



ALP USAM
ULUSLARARASI STRATEJİ ANALİZ MERKEZİ

**Sürdürülebilir ve Güvenilir
Enerji:**

**Seçim Değil
Zorunluluk**



www.alpusam.com



Sürdürülebilir ve Güvenilir Enerji: Seçim Değil, Zorunluluk

1. Giriş: Ezelden Ebede Güvenlik ve Savaş

Çıkar odaklı şiddetin ortaya çıkışı Kabil'in Habil'i öldürmesi olayına kadar götürülecek (Başeren, 2008, s. 1) olursa; savaşın, terörün veya en genel anlamda şiddetin insanlık tarihi ile başladığı ifade edilebilir. Bireyden devlete yani siyasi anlamda örgütlenmenin başladığı dönemden bugüne, insanoğlu çıkar ve menfaat odaklı uyuşmazlıkların çözümünde veya güvenlik gerekçesiyle çoğu zaman şiddete başvurmuştur. Bu bağlamda insanlığın bir gerçekliği olan savaş olgusu, Uluslararası İlişkiler disiplininde birçok yönüyle ele alınmıştır.

Diğer taraftan tarihin akışında; hayatta kalma, barınma ve edindikleri temel ihtiyaç malzemelerinin korunması konuları ilk insanların **temel güvenlik** kaygılarını şekillendirirken, bu süreçte doğadan bulunan taş, sopa, mızrak, ok vb. aletler silah olarak kullanılmıştır. Devam eden süreçte, 30 yıl süren din savaşlarına son veren 1648 Westphalia Anlaşması neticesinde kurulan ulus devletler; insanoğlunun temel ihtiyaçları odağında şekillenen güvenlik konusunu, güç başta olmak üzere diplomasi, tehdit, taktik, strateji ve teknolojiye paralel geliştirilen silahlar gibi konuları kapsayan geniş bir yelpazeye konumlandırmıştır. Başka bir ifade ile **insanın ontolojik ihtiyaçları** (*barınma, yiyecek ve korunma*) merkezinde şekillenen **güvenlik olgusu**, ulus devletlerin kurulmasıyla birlikte teknolojik gelişmeler, savaşların dönüşümü, tehdit ve tehlikelerin çeşitlenmesine bağlı olarak **kavram haritasını genişletmiştir** (Birdişi, 2011).

Son dönemde;

- ◆ Özellikle 11 Eylül saldırılarıyla güvenliği etkileyen aktörler arasına devlet dışı aktörlerin dahil olması,
- ◆ Kitleli göçler,
- ◆ Sınır sorunları,
- ◆ Terörizm, insan ve uyuşturucu kaçakçılığı, uluslararası suç örgütleri,
- ◆ Ekonomik dengesizlikler,
- ◆ Artan enerji bağımlılığı ve iş birlikleri,
- ◆ Küreselleşme,
- ◆ Olası gıda ve su krizi,
- ◆ Ağ merkezli yaşam,
- ◆ Siber saldırılar,
- ◆ Otonom sistemler,
- ◆ İnsansız araçlar ve yapay zekâ ile **ulaşım** ve **bilişim** teknolojilerindeki hızlı gelişimin **silah teknolojilerinde asimetri** yaratacak şekilde kullanılması, tarihin başlangıcında taş, sopa, ok, mızrak, kılıç ve **nicelikle şekillenen güç** ve **güvenlik** kavramlarını daha **kapsamlı ve nitelikli bir hale** taşımıştır.





Bu minvalde, uluslararası ilişkilerin temel aktörü olan devletler;

- ◆ Teknolojiye paralel çeşitlenen ve gelişen silahlara,
- ◆ Menfaat odağında anlık taraf değiştirme potansiyeline sahip aktörlere,
- ◆ Değişkenlik gösteren ittifaklara bağlı olarak,
- ◆ Daha da muğlak hale gelen tehditlere karşı güvenliklerini sağlayacak ve çıkarlarını koruyacak **yenilikçi stratejiler geliştirmek** zorunda kalmıştır.

Bu stratejiler içerisinde en geleneksel ve yaygın olanı **askeri kapasite** arttırımıdır.

Zira nihayetinde savaşa varabilme olasılığı bulunan, rekabete dayalı uluslararası sistemde güvenliği sağlamak için güçlü bir askeri kapasiteye ve teknolojiyle uyumlu donanımına sahip olmak zorunluluktur.

Rakiplerine karşı askeri kapasitenin caydırıcılığa ulaşması ve bu **caydırıcı gücün sürekliliği teknolojiyle yakından ilgilidir.**

Çünkü, savaşların muharebe meydanlarında, karşı karşıya gelen ordular arasında cereyan ettiği konvansiyonel harplerde nicelik ve nitelik önemliken **günümüz savaşlarında nicelikten ziyade teknoloji destekli nitelik daha önemli** bir hale gelmiştir.

Dünyanın gözü önünde cereyan eden çatışmalara bakıldığında, genel kabul gören başarılarında **nitelikli askeri teknolojiye** sahip olan ve bu teknolojiyi etkin olarak kullanan **eğitilmiş silahlı kuvvetlerin** yer aldığı görülmektedir.

Genel anlamda yeni teknolojiler denenerak geliştirilir, kabul edilebilirliği ise faydası ile etkisinin görülmesine bağlıdır ve bu anlamda **en iyi laboratuvar ise muharebe sahasıdır.**

Muharebe sahalarında denenen yeni teknolojiler (*silah, bilişim, ulaşım vb.*), bazı devletlerin sınırlarını genişletmesinde ve tarihin seyrinde başat rol alan en önemli faktörlerdendir (Diomand, 2004).

2. Savaş, Teknoloji ve Askeri Alanda Devrim

Tarih boyunca **teknoloji** ve **savaş birbirini şekillendirmiştir**. Mızrak, ok, yay ve savaş arabalarıyla başlayan savaş teknolojisi gelişim süreci, barutun keşfiyle ateşli silahlara, endüstriyel devrimle birlikte savaş gemileri, tanklar, uçaklar ve füzelere değişim göstermiştir. Günümüzde ise özellikle **bilişim** ve **ulaşım teknolojilerinin** gelişimine bağlı olarak **insansız araçlar, otonom sistemler** gibi daha gelişmiş teknolojilere evrilmektedir. Bu gelişim ve değişim, insanlık tarihindeki önemli bir diyalektik süreçtir (Anand, 1999). Başka bir deyişle savaş ve teknoloji arasındaki karşılıklı sürekli etkileşim ve bu **etkileşimin sonuçları savaş stratejileri ve savaşların gidişatına etki edecek gelişmelere** yol açmıştır ve denilebilir ki tarihin başlangıcından itibaren savaşların geçirdiği **evrimin temel dinamiği teknolojidir** (Yalçınkaya, 2019).





Bu meyanda; teknoloji ve savaş arasındaki çift yönlü etkileşimi ve bu etkileşimin savaşın evrimi üzerindeki etkisini açıklamaya yönelik çalışmaların kavramsal çerçevesi “**Askeri Alanda Devrim**’dir (Revolution in Military Affairs)” (Çağlar & Gülmez, 2023) ve bu kavram kapsamında en genel anlamda şunlar ifade edilebilir;

◆ Kavram, 1991 Körfez Savaşı’nda, koalisyon güçlerinin sahip oldukları üstün **askeri teknolojiyle** kısa sürede başarı kazanması üzerine popülerlik kazanmıştır. **Teknolojik gelişmeler stratejiyi, doktrini, eğitimi, teşkilat yapısını, teçhizatı, operasyonları ve taktikleri doğrudan veya dolaylı olarak etkiler** (*Makineli tüfek ve demiryollarının yoğun kullanımı gibi*). Ancak hangi gelişmelerin “**Askeri Alanda Devrim**” olduğuna yönelik tam bir **konsensus sağlanmasa** da (Sheehan, 2014) genel olarak Soğuk Savaş’a kadar olan dönemde ön plana çıkan gelişmeler barutun keşfi, uçak, tank, yıldırım harbi doktrini, nükleer bombalar, hava gücü şeklinde özetlenebilir (Çağlar & Gülmez, 2023, s. 23-47).

◆ Bu alanda çalışma yapan Krepinevich’e göre askeri devrim, **yeni teknolojilerin önemli sayıda askeri sisteme uygulanması**, çatışmanın karakterini ve davranışını temelden değiştirecek şekilde yenilikçi operasyonel kavramlar ve örgütsel adaptasyon ile birleştiğinde ortaya çıkan şeydir ve tarih boyunca 10 Askeri Devrim yaşanmıştır. Bunlar; piyade, topçu, denizde ateş devrimi (*deniz platformlarının silahlandırılması*), tahkimat, barut, Napolyon tarzı, kara harbi, deniz harbi, iki dünya savaşı arası makinalaşma-havacılık-bilgi teknolojileri ve son olarak nükleer devrimdir (Krepinevich, 1994).

◆ Askeri Alanda Devrim yaklaşımının odağında, yeni teknolojilerin askeri doktrinlere, teşkilat yapısına entegre edilmesi vardır (Sloan, 2002). Bu entegrasyon, en genel anlamda **hasmın uzaktan etki altına alınması** ya da **süratli manevralarla yakın temas sağlanarak etkisiz hale getirilmesi** kararlarına etki etmektedir (Ökten, 2020).

Soğuk Savaş sonrasında yaşanan askeri teknolojideki gelişmeler ise; özellikle, 1991 Körfez Harbi, 11 Eylül Saldırıları sonrası Terörizmle Mücadele Harekâtları, Ukrayna-Rusya ve İsrail-Hamas Savaşları’nda kullanılan, **elektronik-bilişim-iletişim-sensör ve güdüm teknolojileriyle** donatılmış harp araç, silah ve entegre sistemleri, **uydu sistemleri, yapay zekâ, makine öğrenmesi** ve **insansız hava-kara ve deniz araçları** üzerinden incelenmektedir.

Bu noktada; cereyan eden muharebe ve çatışmalarda, gerçekleştirilen nokta hedefli operasyonlarda ve saldırılarda kullanılan harp araç, silah ve entegre sistemlerine bakıldığında askeri teknolojideki ilerlemenin daha çok;

◆ 1991 yılındaki Körfez Harbi’nde başarıyla test edilen (Dalby, 2009) sistemlerin merkezinde yer alan, **uydu teknolojileriyle destekli bilgisayar** sistemleri (Morgan, 2000), balistik ve güdümlü füzeler ile bombalarda kullanılan **küresel konumlama** sistemleri (Global Positioning System -GPS) (Karakoç, 2020) başka bir deyiş ile **navigasyon** ve **güdüm sistemleri**,





◆ 11 Eylül Saldırıları sonrasında yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve etkinliği Ukrayna-Rusya ve Hamas-İsrail arasındaki çatışmalarda da görülen İnsansız Hava Araçları (**İHA**) (Çağlar & Gülmez, 2023) ve geliştirilmeye başlanan İnsansız Kara Araçları (**İKA**) (Rossiter, Bots on the Ground: An Impending UGV Revolution in Military Affairs?, 2020) ile İnsansız Deniz Araçları (**İDA**),

◆ Üzerine monte edilen silah veya patlayıcı ile saldırı maksatlı kullanılabilen ve her geçen gün **otonomlaşan, yapay zekâ** ile destekli, uzaktan keşif, hedef tespiti ve atış yapabilme kabiliyetine sahip **insansız araçlar** ile **uzaktan komutalı araçlar** (Çağlar & Gülmez, 2023) (Ak & Çobanoğlu, 2015),

◆ **Nükleer enerjiyle** çalışan ve **yapay zekâ** ile **tam otonom** yeteneği kazanmış İHA'lar (US DoD, 2013),

◆ **Bilgi sistemleri, sensörler, radarlar, hassas vuruş kabiliyetine** odaklanan teknolojiler (Ateş, 2020), akıllı ve çok güdümlü mühimmatlar, dolanan mühimmatlar,

◆ Komuta kontrol, haberleşme, görüntüleme, radar ve sensör sistemleriyle donatılmış, hareket ve manevra kabiliyeti yüksek **zırhlı araçlar**,

◆ Vücut fonksiyonları ve konumu, kendisine yaklaşan mühimmatın yönü hakkında bilgiler verebilen **akıllı elbiseler**,

◆ İstihbarat, keşif ve gözetleme vasıtalarının tümüyle entegrasyonu sağlanmış, görüntü ve bilgi toplama, analiz ve paylaşma sistemleri ile radar ve sensörlerle donatılmış, gerçek zamanlı taktik resmin oluşturulmasına, **bilgi üstünlüğü** ile **durumsal farkındalığın** sağlanmasına imkân veren sabit ve hareketli **karargâhlar/harekât merkezleri**,

◆ Tüm sıralanan bu harp araç, silah ve entegre sistemlere, özellikle insansız araçlara **kesintisiz enerji sağlayacak piller** odağında gerçekleşeceği rahatlıkla ifade edilebilir.

3. Geleceğin Muharebeleri ve Askeri Teknolojinin Yönü: İnsansızlaşma

Dünya tarihinin son birkaç yüzyılına bakıldığında; teknolojiye paralel geliştirilen Askeri Alanda Devrim niteliğindeki yeniliklerin, etki ve ilgi sahasına göre **stratejik, operatif** ya da **taktik seviyede**¹ daha fazla hissedildiği (*taktik seviyede üzengi teknolojisi yardımıyla at üzerinde ok kullanılabilmesi, operasyonel seviyede savaş gemisi [dretno] teknolojisi, stratejik seviyede ise nükleer teknolojinin etki yaratması gibi*) (ÖKTEN, 2018) ve **teknolojinin muharebe sahasının koşullarını insan kapasitesini aşacak biçimde değiştirdiği**, savaş taktik ve araçlarını etkilediği, buna karşılık savaş taktiklerinin de askeri teknolojiye yapılan yatırımlar ile savunma harcamalarının yönünü belirlediği görülmektedir. Bu karşılıklı etkileşim neticesinde günümüzde ve gelecekte;

¹ **Taktik seviye** doğrudan çatışmaların yaşandığı cephe hattını, **operasyonel seviye** askeri komuta kademesinin ve lojistik hatlarının bulunduğu cephe gerisini, **stratejik seviye** ise kamuoyu ve siyasi karar alıcılar gibi cephe hattı ile doğrudan fiziki bağlantısı olmayan ancak askeri yapının arkasındaki manevi gücü oluşturan unsurları barındırır.





◆ Orduların karşı karşıya geldiği hantal cephe savaşları yerine konvansiyonel harbe varmayan daha aktif ve dinamik, hatlara bağlı olmayan düşük yoğunluklu silahlı çatışmaların yaşanacağı,

◆ Savaşların artan maliyeti dikkate alındığında ağır bütçeler gerektiren konvansiyonel ordular yerine **üstün teknoloji ile donatılmış küçük birliklerle** başarının elde edilmesinin amaçlanacağı ve sivil kaybı azaltacağı beklentisinden hareketle **insansız savaş araçlarına (İSA) eğilimin** artacağı (Ak & Çobanoğlu, 2015),

◆ Muharebelerin dağınık ve geniş alanlarda, temasların ise kısa mesafelerde, hareket ve görüş şartları kısıtlı arazilerde, mağara ve tünellerde, yoğunlukla meskûn mahallerde cereyan edeceği,

◆ **Muharebe gücünü** oluşturan; **ateş, manevra, komuta, istihbarat, idame** (sustainment), **korunma, liderlik** ve **bilgi** alanlarındaki (Headquarters Department of the Army, 2011) ilerlemenin, daha çok **bilşim, iletişim, ulaşım** ve **enerji teknolojilerindeki** gelişmelere bağlı olarak gerçekleşeceği, **ağ merkezli mimarinin önem** kazanacağı,

◆ Savaşların, tehlikeli muharebelere uzak durarak, düşmanı yıpratıcı, **uzaktan etki altına alan** isabet ve öldürücülüğü yüksek **ateş gücü** ve **hareket kabiliyeti** yüksek birliklerce gerçekleştirilen sürekli ve süratli **manevralar** odağında cereyan edeceği,

◆ Manevra ve ateş gücünün başarısının ise; **istihbarat, bilgi ve karar üstünlüğü** (*keşif, gözetleme, hedef tespit ve teşhis, veri aktarma, muhabere ve bilgi sistemleri vb.*) ile **hareket yeteneği, idame** ve **süreklilikle** sağlanacağı,

◆ Silah ve mühimmatların **isabet oranı ile menzillerinin** artacağı,

◆ Gelecekteki harekâtların sevk ve idaresinin ağ merkezli bir hal alacağı ve teknolojinin her seviyedeki birlikler için üç boyutlu ve gerçek zamanlı bilgi sunulmasına imkân sağlayacağı,

◆ Her türlü hava koşullarında, gündüz, gece ve daha uzun sürelerde, ikmal yapmadan görev yapabilen başta dron ve İHA'lar olmak üzere **İSA**'ların, hedef aktörün karar vericilerini etki altına alacak şekilde özel maksatlı nokta hedefli görevlerde etkin rol alacağı, hava desteği ve istihbarat faaliyetlerinin her seviyedeki unsurlara entegre edileceği,

◆ **Enerji depolama ve üretme** teknolojilerindeki gelişmenin görev sürelerini uzatacağı, bu sayede hasmı tespit-teşhis ettiğinde veya algıladığında aktif hale gelecek şekilde çalışacak, silahlı/silahsız, mayın özelliğine sahip vb. insansız hava-kara ve deniz araçlarının kullanılması halinde (*at-unut-uyut-algıla-çalış*) hasmın reaksiyon süresinin azalacağı,

◆ **İnsan gücü** merkezli stratejiden, hız-çeviklik-esneklik ve sürat kazandıran, hareket serbestliğini arttıran, gerçek zamanlı bilgi sağlayan, taşıyabildiği enerji ile daha zor şartlarda ve daha uzun sürelerde, uzak mesafelerde görev yapabilen, entegre edilebilir **teknoloji merkezli** stratejiye, başka bir deyiş ile **uzaktan etki altına alan, hızlı karar** vermeyi ve **şiddetli icrayı** sağlayan **insansızlaşan muharebelere** doğru geçiş yaşanacağı öngörülmektedir.





Muharebelerin insansızlaşacağı öngörüsünü destekler nitelikte, harplerin evrimini **teknolojik** gelişmeler ile **organizasyonel** boyuttaki değişimlerin etkileşiminden bağımsız olarak ele alan Ramazan Erdağ, “Savaş ve Çatışmanın Değişen Yapısı: Silahların İnsansızlaştırılması” adlı çalışmasında savaşların yapısal değişimini 3 ayrı döneme ayırmıştır (Erdağ, 2020). Buna göre;

◆ İnsanın temel güvenlik kaygıları nedeni ile şiddete başvurduğu, ok, yay, kılıç ve kişisel zırhların kullanıldığı, insan gücünün ötesine geçmeyen çatışmaların yaşandığı ilkel çağlardan ateşli silahların icadına kadar olan dönem, **Silahsız (kısmen ilkel sayılabilecek silahlar hariç) İnsanlar Arasında Savaş ve Çatışma Dönemi**'dir. Savaşların insan gücüne dayalı olarak kısmen ilkel silahlarla donatılmış insanlar arasında gerçekleştiği dönemdir.

◆ Muharebeler ile orduların yapısında değişimlere neden olan ateşli silahların icadıyla birlikte **Silahlendirilmiş İnsanlar Arasında Savaş ve Çatışma Dönemi** başlamıştır. Ateşli silahların Avrupa'da kullanılmaya başlandığı 12-13'üncü yüzyıldan, nükleer, kimyasal ve biyolojik silahların geliştirildiği ve kullanıldığı döneme kadarki zaman dilimidir. Konvansiyonel silahlardan (*tank, top vb.*) nükleer ve balistik özelliklere sahip silahlara doğru bir evrimin de yaşandığı, silahlanma yarışının arttığı dönemdir.

◆ 11 Eylül saldırıları sonrasında Afganistan'da SİHA'ların kullanımı ile başlayan yeni dönem ise **İnsansızlaştırılmış Silahlar Arasındaki Savaşlar Dönemi**'dir. Afganistan sonrası Irak'ta, Karabağ'da, Ukrayna-Rusya ile İsrail-Hamas savaşlarında kullanılan keşif ve gözetleme maksatlı İHA'lar ile saldırı maksatlı SİHA'lar en somut örneklerdir.

◆ Muharebelerin seyrini değiştiren ateşli silahların icadı ve topun geliştirilmesi **ateş gücü üstünlüğünü** ortaya çıkartarak silahlanma yarışının bu yönde gerçekleşmesini sağlamıştır. Benzer şekilde **insansız silahlı araçlar da keşif, gözetleme, sürat, tespit ve imha** yönünden **operatif ve taktik üstünlüğü** ortaya koymakta **silahlanma yarışını insansız silahlı araçlara, uzaktan komutalı harp araç silah ve sistemlerine** yöneltmektedir.

◆ İnsansızlaştırılmış harp araç silah sistemleri, harekât alanındaki insan sayısını ve dolayısıyla **insan zayıfatını azaltmakta**, en riskli ve tehlikeli bölgelerde, uzun süreli görevlerde, **insan limitlerini zorlayan parametrelerde (yükseklik, basınç, ağırlık, uykusuzluk, yorgunluk, açlık vb)**, **sürat ve hız** gerektiren manevralarda, İHA'lar başta olmak üzere **mikro ölçekte küçültülerek** kullanılabilir.

4. Elektroniğe Bağımlı İnsansızlaşan Sistemlerin Enerji Kaynağı: Piller

Rusya-Ukrayna ve İsrail-Hamas savaşları, savaş ve çatışmaların evrimini farklı bir bakış açısıyla ele alan **bu çalışma** üzerinden okunduğunda; **manevra, ateş, istihbarat, keşif, gözetleme, bilgi ve karar üstünlüğünün** sağlanması ve **hareket kabiliyetinin** artırılmasına katkı sağlayan **insansız araçların** yoğunlukla kullanıldığı, başka bir ifadeyle, **savaş ve çatışmaların, çoğunlukla insansızlaştırılmış silahlar** vasıtasıyla yürütüldüğü görülmektedir.





Gelecekte de **insansız araçların**, gelişmekte olan **yapay zekâ**, **makine öğrenmesi** ile entegre edilerek daha sofistike hale getirileceği, bununla birlikte bahse konu sistemler başta olmak üzere hale hazırda kullanılan diğer harp araç silah ve sistemlerin ihtiyaç duyacağı **enerjinin kesintisiz karşılanmasına yönelik çalışmaların** da artacağı aşikardır.

Zira en genel anlamda hedef, sahip olunan teknolojinin sunduğu imkân ve kabiliyetler ölçüsünde, ya muharebe sahasına ve hasma ait gerçek zamanlı bilgi sağlayan, kendi birliklerinin ve tesislerinin emniyetinin sağlanması adına keşif ve gözetleme yapan ve bu bilgiler doğrultusunda kullanılacak teknolojik harp araç, silah ve entegre sistemlerle **uzaktan etki** altına alınır ya da görece etki ve ilgi sahası daha az olan ve fakat merkezi karargahlarla anlık bilgi paylaşabilen harp araç, silah ve entegre sistemlerle teçhiz edilmiş, hareket kabiliyeti yüksek küçük birlikler tarafından sağlanacak **yakın temaslarla etkisiz hale** getirilir. **Platform merkezli** (*keşif ve gözetleme sistemleri, ihbar ve ikaz sistemleri, komuta kontrol sistemleri, ateş sistemleri ile entegre edilmiş hareketli/hareketsiz platformlar*) **askeri teknolojiler**, hasmı uzaktan etki altına alma veya yakın temaslarla etkisiz hale getirme uygulamalarından hangisinin icra edileceğine dair kararların verilmesine etki eder.

Özellikle **insansız araçlar** başta olmak üzere askeri teknolojilerin **başarısı** ise **etki ve ilgi sahasının büyüklüğü, kapasitesi, dayanıklılığı**, ne kadar **uzun süre bakımsız ve ikmalsiz çalışabildiği, çalışırken tespit edilip edilmediği** vb. parametrelere göre değerlendirilir.

Değerlendirmelere etki eden en önemli girdilerin başında ise harp araç, silah ve entegre sistemlerin ihtiyaç duyacağı **enerjinin görev süresince kesintisiz sağlanması** hususu gelmektedir.

Piller, insanoğlunun günlük yaşamında ve hayatının her alanında, ihtiyaç duyacağı enerjiyi karşıladıkları depolama sistemleridir. Piller özellikle **mobilité** ve **sürat** ihtiyacı, **ağ merkezli mimari**, artan **elektronik bağımlılığı** ve araç **elektrifikasyonuna** bağlı olarak **enerji talebini** karşılayabilmek adına, ihtiyaç duyulan enerjiyi **taşınmasına** imkân verecek şekilde **depolamakta** ve ihtiyaç anında **elektrik enerjisine çevirerek sessiz bir şekilde kullanıma** sunmaktadır. Bu sayede her türlü iklim ve arazi şartlarında kullanılabilen yapısıyla, kuvvetin hareket serbestliğini artırmakta, mobil zırhlı/zırhsız, silahlı/silahsız platformların uzak mesafelerde ve uzun sürelerde sessiz bir şekilde kullanılmasına imkân vermektedir.

Günümüzde, hem devam eden muharebelerde hem de gündelik yaşamda, **insansız araçların** (silahlı/silahsız), **yapay zeka** ve **makine öğrenmesi** destekli **robotik** ve **otonom** sistemlerin, **hibrit** ve **elektrikli araçların**, **taşınabilir bilgisayarların**, **cep telefonlarının**, mikro **kameraların** ve **kablosuz cihazların** kullanım alanları **yaygınlaşmış**, yaygınlaşan bu sistemler için **uzun süreli kesintisiz enerji** sağlayacak şekilde **düşük maliyetli, dayanıklı, yüksek performanslı** ve **hafif enerji depolanma sistemlerine** yani **pillere** olan ihtiyaç ile pillerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artmıştır (Sezer & Basmacı, 2022).





5. Pillerin Tarihi Gelişimine Genel Bir Bakış

Tarihi süreç içerisinde;

- ◆ Kuvvet kaydırma, stratejik intikal ve manevra yeteneği kapsamında toplu taşıma, demiryolları ve zırhlı araçların,
- ◆ Komuta kontrol ve muhabere yeteneği kapsamında telgrafla başlayan ve telefon-telsiz-uydu-internetle gelişim süreci halen devam eden bilişim ve haberleşme teknolojilerinin,
- ◆ Bilgi işlem-mikro elektronik ve telekomünikasyon teknolojileri ile sağlanan otomasyon ve yüksek isabet yeteneğinin,
- ◆ Bilgi toplama-analiz-dağıtma-veri işleme-yapay zekâ-makine öğrenmesi ve sensörlerle gelişen insansızlaşma sürecindeki teçhizatların, **enerji ihtiyacı**, süreç içinde geliştirilen **enerji depolama sistemleri/piller** vasıtasıyla karşılanmaktadır.

Harp araç, silah ve entegre sistemlerinin temel gereksinimi olan enerjinin, kesintisiz olarak sağlanması amacıyla kullanılan **pillerin teknolojik gelişim süreciyle** (*teknik hususlardan bağımsız olarak*) ilgili genel olarak şunlar ifade edilebilir.

◆ Pillerin gelişimi; Bağdat pili ile başlamış, Volta pilleriyle somutluk kazanmış ve günümüzde ise yerini yüksek verimliliğe sahip lityum iyon pillerine bırakmıştır. Piller (*Basit kimyasal hücreli*) Amerikan İç Savaşı döneminde (*19'uncu yüzyıl ortalarında*) **iletişim** ve **aydınlatma** maksatlı kullanılmıştır.

◆ Sanayi devriminin, muharebe sahası ile harp araç silah ve sistemlerine yansıdığı Birinci ve İkinci Dünya Savaşları'nda (1914-1918; 1939-1945) piller (*kimyasal piller ve kurşun asit piller*) **iletişim** sistemleri, **radyolar**, **navigasyon** ekipmanları ve **araçların elektrik** sistemlerini beslemiştir. Özellikle pillerin taşınabilir özelliklerinden hareketle, iletişim ekipmanları ve pil tabanlı elektronik cihazlar büyük bir önem kazanmıştır.

◆ İkinci Dünya Savaşı'nda uçak ve tanklar ile radar gibi diğer ekipmanlar için büyük bataryalar üretilmiştir. Muharebe sahasındaki iletişim hızlanmış, elektrikli sistemler ile aydınlatma pilleri muharebe sahasındaki **operasyonel koordinasyon** ve **etkinliğin** artmasına katkı sağlamıştır.

◆ Soğuk Savaş ve sonrasında ise; yüksek enerji yoğunluğuna sahip pillerin (*lityum iyon piller*) **dron**, **gece görüş gözlüğü**, **GPS cihazları gibi taşınabilir elektronik cihazlarda**, **elektronik harp sistemleri** ve **uzaktan kumandalı** araçlar gibi dijital çağın yeni teknolojik uygulamalarında kullanımı artmış, uzun süreli enerji sağlama kapasitesine sahip nükleer enerji ile çalışan piller nükleer denizaltı ve uzay sistemleri gibi **stratejik silah sistemlerinde** kullanılmaya başlanmıştır.





◆ Özetle, askeri piller; ilk olarak iletişim sistemlerini desteklemek, aydınlatma sağlamak, navigasyon cihazlarını çalıştırmak ve bazı elektrikli sistemleri güçlendirmek amacıyla kullanılmaya başlanmış, teknolojik ilerlemeler ve askeri ihtiyaçlar doğrultusunda, zamanla, daha fazla uygulama alanı bulmuş, günümüzde daha küçük boyutlarda ve daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip pillere ihtiyaç duyan yeni nesil elektronik cihazlar ve savunma sistemleri için **kritik bir bileşen haline gelmiştir**.

◆ Halen geliştirme çalışmaları devam eden, boyutu giderek küçültülen, kapasitesi ve dayanıklılığı artırılan, sürekli çalışabilirliği sağlanan, uzun ömürlü ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip taşınabilir piller, muharebe sahasındaki mobilite, keşif, gözetleme ve saldırı yeteneklerinin artırılmasında, yapay zekâ destekli otonom sistemler ile insansız araçların geliştirilmesinde, **operasyonların uzak mesafelerde ve uzun sürelerde daha güvende ve etkin yürütülmesinde** derin bir etkiye sahiptir.

6. Günümüzde Piller

Özellikle ulaşım ve bilişim teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde elektronik ve ağ merkezli mimariye evrilerek, giderek insansızlaşan ve elektrifikasyonu artan harp araç silah ve sistemlerinin;

- ◆ Uzaktan etki altına alma,
- ◆ Süratli manevralarla hareket üstünlüğünü kazanma,
- ◆ İsabetli atışlarla ateş üstünlüğünü sağlama,
- ◆ Gerçek zamanlı veri ve bilgi toplama, istihbarat, keşif ve gözetleme,
- ◆ Çoklu verileri analiz ve paylaşmak suretiyle karar üstünlüğünü elde etme,
- ◆ Durumsal farkındalığı artırma,
- ◆ Hedef yönetimi-tespit-teşhis ve takip etme,
- ◆ Uzak mesafelerde ve zor şartlarda,
- ◆ Sessizlik ve gizlilik gerektiren uzun süreli görevlerde ihtiyaç duyacağı enerjiyi, hafif ve dayanıklı yapısıyla depolayan, gerektiğinde kullanıma sunan ve enerji sağlanmasında sürekliliği sağlayan, şebeke elektriğine bağımlılığı ortadan kaldıran, çalışması esnada yaydığı ısı ve gürültü nedeni ile tespit edilebilirliğini azaltan, en önemli bileşen haline gelmiştir. Bu da askeri pillere olan talebin, dolayısıyla Ar-Ge ve modernizasyon faaliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Ayrıca; **araçların elektrifikasyonu ile rüzgâr ve güneş enerjisi** gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının **askeri operasyonlara entegre edilebilir** olması, yerleşim yerlerinden uzakta, elektrik şebekesi olmayan bölgelerde jeneratörlere yakıt ikmalinin maliyeti, jeneratörlerin hem ısı yayması hem de gürültülü çalışması, modern savaşların gelişmiş elektroniklere olan bağımlılığının artması (Global Military Battery Market Overview, 2024) da **askeri pillere olan talebi ve teknolojisinin geliştirilmesine yönelik eğilimleri** artırmaktadır.





Muharebe sahasının koşullarını insan kapasitesini zorlayacak şekilde değiştiren teknolojik gelişmeler ile insansızlaşan ve çağın muharebelerinde kullanılan harp araç silah ve sistemlerinin enerji ihtiyacını karşılayacak askeri pillerin geliştirilmesi aşamasında dikkat edilmesi gerekenler için en genel anlamda ifade edilebilecek hususlar ise şunlardır;

- ◆ Kullanıldığı harp araç, silah ve entegre sistem, düşük silüette bulunması gerektiğinden **küçük**,
- ◆ Hareket kabiliyeti ve süratin etkilenmemesi için ise **hafif, taşınabilir, kolay değiştirilebilir**, aynı zamanda diğer cihazlarda da kullanılabilir,
- ◆ Operasyonel gücün devam ettirilebilmesi, hareket serbestliğinin ve mobiletinin sağlanabilmesi için **uzun süre çalışabilen, hızlı ve kablosuz şarj edilebilen**,
- ◆ **Uzun yaşam döngüsüne ve yüksek enerji yoğunluğuna** sahip,
- ◆ **Taşıma ve dağıtım kolaylığı** sağlayan,
- ◆ Yüksek ve düşük sıcaklığa, darbe-yağmur-toz-kir vb. etkilere **dayanıklı, su geçirmez**,
- ◆ Fiziksel boyutları ile kullanılacağı araçtaki yeri/alan dikkate alındığında **entegrasyon aşamasında araçta değişiklik yapılması olasılığını en aza indiren, takılabilir, sökülebilir**,
- ◆ Muharebe sahasında **ısı ve ses yayılımını, fark edilebilme düzeyini minimum seviyede tutan** yapıda ve özelliklerde olmalıdır.

7. Sonuç

Bu minvalde askeri alanda yapılacak pil teknolojisi yatırımları iki başlık altında ele alınabilir. Bunlar;

- ◆ Ömür devri yönetimini dikkate alarak kısa sürede elden çıkartılması maliyetli olan envanterdeki harp araç, silah ve entegre sistemlerin (*tank, top, zırhlı araç, jeneratör, uçak, sahrada yaşam üniteleri, hava savunma sistemleri vb.*) modernizasyonu kapsamında;
 - Yüksek yoğunlukta, kesintisiz ve uzun süre enerji sağlayacak,
 - Yenilenebilir enerji uygulamalarından elde edilen enerjiyi de depolayabilecek,
 - Kullanılacağı teçhizat (şekil, ağırlık, ebat gibi) ile uyumlu, üzerindeki diğer sistemleri etkilemeyecek (şekil, ebat, yer vb.) ve onların görevlerini kısıtlamayacak,
 - Hali hazırda kullanılan pil/bataryanın yerini alabilecek,
 - Yüksek kapasitede depolama imkanına sahip olacak şekilde daha hafif ve dayanıklı malzemelerden üretilmesi,





◆ Özellikle elektronik ve ağ merkezli, yapay zekâ ve makine öğrenmesiyle desteklenebilecek, geleceğin muharebe sahası koşullarına cevap verecek, muharebe sahasında çarpan etkisi yaratabilecek, mikro ölçeklerde de üretilebilecek, insansızlaşan veya uzaktan komuta edilebilecek harp araç, silah ve entegre sistemlerin geliştirilmesinde, ilgili firmalarla yapılacak işbirlikleri üzerinden daha tasarım aşamasından itibaren yer alarak, söz konusu teçhizatın performansını artıracak şekilde pil üretilmesidir.

Asker pil üretimi konusunda yapılacak yatırımlarda geliştirilecek pillerin kullanılacağı fonksiyon alanlarına yönelik de şunlar ifade edilebilir;

- ◆ Modernizasyon kapsamında envanterdeki;
 - Denizaltıların,
 - Uçakların,
 - Paletli ve tekerlekli personel taşıyıcıların,
 - Hava savunma sistemleri ve topların,
 - Tespit-teşhis ve takip sistemlerinin,
 - Elektronik Harp sistemlerinin,
 - Jeneratörlerin,
 - Gece Görüş Cihazlarının, lazer hedefleyicilerin,
 - Telsizlerin,
 - Sahrada yaşam üniteleri (*mutfak, fırın, banyo vb.*) gibi yoğun enerji ihtiyacı olan ve elektrifikasyona tabi tutulabilecek sistemlerin,
- ◆ Tasarım ya da yeni teknolojik harp araç silah ve sistemlerinin geliştirilmesi aşamasında uzun süre kesintisiz çalışması öngörülen;
 - Mikro ölçekte de üretilebilecek olan insansız araçların, özellikle İHA/SİHA'ların,
 - Bilişim sistemlerinin,
 - Atış ve kontrol sistemleri ve mühimmat ile iletişim ve navigasyon sistemlerinin (Military Battery Market Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis to 2030, 2024),
 - Radar, sensör, termal görüntüleme ve gözetleme sistemlerinin,
 - Kablosuz ağ sistemlerinin,
 - Yapay zekâ ve makine öğrenmesi destekli sistemlerin öncelikle ele alınması gerektiği,
 - Geleceğin muharebe koşulları ve hatta günümüzün gündelik yaşamına ait ihtiyaçlar dikkate alındığında her geçen gün hemen hemen her alanda felsefi arka planda yer alan; sürdürülebilirlik, enerji güvenliği, süreklilik, hareket kabiliyeti, sürat, hafiflik, ergonomiklik, sessizlik ve görünmezlik, dayanıklılık, uyumluluk, birlikte çalışabilirlik, ağ merkezli yaşam, elektroniğe bağımlılık, kablosuz yaşam, taşınabilirlik, mobilite vb. kavramların, pil teknolojinin geliştirilmesi çalışmalarında da istikamet belirlenmesinde etkili olacağı değerlendirilmektedir.





Kaynakça

- Ak, T., & Çobanoğlu, N. (2015). İnsansız Savaş Araçları ve Etik. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2). 08 21, 2024 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3537668> adresinden alındı
- Anand, V. (1999, Nisan). Impact of Technology on Conduct of Warfare. *Strategic Analysis*, 23 (1), s.137-150. Temmuz 24, 2024 tarihinde https://ciaotest.cc.columbia.edu/olj/sa/sa_99anv02.html adresinden alındı
- Ateş, B. (2020). Askerî Değişim: Soğuk Savaş Sonrası Dönem Üzerine Bir İnceleme. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (1): 15-42, 10((1)), s. 15-42.
- Başeren, S. (2008). Terrorism with Its Differentiating Aspects. *Defence Against Terrorism Review*, 1(1), 1-11.
- Birdişi, F. (2011). Ulusal Güvenlik Kavramının Tarihsel ve Düşüncel Temelleri. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(31), s. 149-169.
- Çağlar, M. T., & Gülmez, L. (2023). Savaşın yeni araçları: silahlı insansız hava araçlarının (SİHA) yayılması ve büyük güçlerden devlet dışı aktörlere SİHA kullanımı. *1(2)*, 23-47. dergipark.org.tr. 07 23, 2024 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3331422> adresinden alındı
- Dalby, S. (2009). Geopolitics, the Revolution in Military Affairs and the Bush Doctrine. *International Politics*, 46((2/3)), s. 234-252.
- Diomand, J. (2004). *Tüfek, Mikrop ve Çelik*. (Ü. İnce, Çev.) Ankara: TÜBİTAK Yayınları.
- Erdağ, R. (2020, Haziran). Savaş ve Çatışmanın Değişen Yapısı: Silahların İnsansızlaştırılması. *Güvenlik Çalışmaları Dergisi*, 22(1), s. 3-22.
- Headquarters Department of the Army. (2011). *Field Manual 3-0 C 1 Operations*. Washington.
- Karakoç, E. v. (2020). Askerî Güç ve Teknolojik Dönüşüm. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13((72)), s. 229-241.
- Krepinevich, A. (1994). Cavalry to Computer the Pattern of Military Revolutions. 37. The National Interest. Temmuz 25, 2024 tarihinde <http://nationalinterest.org/article/cavalry-to-computer-the-pattern-of-military-revolutions-848> adresinden alındı
- Military Battery Market Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis to 2030*. (2024, January). 08 10, 2024 tarihinde Research and Markets: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5929238/military-battery-market-report-trends-forecast#:~:text=The%20global%20military%20battery%20market%20is%20expected%20to,aerial%20vehicles%20and%20rising%20demand%20for%20electronic%20warfare> adresinden alındı
- Military Battery Market Source*. (2024, Ağustos). 08 12, 2024 tarihinde Market Research Future: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/military-battery-market-9531> adresinden alındı
- Morgan, P. M. (2000). The Impact of the Revolution in Military Affairs. *The Journal of Strategic Studies*, 23(1), s. 132-162.
- ÖKTEN, T. (2018). Askeri alanda devrim'in Türk silahlı kuvvetleri'nin pkk terörizmi ile mücadelesine etkisinin analizi. *Master's thesis, TOBB University of Economics and Technology, Graduate School*



of Economics and Social Sciences. Ankara. Ağustos 12, 2024 tarihinde
<http://gcris.etu.edu.tr:8080/bitstream/20.500.11851/2530/1/533547.pdf> adresinden alındı

Ökten, T. (2020). Askeri Alanda Devrim: Ateş Gücü-Manevra. *Güvenlik Stratejileri*, 16(33), 125-162.
doi:10.17752/guvenlikstrj.719975

Rossiter, A. (2020). Bots on the Ground: An Impending UGV Revolution in Military Affairs? *Small Wars & Insurgencies* (Cilt 31, s. 851-873). içinde Routledge.

Rossiter, A. (2020). Bots on the Ground: An Impending UGV Revolution in Military Affairs? *Small Wars & Insurgencies*, 31((4)), s. 851-873.

Sezer, K. C., & Basmacı, G. (2022). Şarj Edilebilir Pillere Genel Bakış. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(1), s. 297-309. 08 10, 2024 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1802345> adresinden alındı

Sheehan, M. (2014). The Changing Character of War. J. Baylis, S. Smith, & P. Owens (Dü) içinde, *The Globalization of World Politics: An Introduction to International Relations* (s. 215-218). United Kingdom: Oxford Universty Press.

Sloan, E. C. (2002). *The Revolution in Military Affairs Implications for Canada and NATO*. McGill-Queen's University Press.

US DoD. (2013). *Integrated Unmanned Systems Roadmap 2013-2038*,. Washington DC, US.

Yalçınkaya, H. (2019). Savaşın değişimi ve kuramsal tartışmalar. *Güvenlik Yazıları Serisi 46*.
doi:10.13140/RG.2.2.14764.21128

