

Okan Üniversitesi MYO

MUTK116

HAVA ARACI ELEKTRONİK ALETLERİ VE DİJİTAL TEKNİKLER

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 6

# MUTK108

## Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

- **Web Sayfası:** [okanuni.eren.xyz](http://okanuni.eren.xyz)
- **Ders Notları:** Sunum Dosyaları + Önerilen Kaynaklar
- **İletişim:** E-Posta >>> [eren.kayaoglu@okan.edu.tr](mailto:eren.kayaoglu@okan.edu.tr)

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

# MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

## Elektrostatik

- Statik Elektrik
- ESD
- Anti-Statik
- Topraklama
- ESD Kazaları

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

*Elektrostatik Hassas Cihazlar - Antistatik Koruma*



# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

Statik Elektrik

# Elektrik

- Tüm maddeler atomlardan meydana gelmiştir. Bir atomun merkezinde çekirdeği vardır. Çekirdeğinde pozitif yüklü protonları ve yüksüz nötronları bulunur. Atom çekirdeğinin etrafında negatif yüklü elektronları vardır.
- Nötr bir atomda elektron sayısı proton sayısına eşittir. Atomdaki proton sayısı elektron sayısına eşit olduğunda atom elektriksel olarak yüksüzdür. Bir atom elektron verirse negatif yük sayısı azalacağından pozitif yüklü olur. Elektron alırsa da negatif yük artacağından negatif yüklü olur.
- Pozitif veya negatif yüklü atomlara ise iyon denmektedir. İyonlardan pozitif yüklü olanlara katyon, negatif yüklü olanlara ise anyon denir.
- Elektrik, elektrik yüküne sahip maddenin varlığı ve hareketiyle ilişkili fiziksel olgular kümesidir. Elektrik, Maxwell denklemlerinde tanımlandığı gibi, her ikisi de elektromanyetizma olgusunun bir parçası olan manyetizma ile ilişkilidir. Yaygın olgular, yıldırım, **statik elektrik**, elektrik ısıtması, elektrik deşarjları ve daha birçoğu dahil olmak üzere elektrikle ilişkilidir.

**S**tatik elektrik (veya durgun elektrik), dingin haldeki elektriği belirtir ve çevresindeki maddelerle etkileşen malzemenin yüzeyindeki elektriksel dengesizliktir. Bir atom ya da molekül elektron kaybettiğinde veya kazandığında bu dengesizlik oluşmaktadır. Normalde atomda proton ve elektron sayısı birbirine eşittir ama elektronlar kolayca bir atomdan diğerine geçebilmektedir.

Statik elektrik, tabiatta birbirinden farklı veya aynı, iletken veya yalıtkan iki maddenin temas etmesi ve sonra ayrılması veya sürtünme meydana getirmesi sebebiyle kendiliğinden oluşur. Birbirleriyle temas halinde olan maddeler arasında, temas yüzeyi boyunca elektron transferi olur. Bu sınır tabakasının elektriksel karakteristiği, her iki temas halindeki maddelerin karakteristiklerinden farklıdır. Eğer bu iki madde birbirinden ayrılırsa, sınır tabakası ortadan kalkar ve neticesinde bir tanesinde elektron fazlalığı (negatif yüklenme) ve ötekisinde ise elektron azlığı (pozitif yüklenme) meydana gelir. Haliyle bu iki ayrı yük birbirlerini çekerler ve arada bulunan hava gibi yalıtkan olan bir tabaka boyunca ark (kıvılcım) yaparak deşarj olmak ve yük farklılığını dengelemek isterler. İşte bu ark teşekkülü bazı ortamlarda çok tehlikeli olabilir.

Statik terimi nispi bir kavram olup, zamana bağlı olarak statik elektrik (şarj) yavaş bir şekilde azalır. Zamanın uzunluğu malzemenin direncine bağlıdır. Bu malzemelere örnek plastik ve demirdir. Plastik'in elektrik direnci çok yüksek olduğu için uzun süre statik elektriği tutabilir.

Demir ise düşük elektrik direnci sebebiyle fark edilmeyecek kadar kısa bir süre üzerinde şarj tutar. Malzeme üzerinde biriken statik elektrik iki faktöre bağlıdır:

- 1- Malzeme �zerindeki şarj miktarı*
- 2- Malzemenin kapasitif değeri*

Bu faktörleri ilişkilendirirsek ortaya basit olarak;

$Q = CV$  formülü çıkmaktadır.

$Q$ : Şarj

$C$ : Kapasite

$V$ : Yüklenen gerilim

Böylece düşük kapasitif özellikli bir malzemeye uygulanacak şarj, yüksek voltajlar oluşmasına neden olacaktır. Plastik düşük kapasitif özellikli bir malzeme olduğu için az bir şarj ile yüksek voltajlar üretebilmektedir.

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

ESD

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

- ❖ Elektrostatik Boşalma (ESD, ElectroStatic Discharge), farklı elektriksel yüke sahip iki nesnenin birbirine yaklaşması veya temasıyla oluşan çok hızlı elektrik akışıdır.
- ❖ Nesnenin yüklü olmasının yanında yükleri ayrılmış, kutuplaşmış cisimler de ESD'nin kaynağı olabilir.
- ❖ ESD'nin nedeni, statik elektrik yüküdür.
- ❖ Belirli bir kutbilyete sahip nesnede elektrik potansiyel olarak beklemektedir, durağandır.
- ❖ Farklı potansiyelde bir nesne ile temas durumunda, statik haldeki yükler bir nesneden diğerine akmaya başlar ve buna "*boşalma*" (deşarj) denir.

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

- ❖ Eğer potansiyel farkı çok yüksekse, boşalma işleminin başlaması için temas gerekmez.
- ❖ İçinde bulunulan ortama göre (genel olarak havayı değerlendirebiliriz), yeterli mesafeye yaklaşmaları durumunda (hava için 30 kV'ta 1 cm mesafe) nesnelere arasındaki ortam yalıtkanlığını kaybeder ve ilettime geçer.
- ❖ Buna “elektiriksel delinme” (breakdown) denir.
- ❖ Aslında gerçekleşen şey, nesnelere arasında oluşan elektrik alanının mesafeyle ters orantılı olarak artması ve delinmeye neden olmasıdır.

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

*Saçı sürtünen tarak, kazağı sürtünen balon...!*

**Peki ESD'nin kaynağı olan *statik elektrik* nasıl oluşur?**

En yaygın bilinen şekli kazağı sürtünen balonun, saçı sürtünen tarağın elektrik yüklenmesi

Üzerimizden çıkarmakta olduğumuz kazağın da çıtırtılar çıkardığını yaşamışızdır.

“Triboelektrik” de denilen, farklı kimyasal yapıdaki malzemelerin bir nevi temasla yüklenmesi.

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

**Peki ESD'nin kaynağı olan *statik elektrik* nasıl oluşur?**

İki nesnenin birbirine temas ettirilip ayrıldıktan sonra birinin negatif diğerinin pozitif yüklenmesi olarak açıklayabiliriz.

Yüksek elektrik alan altında yüklerin ayrışması da ESD için kaynak zemin oluşturur.

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

**Peki ESD'nin kaynağı olan *statik elektrik* nasıl oluşur?**

- ✧ Aslında gündelik hayatımızda ESD ile hepimiz tanışıyoruz.
- ✧ Halı kaplı bir zeminde yürüdükten sonra elimizi kapı koluna attığımızda duyduğumuz “çıt” sesi ve sonrasında irkilme tepkimiz.
- ✧ Aynı şeyi bazen arabadan çıktıktan sonra arabanın iletken gövdesine dokunduğumuzda da yaşarız, veya koşu bandında koşarken metal olan yan kolları tuttuğumuz zaman..



Şekil 1.1: Yükün boşalması

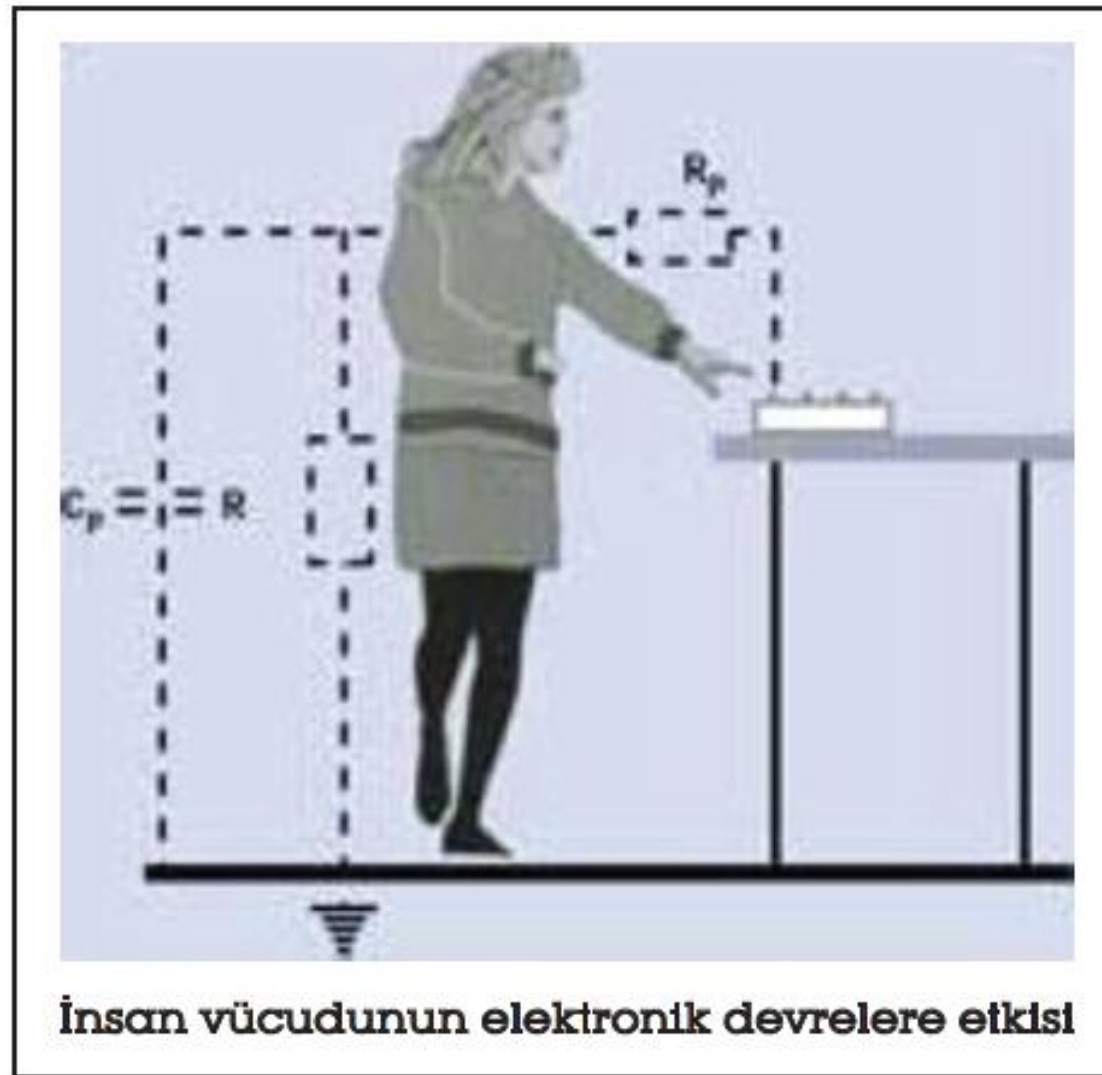
# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

## **Peki ESD'nin kaynağı olan *statik elektrik* nasıl oluşur?**

- ❖ Olayın gerçekleşme şekli yukarıda özetlediğim bilgiden anlaşılabilir.
- ❖ Ayakkabımızın halıya sürtünmesiyle veya kıyafetlerimizin arabanın koltuğuna temasıyla statik elektrik yüklenmiş oluruz, ve durağan halde vücudumuzda bulunan bu yükler bir iletken ortam bulduklarında (arabanın kaportası, kapının kolu, koşu bandının tutacakları), hızla o nesneye akarlar.
- ❖ Duyacağımız sesin veya karanlık bir ortamdaysak göreceğimiz ışığın şiddeti yüklenme miktarımıza bağlıdır.

# Eyvah...Çarpıldım..!

- ✧ Bu özetlediklerimizden sonra “çıt” sesi ve irkilme tepkimiz sonrası ilk kurduğumuz cümlelerin, “Çarpıldım..!”, yanlış olduğunu anlamış oluyoruz.
- ✧ Aslında yaşadığımız sadece vücudumuzdaki elektrik yüklerinin boşalması.
- ✧ ESD konusunda bize tanıdık diğer olgu **yıldırım ve şimşek...**
- ✧ Statik olarak yüklenmiş olan bulutların kendi aralarında veya yeryüzü (toprak) ile meydana getirdikleri yük alışverişi, yani boşalma.
- ✧ Sadece biriken yük miktarıyla doğru orantılı olarak vücudumuzda yaşadığımızın çok daha şiddetlisi.
- ✧ İnsan vücudunda statik halde bulunan elektrik yükü potansiyeli 20 – 30 bin volt mertebelerindedir.
- ✧ **Yıldırımında bu rakamların yüzlerce milyon volt olduğunu bilmekte fayda var.**



**İnsan vücudunun elektronik devrelere etkisi**

İnsan vücudu elektrostatik potansiyeli 3500 volta kadar bir şeyler hissetmeye başlar, 4500 volta kadar işitir, 5000 volt ve yukarısını görür. Binlerce volt yüklenen insanlar farkına varmadan elektronik aletlere zarar verebilir.

# Elektrostatik Boşalma-ESD Nedir?

Gündelik hayatta yaşadığımız ESD insan sağlığı için bir tehdit oluşturmasa da özellikle duyarlı elektronik cihazlar için önlem alınması gereken bir arıza kaynağıdır.

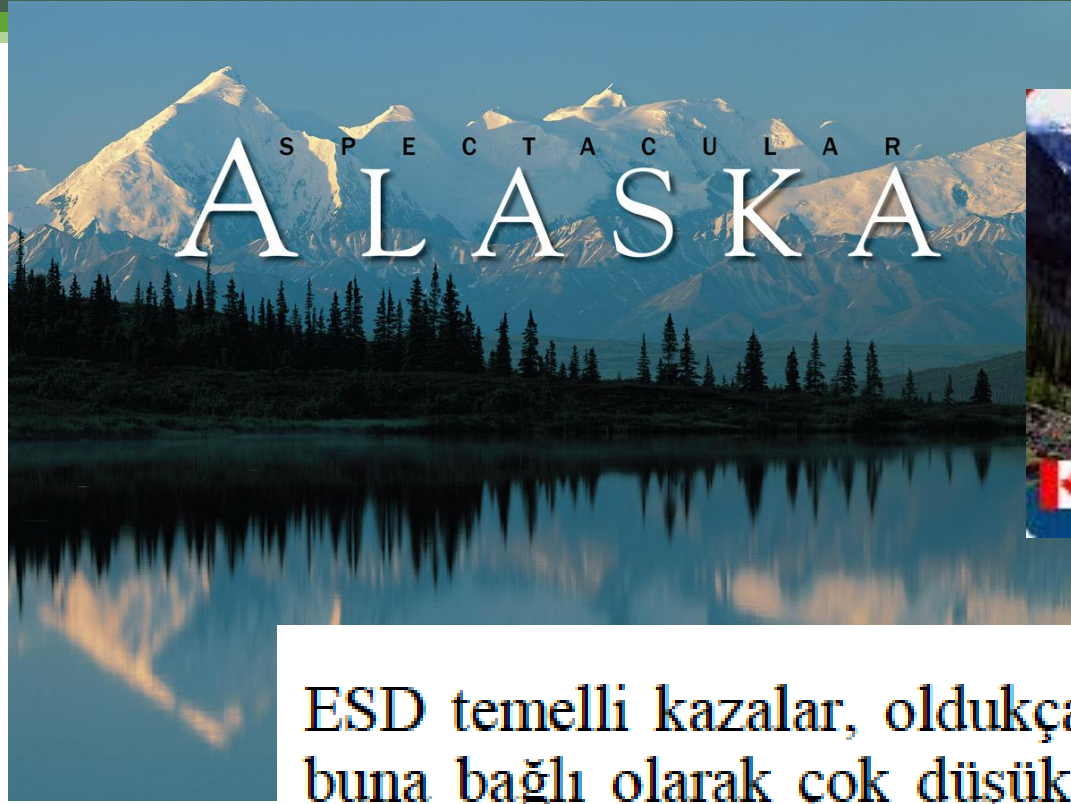
Milivoltlar mertebesinde gerilimlerle çalışan elektronik devrelerin kilovoltlar mertebesindeki gerilimler karşısında bağışıklığını koruma için çeşitli önlemler almak gerekir.

ESD sonucu karşılaşılan bozucu etki, bir cihaz ekrandaki basit bir bozulma gibi, bir patlayıcı savaş düzeneğini hatalı ateşleme nedeni de olabilir.

Alev alması veya patlaması için bir küçük kıvılcımın yeterli olduğu yanıcı-patlayıcı maddelerin bulunduğu ortamda parmağımızın ucundan kapı koluna oluşan ESD'nin önemi daha net anlaşılabilir...

✧ Oluşan voltaj değeri ne kadar büyükse, ilgili elektrostatik yük boşalımı o derece hissedilebilir olmaktadır.

- 3,500 Volt'tan büyük voltajların sebep olduğu yük boşalmaları, acı yoluyla hissedilebilir.
- 5,000 Volt'tan büyük voltajların sebep olduğu yük boşalmalarının çıkardığı ses duyulabilir.
- 8,000 Volt'tan büyük voltajların sebep olduğu yük boşalmalarının çıkardığı arklar görülebilir [6].



ESD temelli kazalar, oldukça soğuk ve rutubetin de buna bağlı olarak çok düşük olduğu ortamlarda çok daha yaygın olarak görülmektedir. Özellikle Alaska (A.B.D.) ve Alberta (Kanada) gibi soğuk ve rutubetsiz bölgelerdeki büyük sanayi kuruluşlarında meydana gelen olaylar, 1950'li yıllardan bu yana bilim camiasının dikkatini bu gibi kazalara ve bunlara dair önlemler oluşturulmasına yönlendirmiştir.

<b>Statik Elektriği Oluşturan Faktörler</b>	<b>Voltaj Seviyeleri</b>	
	<b>%10-20 bağıl nem</b>	<b>%65-90 bağıl nem</b>
Halı üzerinde yürümek	35000 V	1500 V
Masa üzerinde plastik kapların itilip çekilmesi	20000 V	1200V
Poliüretanla kaplı sandalyede çalışmak	18000 V	1500 V
Plastik zeminde yürümek	12000 V	250 V
Tezgâhta veya masada çalışmak	6000 V	500 V

**Tablo 1.1: Günlük aktivitelerde statik elektriği oluşturan faktörler ve voltaj seviyeleri**

# ELEKTROSTATİK HASSAS CİHAZLAR

- **ESD den etkilenen ekipmanlar;**

- ✓ transistörler,

- ✓ diyotlar,

- ✓ laser diyotları,

- ✓ elektro-optik cihazlar,

- ✓ hassas film rezistörleri,

- ✓ ince ve kalın film rezistörleri,

- ✓ kapasitörler,

- ✓ farklı yarı iletkenler, mikro devreler, hibrid cihazlar,

- ✓ piezoelektrik kristalleri ve

hatta daha komplike entegrasyonlu devre cihazları olarak sıralayabiliriz ve ESD ortamından rahatlıkla etkilenebilen elemanlar olarak gösterebiliriz.

Elektronik devre elemanlarının duyarlılık eşiği voltajları tabloda gösterilmiştir.

<b>ELEMAN ADI</b>	<b>BOZULMA VOLTAJI(VOLT)</b>	<b>ELEMAN ADI</b>	<b>BOZULMA VOLTAJI(VOLT)</b>
<b>MOSFET</b>	100	<b>SHOTTKY DİYOT</b>	300
<b>EPROM</b>	100	<b>DÜŞÜK GÜÇLÜ BJT</b>	370
<b>JFET</b>	150	<b>FİLM DİRENÇ</b>	300
<b>OP-AMP</b>	180	<b>LASER DİYOT</b>	180
<b>CMOS</b>	250	<b>SCR</b>	680

**Tablo 1.2: Bazı elektronik devre elemanlarının bozulabileceği eşik voltaj değerleri**

- ❑ Elektronik endüstrisindeki gelişmeler hızla devam ederken beraberinde birçok sorunu da birlikte getirmektedir.
- ❑ Bu sorunların en **önemlisi** ESD' dir. ESD' nin verdiği hasarlar hiç de küçümsenecek gibi değildir.
- ❑ Bu hasarların elektronik malzemelerde %25, çalışan cihazlarda %50 oranında ESD kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.
- ❑ Dünyadaki ESD arızalarının günümüze kadar maliyeti 25 trilyon dolar civarında olduğu dikkate alınır, ileri teknoloji imalatı yapan ve kullanılan her yerde ESD önlemi almanın zorunluluğu kaçınılmazdır.
- ❑ Uçak bakım ve üretim tesisleri, yoğun bakım üniteleri, radar kontrol birimleri, emar ve röntgen odaları, matbaalar, ameliyathaneler, bilgi işlem merkezleri, ilaç sanayi, elektrik elektronik imalat montaj ve test birimleri gibi yerler örnek gösterilebilir.

Deşarjların önlenmesi için alınması gereken önlemler birçok standartla açıkça belirgin hale getirilmiştir. Bu önlemlerin çoğunda esas olarak Elektrostatik Koruma Alanı (EPA) uygulaması kullanılmaktadır. Temel olarak bu sistem ESD oluşumuna olanak tanıyabilecek hassasiyetteki devrelerde yüksek yüklerle yüklemeye olanak veren elemanların kullanılmamasıyla gerçekleştirilir. Bu da elektronik elemanların topraklanması ya da bu parçalar üzerinde çalışan kişilerin elektrostatik deşarjı önleyecek tarzda önlemleri almasıyla mümkün olmaktadır.

ESD'nin verdiği zararlar;

*-Yüksek maliyet,*

*-Düşük kaliteli ürün,*

*-Özellikle kritik zamanlarda ortaya çıkan cihazın çalışmaması, olarak sıralanabilir.*

Eğer elektro statik deşarjdan cihaz ve sistemler çok düşük bir maliyetle korunmuş olursa, bakım onarım, parça iş gücü ve zaman maliyetlerinden tasarruf edilmiş olacaktır.

Uçaklarda, kabinde oluşan statik elektrik uçuş güvenliğini tehdit etmektedir. Bazen 15000 volta çıkan statik elektrik yolculara büyük zarar verebilir. Ayrıca elektronik aletlerin bozulmasına sebep olabilir. Kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar veya kabindeki kişisel ekranlar çok sık statik elektrik nedeniyle arıza yapmaktadır. Yapılan araştırmalarda, çok uzun menzilli uçuşlarda, dijital yolcu kontrol ünitesinde, değişik uçak tiplerinde 5000–10000 volt civarında statik elektrik görülmüştür. Uzun menzilli uçuşlarda yolcular üzerinde yaklaşık 15000 volt statik yük birikebilir.

Uçakların dış yüzeylerinde de bulutlardan ve hava zerreciklerinden dolayı statik elektrik yükü oluşur. Bu yükün deşarj edilmesi için uçaklarda deşarj püskülleri bulunur. Ayrıca uçaklar yakıt ikmali sırasında da topraklama yapılarak ESD koruma önlemi alınır.

# Elektrostatik Hassas Cihazlar

Farklı yüklere sahip iki madde birbirine yaklaştırıldığında veya sürtüldüğünde bir maddeden diğerine elektron akışı olur. Bu akıma **elektrostatik deşarj (ESD) denir.**

Statik yükler; iletken maddeler ve iletken olmayan maddeler üzerinde olabileceği gibi insanlar üzerinde de oluşabilir. İnsan vücudu bir direnç olduğu kadar aynı zamanda bir kondansatördür. İnsanlar; yürümeleeri esnasındaki sürtünmelerden, araçlara inip binerken, masada çalışırken vb. günlük aktiviteleri sırasında (+) veya (-) elektrik yükü ile yüklenirler. Çoğu insan günlük hayatta tokalaşırken, kapı koluna dokunduğunda çarpılma hissi yaşamıştır. İşte bu durum, insan üzerinde biriken elektrostatik yükün boşalmasıdır ( deşarj).

# Elektrostatik Hassas Cihazlar

- Ortamin nem oranı arttıkça yüklenen voltaj seviyesi düşmektedir. Yani nem oranı düşük ortamlarda (kuru ortamlar) daha çok statik yük birikmesi olur. Ayrıca hızlı hareketler (koşma gibi) esd" de artış meydana getirir.

Statik Elektrigi Oluşturan Faktörler	Voltaj Seviyeleri	
	%10-20 bağıl nem	%65-90 bağıl nem
Halı üzerinde yürümek	35000 V	1500 V
Masa üzerinde plastik kapların itilip çekilmesi	20000 V	1200V
Poliüretanla kaplı sandalyede çalışmak	18000 V	1500 V
Plastik zeminde yürümek	12000 V	250 V
Tezgâhta veya masada çalışmak	6000 V	500 V

Tablo 1.1: Günlük aktivitelerde statik elektrigi oluşturan faktörler ve voltaj seviyeleri

# Elektrostatik Hassas Cihazlar

- Bilim adamlarına göre tüm elektronik malzeme arızalarının %25'i, çalışan cihaz arızalarının %50'si esd'nin verdiği hasardan oluşmaktadır.
- Esd; üretim, montaj, test ve kontrol, paketlenme, yükleme, depolama, taşıma, onarım ve kullanım sırasında oluşabilir.
- İnsanlar yaklaşık olarak 3000 voltluk elektrostatik deşarjı hissedebilirler. 3000 voltun altındaki esd'yi insanlar hissetmezler ve elektronik ekipmanla temas ettikleri zaman bu yükleri hiç hissetmeseler bile, ekipmana transfer ederler. Çok küçük seviyedeki boşalma elektronik ekipmanlara çok büyük zarar verir. Esd'ye duyarlı malzemelerin zarar göreceği en küçük boşalma değeri ise 10 volttur.

# Elektrostatik Hassas Cihazlar

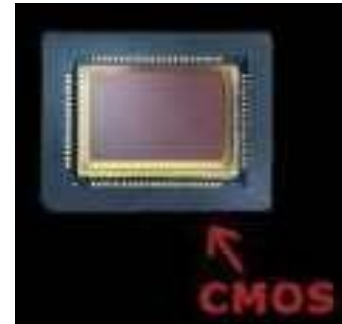
- Bu zarar hemen tespit edilebildiği gibi kullanım sırasında da ortaya çıkabilir. Bu zararın tespit edilmesi çoğu zaman imkânsızdır. Ancak bir elektron mikroskobu ile incelenirse fark edilebilir.
- Tek bir elemanın bozulması küçük bir sorun gibi gözükse de bu elemanın kullanıldığı cihazın çalışmaması, arıza tespiti için geçen süre ve arıza tespitinin zorluğu gibi etmenler düşünöldüğünde bu zararın maliyetinin çok büyük boyutlara ulaşacağını söylemek yanlış olmaz.
- Dünyadaki esd arızalarının maliyeti 25 trilyon dolardan fazladır. İleri teknoloji imalatı yapan ve kullanılan her yerde esd önlemi almak gerekmektedir.

# Elektrostatik Hassas Cihazlar

- ESD in verdiği zararlar;
  - yüksek maliyet,
  - düşük kaliteli ürün,
  - özellikle kritik zamanlarda ortaya çıkan cihazın çalışmaması, olarak sıralanabilir.

ELEMAN ADI	BOZULMA VOLTAJI(VOLT)	ELEMAN ADI	BOZULMA VOLTAJI(VOLT)
MOSFET	100	SHOTKY DİYOT	300
EPROM	100	DÜŞÜK GÜÇLÜ BJT	370
JFET	150	FİLM DİRENÇ	300
OP-AMP	180	LASER DİYOT	180
CMOS	250	SCR	680

Tablo 1.2: Bazı elektronik devre elemanlarının bozulabileceği eşik voltaj değerleri



# Elektrostatik Hassas Cihazlar

- Havacılıkta kullanılan elektronik cihazların maliyeti çok yüksektir. Havacılık kullanılan elektronik cihazlar Avionik olarak isimlendirilmektedir. Avionik kelimesi aviation ve electronic kelimelerinin birleşiminden meydana gelmektedir. Yani havacılık elektroniği anlamına gelmektedir. Oldukça hassas cihazları barındıran uçaklarda; kabinde oluşan statik elektrik uçuş güvenliğini tehdit etmektedir. Bazen 15000 volta çıkan statik elektrik yolculara büyük zarar verebilir. Ayrıca elektronik aletlerin bozulmasına sebep olabilir. Kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar veya kabindeki kişisel ekranlar çok sık statik elektrik nedeniyle arıza yapmaktadır.
- Uçakların dış yüzeylerinde de bulutlardan ve hava zerreciklerinden dolayı statik elektrik yükü oluşur. Bu yükün deşarj edilmesi için uçaklarda deşarj püskülleri bulunur. Ayrıca uçaklar yakıt ikmali sırasında da topraklama yapılarak esd koruma önlemi alınır.

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

ANTİSTATİK

# ANTİSTATİK

Statik elektriğin oluşmasını ve elektronik devre elemanlarının zarar görmesini önleyen dağıtıcı, iletken malzemelerden oluşan ekipmanlar ve tedbirlerdir.

İnsan vücudu elektrostatik potansiyel 3500 volta kadar bir şeyler hissetmeye başlar, 4500 volta kadar işitir, 5000 volt ve yukarısını görür.

Binlerce volt yüklenen insanlar farkına varmadan elektronik aletlere zarar verebilir, bir elektronik aletin imalatından, nakliyesine, paketlenmesinden, depolanmasına, çalıştırılmasında yada tamir devam ederken elektronik aletleri korumak maksadıyla antistatik tedbirlerin alınması gereklidir.yapılan araştırmalarda nemli ortamların statik enerji oluşumunu önemli ölçüde azalttığı saptanmış, ortamı nemli kılmak için ionizer cihazları kullanılmıştır,

Ancak bu defada elektronik malzemeler kısmen korunurken insanlarda astım, bronşit ve kalp hastalıklarına rastlanmıştır.

Başka tedbirler düşünölmüş ve antistatik malzemeler oluşturulmuştur.

Elektronik aletleri korumak maksadıyla oluşturulan antistatik ekipmanlar hızlı boşalma sağlamamalı, belli bir alan direnci oluşturulmalıdır ve ani deşarjla insan sağlığının zarara uğramaması maksadı ile, dereceli olarak iletim ortamı sağlanmalıdır.

- Alan direnci  $10^3$  ve altındaki iletkenler çok hızlı deşarj sağlarlar.
- Alan direnci  $10^4$ - $10^5$  arasındakiler hızlı deşarj sağlayan materyallerdir, bunlar tavsiye edilmezler.
- Alan direnci  $10^6$ - $10^{12}$  arasında olan materyaller gerçek antistatik materyallerdir bunlar yavaş yavaş deşarj ettiklerinden malzemelere zarar vermedikleri gibi insanı da korurlar.
- Alan direnci  $10^{12}$  den büyük olan materyaller yalıtkandır ve kullanılmazlar.
- Alan dirençleri, en iyi şekilde alan direnci ölçü aletleriyle ölçölür.
- Antistatik Malzemeler (statik dissipative)

# Anti-Statik Koruma Üniteleri

- İnsanların almış oldukları statik elektrik hem sağlıklarına hem de kullanmış oldukları elektronik cihazlara zarar vermektedir. Esd'ye karşı koruma amaçlı birçok malzeme vardır. Bu malzemelerin tümü Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CELENEC) ve Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) belirlediği standartlara göre imal edilirler.

Antistatik malzemeler yalıtkan olamayacağı gibi tam iletken de olmamalıdır. İletkenlerin alan direnci  $10^4$ - $10^5$  ohm arasındadır ve hızlı deşarj sağlarlar, yalıtkanların alan direnci  $10^{12}$  ohmdan büyüktür ve tam bir statik yük oluşturma kaynağıdır. Bu malzemelerin tam arasında kalan, alan direnci  $10^6$ - $10^{12}$  ohm olan ve istenilen özellikleri sağlayan malzemelere; ANTİSTATİK malzemeler denir. Antistatik malzemeler statik elektriğin oluşmasını engelleyerek elektronik devre elemanlarının ve cihazların zarar görmesini önleyen malzemelerdir. Antistatik ekipmanlar hızlı deşarj olmamalı, belli bir alan direnci oluşturmalı ve dereceli olarak iletim ortamı sağlanmalıdır.

# Uyarı etiketleri

- Cihazların, elemanların kullanacak veya taşıyacak kişi tarafından ESD duyarlı olduğunun anlaşılabilmesi için kullanılırlar. Ayrıca, ESD duyarlı alanlarda da uyarı etiket ve levhaları kullanılır.



## Uyarı Etiketleri

- Statik elektriğe karşı duyarlı donanım cihazlarının üzerine aşağıdaki gibi bir uyarı etiketi, üretici firma tarafından yapıştırılır.

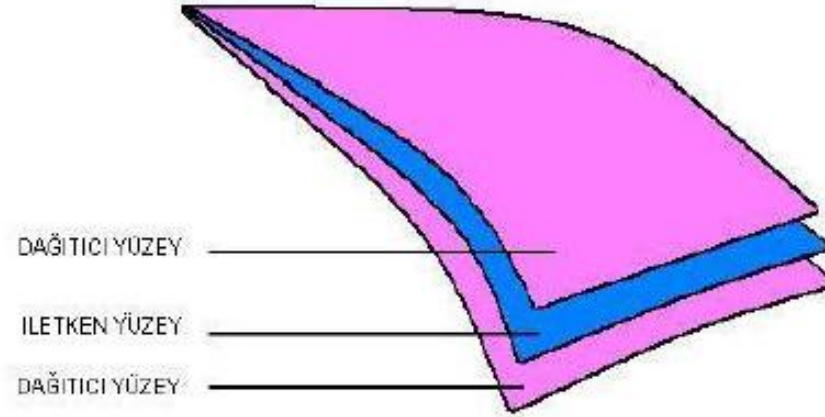


# Antistatik ve İletken Poşetler

- Statik elektrikten etkilenebilecek her türlü elektronik aletin taşınması ve depolanması esnasında kullanılır. Değişik tür ve ebatları vardır. Metalik poşetler, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler. 3 katmanlıdır; dağıtıcı yüzey, iletken yüzey, dağıtıcı yüzey.
- Pembe poşetler; statik elektriğin dağıtımını sağlar, tek katmanlıdır. Siyah poşetler; tek katmanlıdır ve iletken ortam sağlar. Elektromanyetik dalgalar iletken ortamlardan geçemezler ve böylece manyetik hafıza barındıran sistemler korunmuş olur. İletken poşetler manyetik alandan bozulabilecek disket vb. Malzemelerin taşınması için ideal malzemelerdir. Neme karşı korumalı olanları da olup birçok çeşidi bulunur. Tüm poşetlerde antistatik uyarı işareti, üretim tarihi ve raf ömrü ile üreten firma işareti olması gerekmektedir.

## Antistatik ve İletken Poşetler

Statik elektrikten etkilenebilecek her türlü elektronik aletin taşınması ve depolanması esnasında kullanılır. Değişik tür ve ebatları vardır. Metalik poşetler, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler. 3 katmanlıdır; dağıtıcı yüzey, iletken yüzey, dağıtıcı yüzey.



Şekil 1. 3: ESD poşeti

## Antistatik ve İletken Poşetler



Resim 1.2: Antistatik poşetler

METALİK POŞETLER, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler, 3 katmanlıdır, dağıtıcı, iletken, dağıtıcı.

PEMBE POŞETLER, bu poşetler statik elektriğin dağıtımını sağlar. tek katmanlıdır.

SİYAH POŞETLER. tek katmanlıdır. iletken ortam sağlar.

tüm poşetlerde antistatik uyarı işareti, üretim tarihi, ve raf ömrü ile üreten firma işareti olması gerekmektedir.

# Ambalaj Köpükleri

- Ambalajlamada ve elektronik komponentlerin taşınması ve muhafazasında kullanılır. Elektronik elemanlar köpüklerin üzerine batırılarak muhafaza edilir.



Resim 1.3: Ambalaj köpükleri

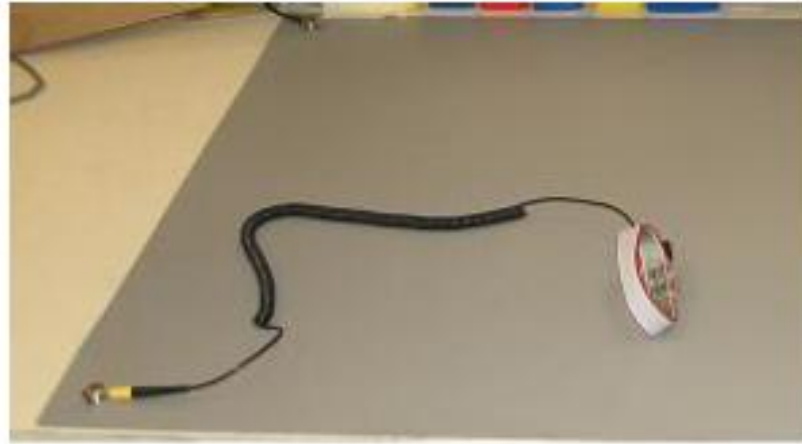
# Masa Örtüleri ve Kaplamaları

- Tek, iki veya üç katmanlı olup; tek katmanlı bir dağıtıcı yüzeyden, iki katmanlı dağıtıcı yüzey ve iletken tabakadan, üç katmanlı dağıtıcı yüzey+iletken yüzey+dağıtıcı yüzey şeklinde imal edilirler. Sıcak lehim ve kimyasallara karşı dayanıklı olmalıdır. Masa örtülerinin toprak bağlantıları **en az ayda bir** kez kontrol edilmelidir.



# Masa Örtüleri/Kaplamaları

Antistatik ve iletken çeşitleri vardır. Tek, iki veya üç katmanlı olup; tek katmanlı bir dağıtıcı yüzeyden, iki katmanlı dağıtıcı yüzey ve iletken tabakadan, üç katmanlı dağıtıcı yüzey+iletken yüzey+dağıtıcı yüzey şeklinde imal edilirler. Sıcak lehim ve kimyasallara karşı dayanıklı olmalıdır. Masa örtüleri ve kaplamaların standartlara uygun olarak imal edilmesi gerekir. Masa örtüleri ve kaplamaların standart direnç değerleri  $R_g = 10^4 - 10^9 \Omega$  /  $R_g = 7,5 \times 10^6 \Omega - 3,5 \times 10^9 \Omega$  olmalıdır.



Resim 1.4: ESD masa örtüsü

# Anti statik bileklik

- Tekstil dokuma ve metal olarak imal edilir. Özellikle hassas elektronik aletlerle çalışan kişilerin topraklanmasında kullanılır. Kişisel topraklama bilekliğini sürekli takılı bulundurulmalı ve bileklikler daima çıplak bileğe takılmalıdır. Bilekliklerin bağlantı noktaları topraklanmalıdır.

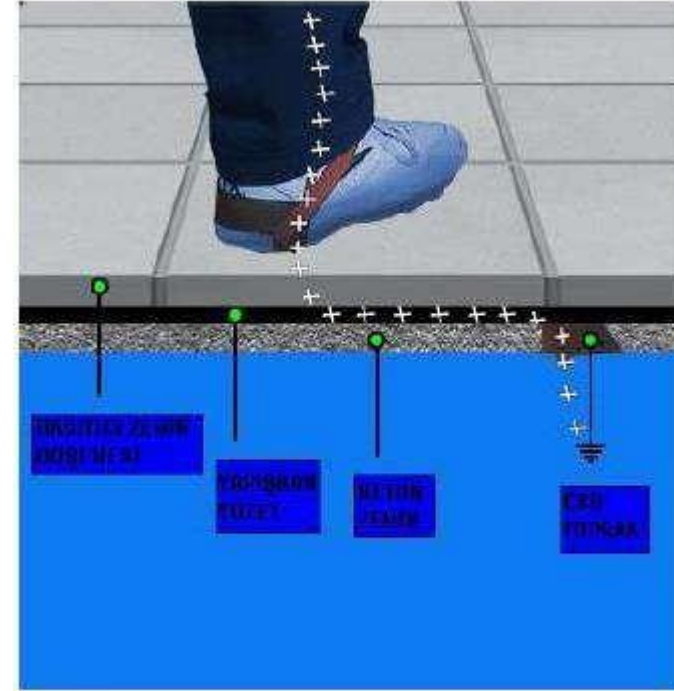


# Antistatik Ayakkabı, Topuk Bantı ve Önlük

- Antistatik ayakkabılar, statik yüklerin dağıtılması yoluyla, statik elektrik yüklerinin en aza indirilmesinin gerekli olduğu ortamlarda (yanıcı ve parlayıcı ortamlar gibi) kullanılır. Vücuttaki biriken statik elektriği, iletken veya antistatik zeminden boşaltmaya yararlar.
- Antistatik ayakkabıya alternatif olarak, çalışanların ve ziyaretçilerin kendi ayakkabılarını kullanarak vücutlarındaki statik elektriği anti statik zemin üzerinden topraklanmalarını sağlar.
- Genellikle önlükler %89 polyester, %11 karbon alaşımıdır. Karbon yedirilmiş kumaş, elektriğin iletkenliğini sağlar. Dışarıdan ya da kıyafetlerin oluşturacağı statik yüklenmeyi önler. Tek katmanlı ve iletken olmaları gerekmektedir. Bileklikle de bağlanabilecek şekilde olanları da vardır.

## Antistatik Yer Kaplamaları

- Karbon yedirilmiş plastik alaşımlıdır. Taban bakır barlarla örölü ve topraklanmıştır. Yapışkanı karbonludur, iletim sağlanmış aynı zamanda yürüme esnasında statik elektrik oluşurması önlenmiştir. Özel kimyasallarından başka temizleyiciler ile silinmemelidir. Kimyasal temizleyiciler yoksa yalnızca nemli bir bezle silinmelidir.



Şekil 1.4: Antistatik yer kaplamasının yapısı

# Test Cihazları

- Bileklikler ve topuk bantları **her gün** kontrol edilmelidir. Kontrol için uygun ESD tester kullanılmalıdır. Kontrol şu şekilde yapılmalıdır. Bileklik bileğe takılır, bilekliğin fişi tester soketine takılır. Parmak tester üzerindeki metal plakaya dokundurulur. Tester üzerindeki yeşil pass lambası yanıyorsa bileklik uygun demektir.



Resim 1.9: Bileklik ve topuk bandı tester



Şekil 1.9: Topuk bandı testi

# Temizlik

- ESD riski olan yüzeyler antistatik temizleyiciler ile temizlenmelidir yalnızca onaylı ESD temizleyicileri kullanılmalıdır.



**Resim 1.10: ESD onaylı temizleyiciler**

## Antistatik Kimyasallar

Halı, vinylex gibi malzemelere tatbik edildiğinde çok ince antistatik katman oluşturur. Antistatik örtü, yer kaplaması gibi zeminlere sürüldüğünde antistatik özelliklerini artırır ve uzun ömürlü olmalarını sağlar.



Resim 1.7: ESD temizleyici

# Paketleme ve Taşıma

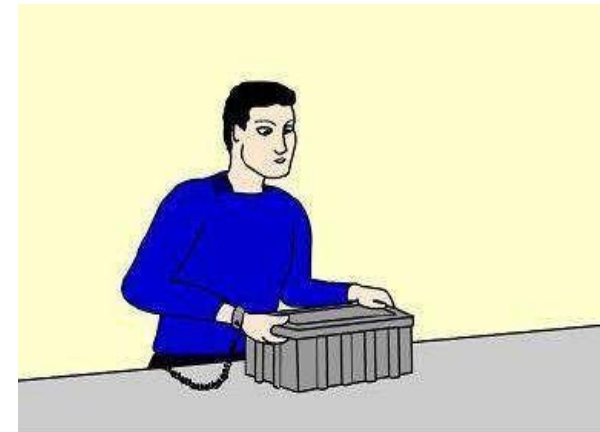
- Tüm ESD duyarlı malzemeleri bütünüyle statik korumalı kutulara koyulmalı ve kutular tamamen kapatılmalıdır. Paketleme ve taşımada yalnızca esd onaylı malzemeler kullanılmalıdır. Statik korumalı kutuların içinde plastik torbalar ESD hasarı oluşturabileceğinden bu tür malzemeler kutulara koyulmamalıdır. Tüm kutu ve ambalajların üzerine doğru etiket yapıştırılmalıdır. Etiketleri yapıştırırken her açıdan rahatlıkla görülmesine dikkat edilmelidir. Ambalajlamada kullanılacak bantlar antistatik bantlar olmalıdır. Etiketli malzemelere dokunmadan önce mutlaka bileklik takılmalıdır.



Resim 1.11: ESD kutu ve çekmeceler



Resim 1.12: Ambalajlama



Şekil 1.10: Bileklikle taşıma

- Tüm ESD duyarlı malzemeleri bütünüyle statik korumalı kutulara koyulmalı ve kutular tamamen kapatılmalıdır. Paketleme ve taşımada yalnızca ESD onaylı malzemeler kullanılmalıdır. Statik korumalı kutuların içinde plastik torbalar ve köpükler ESD hasarı oluşturabileceğinden bu tür malzemeler bu kutulara koyulmamalıdır. Tüm kutu ve ambalajların üzerine doğru etiket yapıştırılmalıdır. Etiketleri yapıştırırken her açıdan rahatlıkla görülmesine dikkat edilmelidir. Ambalajlamada kullanılacak bantlar antistatik bantlar olmalıdır.

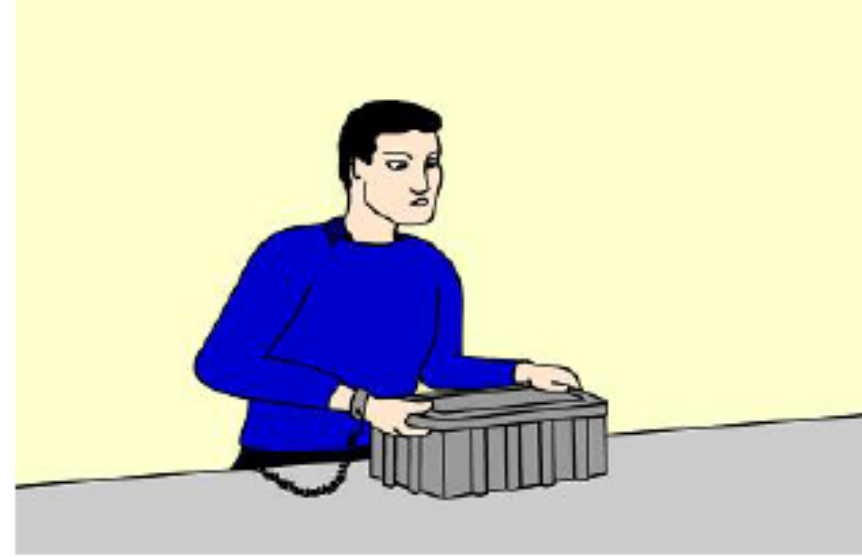


**Resim 1.11: ESD kutu ve çekmeceler**



**Resim 1.12: Ambalajlama**

- ESD etiketleri kontrol edilmeli ve ESD duyarlı malzemelerin doğru etiketlendiğinden emin olunmalıdır. Etiketli malzemelere dokunmadan önce mutlaka bileklik takılmalıdır.
- Elektronik kartlar ESD bilekliği takılarak tutulmalı ve antistatik poşetlerde taşınmalıdır. Anitstatik kutularda muhafaza edilmelidir.



**Şekil 1.10: Bileklikle taşıma**

- Entegreler statik koruyucu tüplerde veya iletken karbon köpüklerden ayrılmadan taşınmalıdır.
- Tüm komponentlerin konnektör kapakları kapalı tutulmalıdır. Açıkta bırakılan pinler ESD'ye maruz kalabilir. Bunun için özel kapaklar kullanılmalıdır.
- Statik ortamlarda statik yükleri nötralize eden iyonize edici cihazlar kullanılmalıdır.
- Antistatik topuk bantları giyildiğinde her ikisi de ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

Tekstil dokuma ve metal olarak imal edilir. Özellikle hassas elektronik aletlerle çalışan kişilerin topraklanmasında kullanılır.

## Anti Statik Bileklik

Bilekliklerin direnç değerleri  $R_g = 7,5 \times 10^5 \Omega - 3,5 \times 10^7 \Omega$  olmalıdır.



Resim 1.5: ESD bileklik



Resim 1.6: ESD bileklik ve bağlantı uçları ve topraklama kabloları

## **Antistatik Ayakkabı**

Antistatik ayakkabılar, statik yüklerin dağıtılması yoluyla, statik elektrik yüklerinin en aza indirilmesinin gerekli olduğu ortamlarda( yanıcı ve parlayıcı ortamlar gibi) kullanılır. Vücuttaki biriken statik elektriği, iletken veya antistatik zeminden boşaltmaya yararlar. Ayakkabıların direnç değerleri  $R_g = 7,5 \times 10^5 \Omega - 3,5 \times 10^7 \Omega$  olmalıdır.

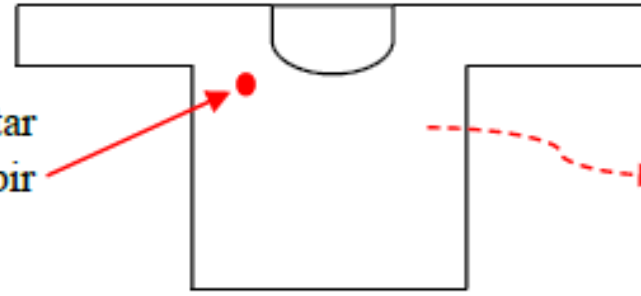
## **Antistatik Topuk Bantları**

Antistatik ayakkabıya alternatif olarak, çalışanların ve ziyaretçilerin kendi ayakkabılarını kullanarak vücutlarındaki statik elektriği antistatik zemin üzerinden topraklanmalarını sağlar.

# Antistatik Önlük

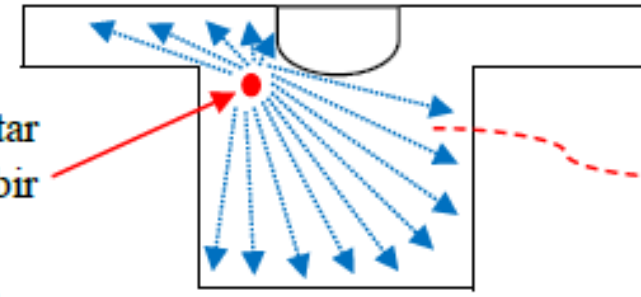
Genellikle önlükler %89 polyester, %11 karbon alaşımlıdır. Karbon yedirilmiş kumaş, elektriğin iletkenliğini sağlar. Dışarıdan ya da kıyafetlerin oluşturacağı statik yüklenmeyi önler. Tek katmanlı ve iletken olmaları gerekmektedir. Bileklikle de bağlanabilecek şekilde olanları da vardır.

Giysinin herhangi bir bölgesine bırakılmış bir miktar yük (Aynen olası bir elektrostatik yük boşalım kazasında olduğu gibi).



**Beklenti:** Bırakılan yükün giysi üzerinde sebep olduğu elektrik potansiyelin (voltajın), civardaki elektronik teçhizata zarar vermeyecek kadar düşük olması.

Giysinin herhangi bir bölgesine bırakılmış bir miktar yük (Aynen olası bir elektrostatik yük boşalım kazasında olduğu gibi).

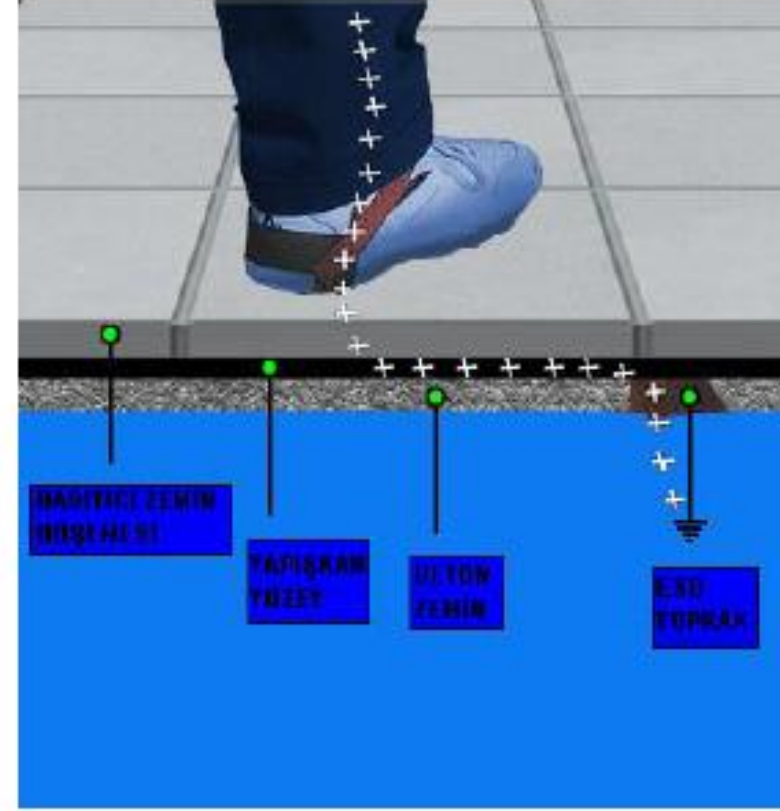


**Beklenti:** Bırakılan yükün, makul süreler içerisinde giysi üzerinden boşalması.

Şekil 6. İyi bir ESD koruyucu giysinin sağlaması gereken özellikler.

Karbon yedirilmiş plastik alaşımlıdır. Taban bakır barlarla örölü ve topraklanmıştır. Yapışkanı karbonludur, iletim sağlanmış aynı zamanda yürüme esnasında statik elektrik oluşturması önlenmiştir. Özel kimyasallarından başka temizleyiciler ile silinmemelidir. Özellikle deterjan vb. malzemelerle silindiğinde üzerinde lak oluşturacağından sıradan temizleyicilerden kesinlikle kaçınılması gerekmektedir. Kimyasal temizleyiciler yoksa yalnızca nemli bir bezle silinmelidir. Antistatik yer kaplamalarının yapısı Şekil 1.4'te gösterilmiştir.

## Antistatik Yer Kaplamaları



Şekil 1.4: Antistatik yer kaplamasının yapısı

## **İyonizasyon Cihazları**

Hassas elektronik aletlerin olduğu ortamlarda plastik bardak gibi yalıtkan malzemeler büyük tehlike oluşturmaktadır. Tamamen yalıtkan malzemelerin üzerlerinde oluşabilecek yükleri topraklama yoluyla nötralize etmek mümkün değildir. Bu yüzden bu tür risklerin bulunduğu yerlerde ortama (-) ve (+) iyon üflenerek yalıtkan malzemeyi nötralize edebilecek özel iyonizasyon cihazları kullanılmalıdır. İyonizasyon cihazları statik yükün oluştuğu noktalara yakın konulmalı ve statik yükün oluşma hızına uygun kapasitelerde seçilmelidir.

## **Antistatik Koltuklar**

ESD/ İletken özellikte koltuklardır. Antistatik özellikteki koltuklar; tekstil, özel fiberler ve metal tellerle oluşturulmakta ve böylece vücutta bulunan statik elektriğin zemine deşarjı sağlanmaktadır.

Kimya, ilaç, medikal, petrol ve askeri sanayide, hastane temiz odaları ve elektronik üretim yapan işletmelerde kullanılır.

## Bileklik ve Topuk Bandı Test Cihazı

Antistatik bileklik, bileklik kordonu ve topuk bandı testini yapmak için kullanılan test cihazıdır. Taşınabilir veya sabit bir yere monte edilebilir çeşitleri vardır. Yapılan testlerin sonuçlarını üzerinde bulunan ışıklı göstergelerle gösterir. Olumsuz test sonucunda uyarı verir.

Tüm bu malzemelerin dışında da birçok ESD duyarlı malzemeler kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak eldiven, el aletleri ( pense, tornavida, çekiç gibi), değişik tip ve boyutta malzeme kutuları, malzeme dolapları, çekmeceler, ambalaj bantları, yer cilaları ve boyalar sayılabilir.

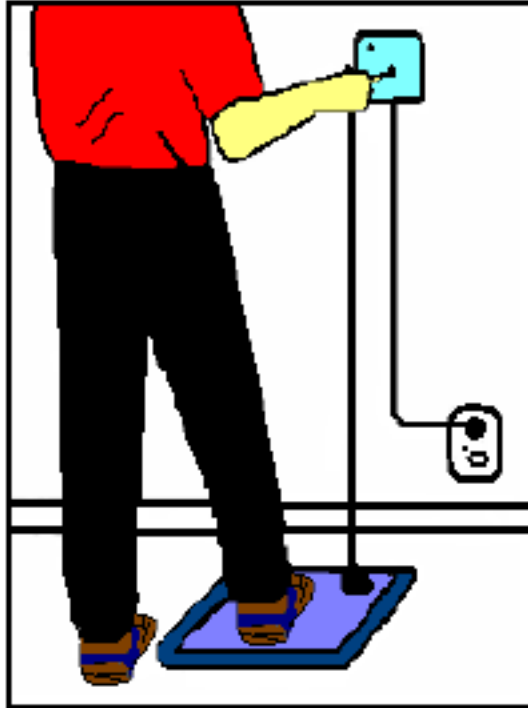
**Not:** Antistatik ekipmanlar yüksek teknoloji kullanılan her yerde güven ve emniyet sağlar.

- Bileklikler her gün kontrol edilmelidir. Kontrol için uygun ESD tester kullanılmalıdır. Kontrol şu şekilde yapılmalıdır. Bileklik bileğe takılır, bilekliğin fişi tester soketine takılır. Parmak tester üzerindeki metal plakaya dokundurulur. Tester üzerindeki yeşil PASS lambası yanıyorsa bileklik uygun demektir.



Resim 1.9: Bileklik ve topuk bandı tester

- Masa örtülerinin toprak bağlantıları da en az ayda bir kez kontrol edilmelidir. Bu kontrol şöyle yapılmalıdır. Bileklik ve topuk bandı, testerin topuk bandı test ucu ile masa örtüsünün toprak ucu bir kablo ile birleştirilir. Bileklik takılmadan bir el masada diğer elin parmağı ile tester üzerindeki metal plakaya dokunulur. Eğer uygun ise tester üzerindeki yeşil PASS lambası yanar.
- Topuk bantlarının her ikisi de her gün kontrol edilmelidir. Topuk bandı testi ise şöyle yapılır. Testerin topuk bandı test ucuna, topuk bandı plakası takılır. Topuk bandı ayağa geçirilip topuk bandı plakasına basılır ve testerin metal plakasına dokunulur. Eğer uygun ise yeşil PASS lambası yanar.



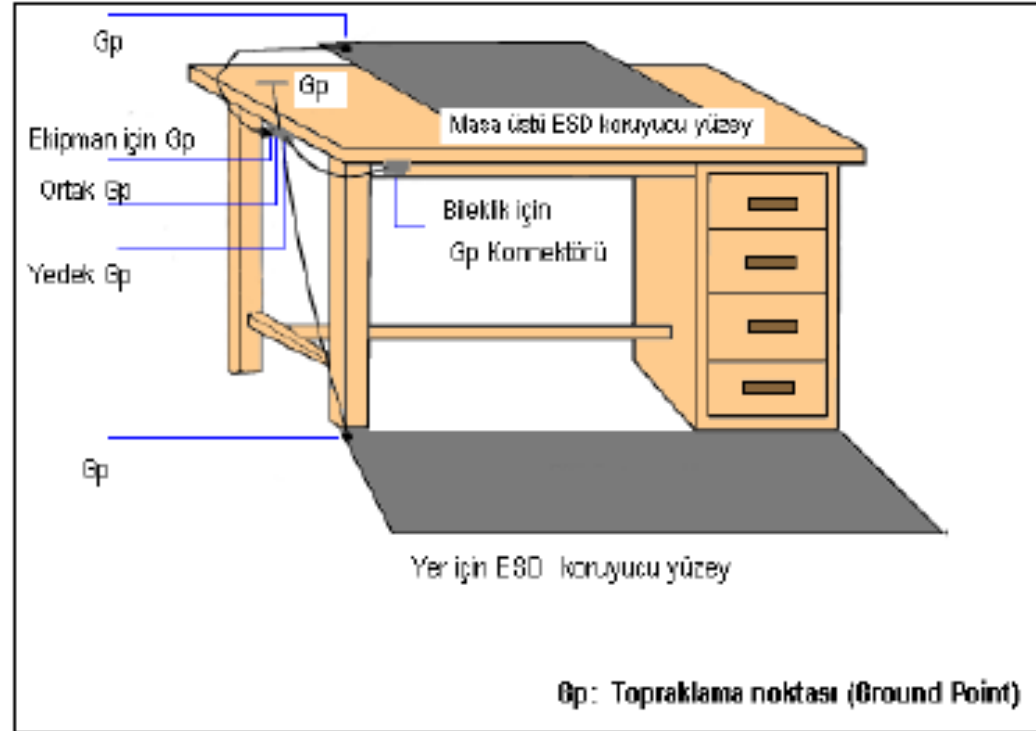
Şekil 1.9: Topuk bandı testi

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

ESD Hassas Donanım Taşıma Ve Kullanma Yöntemleri

# Elektrostatik Deşarjlara Hassas Komponentlerin Özel Taşıma/Kullanma Yöntemleri (Handling)

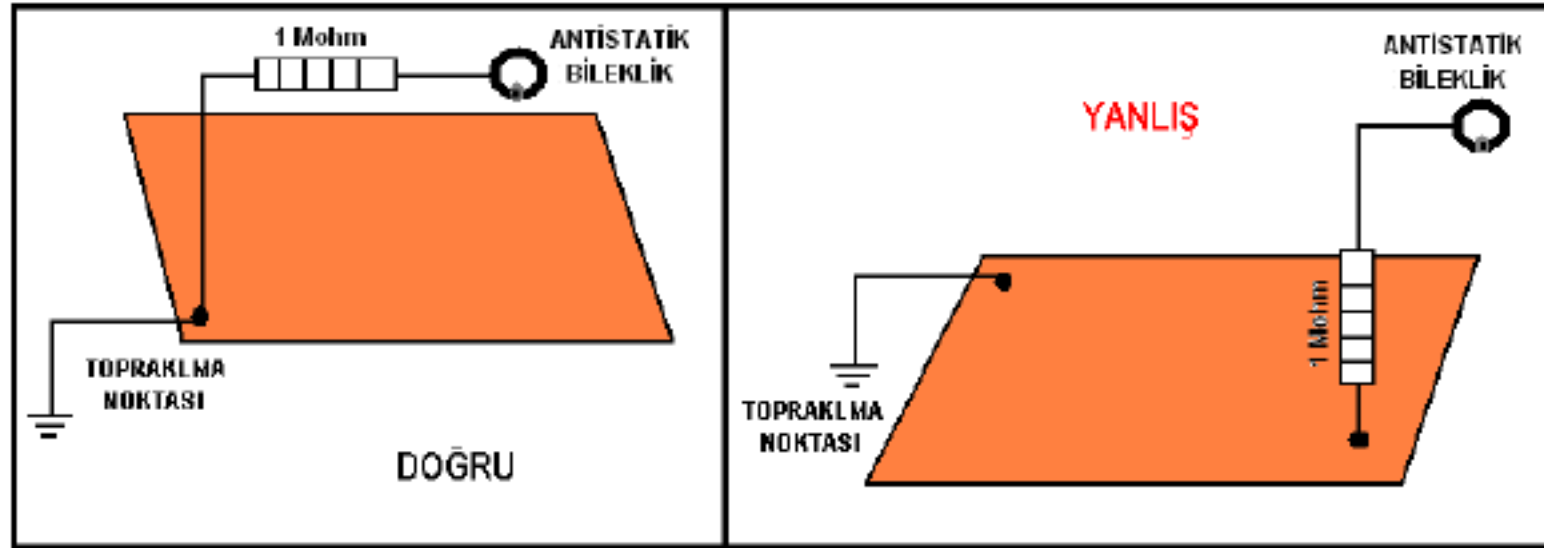
- Çalışma alanınızı statik yükten arınmış hale getiriniz. Çalışma alanı temiz tutulmalıdır. Toz ve kir ESD'ye neden oluşturabilecek koşullar meydana getirebilir. ESD'ye neden olacak hareketlerden kaçınılmalıdır. Sentetik ve yünlü giysilerden kaçınmanız statik elektriğin azalmasına katkı sağlar.



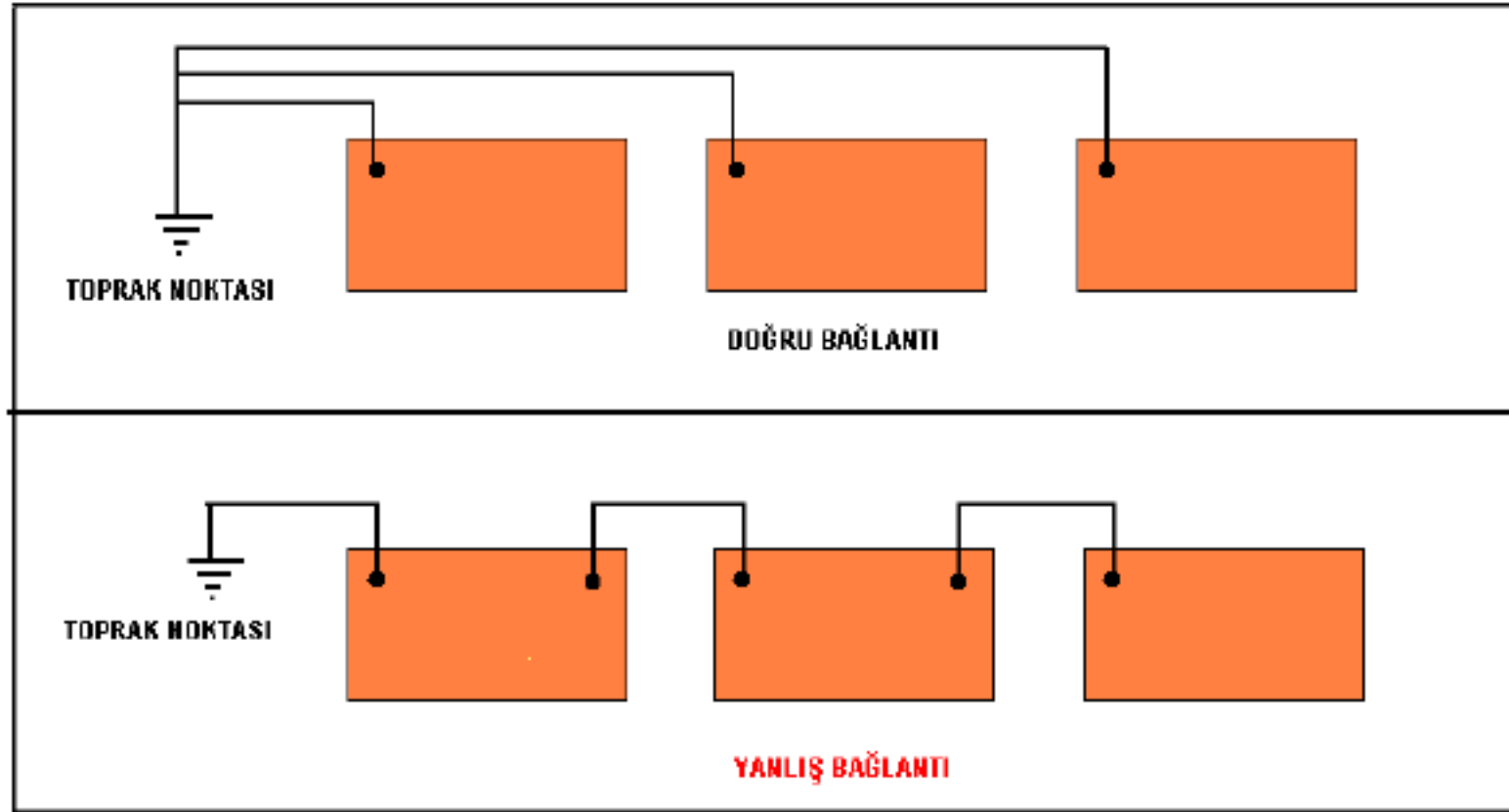
Şekil 1.5: ESD korumalı masa düzeni

## Elektrostatik Deşarjlara Hassas Komponentlerin Özel Taşıma/Kullanma Yöntemleri (Handling)

- Mümkün olduğunca ESD koruyucu masalarda bileklik takılarak çalışılmalıdır. Bilekliklerin masalara bağlantısı Şekil 1.6'da verilmiştir. Masalara konan antistatik örtüler ortak noktalardan topraklanmalıdır. Masalara konan antistatik örtüler tek topraklanmalı ve seri bağlanmamalıdır (Şekil 1.7).



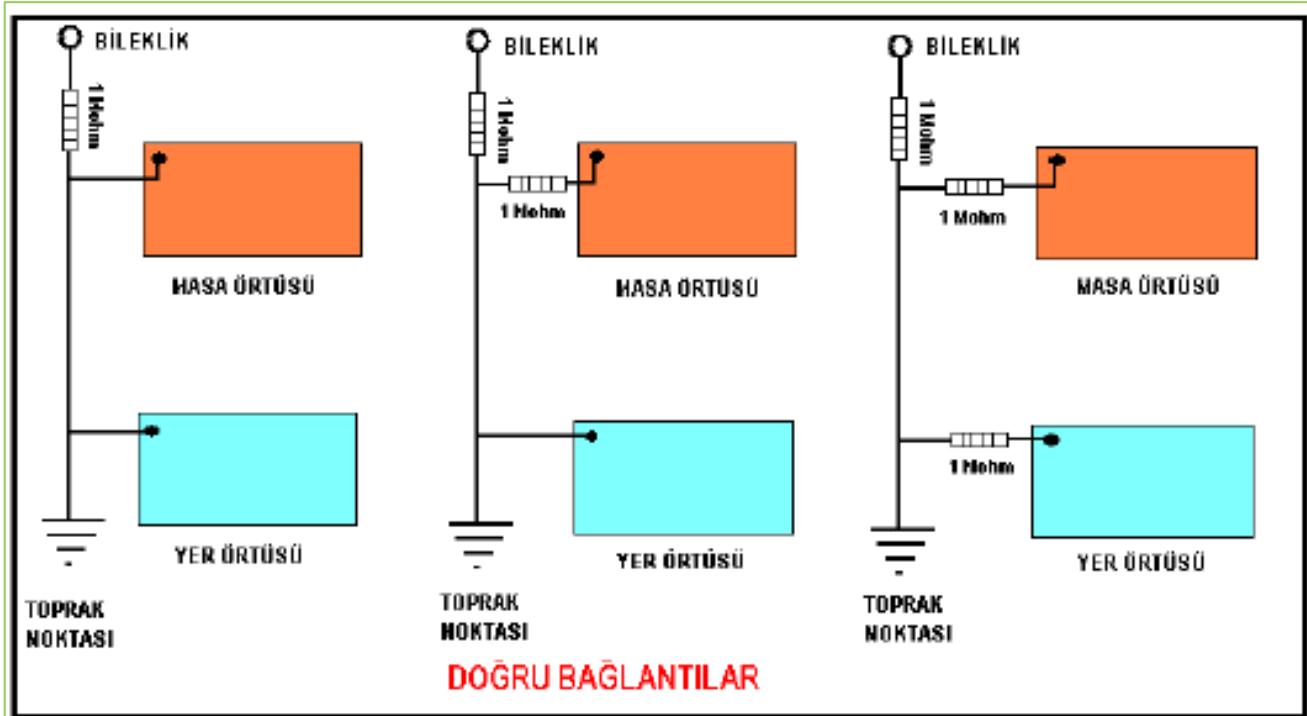
Şekil 1.6: Masa örtülerine bileziklerin bağlanması



**Şekil 1.7: Masa örtülerinin topraklanması**

- Çalışma masalarına konan antistatik örtüler ile antistatik yer örtülerinin bağlantıları aşağıdaki şekillerden birine uygun olmalıdır.

- Kişisel topraklama bilekliğini sürekli takılı bulundurulmalı ve bileklikler daima çıplak bileğe takılmalıdır. Bilekliklerin bağlantı noktaları topraklanmalıdır.



Şekil 1.8: Masa ve yer örtülerinin bağlantı şekilleri



Resim 1.8: Bilekliğin takılışı

- Yalıtılmış alet, plastik bant, plastik paketlenme gibi statik elektriğe neden olacak malzemeler ve ESD duyarlı malzemelerin birbirine temas etmesi önlenmelidir.
- ESD riski olan yüzeyler antistatik temizleyiciler ile temizlenmelidir. Yalnızca onaylı ESD temizleyicileri kullanılmalıdır.



**Resim 1.10: ESD onaylı temizleyiciler**

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

## UÇAKLARDA TOPRAKLAMA

# Uçaklarda Topraklama

Günümüzde üretilen uçaklar, yüksek teknoloji ürünü dış kompozit maddeyle kaplanarak Faraday Kafesi denen etkiyle, uçağa çarpan yıldırımın dış kaplamaya çarpıp gövdeye dolaşarak uçağı terk etmesi sağlanmış olur.

Buda uçak içerisindeki yolcuların emniyetli bir şekilde yolculuk yapmasına imkân tanır.

Yıldırımdan korumak için uçakların dış yüzeyi alüminyum ağırlıklı çok iyi iletken bir metalle kaplanmıştır.

Kompozit malzemelerde, iletken olan diğer bütün uçak parçaları gibi birbirlerine “Electrical bonding veya Jumper” dediğimiz iletken teller kullanılmak suretiyle bir bütün hâline getirilmiştir.

Bunun amacı, uçağın herhangi bir yerine yıldırım düştüğünde bu Jumper’lar sayesinde yıldırım, kanat ucunda bulunan deşarj püskülleriyle atmosfere tekrar atılarak uçak elektronik sistemlerini korumaktır.

## **Bonding Strap**

Bonding straplar elektronik devreler arasına konularak kısa devre yapılır.

Bunun nedeni uçağa yıldırım düştüğü zaman elektriği en kısa yoldan uçağın dış kısmına yayıp elektronik komponentlerin zarar görme olasılığını engellemek ve yıldırımın uçaktan dışarı aktarılmasına yardımcı elemandır.

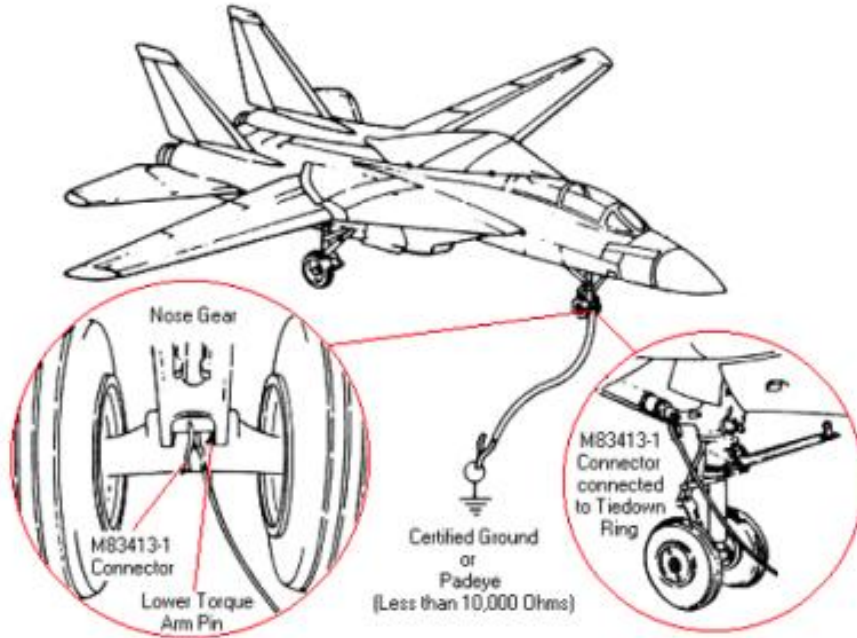
## **Deşarj Püskülleri**

Uçaklarda özellikle kanat ve kuyruk gibi keskin kenarlı yüzeyler civarında olan statik elektrik boşalmalarını sağlamak için deşarj çubukları takılır.

Statik elektrik deşarj çubuklarının amacı, uçuş esnasında uçak üzerinde biriken elektriğin atmosfere atılmasını sağlamaktır.

Bunlar vasıtasıyla uçak üzerindeki elektronlar atmosfere bırakılırlar.

# Uçak Pistte İken Topraklama



Uçak iniş yaptıktan sonra, uçuş sırasında üzerinde biriken statik elektriği boşaltmak için yerdeki bağlantı noktalarından topraklanır.

Ayrıca yakıt doldurma sırasında olası potansiyel farklarını ortadan kaldırmak ve oluşabilecek kıvılcımları önlemek için pompa ya da yakıt kamyonu ile de bağlantı yapılır.

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

## ESD KAZALARI

## 2. ESD KAZALARININ ELEKTRONİK ÜRETİM SEKTÖRÜNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

ESD kazaları, sadece ekstrem durumlarda oluşan ölümcül patlamalar ile sınırlı olmayıp; elektronik sektöründe de özellikle mali açıdan önemli kayıplara yol açmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, elektronik sektöründeki arızalı mal iadelerinin yaklaşık %30-%50 kadarı, üretim hollerinde çalışmalar sırasında istenmeyen ve beklenmeyen elektrostatik boşalmalar nedeniyle oluşan arızalardan kaynaklanmaktadır [8]. Bu arızaların ekonomik maliyeti yıllık 45 milyar

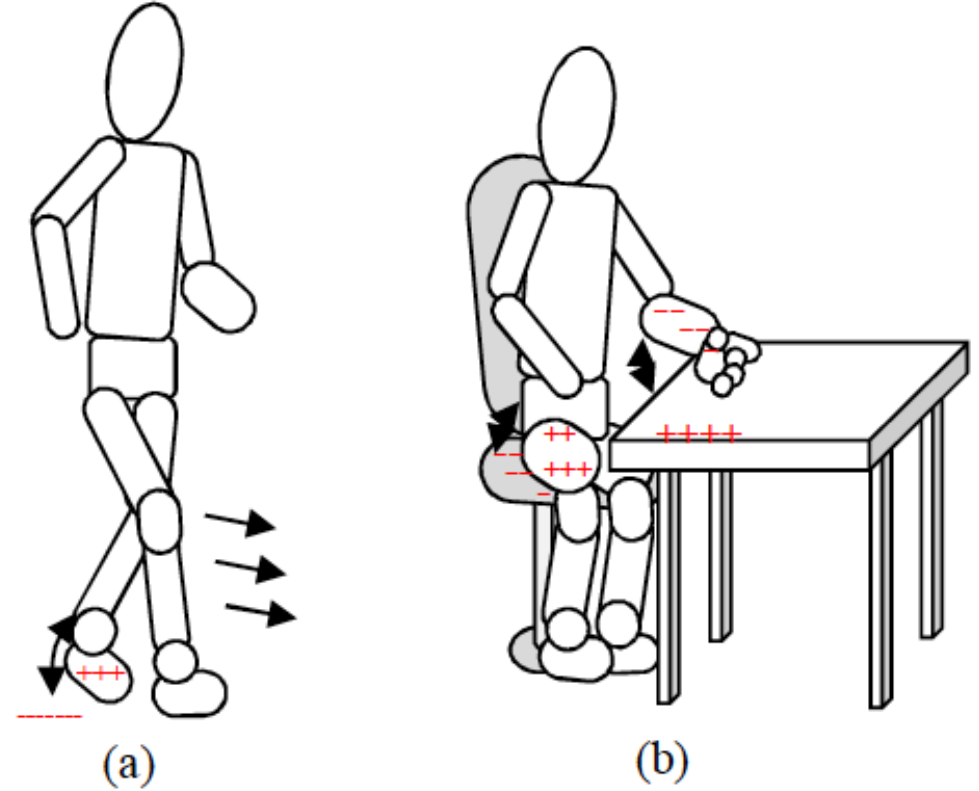
A.B.D. doları mertebesinde olup; bu meblağ tüm elektronik sektörünün yıllık gelirinin yaklaşık %6'sına karşılık gelmektedir [9].

ESD temelli kazalar, gerekli önlemler alınmadığı takdirde üretim sürecinin her adımında meydana gelebilmektedir. Bu kazalar yonga (*chip*), entegre devre gibi temel bileşenlerin üretimi esnasında olabildiği gibi, alt sistem ve sistem üretimi/montajı aşamasında, hatta son kullanıcıların ev/ofislerinde bile gerçekleşmektedir. Bu kazaların oluştuğu yere göre rastlanma sıklıkları Tablo 4'te verilmiştir [9].

Tablo 4. ESD temelli kazaların ve mali kayıpların olduğu yerlere dair istatistikler [9].

Raporlanan Statik Kayıplar			
Tanımı	Tahmini en küçük kayıp	Tahmini en büyük kayıp	Tahmini ortalama kayıp
Bileşen Üreticileri	%4	%97	%16-22
Alt Sistem Üreticisi Firmalar (Alt Yükleniciler)	%3	%70	%9-15
Sistem Entegratörü Büyük Firmalar	%2	%35	%8-14
Kullanıcılar	%5	%70	%27-33

elektrostatik yükler bir insanın yürümesi esnasında yürünülen platform ile model arası sürtünmeden kaynaklı olabilir. Masa başında çalışmakta olan bir birey düşünülürken ise çalışma esnasında kalça ve dirsek hareketlerinden dolayı elektrostatik yük oluşması muhtemeldir. Söz konusu örnek hareketlere ait görsel tasvir Şekil 2’de verilmiştir.



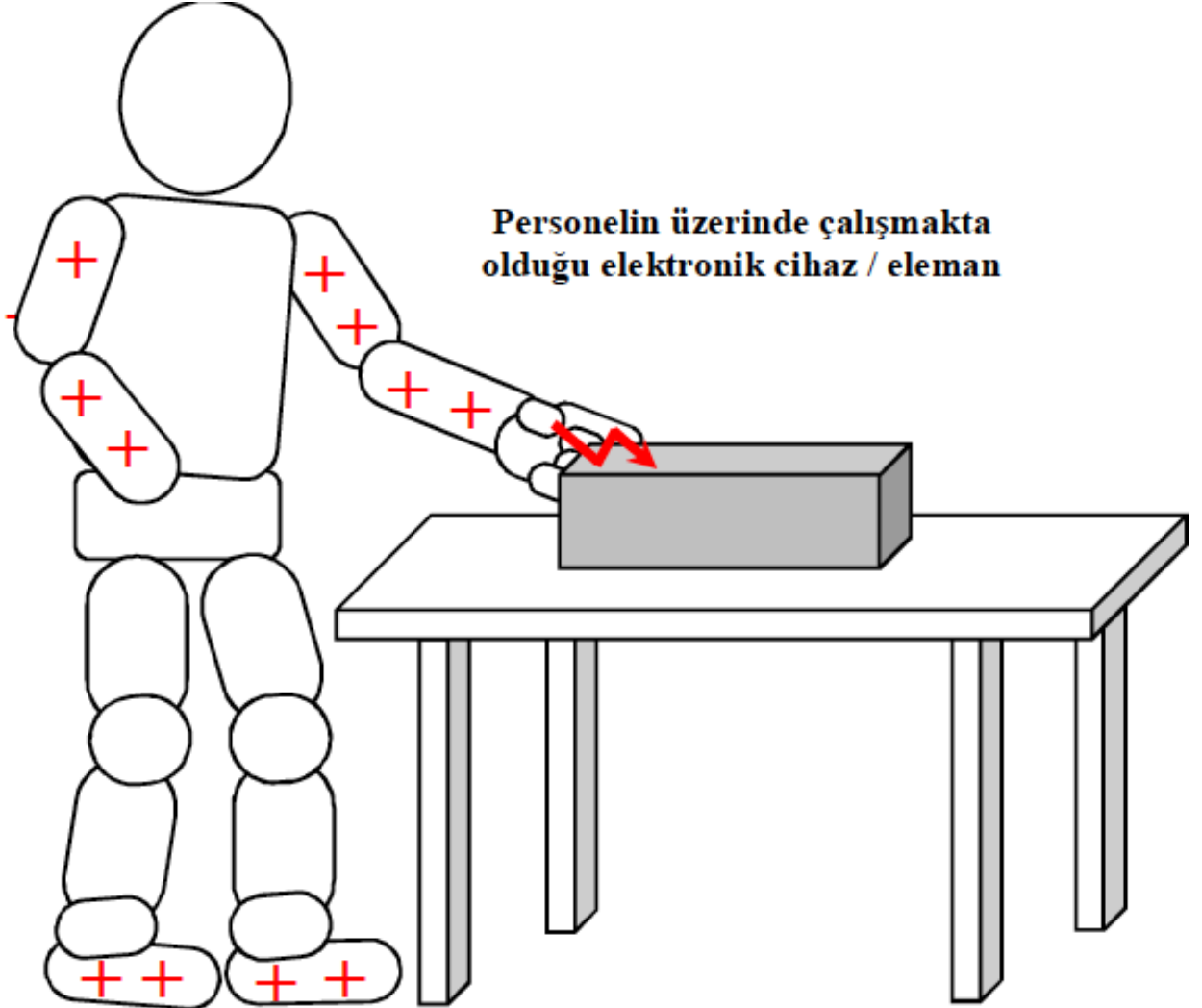
**Şekil 2.** Günlük hayatta insan vücudunun elektrostatik yüklenmesine tipik örnekler: (a) Yürürken, ayak hareketlerinden ötürü; (b) masa başındayken kalça ve

Bu gibi günlük hareketlerin neden olduğu yükleme, bir iş ortamı dşnldğnde iki kişinin birbirine temas etmesi ile daha yüksek mertebelere ulaşabilmekte ve giriş kısmında bahsedildiği gibi ciddi zararlara neden olabilmektedir. Söz konusu çalışma ortamları ve elektrostatik yüklenme durumları dşnldğnde oluşması muhtemel 2 ana senaryo akla gelmektedir. Bunlardan birisi çalışırken yapmış olduğu hareketler nedeniyle üzerinde belirli bir yük birikmiş personelden elektronik cihaz / elemana yk atlaması iken (şekil 3); diğer yürüme nedeni ile yüklenmiş bir personelden çalışmakta olan bir diğer personele yük akışı nedeniyle meydana gelen senaryodur.

**Problemin Tanımı:**

- Personelin üzerinde oluşan yüzey yük yoğunluğunun, personelin vücudunda oluşturduğu elektrik potansiyel fonksiyonunun hesaplanması;
- Elektronik cihazın / elemanın, söz konusu elektrik potansiyelden olumsuz etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi.

Çalışırken yapmış olduğu hareketler nedeniyle üzerinde belirli bir yük birikmiş personel Personelden elektronik cihaz / elemana yük atlaması

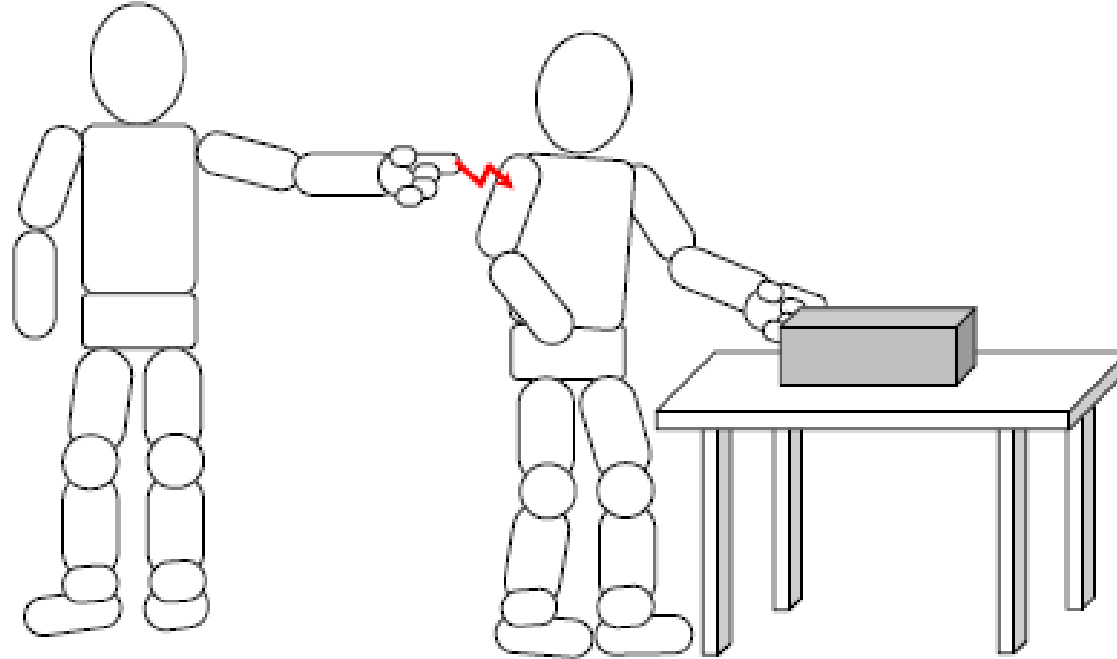


**Şekil 3.** Bu çalışma kapsamında çözülmeye çalışılan problemin tanımı. (The scenario that is considered to be solved in this study)

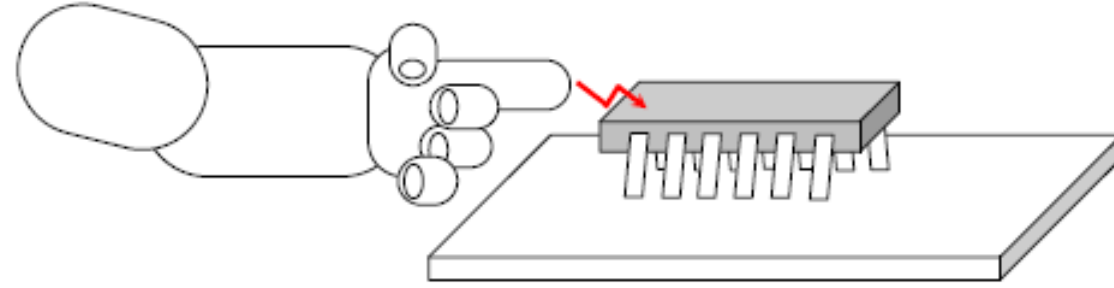
## Personelden personele yük boşalımı vakası

Şekil 1’de, bir üretim holünde olması en muhtemel personelden personele yük boşalımı vakası resmedilmektedir. Söz konusu üretim holünde elektronik cihazların bulunması, özellikle de narin elektronik ürünlerin koruyucu kılıfları henüz monte edilmemiş şekilde tezgâhlarda yer alması durumunda,

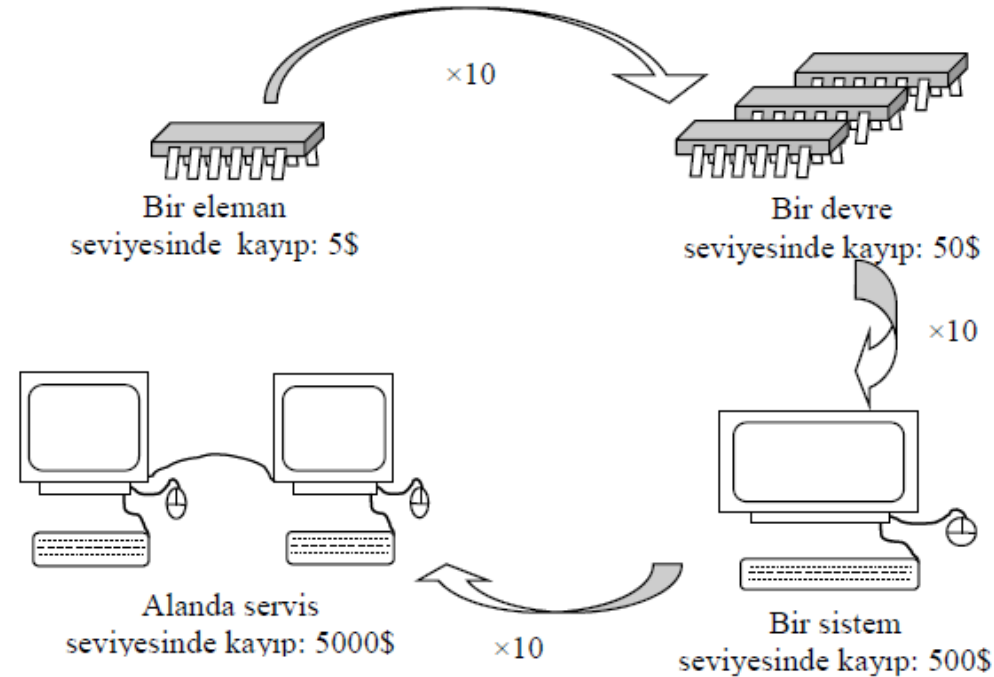
Şekil 2’de görüldüğü üzere personelden elektronik ürüne doğru, arızaya sebep olacak şekilde bir yük boşalımı olması muhtemeldir. Arızaya sebep verecek böylesi bir kaza, gerekli önlemleri almamış bir personelin kendi hareketleri sonucu zaman içerisinde üzerinde biriken yükten de kaynaklanabilmektedir.



Şekil 1. Üretim holünde tipik bir elektrostatik yük boşalımı kazası: Yaklaşma veya temas nedeniyle personelden personele yük boşalımı.



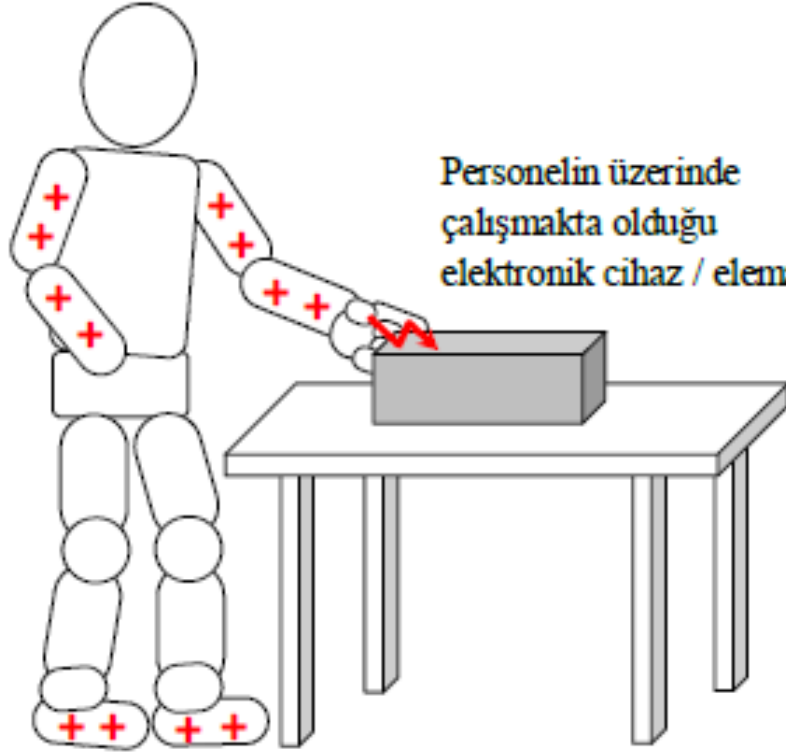
Şekil 2. Elektronik sektörü üretim holünde cihaz/ürün arızalarına sebep olan tipik bir elektrostatik yük boşalımı vakası: Personelden, iletken tezgâh üzerinde bulunan yongaya doğru yük boşalımı.



Şekil 3: Eleman, devre, sistem ve servis seviyelerinde ESD temelli mali kayıplar [6].

Çalışırken yapmış  
olduğu hareketler  
nedeniyle üzerinde  
belirli bir yük  
birikmiş personel

Personelden  
elektronik cihaz /  
elemana yük  
atlaması



Personelin üzerinde  
çalışmakta olduğu  
elektronik cihaz / eleman

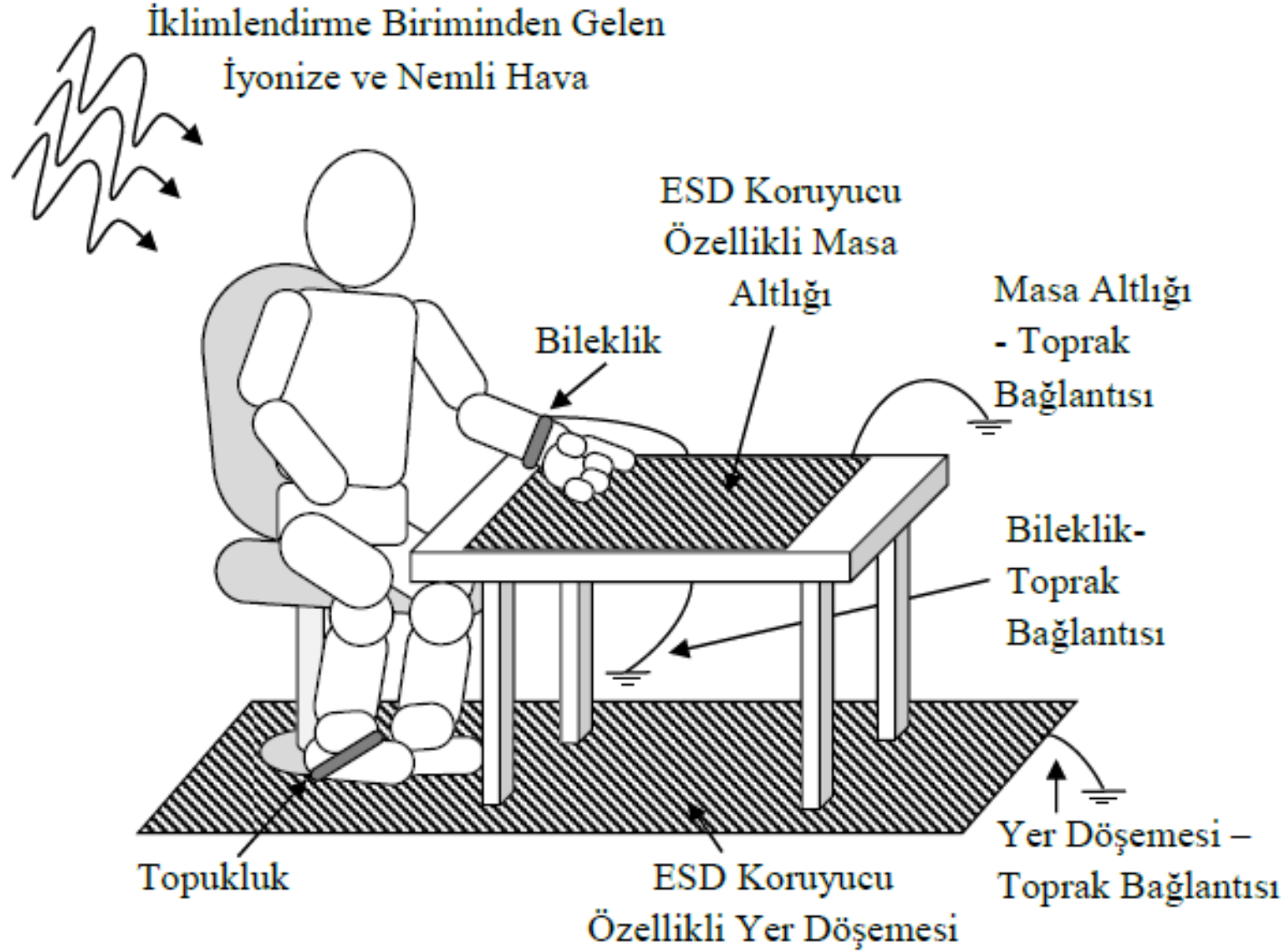
Şekil 4. Kendi yaptığı hareketler dolayısıyla üzerinde yük birikmiş personelden, iletken tezgâh üzerinde bulunan cihaz/ürüne doğru elektrostatik yük boşalımı vakası.

Statik problemlere önerilebilecek çözümler literatürde 4 ana başlık altında toplanmaktadır.

- **Yük Oluşumunun Önlenmesi:** Personel tarafından üretilen yükler, bileğe bağlanan bileklik veya bilezik ile uzaklaştırılır. Söz konusu bileklikler:
  - temas eden malzemelerin ayrılmasından dolayı meydana gelen triboelektrik yükler, ile
  - vücut kapasitansında meydana gelen değişiklikler nedeni ile ortaya çıkan yükler

olmak üzere 2 çeşit yükü uzaklaştırır.

- **Yükün dağıtılması:** Yük dağıtımı yükü uzaklaştırmanın yavaş ama etkin bir yöntemidir.
- **Yükün nötrlenmesi:** Bu terminoloji, iletken olmayan malzemelerde iyonizasyon etkisini tanımlamak için kullanılır. Strafor köpükten bir kahve bardağı buna örnek olarak verilebilir. Bu malzeme eğer topraklanmaz ise birkaç bin voltaj birikimine neden olabilir.
- **Elektrostatik Alanlar için kalkanlama:** Statik olarak hassas cihazların taşıma ve depolanmasında kullanılan ambalajlar statik yükten koruma amaçlı tasarlanmalı ve en az bir metalik katmandan oluşmalıdır [6].



Şekil 5. Klasik anlamda tüm ESD koruyucu önlemlerin alındığı bir çalışma tezgâhı.

ESD önlem alınmanın kritik olduğu tipik olarak Tablo 10'da özetlenen yerler, kalite artırma ve söz konusu zararların minimize edilmesinde önem teşkil etmektedir.

Tablo 10. ESD önlem alınması gereken tipik yerler ve aşamalar [6].

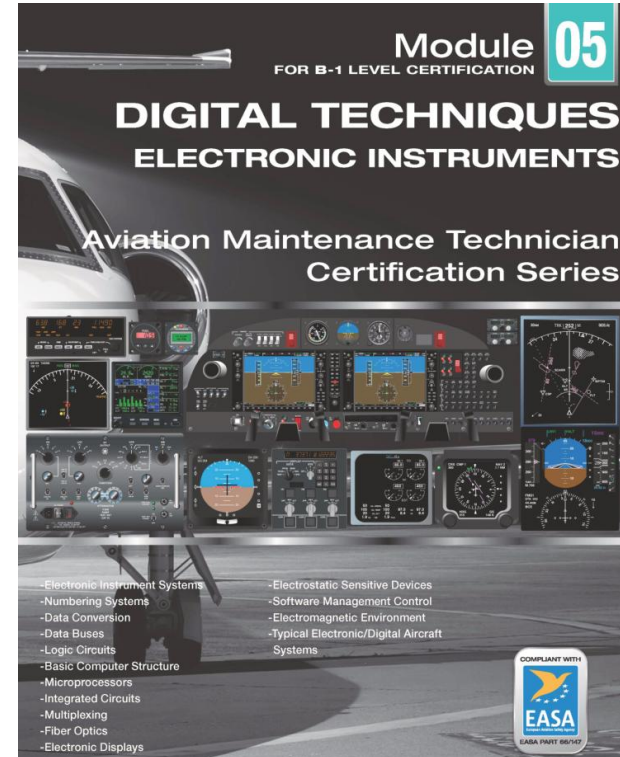
Mağazalar ve depolar
Montaj hattı
Test ve muayene
Araştırma ve geliştirme
Paketleme
Saha servis onarım
Ofisler ve laboratuvarlar
Temiz odalar

## Kaynaklar: (\*)

- Öğr. Gör. Halil İbrahim AÇAN ders notları
- Dr. Zeynep TAVUKOĞLU ŞAHİN ders notları

# Kaynak Kitap:

- EASA Module 05 Digital Techniques Electronic Instruments / 2016
  - Yazar: James W. Wasson, PhD.
  - Yayıncı: Aircraft Technical Book Company
    - <https://www.actechbooks.com/>



Download:

<https://www.iaapune.org/myimg/EASA%20Module%2005%20Digital%20Techniques%20Electronic%20Instruments.pdf>

## Kaynaklar: (web)

- EASA Part 66 B1 Guide / Module 05.Digital Techniques / Exam Questions
- <http://part66eu.blogspot.com/p/electronic-instrument-systems.html>
- KLMUK EASA B1 Module 5 Demo (KLM UK Training / Module 5 Study Notes)
- [https://klmuktraining.com/online/pluginfile.php/4169/mod\\_resource/content/5/KLMUK%20EASA%20B1%20Module%205%20Demo.pdf](https://klmuktraining.com/online/pluginfile.php/4169/mod_resource/content/5/KLMUK%20EASA%20B1%20Module%205%20Demo.pdf)

# Kaynaklar: (MEGEP)

- **Alet Sistemleri 1 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Alet%20Sistemleri%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%201.pdf)
- **Alet Sistemleri 2 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Alet%20Sistemleri%202.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%202.pdf)
- **Aletli Gösterge Ve Aviyonik Sistemler / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Aletli%20G%C3%B6sterge%20Ve%20Aviyonik%20Sistemler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Aletli%20G%C3%B6sterge%20Ve%20Aviyonik%20Sistemler.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 1 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%201.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 2 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%202.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%202.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 3 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%203.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%203.pdf)
- **Otomatik Uçuş / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Otomatik%20U%C3%A7u%C5%9F.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Otomatik%20U%C3%A7u%C5%9F.pdf)
- **Dijital Uçak Sistemleri / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Dijital%20U%C3%A7ak%20Sistemleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Dijital%20U%C3%A7ak%20Sistemleri.pdf)
- **Displayler ve Kokpit Aletleri / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Displayler%20ve%20Kokpit%20Aletleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Displayler%20ve%20Kokpit%20Aletleri.pdf)
- **Elektrostatik Deşarj Ve Elektromanyetik Çevre / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Elektrostatik%20De%C5%9Farj%20Ve%20Elektromanyetik%20%C3%87evre.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrostatik%20De%C5%9Farj%20Ve%20Elektromanyetik%20%C3%87evre.pdf)
- **Fiber Optik / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Fiber%20Optik.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Fiber%20Optik.pdf)
- **Kabin Bakım / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kabin%20Bak%C4%B1m.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kabin%20Bak%C4%B1m.pdf)
- **Sayı Sistemleri Ve Data Çeviriciler / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Say%C4%B1%20Sistemleri%20Ve%20Data%20%C3%87eviriciler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Say%C4%B1%20Sistemleri%20Ve%20Data%20%C3%87eviriciler.pdf)

\*(MEB Yayınları)