizik dersi öğretim programlarının tarihsel süreç içerisinde karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Teaching Science Journal*, 1(2).
- Greenwood, S. (1982). Relativistic addition of velocities using Lorentz contraction and time dilation, *Am. J. Phys.*, 50, 1156–1157.
- Guisasola, J., Solbes, J., Barragues, J. I., Morentin, M., & Moreno, A. (2009). Students' understanding of the special theory of relativity and design for a guided visit to a science museum. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2085–2104.
- Hacieminoglu, E., Yılmaz-Tuzun, O. & Ertepinar, H. (2009). Investigating elementary students' learning approaches, motivational goals, and achievement in science. *Hacettepe University Journal of Education*, 37, 72–83. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/61813385?accountid=14719>.
- Haggerty, S. M. (1991). Learning about physics: A study of a grade 9 science class. *Educational Research*, 88, 353-364.
- İnceç, Ş.K., Taşkın, T. & Gürsoy, S. G. (2016). *Ortaöğretim öğrencilerinin özel görelilik konusunda yaptıkları kavramsal hataların belirlenmesine yönelik bir çalışma*. International Management Research Congress (InMaR Congress), poster sunum.
- Jovanic, J., Solano-Flores, G. & Shavelson, R. J. (1994). Performans-based assessments: Will gender differences in science achievement be eliminated? *Education and Urban Society*, 26, 352-366.
- Kalaycı, Ş. (2009). *SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Ankara: PegemA Yayınları.
- Karakoç, F. Y., & Dönmez, L. (2014). Ölçek geliştirme çalışmalarında temel ilkeler. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 40, 39-49.
- Karasar, N. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kart, A., & Gülleroğlu, H. D. (2013). Demografik ve duyuşsal değişkenlerin ölçme ve değerlendirme dersi başarısını yordama gücü. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 11–30.
- Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W., & Zadnik, M. (2017a). Teaching Einsteinian physics at schools: part 1, models and analogies for relativity, *Physics Education*, 52, 065012.
- Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W., & Zadnik, M. (2017b). Teaching Einsteinian physics at schools: part 2, models and analogies for quantum physics, *Physics Education*, 52, 065013.
- Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W., & Zadnik, M. (2017c). Teaching Einsteinian physics at schools: part 3, review of research outcomes. *Physics Education*, 52, 065014.
- Kızılcık, H. & Ünlü Yavaş, P. (2015). *Öğrencilerin özel görelilik konularında zorlanma nedenlerinin araştırılması*. 2. Ulusal Fizik Eğitimi Kongresi. Ankara.
- Kızılcık, H. Ş., & Ünlü Yavaş, P. (2017). Investigating the Reasons of Difficulty Understanding of Students in Special Relativity Topics. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 46(2), 399-426. <https://doi.org/10.14812/cuefd.297883>
- Köse, E. (2003). İlköğretim düzeyinde ders dışı etkinliklerin akademik başarıya ve okul kültürü algılamaya etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Kurt, E., & Erdem, A. O. (2012). Öğrenci başarısını etkileyen faktörlerin veri madenciliği yöntemleriyle incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 15(2), 111–116.
- Levrini, O. (2002). The substantialist view of spacetime proposed by Minkowski and its educational implications. *Science & Education*, 11(6), 601–617.
- Mallinckrodt, J. (1993). Relativity theory versus the Lorentz transformations. *Am. J. Phys.*, 61, 760–760.
- Mayers, A. (2013). *Introduction to Statistics and SPSS in Psychology*. Harlow, UK: Pearson Education Limited.
- McGartland, R. D., Berg-Weger, M., Tebb, S., Lee, E. S., & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social Work Research*, 27(2), 94 - 104.
- McGrath, D., Savage, C., Williamson, M., Wegener, M., & McIntyre, T. J. (2008). Teaching special relativity using virtual reality. In A. Hugman & K. Placing (Eds), *Visualisation and concept development*. Proceedings of the 14th

- UniServe Science Conference (pp. 67-73). Sydney: UniServe Science. http://www.sydney.edu.au/science/uniserve_science/pubs/procs/2008/067.pdf adresinden 17.12.2014 tarihinde erişilmiştir.
- McGrath, D., Wegener, M., McIntyre, T. J., Savage, C., & Williamson, M. (2010). Student experiences of virtual reality: A case study in learning special relativity. *Am. J. of Phys.*, 78, 862-868.
- McMillan, J. H. & Schumacher, S. (2006). *Research in education: Evidence-based inquiry*. (6. Baskı), New York: Pearson Education.
- MEB (2005). *PISA 2003 Projesi Ulusal Nihai Rapor*. Ankara: Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Yayınları.
- MEB (2007). *PISA 2006 Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Projesi, Ulusal Ön Rapor*. Ankara: Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Yayınları.
- MEB (2010). *PISA 2009 Ulusal Ön Raporu*. Ankara: Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Yayınları.
- MEB (2013). *Ortaöğretim fizik dersi öğretim programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları
- Mermin, D. (1994). Lapses in relativistic pedagogy, *Am. J. Phys.*, 62, 11.
- Muller, R., & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *Am. J. of Phys.*, 70(3), 200-209.
- Müller, R., & Wiesner, H. (1999). *Students' conceptions of quantum physics*. In D. Zollman (Ed.), NARST 1999: Research on Teaching and Learning Quantum Mechanics. Retrieved from http://web.phys.ksu.edu/papers/narst/QM_papers.pdf
- Önsal, G. (2016). Özel Görelilik Kuramıyla İlgili Kavram Yanılgılarını Belirlemeye Yönelik Dört Aşamalı Bir Testin Geliştirilmesi Ve Uygulanması. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Özay, E., Ocak, İ. & Ocak, İ. (2003). Genel Biyoloji Uygulamalarında Akademik Başarı ve Kalıcılığa Cinsiyetin Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 14.
- Özcan, Ö. (2011). Pre-Service Physics Teachers' Problem Solving Approaches In Special Theory of Relativity. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40, 310-320.
- Özcan, Ö. (2017). Examining the students' understanding level towards the concepts of special theory of relativity. *Problems of Education in the 21 Century*, 75(3), 263-269.
- Özcan, Ö., & Abak, M. (2007). *What are The Students' Difficulties In Special Relativity?* 24th International Physics Congress of Turkish Physical Society, 28-31 August, Malatya-Turkey.
- Özcan, Ö., (2009). *Kuantum mekaniği ve görelilik öğreniminde karşılaşılan kavramsal ve matematiksel zorlukların araştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özgüngör, S. (2006). Üniversite Öğrencilerinin amaç tarzlarının ve öğretmenlerinin özerklik destekleyici davranışlarına ilişkin algılarının öğrencinin motivasyonu ve akademik davranışlarıyla ilişkisi. *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi*, 25, 27-36.
- Özgürlük, B., Ozarkan, H.B., Arıcı, Ö & Taş, U. E. (2015). *PISA 2015 Ulusal Raporu*. MEB. Ölçme Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özkan, E., & Yıldırım, S. (2013). Geometri başarısı, geometri öz-yeterliği, ebeveyn eğitim durumu ve cinsiyet arasındaki ilişkiler. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 46(2), 249-261.
- Özmuşul, M., & Kaya, A. (2011). Türkiye'nin PISA 2009 ve 2012 Sonuçlarına İlişkin Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Journal Of European Education*, 4(1), 23-40.
- Pe´rez, H., & Solbes, J. (2003). Algunos problemas en la enseñan˜za de la Relatividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 135-146.
- Savage, C. M., Searle, A. & McCalman, L. (2007). Real time relativity: Exploratory learning of special relativity *American Journal of Physics*, 75, 791-798.
- Scherr, R. E., (2001). An investigation of student understanding of basic concepts in special relativity, PhD Thesis University of Washington.
- Scherr, R., Schaffer, P. & Vokos, S., (2002). The challenge of changing deeply held student beliefs about the relativity of simultaneity. *American Journal of Physics*, 70, 1238-48.

- Sencar, S. & Eryılmaz, A.(2002a). *Öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili kavram yanlışlarında görülen cinsiyet farklılıklarının nedenleri*. http://old.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/b_kitabi.htm adresinden 03.09.2016 tarihinde erişilmiştir.
- Sencar, S. & Eryılmaz, A., (2002b). *Cinsiyetin Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Devreleri Konusunda Sahip Oldukları Kavram Yanlışlarının Farklı Alt Kategorilerine Etkisi*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi - Özetler, 128.
- Sencar, S., & Eryılmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 603–616. <https://doi.org/10.1002/tea.20016>
- Sezgin Selçuk, G., (2011). Addressing pre-service teachers' understandings and difficulties with some core concepts in the special theory of relativity. *European Journal of Physics*, 32(1), 1-13.
- Sherin, Z., Tan, P., Fairweather, H., & Kortemeyer, G. (2017). “Einstein’s Playground”: An interactive planetarium show on special relativity. *The Physics Teacher*, 55, 550-554.
- Shipstone, D.M., Jung, W. & Dupin, J.J. (1988). A study of students’ understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Singh, C., Belloni, M. & Christian, W. (2006). Improving students’ understanding of quantum mechanics. *Physics Today*, 59 (8), 43-49.
- Stannard, W. B. (2018). A new model of special relativity and the relationship between the time warps of general and special relativity. *Physics Education*, 53, 035013.
- Stevens, J. (1996). *Applied multivariate statistics for the social sciences*, 3rd ed. Lawrence Erlbaum Mahwah, NJ.
- Sungur, S., Tekkeye, C. & Geban, Ö. (2001). The effect of gender difference and reasoning ability on the learning of human circulatory system. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 126–130.
- Şen, A. İ. (2003). İlköğretim öğrencilerinin ışık, görme ve aynalar konusundaki kavram yanlışlarının ve öğrenme zorluklarının incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 176-185.
- Tabachnick, B. G. ve Fidell L. S. (1996). *Using multivariate statistics*. Herper Collins College Publishers, USA.
- Tabuk, M. (2018). Matematiğe İlişkin Tutum Ölçeğinin Kısa Formunun Türkçeye Uyarlama Çalışması. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 84–95.
- Taşkın, Ç., Akat, Ö. (2010). Araştırma Yöntemlerinde Yapısal Eşitlik Modelleme. Bursa: Ekin Yayınevi, 2.bölüm:16-26.
- Taşlıdere, E. (2013). Kavram karikatürleri ile zenginleştirilmiş çalışma yapraklarının öğrencilerin geometrik optik konusundaki kavramsal anlamalarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 38(167), 2013.
- Turgut, U., Gürbüz, F., Salar, R., & Toman, U. (2013). The viewpoints of physics teacher candidates towards the concepts in special theory of relativity and their evaluation designs. *International Journal of Academic Research Part B*; 5(4), 481-489.
- Uzun, B., & Öğretmen, T. (2010). Fen başansı ile ilgili bazı değişkenlerin TIMSS-R türkiye örnekleminde cinsiyete göre ölçme değişmezliğinin değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 35(155), 26–35.
- Weiskopf, D. (2001). *Visualization of Four-Dimensional Spacetimes*, PhD thesis, Universität Tübingen, 2001.
- Yıldırım, A., Özgürlük, B., Parlak, B., Gönen, E. & Polat, M. (2016). *TIMSS 2015 Ulusal Matematik ve Fen Bilimleri Ön Raporu 4. ve 8. Sınıflar*. MEB Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Yıldırım, H. H., Yıldırım, S., Yetişir, M. İ. & Ceylan, E. (2013). *PISA 2012 ulusal ön raporu*. MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YeğiTek), Ankara.
- Yip, D. Y., Chiu, M. M. & Chu Ho, E. S. (2004). Hong Kong student achievement in OECD-PISA study: Gender differences in science content, literacy, skills, and item formats. *International Journal of Science and Mathematics Education* 2, 91–106.
- Young, D. J., & Fraser, B. J. (1994). Gender differences in science achievement: Do school effects make a difference? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 857-871.
- Yurdugül, H. (2005). Ölçek geliştirme çalışmalarında kapsam geçerliği için kapsam geçerlik indekslerinin kullanılması. XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi (Kongre Kitabı). Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi. Denizli. 28-30 Eylül.

- Yürümezoğlu, K. (2005). Modern fizikte öğrencilerin ve öğretmen adaylarının algılama ve mantık yürütme biçimleri üzerine bir çalışma. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 52-61.
- Zahn, C. & Kraus, U. (2014). Sector models—a toolkit for teaching general relativity. Part 1: curved spaces and spacetimes. *European Journal of Physics*, 35, 055020.
- Zehir Topkaya, E., & Çelik, H. (2009). Eğitimde bireysel farklılıklar (Review of individual differences in education). *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 5(2), 316–321.
- Zhang, J. (2005). Why and how to teach the special theory of relativity in an electrodynamics course. *The China Papers*, July 2005, 13–15.
- Zhang, L. & Manon, J. (2000). *Gender and achievement—Understanding gender differences and similarities in mathematics assessment*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (New Orleans, LA, April 24-28, 2000).

Extended Abstract

In the present time, science is progressing rapidly. Within this progress, special relativity has become an indispensable part of cosmology and particle physics studies. Thus, quantum physics and special relativity have been included in the curriculum of universities first and then physics.

In our country, modern physics was included in the high school curriculum for the first time with the 10th grade physics curriculum which was updated in 2011. With this update, the students were taught physics laws that are valid for much smaller velocities and then they were informed that while the natural events would not change at light velocity, it was inevitable to make some changes in basic approaches used in explaining these events. By this way, an introduction was made to the modern physics and there arose a necessity for giving information about special relativity. In this context, acquisitions about inertial reference systems, length shrinkage, time expansion and mass-velocity relationship were included. The curriculums were updated again in 2013 and it was decided to remove the modern physics gradually from the application starting from the 9th grades. (Göçer & Kabaran, 2013). Instead, the concepts of relative time and relative length were included under the name of Special Relativity within the frame of acquisitions.

Students from all levels create a conceptual frame with the knowledge they have. Knowing where they have difficulties is the most important step for meaningful learning. In this context, determining the understanding level of the Special Relativity theory whose results cannot be observed in daily life will be very important for determining where learners have difficulties. By this way, it will be possible to take precautions in the new changes to be made in the curriculum and also contribute to the development of effective educational strategies in the light of the findings acquired.

As a result of the literature review, a limited number of studies examining the concepts of students regarding special relativity and relationships between the concepts could be attained in the national literature (Özcan and Abak, 2007; Özcan, 2009; Sezgin Selçuk, 2011; Turgut, Gürbüz, Salar and Toman, 2013; İnceç, Taşkın and Gürsoy, 2016; İnceç and Tinni, 2016; Önsal and Güneş, 2016). It is obvious that there is a need for studies examining the knowledge levels of students regarding special relativity, determining present conceptual mistakes and aiming to develop conceptual tests intended for measuring the conceptual knowledge. It is believed that the study will fill that gap in the literature and also guide other studies on special relativity.

The purpose of this study is to determine the knowledge levels of preservice teachers regarding special relativity and examine them in terms of different variables. According to that purpose, it was tried to determine whether the scores obtained from the lower dimensions of the Relativity Concept Inventory varied according to the variables of age and gender or not. It was also tried to determine the change in the knowledge levels of preservice teachers who had studied special relativity during their undergraduate education compared to the knowledge levels of preservice teachers who had not studied special relativity during their undergraduate education according to the variables of age and gender.

The study group was determined according to maximum variation sampling method, which is among purposeful sampling methods for the purpose of providing a variety concerning the knowledge levels of the preservice teachers in different curriculums. The study group consists of a total of 238 teachers receiving education at a faculty of education. These preservice teachers were selected on

condition that they had been taught the subject of special relativity at high school. The study group consists of 138 (58%) female and 100 (42%) male preservice teachers. The preservice teachers are aged 18 to 37 years and their age average is 21,33 years.

The study was conducted within the scope of screening model, which is among descriptive research methods. In the study, the data were collected using the two-stage “Relativity Concept Inventory”, which was developed by Aslanides and Savage (2013) and adapted into Turkish by the researchers. While the first stage was prepared as multiple-choice including different numbers of choices; the second stage included a total of 24 questions on which the students would ensure the choice they had marked in the first stage. The Relativity Concept Inventory consists of 9 lower dimensions as; “time expansion”, “length shrinkage”, “relativity of synchronism”, “relative velocity”, “inertial reference system” “causality”, “mass energy equivalence”, “1. postulate of special relativity” and “2. postulate of special relativity”. The Cronbach's Alpha reliability coefficient was calculated as ,703.

While evaluating the Relativity Concept Inventory; each correct answer was given “1” point, whereas each wrong answer was given “0” point. Scores obtained for each lower dimension were summed and then divided into the number of questions. Average scores were calculated. On the other hand, the relationship of knowledge levels and variables was examined using the two-way multivariate analysis of variance (MANOVA) because the study aimed to determine the effect of multiple independent variables on multiple dependent variables.

According to the findings acquired, it was seen that the preservice teachers had “low” knowledge levels regarding special relativity. The highest knowledge level in the Relativity Concept Inventory was observed in the lower dimension of “relativity of synchronism”. It was seen that the knowledge levels of the concept of time expansion were also high. In addition to this; it was found that the knowledge levels of the concepts of reference system, causality and relative velocity were lower.

Examining the effect of the knowledge levels of preservice teachers regarding special relativity according to the variable of gender; it was seen that the knowledge levels did not vary according to gender. Investigating the relationship of the knowledge levels of preservice teachers regarding special relativity with the variable of age; it was seen that there was no significant difference for those who had not studied special relativity during their undergraduate education. On the other hand, it was seen that the knowledge levels of the preservice teachers who had studied special relativity during their undergraduate education increased in parallel with age.

According to the findings acquired, there are clearly some difficulties in understanding special relativity. It is recommended to use alternative approaches in the teaching of special relativity and develop modules especially for the concepts that students have a difficulty to understand.