

## Elektronik Tekstil Tasarımı ile STEAM Eğitimi: Ortaokul Öğrencilerinin Deneyimleri ve Görüşleri

Ali Battal <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Öğretim  
Teknolojileri Anabilim Dalı, Konya,  
Türkiye  
[ali.battal@selcuk.edu.tr](mailto:ali.battal@selcuk.edu.tr)

\*Sorumlu Yazar

Geliş tarihi: 26.02.2025  
Kabul tarihi: 24.03.2025  
Yayın tarihi: 10.10.2026

**Özet:** Bu çalışma, ortaokul öğrencilerinin bir STEAM etkinliği olan elektronik tekstil atölyesine yönelik görüş ve deneyimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. E-tekstil, elektronik bileşenlerin kumaş yüzeyine dikilerek devre oluşturulmasını sağlayan yenilikçi teknolojiler olup, disiplinler arası öğrenmeyi destekleyen önemli bir araç olarak görülmektedir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmış ve veri toplama sürecinde yarı yapılandırılmış görüşmeler, öğrenci günlükleri ve açık uçlu sorulardan yararlanılmıştır. İçerik analizi yoluyla elde edilen bulgular, e-tekstil atölyesinin öğrencilerin daha çok fen, teknoloji ve sanat alanlarında bilgi ve becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Öğrenciler, özellikle programlama ve devre tasarımı süreçlerinde e-tekstillerin somut ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, dikim süreci ve devre tasarımındaki teknik zorluklar, öğrenciler için öğrenme sürecinde karşılaşılan temel engeller arasında yer almaktadır. Çalışma, e-tekstillerin STEAM eğitimine entegrasyonunun öğrenci motivasyonu ve öğrenme deneyimi açısından olumlu katkılar sunduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular neticesinde, e-tekstil projelerinin daha geniş çapta uygulanmasının sağlanması için bu konuda öğretmen eğitimlerinin artırılması ve örnek etkinlik planlarının geliştirilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelime:** E-tekstil, STEAM eğitimi, Programlama, Elektrik, Tasarım

## GİRİŞ

Elektronik tekstil (e-tekstil), dikilebilen dijital elektronikler ve geleneksel dikim malzemelerinin kullanılmasıyla oluşturulan tekstil ve kıyafet ürünlerini kapsar (Peppler vd., 2014). Geleneksel elektronik projelerde, bileşenler katı yüzeylere lehimlenerek sabitlenirken, e-tekstillerde bu süreç iletken ip ile kumaş üzerine dikilerek gerçekleştirilmektedir, bu esnek ve giyilebilir yapısı nedeniyle e-tekstil projeleri, literatürde "soft circuit" (esnek devre) olarak da adlandırılmaktadır (Battal, 2023). E-tekstil, elektronik, tasarım ve programlama alanlarının kesişim noktasında yer almakta olup, disiplinler arası öğrenme süreçlerini destekleyen bir araç olarak görülmektedir (Kafai vd., 2014; Peppler, 2013). E-tekstil projeleri sonucunda ortaya çıkan ürünler gündelik hayatta kullanılabilir, giyilebilir ve başkalarıyla paylaşılabilir (Nugent vd., 2019).

Tasarlanan e-tekstil ürünleri çevresel uyarıları algılama, işlem yapma ve bunlara yanıt verme yeteneğine sahiptir. Bu yeteneğe sahip olmaları için programlanabilir bir mikrodenetleyiciye (LilyPad Arduino), çevresel uyarıları algılayan ısı ve ışık gibi sensörlere ve bunlara yanıt verebilen ışık yayan LED veya ses çıkartan zil (buzzer) gibi bileşenlere ihtiyaç vardır. Ayrıca, bu bileşenler çoğunlukla keçe ve kumaş gibi tasarım yapılan yüzeye iletken iplik kullanılarak hem elektriksel hem de fiziksel olarak bağlanmalıdır. Elektronik bileşenlerin dışında e-tekstil ürünlerinde tasarım amaçlı kullanılan pek çok yalıtkan dikilebilir malzemelerin kullanılması da söz konusudur. Tasarlanan eserler spor, sağlık veya askeri gibi belirli bir amaca yönelik ürünler olabileceği gibi, tasarlayıcının kendi estetik algıları neticesinde gündelik hayatında kullanabileceği bir kıyafet veya bir aksesuar da olabilir (Battal, 2023). Battal (2023) çocukların bileklik, akıllı yastık gibi tekstil ürünlerini tasarlayıp, bunları programlayarak işlevsel hale getirebileceklerini ifade etmiştir. Bir e-tekstil ürünü olan akıllı yastığın çocuklara TV izleme süresinin bittiğini sesli ve ışıklı olarak uyurabileceği şeklinde örneklendirmiştir.

Disiplinler arası doğası sayesinde e-tekstiller, öğretmenlere STEM ve STEAM eğitimi desteklemeleri için yeni olanaklar sunmakta ve eğitimde kapsayıcı bir yaklaşım sağlamaktadır (Fields & Kafai, 2023). STEM eğitimi, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birbirinden bağımsız olarak değil, bütünleşik bir şekilde öğretilmesini sağlayarak, öğrencilerin gerçek dünya problemlerine çözüm üretmelerine odaklanan yeni bir öğrenme ve öğretme yaklaşımıdır (Kelley & Knowles, 2016). Daha sonra bu dört temel alana bir de sanat eklenmiş ve STEAM olarak adlandırılmış olup bu modelde tasarlanacak ürünlerin daha yaratıcı ve yenilikçi olması için sadece sanatsal yönden önemine vurgu yapılması amaçlanmamış (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019), aynı zamanda daha gerçekçi problem ve projeler verilerek öğrenenlerin ortaya yeni ürünler koymasına amaçlanmıştır (Juškevičienė vd., 2021). Bu modellerin ortak amacı farklı disiplinlerdeki bilgiyi bir arada kullanarak disiplinler arası çalışmaların işe koşulması neticesinde bir problemin çözülmesi veya bir ürünün ortaya çıkartılmasıdır (Johnson vd., 2020). Nitekim ortaya konulan ürün kullanılan inşa setine göre robotik, e-tekstil gibi farklı formatlarda olabilmektedir (Peppler & Thompson, 2024). Son zamanlarda okullarda STEAM eğitiminin entegre edilmesine yönelik artan bir ilgi bulunmaktadır (Belbase vd., 2021).

Dünyada ve ülkemizde birçok eğitim kurumu bu modeller üzerinde araştırma yapmakta ve bu modellere uygun aktiviteler tasarlayarak, kendi eğitim ortamlarını bu modellere göre uyarlamaya çalışmaktadır (Elmalı & Balkan Kıyıcı, 2017; Fields & Kafai, 2023; Johnson vd., 2020). E-tekstil, STEAM modelini K-12 düzeyinde eğitime entegre etmek ve genç öğrenenleri bu model ile tanıştırmak için ideal bir araçtır (Peppler & Glosso, 2013). Şat ve Çağıltay (2022) e-tekstilin, STEAM modelinin uygulamaya konulmasını sağlayan yenilikçi ve faydalı bir model olduğunu ifade etmiştir. Çalışmalar, e-tekstillerin programlama, mühendislik, devreler ve tasarım ilkelerinin uygulanmasını destekleyerek öğrencilerin bu alanlarda öğrenmelerini geliştirdiğini göstermektedir (Kafai vd., 2014; Peppler & Glosso, 2013). Bu durum e-tekstili, okul içi ve okul sonrası eğitim programlarında STEM ve STEAM eğitim modellerinde kullanmak için güçlü bir araç haline getirmektedir (Fields & Kafai, 2023). Bununla birlikte e-tekstil, robotik kodlama gibi yöntemlerin kullanılmasından dolayı STEM/STEAM alanlarına ilgi göstermeyen öğrenciler için kapsayıcı, ilham verici ve alternatif çeşitli öğrenme fırsatları sunabilmektedir (Guimeráns-Sánchez vd., 2024).

E-tekstil, temel düzeyde elektronik, tasarım ve programlama bilgisinin kesişiminde yer almakta olup bu üç disiplindeki bilgi ve becerinin gelişmesine katkı sağlayan ve bu anlamda önemli bir eğitim potansiyeline sahip olan son zamanların yenilikçi uygulamalarındandır. Elektronik, programlama ve tekstil tasarımı becerilerini bir araya getirerek öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olurken, devre yapısı ve programlama mantığını daha derinlemesine kavramalarını sağlar (Nugent vd., 2019). Nugent vd. (2019) e-tekstilin öğrenenlerin STEM alanlarındaki öğrenmelerini ve bu alanlara yönelik tutumunu desteklediğini öne sürmüştür. Diğer taraftan öğrenenlere eserlerini özgün malzemeler ile zenginleştirerek tasarımları için esneklik sağlar (Peppler & Thompson, 2024), bu durumda işin içerisine tasarım boyutunu ekler ve STEM ile Sanat arasında köprü oluşturarak STEAM etkinlikleri hazırlamaya imkân tanır (Peppler, 2013). Guimeráns-Sánchez ve diğerleri (2024) e-tekstilin çocuklara STEAM alanlarında beceri kazandırdığını, özellikle sanat ve teknolojiyi birleştirerek öğrenenlerin sanatsal ifade biçimlerini keşfetmeye olanak tanıyan önemli bir araç olduğunu ifade etmiştir. E-tekstil öğrencilere kullanabileceği ve başkalarıyla paylaşabileceği kişisel eserlerini kendi estetik kaygıları ölçüsünde tasarlamasına, elektronik bileşenleri dikmesine ve daha sonra programlamasına imkân tanır (Nugent vd., 2019).

Yapılan araştırmalarda, e-tekstilin öğrencilerin farklı alanlardaki öğrenmelerini desteklediği görülmektedir. E-tekstil kullanılarak hazırlanan STEAM eğitimlerinin öğrencilerin devre oluşturma, artı ve eksi kutup ile kısa devre gibi elektronikte yer alan temel devre kavramlarını öğrenmelerini desteklediği ifade edilmiştir (Kafai & Peppler, 2014; Nugent vd., 2019). Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda e-tekstilin temel elektronik kavramlarını öğrenmelerini destekledikleri ve yapılan temel hataları azalttıkları bulunmuştur (Ioannou vd., 2024; Nugent vd., 2019; Peppler & Thompson, 2024). Fen ile ilgili kavramları öğretirken öğrenme ortamını eğlenceli kıldığı ve öğrenenleri derse bağlı tuttuğu öne sürülmüştür (Şat & Çağıltay, 2024). E-tekstil projelerini işlevsel hale getirmek için bir başka önemli alan programlamadır ve bu nedenle öğrencilere programlama öğretilmesinde e-tekstil kullanılabilir (Nugent vd., 2019). Çocuklara programlama ve bilgi işlemsel düşünme becerisini somut ve görsel olarak çekici bir şekilde tanıtmak için yenilikçi bir ortam sunabilmektedir (Ioannou vd., 2024). Geleneksel programlama ortamlarına kıyasla, e-tekstil projeleri, öğrencilerin fiziksel nesnelerle etkileşime girerek kodlama kavramlarını somutlaştırmalarına olanak tanır. Bu projeler, devre tasarımı, sensörler ve mikrodenetleyiciler gibi bileşenleri bir araya getirerek, öğrencilerin

elektrik devreleri ve algoritmik düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur (Jayathirtha & Kafai, 2019). Ayrıca, e-tekstil özellikle farklı ilgi alanlarına sahip öğrenciler için kapsayıcı bir öğrenme deneyimi sunmakta ve bu yönüyle, bilgi işlemsel düşünmenin ve programlamanın daha geniş bir öğrenci kitlesine ulaşmasına imkân sağlamaktadır (Fields & Kafai, 2023). Örneğin robotik programlama gibi öğretim yöntemleri ilgi alanlarına girmediği için programlama öğrenmekten uzak duran bireyleri (Bender, 2017), özellikle kızları bu alanlara çekmesi ve potansiyellerini açığa çıkarması ve STEAM alanlarına özendirme bakımından önemli görülmektedir (Buechley vd., 2008; Kirstein, 2013).

Eğitim ortamlarında öğretmenler için de esneklik sunan bu teknoloji, disiplinler arası öğretimi de destekleyerek, bilgisayar bilimiyle sanatı, mühendisliği ve tasarımı birleştiren yenilikçi öğretim yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Eğitimde giderek artan STEAM odaklı yaklaşımlar sayesinde, e-tekstil teknoloji eğitiminin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Buechley vd., 2013). Ancak öğretmenlerin kullanmak istediklerinde kalabalık sınıf yapısı, uygulanması için maliyet, zaman, okul yönetimi ile aile desteği gerektirmesi gibi nedenlerden dolayı birtakım zorluklar yaşadığı ifade edilmiştir (Nugent vd., 2019; Şat & Çağıltay, 2024). Belki de bu nedenle Guimeráns-Sánchez vd. (2024) ilkökul ve ortaokul çocuklarının eğitiminde e-tekstilin kullanıldığı araştırmaları inceledikleri sistematik literatür taramasında, bu teknolojinin eğitim amaçlı olarak sınırlı ülkede ve genellikle okul sonrası program, kulüp ve atölye gibi okul dışı ortamlarda kullanıldığı raporlanmıştır. Sistematik literatür çalışmasında e-tekstil ile ilgili yapılan projelerin çoğunlukla Amerika, Almanya ve Yunanistan gibi ülkelerde yapıldığı belirtilmiştir. Ülkemizde e-tekstilin eğitimde kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde öğretmenlere yönelik olarak bir mesleki gelişim programının düzenlendiği (Şat & Çağıltay, 2024) ve K-12 düzeyinde ise e-tekstil tasarımıyla kullanılan malzemeleri ve örnek etkinlikleri tanıtan bir çalışma (Battal, 2023) ile e-tekstilin programlama ve tasarım alanlarını etkisinden ziyade fen odaklı yapısına odaklanıp ortaokul öğrencilerinin elektrik konusu üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışma bulunmaktadır (Şat vd., 2025). Yıldırım ve Gelmez-Burakgazi (2020) ülkemizde K-12 düzeyinde yapılan STEM araştırmalarını inceledikleri çalışmada genellikle araştırmalarda teknoloji olarak robotik kodlamanın kullanıldığını raporlamışlardır. Bu bakımdan Türkiye bağlamında K-12 düzeyindeki ortaokul öğrencilere yönelik olarak e-tekstilin eğitimde kullanımı ile ilgili sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında ortaokul öğrencilerine e-tekstil teknolojisi tanıtmak ve çocukların STEAM alanlarında bilgi ve deneyimini artırmak için bir e-tekstil atölyesi düzenlenmiştir. Düzenlenen bu e-tekstil atölyesi sonrası öğrencilerin STEAM alanlarına katkısı ve atölye ile ilgili görüşlerinin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarının ülkemizde e-tekstil teknolojisini eğitimde kullanmak isteyen ve STEAM alanlarına entegre etmek isteyen uygulayıcı, karar verici ve diğer araştırmacılara fikir vermesi hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmaktadır:

1. E-tekstil atölyesinin öğrencilerin STEAM alanlarına katkısı ile ilgili görüşleri nelerdir?
2. Öğrencilerin e-tekstil atölyesine yönelik görüşleri nelerdir?

## YÖNTEM

### Araştırmanın Deseni

Bu çalışma, ortaokul öğrencilerinin e-tekstil atölyesine yönelik görüşlerini incelemek amacıyla nitel araştırma desenlerinden biri olan durum çalışması yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Durum çalışması, belirli bir olgu veya fenomenin derinlemesine anlaşılmasını sağlamak için kullanılan etkili bir nitel araştırma yöntemi (Yin, 2003) olup bu çalışmada çocuklara yönelik düzenlenen e-tekstil atölyesini gerçek bağlam ve ortamında çocukların bakış açısından daha derinlemesine anlamaya olanak sağlaması amaçlanmıştır (Creswell, 2007). Diğer taraftan, Merriam (2009) eğitimdeki yenilikleri araştırırken durum çalışmasının önemine dikkat çekmiştir. Ayrıca durum çalışması ile çalışan olgu kendi bağlamında derinlemesine incelenir ve araştırmacıya ne olduğu ve neden olduğu konusunda detaylı bir geri dönüş verir (Neale vd., 2006). Bu yöntem, son zamanların STEAM eğitiminin uygulamaya konulması noktasında yenilikçi teknolojilerinden olan e-tekstil (Ioannou vd., 2024; Şat & Çağıltay, 2022) atölyesine katılan öğrencilerin deneyimlerini anlamak, bu deneyimlerin STEAM eğitime katkısını değerlendirmek ve ülkemizde eğitim bağlamında e-tekstillerin kullanımına yönelik öneriler geliştirmek için uygun bir yaklaşım sunmaktadır.

## Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcıları, amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş olup, e-tekstil atölyesine katılan ortaokul öğrencilerinden oluşmaktadır. Amaçlı örnekleme, araştırmacının belirli bir konuyu derinlemesine keşfetmek ve anlamak amacıyla en fazla bilgi sağlayabilecek bireyleri veya durumları seçmesi gerektiğinde kullanılır (Merriam, 1998). Bu çalışma kapsamında düzenlenecek atölyeye katılımcıları davet etmek için afiş ve bilgilendirici metin gerek internet ortamında gerekse atölyenin düzenlendiği ilde okul yönetimlerine gönderilmiştir. Çevrimiçi bir kayıt formu ile katılımcıların başvuruları alınmıştır. Atölyeye katılım için başvuru şartları e-tekstil tasarımı konusunda gönüllü, istekli olmak ve atölyeye düzenli katılmak ile ortaokul 6,7 ve 8. sınıf öğrencisi olmak şeklindedir.

Yapılan başvurular neticesinde araştırmacı toplamda 17 öğrenciyi atölyeye davet etmiş ancak bunlardan 14 tanesi düzenli olarak katılım sağlamıştır. Atölyeye katılan öğrencilere ait demografik bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur. Katılımcılar dokuzu kız (%64,3) ve beşi (%35,7) erkek olmak üzere toplam 14 çocuktan oluşmaktadır. Bu çocukların sekizi 6. sınıf, dördü 7. sınıf ve ikisi 8. sınıf öğrencisidir. Öğrencilerin yaş ortalaması 12,07 olup öğrencilerin çoğunluğu ( $n=8$ ) kodlama konusunda deneyimi olduğunu beyan etmiştir, ancak hiçbirisi daha önce e-tekstil tasarımı ile ilgili bir etkinliğe katılmamıştır.

**Tablo 1**

*Atölyede Yer Alan Katılımcıların Demografik Bilgileri*

| Öğrenci Kodları | Cinsiyet | Sınıf | Yaş | Programlama Deneyimi |
|-----------------|----------|-------|-----|----------------------|
| Öğr1            | Kız      | 7     | 13  | Var                  |
| Öğr2            | Erkek    | 6     | 12  | Yok                  |
| Öğr3            | Erkek    | 8     | 13  | Yok                  |
| Öğr4            | Kız      | 6     | 12  | Yok                  |
| Öğr5            | Kız      | 7     | 13  | Var                  |
| Öğr6            | Erkek    | 7     | 12  | Var                  |
| Öğr7            | Kız      | 7     | 13  | Var                  |
| Öğr8            | Kız      | 6     | 11  | Var                  |
| Öğr9            | Erkek    | 6     | 12  | Var                  |
| Öğr10           | Kız      | 6     | 11  | Yok                  |
| Öğr11           | Erkek    | 8     | 14  | Yok                  |
| Öğr12           | Kız      | 6     | 11  | Var                  |
| Öğr13           | Kız      | 6     | 12  | Var                  |
| Öğr14           | Kız      | 6     | 11  | Yok                  |

## Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Bir olguyu derinlemesine incelemek, nitel durum çalışmalarında kapsamlı ve ayrıntılı veri toplamının yanı sıra çeşitli veri toplama araçlarının kullanılmasını gerektirir (Yin, 2003). Bu çalışmada üç farklı veri toplama aracı kullanılmıştır. Ana veri toplama aracı atölye ile ilgili bir dizi soru içeren yarı yapılandırılmış görüşme formudur. Görüşmelerin, araştırmacının katılımcıların deneyimlerini, düşüncelerini ve algılarını derinlemesine anlamasına olanak tanıdığına dikkat çekilmiştir (Patton, 1990; Yıldırım & Şimşek, 2013). En yaygın görüşme türü olan yarı yapılandırılmış görüşmeler, açık uçlu sorular ve ek derinleştirme sorularıyla katılımcılardan detaylı bilgi edinmeyi sağlar (Merriam, 2009). Bu çalışmaya ait görüşme formu araştırmacı tarafından geliştirilmiş, daha sonra STEM alanında doktorasını almış bir uzman görüşme sorularını incelemiştir. Görüşme soruları son olarak bir dil uzmanı tarafından incelenmiştir. Bu araştırma kapsamında geliştirilen görüşme formunda ilk iki soru öğrenciyi ait kişisel bilgiler ve STEAM alanlarındaki deneyimi ile ilgilidir. Diğer beş soru araştırma soruları doğrultusunda geliştirilen atölye ile ilgili genel görüşler, atölyenin faydası ve zorlanılan konular ile ilgilidir.

Bu çalışmada kullanılan bir başka veri toplama aracı araştırmacı tarafından geliştirilen demografik bilgi formudur. Demografik bilgi formunda öğrencilere ait cinsiyet, yaş, önceki deneyim gibi kişisel sorular bulunmaktadır. Ayrıca bu formda atölyenin STEAM alanlarına katkısını soran bir, atölyenin sevilen ve sevilmeyen yönlerinin sorulduğu iki ve atölye ile ilgili görüş ve önerilerin olduğu iki soru olmak üzere toplam beş açık uçlu soru bulunmaktadır. Bu açık uçlu sorular tüm katılımcılara uygulanmıştır. Son veri toplama aracı ise atölye sonunda öğrencilerin gün içerisinde yaşadıkları ile ilgili deneyimlerini yansıttıkları öğrenci günlükleridir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler ve açık uçlu sorular, katılımcıların görüşlerini detaylandırmalarına olanak tanıırken, günlükler öğrencilerin süreç içindeki düşüncelerini ve deneyimlerini daha kapsamlı bir şekilde yansıtmalarını sağlamıştır.

Verilerin analizi, içerik analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İçerik analizi, nitel verilerden anlamlı temalar çıkarmak ve verilerin sistematik bir şekilde kategorize edilmesini sağlamak için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Miles & Huberman, 1994). Creswell (2007) genel olarak nitel veri analizi sürecini verilerin hazırlanması, kodlama yoluyla temalar ve alt temalara ayrılması ve sonuçların tablolar, şekiller ve alıntı metinleriyle sunulması şeklinde ortak adımlardan oluştuğunu ifade etmiştir. Analiz sürecinde, ilk olarak görüşme kayıtları dijital olarak yazılı bir dokümana dönüştürülmüş, daha sonra diğer veri toplama araçları olan açık uçlu soruların cevapları ve öğrenci günlükleri dijital ortama aktarılmıştır. Tüm veriler MAXQDA 24 yazılımı kullanılarak tek bir dosyada birleştirilmiştir ve kodlama süreci bu yazılım aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Diğer aşamada kodlama süreci başlatılmış ve sürecin sonunda tema ve alt temalara ulaşılmıştır. Son aşamada ise oluşturulan tema ve alt temalar araştırma soruları ile paralel olacak şekilde sunulmuştur.

### Veri Toplama Süreci ve E-Tekstil Atölyesi

Atölyenin başvuru aşamasında öğrenci ve veliler düzenlenecek atölye ile ilgili bilgilendirilmiştir. Veri toplama sürecinde ilk olarak Trakya Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik kuruluna başvurulmuş ve araştırma kapsamında veri toplamak için gerekli olan etik izin ilgili kurulun 19.12.2018 tarihli ve 2018.11.02 sayılı kararıyla alınmıştır. Daha sonra öğrencilerden çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarına dair gönüllü katılım formu ve ebeveynlerden ise veli onam formu alınmıştır. Öğrencilere atölyenin sonunda demografik bilgi formu ile açık uçlu soruları içeren formlar dağıtılmış ve doldurmaları istenmiştir. Bireysel görüşmeler ise araştırmacının belirlediği 11 öğrencinin onayı alındıktan sonra ses kayıt cihazı ile yapılmıştır. Öğrencilerden atölyede yapılan etkinlikler ile ilgili günlük tutmaları ve bunu bir sonraki atölye günü teslim etmeleri istenmiştir. Beş haftalık atölyenin sonunda demografik bilgi formu, öğrenci günlükleri ve görüşme kayıtları şeklinde araştırma verileri toplanmıştır.

E-tekstil atölyesinde yapılan etkinliklere, daha önce yapılan benzer atölyelerin incelenmesi neticesinde karar verilmiştir (Örn. Peppler & Glosson, 2013; Peppler vd., 2014). Atölye beş hafta sonu boyunca (cumartesi günleri), günde üç ders saati olmak üzere toplam 15 saat bir devlet üniversitenin bilgisayar sınıfında gerekli izinler alındıktan sonra düzenlenmiştir. Atölye kapsamında gerekli olan malzeme ve araç-gereçler bilgisayar sınıfında hazır halde bulundurulmuştur. Atölyede yapılan tüm etkinlikler araştırmacının koordinasyonunda atölye ekibinde yer alan kişiler tarafından yürütülmüştür. Atölye ekibinde araştırmacının dışında, Fen Bilgisi öğretiminde lisans eğitimini tamamlamış ve yüksek lisans yapan bir araştırmacı, okul öncesi eğitiminde lisansını tamamlamış ve çeşitli kurumlarda görev yapmış bir öğretmen ile Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi bölümünde lisans eğitimine devam etmekte olan beşi aktif olarak atölyede çocuklara yardım eden toplam on lisans öğrencisi yer almaktadır.

Şekil 1’de atölyede düzenlenen e-tekstil etkinlikleri gösterilmektedir. Atölyenin ilk gününde Fen Bilgisi alan uzmanı tarafından öğrencilere elektrik ile ilgili kavramları (devre oluşturma, iletken, yalıtkan vb.) öğretmek ve e-tekstil tasarımında kullanılacak araç-gereçleri tanıtmak için bir dizi faaliyet yapılmıştır. İlk günde geleneksel yollarla çalışan bir devre oluşturmaya amaçlayan “Işığımı Yak” isimli etkinlik, daha sonra maddelerin iletken ve yalıtkan olup olmadığını tespit etmek için “İletkenleri Bul” isimli etkinlik ve son olarak dikim ve tasarım amaçlı kullanılacak malzemeleri ve araçları tanıtmak için bir etkinlik yapılmıştır. Atölyenin daha sonraki günlerinde iki ürün tasarlanacak şeklinde etkinlikler planlanmış ve her tasarım sonunda öğrenciler için anlamlı eserler oluşturulması sağlanmıştır. İlk ürün olarak basit elektronik devre tasarımı öğretmek için LED ışık, batarya ve diğer iletken ve yalıtkan malzemeleri kullanarak bir e-bileklik tasarımları istenmiştir. Çocuklar dikim işine alıştıktan ve dikilebilir devre elemanlarının nasıl entegre edileceğini deneyimledikten sonra ikinci ürün olarak içerisinde LilyPad mikrodenetleyici, dikilebilir LED ve zil gibi bileşenlerden oluşan

ileri düzey bir elektronik devre oluşturmaları ve bu devreyi programlayarak işlevsel hale getirmeleri için bir e-tekstil tasarımı yapmaları istenmiştir (Şekil 1). Tüm süreç boyunca gerekli olan malzeme, programlamak için bilgisayar ve yazılımlar çocukların kullanımına sunulmuştur. LilyPad kartı programlamak için “Arduino IDE” isimli geliştirme ortamı kullanılmış ve bu yazılımın nasıl kullanacağı ve kodların ne olduğu çocuklara anlatılmıştır.

### Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği

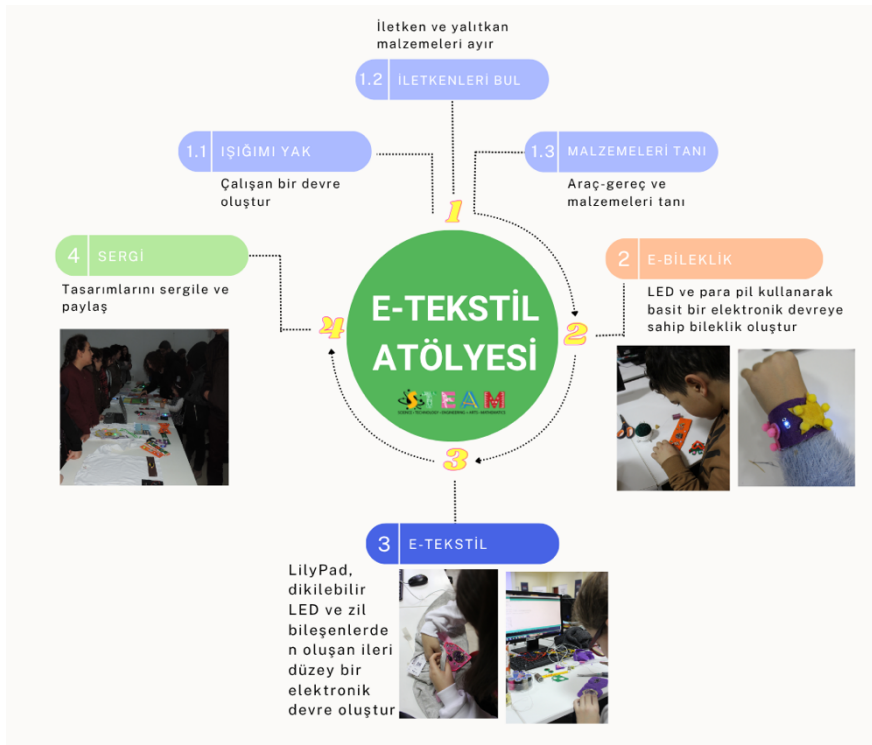
Nitel araştırmaların geçerlilik ve güvenilirliğini sağlamak için nicel yaklaşımlara karşılık gelen farklı teknikler kullanılmaktadır (Creswell, 2012). Mevcut çalışmada bu tekniklerden bazıları uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarının doğruluğunu güçlendirmek amacıyla veri çeşitlemesini sağlamak için görüşme, günlük gibi birden fazla veri formu kullanılmıştır. Ayrıca araştırma ortamı, veri toplama araçları ve süreçleri mümkün olduğunca detaylandırılarak araştırma sonuçlarının benzer özelliklere sahip diğer araştırmalara transfer edilebilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Araştırma bulgularında gerekli görülen durumlarda doğrudan alıntılar yapılarak sonuçların tutarlılığının ve teyit edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Araştırmacı dışında bir başka öğretim teknolojileri alanında uzman olan bağımsız bir kodlayıcının aynı veriyi analiz ederek sonuçların tutarlılığını değerlendirdiği kodlayıcılar arası uyum tekniği sonuçların verilerle tutarlı olup olmadığını incelemesi amacıyla kullanılmıştır (Merriam, 1998). Kodlayıcılar arasında Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen formül ( anlaşmalar sayısı / [anlaşmalar sayısı + anlaşmazlıklar sayısı] ) kullanılarak uyum seviyesi %93 olarak hesaplanmış ve kodlayıcılar arası uyumun kabul edilebilir seviyenin (%80) üzerinde olduğu görülmüştür.

### BULGULAR

Bu çalışmada ortaokul öğrencilerine yönelik düzenlenen e-tekstil atölyesi ile ilgili öğrencilerin görüşleri ve düzenlenen atölyenin öğrencilerin STEAM eğitim modelinin her bir alanına yönelik katkılarını ortaya çıkarması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda bulgular kısmında ilk olarak e-tekstil atölyesinin fen, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik alanlarına katkıları öğrencilerin görüşleri doğrultusunda ele alınmıştır. Daha sonra öğrencilerin atölye ile ilgili genel görüşlerine yer verilmiştir.

### Şekil 1

#### Atölyede Düzenlenen E-Tekstil Etkinlikleri



## Atölyenin Öğrencilerin STEAM Alanları Katkısı ile İlgili Görüşleri

Bu çalışma kapsamında ilk olarak düzenlenen e-tekstil atölyesinin öğrencilerin STEAM alanlarının her birine yönelik katkısı incelenmiştir. Bu nedenle atölye sonunda öğrencilere atölyede öğrendiklerinin bu alanlara katkısı sorulmuş ve yapılan görüşmelerde belirttikleri katkılarının detaylandırılması istenmiştir.

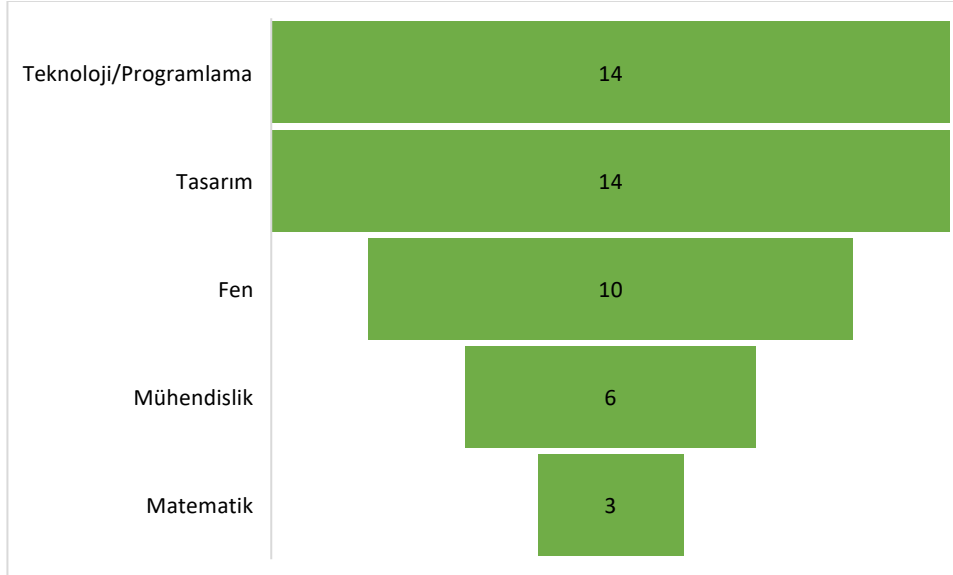
Bu başlık altında ilk olarak atölyenin öğrencilerin STEAM eğitim modelindeki beş alanına katkısı öğrencilere uygulanan demografik bilgi anketinde sorulmuş ve öğrencilerin bunlara verdiği cevaplar Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde e-tekstil atölyesinin Teknoloji/Programlama ile Tasarım alanlarına tüm öğrenciler ( $n=14$ ) tarafından, Fen alanına ise öğrencilerin çoğunluğu ( $n=12$ ) tarafından katkısı olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan Mühendislik ( $n=6$ ) ve Matematik ( $n=3$ ) alanlarına katkısı diğer alanlara göre daha az öğrenci tarafından belirtilmiştir. Görüşme kayıtlarının analizi sonucunda da öğrencilerin yukarıda değinilen sonuçlara uygun olacak şekilde daha çok programlama, tasarım ve fen alanlarına yönelik katkılarına vurgu yaptığı görülmüştür. Diğer alanlara olan mühendislik ve matematik alanına yönelik katkılara öğrenciler daha az da değinmişlerdir. Bu nedenle bu başlık altında ortaya çıkan temalar Fen, Programlama, Tasarım ve diğer alanların öğrenimine yönelik görüşler şekline ele alınmıştır. Görüşme yapılan öğrencilere ‘Atölyede aldığın eğitimi özetler misin’ şeklinde bir soru yöneltildiğinde, öğrencilerden gelen yanıtları yansıtan bazı alıntılar aşağıda sunulmuştur. Bu alıntılar, bahsedilen durumu özetlemektedir.

*“Bence hem tasarım hem de teknoloji ile karışık bir şey çünkü hem diyoruz bir şeyler tasarlıyoruz hem de onun kodlarını istediğimiz gibi değiştirebiliyoruz.” (Öğr5)*

*“Kodlama yaptık, bir şeyler tasarladık, devre yaptık. Güzeldi. Ben sevdim burayı.” (Öğr12)*

### Şekil 2

*Atölyenin STEAM Alanlarına Katkısına Dair Öğrenci Yanıtları*



### Fen Öğrenimine Yönelik Görüşler

E-tekstil atölyesinin fen alanına yönelik katkıları ile ilgili ortaya çıkan bulgular temel elektronik kavramların öğrenilmesi ve bu kavramlara netlik kazandırması şeklinde iki alt tema altında ele alınmıştır. Fen öğrenimi konusunda ilk alt temanın temel elektronik kavramların öğrenilmesi ile ilgili olduğu görülmüştür. Bu bağlamda öğrenciler elektronik devre oluşturulması, kısa devre, iletken ve yalıtkan kavramları ile multimetrenin ne olduğu ve nasıl kullanacağını öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Bu noktada öğrencilerden birisi bu konu ile ilgili öğrendiklerinden şu şekilde bahsetmiştir:

*“Bugün ilk defa devre yaptım, konusunu görmüştüm ama hiç yapmamıştım. İlk denememde olmadı ama sonra bir tanesi oldu. Sonra daha çok geliştirmek istedim ve daha çok led bağlamaya çalıştım. Sonra öğretmenimin bize bir alet [multimetre] verdi bununla iletkin ve yalıtkan olan maddeleri ayırtıyordum, bu çok eğlenceliydi.... Bunları öğrendikçe kendimi çok mutlu hissediyorum.” (Öğr11)*

İkinci alt tema ise öğrenilen temel elektronik kavramlarına e-tekstilin netlik kazandırmasıdır. Öğrenciler e-tekstil atölyesinde elektronik ile ilgili temel kavramları geleneksel anlatımın ötesinde yaparak yaşayarak öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Bu temada iki öğrenci bu durumu şu şekilde izah etmişlerdir.

*“Fen dersinde bazen elektrik elemanları ile ilgili konu olduğunda ... Hoca bize bunları anlatıyor, ama uygulamalı olarak sadece bir tek şu ampul yakıyoruz o kadar” (Öğr1)*

*“Fen bilimlerini hoca sürekli yazdırıyor. Yazdırırken de hiçbir şey anlamıyordum. Buraya gelince o konuları önceden bilmiş, daha iyi anlamış oldum.” (Öğr4)*

### **Programlama Öğrenimine Yönelik Görüşler**

Öğrencilere ilk olarak demografik bilgi formunda daha önce programlama deneyimlerinin olup olmadığı sorulmuştur. Çocukların büyük çoğunluğu demografik bilgi formunda ( $n=9$ ) Code.org, Scratch veya robotik kodlama gibi etkinliklere katıldıklarını beyan etmişler ancak hiçbirisinin daha önce e-tekstil tasarımında programlama deneyimi yoktur. Atölyeye katılan öğrenciler ile yapılan görüşmeler neticesinde çocukların hepsi programlama konusunda yeni şeyler öğrendiklerini belirtmişlerdir. Bu konuda tüm öğrenciler yapılan görüşmelerde atölyenin programlama öğreniminde kendilerine katkı sağladığını beyan etmişlerdir. Programlama konusunda daha önce bilgisi olmayan bir öğrenci görüşlerini şu şekilde beyan etmiştir:

*“İlk başlarda hiçbir şey bilmediğim için anlamsız geliyordu ama sonradan kodlamayı öğrenince, ne olduğunu öğrenince gayet iyi bir şekilde anladım. Benim zaten sevdiğim bir şey olduğu için teknoloji, o yüzden ki hani daha çok umutlanmama, daha çok sevinmeme yardımcı oldu.” (Öğr11)*

Görüşme sorularında öğrencilere programlama ile ilgili görüşlerinin değişip değişmediği sorulmuştur. Bu konuda öğrencilerden birisi kodlamayı bilgisayar ekranında yapılan bir etkinlik ile sınırlı olarak bildiğini ifade etmiş. Bu konuyu şu şekilde açıklamaktadır:

*“Kodlama böyle çok sıkıcı bir şey sanıyordum ama güzel bir şeymiş. Hani ben buraya gelmeden önce böyle bilgisayardan işte kod falan yazıyorsun sanmıştım ama buraya gelince daha değişik bir şey olduğunu gördüm. Küçük küçük aletleri falan olduğunu gördüm. Hoşuma gitti.” (Öğr4)*

Benzer şekilde bir başka öğrenci ise atölyedeki deneyimini Scratch ile karşılaştırarak burada yaptığı etkinliklerin “canlı canlı olduğunu” Scratch’de ise bilgisayarla sınırlı kaldığını ve atölyede “kendi elimizde yaptığımız şeyler daha eğlenceli geldi” şeklinde görüşünü ifade etmiştir. Yine atölyedeki etkinlikler sayesinde programlamanın zor olduğunu düşünen iki öğrenci artık programlamayı kolay olarak gördüğünü beyan etmiştir.

Öğrenciler atölyede Arduino’nun dikilebilir versiyonu olan LilyPad Arduino kartını programlamışlardır. Aynı zamanda LilyPad ailesinde bulunan LED ve buzzer gibi temel bileşenleri kullanmışlardır. Daha önce hiç görmedikleri dikilebilir elektronikleri kullanmanın öğrencileri oldukça memnun ettiği görülmüştür. Bu konuda bir öğrenci “Arduino’yu giyilebilir yapmak çok hoşuma gitti” şeklinde memnuniyetini ifade etmiştir. Programlama konusunda öğrenciler yazdıkları kodları değiştirerek farklı tasarımlar yapmaya çalışmışlardır. Örneğin zilde farklı notalar çalmak, ledlerin yanma sürelerini değiştirmek ve uzun süre ses çıkartmak gibi çeşitli kodlar üzerinde değişiklikler yapmışlardır. Kodları bu şekilde karıştırmak öğrencilerin oldukça ilgisini çekmiş ve bu konuda iki öğrenci görüşlerini şu şekilde ifade etmiştir.

*“Son çalışmamızda da buzzer, led [kullandık]. Ayrıyeten de bu kodlamayla birlikte değişik sesleri çıkartmayı kullandık. Mesela sarı ışık [LED] 20 dakika yanacağını, mavi*

*ışığın [LED] 30 dakika yanacağını ayarlamayı öğrendik. Bu buzzerdan değişik ayarlamalar ve tonlamalar yapmak hoşuma gitti” (Öğr11)*

*“Bugün çok eğlendim... kod yazdık.. umarım her gün böyle güzel geçer. Kod yazmak kolaydı arkadaşım ile kodları çıldırttık kendi kodumuzu yazdık” (Öğr7).*

Son olarak atölye sonrası programlama ve e-tekstil projeleri ile ilgili devam edeceklerini belirten öğrenciler olmuştur. Bu konuda iki öğrenci ileride yapmak istediği tasarımlara dair şunları ifade etmişlerdir.

*“Nineler olur ya onlar sürekli yalnız falan olur. Ben onlara böyle küçük, onunla konuşabilecek bir arkadaş veya ilaç hatırlatma gibi bir şeyler yapabilirim” (Öğr10).*

*“İleride kodlamayla ilgili belki önüme bazı şeyler çıktığında yapabilmemi sağlayabilir. Ya da ileride büyüdüğümde bir kodlama ile ilgili bir alet veya cihaz yapabilirim.” (Öğr11)*

### **Tasarım Öğrenimine Yönelik Görüşler**

Öğrencilerin hepsi e-tekstil atölyesinde gerçek hayatta kullanabileceği bileklik, çanta, yastık ve tişört üzerine tasarımlar gibi kendileri için anlamlı birtakım ürünler ortaya çıkartmıştır. Öğrencilerin büyük çoğunluğu burada hazırladıkları ürünlerin tasarım yeteneğine katkıda bulunduğu farklı şekillerde ifade etmişlerdir. Daha da önemlisi buradaki eğitimin öğrencilerin daha önce aldıkları derslerden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Tasarım ile ilgili bir başka husus ise öğrencilerin tasarım anlayışına sağladığı katkıdır. Bir öğrenci burada aldığı eğitimin özellikle tasarıma bakışını nasıl etkilediğini şu şekilde ifade etmiştir.

*“Mesela ben tasarımı sadece resim çizme ya da kıyafet diye düşünürdüm ama işin içerisinde tasarım ve başka elektronik bileşenler varmış.... Eskiden sadece kodlama ve robotik yaparken şimdi [bu eğitim] tasarım da kattı içine. İleride bu öğrendiğim şeyler ile kullanacağımız bir şeyi nasıl tasarlayacağımızı öğrendim.” (Öğr7)*

Öğrenciler kendi ürünlerini tasarlarken atölyede serbest idi ve kendi estetik algıları doğrultusunda ortaya çıkan ürünleri tasarım malzemelerini kullanarak istedikleri gibi zenginleştirebiliyorlardı ve ortaya çıkan ürünü başkalarıyla paylaşabilmeleri idi. Bir öğrenci yaptığı tasarımların içindeki duyguları yansıttığını belirtmiştir. Bir başka öğrenci ise bu durumu şu şekilde açıklamıştır:

*“Her hafta gelip burada bir şeyler yapmaya çalıştım ve insanın kendine özgü bir tasarımı olması insanı mutlu ediyor. Mesela herkesin bağımsız bir şey yapabilmesi, herkesin aynı şeyleri kullanması değil de kendi tercihlerini özgürce yapabilmesi [mutlu ediyor] ... genel olarak iyi tasarım yapmak yani bir şeyler tasarlamak ve ürünleri ortaya çıkartmak hoşuma gidiyor. Yaptığım ürünleri başkalarıyla paylaşmak güzeldi. Yani bana ait bir şeyi başkalarına anlatmak güzel bir şey” (Öğr5)*

### **Diğer Alanların Öğrenimine Yönelik Görüşler**

Son olarak e-tekstil atölyesinin diğer alanlar olan mühendislik ve matematik alanlarına katkısı ile ilgili görüşlerine yer verilmiştir. Ancak bu tema altında ortaya çıkan görüşlerde bu alanlara yönelik katkılar diğer alanlardaki kadar somut ve net değildir. Mühendislik alanı için iki öğrenci tasarımları yaparken hangi elektronik bileşeni nereye yerleştireceğini hesap edip düşündüğünü ve bunun mühendislik alanında kendilerine katkı sağladığını dile getirmişlerdir. Bir başka öğrenci ise burada öğrendikleri ile yeni cihazlar yapabileceğini dile getirmiştir. Matematik alanına katkıyı sadece bir öğrenci kodlama sırasında sayılar ve hesaplamalar yaptığını ve bunun bu alan için kendisine katkı sağladığını dile getirmiştir.

### **Atölye ile İlgili Genel Görüşler**

İkinci araştırma sorusunun cevabı olarak atölye ile ilgili görüşleri bu başlık altında ele alınmıştır. Yapılan görüşmeler neticesinde bu başlık altında ilk olarak ortaya çıkan tema atölyenin öğrencilere sağladığı imkanlar olarak isimlendirilmiştir. Atölye boyunca her bir öğrenci için gerekli olan malzeme ve ekipmanlar sunulmuştur. Ayrıca atölyede, katılımcı sayısına yetecek düzeyde her öğrencilerin kullanabileceği bir

bilgisayar ve yeterli malzeme sunulmuştur. Sağlanan imkanlar öğrencilerin çoğunluğu ( $n=9$ ) tarafından dile getirilmiştir. Öğrencilerden birisi bu konuyu şöyle ifade etmiştir. “*Sınıfta 34 kişi, burada daha az kişi. Ama bir de sınıfta, okulda böyle imkanlar yok. Açıkçası biz hiçbir bilişim dersimizde bilgisayar kullanmıyoruz. (Öğr9)*”. Benzer şekilde bir başka öğrenci bu konuyu şu şekilde ifade etmiştir:

*“Sınıfın kocaman olması onların hepsi büyük her yerde bilgisayar var imkanlarımız çok fazla. Mesela başka yerlerde böyle şeyler yaparken grup şeklinde yaptırıp tek bir malzeme ile yaptırıyordu, ama burada herkes kendi bireysel olarak yapabiliyor” (Öğr1)*

Araştırma kapsamında bu başlık altında ortaya çıkan başka bir tema ise atölyenin öğretici ve aynı zamanda eğlenceli olmasıdır. Öğrenciler ile yapılan görüşmelerde öğrencilerin büyük çoğunluğu atölyede yapılan etkinliklerin öğretici ve aynı zamanda eğlendirici olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrencilerden ikisi bu durumu “*eğlenceli, öğretici bir atölye (Öğr10)*” ve “*Bence ... genel olarak eğlenceliydi. Tasarım yaparken dikerken çok eğlendim (Öğr7)*” şeklinde ifade etmiştir.

Genellikle öğrencilerin tasarımları yaparken yani atölyede aktif bir şekilde bir şeyler üretirken eğlendiği görülmektedir. Ancak görüşme verilerinin analizi neticesinde öğrenciler bazı durumlarda örneğin atölyenin ilk haftaki teorik kısımlarında veya tasarımlar arasında diğer öğrencileri beklerken sıkıldıklarını beyan etmişlerdir. Bu durumu öğrencilerden biri şu şekilde dile getirmiştir.

*“İlk hafta birazcık sıkılmışım tanışma haftası olduğunda. O hafta uygulamalı etkinlikler yoktu... Bu yüzden eğlenceli şeylere geçmediğim bir üretim ortamına koymadığımızdan dolayı birazcık sıkıcı geçmişti galiba” (Öğr8)*

Nitel verilerin analizinde atölyede bazı durumların öğrencilerin zorladığı sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler yaşadığı zorluklar başta dikim işlemi ilgili, atölyenin başlama zamanı ve yapıştırma işlemi ile ilgili olmak üzere üç alt başlık altında sıralanabilir. Atölye boyunca öğrenciler e-tekstil tasarımında çeşitli bileşenleri iletken veya yalıtkan (normal) ipe yüzeye sabitlemeleri yani dikmeleri gerekiyordu. Öğrencilerin çoğu daha önce dikim konusunda deneyimi olmadığını bu konuda zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Bir öğrenci bu konuda yaşadığı zorluğu “*özellikle dikişi yapana kadar çok uzun zaman aldı çünkü ilk defa yapıyorum ve yani karışık (Öğr6)*” şeklinde dile getirmiştir.

Kısa devre, iletken ipin temas etmemesi veya tasarım hatalarından dolayı diktiklerini sökmek ve yeniden dikmek bu temada en çok ( $n=6$ ) rastlanılan zorluklardandır. İletken ipin yalıtılmış kaplaması (örn. elektrik kablolarından olan plastik kaplama) olmadığı için artı ve eksi iplerin birbirine temas edecek şekilde dikilmesi kısa devreye ve elektronik devrelerin çalışmamasına/bozulmasına neden olmaktadır. Benzer bir zorluk iletken ipin dikim sırasında devre elemanına iyice sıkılmamasından dolayı temas etmemesinden kaynaklanıyordu. Bu tarz problemlerde öğrencilerin multimedya cihazı ile sorunun neden kaynaklandığını tespit edip sökmeleri ve dikimi tekrar yapmaları gerekiyordu. Öğrenciler bu tarz sorunlar yaşadığını, bu durumun zaman zaman üzücü olduğunu ancak sonrasında üstesinden geldiğini ifade etmişlerdir:

*“Öğr10: Dikerken kablolar[iletken ip] birbirine değince veya değmediğinde çok sıkıntı oluyor.*

*Görüşmecisi: Mesela senin öyle yaşadığın bir şeyler oldu mu?*

*Öğr10: Evet, hepsini sökmek zorunda kaldım. Çünkü birbirlerine bağlıydı. Aletler, ledler, buzzer filan hepsi birbirine bağlıydı. O yüzden hepsini söktüm tekrar yaptım.” (Öğr10)*

Bu temada yaşanan bir başka zorluk tasarımda bileşenlerin yanlış yerleştirilmesinden dolayı yapılan dikim hataları ve sonrasında sökmek zorunda kalınmasıdır. E-tekstil ürünlerinde dikim işleminden önce planlanan tasarımın ilk önce kâğıda taslak olarak çizilmesi çıkabilecek sorunların (kısa devre vb.) tespiti ve dikim sırasında öğrencileri yönlendirmesi açısından önemlidir. Her ne kadar atölyede öğrenciler tasarımını taslak olarak kâğıda çizmeleri ve buna bağlı kalmaları istense de bir öğrenci bu konuda yaşadığı zorluğu şu şekilde dile getirmiştir:

*“Görüşmecisi: Atölyede herhangi bir zorluk yaşadın mı?*

*Öğr9: Evet, yaşadım geçen hafta. Dikişin hepsini yanlış dikmiştim. Baştan dikmek zorunda kaldım. ... Ben bütün eksileri bağlayıp tek bir eksiye geçirmeyi planlamıştım. Ama yanlış diktim. Hepsi birbirine değdi. Sonra baştan başla[mak durumunda kaldım]” (Öğr9)*

Öğrencilerin atölyede yaşadığı bir başka zorluk ise atölyenin günü ve saati ile ilgiliydi. Atölye beş hafta sonu cumartesi günleri saat 9: 00 da başlıyor 12:00 da bitiyordu. Atölyeye her ne kadar katılım gönüllülük esasına dayalı olsa da atölyenin hafta sonu erken saatlerde başlaması öğrencileri zorlamıştır ve bu konuya yedi öğrenci değinmiştir. Dile getirilen bir başka zorluk tasarım malzemelerinin yapılandırılması için kullanılan sıcak silikon tabancası ile ilgilidir. Birkaç öğrenci bu hususta zorlandığını ve yardım talep ettiğini dile getirmiştir. Atölyenin günü ve saati ile ilgili her ne kadar zorlansalar da öğrencilerden birisi bu durumu şu şekilde dile getirmiştir:

*“Görüşmeci: hiç böyle gelmeseydim dediğin zamanlar oldu mu*

*Öğr5: Evet oluyor her sabah kalktığımda [güliyor] böyle erken olduğunu düşünüyorum Çünkü cumartesi günleri erken kalkmaya alışkın değilim. Her sabah kalktığımda kendi kendime mücadele veriyorum gitsem mi gitmesem mi gitsem mi gitmesem mi ama buradan her ayrılışında da iyi ki gelmişim bu hafta diyorum” (Öğr5)*

Atölye ile ilgili öğrencilerin görüşlerinden ortaya çıkan bir başka alt tema atölye ile ilgili önerilerdir. Bu temada atölyenin geç başlaması ( $n=3$ ), tasarlanan ürünlerin kendisinde kalması ( $n=4$ ), seviyeye göre ayrılması ( $n=1$ ) ve devamının olması ( $n=1$ ) şeklinde gelen önerilerdir. Öğrencilerin bir kısmı atölye saatinin çok erken olduğunu beyan etmiş ve daha geç saatlerde başlayabileceğini önermişlerdir. Bir başka öneri öğrenciler emek verip tasarladıkları ürünlerin kendilerinde kalmasını istemektedirler. Bir öğrenci bu durumu “*Keşke yaptığımız şeyleri de bize verseler çünkü çok güzel oldular*” şeklinde dile getirmiştir. Ancak ürünlerin tekrar kullanılması açısından bu durum maalesef mümkün olmamıştır.

## TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, ortaokul öğrencilerinin bir STEAM etkinliği olan e-tekstil atölyesine yönelik görüşlerini inceleyerek, e-tekstilin eğitimdeki potansiyel katkılarını ortaya koymaktadır. Bulgular, e-tekstil atölyesinin öğrenciler için öğretici ve eğlenceli bir deneyim sunduğunu, aynı zamanda programlama, devre oluşturma ve tasarım gibi alanlarda becerilerini geliştirdiğini göstermektedir. Atölye sonucunda öğrencilerin Fen, Teknoloji ve Tasarım alanlarına kıyasla, e-tekstilin mühendislik ve matematik alanlarına katkısının daha az olduğu söylenebilir. Diğer taraftan öğrencilere e-tekstil ürünlerini tasarlarken özellikle kısa devre ya da temassızlık gibi nedenlerden dolayı devre elemanlarının dikimi ve yerleşimi konusunda zorluklar yaşadığı görülmüştür.

Çalışmanın bulguları, e-tekstil projelerinin STEAM eğitime entegrasyonunun, öğrencilerin özellikle fen, teknoloji, sanat olmak üzere az da olsa mühendislik ve matematik alanlarındaki bilgilerini ve farkındalıklarını artırdığını göstermektedir. E-tekstilin özellikle programlama, elektronik ve tasarım alanlarının kesişiminde bulunduğu ve bu alanların öğretilmesinde daha çok kullanıldığı literatürde yapılan farklı çalışmalarda belirtilmiş olup (Kafai vd., 2014; Nugent vd., 2019; Peppler & Glosson, 2013), bu durum mevcut araştırmanın bulguları ile de örtüşmektedir. Atölyenin öğrencilerin tasarım anlayışına ve yeteneğine sağladığı katkı ile sürecin içerisine programlamayı da eklemesi daha önce deneyimlemedikleri bir durum olarak ön plana çıkmıştır. Tasarımın sürecin içerisine katılması Peppler’in (2013) e-tekstilin sanat ve STEM alanları arasına köprü kurarak birleştirdiği ve STEM alanlarına netlik kazandırdığı ifadesini desteklemektedir. Diğer taraftan programlamayı sürece dahil etmesi sayesinde e-tekstil projeleri, öğrencilerin teknolojiye olan ilgisini artırdığı ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinin gelişmesine katkı sağladığı söylenebilir (Nugent vd., 2019; Peppler & Glosson, 2013).

E-tekstilin, kısa devre, iletken ve yalıtkan gibi soyut olan temel elektronik kavramlarının somutlaştırılmasına, daha açık bir ifade ile bu kavramların bizatihi olarak öğrenciler tarafından deneyimlemelerine imkân tanıdığına vurgu yapılmıştır (Kafai & Peppler, 2014; Nugent vd., 2019). Diğer taraftan kısa devrenin geleneksel öğrenme ortamlarında öğretilmesi sırasında kullanılan yalıtımlı elektrik kabloların bu durumun yaşanmasını engellediği ve öğrencilerin deneyimleyemediği için kısa devreyi

anlamakta zorlandığı ifade edilmiştir (Peppler, 2016). E-tekstil ile yalıtkan yüzeye sahip olmayan iletken ipler nedeniyle bu durumun mevcut araştırma bulgularında da ortaya çıktığı üzere çok olası olduğu belirtilmiş ve öğrenenler bu durum ile doğrudan karşılaştıkları ve neticesinde daha iyi kavradıkları ifade edilmiştir. Araştırmının fen öğretimi konusunda öne sürdüğü bu katkılar, literatürde e-tekstilin kullanıldığı başta deneysel çalışmalar olmak üzere (örn. Ioannou vd., 2024; Peppler & Thompson, 2024) diğer pek çok araştırmada bulunan sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Ayrıca, Peppler ve Thompson (2024), e-tekstilin temel elektronik kavramlarını öğretmekte de alternatif inşa setlerine (littleBits Base Inventor Kit vb.) nazaran daha kayda değer destek sağladığını iddia etmiştir.

Araştırma sonuçlarında öğrencilerin programlama öğrenmelerine katkı sağladığı ve bu konuda farkındalıklarını artırdığı görülmüştür. Bulunan bu sonuç e-tekstilin kullanıldığı diğer araştırma sonuçları ile paralellik göstermektedir (Ioannou vd., 2024; Jayathirtha & Kafai, 2019; Nugent vd., 2019). Programlama e-tekstil projelerini işlevsel ve akıllı hale dönüştürmek için gereklidir. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda programlamanın ne işe yaradığı ve ne olduğu ile ilgili somut örnekler vermesi açısından e-tekstilin programlama öğretiminde kullanımı önemlidir (Kafai vd., 2014). Özellikle programlama ile ilgili ön yargıları olan öğrencilerin, e-tekstil atölyesi sayesinde programlamayı daha erişilebilir ve ilgi çekici buldukları gözlemlenmiştir (Buechley vd., 2013; Peppler, 2013). E-tekstil projeleri kız öğrencilerin ilgi alanlarına daha uygun olduğu için (Buechley & Hill, 2010) özellikle onları STEM alanlarına çekmek ve onların bu alanlarda ilerlemelerine mümkün kılmaktadır (Buechley vd., 2008). E-tekstilin, geleneksel yöntemlere mesafeli olan kız öğrencilerin programlama eğitimine ilgisini artırmada etkili bir araç olarak görülmektedir (Buechley vd., 2013; Peppler & Wohlwend, 2017) ve bu anlamda farklı kesimlerin programlama öğrenmesine katılımı teşvik ettiği ve çeşitliliği sağladığı söylenebilir (Jayathirtha & Kafai, 2019). Sanat ve teknoloji arasındaki bağlantıyı güçlendiren bu projeler, STEAM eğitimini daha kapsayıcı hale getirerek, farklı ilgi alanlarına sahip öğrencilerin bilişim ve mühendislik disiplinlerine katılımını artırmaktadır (Guimeráns-Sánchez vd., 2024). Bununla birlikte, bu çalışmada öğrenciler tasarımlarını kişiselleştirme sürecinde sanatsal yönlerini keşfetmiş ve atölyenin tasarım anlayışına ve estetik algılarına katkı sağladığı bulunmuştur. E-tekstil atölyesi neticesinde her öğrenci kendi estetik algıları çerçevesinde ortaya bir ürün çıkartmış ve kendilerine sunulan imkanlar ölçüsünde bu ürünlerini tasarım malzemelerini kullanarak zenginleştirmişlerdir. Bender (2017) ortaya çıkan ürünler öğrencilerinin kendi kişisel çabaları sonucu oluştuğu ve daha sonra giyinmeyi gerektirdiği için çocukların ürünlerinin tasarımının estetik olmasına daha fazla önem verdiğini dile getirmiştir.

Öğrenciler genel olarak atölyede sağlanan imkanlar ile atölyenin öğretici ve eğlendirici tarafına yönelik olumlu görüşlerini belirtmişlerdir. Öğrenciler bu olumlu görüşlerini daha çok atölyede aktif bir şeyler yaparken belirtmişler, aksi durumda sıkıcı olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu bakımdan bu tarz atölyelerde öğrencilerin aktif olacak şekilde planlamanın yapılması önemlidir. Atölyede öğrencilerin iletken iplerin teması sonucu kısa devre veya temassızlık, bileşenleri yanlış dikme gibi dikiş işlemi ile ilgili bazı zorluklarla karşılaştıkları da tespit edilmiştir. Özellikle dikiş işlemi, kısa devre sorunları ve devre elemanlarının yerleştirilmesi gibi teknik konular yapılan başka çalışmalarda da zorlayıcı bulunmuştur (Nugent vd., 2019; Şat & Çağıltay, 2024). Ayrıca, atölyenin hafta sonu erken saatlerde başlaması bazı öğrenciler için zorluk olarak ifade edilmiş ve bu durum zaman zaman atölyeye katılım noktasında öğrencileri düşündürmüştür. Guimeráns-Sánchez vd. (2024) yaptıkları sistematik literatür taramasında, e-tekstilin çoğunlukla okul dışı programlar, kulüpler ve atölyelerde uygulandığını raporlamışlardır. Bu durum okul sonrası programların okul ders saatleri dışında yapılmasını gerektirdiği için (Shernoff & Silva, 2017) kolay aşılabilecek değildir, ancak uygulayıcılar saat konusunda esneklik sağlayabilir. Diğer taraftan Türkiye’de STEM araştırmalarının genellikle robotik kodlama üzerine yoğunlaştığı (Yıldırım & Gelmez-Burakgazi, 2020) ve e-tekstilin eğitime entegrasyonunun henüz yaygınlaşmadığı söylenebilir. Bu nedenle, e-tekstil projelerinin ülkemizde daha fazla araştırılması ve yaygınlaştırılması ve mümkünse okul müfredatına ya da kulüp, etüt gibi ekstra program etkinlikleri kapsamında yer verilmesi önerilebilir.

Bu çalışmada bir STEAM eğitim etkinliği olan e-tekstil atölyesine katılan öğrencilerin görüşleri ortaya çıkarılmıştır. Bu noktada bir diğer önemli paydaş olan öğretmenlere de büyük sorumluluk düşmektedir. Literatürde e-tekstilin eğitimde daha yaygın bir şekilde uygulanabilmesi öğretmenler açısından değerlendirildiğinde, sınıf içi entegrasyonun iyi planlanması, zaman yönetimi, maliyet ve okul yönetimi desteği gibi uygulama ile faktörlerin dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir (Buechley vd., 2013; Fields & Kafai, 2023). Diğer taraftan e-tekstil atölyelerinin daha yaygın bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlere yönelik destekleyici eğitimlerin artırılması, sınıf ortamında uygulanabilir modellerin geliştirilmesi ve öğrencilere yönelik rehber materyallerin sunulması önerilmektedir (Şat & Çağıltay, 2022). Ayrıca, e-tekstil

etkinliklerinin farklı yaş grupları ve eğitim kademelerinde uygulanabilirliğini araştıran çalışmaların yapılması, bu alandaki literatüre önemli katkılar sağlayacaktır (Peppler & Thompson, 2024). E-tekstil projelerinin STEAM eğitimi bağlamında sağladığı faydalar düşünüldüğünde, bu tür etkinliklerin sadece okul sonrası programlar, bilim kulüpleri ve yaz kampları gibi okul dışı öğrenme ortamlarında değil aynı zamanda okul içi derslerde de desteklenmesi önerilmektedir (Fields & Kafai, 2023).

Sonuç olarak, e-tekstil projeleri, STEAM eğitimi çerçevesinde disiplinler arası bir öğrenme deneyimi sunarak, öğrencilerin teknolojiye olan ilgisini artırmakta ve bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmektedir (Buechley vd., 2013; Nugent vd., 2019). Bu doğrultuda, gelecekte e-tekstilin eğitimde daha geniş bir kullanım alanı bulması için uygulama ve araştırma çalışmalarının artırılması büyük önem taşımaktadır (Guimeráns-Sánchez vd., 2024). Türkiye’de e-tekstil projelerinin yaygınlaştırılması ve farklı yaş gruplarında uygulanabilirliğini araştıran daha fazla çalışmanın yapılması, bu alandaki eğitim fırsatlarını ortaya çıkaracaktır. Eğitim politikalarında e-tekstil gibi yenilikçi teknolojilerin desteklenmesi, STEAM eğitiminin daha kapsayıcı ve etkili hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, Gençlik ve Spor Bakanlığı, Gençlik Projeleri Destek Programı kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca, araştırmaya katılan tüm öğrencilere ve eğiticilere katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Battal, A. (2023). Eğitimde elektronik tekstil: Tanımı ve kullanım örnekleri. İçinde E. Dereli (Ed.), *Eğitim Bilimleri Alanında Uluslararası Araştırmalar XVI* (ss. 35-54). Eğitim Yayınevi
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–37. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Bender, S. (2017). E-textiles. İçinde K. Peppler (Ed.), *The SAGE Encyclopedia of Out-of-School Learning* (Vol 1, ss. 64–75). <https://doi.org/10.4135/9781483385198.n101>
- Buechley, L., Eisenberg, M., Catchen, J., & Crockett, A. (2008). The LilyPad Arduino: Using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education. *CHI Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/1357054.1357123>
- Buechley, L., & Hill, B. M. (2010). LilyPad in the wild: How hardware's long tail is supporting new engineering and design communities. *DIS 2010 - Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, 199–207. <https://doi.org/10.1145/1858171.1858206>
- Buechley, L., Peppler, K., Eisenberg, M., & Kafai, Y. (2013). *Textile messages: Dispatches from the world for e-textiles and education*. Peter Lang Publishing.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2. baskı). Sage Publications.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. *Educational Research* (4th ed.). Pearson. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Elmalı, Ş., & Balkan Kıyıcı, F. (2017). Türkiye’de yayınlanmış FeTeMM eğitimi ile ilgili çalışmaların incelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 7(3), 684-696
- Fields, D., & Kafai, Y. (2023). Supporting and sustaining equitable steam activities in high school classrooms: understanding computer science teachers’ needs and practices when implementing an e-textiles curriculum to forge connections across communities. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118468>
- Guimeráns-Sánchez, P., Alonso-Ferreiro, A., Zabalza-Cerdeirina, M. A., & Monreal-Guerrero, I. M. (2024). E-textiles for STEAM education in primary and middle school: a systematic review. *RIED-Revista Iberoamericana de Educacion a Distancia*, 27(1), 417–448. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37645>
- Horcher, A.-M., Peppler, K., & Glosson, D. (2010). *E-textiles: The softer side of computing*. Grace Hopper Celebration of Women in Computing, p. 27–28.
- Ioannou, A., Miliou, O., Georgiou, Y., Timotheou, S., Barkhuus, L., & Rode, J. (2024). Learning design for short-duration e-textile workshops: Outcomes on knowledge and skills. *ETR&D*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10411-8>
- Jayathirtha, G., & Kafai, Y. B. (2019). *Electronic Textiles in Computer Science Education*. 713–719. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287343>
- Johnson, C. C., Mohr-Schroeder, M. J., Moore, T. J., & English, L. D. (Eds.). (2020). *Handbook of research on STEM education*. Routledge.
- Juškevičienė, A., Stupurienė, G., & Jevsikova, T. (2021). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*,

29(1), 175–190. <https://doi.org/10.1002/cae.22365>

- Kafai, Y., & Peppler, K. (2014). Transparency reconsidered: Creative, critical, and connected making with e-textiles. İçinde M. Ratto & M. Boler (Eds.), *DIY citizenship: Critical making and social media* (pp. 179–188). MIT Press.
- Kafai, Y. B., Lee, E., Searle, K., Fields, D., Kaplan, E., & Lui, D. (2014). A crafts-oriented approach to computing in high school: Introducing computational concepts, practices, and perspectives with electronic textiles. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1). <https://doi.org/10.1145/2576874>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kirstein, T. (2013). *Multidisciplinary know-how for smart textiles developers*. Woodhead Pub.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey-Bass.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. baskı). Sage Publications.
- Neale, P., Thapa, S., & Boyce, C. (2006). Preparing a case study : A guide for designing and conducting a case study for evaluation input. *Pathfinder International*.
- Nugent, G., Barker, B., Lester, H., Grandgenett, N., & Valentine, D. (2019). Wearable Textiles to Support Student STEM Learning and Attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 470–479. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09779-7>
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2. Baskı). Sage Publications.
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Peppler, K. (2013). STEAM-powered computing education: Using E-textiles to integrate the arts and STEM. *Computer*, 46(9), 38–43. <https://doi.org/10.1109/MC.2013.257>
- Peppler, K. (2016). A review of e-textiles in education and society. *Handbook of research on the societal impact of digital media* (pp. 268–290). IGI Global.
- Peppler, K., & Glosson, D. (2013). Stitching Circuits: Learning About Circuitry Through E-textile Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 751–763. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9428-2>
- Peppler, K., Gresalfi, M., Tekinbaş, K. S., & Santo, R. (2014). *Soft Circuits : Creating e-fashion with DIY Electronics*. MIT Press.
- Peppler, K., & Thompson, N. (2024). Tools and materials as non-neutral actors in STEAM education. *Journal of the Learning Sciences*, 33(4–5), 719–756. <https://doi.org/10.1080/10508406.2024.2380694>
- Peppler, K., & Wohlwend, K. (2017). Theorizing the nexus of STEAM practice. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 88–99. <https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1316331>
- Şat, M., & Çağıltay, K. (2022). The design of educational wearable technologies with teachers: Issues, challenges, and suggestions. *Proceedings - 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2022*, 201–205. <https://doi.org/10.1109/ICALT55010.2022.00066>

- Şat, M., & Çağıltay, K. (2024). Empowering teachers' professional development with e-textiles supported educational STEAM projects. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-024-09892-8>
- Şat, M., Yardımcı, Ş., & Canbazoglu, S. (2025). Investigating the Effects of E - Textiles on Students ' Performance , Attitudes Toward Electric Circuits , and STEAM Attitudes : A Focus on Underrepresented Minorities. *Journal of Science Education and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10221-4>
- Shernoff, D., & Silva, R. (2017). Motivation in Out-of-School Learning. İçinde K. Peppler (Ed.), *The SAGE Encyclopedia of Out-of-School Learning* (C. 1, ss. 501–505). <https://doi.org/10.4135/9781483385198.n196>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9th ed.). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, H., & Gelmez-Burakgazi, S. (2020). Türkiye’de STEM eğitimi konusunda yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma: Meta-sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, <https://doi.org/10.9779/pauefd.590319>
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). SAGE Publications.

## Design of Electronic Textiles in STEAM Education: Middle School Students' Experiences and Perspectives

Ali Battal <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Selçuk University, Department of Instructional Technology, Konya, Türkiye  
[ali.battal@selcuk.edu.tr](mailto:ali.battal@selcuk.edu.tr)

\*Corresponding Author

**Abstract:** This study aims to examine the views and experiences of middle school students regarding an electronic textiles workshop as a STEAM activity. E-textiles are innovative technologies that enable the creation of circuits by sewing electronic components onto fabric surfaces and are considered an important tool for supporting interdisciplinary learning. In this study, a qualitative case study design was employed, and data were collected through semi-structured interviews, student journals, and open-ended questions. Findings obtained through content analysis revealed that the e-textile workshop contributed to the development of students' knowledge and skills, particularly in the fields of science, technology, and art. Students reported that e-textiles provided a concrete and interactive learning experience, especially in the processes of programming and circuit design. However, technical challenges in the sewing process and circuit design were among the main obstacles encountered by students during the learning process. The study demonstrates that integrating e-textiles into STEAM education offers positive contributions in terms of student motivation and learning experience. Based on the findings, it is recommended to expand teacher training in this area and to develop sample activity plans to support the wider implementation of e-textile projects.

**Keywords:** E-textile, STEAM education, Programming, Electric, Design

Received: 26.02.2025  
Accepted: 24.03.2025  
Available Online: 10.10.2026

## INTRODUCTION

Electronic textile (e-textile) encompasses textile and clothing products created through the use of sewable digital electronics and traditional sewing materials (Peppler et al., 2014). In traditional electronics projects, components are fixed onto rigid surfaces through soldering, whereas in e-textile, this process is carried out by sewing components onto fabric using conductive thread. Due to their flexible and wearable nature, e-textile projects are also referred to in the literature as “soft circuits” (Battal, 2023). E-textiles lie at the intersection of electronics, design, and programming, and are considered a tool that supports interdisciplinary learning (Kafai et al., 2014; Peppler, 2013). The products created through e-textile projects are usable in daily life, wearable, and shareable with others (Nugent et al., 2019).

E-textile products are designed to sense environmental stimuli, process them, and respond accordingly. To achieve this functionality, they require a programmable microcontroller (e.g., LilyPad Arduino), sensors such as temperature and light sensors that detect environmental inputs, and output components such as LEDs that emit light or buzzers that produce sound. Additionally, these components must be connected both electrically and physically to the design surface typically materials such as felt or fabric using conductive thread. Beyond electronic components, e-textile products also involve the use of various non-conductive, sewable materials for design purposes. The artifacts designed may serve specific purposes in areas such as sports, healthcare, or the military, or they may take the form of everyday clothing or accessories shaped by the designer's aesthetic preferences (Battal, 2023). Battal (2023) also notes that children can design textile products such as bracelets or smart pillows and make them functional through programming. For example, a smart pillow, as an e-textile product, can alert children that their television viewing time has ended through light and sound signals.

Thanks to their interdisciplinary nature, e-textiles provide teachers with new opportunities to support STEM and STEAM education and promote an inclusive approach in education (Fields & Kafai, 2023). STEM education is a contemporary approach to teaching and learning that focuses on solving real-world problems by integrating the disciplines of science, technology, engineering, and mathematics rather than teaching them in isolation (Kelley & Knowles, 2016). Subsequently, the inclusion of art into these four core disciplines led to the emergence of STEAM. In this model, the emphasis is not only on the artistic dimension to enhance creativity and innovation (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019), but also on engaging learners in more authentic problems and projects that enable them to produce new artifacts (Juškevičienė et al., 2021). The common goal of these models is to solve problems or create products by integrating knowledge from different disciplines and engaging in interdisciplinary practices (Johnson et al., 2020). The resulting products may take various forms depending on the construction kits used, such as robotics or e-textiles (Peppler & Thompson, 2024). Recently, there has been increasing interest in integrating STEAM education into school settings (Belbase et al., 2021).

Many educational institutions, both globally and nationally, conduct research on these models and attempt to adapt their learning environments accordingly by designing activities aligned with them (Elmalı & Balkan Kıyıcı, 2017; Fields & Kafai, 2023; Johnson et al., 2020). E-textiles are considered an ideal tool for integrating the STEAM model into K–12 education and for introducing young learners to this approach (Peppler & Glosso, 2013). Şat and Çağıltay (2022) described e-textiles as an innovative and effective means of implementing the STEAM model. Research indicates that e-textiles support students' learning by facilitating the application of programming, engineering, circuitry, and design principles (Kafai et al., 2014; Peppler & Glosso, 2013). This makes e-textiles a powerful tool for use in both formal and informal STEM and STEAM learning environments (Fields & Kafai, 2023). Moreover, e-textiles can offer inclusive, inspiring, and alternative learning opportunities for students who may not typically engage with STEM/STEAM fields due to approaches such as robotics coding (Guimeráns-Sánchez et al., 2024).

E-textiles are among the recent innovative applications with significant educational potential, situated at the intersection of basic electronics, design, and programming, and contributing to the development of knowledge and skills in these three disciplines. By integrating electronics, programming, and textile design skills, e-textiles help students develop critical thinking, problem-solving, and computational thinking skills, while also enabling a deeper understanding of circuit structures and programming logic (Nugent et al., 2019). Researchers have argued that e-textiles support learners' understanding of STEM domains as well as their attitudes toward these fields. At the same time, they provide learners with flexibility to enrich their designs using unique materials (Peppler & Thompson, 2024), thereby incorporating a design dimension and creating a bridge between STEM and the arts, which enables the development of STEAM activities (Peppler, 2013). Guimeráns-Sánchez et al. (2024) stated that e-textiles help children acquire skills in STEAM domains and serve as an important tool for exploring artistic forms of expression by integrating art and technology. Furthermore, e-textiles allow students to design personal artifacts that they can use and share with others, guided by their own aesthetic preferences, by sewing electronic components and subsequently programming them (Nugent et al., 2019).

Research indicates that e-textiles support students' learning across multiple domains. STEAM activities based on e-textiles have been shown to facilitate students' understanding of fundamental electronics concepts such as circuit construction, polarity, and short circuits (Kafai & Peppler, 2014; Nugent et al., 2019). Experimental studies have found that e-textiles support the learning of basic electronics concepts and reduce common errors made by students (Ioannou et al., 2024; Nugent et al., 2019; Peppler & Thompson, 2024). They have also been reported to make learning environments more engaging and enjoyable, thereby increasing student engagement (Şat & Çağıltay, 2024). Programming constitutes another essential component in making e-textile projects functional; therefore, e-textiles can be used as a medium for teaching programming (Nugent et al., 2019). They provide an innovative environment for introducing programming and computational thinking to children in a concrete and visually appealing way (Ioannou et al., 2024). Compared to traditional programming environments, e-textile projects allow students to interact with physical artifacts, thereby making coding concepts more tangible. By integrating components such as circuit design, sensors, and microcontrollers, these projects support the development of students' understanding of electrical circuits and algorithmic thinking skills (Jayathirtha & Kafai, 2019). In addition, e-textiles offer an inclusive learning experience, particularly for students with diverse interests, and thus enable computational thinking and programming to reach a broader population (Fields & Kafai, 2023). For example, individuals who may be less

inclined to learn programming due to limited interest in approaches such as robotics coding (Bender, 2017) can be attracted to these fields through e-textiles. This is considered particularly important in engaging girls, revealing their potential, and encouraging participation in STEAM fields (Buechley et al., 2008; Kirstein, 2013).

This technology, which also offers flexibility for teachers in educational settings, supports interdisciplinary teaching and contributes to the development of innovative instructional approaches that integrate computer science with art, engineering, and design. With the increasing adoption of STEAM-oriented approaches in education, e-textiles play an important role in shaping technology-oriented education (Buechley et al., 2013). However, when teachers attempt to implement this technology, they may encounter several challenges, such as large class sizes, implementation costs, time constraints, and the need for administrative and parental support (Nugent et al., 2019; Şat & Çağıltay, 2024). Perhaps for this reason, Guimeráns-Sánchez et al. (2024), in their systematic literature review of studies involving the use of e-textiles in primary and middle school education, reported that this technology has been implemented in a limited number of countries and was mostly used in out-of-school settings such as after-school programs, clubs, and workshops. The review further indicated that most e-textile projects have been conducted in countries such as the United States, Germany, and Greece. Literature review showed that the use of e-textiles in education in Türkiye was limited. There was a study that a professional development program has been implemented for teachers (Şat & Çağıltay, 2024), and that at the K–12 level, there exists a study introducing materials and sample activities used in e-textile design (Battal, 2023), as well as a study focusing on the science-oriented aspects of e-textiles by examining their effects on middle school students' understanding of electricity, rather than their impact on programming and design domains (Şat et al., 2025). Within the Turkish context, there is a limited number of studies on the use of e-textiles in education, particularly at the middle school level. Yıldırım and Gelmez-Burakgazi (2020), in their review of STEM research conducted at the K–12 level in Türkiye, reported that robotics-based coding is the most commonly used technology in these studies.

Within the scope of the present study, an e-textile workshop was organized to introduce middle school students to e-textile technology and to enhance their knowledge and experience in STEAM domains. Unlike previous studies that primarily emphasized the science dimension of e-textiles, this workshop addressed electronics, programming, and design together. Following the workshop, the study aimed to explore students' views regarding the contribution of the workshop to STEAM domains as well as their overall perceptions of the workshop. It is expected that the findings of this study will provide insights for practitioners, policymakers, and researchers who aim to integrate e-textile technology into education and STEAM domains in Türkiye. Accordingly, the study seeks to answer the following research questions:

1. What are students' views regarding the contribution of the e-textile workshop to STEAM domains?
2. What are students' views regarding the e-textile workshop?

## METHOD

### Research Design

This study was conducted using the case study method, one of the qualitative research designs, to examine middle school students' views on an e-textile workshop. Case study is an effective qualitative research method used to provide an in-depth understanding of a particular phenomenon (Yin, 2003). In this study, it was intended to enable a deeper understanding of the e-textile workshop organized for children from their perspective within its real context and setting (Creswell, 2007). Merriam (2009) also drew attention to the importance of case study when researching innovations in education. Furthermore, through case study, the phenomenon under investigation is examined in depth within its own context, providing the researcher with detailed feedback on what happened and why (Neale et al., 2006). This method offers an appropriate approach for understanding the experiences of students who participated in the e-textile workshop, one of the innovative technologies in the implementation of STEAM education in recent years (Ioannou et al., 2024; Şat & Çağıltay, 2022), and for evaluating the contribution of these experiences to STEAM education, and for developing recommendations regarding the use of e-textiles in educational contexts in our country.

## Study Group

The participants of the study were selected using purposive sampling and consisted of middle school students who attended the e-textile workshop. Purposive sampling is used when the researcher needs to select individuals or situations that can provide the most information in order to deeply explore and understand a specific topic (Merriam, 1998). To invite participants to the workshop organized within the scope of this study, posters and informational texts were distributed both online and to school administrators in the province where the workshop was held. Applications were collected through an online registration form. The eligibility criteria for participation in the workshop were as follows: being a volunteer who is willing to engage in e-textile workshop, committing to regular attendance, and being a 6th, 7th, or 8th grade middle school student.

As a result of the applications received, the researcher invited a total of 17 students to the workshop. However, 14 of them attended regularly. Demographic information regarding the students who participated in the workshop is presented in Table 1. The participants consisted of 14 children in total, nine of whom were female (64.3%) and five of whom were male (35.7%). Eight of these children were 6th grade students, four were 7th grade students, and two were 8th grade students. The mean age of the students was 12.07, and the majority of the students ( $n = 8$ ) reported having prior experience with coding; however, none of them had previously participated in any activity related to e-textile design.

**Table 1**

### *Demographic Information of Participants in the Workshop*

| Student ID | Gender | Grade | Age | Programming Experience |
|------------|--------|-------|-----|------------------------|
| Stu1       | Female | 7     | 13  | Yes                    |
| Stu2       | Male   | 6     | 12  | No                     |
| Stu3       | Male   | 8     | 13  | No                     |
| Stu4       | Female | 6     | 12  | No                     |
| Stu5       | Female | 7     | 13  | Yes                    |
| Stu6       | Male   | 7     | 12  | Yes                    |
| Stu7       | Female | 7     | 13  | Yes                    |
| Stu8       | Female | 6     | 11  | Yes                    |
| Stu9       | Male   | 6     | 12  | Yes                    |
| Stu10      | Female | 6     | 11  | No                     |
| Stu11      | Male   | 8     | 14  | No                     |
| Stu12      | Female | 6     | 11  | Yes                    |
| Stu13      | Female | 6     | 12  | Yes                    |
| Stu14      | Female | 6     | 11  | No                     |

## Data Collection Instruments and Data Analysis

Examining a phenomenon in depth requires not only comprehensive and detailed data collection in qualitative case studies, but also the use of multiple data collection instruments (Yin, 2003). Three different data collection instruments were used in this study. The primary data collection instrument was a semi-structured interview form containing a series of questions related to the workshop. It has been noted that interviews allow the researcher to gain an in-depth understanding of participants' experiences, thoughts, and perceptions (Patton, 1990; Yıldırım & Şimşek, 2013). Semi-structured interviews, the most commonly used type of interview, enable the collection of detailed information from participants through open-ended questions and additional probing questions (Merriam, 2009). The interview form for this study was developed by the researcher and subsequently reviewed by an expert who holds a doctorate in STEM education. The interview questions were also reviewed by a language specialist. The interview form developed within the scope of this study included two initial questions related to students' personal background information and their prior

experience in STEAM fields. The remaining five questions addressed general opinions about the workshop, the perceived benefits of the workshop, and the challenges encountered, all developed in alignment with the research questions.

Another data collection instrument used in this study was a demographic information form developed by the researcher. The demographic information form included personal questions such as students' gender, age, and prior experience. In addition, the form contained a total of five open-ended questions: one question asking about the workshop's contribution to STEAM domains, two questions about the aspects of the workshop that students liked and disliked, and two questions soliciting opinions and suggestions regarding the workshop. These open-ended questions were administered to all participants. The final data collection instrument consisted of student journals, in which students reflected on their daily experiences at the end of each workshop session. While the semi-structured interviews and open-ended questions allowed participants to elaborate on their views, the journals enabled students to reflect more comprehensively on their thoughts and experiences throughout the process.

Data analysis was conducted using content analysis. Content analysis is a widely used technique for extracting meaningful themes from qualitative data and for enabling the systematic categorization of data (Miles & Huberman, 1994). Creswell (2007) described the general qualitative data analysis process as consisting of common steps, including preparing the data, organizing it into themes and sub-themes through coding, and presenting the findings through tables, figures, and excerpts. During the analysis process, interview recordings were first transcribed into written documents digitally, after which the responses to the open-ended questions and the student journals were transferred to a digital environment. All data were merged into a single file using MAXQDA 24 software, and the coding process was carried out through this software. Finally, the coding process was initiated, and themes and sub-themes were identified upon its completion. In the final phase, the themes and sub-themes that emerged were presented in alignment with the research questions.

### **Data Collection Procedure and E-Textile Workshop**

During the application phase of the workshop, students and parents were informed about the workshop. At the outset of the data collection process, an application was submitted to the Trakya University Social and Humanities Research Ethics Committee, and the ethical approval required for data collection within the scope of the study was obtained through the committee's decision dated December 19, 2018 and numbered 2018.11.02. Subsequently, voluntary participation forms were collected from the students indicating their willingness to participate in the study, and informed consent forms were obtained from their parents. At the end of the workshop, demographic information forms containing open-ended questions were distributed to the students and they were asked to complete them. Individual interviews were conducted with a voice recorder after obtaining the consent of 11 students selected by the researcher. Students were asked to keep journals related to the activities carried out during the workshop and to submit them on the following workshop day. At the conclusion of the five-week workshop, research data were collected in the form of demographic information forms, student journals, and interview recordings.

The activities to be conducted in the e-textile workshop were determined following a review of similar workshops previously conducted (e.g., Peppler & Glosson, 2013; Peppler et al., 2014). The workshop was held over five weekends (on Saturdays), with three hours per day, totaling 15 hours, in a computer laboratory at a public university after the necessary permissions were obtained. The materials and equipment required for the workshop were made available in the computer laboratory. All activities conducted during the workshop were carried out by members of the workshop team under the coordination of the researcher. In addition to the researcher, the workshop team included a researcher who had completed an undergraduate degree in Science Education and was pursuing a master's degree, a teacher who had completed an undergraduate degree in Early Childhood Education and had worked in various institutions, and a total of ten undergraduate students from the Computer Education and Instructional Technology department, five of whom actively assisted children during the workshop.

The e-textile activities organized during the workshop are illustrated in Figure 1. On the first day of the workshop, a series of activities were conducted by the Science Education specialist to teach students concepts related to electricity (circuit building, conductors, insulators, etc.) and to introduce the tools and materials to

be used in e-textile design. On the first day, an activity called "Light My Light," aimed at building a circuit using traditional methods, was followed by an activity called "Find the Conductors," designed to identify whether materials are conductors or insulators, and finally, an activity was conducted to introduce the materials and tools to be used for sewing and design purposes. In the subsequent sessions of the workshop, activities were planned around the design of two products, and meaningful artifacts were created for students at the end of each design process. For the first product, students were asked to design an e-bracelet using LED lights, a battery, and other conductive and insulating materials in order to learn basic electronic circuit design. After the children became accustomed to sewing and gained experience in integrating sewable circuit components, they were asked to create an advanced electronic circuit for the second product consisting of components such as a LilyPad microcontroller, sewable LEDs, and a buzzer and to design an e-textile by programming the circuit to make it functional (Figure 1). Throughout the entire process, the necessary materials, computers, and software for programming were made available for children's use. The Arduino IDE development environment was used to program the LilyPad board, and children were instructed on how to use this software and how to code the LilyPad.

**Figure 1**

*E-Textile Activities Conducted at the Workshop*



## Trustworthiness of the Study

Different techniques corresponding to quantitative approaches are employed to ensure the validity and reliability of qualitative research (Creswell, 2012). Several of these techniques were applied in the present study. To strengthen the accuracy of the research findings, multiple forms of data such as interviews and journals were used to ensure data triangulation. Furthermore, the research setting, data collection instruments, and procedures were described in as much detail as possible, with the aim of ensuring the transferability of the research findings to other studies with similar characteristics. Where deemed necessary, direct quotations were included in the research findings to ensure the consistency and confirmability of the results. An inter-rater reliability technique was employed, in which an independent coder, an expert in instructional technology other than the researcher analyzed the same data and evaluated the consistency of the findings, with the purpose of examining whether the results were consistent with the data (Merriam, 1998). The level of agreement between the coders was calculated at 93% using the formula (number of agreements / [number of agreements + number of disagreements]) proposed by Miles and Huberman (1994) and it was determined that the inter-rater agreement exceeded the acceptable threshold of 80%.

## FINDINGS

This study aims to reveal students' views regarding the e-textile workshop organized for middle school students and to identify the contributions of the workshop to each fields of the STEAM education. In line with this purpose, the findings section first addresses the contributions of the e-textile workshop to the fields of science, technology, engineering, art, and mathematics, based on students' views. This is followed by a presentation of students' general opinions about the workshop.

### Students' Views on the Contributions of the Workshop to STEAM Fields

Within the scope of this study, the contributions of the e-textile workshop to each of the STEAM fields were examined first. At the conclusion of the workshop, students were asked about the contributions of what they had learned in the workshop to these fields, and during the interviews, they were asked to elaborate on the contributions they mentioned.

Under this heading, students were first asked in the demographic information survey about the workshop's contributions to the five fields of the STEAM education, and their responses are presented in Figure 2. An examination of Figure 2 reveals that all students ( $n = 14$ ) indicated that the e-textile workshop contributed to the fields of Technology/Programming and Design, while the majority of students ( $n = 12$ ) reported contributions to the field of Science. The contributions to Engineering ( $n = 6$ ) and Mathematics ( $n = 3$ ), on the other hand, were noted by fewer students compared to the other fields. The analysis of the interview recordings also revealed that students emphasized contributions primarily related to programming, design, and science, consistent with the findings noted above. Students made fewer references to contributions in the remaining fields of engineering and mathematics. For this reason, the themes identified under this heading are addressed in terms of students' views on learning in the fields of Science, Programming, Design, and other areas. When the interviewed students were asked to summarize the training they received in the workshop, some excerpts reflecting their responses are presented below. These excerpts illustrate the situation described.

*"I think it is a mix of both design and technology, because we are both sewing and designing things, and we can also change the code however we want." (Student 5)*

*"We did coding, we designed things, we built circuits. It was great. I liked it here." (Student 12)*

### Students' Views on Science Learning

The findings related to the contributions of the e-textile workshop to the field of science were addressed under two sub-themes: learning fundamental electronics concepts and gaining clarity on these concepts. Regarding science learning, the first sub-theme was found to be related to the learning of

fundamental electronics concepts. In this context, students expressed that they learned about building electronic circuits, short circuits, the concepts of conductors and insulators, and what a multimeter is and how to use it. At this point, one of the students described what they learned in relation to this topic as follows:

*"Today I built a circuit for the first time. I had seen the topic before but had never actually done it. It didn't work on my first try, but then I could do one of them. Then I wanted to improve it more and tried to connect more LEDs. Then the teacher gave us a device [multimeter] and I was using it to distinguish between conductive and insulating materials that was so much fun... The more I learn these things, the happier I feel." (Student 11)*

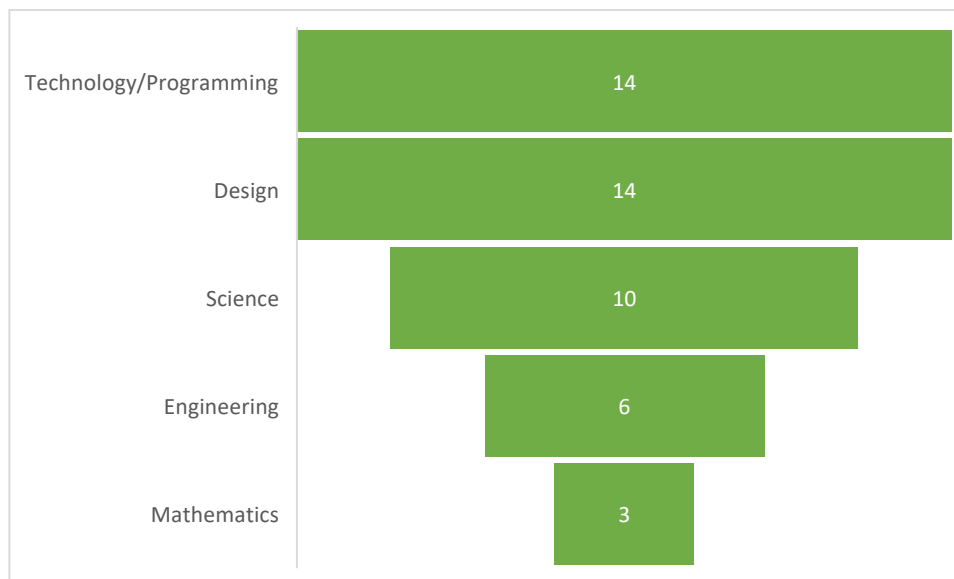
The second sub-theme concerns the clarity that e-textiles brought to the fundamental electronics concepts students had learned. Students expressed that in the e-textile workshop, they learned fundamental concepts related to electronics through hands-on experience, going beyond traditional instruction. Two students described this situation as follows:

*"In science class, sometimes when the topic involves electrical components... The teacher explains these to us, but in terms of hands-on work, we only light up one single light bulb — that's it." (Student 1)*

*"In science class, the teacher constantly has us copy things down. While copying, I didn't understand anything at all. When I came here, I realized I already knew those topics from before and understood them much better." (Student 4)*

**Figure 2**

*Student Responses Regarding the Workshop's Contribution to STEAM fields*



### ***Students' Views on Programming Learning***

Students were first asked in the demographic information form whether they had any prior programming experience. Many of the students ( $n = 9$ ) indicated in the demographic information form that they had participated in activities such as Code.org, Scratch, or robotics coding. However, none of them had any prior programming experience in e-textile design. As a result of the interviews conducted with the students who attended the workshop, all the students stated that they had learned new things about programming. On this topic, all students indicated in the interviews that the workshop contributed to their programming learning. A student who had no prior knowledge of programming expressed this as follows:

*"At first, it seemed meaningless to me because I didn't know anything, but later, once I learned coding and understood what it was, I grasped it quite well. Since technology is something I already love, it helped me feel more hopeful and more excited." (Student 11)*

In the interview questions, students were asked whether their views on programming had changed. One student stated that they had thought of coding as an activity limited to what is done on a computer screen, explaining the matter as follows:

*"I used to think coding was such a boring thing, but it turns out it's actually quite nice. I mean, before coming here, I thought you just wrote code on a computer, but when I came here I saw that it was something quite different. I saw that there were these small little devices. I liked them." (Student 4)*

Similarly, another student compared their workshop experience to Scratch, expressing that the activities they did here were "happening in real life," whereas Scratch remained limited to the computer screen, and that "the things we made with our own hands were more fun" at the workshop. Additionally, two students who had previously thought programming was difficult stated that they now found it easy, thanks to the workshop activities.

Students programmed the Arduino LilyPad board, which is the sewable version of Arduino, during the workshop. They also used basic components from the LilyPad family, such as LEDs and a buzzer. It was observed that using sewable electronics which they had never encountered before made the students quite pleased. On this topic, one student expressed their satisfaction by saying they "really enjoyed making Arduino wearable." In terms of programming, students attempted to create different designs by modifying the code they wrote. For example, they made various modifications to the code, such as playing different notes on the buzzer, changing the duration for which the LEDs remained lit, and producing sounds for extended periods. Experimenting with the code in this way attracted considerable interest from the students, and two students expressed their views on the matter as follows:

*"In our last project, we used a buzzer and LEDs. We also used different sounds together with the coding. For example, we learned how to set the yellow light [LED] to stay on for 20 minutes and the blue light [LED] to stay on for 30 minutes. I enjoyed making different settings and tones with the buzzer." (Student 11)*

*"I had a lot of fun today... we wrote code... I hope every day goes this nicely. Writing code was easy — my friend and I went crazy with the codes and wrote our own code." (Student 7)*

Finally, some students indicated that they would continue working on programming and e-textile projects after the workshop. Two students expressed the following regarding the designs they wish to create in the future:

*"There are grandmothers, right — they're always alone and things like that. I could make something small for them, like a little friend they could talk to, or something like a medication reminder." (Student 10)*

*"In the future, when I encounter things related to coding, it might help me be able to do them. Or when I grow up, I might be able to make a device or a tool related to coding." (Student 11)*

### **Students' Views on Design Learning**

All of the students produced meaningful products for themselves during the e-textile workshop such items they could use in real life, such as bracelets, bags, pillows, and designs on t-shirts. Most of the students expressed in various ways that the products they created here contributed to their design skills. More importantly, they noted that the training they received here was different from the lessons they had previously taken. Another aspect related to design is the contribution the workshop made to students' understanding of

design. One student described how the training they received here particularly influenced their perspective on design:

*"For example, I used to think design was only about drawing pictures or clothing, but it turns out there are design elements and other electronic components involved as well... Before, I only did coding and robotics, but now [this training] has added design to it as well. I learned how to design something we will use in the future with what I learned here."* (Student 7)

Students were free while designing their own products during the workshop, and they were able to enrich the products they created with design materials according to their own aesthetic preferences, as well as share the finished products with others. One student mentioned that the designs they created reflected their inner emotions. Another student described this situation as follows:

*"Every week I came here and tried to make something and having a design that is uniquely yours makes you happy. For example, being able to make something independently — not everyone using the same things, but being able to freely make your own choices [makes you happy]... In general, I enjoy making good designs, that is, designing things and bringing products to life. It was nice to share the products I made with others. I mean, telling others about something that belongs to you is a beautiful thing."* (Student 5)

### **Students' Views on Learning in Other Fields**

Finally, students' views on the contributions of the e-textile workshop to the remaining fields of engineering and mathematics are presented. However, the contributions to these fields that emerged under this theme are not as concrete and explicit as those identified for the other fields. Regarding the field of engineering, two students stated that while creating their designs, they calculated and thought through where to place each electronic component, and that this contributed to their development in the field of engineering. Another student expressed that they could build new devices using what they had learned here. Regarding the contribution to mathematics, only one student mentioned that they performed numerical calculations during coding and that this contributed to their learning in this field.

### **Students' General Views on the Workshop**

As the answer to the second research question, students' views on the workshop are addressed under this heading. As a result of the interviews conducted, the first theme that emerged under this heading was named the opportunities provided to students by the workshop. Throughout the workshop, the necessary materials and equipment for each student were provided. In addition, enough computers and adequate materials were made available for each student's use at the workshop. The opportunities provided were mentioned by most of the students ( $n = 9$ ). Two of the students expressed this matter as follows:

*"There are 34 people in the classroom, but fewer people here. Also, in the classroom at school, there are no such opportunities. Honestly, we don't use computers in any of our Information Technology classes."* (Student 9)

*"The classroom being so large, with computers everywhere and so many resources available, it's a lot. For example, in other places when doing things like this, they would have you work in groups with a single set of materials, but here everyone can do it individually on their own."* (Student 1)

Another theme that emerged under this heading within the scope of the research was that the workshop was both educational and enjoyable at the same time. In the interviews conducted with the students, the majority expressed that the activities carried out in the workshop were both instructive and entertaining. Two of the students described this as "a fun, educational workshop" (Student 10) and "I think... it was generally fun. I had a lot of fun while designing and sewing" (Student 7).

In general, it was observed that students enjoyed themselves while creating their designs, that is, while actively producing something during the workshop. However, as a result of the analysis of the interview data,

students reported that they felt bored in certain situations, such as during the theoretical section of the first week of the workshop or while waiting for other students between design activities. One student described this situation as follows:

*"In the first week, I was a little bored during the introductory week. That week there were no hands-on activities... Because we hadn't moved on to the fun parts yet and hadn't produced anything, I think it was a little boring." (Student 8)*

The analysis of the qualitative data led to the conclusion that certain situations in the workshop posed challenges for students. The difficulties students experienced can be listed under three sub-headings, primarily related to the sewing process, the start time of the workshop, and the gluing process. Throughout the workshop, students were required to sew various components onto the surface using conductive or insulating thread as part of their e-textile designs. Most students stated that they had no prior experience with sewing and that they found it challenging. One student described the difficulties they experienced in this area as follows:

*"It especially took a very long time until I managed to do the sewing, because I was doing it for the first time and it was complicated." (Student 6)*

Short circuits, thread contact failures, and design errors that required students to unpick and re-sew their work were among the most frequently encountered difficulties ( $n = 6$ ) under this theme. Because conductive thread does not have an insulated coating (e.g., the plastic coating found on electrical cables), sewing the positive and negative threads in a way that causes them to touch one another results in short circuits and the malfunction or damage of electronic circuits. A similar difficulty arose from the conductive thread failing to make proper contact with a circuit component due to insufficient tightening during sewing. In such problems, students were required to identify the source of the issue using a multimeter, unpick the sewing, and redo it. Students expressed that they experienced such problems, that these situations were sometimes disheartening, but that they ultimately overcame them:

*"Student 10: When the wires[conductive thread] touch each other or fail to make contact while sewing, it causes a lot of trouble.*

*Interviewer: Did you personally experience something like that?*

*Student 10: Yes, I had to unpick everything. Because they were all connected to each other. The components, the LEDs, the buzzer. Everything was connected to each other. So I unpicked everything and did it again." (Student 10)*

Another difficulty encountered under this theme involved sewing errors caused by incorrect placement of components in the design, which subsequently required unpicking. In e-textile products, it is important to first sketch the planned design on paper before beginning the sewing process, both for detecting potential problems (such as short circuits) and for guiding students during sewing. Although students in the workshop were asked to sketch their designs on paper and adhere to them, one student described the difficulty they experienced in this regard as follows:

*"Interviewer: Did you experience any difficulties in the workshop?*

*Student 9: Yes, I did last week. I had sewn everything incorrectly. I had to start over from the beginning. ... I had planned to connect all the negatives and route them to a single negative. But I sewed it wrong. They all touched each other. Then I had to start over from the beginning." (Student 9)*

Another difficulty students experienced in the workshop was related to the day and time of the sessions. The workshop ran on Saturdays over five weekends, starting at 9:00 a.m. and ending at 12:00 p.m. Although attendance was voluntary, the early start time on weekends posed a challenge for students, and seven students mentioned this issue. Another difficulty raised was related to the hot glue gun used to attach design materials. Several students stated that they had difficulty with this and had to ask for assistance. Despite the challenges related to the day and time of the workshop, one student described the situation as follows:

*"Interviewer: Were there ever times when you thought you shouldn't have come?"*

*Student 5: Yes, it happens every morning when I wake up [laughs] — I think it's so early. Because I'm not used to waking up early on Saturdays. Every morning I wake up and have this battle with myself — should I go, should I not, should I go, should I not — but every time I leave here I say, 'I'm glad I came this week.'" (Student 5)*

Another sub-theme that emerged from students' views on the workshop concerned their suggestions. Under this theme, suggestions included starting the workshop later ( $n = 3$ ), allowing students to keep the products they designed ( $n = 4$ ), grouping participants by skill level ( $n = 1$ ), and continuing the workshop ( $n = 1$ ). Some students stated that the workshop time was too early and suggested that it could start at a later hour. Another suggestion was that students wanted to keep the products they had put effort into designing. One student expressed this by saying, "I wish they would give us the artifact we made, because they turned out so beautiful." However, reusing the materials unfortunately made this impossible.

## DISCUSSION, CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study examines middle school students' views on an e-textile workshop as a STEAM activity and reveals the potential contributions of e-textiles to education. The findings indicate that the e-textile workshop offered students an instructive and enjoyable experience while also developing their skills in areas such as programming, circuit building, and design. Based on the workshop outcomes, it can be stated that e-textiles contributed less to the fields of engineering and mathematics compared to science, technology, and design. On the other hand, students were observed to experience difficulties related to the sewing and placement of circuit components during the design of their e-textile products, particularly due to issues such as short circuits or poor connection.

The findings of the study indicate that the integration of e-textile projects into STEAM education increased students' knowledge and awareness across science, technology, and art in particular, as well as engineering and mathematics to a lesser extent. Various studies in literature have noted that e-textiles exist particularly at the intersection of programming, electronics, and design, and are most used in the teaching of these fields (Kafai et al., 2014; Nugent et al., 2019; Peppler & Glosson, 2013), that is consistent with the results of the present study. Current study showed that the workshop contributed to students' understanding and skill of design, along with the programming knowledge, which emerged as a notable experience that students had not previously encountered. The incorporation of design into the process supports Peppler's (2013) assertion that e-textiles bridge and integrate into the fields of art and STEM, while also bringing greater clarity to STEM disciplines. Furthermore, by incorporating programming into the process, e-textile projects can be said to have increased students' interest in technology and contributed to the development of their computational thinking skills (Nugent et al., 2019; Peppler & Glosson, 2013).

It has been emphasized that e-textiles allow fundamental electronics concepts that are abstract in traditional teaching methods. That is, e-textiles make short circuits, conductors, and insulators more concrete, thereby, they enable students to experience these concepts firsthand (Kafai & Peppler, 2014; Nugent et al., 2019). On the other hand, it has been noted that the insulated electrical cables used when teaching short circuits in traditional learning environments prevent this phenomenon from occurring, and that students struggle to understand short circuits because they are unable to experience them directly (Peppler, 2016). It has been stated that with e-textiles, due to the use of conductive threads that lack an insulating surface, this situation is highly likely to occur, which was also evidenced by the findings of the present study and that learners encounter this situation directly and consequently develop a better understanding of it. These contributions to science learning proposed by the study are consistent with the findings of numerous other studies in the literature in which e-textiles have been used, particularly experimental studies (e.g., Ioannou et al., 2024; Peppler & Thompson, 2024). Furthermore, Peppler and Thompson (2024) argued that e-textiles provide considerably greater support in teaching fundamental electronics concepts compared to alternative construction kits (e.g., littleBits Base Inventor Kit).

The research findings showed that the workshop contributed to students' programming learning and increased their awareness in this area. This finding is consistent with the results of other studies in which e-

textiles have been used (Ioannou et al., 2024; Jayathirtha & Kafai, 2019; Nugent et al., 2019). Programming is necessary to make e-textile projects functional and smart. In this context, the use of e-textiles in programming instruction is important in that it provides concrete examples of what programming does and what it is (Kafai et al., 2014). It was observed that students who had prior biases against programming found it more accessible and engaging through the e-textile workshop (Buechley et al., 2013; Peppler, 2013). Because e-textile projects are more aligned with the interests of female students (Buechley & Hill, 2010), they are particularly effective in attracting girls to STEM fields and enabling them to advance in these areas (Buechley et al., 2008). E-textiles are seen as an effective tool for increasing female students' engagement with programming education (Buechley et al., 2013; Peppler & Wohlwend, 2017), and in this sense, it can be said that they encourage the participation of diverse groups in programming learning and promote inclusivity (Jayathirtha & Kafai, 2019). These projects, which strengthen the connection between art and technology, make STEAM education more inclusive and increase the participation of students with diverse interests in computing and engineering disciplines (Guimeráns-Sánchez et al., 2024). In addition, in this study, students explored their artistic sides during the process of personalizing their designs, and the workshop was found to contribute to their design understanding and aesthetic sensibilities. As a result of the e-textile workshop, each student produced a product within the framework of their own aesthetic preferences and enriched their products using design materials to the extent of the resources made available to them. Bender (2017) noted that children place greater importance on the aesthetic quality of their product designs because the designed products are the outcome of their own personal efforts and subsequently require being worn.

Students generally expressed positive views regarding the opportunities provided at the workshop and its instructive and entertaining aspects. Students expressed these positive views predominantly while they were actively engaged in doing something at the workshop and conversely suggested that it was boring when this was not the case. In this respect, it is important to plan such workshops in a way that keeps students actively engaged. It was also found that students encountered certain difficulties related to the sewing process during the workshop, such as short circuits resulting from conductive threads touching one another, as well as incorrectly sewing components. Technical issues such as sewing, short circuit problems, and the placement of circuit components have also been found to be challenging in other studies (Nugent et al., 2019; Şat & Çağıltay, 2024). Furthermore, the early start time of the workshop on weekends was identified as a difficulty by some students, and this occasionally caused students to reconsider their attendance. Guimeráns-Sánchez et al. (2024) reported in their systematic literature review that e-textiles are most implemented in out-of-school programs, clubs, and workshops. This is not an easily surmountable challenge, as after-school programs necessarily take place outside of regular school hours (Shernoff & Silva, 2017). However, practitioners can offer greater flexibility regarding scheduling. On the other hand, it can be said that STEM research in Turkey tends to focus primarily on robotics coding (Yıldırım & Gelmez-Burakgazi, 2020) and that the integration of e-textiles into education has not yet become widespread. For this reason, it can be recommended that e-textile projects be further researched and disseminated in our country, and where possible, incorporated into school curricula or within the scope of extracurricular program activities such as clubs.

In this study, the views of students who participated in an e-textile workshop as a STEAM education activity were revealed. At this point, educators, who are another important stakeholder, also bear significant responsibility. In the literature, when the broader implementation of e-textiles in education is considered from the perspective of teachers, it has been stated that implementation-related factors such as well-planned classroom integration, time management, cost, and school administration support need to be taken into account (Buechley et al., 2013; Fields & Kafai, 2023). On the other hand, in order to enable e-textile workshops to be implemented more widely, it is recommended that supportive training opportunities for teachers needs to be increased (Şat & Çağıltay, 2022). The authors have also argued that feasible curricular models for implementation need to be developed, and that guiding materials for students need to be provided. Furthermore, conducting studies that investigate the applicability of e-textile activities across different age groups and educational levels will make important contributions to literature in this field (Peppler & Thompson, 2024). Considering the benefits that e-textile projects provide within the context of STEAM education, it is recommended that such activities should be supported not only in informal learning environments such as after-school programs, science clubs, and summer camps, but also in curricular programs (Fields & Kafai, 2023).

In conclusion, e-textile projects offer interdisciplinary learning experience within the framework of STEAM education, increasing students' interest in technology and developing their computational thinking

skills (Buechley et al., 2013; Nugent et al., 2019). In this regard, increasing implementation and research efforts to enable e-textiles to find broader application in education in the future is of great importance (Guimeráns-Sánchez et al., 2024). Conducting more studies in Turkey that disseminate e-textile projects and investigate their applicability across different age groups will reveal the educational opportunities available in this field. Supporting innovative technologies such as e-textiles in educational policies will contribute to making STEAM education more inclusive and effective.

### **Acknowledgments**

This study was supported by the Ministry of Youth and Sports, Youth Projects Support Program. We would also like to thank all the students and educators who participated in the research for their contributions.

## REFERENCES

- Battal, A. (2023). Eğitimde elektronik tekstil: Tanımı ve kullanım örnekleri. In E. Dereli (Ed.), *Eğitim bilimleri alanında uluslararası araştırmalar XVI* (pp. 35–54). Eğitim Yayınevi.
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1–37. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Bender, S. (2017). E-textiles. In K. Peppler (Ed.), *The SAGE encyclopedia of out-of-school learning* (Vol. 1, pp. 64–75). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781483385198.n101>
- Buechley, L., Eisenberg, M., Catchen, J., & Crockett, A. (2008). The LilyPad Arduino: Using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education. *CHI '08: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 423–432). ACM. <https://doi.org/10.1145/1357054.1357123>
- Buechley, L., & Hill, B. M. (2010). LilyPad in the wild: How hardware's long tail is supporting new engineering and design communities. *DIS 2010: Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems* (pp. 199–207). ACM. <https://doi.org/10.1145/1858171.1858206>
- Buechley, L., Peppler, K., Eisenberg, M., & Kafai, Y. (2013). *Textile messages: Dispatches from the world of e-textiles and education*. Peter Lang Publishing.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Pearson.
- Elmalı, Ş., & Balkan-Kıyıcı, F. (2017). Türkiye'de yayınlanmış FeTeMM eğitimi ile ilgili çalışmaların incelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 7(3), 684–696.
- Fields, D., & Kafai, Y. (2023). Supporting and sustaining equitable STEAM activities in high school classrooms: Understanding computer science teachers' needs and practices when implementing an e-textiles curriculum to forge connections across communities. *Sustainability*, 15(11), Article 8468. <https://doi.org/10.3390/su15118468>
- Guimeráns-Sánchez, P., Alonso-Ferreiro, A., Zabalza-Cerdeirina, M. A., & Monreal-Guerrero, I. M. (2024). E-textiles for STEAM education in primary and middle school: A systematic review. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 417–448. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37645>
- Horcher, A.-M., Peppler, K., & Glosson, D. (2010). E-textiles: The softer side of computing. *Grace Hopper Celebration of Women in Computing* (pp. 27–28).
- Ioannou, A., Miliou, O., Georgiou, Y., Timotheou, S., Barkhuus, L., & Rode, J. (2024). Learning design for short-duration e-textile workshops: Outcomes on knowledge and skills. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10411-8>
- Jayathirtha, G., & Kafai, Y. B. (2019). Electronic textiles in computer science education. *SIGCSE '19: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 713–719). ACM. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287343>
- Johnson, C. C., Mohr-Schroeder, M. J., Moore, T. J., & English, L. D. (Eds.). (2020). *Handbook of research on STEM education*. Routledge.

- Juškevičienė, A., Stupurienė, G., & Jeviskova, T. (2021). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 175–190. <https://doi.org/10.1002/cae.22365>
- Kafai, Y., & Peppler, K. (2014). Transparency reconsidered: Creative, critical, and connected making with e-textiles. In M. Ratto & M. Boler (Eds.), *DIY citizenship: Critical making and social media* (pp. 179–188). MIT Press.
- Kafai, Y. B., Lee, E., Searle, K., Fields, D., Kaplan, E., & Lui, D. (2014). A crafts-oriented approach to computing in high school: Introducing computational concepts, practices, and perspectives with electronic textiles. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.1145/2576874>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kirstein, T. (2013). *Multidisciplinary know-how for smart textiles developers*. Woodhead Pub.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. Jossey-Bass.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Neale, P., Thapa, S., & Boyce, C. (2006). *Preparing a case study: A guide for designing and conducting a case study for evaluation input*. Pathfinder International.
- Nugent, G., Barker, B., Lester, H., Grandgenett, N., & Valentine, D. (2019). Wearable textiles to support student STEM learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 470–479. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09779-7>
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Peppler, K. (2013). STEAM-powered computing education: Using e-textiles to integrate the arts and STEM. *Computer*, 46(9), 38–43. <https://doi.org/10.1109/MC.2013.257>
- Peppler, K. (2016). A review of e-textiles in education and society. In B. Guzzetti & M. Lesley (Eds.), *Handbook of research on the societal impact of digital media* (pp. 268–290). IGI Global.
- Peppler, K., & Glosson, D. (2013). Stitching circuits: Learning about circuitry through e-textile materials. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 751–763. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9428-2>
- Peppler, K., Gresalfi, M., Tekinbaş, K. S., & Santo, R. (2014). *Soft circuits: Crafting e-fashion with DIY electronics*. MIT Press.
- Peppler, K., & Thompson, N. (2024). Tools and materials as non-neutral actors in STEAM education. *Journal of the Learning Sciences*, 33(4–5), 719–756. <https://doi.org/10.1080/10508406.2024.2380694>
- Peppler, K., & Wohlwend, K. (2017). Theorizing the nexus of STEAM practice. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 88–99. <https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1316331>

- Şat, M., & Çağıltay, K. (2022). The design of educational wearable technologies with teachers: Issues, challenges, and suggestions. *Proceedings of the 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 201–205). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICALT55010.2022.00066>
- Şat, M., & Çağıltay, K. (2024). Empowering teachers' professional development with e-textiles supported educational STEAM projects. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-024-09892-8>
- Şat, M., Yardımcı, Ş., & Canbazoglu, S. (2025). Investigating the Effects of E - Textiles on Students ' Performance , Attitudes Toward Electric Circuits , and STEAM Attitudes : A Focus on Underrepresented Minorities. *Journal of Science Education and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10221-4>
- Shernoff, D., & Silva, R. (2017). Motivation in out-of-school learning. In K. Peppler (Ed.), *The SAGE encyclopedia of out-of-school learning* (Vol. 1, pp. 501–505). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781483385198.n196>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9th ed.). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, H., & Gelmez-Burakgazi, S. (2020). Türkiye'de STEM eğitimi konusunda yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma: Meta-sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9779/pauefd.590319>
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). SAGE Publications.