

Havacılık Alanındaki Yabancı Madde Hasarı'nın (YAMAHA'nın) Nedenleri ve Sonuçlarının Maliyet Kayıpları Bakımından İncelenmesi

ilker İNAN^{1*}

¹ Maltepe Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Uçak Teknolojisi Programı, 34857, İstanbul, Maltepe

*Sorumlu Yazar e-mail: ilkerinan@maltepe.edu.tr

Makale Tarihiçesi

Geliş: 28.07.2024

Kabul: 11.09.2024

Anahtar Kelimeler

Yabancı madde atıkları,
Yabancı madde hasarı,
Uçuş emniyeti,
Havalimanı teknolojileri,
Pist yolu tespiti,
Taksi yolu tespiti

Öz: Hava araçları kaza ve olaylarının nedenleri sınıflandırıldığında, havacılıkta insan faktörleri, teknik faktörler (malzeme, bakım, onarım, revizyon, vb.), çevresel faktörler ve diğer faktörler ön plana çıkmaktadır. Hava aracı dışındaki nesnelere kaynaklı hava aracı hasarı, literatürde YAMAHA (Yabancı Madde Hasarı) olarak tanımlanmaktadır. YAMAHA'dan dolayı geçmişten günümüze birçok kez uçak kazaları yaşanmış ve bunların birkaçı can kayıplarına neden olmuştur.

Havacılıkta YAMAHA (FOD: Foreign Object Damage) terimi, bir uçağa veya sisteme yabancı herhangi bir parçacık veya maddeye denir ve uçağa verilen herhangi bir hasarı ifade eder. Bununla birlikte FOD kısaltması, literatürde Yabancı Madde Döküntüsü (Foreign Object Debris) olarak kullanılmış ve havaalanlarındaki yabancı madde döküntüsünün bulunmasının uygun olmadığı ve istenmeyen bölgelerde; personele, uçaklara ve donanıma (ekipmana) zarar verebilen maddeler olarak da tarif edilmiştir.

YAMAHA, havacılık bakım endüstrisinde bir hava aracının güvenlik seviyesini düşüren büyük bir teknik sorundur; ancak bu sorun doğru ve hassas yöntemler kullanılarak kontrol altına alınıp asgari seviyeye düşürülebilmektedir. Bu amaçla hasara neden olabilecek yabancı madde döküntülerinin (atıklarının) tespitinde havalimanlarında kullanılan Argos AI-FOD, X-Sight -FODetect, Trex Enterprises -FOD Finder, Tarsier Radar, FODRAD, sentetik açıklıklı radar, evrimsel sinir ağları, vb. birtakım otomatik yöntemler geliştirilmiştir.

Konu ile ilgili yayımlanmış birçok yayın tarandığında hava aracı kaza ve olayları konusunda daha çok "İnsan Faktörü"nü incelediği anlaşılmaktadır; ancak YAMAHA nedenli birçok vaka mevcuttur. Bu çalışma; havacılıkta yabancı madde hasarını meydana getiren kaynakların neler olduğu ve yabancı madde hasarı vakalarının önlenmesine yönelik yöntemlere odaklanmış olup aynı zamanda çalışma kapsamında bu vakaların hava araçlarında emniyet ve maliyet etkisi de incelenmiştir.

Atıf Künyesi: İnan, İ. (2024). Havacılık Alanındaki Yabancı Madde Hasarı'nın (YAMAHA'nın) Nedenleri ve Sonuçlarının Maliyet Kayıpları Bakımından İncelenmesi, EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(3) 343-365. **How To Cite:** İnan, İ. (2024). An Analysis of the Causes and Cost Implications of Foreign Object Damage (FOD) in the Aviation Industry, EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(3) 343-365.

An Analysis of the Causes and Cost Implications of Foreign Object Damage (FOD) in the Aviation Industry

Article Info

Received: 28.07.2024

Accepted: 11.09.2024

Keywords

Foreign object debris,
Foreign object damage,
Flight safety,
Airport technologies,
Runway detection,
Taxiway detection

Abstract: When classifying the causes of aircraft accidents and incidents, human factors, technical factors (materials, maintenance, repair, overhaul, etc.), environmental factors, and other factors come to the forefront in aviation. Aircraft damage caused by objects other than the aircraft itself is defined in the literature as Foreign Object Damage (FOD). Due to FOD, many aircraft accidents have occurred from the past to the present, and some of them have resulted in fatalities. In aviation, the term FOD refers to any foreign particle or object that comes into contact with an aircraft or system and causes damage to the aircraft. Additionally, the acronym FOD has been used in the literature to refer to Foreign Object Debris, which are unwanted substances found in airports that can damage personnel, aircraft, and equipment. FOD is a major technical problem in the aviation maintenance industry that reduces the safety level of an aircraft, but this problem can be controlled and minimized by using accurate and sensitive methods. For this purpose, a number of automated methods have been developed to detect foreign object debris (waste) that can cause damage, such as Argos AI-FOD, X-Sight –FODetect, Trex Enterprises -FOD Finder, Tarsier Radar, FODRAD, synthetic aperture radar, convolutional neural networks, etc., used in airports. When examining the published literature on aircraft accidents and incidents, it is understood that the "Human Factor" is examined more frequently; however, there are many cases caused by FOD. This study focuses on the sources of foreign object damage in aviation and methods to prevent foreign object damage incidents, and also examines the safety and cost impact of these incidents on aircraft within the scope of the study.

1. Giriş

Havacılıkta Yabancı Madde Hasarı (YAMAHA) (FOD: Foreign Object Damage) terimi, bir uçağa veya sisteme yabancı herhangi bir parçacık veya maddeye denir ve uçağa verilen herhangi bir hasarı ifade eder. Bununla birlikte Boeing Firması'nın dokümanında FOD kısaltması, Yabancı Madde Döküntüsü (Foreign Object Debris) olarak kullanılmış ve havaalanlarındaki yabancı madde döküntüsünün bulunmasının uygun olmadığı ve istenmeyen bölgelerde; personele, uçaklara ve donanım (ekipmana) zarar verebilen maddeler olarak da tarif edilmiştir (Boeing Aero No. 01, 1998). Bu yabancı madde döküntüleri, taş ve moloz parçaları, vidalar, bakım veya onarım işlemleri sonrası unutulmuş kesik teller, vb. olabilir. Aynı zamanda kuş ve yıldırım çarpmaları, kum fırtınaları ve pistteki kül bulutları YAMAHA'ya neden olabilecek potansiyel tehlikelerdir (Rajamurugu, Karthikeyan, Hussain, Ajithkumar ve Vimalpraksh, 2019).

Türkiye'de havacılık ile ilişkili hemen hemen tüm askeri ve sivil kurumlarda günlük yaşam içerisinde FOD olarak bazen YAMAHA (Yabancı Madde Hasarı) ve bazen de FOD (YAMAHA) olarak her iki kısaltma birlikte kullanılmaktadır. Bu yayın kapsamında FOD kısaltmasına karşılık YAMAHA kısaltması kullanılmıştır. Yabancı madde döküntüsü anlamına da gelen FOD kısaltması için YAMAHA kısaltması yerine olduğu gibi "yabancı madde döküntüsü" ifadesi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen konu ile ilgili bazı makalelerde YAMAHA, yabancı bir maddenin jet motorlu uçakların motoruna girerek motorun sabit ve dönen parçalarına (burada kastedilen motor kompresörü ve türbinin stator ve rotor bölümleridir) vermiş olduğu hasar olarak tanımlanmaktadır (Üstüntepe, 2003); ancak konu sadece uçak motoru ile ilgili değildir. YAMAHA'ya neden olan birçok faktör mevcuttur. Bu faktörler ile ilgili ayrıntılı bilgiler, kapsamlı olarak YAMAHA Nedir? Bölümünde bahsedilmiştir.

Türk Havacılık camiasında uçaklara zarar veren bu yabancı maddeler; Harici FOD'ler; YAMAHA (Yabancı Madde Hasarı) olarak adlandırılırken uçak veya motor içerisinde kopan ve/veya düşen

parçalar veya bunların kalıntılarının oluşturduğu maddeler, zaman zaman DAMAHA (Dahili Madde Hasarı) olarak da tanımlanmıştır. Bununla birlikte DAMAHA tanımı yaygınlaşmamıştır. Ayrıca DAMAHA ifadesine SHGM (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü) tarafından yayımlanan Apron Operasyonları Emniyet Kılavuzu, Emniyet Yönetimi El Kitabı, Havaalanları Tasarımı ve İşletimi dokümanlarında da rastlanılmamıştır (Url-1, Url-2, Url-3).

Dünya havacılık tarihine bakıldığında 25 Temmuz 2000 tarihinde Paris yakınlarındaki Charles de Gaulle Havaalanı'nda yaşanan ve 113 can kaybıyla sonuçlanan Concorde uçak kazasının YAMAHA kaynaklı en popüler uçak kazası olduğu belirtilmektedir. Genel olarak uçak kazalarının nedenleri ve sonuçları incelendiğinde, YAMAHA kaynaklı kazaların önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Uçak kazalarının %70-80'inin insan kaynaklı kazalardan meydana geldiğini dikkate alındığında, insan faktörünün bu kazaların yaşanmasında çok kritik bir öneme sahip olduğu görülmektedir (Basut, 2024).

Literatürde yabancı madde hasarına yönelik çalışmalar, ağırlıklı olarak uçakların yabancı maddeye en çok maruz kalan bölgelerinde (örneğin; motor, kanat gibi bölgelerde) yapısal olarak güçlendirmeye yönelik araştırma-geliştirme çalışmaları yapılmıştır (Basut, 2024). Günümüzde farklı nedenlerden dolayı oluşan oldukça fazla sayıda YAMAHA vakası yaşanmakta ve bu durum, havacılık emniyeti konusunda araştırmaların yapılmasına neden olmaktadır. Konu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, yabancı madde döküntülerinin tahrip edici arızalara neden olabilecek karadaki en güçlü potansiyel tehlike olduğu ifade edilmiştir (Rajamurugu vd., 2019).

2. YAMAHA Nedir?

YAMAHA, hava aracı, havaalanı ve ekipman üzerinde çok ciddi şekilde hasar meydana getirirken, görevli personelin yaralanmasına veya ölümüne de sebep olabilir. Havacılık literatüründe YAMAHA'nın birçok tanımı mevcuttur. Uluslararası havacılık literatüründe, "Foreign Object Damage" (FOD) olarak da adlandırılan Yabancı Madde Hasarı; hava aracına veya sistemlerine potansiyel olarak hasara neden olabilecek her türlü yabancı madde veya eşyalar olarak tanımlanmıştır (Basut, 2024).

FAA'ya (Federal Aviation Administration: Amerikan Federal Havacılık İdaresi'ne) göre, YAMAHA, temel olarak havalimanına, personele ve ekipmana ciddi şekilde zarar verebilecek bir tehlike unsuru olarak bilinir. Motor arızası ve insan yaşamının kaybı gibi uçakta ciddi tahribata neden olabilecek yabancı cisim olarak da tanımlanır (Basut, 2024).

Motora olan YAMAHA etkisinin uçuş riski ve ekonomik zararı çok büyük olmakla birlikte uçağın kokpit camlarına, iniş takımlarına, kanat ve kuyruk bölgelerine çarpan tüm maddeler de YAMAHA kapsamında incelenmekte ve değerlendirilmektedir.

Harici YAMAHA tehlikeleri arasında kuş çarpmaları, dolu, buz, kum fırtınaları, yanardağ kül bulutları olduğu gibi pistte herhangi bir nedenle oluşmuş kalıntılar veya düşmüş nesnelere de olabilir.

Uçağın mekanizmaları arasında veya motorun içerisinde unutulmuş, düşürülmüş nesnelere ise, Dâhili YAMAHA olarak adlandırılır. Kokpitte unutulmuş/düşürülerek kontrol kablolarının hareketini kısıtlayabilen, dolanarak hareketli parçalarda sıkışma veya elektrik bağlantılarında kısa devre yaparak uçuş güvenliğini engelleyen nesnelere, bu kategoride yer alır. Uçak lastiklerinin parçalanması, motorun içine emilerek hasara neden olması, hareketli mekanizmalara sıkışarak onları bloke etmesi, vb. şekilde de de olabilmektedir.

Tüm YAMAHA olayları, uçuş emniyetini etkileyerek can ve mal kaybına neden olarak uçak işletici şirketleri ve uçak bakım hizmeti veren şirketleri zarara uğratarak hem emek kaybına neden olmakta hem de şirketlerin müşterilerine karşı oluşturduğu güvenini kaybettirmektedir. Bu durum, uçak işleticilerinin beklemedikleri kötü durumlara yol açabilmektedir (Üstüntepe, 2003).

Yabancı madde döküntüleri, ABD (Amerika Birleşik Devletleri) havaalanlarında devam eden bir endişe kaynağıdır ve özellikle kalkış ve iniş tekerlekli arazi faaliyetleri gibi kritik uçuş aşamalarında havacılık için önemli güvenlik ve mali tehditler oluşturmaktadır. Örneğin, 25 Temmuz 2000 tarihinde Air France 4590'nın düşüşü, kalkış sırasında pistteki bir yabancı madde döküntüsü darbesi (lastik parçaları etkisi) nedeniyle tetiklenmiştir ve bu durum YAMAHA nedeniyle oluşan uçak kazası sonucunda 113 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (FAA, Foreign Object Debris Detection System Cost-Benefit Analysis Final Report, 2023).

3. Sabit ve Döner Kanatlı Hava Araçlarında YAMAHA'ya Neden Olan Kaynaklar

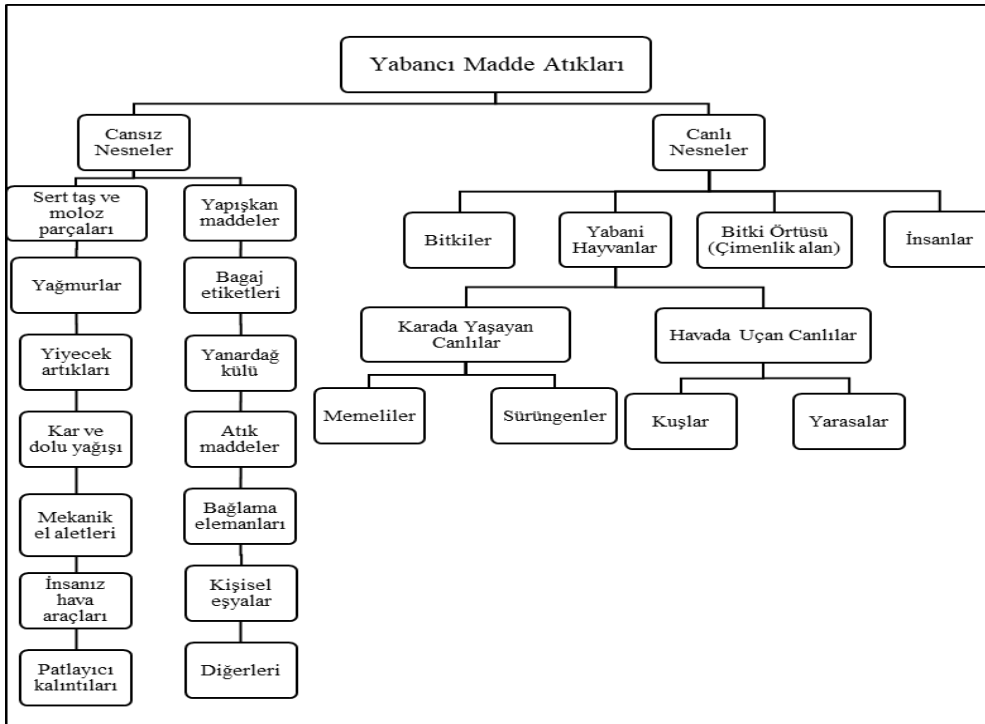
YAMAHA'ya neden olan yabancı nesnelere, hava aracı dışındaki ve/veya hava aracından kaynaklı birçok kaynaktan gelebilir ve hem havaalanı trafiğini hem de uçuş emniyetini olumsuz etkiler. Bu yabancı nesnelere, apronda görevli personelden, havaalanının yapısal durumundan (asfalt veya beton pistler, yürüyüş yolları, ışıklar, işaretler, vb.), çevre faktörlerinden (buz, kar, fırtına, bölgede yaşayan kuşlar ve diğer hayvanlar, vb.) ve havaalanında faaliyet gösteren hareketli ekipman ve araçlarından dolayı oluşur. Bu ekipman ve araçlar; uçak çekicileri (tow tractors), malzeme taşıma araçları, bagaj arabaları, yangın söndürme araçları ve personel taşıma araçlarıdır. Bunlar, çoğunlukla jet motorunun itkisi ile veya helikopterlerin pervane basıncıyla yer değiştirerek uçak taksi yolları üzerine sürüklenir. Bu durum, havaalanı taksi yolunda tehlike arz etmektedir.

YAMAHA ayrıca, alanda süren inşaatlara ait artıklardan meydana gelebileceği gibi mevcut asfalt yolların kışın donarak çatlaması ve parçalanması ile de oluşabilmektedir.

Hava şartları da YAMAHA'nın oluşmasında yardımcı rol oynayabilir. Fırtınalar, hasarlanmış asfalt parçalarını, kumları ve plastik parçalarını sürükleyebilir. Aşırı yağmurlar da çamurların pistlere doğru akmasına yol açabilmektedir.

YAMAHA'ya neden olan yabancı nesnelere, Şekil 1.'de gösterilmiştir ve yaygın olarak bilinen şekliyle şunlardır (Rajamurugu vd., 2019):

- Uçak ve motora ait çeşitli fastener'lar (bağlayıcılar) (cıvata, somun, rondela, emniyet teli, vb.),
- Uçak parçaları (yakıt kapakları, iniş takımı parçaları, yağ çubukları, metal yüzeyi parçaları ve lastiklere ait parçalar),
- Teknik bakımda kullanılan çeşitli aletler,
- Uçağa yemek ikmali (catering) hizmetlerine ait bazı malzemeler.
- Uçuş hattında kullanılan maddeler (personel yaka kartı, kalemler, bagaj etiketleri, içecek kapakları ve hatta kullanılan araçlara ait döküntüler),
- Taksi yolu ve uçuş pistine ait asfalt parçaları.
- İnşaat parçaları (tahta parçaları, çakıllar, çiviler, vb.),
- Plastikler ve/veya diğer polietilen malzemeler,
- Doğal bazı malzemeler (yanardağ külleri, çevredeki yaban hayvanları, ağaç dalları, vb.).
- Kış şartlarından dolayı meydana gelen kirlenmeler (buz ve kar birikintileri).



Şekil 1: YAMAHA'ya neden olan yabancı madde döküntülerinin (atıklarının) canlı ve cansız nesnelere temelinde sınıflandırılması (El-Sayed, 2022).

3.1. YAMAHA'ya Neden Olan Maddelerin Araç Lastiği ile Aprona Taşınması

YAMAHA'ya neden olan yabancı maddeler (nesnelər), genellikle havaalanına gelen araçların lastiklerinin dışlarında sıkışıp kalır. Araç lastiğinde sıkışan bu yabancı maddeler; çamur, taş, gevşeyerek düşmüş vidalar, rondelalar, civatalar gibi birçok küçük malzeme türleri olabilmektedir. Bunları apron alanına getiren araçlar; uçucu personelini veya bakım personelini getiren araçlar olabildiği gibi, yakıt kamyonları, bakım araçları ve daha pek çok araç olabilir. Bir jet motoru hava girişi, motor tepkisi, pervane ve helikopter rotoru, bu yabancı nesneləri kolayca yerinden oynatır ve bunlar emilerek motora kaçar veya çalışır durumdaki uçağın çevresinde personelin yaralanmasına, ekipman ve maddi hasar da dâhil olmak üzere ciddi güvenlik sorunlarına yol açar. Bu durumların oluşmasının önüne geçmek için yaygın uygulama, Şekil 2.'de gösterildiği gibi araçların ilgili bölgelere girerken lastiklerde sarsıntı (rezonans) oluşturarak yabancı madde parçacıklarının hassas bölgelere girmeden dökülmesini sağlayacak çıkıntılı olan yüzeyler üzerinden geçirilmesi, sivil havacılık otoriteleri tarafından tavsiye edilmektedir. Lastik dışlarının arasında sıkışan küçük boyutlu cisimlerin lastiklerden uzaklaştırılması için kullanılan sarsıntı yüzeyleri üzerindeki çıkıntılar ve bu çıkıntıların araç lastiği ile etkileşimi Şekil 3.'te görülmektedir.



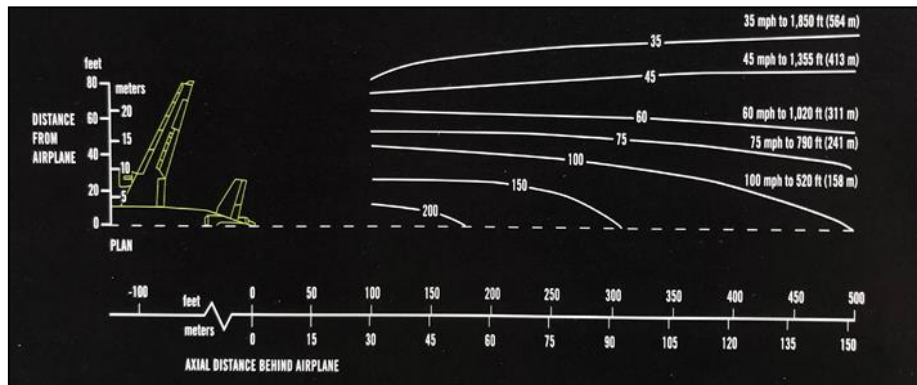
Şekil 2: Araçların piste girmeden önce sarsıntı yüzeylerinin üzerinden geçmesi (Url-4).



Şekil 3: Söz konusu yüzeylerdeki dişlerin şekli ve lastikle olan etkileşimi (Url-5).

3.2. Motor İtkisinin YAMAHA Meydana Getirmesi ve Pistlerdeki Kalıntılar

Çoğunlukla küçük ve hafif olan yabancı maddeler, rüzgar sürüklemeleriyle veya yoğun yağmur sularıyla çevreden, havaalanına ve hatta pistlere kadar gelirler. Uçaklarla taşınan kargo yükleri de bu tür YAMAHA'ların ana kaynaklarından biridir ve aynı zamanda tahta palet kırıkları, plastik bağlama kayışı parçaları, paketleme ve ambalajlama malzemesi parçaları da YAMAHA'ya neden olmaktadır. Şekil 4.'te McDonnell Douglas MD-11 Amerikan yapımı, üç motorlu, orta-uzun mesafeler için tasarlanmış geniş gövdeli yolcu uçağının kalkış sırasındaki motor egzoz çıkış gücü diyagramı örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4: MD-11 uçağının kalkış durumunda bir motorunun itki mesafeleri (Boeing Aero No. 01, 1998).

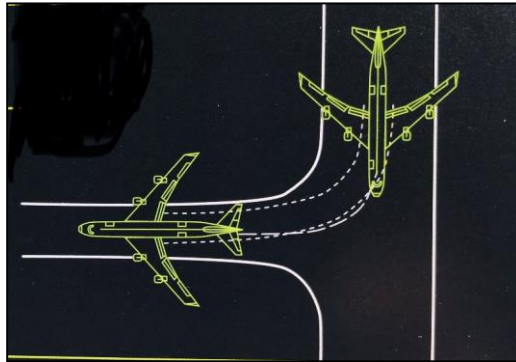
Pistte taksi hareketine başlayan aynı tip uçağın, güç eğrilerinin ulaşım mesafeleri incelendiğinde; 75 mph'lık güç eğrisi, 190 ft'te (yaklaşık 58 m) etkili olurken, nispeten daha az güçlü 35 mph eğrileri 525 ft (yaklaşık 160 m) mesafeye kadar motor etkisini uzatır. Bu 160 m'lik mesafe, taksi yapan uçağın arkasındaki uçağı tehlikeli bir pozisyona düşmesine neden olur. Bu şemalardaki eğrilerin etkili mesafelerinde hareket ettirilen yabancı maddeler, personel yaralanmasına veya donanım hasarlarına da yol açabilir. Pistlerde oluşan bu yabancı madde kalıntılarının yol açtığı unutulmaz kazaların önemli örneklerinden biri, Şekil 5.'te gösterildiği gibi, Air France havayolu firmasına ait Flight 4590 sefer sayılı Concorde uçağının 25 Temmuz 2000 tarihinde Paris yakınlarındaki Charles de Gaulle Havaalanı'nda düşmesine neden olan pist üzerinde bulunan YAMAHA olayıdır (Url-6).



Şekil 5: Concorde uçağı, kalkışta motora emilen yabancı madde döküntüleri nedeniyle jet motorunda oluşan yangın (Url-7).

Concorde kazası özetle şu şekilde gerçekleşmiştir; Concorde uçağından yaklaşık dört dakika önce kalkış yapan Continental Airlines Firmasına ait McDonnell Douglas DC-10 uçağının motor itki ters çeviricisine (thrust reverser) ait bir titanyum kalıntısı piste düşmüştür. Bu kalıntı, dört dakika sonra pistte kalkış için süratlenen Concorde uçağının tekerlek lastiklerinin parçalanmasına ve bu lastik parçalarının motorları tarafından emilmesine yol açarak motor içerisinde şiddetli hasara neden olmuştur. Sonuç olarak, uçak motoru alev almış ve uçak 100 yolcusu ve 9 mürettebatı ile düşmüştür. Kaza oluş bölgesinde o esnada yerde bulunan dört kişi de ayrıca hayatını kaybetmiştir. Bu kaza, pistteki Yabancı madde döküntüsünün yol açtığı uçak kazaları içinde havacılık tarihinde unutulmaz yerini almıştır. Takip eden yıllar içerisinde bu kaza ile de bağlantılı olarak tüm Concorde uçakları uçuştan alınmış ve üretim hattı 2003 yılında kapatılmıştır.

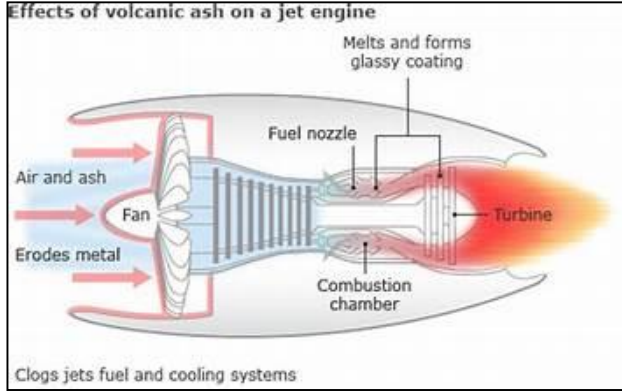
Dikkat edilmesi gereken operasyon nedenli (operasyonel) YAMAHA kaynağı, uçağın pistten ayrılıp aprona gitmek için taksi yollarına saptığı bölgelerde olur. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi 150 ft (yaklaşık 45 m) genişliğindeki pistten 75 ft (yaklaşık 23 m) genişlikteki taksi yoluna giren 4 motorlu bir uçağın dış motorları taksi yolunun dışarısında kalır. Bu motorların itkisiyle çevredeki taş, toprak veya diğer nesnelere pistte doğru itilerek sürülür ve YAMAHA olarak potansiyel tehlike oluştururlar.



Şekil 6: Pistten taksi yoluna dönen uçağın dış motorlarının potansiyel YAMAHA oluşturma durumu (Boeing Aero No. 01, 1998).

3.3. Volkanik Küllerin YAMAHA Etkisi

Yeryüzünün jeolojik şartları nedeniyle, zaman zaman bazı yanardağ faaliyetleri olur. Bu yanardağların oluşturduğu kül bulutları, atmosferin üst tabakalarına kadar çıkar ve rüzgarlara bağlı olarak kilometrelerce uzaklıktaki mesafelere kadar giderler. Bu bölgeler, uçuş emniyeti açısından oldukça riskli bölgelerdir. Atmosferdeki hava akımlarıyla yer değiştiren bu kül zerrecikleri yüklü bulutlarla karşılaşan uçakların jet motoruna giren küller, özellikle türbin bölümü kanatçıklarında hasara ve dolayısıyla motor durmasına yol açabilir. Şekil 7.'de görüldüğü gibi, uçak jet motoruna emilen küller, yanma odasının yüksek sıcaklığıyla erir ve türbin kanatlarına yapışarak bu kısımda hava çıkışını bozar. Motora giren volkanik küllerin türbin kademelerinde (kanatlarında) önce erime, ardından türbin kanatlarının kırılmasına neden olmaktadır. Bu değişim, Şekil 8.'de görülmektedir.



Şekil 7: Motora emilen volkanik küllerin yanma odasında ve türbin kanatlarında oluşturduğu değişim (Url-8).



Şekil 8: Jet motorunun türbin kademelerindeki volkanik külün oluşturduğu hasar (Url-9).

Volkanik küllerin YAMAHA etkisi ile meydana gelen iki ayrı uçak olayı örnek olarak aşağıda verilmiştir. Bunlardan ilki şu şekildedir; 24 Haziran 1982'de, Avustralya'nın Perth şehrine giden British Airways'in 9 sefer numaralı uçak, uçuşu esnasında Hint Okyanusu üzerinde volkanik bir kül bulutunun içine girmek zorunda kalmıştır. Bu uçuşta, Boeing 747-200B'nin dört motoru da duruncaya kadar bir müddet hamleli (engine surge) çalışmaya devam etmiştir. Uçak, buluttan çıkana kadar aşağıya doğru dalışa geçirilmiş ve temiz havanın motordaki külleri temizlemesi amaçlanmıştır. Bir müddet sonra, motorlar yeniden çalıştırılmıştır. Kokpit ön camı kül parçacıklarının ısı ve darbe etkisiyle içeri doğru çukurlaşmış ve sonunda uçak güvenli bir şekilde en yakın piste inmiştir (Url-8).

Benzer diğer bir olay, 15 Aralık 1989 tarihinde, Tokyo'daki Narita Uluslararası Havalimanı'na (Narita International Airport (NRT)) giden KLM 867 sefer sayılı uçağında yaşanmıştır. Söz konusu uçak, bir önceki gün faaliyete geçen Redoubt Dağı'ndan gelen kalın bir volkanik kül bulutunun içinden uçmak zorunda kalmıştır. Boeing 747-400 uçağının dört motoru da bu uçuşta alev almıştır. Mürettebat, 14000 ft'ten (yaklaşık 4267 m) fazla alçaldıktan sonra motorları yeniden çalıştırmış ve ABD'nin Alaska eyaletinin Anchorage şehir merkezinde bulunan Ted Stevens Anchorage Uluslararası Havaalanına güvenli bir şekilde inmiştir (Przedpelski ve Casadevall, 1991).

3.4. Uçaklardan Bırakılan veya Atılan Cisimlerin (Jettisoned Items) YAMAHA Etkisi

Uçaklardan bırakılan veya atılan cisimlerden kaynaklı oluşan YAMAHA olayları, genellikle askeri tip uçaklarda karşılaşılan olaylardır. Genellikle uçaktan atılan bombalar, bomba kızakları, harici yakıt tanklarının zorunlu olarak uçaktan uçuş esnasında atılması esnasında meydana gelirler. Bu konuda birçok örnek vardır.

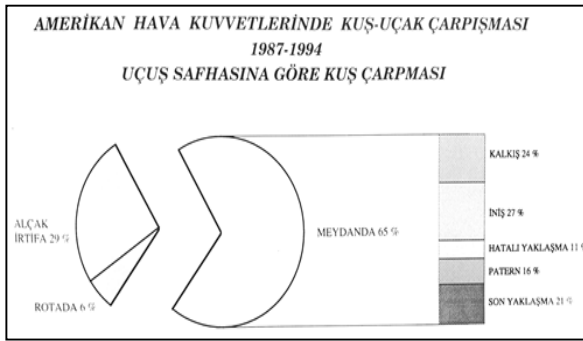
Yeni tip harici yüklerin (bomba, füze veya bunların kanata bağlandığı kızaklar, vb.) araştırması ve uçuş testi esnasında çok yaygın olarak bu tür YAMAHA'lar ile karşılaşılabilir. Örneklerden birisi şu şekildedir; Eylül 1981 tarihinde alışılmadık bir YAMAHA olayı, uçuş esnasında meydana gelmiştir. F/A-18 Hornet uçağının test uçuşu sırasında, ABD Donanma Hava Test Merkezi, F/A-18 Hornet uçağındaki bir bomba kızacağının (bomb rack) fırlatma testini filme almak için takip uçağı olarak Douglas TA-4J

Skyhawk'ı kullanılmaktaydı. Birakılan bomba kızığı Skyhawk'ın sağ kanadına çarpmış ve kanadın neredeyse yarısını koparmıştır. Skyhawk uçağı birkaç saniye sonra alev almış ve pilotları uçağı paraşütle terk etmişlerdir.

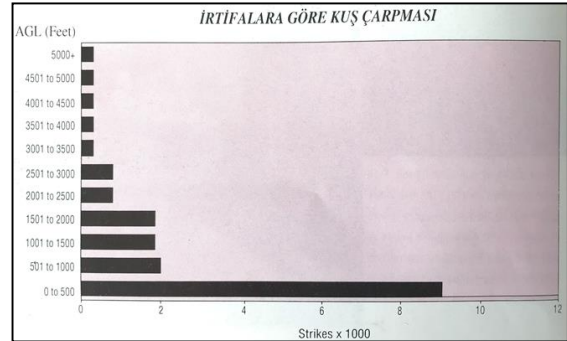
3.5. Kuşların Neden Olduğu YAMAHA Olayları

En yaygın YAMAHA kaynaklarından birisi kuşlardır. Uçak ve kuş çarpışması olayları, YAMAHA konusu altında insan faktörü dışında kalan çok önemli bir konudur. Kuş çarpışmalarının tehlikesi, 2009'da US Airways firmasına ait 1549 sayılı uçuşta uçağın bir kuş sürüsü nedeniyle çoklu kuş çarpmasıyla iki motorunda aniden güç kaybı yaşamasından sonra Newyork'ta Hudson Nehri'ne başarılı bir iniş gerçekleştirmesinin ardından kamuoyu tarafından iyice anlaşılmıştır (Düzgün, Çotuksöken, Kul, Türkoğlan, Aydoğlan, Tezer, Vatandaş, Uyanık, Saraçyakupoğlu, 2019). Bu konu birçok havacılık toplantısında önemli yer tutmuştur. Neredeyse her yıl, askeri veya sivil birçok uçak, kuşlarla çarpışarak hasar görmektedir. Uçuş Emniyet Dergisi'nde yer alan bir makaleye göre, 1987-1996 yılları arasında Amerikan Hava Kuvvetlerinde uçak-kuş çarpışmasından ötürü uçak kaybı 14 tane olmuş ve 11 uçuşu, hayatını kaybetmiştir (Özbakır, 1996). Şekil 9.'da uçuşun değişik safhalarına göre kuşlarla çarpışma olaylarının dağılımı verilmiştir (Özbakır, 1996). Diyagramdan da görüleceği gibi kuşlarla çarpışma yoğunluğu, uçuş meydanına meydana yakın bölgelerde gerçekleşen uçuş safhalarında %65 oranında gerçekleşmektedir. Yüksek irtifalarda ise, (daha düşük miktarda) %6 oranında vuku bulmuştur (Özbakır, 1996).

Yer seviyesinden olan irtifaların göz önüne alındığı uçuş irtifalarına göre daha kapsamlı bir çalışmanın yer aldığı UTED (Uçak Teknisyenleri Derneği) dergisinin Mayıs 2006 tarihli, 174. sayısındaki makaleye göre, irtifalara göre değişen kuş çarpma sayısı Şekil 10.'da verilmiştir (Diler, 2006).

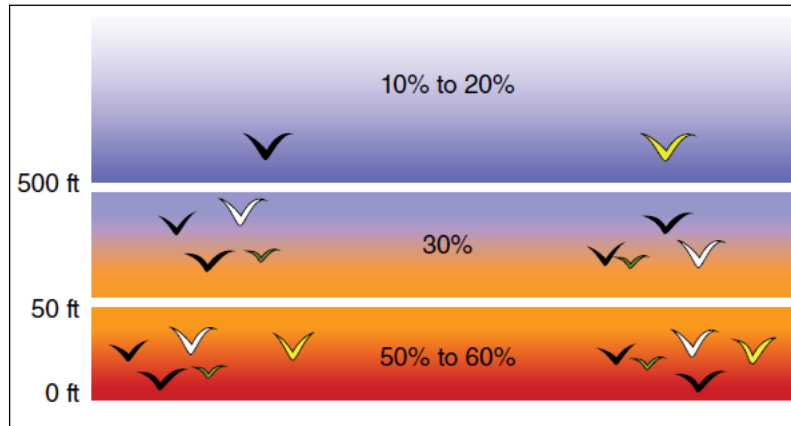


Şekil 9: Uçuş safhasına göre kuş çarpma olayları (Özbakır, 1996).



Şekil 10: Uçuş irtifalarına göre kuş çarpma olayları (Diler, 2006).

Bir diğer kaynağa göre, hava aracının yer seviyesinden olan yüksekliğine göre kuşların hava araçlarına yüzdesel olarak çarpma oranları Şekil 11.'de görülmektedir (El-Sayed, 2019).



Şekil 11: Farklı irtifalarda meydana gelen kuş çarpışmalarının karşılaştırılması (El-Sayed, 2019).

Bir diğer kaynak dokümandaki çalışmaya göre, FAA, 1990-2000 yılları arasında uçak-kuş çarpışması ile ilgili 33000 olayın olduğunu yayınlamıştır. Bu olayların yeryüzündeki dağılımı şu şekildedir Tablo 1.'de verilmiştir (Diler, 2006).

Tablo 1: 1990-2000 yılları arasında yaşanan toplam 33000 uçak-kuş çarpışması olaylarının bölgesel olarak dağılımı (Diler, 2006).

1. Avrupa'da	:	%42
2. Kuzey Amerika'da	:	%32
3. Asya'da	:	%19
4. Afrika'da	:	%4
5. Güney Amerika ve Karayipler'de	:	%2
6. Diğer ülkelerde	:	%1

Burada verilen bilgilere göre, kuşların uçaklara çaptığı bölgelere göre değişen çarpma oranları, alt bölümlerde kapsamlı olarak açıklanmıştır.

3.5.1. Uçakların Burun, Radom ve Windshield Bölgelerine Kuş Çarpması

Herhangi bir kuş türünün hava araçlarının burun, radom (konik koruyucu plaka) ve windshield (kokpit ön camı) bölgelerine çarpma oranı genel olarak %41 civarındadır. Şekil 12.'de görüldüğü gibi, bir Beech C-99 yolcu uçağı, N330AV, Arizona, Show Low Bölgesel Havaalanı'na (SOW) yaklaşırken bir kuş çarpmasıyla karşılaşmıştır. Pilot, Show Low'un yaklaşık 20 mil batısında, deniz seviyesinden yaklaşık 11000 ft (yaklaşık 3353 m) yükseklikte alçalmaya başladıktan kısa bir süre sonra, bir kuşun kaptanın ön camının üst kısmına çarptığını ve camda futbol topu büyüklüğünde bir delik açtığını bildirmiştir (Url-10).

EasyJet havayolu firmasına ait Boeing 737-33V ticari yolcu uçağının 15 Ağustos 2003 tarihli, İsviçre'den Londra'ya uçuşu sırasında Fransa'nın Oyonnax bölgesi üzerinde çok yoğun bir dolu fırtınasına girmesi sonucu, Şekil 13.'te görüldüğü gibi, uçağın radom bölgesinde hasar oluşmuştur (Url-11).



Şekil 12: Beech C-99 uçak ön camı ve kokpitte meydana gelen kaza (Url-10).



Şekil 13: Radom (konik koruyucu plaka) bölgesinde oluşan hasar (Url-11).

Kuş çarpmalarının %80'i 1000 ft'in altında, yani yaklaşık 300 m yükseklikte ve genellikle iniş ve kalkış sırasında yaşanmaktadır (Url-12). Kuşlar, özellikle havaalanının bulunduğu bölgede ve çevresinde uçaklar için gerçek bir tehdit oluşturmaktadır ve kuşların sivil uçaklarla çarpışmalarının %75 ile %95'i havaalanında veya yakınında meydana gelmektedir. Özellikle tehlikeli olan kuş türleri; martılar, akbaba ve kazlar gibi büyük ve ağır türler ile sığırcıklar ve kırlangıçlar gibi küçük sürüler halinde yaşayan kuşlardır. Son on yıllarda, kuş-uçak çarpışmalarının sayısı ve sıklığı önemli ölçüde artmıştır. Bu durumdan birkaç faktör sorumludur ve en önemlisi, uçuş operasyonlarının sayısının artmasıyla birlikte bazı tehlikeli kuş türlerinin sayısının da artmasıdır (Url-13). Bununla birlikte kuş çarpmaları, dünya genelinde ticari uçaklarda yıllık 1,3 milyar dolarlık zarar maliyetine neden olmaktadır. ICAO'ya (International Civil Aviation Organization: Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı'na) göre, kuş

çarpmalarının %90'ı kalkış veya iniş sırasında veya düşük irtifa uçuşu sırasında meydana gelmektedir. Çarpmaların %8'inden daha azı, 3000 ft (yaklaşık 900 m'nin) üzerinde oluşmaktadır (Url-16).

3.5.2. Uçakların Motorlar Bölgesine Kuş Çarpması

Hava araçlarının motorlar bölgesine kuş çarpma oranı %41 civarındadır. Dünya genelinde kuş çarpması nedeniyle uçak kazaları yaşanmaktadır ve bu durum sonrasında uçak jet motoru işlemez ve çalışmaz hale gelir. Uçuş sırasında tüm jet motorlarının devre dışı kalması, uçağın düşmesine neden olmaktadır (Url-12). Motor hava giriş menfezine kuş çarpmasından dolayı oluşan hasar, Şekil 14.'te görülmektedir. FAA tarafından yayımlanan bu fotoğrafta, 21 Mayıs 2007'de 5000 ft irtifada uçarken bir kuğu sürüsüyle çarpışan bir Cessna 525'in motor bölmesindeki hasar görülebilir. ABD'nin kuzeydoğusundaki açıklanmamış bir havaalanında acil inişten sonra, her iki motor, ön cam ve gövde hasarlı bulunmuştur (Url-14).



Şekil 14: Motor hava giriş menfezinde kuş çarpmasından kaynaklı hasar bölgesi (Url-14).

Şekil 15.'te görüldüğü gibi, Pakistan Uluslararası Hava Yolları firmasına ait Airbus A320-200 tipi ticari yolcu uçağının İslamabad Havaalanı'na iniş sırasında kuş çarpmasında kaynaklı motor kompresör ön kanatçıklarında ve motor kaportasında hasar oluşmuştur ve uçak bu hasardan dolayı yön değiştirememiş ve pistten çıkmıştır (Url-15). Benzer şekilde bir kuş çarpması sonucu oluşan motor kanat hasarı, Şekil 16.'da gösterilmiştir. Kuşların motor çekirdeğine girmesini önlemek oldukça önemlidir; çünkü kompresörün dönen bileşenlerine ve kanatlarına onarılamaz hasar ya da hasarlar verebilirler (Url-16).



Şekil 15: Kompresör ön kanatçıklarında ve motor kaportasında oluşan kuş hasarı (Url-15).



Şekil 16: Kompresör ön kanatçıklarında oluşan kuş hasarı (yakın görünüm) (Url-16).

3.5.3. Uçak Gövdesinin Çeşitli Kısımlarına Kuş Çarpması

Uçak gövdesinin çeşitli kısımlarına kuş çarpma oranı %7 civarında olup çarpan kuşların oluşturduğu hasarlar, Şekil 17. ve 18.'de görülmektedir. Şekil 17.'de görülen uçak gövde hasarı, İspanya Hava Kuvvetlerine ait A-400M tipi askeri kargo uçağına kuş çarpması sonucu meydana gelmiştir. Kargo uçağı, hasar nedeni ile başkent Madrid'e 13 km uzaklıkta bulunan Getafe'deki hava üssüne acil iniş yapmış ve havaalanında yapılan inceleme sonucunda uçağın kokpit bölümünün altında büyük hasar meydana geldiği görülmüştür. Kaza sonucunda ölen ya da yaralanan olmadığı belirlenmiştir (Url-17). Şekil 18.'de görülen uçak gövde hasarı, Alaska Havayolları adına (ABD) QX-2306 sefer sayılı uçuşu gerçekleştiren N422QX tescil numaralı Horizon Air de Havilland Dash 8-400 uçağı, 73 yolcusuyla Los Angeles'a yaklaşırken Dodger Stadyumu yakınlarında yaklaşık 6600 ft (yaklaşık 2012 m) yükseklikten alçalırken bir kuşun sağ kanat ön kenarına çarpması şeklinde oluşmuştur. FAA, kuşun sağ kanat ön kenarına ve yakıt deposuna çarptığını bildirmiştir (Url-18).



Şekil 17: Nakliye uçağının kokpit yanında oluşan çarpan kuş hasarı (Url-17).



Şekil 18: Çarpışma sonunda hidrolik boruları delinebilir (Url-18).

3.5.4. Uçakların Kanat Bölgelerine Kuş Çarpması

Uçağın kanat bölgelerine çarpma oranı %7 civarında olup ilgili görseller, Şekil 19. ve 20.'de gösterilmiştir. Şekil 19.'da görülen fotoğrafta, Suudi Arabistan Havayolları'na ait Dammam şehrinden Cidde şehrine iniş yapan Airbus A330 yolcu uçağı, iniş yaptıktan sonra, bir sonraki uçuş için hazırlanırken, sol kanat hücum kenarında bir kuş gömülü halde bir delik keşfedilmiştir. 3 kilograma kadar ağırlığa sahip olabilen bir Büyük Leke Kartalı (Clangaclanga) olduğu belirlenen kuş türünün uçuş sırasında uçağın sol kanat hücum kenarına çarptığı ve burada sıkıştığı belirlenmiştir (Url-19).

NATO'nun (North Atlantic Treaty Organization: Kuzey Atlantik Antlaşması Organizasyonu'nun), 2015 yılı ekim ayı sonlarında gerçekleştirdiği Trident Juncture tatbikatı yapılmıştır. Bu tatbikatta görevli Çek savaş pilotu Zbyněk Abel, Çek Hava Kuvvetleri'ne ait L-159 tipi askeri savaş uçağı ile İspanya üzerinde uçuşu sırasında, bir akbaba sağ kanat ucu yakıt tankı civarına çarpmış ve Şekil 20.'de görülen hasar meydana gelmiştir (Url-20).



Şekil 19: Sol kanat ön flaplarına çarpan kuşun meydana getirdiği hasar (Url-19).



Şekil 20: Sağ kanat ucu yakıt tankı civarına çarpan kuşun meydana getirdiği hasar (Url-20).

3.5.5. Uçakların İniş Takımı Bölgesine Kuş Çarpması

Uçakların iniş takımı bölgesine kuş çarpma oranı %3 civarındadır. Şekil 21.'de görüldüğü gibi, hafif, çift piston motorlu olan Raytheon 58 Baron eğitim uçağının iniş takımına kuş sıkışmış ve bu kuş türü, Güney Afrika'da Johannesburg ve Pretoria'nın ortasında bulunan Midrand'da yer alan Grand Central Havaalanı'na geri dönene kadar uçakla birlikte sürüklenmiştir (Url- 22).



Şekil 21: Burun iniş takımı kapağına sıkışmış kuş (Url-21).

3.5.6. Uçakların Kuyruk Bölgesine Kuş Çarpması

Uçakların kuyruk bölgesine kuş çarpma oranı %1 civarındadır. Şekil 22.'de görüldüğü gibi, bir Boeing 737-33V ticari yolcu uçağının çok yoğun bir dolu fırtınasına girmesi sonucu, uçağın kuyruk gövde kısmı, sol elevatör (irtifa dümeni) bölgesinde hasar oluşmuştur (Url-11).



Şekil 22: Uçak kuyruk gövde kısmı sol irtifa dümeninde oluşan hasar (Url-11).

4. YAMAHA Olaylarının Raporlanması

Türk Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'ne kayıtlı şirketler, vuku bulan diğer tüm uçuş ilişkili olayları SHT-OLAY talimatı gereği raporlamak zorunda olduğu gibi YAMAHA olaylarını da SHGM'ye bildirmek zorundadır (Sivil Havacılık Emniyet Olaylarının Raporlanmasına Dair Talimat, 2012). Toplanan bu bilgiler daha sonra olaylar ve eğilimler hakkında havacılık sektörünü bilgilendirmek ve havacılık emniyetini tehdit edebilecek muhtemel olayların engellenmesini amaçlayarak "Emniyet Olayları Yıllık Bülteni" olarak yıllık periyotlarla yayınlanır. Bültende yer alan sayısal verilerde; olay raporlamalarının gerçek sayıları ile 100 bin trafik hareketinde gerçekleşen raporlama sayıları kullanılır. 100 bin trafik hareketi içerisindeki görülme miktarı "sıklık" olarak adlandırılır. Sıklık; gerçek trafik hareketi içindeki rapor sayısının, 100 bin trafik hareketine oranlanması ile hesaplanır. YAMAHA konusu ile ilgili olduğu için aşağıdaki grafiklerde BIRD (kuş) kategorisinin 2020, 2021 ve 2022 yıllarındaki durumu verilmiştir. BIRD kategorisi kapsamına uçuşun herhangi bir aşamasında meydana gelen, kuş ve/veya yabancı hayvanlar ile çarpışma veya çarpışmaya yakın olaylar girmektedir.

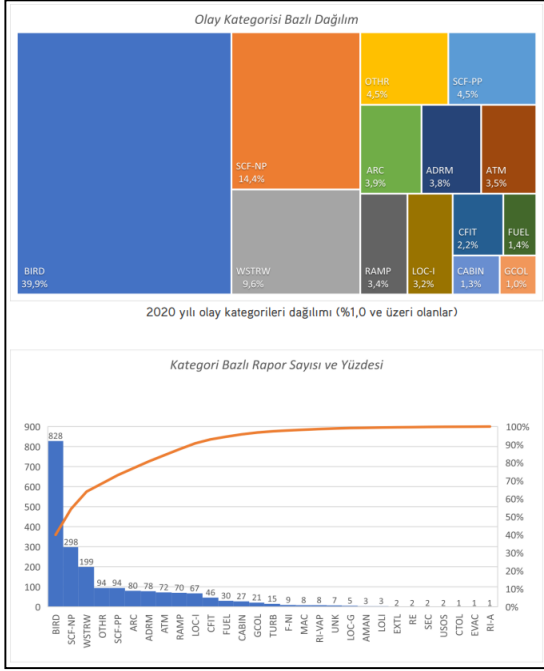
Aşağıdaki grafiklerden de görüleceği üzere, YAMAHA kapsamında değerlendirilen kuşlar ve diğer yabancı hayvanlarla çarpışma durumu:

2020 yılında : %39,9 oranıyla 828 adet olmuştur.

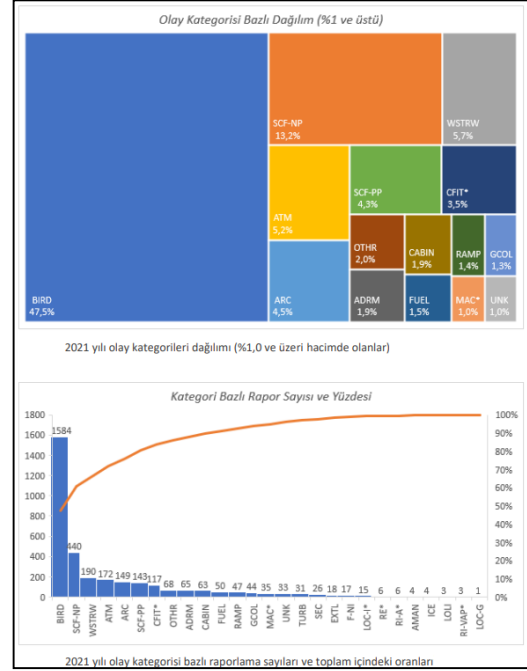
2021 yılında : %47,5 oranıyla 1584 adet olmuştur.

2022 yılında : %35,5 oranıyla 1092 adet olmuştur.

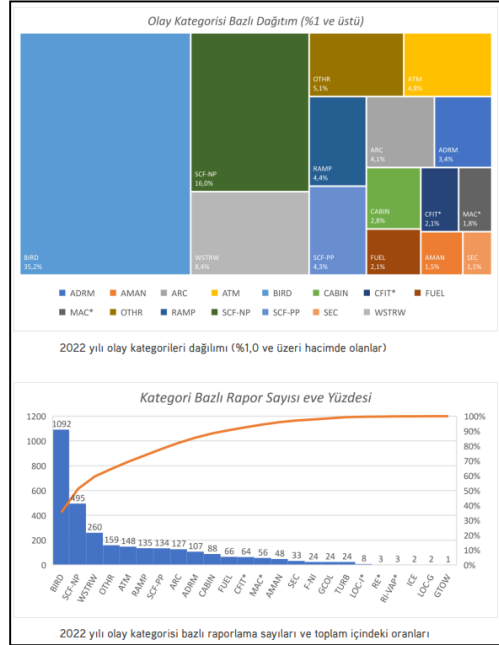
İlgili dokümanlarda bu oranların neden çok farklı olarak değiştiğinin bir açıklaması yoktur. Muhtemelen, kuşların göç sürecinde artan veya azalan uçuş trafiği ile olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 23. 2020 Emniyet Olayları Yıllık Bülteni (SHGM, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni, 2020).



Şekil 24. 2021 Emniyet Olayları Yıllık Bülteni (SHGM, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni, 2021).



Şekil 25: 2022 Emniyet Olayları Yıllık Bülteni (SHGM, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni, 2022).

5. YAMAHA Kaynaklı Maliyet Kayıpları

Geçmiş yıllarda birçok havayolu firması tarafından kullanılan bir MD-80 yolcu uçağına ait bir uçak jet motoru 3-4 milyon dolara satın alınabilirken yabancı madde döküntüsünün bu tip motorlarda oluşturduğu hasarın maliyeti 250 bin ile 1 milyon doları bulmaktadır. Buna göre, onarım ücreti, satın alma fiyatının %20-25'i kadar olabilmektedir (Üstüntepe, 2003). Bunun da ilave bir mali külfet getirdiği bilinmektedir.

Genel maliyet kayıplarının içerisinde olan bakım maliyet kayıpları, YAMAHA olayları nedeniyle ayrıca değerlendirildiğinde, Boeing dergisindeki makaleye göre, hasarlanmış bir motorun bakım maliyetini 1 milyon doların üstüne çıkarabilir. Boeing Firmasının yayınladığı dergide (Boeing Comp.-Aero No.1, Brad Bachtel, 1998) yer alan makaleye göre; YAMAHA'nın havacılığa verdiği zararın maliyeti yılda 4 milyar dolar civarında olup, bunun azaltılmasının YAMAHA önleme çalışmalarıyla olabileceği belirtilmektedir (Boeing Aero No. 01, 1998). 2019 yılı verilerine göre, tüm dünya genelinde YAMAHA'nın havacılık sektörüne verdiği zararın maliyeti yılda 14 milyar dolar olarak belirtilmektedir (El-Sayed, 2022).

Ayrıca, maliyet kaybı içerisinde değerlendirilmesi gereken, ilaveten şu tür gelişmeler olur:

- Uçuş gecikmeleri olur ve müşteri memnuniyetsizliği artar,
- Uçuş programlarını ve personel planlamalarının bozulmasına yol açar,
- Muhtemel yaralanmalar nedeniyle personel açığına neden olur,
- Havayolu yönetimine ve teknik bölümlere ilave iş yükü getirerek dolaylı bir maliyet yükü ortaya çıkarır.

Dünya genelindeki en büyük 300 havalimanı, her yıl 55 milyona yakın uçuşa hizmet vermekte olup toplamda 60 bin'den fazla YAMAHA vakası olmaktadır. Havaalanı trafiğine ve çalışma şartlarına bağlı olarak pist, apron veya taksi yolu yüzeyindeki istenmeyen kolay savrulabilir maddeler, havayollarının havaalanı başına yılda 20 milyon ABD doları kadar maddi zarara uğramasına neden olmaktadır. Ayrıca YAMAHA, doğrudan bakım maliyetlerinde toplam 10 bin uçuş başına 263 bin ABD doları civarında bir maddi zarara neden olmaktadır. En büyük 300 havaalanı için YAMAHA kaynaklı toplam maddi kayıp 1,1 milyar ABD doları civarındadır. Bu maliyet değerine, rötaların, uçak değişikliklerinin, yakıt verimsizliklerinin vb. dolaylı maliyeti eklendiğinde YAMAHA kaynaklı maddi kayıp değeri 10 katına yükselerek yılda toplam 12 milyar ABD dolarına çıkmaktadır. Havayolu firmaları bu kayıpları, "iş yapmanın maliyeti" olarak değerlendirmektedir.

Hava araçlarındaki birçok jet motorunun türbinlerindeki kanat yapısı, YAMAHA riskini en aza düşürmek için karma kanatlı yapıda tasarlanmaktadır. Aynı zamanda iniş takımlarındaki lastikler, YAMAHA hasarına bağlı değişimleri içerecek şekilde fiyatlandırılır; ancak YAMAHA'nın tamamen yok edilmesi durumunda ek maliyetler de giderilmiş olacaktır. Dolayısıyla YAMAHA, yalnızca uçuş güvenliği açısından problem olarak görülmemeli, aynı zamanda havayollarının yapılan tüm işlemlerden önemli ölçüde değer elde etmeye başlayabileceği bir alan olarak değerlendirilmelidir (Düzgün vd., 2019).

5.1. YAMAHA Vakalarının Sıklığı ve Doğrudan Zarar Maliyeti

5.1.1. Motor Hasarı

Uçak jet motorları üzerinde meydana gelen YAMAHA, o parçanın tamir edilmesine veya değiştirilmesine, motorun revizyon edilmesine, uçuş emniyetini etkileyerek can ve mal kaybına neden olduğu gibi, bakım hizmeti veren şirketlerin müşterilerine karşı oluşturduğu güveni kaybetmesine ve emek kaybına neden olan önemli bir faktördür. Tüm bu durumların sonucunda YAMAHA, bir motorun satın alma fiyatının yaklaşık %20'si kadar maddi zarar vermektedir (Üstüntepe, 2003). Hava aracı filosu geniş kapasiteli olan; ancak ismi belirtilmeyen bir Amerikan ticari havayolu firması olan "Taşıyıcı 1", on iki aylık bir dönemde tek bir havalimanında 117 motor arızası bildirmiştir. Bu arızaların giderilmesi için on iki aylık dönem süresince toplam 65 türbin kanadı çifti değiştirilmiş, 80 türbin kanadı birleştirilmiş ve 57'den fazla teknik inceleme yöntemi (örneğin; endoskop (baroskop), floresan boya, girdap kontrolü, vb.) kullanılmıştır (Insight, 2008).

Genel olarak bu vakalar, rutin olmayan uçuş hattı kontrolleri sırasında tespit edilmiştir. Kanat çifti değişimi ve birleştirme işlemleri genellikle uçak üzerinde çalışılırken uçağın hizmet dışı

birakılmasını gerektirdiğinden yukarıdaki olaylara dâhil olan uçaklar, yüksek bir olasılık ile uçuş hattından çekilmiştir. Bu durum, bir yedek uçak bulunması gerektiği anlamına gelir ve bu şekilde uçak değiştirmenin ilişkili maliyeti, dolaylı bir maliyettir. Yapılacak işlemin yerinde yapılabilecek basit bir birleştirme (Tip I) olduğunu varsayarsak bile (>70 işlem adımı gerektiren ve genellikle motorun “düşürülmesi” anlamına gelen karmaşık bir Tip-II olayından ziyade) birkaç saat sürer. Aeroservices Ltd., Tip I onarımların 5-8 saat sürdüğünü ve basit bir birleştirme için bir uçağın toplam 8-12 saat hizmet dışı kalacağını belirtmektedir. Bu 5-8 saatlik zaman aralığı, “Kanat Üstü Destek Ekibi”nin, birleştirmenin (tanımlama, ön inceleme ve uçağı hizmete alma ve hizmetten çıkarma ile ilgili diğer faaliyetler hariç olmak üzere) beş saat veya daha kısa sürede yapılabileceğini öne süren GE Aviation Services tarafından da onaylanmıştır (Insight, 2008).

Boeing firması, tek bir kanat birleştirmenin ortalama maliyetinin 4000 ABD Doları civarında olduğunu öne sürerken, Rolls Royce firması ise, bu işlemin 5000 ABD Doları civarında bir maliyete eşdeğer olduğunu ortaya koymaktadır.

Taşıyıcı-2, bu tür motor olaylarının onarımının, Taşıyıcı-2 trafiğine göre ölçeklendirildiğinde, ayda 1 ila 2 milyon ABD Doları arasında maliyet getirdiğini belirtmektedir. Filo çapında ortalama, 2007 ilkbaharı boyunca yaklaşık 50 bin uçuş (100 bin hareket) boyunca 1,89 milyon ABD Dolarıdır. Bu değer de 10000 uçak hareketi başına yaklaşık 205000 ABD Dolarına eşdeğerdir (Insight, 2008).

5.1.2. Lastik Hasarı

YAMAHA kaynaklı lastik hasarları iki ayrı şekilde gerçekleşir:

a) YAMAHA nedeniyle görünür şekilde delinmiş veya yırtılmış lastikler: Bu tür lastikler değiştirilmelidir.

b) Normal incelemelerde görünmeyen; ancak yenileme işlemini başarısızlığa uğratan gömülü yabancı madde içeren lastikler: Bu tür lastikler de değiştirilmelidir.

Delinme ve yırtılma kaynaklı lastik değişim verileri, ABD'nin büyük bir havayolu şirketi olan “Taşıyıcı-1”den alınmıştır. Taşıyıcı-1, bir havalimanında 12 aylık dönemde 32 adet değiştirilmesi gereken delinen, 158 adet yırtılan (bunların %80'i değiştirilmesi gereken, %20'si hizmette kalabilen) ve 7 adet oyuğu olan (hepsi değiştirilmesi gereken) lastik tespit etmiştir. Bu durum, 10 bin hareket başına yaklaşık 5 adet lastiğin değiştirildiğine karşılık gelmektedir.

Lastiklerin ortalama maliyeti 3261 ABD dolarıdır. Bu, 10 bin hareket başına 17283 ABD Doları maliyete denk gelir. İlginç bir şekilde, çoğu havayolu şirketi, lastikleri çevrim endeksli sözleşmelerle temin etmektedir. Taşıyıcı-1 örneğinde, 12 ay boyunca değiştirilen lastiklerin toplam değeri yaklaşık 0,5 milyon ABD Doları iken, sözleşme bedeli dışında yalnızca 50000 ABD Doları ödemişlerdir. Bu havayolu şirketi için, havalimanında YAMAHA'yı önlemek yılda toplamda 0,5 milyon ABD Doları tasarruf sağlayabilse de, mevcut lastik sözleşmesi YAMAHA kaynaklı değişimlerin maliyetini hâlihazırda karşıladığı için kısa vadede çok daha az etkiye sahiptir.

5.1.3. Görünmeyen Lastik Hasarı

ABD havayolları için ATA istatistikleri, revizyon için gönderilen tüm lastiklerin %2,5'inin gömülü YAMAHA nedeniyle başarısız olduğunu göstermektedir. Genellikle bu, sadece revizyon işlemi sırasında bulunan gömülü ve daha önce tespit edilememiş yabancı madde döküntüsüdür. Retread işlemi başarısız olan her lastik için 1312 ABD doları (revizyon maliyeti) tasarruf edilir; ancak yine de aynı lastik başına ortalama 3261 ABD doları yeni lastik maliyeti ortaya çıkar. Uçak lastikleri her 100 uçuşta revizyon işlemine gönderilir. Bu nedenle, revizyon işlemi başarısız olan lastiklerin net maliyeti 10 bin hareket başına 39509 ABD dolarıdır.

Tablo 2. Boeing 737 ve 757 uçak modellerinde bulunan h40x14.5-19 boyutlarında ana iniş takımı lastiklerindeki yabancı maddeler nedeniyle lastik kaplaması reddetme oranları (Insight, 2008).

Havayolu Firması	2003-2004 Yılları Arası
Delta Air Lines	%3,7
Air Canada	%2,6
American	%4,2

ATA	%1,3
Southwest	%1,6
Aloha	%2,4
Havayolu Firmalarının Ortalaması	%2,6

Lastiklerin kaplama yapılamaz hale gelmesi konusundaki ilginç nokta, genelde bunun ilk faydasını görenlerin havayolu şirketleri değil, lastik üreticileri olmasıdır. Çoğu havayolu şirketi, lastik patlamaları ve kaplama hataları da dâhil olmak üzere belirli masrafları karşılayan döngü endeksi/kullanım sözleşmeleriyle bağlıdır. Bu nedenle, YAMAHA azalmasının faydaları ilk olarak lastik üreticileri tarafından görülecek ve havayolları ancak azalan lastik değiştirme sayısını belgeledikten ve sözleşmeleri yeniden müzakere etme fırsatı yakaladıktan sonra fayda sağlayacaktır.

5.1.4. Gövde Hasarı

Sivil havacılık sektöründe YAMAHA kaynaklı gövde veya gövde altı hasarına ilişkin güvenilir verilerimiz bulunmamaktadır. Tek karşılaştırılabilir bilgi, ABD Hava Kuvvetleri ve Ulusal Muhafız Birliği (USANG) jet uçaklarında meydana gelen YAMAHA hasarlarına ilişkin verilerdir. Ancak bu askeri veriler maliyetler ve maliyet dağılımı açısından faydalı olsa da, hasar olayı sıklığı için herhangi bir temel değerimiz yoktur. Bu nedenle, “gövde” olaylarının lastik olaylarının yarısı kadar sık gerçekleştiğini ve her yirmi “gövde” olayından birinden daha azının gövde altı hasarıyla sonuçlandığı tahmin edilmektedir. Gövde hasarı olayı başına ortalama 287 dolar ve gövde altı hasarı içeren olay başına 1251 dolar maliyetle hesaplandığında, toplam YAMAHA maliyeti her 10.000 harekete/2 = 5.3 lastiğe bağlı olay oranında 2.65 gövde/gövde altı olayına denk gelmektedir. Bu da toplam maliyeti $2872.65 + 1251265/20 = 926$ dolar/10000 hareket olarak hesaplanır. Bu değer, YAMAHA kaynaklı lastik maliyetinin %2'den azını ve motor onarım harcamalarıyla karşılaştırıldığında ise yok denecek kadar az olduğu anlamına gelmektedir.

5.2. YAMAHA Vakalarının Dolaylı Zarar Maliyeti

5.2.1. Doğrudan ve Dolaylı Maliyet Karşılaştırması

YAMAHA vakalarının dolaylı maliyeti, doğrudan maliyetin (bakım masrafları) yaklaşık 10 katı olarak tahmin edilmektedir. Bu durum, YAMAHA'nın küresel toplam maliyetinin yıllık 12 milyar dolara karşılık gelmektedir. YAMAHA hasarının dolaylı maliyetlerine ilişkin bir vaka çalışması veya çok özel bir örnek bulunmamaktadır. En yakın paralel olarak apron emniyet olaylarını gösterebilir. ABD Uçuş Emniyeti Vakfı'na (FSF'ye) göre, apron emniyet olaylarında dolaylı maliyetler, doğrudan maliyetlerin 12 ila 13 katıdır. FSF Yönetici Yardımcısı Bob Vandel, bir ikram aracının bir uçağa çarpması durumunda doğrudan maliyetin yalnızca 17000 dolar, ancak dolaylı maliyetlerin 230000 dolar, toplamda 247000 dolar olduğunu örneklemektedir. Ayrıca bir jet köprüsü operatörünün bir uçağa çarparak 50000 dolar doğrudan maliyet ve 600 bin dolar dolaylı maliyet oluşturduğu başka bir örneği de aktarmaktadır. Diğer apron emniyet ve apron hasar olaylarında da dolaylı maliyetler, benzer şekilde doğrudan hasar maliyetlerinin 12 ila 13 katı civarındadır.

Dolaylı maliyetler, bireysel kategorilere ayrılmamış olsa da, Amerikan Uçuş Emniyeti Vakfı, 33 dolaylı maliyet kategorisi listesi oluşturmak için kullandığımız bazı YAMAHA'ya özgü maliyetleri eklediğimiz bir dolaylı maliyet kategori listesi oluşturmuştur.

Tablo 3: Amerikan Uçuş Emniyeti Vakfı (FSF: Flight Safety Foundation) tarafından oluşturulan 33 dolaylı maliyet kategorisi listesi (Insight, 2008).

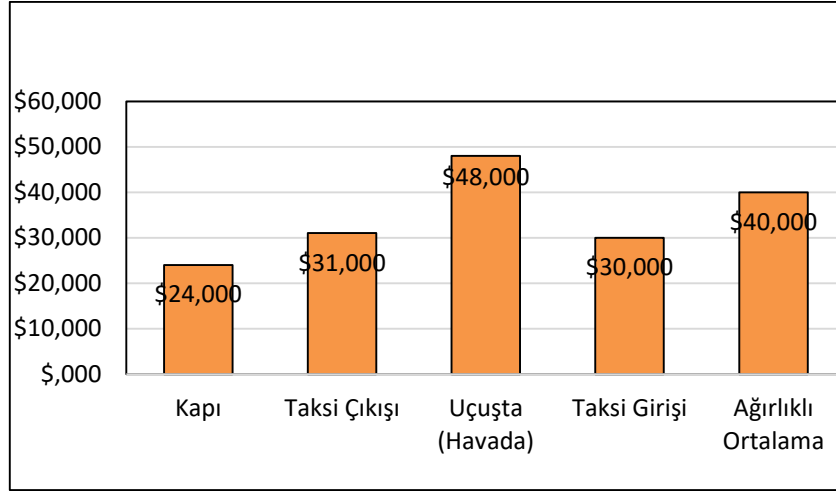
1. Havaalanı verimlilik kayıpları (Slot kayıpları, yer hizmetlerinde gecikmeler, vb.)	18. Artan sigorta primleri (YAMAHA kaynaklı hasar geçmişi nedeniyle yükselen maliyetler)
2. Karbon emisyonu / Çevresel etkiler (Uçakların beklemesinden kaynaklanan ek yakıt yakımı, vb.)	19. Kalan ekipmanlarda artan işletme maliyetleri (Diğer uçakların daha fazla kullanımı, vb.)
3. Uçak değişikliği (Rezerv uçak kullanımı, yolcu ve bagaj transferi, vb.)	20. Sigorta teminat altına girmeyen kısımlar (Hasarın belirli bir kısmını karşılamayan sigorta poliçeleri)
4. Havaalanı kapatılması (Tüm operasyonlarda aksamalar, yolcu mağduriyeti, vb.)	21. Hukuki masraflar (YAMAHA olayı ile ilgili davalar ve tazminat süreçleri)
5. Pist kapatılması (Diğer uçuşların gecikmesi, alternatif pist kullanımları, vb.)	22. Sigortayı aşan tazminat talepleri (Yüksek maliyetli hasarlar durumunda sigorta kapsamı dışında kalan tutarlar)
6. Kurumsal adam öldürme / Cezai sorumluluk (Ciddi kazalar durumunda yasal yaptırımlar, vb.)	23. Uçak kaybı (Ciddi kazalar sonucu uçağın kullanılamaz hale gelmesi)
7. Düzeltici önlem masrafları (Hasar onarım çalışmaları, inceleme raporları, vb.)	24. İş kaybı ve itibar zedelenmesi (YAMAHA olayının yol açtığı yolcu kaybı, marka imajı düşüşü, vb.)
8. Personel eksikliği maliyeti (Yedek personel temini, eğitim masrafları, vb.)	25. Yaralı personelin verimlilik kaybı (Yaralılara verilen izinler, rehabilitasyon süreleri, eğitim tekrarları, vb.)
9. Yedek ekipman kiralama veya leasing masrafları (Diğer uçaklar, araçlar, vb.)	26. Yedek parça veya özel ekipman kaybı (Hasarlı parça tedariği, lojistik masrafları, alternatif çözümler, vb.)
10. Normal işlemlere dönüş masrafları (Yolcu ve bagaj düzenlemeleri, temizlik, vb.)	27. Fazla mesai masrafları (Gecikmeleri telafi etmek için harcanan ek çalışma saatleri, premium ödemeleri, vb.)
11. Soruşturma masrafları (Yetkililerin incelemeleri, raporlama maliyetleri, vb.)	28. Bağlantı kaçırma (Diğer uçuşlara yetişilememesi nedeniyle yolcu mağduriyeti, yeniden biletlendirme masrafları)
12. Havadaki uçaklarda gecikme (Alternatif rotaların kullanımı, yakıt maliyetleri, vb.)	29. Moral düşüklüğü (YAMAHA olayından etkilenen çalışanların moral ve motivasyon kaybı, psikolojik destek maliyeti)
13. Gecikmeli kapı operasyonları (Yolcu yükleme ve boşaltma gecikmeleri, vb.)	30. Mürettebatın tepkisi nedeniyle sefer aksaklığı (Kazayı önlemek için yapılan ani manevraların yarattığı gecikmeler, yakıt sarfiyatı artışı)
14. Cezalar ve ihtarlar (Sivil havacılık otoriteleri tarafından verilen yaptırımlar, vb.)	31. Diğer havayollarına yönlendirme (Yeterli uçak olmaması durumunda yolcuların başka havayolları ile taşınması, anlaşma masrafları)
15. Yakıt verimliliği kayıpları (Yabancı cisim nedeniyle oluşan hasarın yol açtığı performans düşüşü, vb.)	32. Planlı bakım (YAMAHA kaynaklı hasarın giderilmesi için planlanan bakım çalışmaları, yedek parça maliyetleri)
16. Otel masrafları (Yolcuların gecikmeler nedeniyle konaklama ihtiyacı)	33. Plansız bakım (Kazalar veya ciddi hasarlar sonucu acil onarım ihtiyacı, gecikmelerden ötürü kaybedilen uçuş gelirleri)
17. Havada dönüş gerçekleştirilmesi (Yabancı cisim riski nedeniyle iniş iptali ve alternatif rotaya geçiş)	

5.2.2. Gecikmeler

Gecikmeler, Tablo 2.'de belirtilen 10x dolaylı maliyet/doğrudan maliyet oranının bir örneği olarak dolaylı maliyetlere dâhildir. Gecikme değerleri, Sabre firmasının dolaylı maliyetler üzerine yaptığı bir çalışmadan alınmıştır. Bu çalışmada, her bir uçak için dakika başına ortalama 40 dolar ağırlıklı ortalama gecikme maliyeti olduğu belirtilmiştir. ABD havalimanlarında taksi süresindeki ortalama gecikmenin 9,56 dakika, iniş süresindeki gecikmenin ise, 3,81 dakika olduğunu gösteren bir NASA havalimanı gecikmeleri çalışması mevcuttur. Hava içindeki gecikme süreleri, ATA hava akışı ve trafik düzeneği verilerinden ve normal operasyonlarda her 500 uçaktan yaklaşık 1'inin piste inmeden tekrar kalkış yapmak zorunda kaldığını gösteren YVR ve MSP havalimanlarının anekdot kanıtlarından çıkarılabilir.

Gecikmeler dolaylı maliyetlere bir örnektir ve yukarıda açıklanan 10x doğrudan vb. dolaylı maliyet çarpanının bir parçası olacaktır. Gecikme değerleri, Sabre tarafından yapılan dolaylı maliyet araştırmasından alınmıştır. Araştırma, uçak başına her dakika için ortalama 40\$ ağırlıklı ortalama değer bulmuştur. NASA'nın havaalanı gecikmeleri üzerine yaptığı bir araştırma, ABD havaalanlarında ortalama taksi süresindeki gecikmenin 9,56 dakika, taksi süresindeki gecikmenin ise, 3,81 dakika olduğunu göstermiştir. Hava içi gecikme süreleri, ATA hava trafiği ve trafiğin akılcılaştırılması verilerinden ve normal operasyonlarda ortalama 500 uçaktan 1'inin pist çevresi dönüşü yapmak

zorunda kaldığına dair bulgular, YVR ve MSP havalimanlarından alınan anekdotlardan çıkarılabilmektedir.



Şekil 26: Her bir uçak için dakika başına gecikme maliyeti (Insight, 2008).

ABD havalimanları, genellikle pistlerin yabancı madde döküntüsü nedeniyle kapatılma süresini kayıt altına almamaktadır. Buna karşılık, bazı büyük Avrupa havalimanları bu süreyi takip eder. İki büyük Avrupa havalimanından elde edilen veriler, pistlerinin yabancı madde döküntüsü ve yabancı hayatı nedeniyle ortalama aylık 200-240 dakika kapalı kaldığını ve bu kapatılma süresinin %90'undan fazlasının yabancı madde döküntüsü kaynaklı olduğunu göstermektedir. Bir Avrupa havalimanı anekdot olarak, pist kaynaklı gecikmelerinin %1'e kadarının yabancı madde döküntüsü ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir.

Yukarıdaki verileri birleştirerek, yıllık yaklaşık 400000 harekete (aylık 33300) sahip büyük bir havalimanında yabancı madde döküntüsü kaynaklı gecikme süresi, 90×240 dakika = 216 dakika olacaktır. Her ay gerçekleşen 33000 hareket yaklaşık 17000 uçuşa karşılık gelmektedir ve bu uçuşların her birinde ortalama $9,56 + 3,81 = 13,37$ dakika gecikme olmaktadır. Bu gecikmelerin %1'i (2,228 dakika) yabancı madde döküntüsünden kaynaklanmaktadır. Son olarak, havaalanı içindeki gecikmeler ve "istek dışı manevralar" (touch-and-go dâhil) (%1'nin yabancı madde döküntüsü kaynaklı olduğunu varsayarak ortalama 0,2 dakikalık ek gecikmeye yol açmaktadır.

Genel olarak, bu durum her ay yaklaşık 2230 dakika gecikmeye, yani 10.000 harekete karşılık 667 dakika gecikmeye sebep olmaktadır. Bu gecikmelerin maliyeti, Sabre Havacılık Veri Hizmetleri'nin dakika başına 40 ABD doları ücretine göre 10000 hareket başına 26740 ABD doları civarındadır. Büyük havalimanlarında ise bu maliyet yılda 1 milyon ABD dolarının çok üzerine çıkabilmektedir.

Gecikmelerden kaynaklanan bu 1 milyon ABD doları yıllık maliyet, 10 kat Doğrudan ve Dolaylı Maliyet Katılımı'na dâhildir. Katılım, bir maliyetin diğer maliyete oranını ifade etmektedir.

5.2.3. Yakıt Verimsizliği

Yakıt verimsizliği, bir uçağın olması gerekenden daha fazla yakıt tüketmesi anlamına gelmektedir.

Motorlarda kanatçıkların aşındırılması yakıt verimliliğini hafifçe düşürmektedir. Bu aşındırma sadece yabancı madde döküntüsünün emilimi sonucu meydana geldiğinden YAMAHA, yakıt tüketiminde hafif artışlara yol açmaktadır.

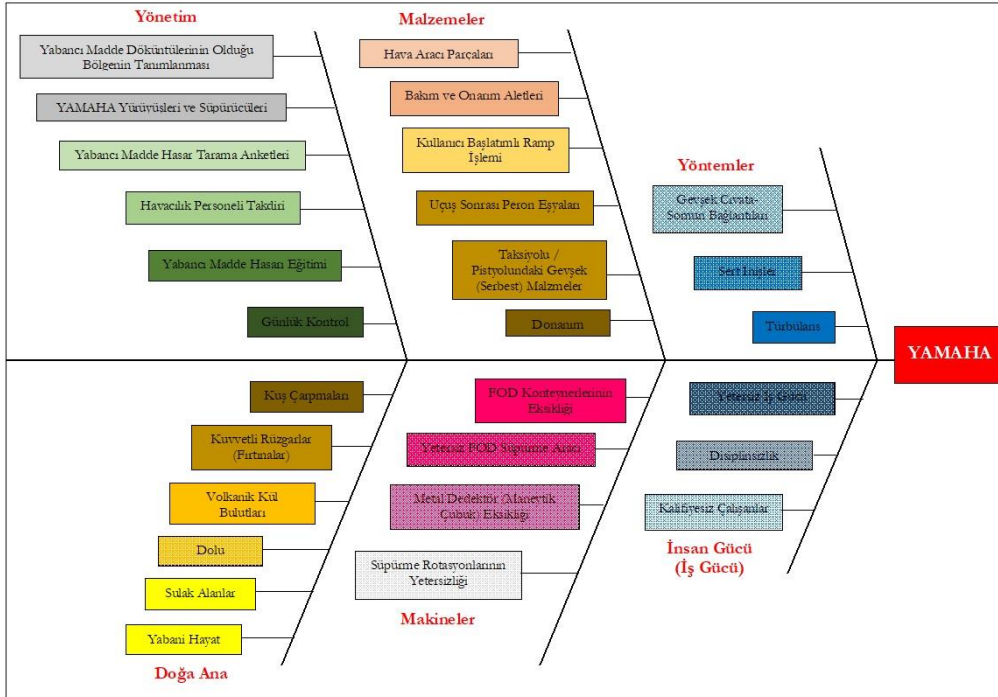
Yakıt kapasitesi yaklaşık 23980 merikan galonu olan bir Boeing 767'yi ve galon başına yaklaşık 2052 olarlık yakıt fiyatını (Nisan 2007, ATA kaynağı) baz alırsak, tipik bir uçuşta yakıt kapasitesinin yaklaşık %60'ının tüketildiği IATA verilerine göre, Boeing 767 için uçuş başına 29524 dolarlık bir maliyet oluşturmaktadır.

Tipik bir filodaki çoğu uçak için, hizmet veren ortalama motorun kanatçıklarının en az %30'u aşındırılmıştır (GE Motorları kaynağı) ve tipik bir filodaki uçakların %90'ına kadarında aşındırılmış kanatçıklar vardır (Delta Airlines kaynağı). Aşındırma, %0,5'lik bir verim kaybına neden olabilir (GE Motorları, Pratt & Whitney). Yukarıdaki Boeing 767 örneğinde, uçuş başına işletim maliyetlerini 147,85

Ş artıracaktır. Bu dolaylı yakıt maliyeti tek başına, uçuş başına doğrudan motor maliyetinin (47 \$) yaklaşık üç katından fazladır.

6. YAMAHA'nın Azaltılması ve Önüne Geçilmesi için Gereken Önlemler

YAMAHA'nın kontrol altına alınabilmesi için üç ana alanda etkin önlemler alınabileceği belirtilmiştir. Bu önlemler, **YAMAHA ile ilişkili eğitimler**, **YAMAHA Önleme Eğitimi** ve **YAMAHA'nın Önlenmesine Yönelik Kontroller**'dir. Aynı zamanda YAMAHA'ya yönelik düzeltici ve önleyici eylem oluşturma yaklaşımları; Balık Kılçığı veya Ishikawa diyagramı olarak da bilinen ve aşağıda gösterilen Sebep-Sonuç diyagramıyla gösterilebilir. Diyagram; Management-Yönetim, Materials-Malzemeler, Methods-Yöntemler, Mother Nature-Doğa Ana, Machine-Makineler ve Manpower-İnsan Gücü'nü içeren altı (6) M'nin kullanımını tanımlar. Şekil 27.'de gösterilen bu diyagram, çalışma kapsamında incelenen YAMAHA'nın azaltılmasına ve önüne geçilebilmesi için gereken önlemler ile ilgili olası neden ve sonuçların sınıflandırılmasında kullanılan bir analiz yöntemidir.



Şekil 27: Balık Kılçığı (Ishikawa) Diyagramı (Url-22).

SHGM yayınlarından Apron Operasyonları Emniyet Kılavuzu'nda belirtilen YAMAHA'nın önlenmesine yönelik genel prensipler aşağıdaki gibidir (Url-1):

- Uçak gelmeden önce, park sahasında mutlaka YAMAHA kontrolü yapılmalı, park sahası motorlara zarar verebilecek tüm maddelerden arındırılmalıdır.
- Yabancı madde döküntüsü, görülür görülmez kaldırılmalıdır.
- Yabancı madde döküntüsü, el ile kolaylıkla kaldırılamıyor ise, amirin havalimanından veya terminal işleticisinden manuel veya havalimanı süpürme makinesini kullanarak kaldırmasını talep etmesi istenmelidir.
- Çalışma alanlarında veya yer hizmetleri araçlarında yabancı madde döküntüsü kutularının bulunması sağlanmalıdır.
- Uçağın içerisindeki ve etrafındaki tüm araçlardan sorumlu olunmalıdır.
- Emniyet teli veya somun ve cıvata gibi diğer boşta olan maddeler çalışma alanlarında bırakılmamalıdır.
- Apron alanlarında yabancı madde döküntüsü olup olmadığı sürekli olarak kontrol edilmelidir.
- Uçaktaki yükleme işleminin tamamlanması, ekipmanların uçaktan ayrılması sonrasında da yabancı madde döküntüsü kontrolü yapılmalıdır.

Havacılık sektöründe havacılık güvenliği, çok önemli bir öneme sahiptir ve yabancı madde atıkları ve buna bağlı YAMAHA, havacılık güvenliğini tehlikeye atan başlıca nedenlerden biridir. YAMAHA önleme, tüm uçak operatörleri ve bakım ekipleri için sürekli bir zorluk oluşturmaktadır. Her yıl havacılık endüstrisine milyonlarca dolarlık bir maliyet getirmektedir. Bu mali etkisi, uçak yapılarına zarar verme veya uçak motorlarının hasarlanması gibi doğrudan maliyetlerin yanı sıra, uçuş programı gecikmeleri, iptalleri, aksaklıkları ve çalışanlar için ek çaba gibi dolaylı maliyetlerin sonucudur. Ayrıca, bazen mali etkiden daha kritik olan, YAMAHA'dan kaynaklanan olaylarla ilişkili güvenlik etkisi ve potansiyel insan hayatı kaybıdır. Bu nedenle, felaketli bir havacılık olayına yol açabilecek en olası potansiyel, yer tabanlı neden olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, YAMAHA'ya neden olan en önemli faktörleri incelemek ve herhangi bir kurumun veya organizasyonun yabancı madde döküntüsüne karşı kapsamlı bir yabancı madde döküntüsü önleme ve kontrol planı yapılması önerilmektedir (Rafiq vd., 2013).

6.1. YAMAHA ile İlişkili Eğitimler

YAMAHA ile ilişkili eğitimler, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Uçağın, havaalanının, uçağa hizmet götüren yan kuruluşların yine YAMAHA açısından kontrol ve takibinin yapılması,
- Bakım faaliyetlerinde YAMAHA'ya karşı hassasiyet gösteren disiplinlerin geliştirilmesi,
- Tüm faaliyetleri içeren bir koordinasyonun geliştirilmesidir.

Benzer önlemlerin değişik dokümanlarda farklı ifadelerle önerildiği bu konuyu içeren makale ve çalışmalarda görülmektedir. Örneğin; Boeing Aero No. 01, 1998 yayınına göre, bir havaalanı YAMAHA kontrol programı, aşağıdaki dört ana alana odaklandığında en etkili sonuçları vermektedir:

- Eğitim,
- Havayolu, havaalanı ve uçak yer hizmetleri personeline yapılan incelemeler (kontroller),
- Bakım,
- Koordinasyon.

Aynı zamanda YAMAHA'nın önlenmesi ile ilgili bir yönerge geliştirilmesi ve YAMAHA ile mücadelenin tekrarlanan bir eğitim kapsamına sokulması, YAMAHA'nın önlenmesi ile ilgili bir standardın oluşmasını sağlayacaktır.

6.2. YAMAHA Önleme Eğitimi

Havacılık sektöründeki tüm havayolu ve havaalanı personellerinin YAMAHA'yı tanınması, YAMAHA'nın azaltılması ve yok edilmesi konularında eğitim görmesi konusu oldukça önemlidir.

İlgili dokümanlarda teknik ve uçuş ilişkili personelin Hat Eğitimleri (Line Training); YAMAHA prosedürlerini de (izleklerini de) kapsamaması gerektiği, personelin bu konudaki farkındalığının artırılması için konu ile ilgili poster ve işaretlerin de çalışma alanlarına asılması önerilmektedir.

Eğitimlerin ağırlıklı olarak, personelin günlük faaliyetlerinde, YAMAHA'ya yol açmayacak şekilde görevlerini yapmaları gerektiği vurgulanmaktadır.

Askeri ve sivil havacılık ilişkili kurum ve firmalarda personelin YAMAHA konusunda daha bilinçli hale gelmesi için düzenli aralıklarla konferanslar düzenlenmesi konunun istatistiksel olarak ve tek tek değerlendirilmesinin önemli olduğu yazılmaktadır.

6.3. YAMAHA'nın Önlenmesine Yönelik Kontroller

Havayolu veya uçak faaliyetinde bulunan kurum personelleri ve hatta yönetici personeli de dâhil olmak üzere, YAMAHA çevre kontrolüne katılmalıdır. Bu tür uygulamalar, havaalanı şartlarının personel tarafından daha iyi tanınmasını sağlayacaktır.

FAA ve ICAO, uçakların hareket ettiği tüm alanlarda kontrollerin gün ışığında ve her gün yapılmasını tavsiye etmektedir. Bu kontrollerin şartlara bağlı olarak her vardiya öncesi yapılması da önerilmektedir.

YAMAHA ile mücadelenin en etkili yolu olarak FAA'nin 150/5210-24 numaralı Advisory Circular'da da adeta el ele tutulacak aralıklarla, personelin yapacağı YAMAHA yürüyüşleri (FOD walks)

yapılması istenmiştir. İlk uçuştan önce personelin böyle yürüyüşle YAMAHA kontrolünü gözle yaparak toplaması emniyet açısından önemlidir.

YAMAHA yürüyüşleri, aprondaki, taksi yolundaki, pist yolundaki veya havaalanı etrafındaki yabancı madde döküntülerinin tespit edilmesinde kullanılan en eski ve geleneksel bir yöntemdir. Bu yöntemde, bir dizi apron görevlisi, pist boyunca omuz omuza yürümekte ve yabancı cisimleri bulup toplamaktadır. Bu yürüyüşlerde, pist, araba ve taksi yolu sahasında var olabilecek enkazın toplanması için saha taranmakta ve kritik bölgelerde uçuş öncesi gerekli güvenlik önlemleri alınmaktadır (Özkan, 2021).



Şekil 28: YAMAHA yürüyüşü-1 (Changwa, 2022).



Şekil 29: YAMAHA yürüyüşü-2 (Url-23).

Havaalanı apron ve pist civarı, araçlarla çekilen mekanik yatay süpürücüler, vakum sistemli cihazlar, basınçlı hava üfleyici cihazlar, mıknatıslı çubuklar içeren yüzeylerin araçlarla çekilerek YAMAHA temizliği yapılabilir. Uçak park sahaları ve taksi yolları mekanik süpürgeler kullanılarak düzenli aralıklar ile temizlenmelidir. Özellikle havaalanı apron bölgesi civarı, uçak jet motorunun ilk çalıştırıldığı ve yolcuların uçağa alındığı bölge olduğundan YAMAHA açısından en riskli ve öncelikli alanlar olmalıdır.



Şekil 30: Araç ile çekilen mekanik yatay süpürücüler (Url-24).

7. Havacılık Emniyeti Bakımından Yabancı Madde Döküntüsü Bir Pist İhlali midir?

Havacılık emniyeti bakımından havaalanı pist ihlali, son dönemde gündemde en çok konuşulan, tartışılan ve kritik öneme sahip olan konulardan biridir. Pist ihlali, havaalanı pistinde veya koruma alanında bir uçak, araç veya kişinin yanlış konumlanması durumudur. Yabancı cisimlerin sayısının normal "pist ihlallerini" aştığı nokta, çok daha fazla sayıda "yakın kazadan kurtulma" yaşanmasıdır. Pist ihlalleri nadirdir, ancak pistlerde neredeyse her zaman bir çeşit yabancı madde ya da maddeler bulunur. Ayrıca, havayollarının pervane kanatlarını düzenli olarak balans ayarlaması veya lastiklerini değiştirmesi gerektiğinden, küçük çaplı yabancı madde çarpışmalarının sıklıkla meydana geldiği bilinmektedir (Insight, 2008).

Havayolu şirketleri önemli miktarda maddi kaynağı, havacılık emniyetine harcamaktadır. ABD'de FAA, Şubat 2007'den itibaren, kongre alt komitesine pist güvenliği ve ihlalleri hakkında düzenli rapor sunmaktadır.

8. Sonuç

YAMAHA konusunda yazılmış en kapsamlı prosedürel doküman Amerikan Federal Havacılık Teşkilatı-FAA 'nin 150/5210-24 numaralı Advisory Circular dokümanıdır. Bu doküman YAMAHA programının geliştirilmesi ve yönetimi konusunda bilgiler sağlar.

SHGM'nin bu konularda, veri toplama, yayma ve denetleme konusunda farklı başlıklarda emir ve talimatları mevcut olmakla birlikte, bu çalışmada yukarıda bahsedilenlerin de tümü de uygulanıyor olsa da doğrudan YAMAHA başlığı altında FAA'nin benzeri bir yönerge veya talimata rastlanılmamıştır.

SHGM'nin her yıl yayınladığı Emniyet Olayları Yıllık Bültenleri dikkate alındığında YAMAHA konusunda böyle bir yönergenin ihtiyaç olduğu da görülmektedir.

Bu konuda oluşturulacak personel farkındalığı ile hem insan kaybı ve hem de uçak-teçhizat kaybının önüne geçerek bu yöndeki maliyet kayıpları azaltılabilir. Aynı zamanda yabancı madde atıkları, hem can güvenliği hem de havayolu firmasının zarara uğraması bakımından potansiyel tehlike oluşturmaktadır.

Yabancı madde döküntülerinden kaynaklı YAMAHA'yı elimine etmenin en etkili yolu havacılık sektöründe çalışan teknik personellerde YAMAHA farkındalığının geliştirilmesidir. Temelde YAMAHA ile mücadelede her ne kadar teknik personeller eğitilmiş olsa bile, havalimanları ve havayolu şirketlerine YAMAHA'dan kaynaklı zarar maliyetleri ortaya çıkmakta ve bu durum, operasyonel anlamda verimsizliğe neden olmaktadır. Bu noktada YAMAHA ile mücadelede, teknik personellerin eğitilmiş olması ile birlikte en etkin yöntem, hasara neden olabilecek yabancı madde döküntülerinin tespitinde havalimanlarında kullanılan Argos AI-FOD, X-Sight –FODetect, Trex Enterprises -FOD Finder, Tarsier Radar, FODRAD, sentetik açıklıklı radar, evrimsel sinir ağları, vb. birtakım otomatik yöntemlerin kullanılmasıdır.

Kaynaklar

- Boeing Comp,- Aero No.1, B. Bachtel, 1998.
- Basut, F. (2024). Yabancı Madde Hasarı Kaynaklı Hava Aracı Kazalarında İnsan Faktörünün Değerlendirilmesi: Concorde Uçak Kazası Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gebze.
- Changwa, H. (2022). FOD Detection Modelusing Virtual Image and Drone. (Master Thesis). Seoul National University Department of Architecture & Architectural Engineering, South Korea.
- Diler, A., 2006. KUŞ ÇARPMALARI. UTED Aylık Havacılık Dergisi, 174, 33-36.
- Düzcün, M., Çotuksöken, B., Kul, R. H., Türkoğan, A., Aydoğan, S., Tezer, G., Vatandaş O. E., Uyanık H., Saraçyakupoğlu T. (2019), Uluslararası Havacılığın Temelleri, 1. Basım, Nobel Yayınevi.
- El-Sayed, A. F. (2019). Bird Strike in Aviation, CRC Press, Taylor&Francis Group.
- El-Sayed, A. F. (2022). Foreign Object Damage and Debris in Aviation, (pp. 6). CRC Press, Taylor&Francis Group.
- FAA Advisory Circular No:150/5210-24, Airport Foreign Object Debris (FOD) Management, 09/30/2010.
- Insight SRI, (2008). The Economic Cost of FOD to Airlines.
- Rafiq, H. A., Manarvi I., A., Iqbal, A. (2013). Identification of Major FOD Contributors in Aviation Industry, Business Science Reference.
- Przedpelski, Z. J., Casadevall, T. J. (1991). IMPACT OF VOLCANIC ASH FROM 15 DECEMBER REDOUBT VOLCANO ERUPTION ON GE CF6-80C2 TURBOFAN ENGINES. Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety, 2047, 129-135.
- SHT-OLAY: Sivil Havacılık Emniyet Olaylarının Raporlanmasına Dair Talimat, SHGM, 31.12.2012, Değişiklik No.2.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni -2020.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni -2021.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Emniyet Olayları Yıllık Bülteni -2022.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Apron Operasyonları Emniyet Kılavuzu.
- Özbakır, Y., (1996) . Kuş Çarpması. Türk Hava Kuvvetleri Uçuş Emniyet Dergisi, 148, 20-23.
- Özkan, V. (2021). Havaalanı Pat Sahasında Bölgesel Evrimsel Sinir Ağı Mimarileri ile Yabancı Madde Tespiti. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Şahar, H., 1996. MEYDANLARDA UÇAK-KUŞ ÇARPMALARINI ÖNLEMEK İÇİN ALINAN TEBİRLER. Türk Hava Kuvvetleri Uçuş Emniyet Dergisi, 140, 22.
- Uludağ, A. (1996). Uçak Periyodik Bakımlarında YAMAHA ve YER EMNİYETİ. Türk Hava Kuvvetleri Uçak Bakım Bülteni, 13, 11-12.

Üstüntepe, L. (2003). FOD (Foreign Object Damage) YABANCI MADDE HASARI. UTED Aylık Havacılık Dergisi, 135, 30-31.

Url-1:

https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/Apron_Operasyonlari_Emniyet.pdf

Url-2:

https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/Emniyet_Yonetimi_El_Kitabi.pdf

Url-3: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/Annex_14_Cilt-1_2.Baski-Kasim2010.pdf

Url-4: <https://getfods.com/blog/case-studies/ohare-international-airport>

Url-5: <https://getfods.com/rip-rap-erosion-control>

Url-6: <https://www.news.com.au/travel/travel-updates/incidents/chilling-final-words-of-concorde-pilot/news-story/fe6f97d3f49936d5229b547ef677aaf5>

Url-7: <https://jornadadiscover.com.br/o-desastre-tragico-do-concorde-o-aviao-supersonico/>

Url-8: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/8621992.stm>

Url-9: <https://havkar.com/en/blog/view/meteorological-hazards-for-an-aircraft/101>

Url-10: <http://www.birdstrikenews.com/2009/12/full-size-photos-from-show-low-bird.html>

Url-11: <https://asn.flightsafety.org/asndb/322770>

Url-12: <https://www.milliyet.com.tr/galeri/bir-ucak-bir-kusa-carparsa-ne-olur-49963/7>

Url-13: <https://www.flightlineweekly.com/post/2018/11/20/bird-control-at-sa-airports>

Url-14: <https://www.sfgate.com/nation/article/airliner-bird-collisions-26-near-disasters-in-2-3174025.php>

Url-15: <https://www.flightglobal.com/picture-pia-a320-in-islamabad-runway-excursion/121451.article>

Url-16: <https://training.egyptair.com/News/BirdStrike-Event>

Url-17: <https://www.iha.com.tr/haber-ismpanyaya-ait-askeri-kargo-ucagi-kus-carpmasi-sonucu-acil-inis-yapti-852918>

Url-18: <https://avherald.com/h?article=43339051>

Url-19: <https://avherald.com/h?article=4a111c1b>

Url-20: <https://www.expats.cz/czech-news/article/nato-video-captures-czech-pilot-birdstrike>

Url-21: <https://www.airliners.net/photo/Untitled/Raytheon-58-Baron/650926>

Url-22: <https://stratmatters.wordpress.com/tag/aircraft-accidents-incidents-due-f-o-d/>

Url-23: <https://nara.getarchive.net/media/crew-members-conduct-a-foreign-object-damage-fod-walk-down-on-the-flight-deck-ad8bc0>

Url-24: <https://www.aerosweep.com/fodboss-ultimate-single-sweeper>