

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ
FESTİVALİ
ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ
YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: TMA TEKNOLOJİ

PROJE ADI: Doğal karbon mürekkebi ile elektronik baskı devrelerinin basılması; Doğal karbon mürekkep yapımı ve elektronik kartların bakır yerine karbon mürekkeple tasarımı projesi

BAŞVURU ID: 404136

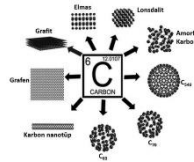
İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı).....	3
2. Problem/Sorun:.....	4
3. Çözüm	6
4. Yöntem.....	8
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	9
6. Uygulanabilirlik.....	10
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	10
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar).....	12
9. Riskler.....	12
10. Kaynakça.....	13

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Elektronik baskı devreleri hali hazırda PCB kart denilen; yalıtkan Temel materyal malzemenin yüzeyine ince lamine bakır kaplanarak yapılan ve bakır akım yolları olan, elektronik devre elemanlarının monte edildiği plakalardır. Elektronik baskı devre kartlarında kullanılan bakır kıymetli metal sınıfındadır. Bakırın hammadde olarak çıkarılıp işlenmesindeki yüksek maliyetler, katma değerli elektronik teknolojilerinin rekabetini olumsuz etkilemektedir. Elektronik atıklardaki geri dönüşümün yetersiz olması büyük bir israfa ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Elektronik baskı devre PCB kartlarının üretim süreçlerinde, laminē* bakırı aşındırmak (eritmek) için insan ve çevre sağlığını tehdit eden zararlı kimyasal sıvı maddelerin kullanımı bu konudaki başka bir negatif durumu ortaya çıkarmaktadır.

Laminē* (Laminasyon) : Bir malzemeyi çoklu tabakalarda üretme tekniği / işlemidir. PCB devre kartında, Bakır ince film tabakası şeklinde, yalıtkan temel materyal üzerine sürülerek elektronik baskılı devre levhası elde edilme işlemidir. Elektronik baskı devre PCB kartlarında kullanılan bakırın elde edilme zorluğu ve kıymetli metal oluşu, üretim işlemlerinde ortaya çıkan çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri, atık yönetimi ve geri dönüşümdeki zorluklar bu alanda yeni ve alternatif malzemelerin arayışını zorunlu kılmaktadır. Karbon isinin ve kömür tozunun yanı sıra grafit, grafen, karbon nanotüpün, aktif karbonun ve benzerlerinin kullanımıyla ilgili araştırmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Araştırmalar sonucunda karbon içerikli malzemelerin ve boyaların, öz dirençlerinin düşük, elektriksel iletkenliklerinin iyi olmaları elektrik elektronik alanında kullanılma olasılığını artırmaktadır.



Bakırın alternatifi olarak kullanılması, uygun bulunan karbon malzemelerin tercih edilmesi, metal olan bakıra göre ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Kolay elde edilebilen ve ucuz olacağı düşünülen doğal karbon malzemeler hem çevrenin korunmasına hem de ülke ekonomilerine katkı sunabilecektir. Bu projenin amacı karbon malzemelerle elde edilen doğal karbon mürekkebin, elektronik baskı devre (PCB) kartlarında kullanılmasını sağlamak ve yaygınlaştırmaktır. Öncelikle (PCB) kartlarında iletken boya olarak kullanılabilir, öz direnç düşük, iletkenliği yüksek olan en uygun karbon malzemenin tespitini yapmaktır. İletken boya olarak kullanılacak karbon malzemenin doğal yollardan elde edilmesinin yöntemleri araştırılacaktır. Bu işlem sırasında bütün karbon malzemeler sırayla denenecektir.

İletken karbon boya yapımında doğal karbon malzemenin en uygun yöntemle elde edilirken; elektronik baskılı (PCB) devrelerindeki iletkenlik dirençlerinin ölçümü, mekanik dayanımları, termal davranışları ve elektromanyetik etkileri araştırılacaktır. Çıkan sonuçlara göre elde edilen en uygun doğal karbon boya, piyasada pahalı şekilde satışı yapılan ve kullanımı sınırlı olan endüstriyel karbon iletken boyalarla kıyaslanması sağlanacaktır. Tüm bu ölçme ve karşılaştırma sonuçları bakır metal ile aralarındaki avantaj ve dezavantajları ortaya çıkaracaktır. Yaptığımız araştırmalarda bu konuda hem ülkemizde hem de yabancı ülkelerde yeterince yapılamayan akademik çalışmaların eksikliği görülmüştür. Bu projenin hedeflerinden birisi de

iletken karbon boyaların araştırılmasına ve kullanılmasına katkı sağlanmasıdır. Elde edilen uygun iletken karbon boya ile 3D yazıcılarda elektronik baskılı (PCB) devre kartların basılması sağlanacaktır. Bu işlem için hâlihazırda PLA (Poliaktirik Asit), ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) Filament çeşitleri ile çalışan 3D yazıcıların iletken karbon boya kullanarak baskılı (PCB) devre imal edecek duruma getirilmesi yapılacaktır.

3D yazıcının yazma (Extruder - ekstrüzyon) kafası ve püskürtme /yığıma /dökme (ekstrüzyon) nozulu (Nozzle) değiştirilerek iletken karbon boyalarla yazması sağlanacaktır. Bu amaçla bir 3D yazıcı bu işlemi yapabilir hale gelecek şekilde tasarlanacaktır. Kısaca 3D yazıcıda modifikasyon yapılacaktır. 3D yazıcılarla baskılı devre (PCB) kartların basılması büyük önem taşımaktadır. Seri üretim süreçlerinde iletken doğal karbon boyanın kullanılması elektronik cihazların üretiminde kıymetli metal sınıfındaki bakıra olan talebi azaltacaktır. Bu durumun sonucu olarak üretimde küresel rekabet imkânı sağlanarak ekonomik avantajlar elde edilecektir.

2. Problem/Sorun:

Dünyadaki teknolojik ilerlemeler ile sanayileşmenin hızlı gelişmesi, üretim verimliliğinin, ürün çeşitliliğinin, üretimin kalitesinin ve üretim hızlarının artmasını sağlamıştır. Bunun bir sonucu olarak, nüfus artış hızının da etkisi ile Dünya genelindeki tüketimlerde artmıştır. Tüketim oranlarının yükselmesi atık miktarlarının da artmasına neden olmuştur. Sonuç olarak bu gelişmeler çevre ve iklim sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Üretim aşamalarında sınırlı hammadde kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesi, başta enerji sorunları olmak üzere atıklardan kaynaklanan çevresel sorunlarında beraberinde getirmiştir.



Günümüzde, teknolojik gelişmelerden kaynaklanan en önemli problemlerden birisi de, elektrik elektronik atıklarıdır (E-atıklar). E-atıklar içerdikleri ağır metaller nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir. E-atıklardan özellikle baskılı devre kartları (PCB), kıymetli metal içerikleri nedeniyle ekonomik bir değere sahiptirler. Bu nedenle, PCB'lerin geri dönüşümünün sadece zararlı etkilerinden değil, aynı zamanda kıymetli metal içerikleri nedeniyle de önemlidir (Atasoy Kocatüfek, 2012).

Geri dönüşümün yetersiz olması, kıymetli metal olan Bakırın israfına dolayısı ile yüksek maliyetli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ülkemizde uygulanmakta olan e-atık geri dönüşümü ise kısa bir geçmişe sahiptir ve bu konuda henüz yaygın ve sağlam bir altyapı oluşturulmamıştır. (Çevikel, 2009). Bütün Dünya'da uygun depolama alanlarına ve sistemine duyulan ihtiyacın giderek artması çevrenin korunması için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Düzenli toplama ve depolama yoluyla geri kazandırılacak olan elektronik atıkların yeni

yöntemlerle değerlendirilebilmesi için alternatif ve yeni atık yönetim sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. (Rousis ve diğerleri,2008).

Elektronik devreleri PCB kart dediğimiz yüzeyi Laminasyon bakır kaplı kartların üzerine yapılmaktadır. Baskılı devre kartı (İngilizce kısaltması PCB), elektronik devre elemanlarını monte etmek için yüzeyinde iletken (örneğin bakır, Altın, Alüminyum) yollar içeren değişik yalıtkan Base (Temel) materyallerden yapılmış plakalardır. (Doğan, Kenan, 2006). Base (Temel) materyal, PCB kartın gövde yapısını oluşturan ve ürünün temel parçası olan yalıtkan plakadır. (Mutlu, 2020). Bunun yanı sıra E- atık olan elektronik devreleri PCB kartlarında, büyük oranda bakır ve diğer kıymetli metaller bulunmaktadır. Bakırın, ülkemizdeki yetersiz rezervlerinden dolayı ithalat oranları her zaman yüksek olmuştur. Bakır sektörü hammadde açısından %95 dışa bağımlı ve %3-%5 kar marjı ile faaliyet göstermektedir. (Yaşar, 2020) Bu bilgiler gösteriyor ki PCB devre kartlarının basımında bakıra alternatif olacak iletken malzemelerin araştırılmasının ülkemiz açısından ne kadar önemli olduğudur.



Bakır üretim işlemlerinde ortaya çıkan atıklar ile üretim sonrasındaki süreçlerde oluşan atıkların gruplandırılması şu şekilde açıklanabilir; Yakma bacalarından çıkan gaz atıkları, Evsel atık sular, soğutma suları, Atık elektrolit, Kullanım süresi geçmiş kimyasallar, Atık yağlar, Ambalaj atıkları, Atık filtre, Arıtma çamurları ve Atık absorbanlardır (Endüstriyel Emicilerdir). (Ertuğrul, Şavlı, 2013) Kıymetli metal olan Bakırın çıkarılmasında ve işlenmesindeki olumsuz çevresel etkileri ile birlikte ortaya çıkan yüksek maliyetler, E- atıkların oluşturduğu sorunlarının ciddiyetini, aciliyetini ve önemini göstermektedir. Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Ofisi'nin 2018 yılında yayımladığı rapora göre, 1998-2017 yılları arasında meydana gelen iklim bağlantılı afetler sebebiyle 1,3 milyon insan hayatını kaybetmiş, 2,245 milyar ABD Doları maddi zarar meydana gelmiştir. Çevrenin korunması ve iklim değişikliğinin azaltılması için Paris anlaşmasının imzalanmasıyla insanlık adına yeni umutların doğmasına neden olmuştur. Dünya ve ülkemiz için ” bu mücadele gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin izleyeceği büyüme stratejilerini, enerji politikalarını, sağlık ve tarımla ilgili programlarını, su kaynaklarının kullanımını, gıda güvenliğini, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini doğrudan etkileyebilecek ve bunların geliştirilmesinde belirleyici olabilecektir” (T.C. Dışişleri Bakanlığı web sayfası,2022)

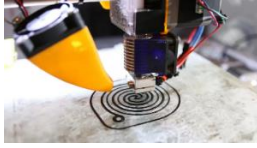
Elektronik baskılı devre (PCB) kartlarının imalatı sırasında, bakırın aşındırılması (eritilmesi) işleminde kullanılan kimyasal maddeler nedeniyle, bakırın kullanılmasının insan sağlığına ve çevreye olan tehditleri dikkat edilmesi gereken bu işin başka bir boyutudur. Baskılı devre plakasının bakır kaplanmış yüzeyinde kalması gereken bakır yollar dışında kalan bakırın, plakadan ayrılması işlemine aşındırma (eritme) denilmektedir. Aşındırıcı kimyasal olarak asit veya diğer bazı kimyasal çözeltiler kullanılmaktadır. Seri üretimlerde aşındırma işlemi için asit

havuzları kullanılmaktadır. Bu işleme de asit süreci (prosesi) denilmektedir. (urazelektronik.com, ozdepcb.com)

Aşındırma işlemi esnasında kullanılan sıvının cilde sıçraması son derece tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Aşındırma işleminin zararları bununla da sınırlı değildir. Aşındırma işlemi sırasında eriyikten çıkan gazlar tehlikeli olup asla solunum havasına karışmamalıdır.



Çevre kirliliğinin ve kıymetli metallerin israfının yüksek maliyetleri ülke ekonomisine zarar vermektedir. Bunun bir sonucu olarak ta küresel ticarete ulusal markaların rekabet ve ihracat gücü azalmaktadır. Buna bağlı korelasyonlar düşünüldüğünde istihdamdan, sosyal devlet hizmetlerine, eğitimden, insani gelişmişlik endeksine kadar olan tüm alanlarda olumsuz etkilerini görmek mümkün olmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı elektronik baskılı PCB kartlarda yeni ve alternatif iletken malzemelerin kullanımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Elektronik baskılı PCB kartların akım yollarının basımında kullanılan iletken boyalar günden güne yaygınlaşmaktadır. Günümüzde piyasada satılan ve kullanılan iletken boyalar iki çeşittir. Bunlardan birisi Gümüş katkılı iletken boya, diğeri ise karbon içerikli iletken boyalardır. İletken mürekkep olarak ta anılan bu boyaların fiyatları pahalı olan ithal edilen ürünlerdir.



Bu proje ile elektronik devre kartlarında (PCB'lerde) en uygun doğal karbon mürekkebin (boyanın) yapılması ve akım yolu olarak basılması amaçlanmıştır. Bakır yerine doğal karbon boya kullanarak 3D yazıcılarda devre kartı üretimi temel hedefimizdir. Böylece mevcut FDM filament kullanan 3D yazıcılarında akışkan karbon boya veya mürekkep kullanabilecek şekilde değiştirilmeleri sağlanmış olacaktır.

3. Çözüm

Elektronik devre (PCB) kartlarında akım yollarının iletkenliğini sağlayan kıymetli metal bakırın kullanılmasının ve tüketilmesinin bir problem / sorun olarak ortaya çıkması, bu sorunun çözümü için doğal karbon mürekkebin/boyanın önerilmesi projemizin ana fikridir. Bu alanda kullanılan bakırın, ülkemizdeki rezervlerinin az olması, fazla miktarlarda ithal edilmesi, işlenmesi ve tüketilmesi sonucunda ortaya çıkan atıklarının (E- atıkların) çevreye ve ekonomiye verdiği zararlar, toplumsal faydaları olumsuz şekillerde etkilemektedir. Karbon isinin ve kömür tozunun yanı sıra grafit, grafen, karbon nanotüpün, aktif karbonun ve benzerlerinin kullanımıyla ilgili araştırmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Araştırmalar sonucunda karbon içerikli malzemelerin ve boyaların, öz dirençlerinin düşük, elektriksel iletkenliklerinin iyi olmaları elektrik elektronik alanında kullanımlarını yaygınlaştırılması için çok güçlü gerekçelerdir. Yüksek performans aygıtlarının geliştirilmesinde materyal olarak karbon ve türevlerinin

kullanılması önemli araştırma konularından birisidir. (Avouris, Chen ve Perebeinos, 2007; Harris, 2017; Kreupl, 2015) Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, amorf yapıdaki biyokömürün karbon yapısı, grafit/grafen-oksit benzeri yapılara, çeşitli metotlarla dönüştürülebilir ve karbon yapılı bu malzemelerin elektriksel iletkenlik özellikleri iyileştirilip geliştirilerek, üretim sanayisine kazandırılmaları mümkün olmaktadır. (Barbera ve diğerleri, 2014) Elektronik aygıtlarda karbon materyaller (grafit, grafen, karbon nanotüp, karbon nanohorn, karbon nanooions, karbon nanoribbons); sinyallerin doğrultulması, esneklik sağlanması, düşük güç tüketimi, yüksek anahtarlama hızı, boyutların küçültülmesi ve düşük maliyet gibi nedenlerle kullanılmaktadır. (Semple, Georgiadou, Wyatt-Moon, Gelinck ve Anthopoulos, 2017)

Grafit, gayet yumuşak, dokunumu yağsı ve ince levhalar halinde bükülme özelliğine sahip, bir karbon mineralidir. Özellikleri nedeni ile grafitin kullanım alanları çok geniştir. Doğal grafit tek başına veya diğer bazı malzemelerle karıştırılıp, şekillendirilerek elektrik sanayiinde elektronik malzeme yapımında kullanılmaktadır. İyi elektrik iletkenliği dolayısı ile elektrot, motor fırçaları, pil çubukları ve elektronik aletlerin imalatı bu kullanım alanlarından bazılarıdır. (MTA web sayfası, 2021) Özellikle Grafen oda sıcaklığında gümüş madeni de dâhil olmak üzere bilinen pek çok farklı malzemedan daha düşük bir öz dirence sahiptir. Grafen bilinen en ince yapıdaki malzemedir. Grafen ayrıca çok iyi bir ısı ve elektrik iletkenidir. Grafen, neredeyse tüm endüstriyel uygulamalara entegre edilebilme özelliğinden dolayı gerçekten de dünyayı değiştirebilecek bir yapıya sahiptir. Grafen ile ilgili bir husus açıklamakta fayda olacaktır. Grafitten elde edilen grafenin elde edilmesi (sentezlenmesi) çok maliyetli olduğundan birçok teknoloji firması farklı hammaddeler kullanarak grafen üretme çalışmaları devam etmektedir. Projemizin çıktıları arasında, grafit ve grafen malzemeler ile yapılacak işlemler, bu ürünlerin elde edilme proseslerinin zorluğu ve ortaya çıkan maliyetler nedeniyle projemizin B planı olarak çalışılacaktır. Önceliğimiz kömür tozlarının uygun şekilde karbon boya olarak kullanılması olacaktır.

Bakırın alternatifi olarak kullanılması uygun bulunan karbon malzemelerin tercih edilmesi bakır metale göre ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Kolay elde edilen ve ucuz olan karbon malzemeler hem çevrenin korunmasına hem de ülke ekonomilerine katkı sunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda kömür tozlarının tane boyutunun artmasıyla elektriksel iletkenlik değerlerinde (öz direnç, kapasite ve dielektrik katsayısında) azalmaya neden olduğunu göstermiştir. (Yıldırım, Saraç, 2004) Projemiz bu konudaki problemi çözerken doğal karbon tozlarını kullanacaktır. Bakıra alternatif olabilecek iletken boya yapımında, grafit, grafen ve diğer karbon esaslı malzemelerle birlikte kömür, odun ve diğer doğal karbon tozları da kullanılacaktır. Böylece iletkenliği en iyi, en doğal ve en ucuz karbon mürekkep/boya modifiye edilmiş 3D yazıcıda kullanılacaktır.

Doğal karbon mürekkep/boya yapımında çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Projemizde amatörce hazırlayabileceğimiz yöntemleri açıklayarak üretim yapılacaktır. Karbon boya yapımında gerekli olan malzemeler her yerden kolayca temin edilebilir malzemelerdir. Grafit tozu, Beyaz Sirke Şırına ve tutkal iletken karbon yapmak için gerekli malzemelerdir. Öncelikle öğütülmüş halde alınan grafit tozunu bir kaba koymak ve üstünü sirkeyle kaplayarak karıştırılmalıdır. Karışımı yapılırken grafiti tutması için karışımın içine bir kaşık kadar

yapıştırıcı dökülüp sonra tekrar karıştırmaya devam edilmelidir. Karışım daha sonra yalıtkan bir levha üzerine bir fırça yardımı ile katmanlar halinde sürülmelidir. (Elektrikport.com web sayfası) Aktif karbon veya toz grafit ve sodyum silikat yani cam suyu ile de yapıldığı tespit edilmiştir. (320volt.com web sayfası, 2021) İnternette arama yapıldığında kömür tozundan, grafitten veya diğer karbon içerikli malzemelerden yapılan iletken boyaların yapımı ile ilgili sosyal medya paylaşım sitelerinde çok sayıda içerik bulmak mümkündür.



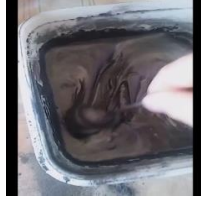
Bu konu ile ilgili literatür ve kaynak taraması projenin sergileneceği son ana kadar yapılacaktır. Bundaki amaç karbon boyaların kullanımının hayata geçirilmesindeki önemidir. Dünyada ise hâlihazırda Hassas Cihaz mühendisliğinde Karbon ve grafitin elektriksel, ısı iletkenlik, mekanik dayanım, kimyasal-yüksek sıcaklık stabilitesi, düşük ısı genleşmesi gibi özellikleri nedeniyle eklemeli veya etkileşimli imalat süreçlerinde karbon Kompozit (Carbomorph-Karbomorf) veya iletken polimer Kompozit kullanılmaktadır. 3B Baskısı için basit, düşük-maliyetli iletken kompozit olan bu malzemelerle ilgili ARGE çalışmalarında devam etmektedir. (Dornfeld, Lee, 2008), (Çelen, 2018), (Leigh ve diğerleri, 2012) Projemizde kullanacağımız 3D yazıcı, PLA (Poliaktirik Asit), ABS (Akrilonitril Büdadien Stiren) Filament çeşitleri ile çalışan bir makinedir. Teknolojik gelişmeler neticesinde iletken olan karbon fiber kompozit elyaf iplikler ve filamentler 3D yazıcılar için üretilip satılmaktadır. Fakat bunların da ithal edildiğini ve çok pahalı olduğunu belirtmekte fayda vardır. (Ticari web sayfaları, 2022)



Projemizde hazırlayacağımız karbon iletken boyayı sıvı halde yazdırmak için filamentle çalışan 3D yazıcıda modifikasyon yapılacaktır. 3D yazıcıların iletken karbon boya kullanarak baskılı (PCB) devre imal edecek duruma getirilecektir. Bunun için 3D yazıcının yazma (Extruder - ekstrüzyon) kafası ve püskürtme /yığıma /dökme (ektrüzyon) nozulu (Nozzle) değiştirilerek sıvı malzemeyi akışkan halde yazdırması sağlanacaktır. Karbon boya ile basılan devre (PCB) kartındaki akım yollarının elektriksel özellikleri test edilerek ölçülecektir. Test ve Ölçme işlemleri Yöntem başlığında açıklanacaktır.

4. Yöntem

Öncelikle karbon boyanın imalatı yapılacaktır. Bu aşamada sırasıyla kömür tozu, odun kömürü tozu, grafit ve grafen malzemeler kullanılarak boya elde edilecektir. Bu işlem adımında kömür ezilerek toz haline getirilip veya hazır toz kullanılarak suyla karışım yapılacaktır.



Hazırlanan karışıma eser miktarlarda yumurta akı katılarak yapışkanlığı ve akışkanlığı ayarlanacaktır. Kıvamı hazır olan boya 5 cm x 2 cm ölçülerindeki yalıtkan plakalara sıra ile önce bir kez, sonra başka bir plakaya 2 kez daha sonrasında ise farklı plakalara 3'ten fazla sürülüp kurutularak ölçme işlemine geçilecektir. Daha sonra bu işlemde karışıma tuz eklenerek akışkan ve kuru haldeki elektriksel iletkenlikleri kontrol dılecektir. Yapışan boyanın mekanik dayanımı ve yapışma kuvveti ölçülecektir. Tuzun sıvı haldeki çözelti ve karışımlardaki elektriksel iletkenliği bilinen ve kullanılan bir yöntemdir. (Erge, 2019). Ölçme işleminde multimetrenin direnç ölçme (ohmmetre) kademesi kullanılarak üretilen karbon materyallerin elektriksel iletkenlikleri (dirençleri) oda sıcaklığında ölçülecektir. Ölçüm sonuçları kullanılan her malzeme için ayrı ayrı yapılarak tablo halinde kayıt altına alınacaktır. Test için kömür tozları, grafit, grafen, hazır karbon mürekkep ve hazır haldeki karbon iletken kompozit elyaf malzemeler kullanılacaktır. Test işleminin devamında akım taşıma kapasiteleri ve termal etkisi ölçülecektir. Bunun için karbon boyalı akım yollarına 5 – 10 Watt arasındaki yükler bağlanarak, DC 0 – 24 V gerilim altında üzerinden akım geçirilecektir. Akım miktarlarına göre termal kamera yardımı ile ısı değişiklikleri gözlemlenip ölçülecektir. Ölçülen değerler bir tabloya kaydedilecektir.

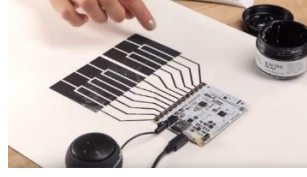


Ayrıca bağlantı terminalleri için temas dirençleri ve iletkenlikleri de aynı yöntemlerle tespit edilip kaydedilecektir. Uygun bulunan karbon boya modifiye edilen 3D yazıcı ile plaka üzerine akım yollarını yığma yaparak basılacaktır. Tüm bu işlemler sonucunda ölçme ve test değerleri analiz edilerek iletken karbon boyaların elektronik baskılı devrelerde kullanılması ve yaygınlaşması için proje çıktıları olarak değerlendirilecektir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Doğal karbon mürekkep ile endüstriyel ölçüde elektronik kartları üretmek günümüzde kullanılmayan bir yöntemdir. Bu projemizin ilk ve en önemli yenilikçi (inovatif) tarafıdır. İletken karbon mürekkepler hazır halde tüplerde gram ağırlıklar halinde satılmaktadır. Bunların 3D yazıcılarda kullanılması yaptığımız araştırmalara göre şimdilik mümkün görünmemektedir. Projemizin hedefi, bakır yerine iletken karbon boyaların 3D yazıcılar başta olmak üzere tüm üretim teknikleriyle PCB elektronik kart baskılı devrelerinde kullanılmasını sağlamaktır. İletkenliği iyi, direnci düşük iletken karbon sıvı boyaların 3D baskı makinelerinde veya diğer katmanlı, eklemeli veya etkileşimli üretim proseslerinde kullanılması projemizin ikincil yenilikçi yönünü oluşturmaktadır. FDM (Fused Deposition

Modeling) Katmanlı Üretim teknolojisine sahip 3D yazıcıların nozul ve extrüder gibi yapısal elemanlarının değiştirilerek (modifiye edilerek), akışkan boyalarla devre kartlarına baskı yapması yenilikçi (inovatif) yönünü pekiştirmektedir.



6. Uygulanabilirlik

Projemiz mevcut 3D yazıcıları iletken karbon mürekkep/boyalarla çalışabilecek donanımsal dönüşüm ve iyileştirmeleri yaparak, elektronik baskılı PCB devre kartlarında bakır yerine iletken karbon boyaları üretmek ve kullanmaktır. Bu dönüşüm ve modifikasyonu yapmak projemizin ticari bir çıktısı olacaktır. Böylece hem ekonomik olan, kolayca temin edilebilen ve yapılabilen iletken karbon boyaları üretmek, hem de bu boyalarla elektronik devre kartlarının imalatında mevcut FDM 3D yazıcıları akışkan yığılması yaptırarak katmanlı üretimde işlevsel hale getirmektir. Projemizin başarısının ticari bir ürüne dönüşmesinin çok güçlü nedenleri bulunmaktadır. Tüm bu iş ve işlemler ticari bir yatırım veya girişimci faaliyeti haline dönüşebilme şansına sahiptir. Elde edilen iletken karbon boyanın elektriksel özelliklerinin yetersiz olması veya 3D yazıcıların modifikasyonun verimli olmaması uygulanabilirliğinin önündeki riskleri oluşturmaktadır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Kullanılacak malzemeler ve maliyetleri:

Kullanılan malzemenin adı	Miktar	Birim Fiyatı	Toplam tutar	Açıklamalar
Muhtelif kömür tozları	3 Kg	35 TL	115,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek
Grafit	1 Kg	175 TL	350,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek

Grafen	1 Kg	570 TL	570,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek
Hazır iletken tüp boya	3 Adet	100 TL	300,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek
3D Yazıcı Extruder (ektrüzyon) modifiyesi	1 Adet	2850 TL	2.850,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek
3D Yazıcı Nozulu (Nozzle) modifiyesi	1 Adet	1670 TL	1.770,00 TL	Mayıs'ta Tedarik edilecek

Toplam Tedarik ve Modifiye Malzeme Maliyeti: 5.955,00 TL

Proje takvimi:

Yapılacak işler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
PDR'nin sunulması	X			
Malzeme Tedarikleri	X	X		
Karbon Boya üretimi		X		
3D Modifikasyonu		X	X	

Baskı devre basımı ve testlerin tamamlanması			X	X
Projenin tüm aşamalarının tamamlanması				X

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemizin hedef kitle elektronik sektörde PCB devre kartı üreten veya bu alanda çalışma yapanlardır. Endüstriyel bir çözüm olması ve ticari ürünler olarak tercih edilmeleri, elektronik devre tasarlayan ve üreten herkesi hedef kitle haline getirmektedir. Devre kartı üretiminde maliyetlerin azaltılması bu sektörde faaliyet gösteren tüm tasarımcıların ve üreticilerin ortak noktalarıdır. Bu nedenle hedef kitlemiz tasarım ve üretim sektörü olacaktır.

9. Riskler

Projemizi olumsuz etkileyen iki büyük riskin olduğunu düşünmekteyiz. Birincisi üretilecek karbon boyanın elektriksel özelliklerinin iyi olmamasıdır. Bu durumda en kötü sonuç ortaya çıkacaktır. Bu riskin B planı ise mevcut ticarileşen iletken karbon boyaların 3D yazıcılarda kullanılması olacaktır. Diğer bir risk ise 3D yazıcının modifikasyonun yeterli olmaması veya verimsiz çalışmasıdır. Böyle bir olumsuz durum karşısında 3D yazıcının sadece 5 eksen otomasyonu kullanılarak yeni bir akıtma sisteminin tasarımı ile proje çıktısı aktive edilecektir. Projemizi olumsuz yönde etkileyebilecek bir başka unsur da satın alınacak yedek parça ve ürünlerin kur farkından dolayı bütçe maliyet tahminlerini aşmasıdır.

Olasılık ve etki matrisi:

	Çok Düşük Risk	Düşük Risk	Orta Risk	Yüksek Risk	Çok yüksek Risk
Malzeme Tedariki			X		
Karbon Boya Üretimi				X	
3D Yazıcı Modifasyonu			X		
Proje Süresinin Yetmemesi		X			

10. Kaynakça

1. Atasoy Kocatüfek, Özlem, (2012), “Baskılı devre kartlarından kıymetli metal geri kazanımında ergitme şartlarının incelenmesi”. Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
2. Çevikel, Banu. (2009). Elektronik atıklardan değerli metal geri kazanımı. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; Sakarya.
3. ROUSIS, K., MOUSTAKAS,K., MALAMIS, S., PAPADOPOULOS,A., LOIZIDOU, M., Multi-criteria analysis for the determination of the best WEEE management scenario in Cyprus., Grece., pp. 1941–1954, 2008
4. Doğan, Kenan (27 Eylül 2006). "PCB (Printed Circuit Board) Yapımı". İTÜ Web. 22 Kasım 2018 tarihinde kaynağından arşivlendi. Erişim tarihi: 19 Kasım 2019
5. YAŞAR, Furkan (2020) “Bakır Sektörü Ekim 2020 Raporu” İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği, 2 Kasım 2020
6. Mitzner, Kraig (2009). Complete PCB Design Using OrCAD Capture and PCB Editor. Burlington, MA, USA: Elsevier, Inc. pp. 9–10. ISBN 978-0-7506-8971-7.
7. Mutlu, 2020, Kıvanç Mutlu, <https://www.defenceturk.net/baskili-devre-karti-pcb-uretim-teknolojileri>
8. Ertuğrul, İ. & Şavlı, A. (2013). ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve Bakır Mamulleri Sanayine Uyarlanması . Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,3(2),223-238Retrievedfrom <https://dergipark.org.tr/en/pub/ckuiibfd/issue/32901/365496>
9. T.C. Dışişleri Bakanlığı Resmi web sayfası. 8 May 2022 01:02:59 <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>
10. https://www.urazelektronik.com/index.php?route=blog/article&article_id=7, <https://www.ozdepcb.com/pcb-nasil-yapilir?.html>
11. MEB (2011), Elektrik Elektronik Teknolojisi , “Lehimleme ve Baskı Devre, 522EE0020” ders kitabı, Ankara.
12. Avouris, Chen ve Perebeinos, (2007); Harris, (2017); Kreupl, (2015) Avouris, P., Chen, Z. ve Perebeinos, V. (2007). Carbon-based electronics-review. pdf, 605–615.
13. Barbera, K., Frusteri, L., Italiano, G., Spadaro, L., Frusteri, F., Perathoner, S. ve Centi, G. (2014). Low - temperature graphitization of amorphous carbon nanospheres. Chinese Journal of Catalysis, 35(6), 869–876. doi:10.1016/S1872-2067(14)60098-X

14. Lee, Paeng ve Kim, 2018; Lee, H., Paeng, K. ve Kim, I. S. (2018). A review of doping modulation in graphene. *Synthetic Metals*, 244(July), 36–47. doi:10.1016/j.synthmet.2018.07.001
15. Semple, J., Georgiadou, D. G., Wyatt-Moon, G., Gelinck, G. ve Anthopoulos, T. D. (2017). Flexible diodes for radio frequency (RF) electronics: A materials perspective. *Semiconductor Science and Technology*, 32(12). doi:10.1088/1361-6641/aa89ce
16. MTA Genel Müdürlüğü web sayfası. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/grafit#:~:text=%C3%96zellikleri%20nedeni%20ile%2C%20grafitin%20kullan%C4%B1m,ve%20laboratuvar%20malzemeleri%20imalinde%20kullan%C4%B1%C4%B1r.>
17. Yıldırım, Ö. S. & Saraç, M. S. (2004). KÖMÜRLERİN ELEKTRİKSEL DİRENÇ VE KAPASİTELERİNİN ÖLÇÜMÜ . *Bilimsel Madencilik Dergisi* , 43 (2) , 3-10 . Retrieved from <http://www.mining.org.tr/tr/pub/issue/32507/361269>
18. Web sayfası, <https://www.elektrikport.com/makale-detay/kendin-yap-projeleri-elektrikli-boya-yapimi/16776#ad-image-0>
19. Web sayfası, <https://320volt.com/iletken-boya-yapimi//> 11.09.2021
20. Dornfeld D., Lee D.E., "Precision Manufacturing", Springer Verlag, 2008
21. Çelen S., Dijital Endüstri Mimarisinin Siyah Tuğlaları: 3 Boyutlu Karbon Elektronik Cihazlar, 3rd International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2018, 19-21 April 2018, Antalya, Turkey, Sayfa 514-521, 2018
22. Leigh S.J., Bradley R.J., Pursell C.P., Billson D.R., Hutchins D.A., A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors., *PLoS ONE*, 7,(11), e49365, 2012. doi:10.1371/journal.pone.0049365
23. Ticari web sayfası, (2022), <http://m.tr.emfshieldfabric.com/conductive-yarn/carbon-yarn/carbon-conductive-yarn.html>,
24. <https://turkish.alibaba.com/product-detail/conductive-carbon-fiber-nylon-filaments-60d-9f-intermingling-black-polyester-dty-200d-filaments-yarn-for-electrical-industry-1600057605619.html>,
25. Erge, H. (2019). NaBr-Ba(H₂PO₂)₂-H₂O Su-Tuz Sistemindeki İletkenliğin 273,15 ve 298,15 K’de İncelenmesi . *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 8 (4) , 1281-1287 . DOI: 10.17798/bitlisfen.635483