



GÖRÜNMEZLİK TEKNOLOJİSİ VE TANKLAR



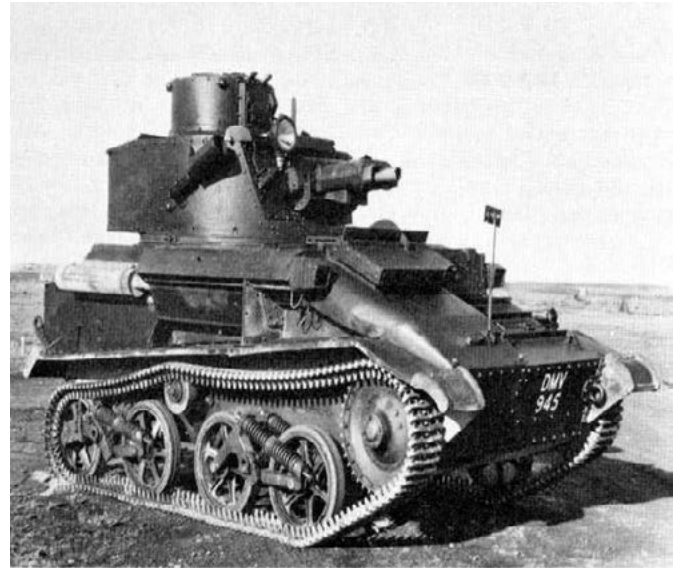
İşbu eserde/internet sitesinde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eser/internet sitesinde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde/internet sitesinde sunulan verilerin/bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde/internet sitesinde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde/internet sitesinde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın eserde/ internet sitesinde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 Dr. Merve SEREN

1. GİRİŞ

Zırhlı birliklerin temel unsuru olan “tank”, son yüz yıldır muharebe sahalarının en hâkim silahlı aracı konumundaydı. Özellikle her iki dünya savaşında son derece kritik bir rol oynamıştı. Mevzi Harbi’ndeki kördüğümün çözülmesi, Birinci Dünya Savaşı esnasında tank savaşı konseptinin gelişmesiyle başladı. Birinci Dünya Savaşı boyunca İngiltere ve Fransa, eşzamanlı fakat birbirlerinden ayrı olarak “ilk tankları” geliştirdiler. İngilizler, 1915’te yaptıkları ilk tanklara “kara gemileri” diyorlardı, ancak zırhlı araçların gizliliğini korumak amacıyla “tank” kavramını kullandılar. Ayrıca hasım devletlerin casuslarını yanıltmak amacıyla “mobil su tankları” geliştirdiklerine dair yanıltıcı haberler yaydılar. Dünya, tankların savaşta ilk defa kullanıldığına; İngiliz Ordusu bir sonraki yıl, 15 Eylül 1916’da Somme Muharebesi’nde “zırhlı kara gemilerini” konuşlandırdığında şahit oldu^[1].

Harp tarihinde tanklar, harekât alanında çok önemli bir kuvvet çarpanı olduklarını, defalarca kanıtladılar. Ancak günümüz savunma sanayiinde bazı görüşlere göre, modern savaşta geleneksel kara, deniz ve hava unsurlarının ötesinde siber-uzay alanındaki imkân ve yetenekler ön plana çıkmış, dolayısıyla tank eski rol ve önemini kaybetmiş bulunuyor. Bunun yanı sıra; yeni teknolojik platformlarla tanklara meydana okuyan roketatarlar, tanksavarlar ve güdümlü füzeler geliştirilmiş olmasına rağmen, tankın muharebe alanında hâlâ belirleyici bir rol oynadığını ve tankı ikame edebilecek başka bir unsur olmadığını savunan görüşler de mevcut.



Şekil 1: İngiliz Mk. VI Hafif Tankı

“Yüksek ateş gücü”, “hareketlilik” ve “üstün koruma” yetenekleri sayesinde ana muharebe tankları (ve kısmen hafif tanklar) günümüzde cazibesini sürdürmekte ve dünya genelinde orduların önemli bir parçası olmaya devam etmektedir. 2017 yılı rakamlarına göre, dünya genelinde en fazla tanka sahip olan ülke Rusya’dır. 20. 216 tankı olan Rusya’yı sırasıyla Çin (6.457), ABD (5.884), Kuzey Kore (5.025), Suriye (4.640), Hindistan (4.426),

[1] “The 10 Greatest Tank Battles In Military History”, War History Online, <https://www.warhistoryonline.com/featured/10-greatest-tank-battles.html>



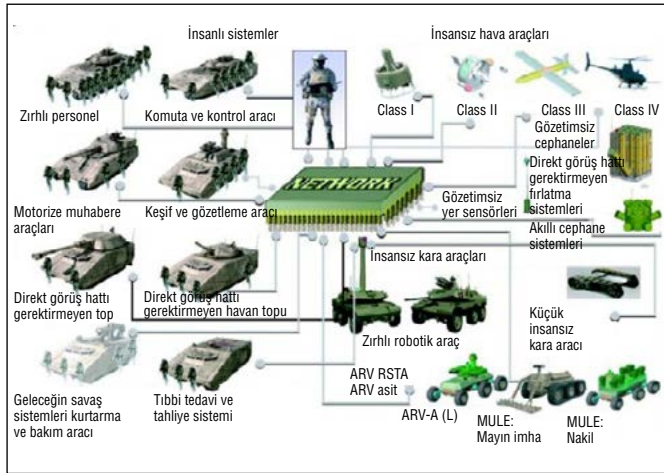
Şekil 2: Polonya'nın Görünmez Tankı PL-01

Mısır (4.410), Pakistan (2.924), Güney Kore (2.654), İsrail (2.620), Ukrayna (2.449) ve Türkiye (2.445) takip etmektedir^[3]. Bu rakamlardan da görülebileceği gibi, tankın işlevselliği Birinci ve İkinci Dünya Savaşlarıyla sınırlı kalmamış, 1990'lı ve 2000'li yıllarda da muharebe meydanlarında kendisini göstermeye devam etmiştir.

Ancak buradaki temel soru; kendisine yönelik geniş tehdit yelpazesi ve yeni platformların fonksiyonu karşısında, tankın nasıl hayatta kalıp görevini icra edebileceğidir. İşte tam bu noktada "görünmezlik" faktörü devreye giriyor. Görünmezlik, tankın çehresini değiştirerek tehditlere karşı koruma sağlamanın ötesinde, onun fonksiyonunu da artırmaktadır.

Değişik katmanları Şekil 3'teki "Beka Soğanı"nda ifade edilen "görünmezliğin" sağlanmasında radar, görsel, termal kızılötesi, elektromanyetik, akustik ve emisyon tekniği gibi farklı sistemler söz konusudur. Ancak her sistem her kuvvete uyarlanabilir değildir. Örneğin akustik azaltım uçaklarda işe yararken kara araçlarında uygulanması neredeyse imkânsızdır. Dolayısıyla, "Neye karşı görünmeyeceğiz" sorusunun cevabı sistemden sisteme değişiklik göstermektedir.

Bu bağlamda, görünmezlik teknolojisinin tanklara, en başta kızılötesi ışınları kullanan termal kameralardan kaçma yeteneği kazandırdığının altı çizilmelidir. Öte yandan tankın, nasıl bir muharebe ortamında ve hangi



Şekil 3: Beka Soğanı (Survivability Onion)^[2]



[2] "Tank Strength by Country", Global Fire Power, <https://www.globalfirepower.com/armor-tanks-total.asp>

[3] Future Combat System (FCS): FCS And The Birth Of FRES, Think Defence, <https://www.thinkdefence.co.uk/from-scimitar-to-fres-to-ajax/fcs-and-the-birth-of-fres/>

maksatla kullanıldığı da belirleyicidir. Mesela asimetrik bir savaş ortamında tank, terör unsurları tarafından yakın mesafeden gece ve gündüz çıplak gözle görülebildiği için, hasım güçlerin tanksavar füzelerine yenik düşebilmektedir. Buna karşılık ordunun yeteneklerine bağlı olarak gece harekâtı söz konusu olduğunda kara birlikleri ellerindeki sistemlerle terör unsurlarını rahatça tespit ve teşhis edebilirken, aynı imkân ve koşullar hasım taraf için geçerli olmamaktadır. Fakat kızılötesi termal kameraların sadece gece harekâtlarında değil gündüz görevlerinde de kullanıldığı, en basitinden hedef takip sistemlerinde termal kameralardan hem gece hem de gündüz istifade edildiği not düşülmelidir. Tüm bu faktörler ve gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda, tankın bekasının muhafaza edilmesi açısından “görünmezlik” teknolojisinin önemi ortadadır. Tankın gelecekte hayatta kalabilmesi ancak “Beka Soğanı” olarak tarif edilen katmanlı yapıyla mümkündür.

2. TANKIN GELECEĞİNİ TANKLARA YÖNELİK TEHDİTLERİN DÜZEYİ BELİRLEYECEK

Eskiden tanklara yönelik tehditler; düşman tankları, piyade birlikleri, savaş uçakları gibi farklı platformlardan gelirdi. Günümüzde ise tankın düşmana istediği şekilde taarruz etmesi her zaman mümkün değildir.

Anti-tank füzelerinin zırh delme kapasitesi arttıkça tankın zırhının da güçlendirilmesi gerekmiş ve buna bağlı olarak tankın ağırlığı artmıştır. Günümüzde yeni nesil tanklar için 70 ton civarı ağırlık normal kabul edilmektedir. Oysa 20 yıl önce tanklar ortalama 20 ton daha hafifti. Ne var ki, tankın ağırlığı arttıkça hareket kapasitesini düşürmemek adına motor ve transmisyona da güçlendirilmesi gerektiği; bu da maliyetlerin katlanarak artmasına yol açtı.

Tank muharebe alanında düşmana/rakibine yaklaşabilen bir ağır sıklet boksörü gibidir, darbe alsa da ayakta kalabilir. Ancak bugün düşman sensörleri, tankı uzak mesafelerden görüp ateş etmek için konumunu düzeltmek zorunda kalmadan büyük isabet oranlarıyla onun en zayıf bölgelerini vurabilecek kabiliyettedir. Bu durumda muharebe sahasında bir tankı gizlemenin, çıplak ve açık arazide bir zürafayı gizlemek kadar zor olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ne kadar mükemmel gizlense de tank gibi büyük bir hedef, aşağıda sıralanan çeşitli sensörler tarafından görülüp tespit edilebilmektedir^[4].

- **Elektro-Optik:** Tank komutanı/nişancısına veya tanktaki bilgisayar sistemine bilgi veren elektro-optik sistemlerle (televizyon gibi) çalışır; gece karanlığında görüş yeteneği de olan ışık kaynaklarını binlerce kez artıran nişangâh ve dürbünlerle sağlanır.

- **Lazer:** Merminin atılacağı hedef ya da nişangâh için açı ve menzil bilgisi sağlayacak görülebilir dar ışık şerididir. (kırmızı, mavi, yeşil vb.).
- **İmaj Enfraruj (Kızılötesi Görüntü):** Elektro-optik sistemde olduğu gibi, spektrumun kızılötesi pozisyon bilgilerini görülebilir görüntüye çevirir.
- **Termal:** Silahı, soğutma sistemiyle soğutulan sensörlerle bulunduğu ısı kaynaklarına yönlendirir.
- **Milimetre Dalga Radarı:** Çıplak gözle görülemeyen cisimleri gösteren, en kısa radar tayfında (L bandı) çalışan radar (özellikle güdümlü füzelerde yararlıdır).
- **Akustik:** Tank motorlarının gürültüsüne yönelir.

Görüldüğü gibi günümüzde tank hedeflerini saptamak için çeşitli kaynaklardan, araç ve sensörlerden çok miktarda bilgi toplanabilmektedir. Buradaki sorun, toplanan bilgilerin nasıl işleneceği ve kullanılacağıyla ilgilidir. Herhangi bir hedefin ateş altına alınması için gereken üç adım geleneksel olarak; “tespit”, “teşhis” ve bizzat “atış” olarak sıralanır. Günümüzde sensörlerin, sensör platformlarının, bilgisayarların ve karmaşık iletişim sistemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla, ateş-kontrol süreci otomatikleşmiş ve merkezi olmaktan çıkmıştır. Aşağıda olağan hedef tespit ve atış sürecinin seyri sunulmaktadır:

- **Hedef Bulma:** Eğitimli bir asker, yüksek irtifada uçan bir keşif uçağı ya da bir füzenin savaş başlığı gibi çeşitli araçlarca yapılabilir ve hedefin ilk saptanması adımı her tayfta olabilir.
- **Bilgi Aktarımı ve Dağıtımı:** Hedef bilgisi, uygun istasyona ya da bir tanksavar füzesinin savaş başlığına iletilir.
- **Hedef Tanıma:** Hedef tanımlama sisteminden gelen bilgiler doğrulanan hedef bilgisine dönüştürülür. Bu görev de insanlar, akıllı harp başlıkları veya insansız hava araçları (İHA) gibi taktik istihbarat platformları tarafından yapılır.
- **Atış Kontrolü:** Bu kavram, nişan almaktan silahı ateşlemeye ve bir füzeyi hedefe yönlendirmeye kadar her şeyi içerir.

Örneğin, M-1 Abrams tankında kullanılan ve uranyum artığı içeren bir kinetik enerji mermisi olan X-ROD mühimmatının burun kısmında bir milimetre dalga sensörü ve bir bilgisayar çipi bulunur. Bunlar merminin seyri sırasında bölgede hedef arar, bulunduğu muhtemel hedefi kendi bilgisayarına programlanmış olan görüntüyle karşılaştırır. Hedef uyumu sağlandığında, X-ROD hedefe yaklaşık bir km mesafede roket motorunu ateşler ve mermiyi hedef tanka doğru ivmelendirir.

Tankın geleceği konusundaki tartışmalarda bir görüşe göre, bugün “tank”ı düşman tehditlerinden korumanın maliyeti ondan sağlanan faydayı aşmaktadır. Tankın amacı muharebe sahasında çeşitli yerlere ateş açıp tahrip etmek ise, bu görev artık uzun menzilli füzelerle daha düşük maliyetle ve daha etkili olarak yapılabilmektedir. Kaldı ki bu görüşü savunanların bir kısmı, düşman

[4] George Friedman & Meredith Friedman, The Future of War: Power, Technology and American World Dominance in the Twenty-first Century, St. Martin's Press, 1998, s. 272

tanklarını ya da birliklerini yok etmek için artık tanka ihtiyaç kalmadığını öne sürmektedir.

Buna karşılık, “tank”ın 2116 yılında, yani iki yüz yaşında da muharebe sahasında olacağını düşünenler ve onun gelecekte nasıl ayakta kalabileceği sorusunun cevabını tankın kapasitesini artırarak arayan kuruluşlar/firmalar vardır. Amerikan DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), GM (General Motors) ve TARDEC (Tank Automotive Research, Development and Engineering Center) ile İngiliz BAE (British Aerospace and Electronic) Systems ve DSTL (Defence Science and Technology Laboratory) bunlardan bazılarıdır. Bu kuruluşlar, askeri amaçlı görünmezlik teknolojileri (Radar Soğurucu Malzemeler, Radar Soğurucu Yapılar, Radar Kesit Alanı Tahmin Yazılım Kodları, Infrared/Gözle Görülür/Akustik/Manyetik İz Azaltıcı Malzeme ve Teknikler ile her türlü İz Tahmini Yazılım Kodları) geliştirmektedir.

3. “GÖRÜNMEZLİK” TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL SEYRİ

“Görünmezlik” ya da “az/düşük görünürlük (low observatory)” teknolojisi ilk olarak uçaklarda uygulanmıştır. Görünmez uçak geliştirme çabalarının başlangıcı Birinci Dünya Savaşı'nın öncesine kadar gider. Henüz radarın icat edilmediği o dönemde “görünürlük” temel bir kaygı nedeni olduğu için uçakların tespit edilmesini zorlaştıracak teknoloji arayışlarına girilmişti. 1912 senesinde Alman tasarımcılar, kanatları ve gövdesi selülozdan oluşan bir malzemeye kaplı, büyük oranda şeffaf tek kanatlı bir uçak ürettiler. Görünürlüğü azaltmak için uçağın iç payandası ve diğer kısımları açık renklerle boyanmıştı. Bu durumda yerden bakıldığında, 300 metre veya daha yüksekte seyreden bir uçağın görünürlüğü etkin şekilde kayboluyordu. Böylece Almanlar Birinci Dünya Savaşı boyunca muharebelerde muhtelif şeffaf uçaklar görevlendirdiler. Rus uçak tasarımcılarının şeffaf uçak geliştirmeye yönelik çabaları ise 1930'larda başladı.

İkinci Dünya Savaşı esnasında radarın icat edilmesiyle görünmezlik hem eskisinden daha fazla ihtiyaç duyulan hem de makul ve uygulanabilir bir hal aldı. Çünkü uçaklar radyo dalgalarını emebilir, geri çevirebilir veya saptırıp yönünü değiştirebilir özelliklere sahipti. Görünmezlik ihtiyacındaki artış, radarın hava araçlarını algılama ve saptamada hayli etkili olması ve uçaksavar sistemlerine entegre edilme imkânından kaynaklanıyordu.

İkinci Dünya Savaşı esnasında Almanya, düşman uçaklarında bulunan radarlara karşı daha düşük görünürlük sağlamak için, denizaltılarının şnorkellerini radyo dalgalarını absorbe edebilen bir boyayla kapladı. Öte yandan ABD, 1945 yılında, içinde demir bulunan ve radyo dalgalarını absorbe edebilen bir boya geliştirdi. Boya, uçağı daha az radar reflektör yapabiliyordu ancak MX-

410 gibi, malzemenin muhtelif katmanlarından ötürü uçağın ağırlığını neredeyse uçmasını engelleyecek kadar artırıyor, kullanışsız ve güç idare edilir kılıyordu.

Görünmezlik teknolojisinin ilerleyişi savaş yıllarından sonra da devam etti. 1960'lı yılların ortasında Lockheed firmasının ürettiği yüksek irtifada trisonik hızda giden keşif uçağı “SR-71 Blackbird”, radyo dalgalarını absorbe etmek için özel olarak tasarlanmış bir yapıya sahipti. Kanat ve kuyruk kenarları, enine-kesitsel tasarım, geri iletim, iron ball boyası vb. özellikleriyle bugün için dahi fazlasıyla radar görünmezliği sağlıyordu. Takribi 100.000 feet irtifada uçan SR-71 Blackbird, radar izlemesine takılmadan rutin olarak güvenilir bir şekilde Sovyet hava sahasına sızmayı başarmış ve kariyeri boyunca hiç düşman angajmanına maruz kalmamıştır. Bunda radar kesit alanı kadar hız ve yüksek irtifa kabiliyetlerinin de etkili olduğunun altı çizilmelidir.



Şekil 4: SR-71 Blackbird^[5]

Radar, elektro-optik kızılötesi (EO/IR), lazer ve akustik gibi araçların saptamasından kaçmak için her türlü metodu uygulayan, gerçek görünmezliğe sahip uçakların geliştirilmesine yönelik çalışmalar, başta ABD olmak üzere, 1960

[5] “How they built the Blackbird: Fascinating pictures show birth of Lockheed's top secret SR-71 spy plane - which is STILL the fastest plane ever built after 39 years”, Daily Mail, 09 February 2015, <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2946088/Pictures-engineers-1960s-built-secret-SR-71-Blackbird.html>

ve 1970'li yıllar boyunca sürdü. Bu çalışmalar uzunca bir süre başarıyla gizlilik içinde yürütüldü. Ancak 22 Ağustos 1980 günü düzenlenen basın toplantısında ABD hükümeti, görünmezlik kalkını bulunan uçağa dair sızan bilgi ve haberlerin doğruluğunu kabul etti. Bu tarihten sonra ABD'de görünmez uçak olarak Northrop Grumman tarafından üretilen bombardıman uçağı B-2 ile Lockheed Martin'in savaş uçağı F-117A Nighthawk'a ilişkin çok sayıda bilgi ve haber basında yer almaya başladı^[6].

Savaş uçaklarına "gizlenebilirlik/görünmezlik" imkânı sağlayan "stealth" teknolojisinde günümüzde büyük ilerlemeler kaydediliyor^[7]. Kamuoyunda genellikle "hayalet

uçak" şeklinde adlandırılan "stealth aircraft/fighter", radar sinyallerini absorbe ederek radara yakalanmamakta, ayrıca görsel, termal kızılötesi, elektromanyetik, akustik ve emisyon tekniği gibi, bu sınıf uçaklara özgü farklı şartları da karşılamaktadır. Envantere girmekte olan JSF/F-35 Müşterek Taarruz Uçağı da ileri gizlenebilirlik özelliğine sahiptir^[8]. Bu aşamada, Çin'in F-35'e referansla geliştirdiği öne sürülen Chengdu J-20'sinin de, Amerikan ve Rus görünmezlik teknolojisi karşısında haiz olduğu imkân ve kabiliyetlerle kendisinden ziyadesiyle bahsettirdiği belirtilmelidir^[9].

Burada bir parantez açıp "görünmezliğin" en yalın anlatımıyla "soğurma (absorbing)" ve "karıştırma



Şekil 5: B-2 Spirit



Şekil 7: Chengdu J-20



Şekil 6: F-117 Nighthawk



Şekil 8: F-35

[6] Larry Gilman, "Stealth Technology" inside K. Lee Lerner and Brenda Wilmoth Lerner (Eds.), Encyclopedia of Espionage, Intelligence and Security (Volume III), New York: Thompson & Gale, 2004, ss. 11, 115-119

[7] Bu hususta örneğin hava-deniz savaşı için geliştirilmiş operasyonel bir kavram olarak "Müşterek Görünmezlik Kuvvet Gücü (The Joint Stealth Task Force)"ne bkz. Harry Foster, "The Joint Stealth Task Force An Operational Concept for Air-Sea Battle", Joint Force Quarterly 72 (1st Quarter, 2014), ss. 47-53

[8] F-35'in görünmezlik kabiliyetlerine ilişkin bkz. "F-35 Stealth Capabilities", <https://www.f35.com/about/capabilities/stealth>. Ayrıca ABD'nin 21. yüzyıl enformasyon savaşlarında ve bilhassa üçüncü offset stratejisi kapsamında "görünmezlik teknolojisi"ne yatırım yaptığı vurgulanmalıdır. James R. McGrath, Twenty-First Century Information Warfare and the Third Offset Strategy, Joint Force Quarterly 82 (3rd Quarter, July 2016), s. 17.

[9] "China's Homegrown Stealth Fighter Jet Is Now in Service", Fortune, 28 September 2017, <http://fortune.com/2017/09/28/china-chengdu-j-20-stealth-fighter-jet/>; Valerie Insinna, "Stealth technology gap narrows, but US Air Force's experience could give it an edge", Defense News, 2 August 2017, <https://www.defensenews.com/air/2017/08/02/stealth-technology-gap-narrows-but-us-air-forces-experience-could-give-it-an-edge/>; Reuben F. Johnson "New Chinese Fighters Tap Russian, U.S. Technology", Paris Air Show, 20 June 2017, <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2017-06-20/new-chinese-fighters-tap-russian-us-technology>; "China flexes military muscle with rare pictures of its latest stealth fighter jet which is said to be built based on US war plane plans 'stolen by hackers'", Mail Online, 23 October 2017, <http://www.dailymail.co.uk/news/article-5009459/China-shares-rare-pictures-J-20-stealth-jets.html>; Carlo Kopp, "Chinese stealth and other fighters", Defense Today, Air Power Australia, March 2011, <http://www.ausairpower.net/SP/DT-PLA-Fighters-March-2011.pdf>

(jamming)” şeklinde iki metoda dayandığı kaydedilmelidir.

Görünmezlik teknolojisinin temel mantığı “soğurma” yoluyla ısı algısına dayalı çalışan kızılötesinden kaçınmaktır. Bunun için araç üzerinde kullanılan kesit ve materyaller, aracın sıcaklığını hızla bulunduğu ortamın sıcaklığıyla uyumlaştırarak tespit olasılığını düşürmektedir. Öte yandan, soğurmayla birlikte “karıştırma” metodu uygulanmaktadır. Karıştırma, radar bandında (frekans aralığı üzerinde) parazit yaratarak düşman radarlarını etkisizleştirir. Nitekim F-35’lerin düşük görünürlük kabiliyetleri, aynı zamanda sahip oldukları radar karıştırma teknolojisiyle bağlantılıdır.

4. GÖRÜNMEZLİĞİN YAYILMASI: HAYALET UÇAKLARDAN GÖRÜNMEZ TANKLARA

Görünmezlik teknolojisi zaman içinde havadan sonra diğer kuvvet unsurlarına da nüfuz etmiş, deniz ve kara araçlarını görünmezlik zırhına büründürmede önemli mesafeler kaydedilmiştir. Görünmezlik teknolojilerindeki ilerleyişten hayalet uçaklar ve gemilerden sonra tanklar da nasiplenmeye başlamıştır^[10].

Günümüzde tankın/zırhlı birliklerin gelişen tanksavar ve füze teknolojileri karşısında hayatta kalabilmek için genellikle gece harekâtı yapmaları kaçınılmaz olmuştur. O nedenle tanklar için görünmezlik teknolojisi karanlıkta, bilhassa gece harekâtlarında görülmeyi engelleyen teknolojileri içermektedir.

Burada belirtilmesi gereken bir husus tankların “görünmezlik” teknolojisiyle uçaklara ve gemilere kıyasla daha geç buluşmuş olmasıdır. Bunun temel nedeni, tankların zırh yapısıyla, “vurulsa bile göreve devam etsin yaklaşımıyla” tasarlanmasıdır. Diğer bir neden ise, kara radarlarının algısından kaçabilen tankların termal kameralardan kaçma olasılığının düşük olmasıdır. Başka bir deyişle, gece operasyonuna çıkan tankların kara radarlarından ziyade ısı dalgaları kanalıyla tankın motor ısısını algılayan termal kameralara yakalanması söz konusudur. Termal kameraların çalışma prensibi, kızılötesi ışınlar, yani ısı dalgaları kanalıyla hedefin tespit edilmesine dayandığından; gece harekâtını icra eden bir tankın karanlıkta keşfedilmesi görece çok daha kolaydır. Şayet hem radar hem de kızılötesi ışınlar, dalgalardan meydana geliyorsa; o halde “tank, neden radardan kaçabilirken kızılötesine yakalanıyor” şeklinde bir soru yöneltmek mümkündür. Öncelikle belirtmek gerekir ki, radar Doppler prensibi ile çalışır ve dalga yansımalarını yorumlayarak hedef tespiti yapar. Yeryüzü şekilleri Doppler dalgalarının yansımalarını etkilerken ısı temelli termal dalgalar bundan etkilenmez.

Ayrıca radara kıyasla kızılötesi ışınlar daha kısa dalga boyuna fakat daha yüksek enerjiye sahip elektromanyetik dalgalardan oluşur. Bu yüzden radar hedefi, daha bulanık olsa da daha uzaktan algılayabilirken, yakın mesafelerde fonksiyonel olan kızılötesi ışınlar yine dalga boylarının nitelikleri itibarıyla hedefi çok daha yüksek çözünürlüklü olarak tespit edebilir. Sonuç olarak, tankların görünmezlik teknolojilerinden istifade edebilmesi kızılötesi ışınları kullanan termal kameralardan kaçma yeteneğinde gizlidir.

“Eğer düşman sizi göremez ise, size ateş de edemez” şiarıyla görünmezlik teknolojisi üzerine yoğunlaşan BAE Systems; radarlara ve termal kameralara/sensör sistemlerine yakalanmayan ADAPTIV adını verdiği bir kamufraj geliştirmiştir^[11]. Dünyanın ilk görünmez tankını üreten BAE



Şekil 9: Adaptiv - HPK15B Helicopter



Şekil 10: Adaptiv - Kopia

Systems’in açıklamalarına göre, görünmezlikte son teknoloji eseri olan ADAPTIV hava, deniz ve kara araçlarına uygulanabilir bir üründür. Boya ve ağları kullanarak araçları saklamak üzere geliştirilen geleneksel kamufraj sistemlerinden farklı alternatif bir metot olan ADAPTIV teknoloji görüntüyü anlık kaybetme imkânına sahiptir. Araçlar, ADAPTIV sayesinde harekât alanındaki ortama uyum sağ-

[10] Savaş gemilerinde görünmezlik teknolojisini inceleyen bir çalışma için bkz. Christopher Lavers, Stealth Warship Technology (Volume 14: Reeds Marine Engineering and Technology Series), Bloomsbury Publishing, London, 2012. Keza savaş uçaklarında görünmezlik teknolojinin gelişimini konu alan bir çalışma için Doug Richardson, Stealth Warplanes, MBI Publishing, 1998.

[11] ADAPTIV hakkında bkz. “ADAPTIV-Cloak of Invisibility”, BAE Systems, <https://www.baesystems.com/en/feature/adativ-cloak-of-invisibility>



Şekil 11: Adaptiv – Yakın Plan Çekim

layarak sıcaklık derecesini kopyalayabilmekte ve böylece büyük askeri ekipman parçaları dahi perdelenabilmektedir. Dahası tankın araba, çallık veya kaya şeklinde herhangi bir nesne gibi görünmesi sağlanabilmektedir.

ADAPTIV'in kamuflaj sistemi zırhlı araçların kanat/yan taraflarını kaplayan ve petek gözünü andıran altıgen modülleri kullanmaktadır. Şekil 11'de görülen bu modüller hızla ısınabilen ve yine hızla soğuyabilen, dahası münferit olarak kontrol edilebilen, böylece alternatif örüntülerin yaratılmasına olanak sağlayan elementler

ihativa etmektedir. Daha basit bir anlatımla "kara taşıtı" özünde bir "bukalemun" gibi çalışmakta, detaylı bir termal görüntü setini kullanarak kendi çevresini panellere yansıtarak taklit edebilmekte veya bulunduğu ortamdaki kamyonet, araba gibi nesnelere kopyalayabilmektedir. Böylece tank kızılötesi gece görüş cihazlarının ekranlarında sivil bir araç ya da kamyon şeklinde görünmektedir. Kara taşıtı tüm bunların yanı sıra dost kuvvetler tarafından kolayca ayırt edilebilmesi için kanatlarından ya da farklı örüntüler yaratarak metin iletisi şeklinde barışçıl niyetli sinyaller verebilmektedir. Böylece dost uçaklar, hangi tankların dost hangilerinin düşman olduğunu rahatlıkla ayırt ederek hedeflerine doğru odaklanabilmektedir.

Bütün bunların ışığında "görünmezlik" teknolojisinin farklı teknolojilerin bir araya gelmesiyle oluştuğu anlaşılmaktadır. Malzeme teknolojilerinin daha da gelişmesiyle, gelecekte benzer aktif kamuflaj sistemlerinin daha da yaygınlaşması kuvvetle muhtemeldir.

Daha önce belirtildiği gibi görünmezlik teknolojisinin görsel, radar, termal-kızılötesi, elektromanyetik ve akustik boyutları söz konusudur. Hayalet uçaklarda olduğu gibi tankların da dış kısmının elektromanyetik enerjisi soğurucu/saptırıcı malzemeden yapılması veya gövde kısmının bu amaçla uyumlu bir geometrik tasarıma tabi kılınması, söz konusu teknolojik tedbirlerin ilk sırasındadır. Öte yandan, tank tasarımında "radar izi" ve "radar kesit alanı"^[12] azaltımı, yeni bir konsept olmamakla birlikte güncelliğini korumaktadır. Radar izi azaltımının ilk örneklerden biri, İngilizlerin 1990'larda geliştirdiği Chieftain SID (Signature Integration Demonstrator)'dir. Bir başka örnek 1990'ların sonunda ortaya çıkan prototipe rağmen geliştirme safhasında kalan; kızılötesiyle radar izinin azaltılması amacıyla her tarafı özel görünmezlik materyaliyle kaplanan Fransız AMX-30'un DFC (Démonstrateur Furtif Chenillé=Stealth Tracked Demonstrator) modelidir. Bu modelde her ne kadar tasarım ve geliştirme safhalarında önemli bir noktaya erişilmişse de, AMX-30 DFC geliştirme safhasında kalmış – 105 ve 120 mm'lik AMX-32, AMX-30B ve AMX-40 gibi farklı varyantları içe-



Şekil 12: Innovation Adaptiv Car Signature

[12] RCS ölçümü, azaltımı, F-117'nin RCS azaltımı ile radar izi azaltım görselleri (ss.27-31) başta olmak üzere radar ve görünmezlik teknolojisinin gelişim süreci ve tarihsel örneklere (U-2, SR-71) dair bkz. Rebecca Grant, The Radar Game: Understanding Stealth and Aircraft Survivability, IRIS Independent Research, Arlington, Virginia, 1998. Ayrıca radar izi ve RCS arasındaki ilişkiyi konu alan bir makale için bkz. Radar Signatures and Relations to Radar Cross Section, Mr P E R Galloway, Roke Manor Research Ltd, Romsey, Hampshire, United Kingdom, April 2015, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.621.6546&rep=rep1&type=pdf>



Şekil 13: PL-01



Şekil 14: T-14 Armata

ren muhtelif projeler söz konusu olsa da – hiçbir zaman operatif olarak hizmete girmemiştir. Ancak bu doğrultuda çalışmalar Leclerc (2010-2015-2020 modelleri) üzerinde de yürütülmüştür. İlk olarak 1980’li yıllarda geliştirilen Leclerc, hâlihazırda Avrupa’daki tüm ana muharebe tankları arasında en hafif zırha sahip tanktır; 120 mm’lik tank topuna ve gelişmiş elektronik ateş kontrol sistemine

haizdir. Görünmezlik teknolojileri sayesinde tankın radar imzası (küçük, iki kişilik kule ve radar soğurucu kaplamayla) azaltılmıştır^[13]. Ayrıca Polonya şirketi OBRUM ile BAE Systems tarafından müşterek geliştirilen, İsveç’in 1993’te ürettiği ve hâlihazırda envanterinde kullanımında olan zırhlı muharebe aracı Stridsfordon 90’nın^[14] şasisi üzerine inşa edilen ve 2014 yılında kamuoyuna tanıtılan PL-01 hafif tankı, bu alanda örnek bir öncü tasarımıdır^[15].

Öte yandan “ele geçirilmez hayalet tank”, “silah dünyasını değiştiren tank” ya da “Batılı ülkelerin korkulu rüyası T-14” şeklinde tasvir edilen Rusların meşhur tankı T-14 Armata 2009’da dünyanın en büyük ana muharebe tankı imalatçısı Uralvagonzavod’un (UVZ) Tasarım Bürosu’nda geliştirilmeye başlanmış ve ilk kez 2015 Mayıs ayında dünyaya duyurulmuştur. UVZ yetkililerinin açıklamasına göre, tank radyo dalgalarını emici malzemeler ve özel boyayla kaplanacak, bu sayede kolay fark edilmeyecekti. Bilahare Armata’ya radyasyon yayma kaynakları eklenecek ve tanka görünmezlik özelliği kazandırılacaktı.

Teknolojinin detaylarına bakıldığında görülebileceği gibi, Armata’nın orijinal silüetinin Mantiya adı verilen özel geliştirilmiş bir malzemeyle kaplanması sayesinde, aracın termal gözetleme sistemleri ve radarlar tarafından görülme olasılığı önemli ölçüde düşmektedir^[16].

Kuşkusuz, günümüzde “görünmez tank teknolojisi” yatırım yapan devletler sadece ABD, İngiltere, Rusya ya da Polonya ile sınırlı değildir. Görünmezlik teknolojisiyle ilk hava ve akabinde deniz araçlarıyla tanışmış olan Almanya da bu teknolojinin mimarlarından ve en fazla yatırım yapanlarından biridir. Bu bağlamda, nasıl ki Rusların T-14’ü, Polonyalıların PL-01’i, Amerikalıların Abrams’ı, Fransızların Leclerc’i varsa Almanların da Leopard-2 için benzer görünmezlik teknolojileri geliştirme çabaları içinde olduğu iddia edilmektedir^[17].

Muharebe meydanlarında tankın kullanılmaya devam edeceğini ve bu bağlamda görünmezlik teknolojisine yatırım yapan ülkelerin daha avantajlı bir konumda seyredeceğini kanıtlayan çalışmalardan birisi de İsrail’e aittir. Şöyle ki, İsrail Savunma Bakanlığı da yaptığı bir açıklamada savunma şirketleri ile Bakanlığın Ar-Ge Departmanı tarafından birlikte geliştirilen projeler arasında “görünmez tank” projelerinin de aralarında yer aldığı

[13] Martin J. Dougherty, Top 50 Tanks, Chartwell Books, New York, 2017, ss. 46-48 ; French AMX-30 démonstrateur furtif Chenillé, <https://live.warhunder.com/post/406459/en/?comment=1648678> ; PL-01 Article, <https://aw.my.com/en/forum/showthread.php?512-PL-01-Article/page2>; Arda Mevlütoğlu, Ana Muharebe Tankı Tasarımı Üzerine Notlar: Beka Kabiliyeti, 14 Ağustos 2014, <http://www.siyahgribeyaz.com/2014/08/ana-muharebe-tank-tasarm-uzerine-notlar.html>

[14] “CV90 Armoured Combat Vehicle”, Army Technology, <https://www.army-technology.com/projects/cv90/>

[15] PL-01 tankının teknik özellikleri ve kabiliyetleri hakkında bkz. Poland PL-01 tank”, Global Security, <https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/pl-01.htm> ; Tyler Rogoway, “Is Poland’s Stealthy PL-01 The Tank Of The Future?”, Foxtrot Alpha, 29 March 2014, <https://foxtrotalpha.jalopnik.com/is-polands-stealthy-pl-01-the-tank-of-the-future-1554395391>

[16] Dmitry Litovkin, “Infrared and invisibility: Russia’s new tanks top up on technology”, Russia Beyond, 17 May 2017, https://www.rbth.com/defence/2017/05/17/infrared-and-invisibility-russias-new-tanks-top-up-on-technology_764601 ; “Batılı ülkelerin korkulu rüyası: T-14 Armata tankları”, Sputnik News, 15 Mart 2016, <https://tr.sputniknews.com/analiz/201603151021493503-bat-korku-rusya-t14-armata-tank/> ; “T-14: Silahlar dünyasını değiştiren Rus tankı”, Sputnik News, <https://tr.sputniknews.com/infografik/201707031029118104-armata-tank-rusya-silah/> ; Jonathan Marcus, “Nato, Rusya’nın yeni Armata T-14 tanklarından endişelenmeli mi?”, BBC Türkçe, 30 Mayıs 2017, <http://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-40092650>

[17] Bu hususta bir parantez açıp; Rusya’ya mukabil, Almanya’nın tank gücünü %40 oranında arttırmak üzere çalışmalara başladığı not düşülmelidir. Almanya’nın yalnızca Leopard 2A4, 2A6 ve 2A7V modellerinde yapacağı modernizasyonunun 833 milyon dolara tekabül edeceği; ancak bunların ötesinde tank filosunda yer alan muharebe tanklarının sayısını 225’ten 320’ye çıkaracağı kaydedilmelidir. Sebastien Roblin, “Get Ready, Russia: Germany Is Expanding Its Tank Forces by 40 Percent”, National Interest, 13 May 2017, <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/get-ready-russia-germany-expanding-its-tank-forces-by-40-20639>

vurgulanarak İsrail'in hâlihazırda geliştirmekte olduğu "F-35'lerin tank versiyonlarının" radara yakalanmayacağı belirtilmiştir^[18].

5. GÖRÜNMEZ TANKLARIN GELECEĞİ

Görünmezlik teknolojisinin, her ne kadar başarısını geniş olarak daha fazla kanıtlanması gerekse de, imza azaltım (signature reduction) yönteminde hayli yol kat ettiği de göz önünde bulundurulmalıdır. Hâlihazırda, görünmezlik teknolojisi tüm devletler için küresel ölçekte erişilebilir ve uygulanabilir olmasa da, yakın gelecekte dünya çapında orduların en azından hayalet uçakların özelliklerini kopyalayarak görünmezlik teknolojisini geliştireceğini söylemek mümkündür.

Bugün savunma sanayiine yön veren devletler "görünmezlik" çalışmalarına özel önem atfediyor; ancak bu alanda yaptıkları yatırımları tek bir platformla sınırlandırmıyor; hava, deniz ve kara unsurlarına yönelik farklı görünmezlik modelleri geliştiriyorlar. Elbette, böylesine ciddi teknolojik altyapı ve uzmanlık birikimi gerektiren savunma sanayiine dönük çalışmaların devletlerce gizli tutulması ihtimali de söz konusudur. "Görünmezlik teknolojisi" tankın sadece muharebe sahasındaki üstünlüğü değil, aynı zamanda bekası için de yaşamsal önemdedir. Bu nedenle özellikle Türkiye gibi, son derece kırılğan ve istikrarsız güvenlik ortamında bulunan bir ülke için tankın fonksiyonu, gerek ülke içinde ve gerekse sınır ötesinde yürütülen harekâtlar açısından ziyadesiyle mühimdir. Nitekim Türkiye'nin son on yıl içinde görünmezlik teknolojisine atfettiği önemin artması ve bu minvalde yürütülen Ar-Ge çalışmaları kayda değer ve umut verici niteliktedir. Örneğin Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (NANOTAM) araştırmacılarından Özgür Çakmak'ın geliştirdiği "görünmezlik pelerini" teknolojisinin, askeri araçların üzerine kaplanacak bir metalmalzeme sayesinde istenilen frekans bandında tankların hatta havadaki uçakların görünmezliğini mümkün kıldığı belirtilmektedir. NANOTAM Başkanı Prof. Dr. Ekmel Özbay, Türkiye'nin bu çalışmayla görünmezlik pelerini üretme teknolojisine erişebilen ABD ve iki Avrupa Birliği üyesi ülkenin ardından 4. ülke konumuna geldiğini duyurdu. Keza Türkiye'nin son yıllarda başlattığı "ilk yerli hayalet uçağı" kapsamındaki görünmezlik zırhı (her türlü görsel, radar, kızılötesi ve termal izini azaltımı) geliştirme çabalarının, yakın gelecekte kara araçları ve diğer platformlara da yayılması beklenmektedir. Bu hususta

bir başka gelişme, radar teknolojisinin yanı sıra, elektronik harp kendini koruma teknolojilerine ve radar kesit alanı azaltımı tekniklerine ilişkin Ar-Ge faaliyetleri yürüten ASELSAN tarafından üretilen radar soğurucu boya ve malzemelerdir. Çalışmalar neticesinde kara, deniz, denizaltı, süpersonik hava platformları çevresel isteklerini sağlayacak şekilde muhtelif tipte Radar Soğurucu Malzemeler (RSM) ve Radar Soğurucu Yapılar (RSY) geliştirilip ürüne dönüştürülmüştür. Örneğin Türk savunma sanayiinin yerli kaynaklarla geliştirmekte olduğu muharip platformlardan (TTHB, LST, TF2000, MMU, MMİHA vb.) biri olan MİLGEM projesinde yapısal kompozit parçalara radar soğurucu özellik kazandırılması dikkate değer bir teknolojik kabiliyet olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda MİLGEM projesi kapsamında üretilen ikinci savaş gemisi olan TCG Büyükada'nın Türk Deniz Kuvvetlerinin en düşük radar görünürlüğüne sahip gemisi olduğunun altı çizilmelidir. Son olarak, Hacettepe Teknokent'te iki bilim insanı tarafından "multispektral gizleme ağı" geliştirildiği ve Sun Tekstil Ar-Ge Merkezinde geliştirilen askeri görünmez kılan kamuflaj giysisinin TSK'da denenip ardından üretime başlandığı ifade edilmelidir. Dünyada hem görünürlük hem radar hem de termal kameralardan saklanabilen malzeme üretebilen çok az firma olduğunu kaydeden Sun Holding Yönetim Kurulu Başkanı Ünlütürk, ABD ve İsrail'in ardından Türkiye'nin üçüncü sırada yer aldığını vurgulamıştır. Ayrıca insan, tank ya da mühimmatta oluşan ısıyı renk kontrastına neden olmayacak şekilde yayarak dağıtabilen kumaşın bu özelliğiyle termal kameralara karşı koruma sağladığı, aynı zamanda kumaşın komuta merkezi ve mühimmatın saklanması için kullanılmaya başlandığı dile getirilmiştir^[19]. Bu gelişmelerden hareketle, gelecekte görünmez tankları insansız kuleleriyle veyahut görünmezlik zırhına bürünen mürettebatıyla muharebe sahalarında yaygın şekilde göreceğimiz kuvvetle muhtemel olduğu söylenebilir.

Görünmezlik teknolojisinin gelişmesi, savunma alanı ve sektörüyle yakından ilişkilidir. Bu itibarla savunma sanayiine önem veren çoğu devletin, görünmezlik teknolojisine büyük yatırımlar yaptığı bilinmektedir. Hâlihazırda, görünmezlik teknolojisi tüm devletler için küresel ölçekte erişilebilir ve uygulanabilir olmasa da; yakın gelecekte dünya çapında orduların görünmezlik teknolojisinin, en azından hayalet uçakların özelliklerini kopyalayarak geliştireceğini söylemek mümkündür. Görünmezlik teknolojisi, her ne kadar başarısını, geniş ölçüde ve kapsamlı mahiyette daha fazla kanıtlanması gerekse de, imza azaltım (signature reduction) yöntemi-

[18] Gili Cohen, "Stealth Tanks and Sniper Drones: Israel Reveals the Future of Military Technology", Haaretz, 05 September 2017, <https://www.haaretz.com/israel-news/.premium-stealth-tanks-and-sniper-drones-israel-reveals-future-military-technology-1.5448448>

[19] "Askeri görünmez kılan kumaş üretildi", Vatan, 17 Kasım 2017, <http://www.gazetevatan.com/askeri-gorunmez-kilan-kumas-uretildi-1119513-teknoloji/>; "ASELSAN Tarafından Geliştirilen Özgün Kompozit Radar Soğurucu Yapılar", ASELSAN Dergisi, Yıl:27 Sayı:89 1/2014, ss.30-32, <http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/Documents/ASELSANDergileri/89.pdf>; "Türk bilim adamlarından görünmezlik pelerini", CNN Türk, 31 Temmuz 2009, <https://www.cnnturk.com/2009/bilim.teknoloji/bilim/07/31/turk.bilim.adamlarindan.gorunmezlik.pelerini/537287.0/index.html>; "İşte Türkiye'nin hayalet uçağı", Habertürk, 10 Şubat 2013, <http://www.haberturk.com/gundem/haber/818670-iste-turkiyenin-hayalet-ucagi>



minde hayli yol kat ettiği ayrıca göz önünde bulundurulmalıdır.

“2116 yılında dünyada silahlı çatışmalarda hâlâ tank kullanılacak mı” sorusunun bugünden verilebilecek cevabı ise, “Evet, fakat şimdiki gibi değil” olmalıdır. Tanklarda insansız savaş kulelerinin, hem insan güvenliği hem de hedef küçültme açılarından olmazsa olmaz bir koşula dönüşeceği söylenebilir. Bu noktadan hareketle, “top bazlı savaş”ın sonunun henüz gelmediği ve orta vadede de gelmeyeceği gayet açıktır. Dolayısıyla tank topu, elverişli bir “yıkıcı silah” olarak kullanılmaya devam edecektir. Öte yandan, kendisine açılan ateşi/atılan mühimmatı imha edecek ya da yumuşatacak aktif koruma* sistemleri veya yüksek koruma ile hafif ağırlığı birleştiren yeni malzemeler, ağır zırha duyulan ihtiyacı ortadan kaldırarak hız ve çevikliği artıracaktır. Görünmezlik teknolojileri ve yeni sürüş sistemleri, motor ısısı izini azaltabilir ve daha fazla

metal ihtiyacına neden olmadan bekayı artırabilir. Bu da geleceğin tank ve ZMA’larının tespit edilmesini ve vurulmasını güçleştirebilir^[20].

Bugün gerek tanksavar silahlarının menzil ve zırhdelme kapasiteleri gerekse havadan/düşey gelen füze ve diğer mühimmatın “öldürücülüğü” artmış bulunuyor. Bu durum hacim ve ağırlıkça hedefe karadan yaklaşan en büyük savaş platformu olan tank’ın hassas yanlarını artırmış olmakla birlikte, görünmezlik teknolojisindeki gelişmeler ve mürettebatın dış farkındalığını artırmaya yönelik hamleler de tankın hayatta kalma ve görevini ifa şansını yükseltmektedir. Sonuç olarak, “görünmezlik/düşük görünürlük teknolojisi sayesinde tespit/teşhis edilmesi ve vurulma olasılığı düşürülerek maliyet etkinliği sağlandığı takdirde, “tank”ın geleceğin muharebe ortamında -tercihen gece harekâtlarında- varlığını sürdürme olasılığı ziyadesiyle yüksek olduğu söylenebilir.

[20] Gareth Ewans, “What Does the Future Hold for Tanks?”, Army Technology, 02 January 2017, <http://www.army-technology.com/features/featurewhat-does-the-future-hold-for-tanks-5688047/>

* Savunma Sanayii Müsteşarı İsmail Demir’in 5 Mart 2018 günü kamuoyuna duyurduğu üzere; ASELSAN ve TÜBİTAK SAGE tarafından müşterek geliştirilen Akkor Pulat aktif koruma sistemi, atışlı test faaliyetlerini başarıyla gerçekleştirmiştir. Akkor Pulat aktif koruma sisteminin, Zeytin Dalı Harekâtı’nda görev yapan tanklara kısa sürede entegre edileceğini beyan eden İsmail Demir; söz konusu sistemin, bu anlamda dünyada ilk kez muharebe alanında kullanılan aktif koruma sistemi olacağına altını çizmiştir. (“Akkor Pulat test atışlarını geçti: Türkiye’nin yeni nesil yerli silahları”, NTV, 05 Mart 2018, <https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/akkor-pulat-test-atislarini-gectiturkiyenin-yeni-nesil-yerli-silahlari,4LfUJpJY3Ee21ZjqzpyLrg/vn0mqij0d0aM-8iLONxgzg>).



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

