

## HAVALİMANLARINDA KULLANILAN KARLA MÜCADELE TEKNİKLERİ VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALARI

Mehmet Cemil Acar <sup>1</sup>

**Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First):** 28.05.2022

**Makale Kabul Tarihi / Accepted:** 30.06.2022

**Atıf/©:** Acar, M.C. (2022), Havalimanlarında Kullanılan Karla Mücadele Teknikleri ve Türkiye'deki Uygulamaları, Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research,2(1),13-26

### Özet

Havacılık günümüz dünyasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Hava taşımacılığıyla doğrudan ilişkili olan havalimanları, havayolu trafiğinin sistematik bir şekilde çalışması için oldukça önemli bir konumdadır bu nedenle çeşitli faaliyetleri yerine getirmek zorundadır. Uçuş faaliyetlerinin layığı ile yerine getirilmesi için hava koşulları büyük önem arz etmektedir. Kış mevsiminde kar ve buzlanma sebebiyle uçakların kaza yapmaması seferlerin azaltılması veya durdurulmasını önlemek adına PAT sahalarının temizliği oldukça önemlidir. Bu tür aksaklıklar hem havayolu firmalarını hem de yolcuları mağdur etmektedir. Bu sebeple çeşitli yöntemlerle kar ve buzlanmanın önüne geçecek kar temizleme araçları ve kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada en etkin kar ile mücadele yöntemleri çeşitli yönlerden incelenmiş, hangi yöntemin daha etkin olacağı hava koşulları göz önüne alınarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada çevreye, kaplamaya ve uçaklara zarar vermeden uygulanacak en verimli uygulamaları incelemek adına kurum tarafından ortaya konulan deneysel çalışmalardan yararlanılmış olup sonrasında tanımlayıcı çalışmalarla desteklenerek yazılı kaynakların incelenmesi yöntemi uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kar ile Mücadele, Havalimanları, PAT Sahaları Temizliği, Çevre, Hava

## SNOW FIGHTING TECHNIQUES USED AT AIRPORTS AND ITS APPLICATIONS IN TURKEY

**Citation/©:** Acar, M.C. (2022), Snow Fighting Techniques Used at Airports and Its Applications in Turkey, Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research,2(1),13-38

### Abstract

Aviation has a very important place in today's world. Airports, which are directly related to air transport, are in a very essential position for the systematic operation of airline traffic, so they have to perform various activities. Weather conditions are of great importance for the proper execution of flight activities. Cleaning of PAT areas is very crucial in order to prevent aircraft crashes due to snow and icing in winter, reducing or stopping flights. Such disruptions suffer both airline companies and passengers and whole operation. Therefore, snow removal tools and chemicals are used to prevent snow and icing with various methods. In this study, the most effective methods of snow removal were examined from various aspects, and it was tried to put forward which method would be more effective, considering the weather conditions. In the study, in order to examine the most efficient applications to be applied without damaging the environment, coating and aircraft, the experimental studies put forward by the institution were used, and then the method of examining written sources was applied, supported by descriptive studies.

**Keywords:** Snow Removal, Airports, PAT Areas Cleaning, Environment, Air

<sup>1</sup> Maltepe Üniversitesi, Türkiye, cemilacar@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6966-2983

## 1. GİRİŞ

Kar küreme ekipmanının ilk patentleri 1840 yılına kadar uzanıyor, ancak Milwaukee'de kar küreme ekipmanı ile donatılmış at arabalarının çalışmaya başladığı 1862 yılına kadar fiili kullanım kaydı bulunmamaktadır. O yıllarda atlı kar püskürtücüler özellikle yoğun kar yağışının olduğu bölgelerde hızla yayıldı.

Ulaşımın artmasıyla, arabalar ve trenler yeni ulaşım türleri haline geldi. Ancak bu yeni bir sorun meydana getirdi. Ulaşım araçlarından arabaların açık, karsız yollara ihtiyacı vardı. Bu sorun değişim anlamına geliyor ve yeni icatlara yol açacaktı. 1913'te, kamyonların ve traktörlerin gövdelerine dayalı ilk motorlu kar küreme makinesi icat edildi ve kısa bir süre sonra, 1920'lerde arabaya monteli ilk kar küreme makinesi ortaya çıktı. Bu makineler, kar temizleme işlemini makineleştirmeyi mümkün kılarak karı temizlemek için gereken işçiliği azaltmış, işlemin hızını ve verimliliğini artırmıştır.

Havacılık endüstrisinin genişlemesi, 20. yüzyılın başlarında kar temizleme araçlarının geliştirilmesi için bir katalizör görevi gördü. Karla mücadele araçları 1970'li yıllarda Havacılık sektörüne girerek önemli bir faktör olmaya başladı. Çünkü küçük bir miktar kar veya buz bile uçağın düşmesine neden olabilirdi. Bu nedenle havalimanları kar sürüklenmesini önlemek için hava alanlarının etrafına kar çitleri kurdu ve zorlu hava koşullarında pistleri temizlemek için bir araç filosu bulundurmaya başladı. Daha sonra kar erimesini hızlandırmak için tuz kullanmaya başlandı. Ancak kar ve buz temizlemek için kar küremenin yanında kullanılan tuzun aşındırıcı ve birçok maddeye zarar vermesi nedenleriyle alternatif buz çözücü kimyasallar geliştirildi ve daha verimli sistemleri yaygınlaştı. Havacılık sektörünün gelişimiyle pist yüzeyinde alınacak değerlerin önemi de artmış oldu. Daha hassas değerler alınması için kompakt sistemli araçlar, frenleme değeri ölçme cihazları ve kimyasal püskürtme ayarlı araçlar Havacılık sektörünün vazgeçilmez parçası olmaya başladı. Bu sebeple Havacılık sektörü her zaman ileriye düşünme ve inovasyon yoluyla en iyi çözümleri sunma hırsına sahip olup, Karla Mücadele Araç ve Teçhizatı üreten firmalar için de ayrı bir öneme sahiptir.

## 2. Mevcut Havalimanlarında Kar ile Mücadele Çalışmaları

Havalimanlarında yapılan karla mücadele hizmetleri ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) Ek-14'deki tavsiyeler ve Doc 9137-AN/898 (Bölüm 2-Kaplama Yüzey Şartları) mevzuatlarına uygun bir şekilde gerekli şartlar sağlanarak yapılmaktadır (Tuna vd., 2020).

Kar yağışı devam ederken hareket sahalarını işlevli konumda tutmak için ICAO tarafından belirlenen kar mücadele araçlarını ile;

- 30 dakikada 2.5 cm kar kalınlığında, yıllık kırk bin veya daha çok sayıda tarifeli uçuş yapılan havaalanlarında,
- 1 saat içerisinde yıllık on bin ile kırk bin tarifeli uçuş yapılan havaalanlarında 2.5 cm kalınlığındaki kar,
- 2 saat içerisinde yıllık altı bin ile on bin tarifeli uçuş yapılan havaalanlarında 2.5 cm kalınlığındaki kar,
- 2 saat içerisinde yıllık altı bin veya az sayıda tarifeli uçuş yapılan havaalanlarında 2.5 cm kalınlığındaki

kar temizlenmelidir.

Bunun yanı sıra, kar yağışı sırasında karın %20 si yoğun seferli havaalanlarında kaldırılmalıdır (Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018).

## 2.1. Ayrıntılı Grafikler

Uluslararası Arenada Havalimanlarında yapılan karla mücadele çalışmaları ICAO ile ortak hareketle bütün ülkelerin havacılık otoritelerince yayımlanan temel havacılık dökümanı Havacılık Enformasyon Yayını'nda sunulmaktadır. Havalimanlarında karla mücadele çalışmaları hakkında AIP'lerde yer alan bilgiler AIP'lerin AD 2.7 kısımlarında bulunmakta olup bazı AIP ler halka açık yayımlanmasına rağmen bazıları ücret karşılığında satılmaktadır.

Uluslararası Havalimanlarının bazılarının kar mücadele çalışmaları ile ilgili AIP de yayımlanmış olan bilgileri şu şekildedir;

**Tablo 1.** LONDRA HEATHROW Mevsimsel Kullanılabilirlik

1	Temizleme ekipmanı türü	Mekanik, Kimyasal buz çözme, Zımparalama / Kumlama.
2	Temizlik öncelikleri	Standart. AD 1.2.2'ye bakın.
3	Uyarılar	ASFT ve Grip Tester ile frenleme işlemi. Pistler (09L / 27R & 09R / 27L) KAC ile Buzdan Arındırılmış Buzlanma Önleyici En son bilgiler: Airfield Duty Manager (AfDM).

**Tablo 2.** BERLİN EDDB AD Mevsimsel kullanılabilirlik

1	Temizleme ekipmanı türü	<p>Kar küreyicili 25 airblast süpürücü (13 çekili ünite, 12 katı ünite)</p> <p>3 döner kar yükleyici / döner kar yükleyici</p> <p>1 kar püskürtücü</p> <p>Geniş alanlar için 4 yayıcı (katı, sıvı)</p> <p>2 fırçalı mini püskürtücü</p> <p>2 traktör (fırça, pulluk, püskürtücü)</p> <p>2 unimog (fırça, pulluk, sprader)</p> <p>2 ön yükleyici</p>
2	Temizlik öncelikleri	<p>RWY ve uygun TWY'ler</p> <p>Apron</p> <p>Hareket alanının kalan kısımları</p>
3	Uyarılar	<p>Bilginin SNOWTAM ve DAVID tarafından iletilmesi.</p> <p>Kar kaldırma işleminin ilerleyişi ve hareket alanının koşulları hakkında bilgi veren havaalanı işletmecisi birimi:</p> <p>Havalimanı Kontrol Merkezi Tel .: +49 30 6091-10110</p> <p>Ölçülen frenleme eylemi: Yüzey Sürtünme Test Cihazı (SFT), Havaalanı Sürtünme Ölçer</p> <p>RWY ve kullanılan hava taşıtı hareket alanları için buz çözücü veya önleyici sıvı: KFOR ve NAFO kombinasyonu</p>

**Tablo 3. FRANKFURT Mevsimsel Kullanılabilirlik**

1	Temizleme ekipmanı türü	61 hava püskürtmeli süpürücü 4 kar püskürtücü 6 türbin kar yükleyici 17 dağıtıcı 5 kimyasal geri kazanım aracı Pozisyon alanlarını, ILS koruma bölgelerini ve araba yollarını temizlemek için 47 araç Yolcu biniş köprülerinin hareket alanlarını temizlemek için 10 araç Bu araçların yanı sıra kullanım için Pistenbullys, teleskopik yükleyici vb. Taşıma ve özel araçlar da bulunmaktadır.
2	Temizlik öncelikleri	RWY ve uygun TWY'ler Apron Hareket alanının kalan kısımları
3	Uyarılar	Bilginin SNOWTAM ve MOTNE ile iletimi. Kar kaldırma işleminin ilerleyişi ve hareket alanının koşulları hakkında bilgi veren havaalanı işletmecisi birimi: Havalimanı Görev Yönetimi Tel .: +49 (0) 69 690-7777 Yüzey Sürtünme Test Cihazları tarafından ölçülen frenleme eylemi Kullanılan RWY'ler için buz çözücü buzlanmayı önleyici sıvı: KFOR veya NAFO

### 3. Türkiye’de Kullanılan Kar ile Mücadele Araçları

Ülkemizdeki Havalimanlarında karla mücadele hizmetlerinin karla mücadeleye yönelik üretilen araçlarla yapılması 1958 yılında Kar Küreme ve Kar Püskürtme araçlarının kullanımı ile başlamıştır. 1968 yılından itibaren kar mücadele hizmetlerinde buz çözmeye yönelik olarak depetinol ve üre kullanılmaya başlanmış, depetinol için Buz Çözme Teçhizatı, üre için Pülverizatör makineleri kullanılmıştır. İlk olarak 1969 yılında Kar küreme araçlarının arkasına bağlanan süpürme fırçası ile üfleme modüllerinden oluşan ekipmanlar ile küreme, süpürme ve üfleme işlemleri aynı anda yapılmaya başlanmıştır. 1982 yılından itibaren pist yüzeylerindeki sürtünme değerlerini tespit etmek amacı ile Pist Frenleme ölçüm cihazları, 1984 yılından itibaren ise daha fonksiyonel olan ve birçok yönden tasarruf sağlayan Kombine Kar Mücadele Araçları kullanılmaya başlandı. Kombine Kar Mücadele Araçları Havalimanlarımızda Kompact ve Çekerli tip olarak bulunmaktadır.

Kombine kar mücadele araçlarının, de-icing (buz önleyici/çözücü) sıvı serpmeye araçlarının Havacılık sektörüne girmesi ile pist yüzeyinden alınan ölçüm değerleri artmaya başladı. Ayrıca en zorlu kış şartlarında dahi kimyasal buz çözücüler ile insana, çevreye, uçaklara, zemine, vb. zarar vermeden daha verimli karla mücadele işlemi yapılmaya başlandı. Gelişen teknoloji ile araçların komplike hale gelmesi, operatörlere Kar Mücadele Simülatörü eğitimiyle ve tesis edilen Buzlanma Erken Uyarı Sistemiyle karla mücadele hizmetleri daha profesyonel hale gelmiştir. Karla mücadele hizmetleri DHMİ Hava Alanları Pist Yüzey Şartları Yönergesine ve Karla Mücadele Yönergesine göre yapılarak yeknesaklık sağlanmıştır.

Havalimanlarında ağır kış şartlarında karşılaşılabilecek meselelerin tanımlanması, çözümü ve uygulamaları mevzularında fikir alışverişi yaparak, havalimanının en iyi biçimde kullanılmasını sağlamak için Havalimanı Başmüdürü / Müdürü başkanlığında alakalı ünitelerin katılımıyla ATS Üniteleri, Meteoroloji, havayolu taşıyıcıları ve yer hizmet kuruluşları abonelerinden oluşacak bir "Kar Kurulu" kurulur. Bu Kurul, havalimanında süratli, aktif, mümkün bir kar ile mücadele planının oluşturulmasına katkı sağlar. Ekip organizasyonu, işlem öncesi hazırlıkları, temizleme hususunda öncelikler, kar yağışı evveli ve sonrasındaki işlemler titiz bir biçimde Kar Mücadele Planlarında yer alır (Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018).

#### **4. Havalimanlarında Kar ve Buzdan Temizleme İşlemi Konusunda Dikkat Edilecek Hususlar**

Havalimanlarında Hareket Sahalarının temizlenmesi; Ana pistin bir tanesi ve alakalı taksi yolları (mevcut ise hız taksi yolu), ARFF önü araç manevra sahası ve piste bağlantı sağlayan acil durum erişim yolu, Apron ve ARFF istasyonu ile Apron arasındaki bağlantı yolu, Pist başlarındaki ARFF acil durum erişim yolları, Diğer taksi yolları, Seyrüsefer yardımcı cihazlarının kritik sahaları, Havalimanı çevre güvenlik yolları ve diğer alanlar şeklinde öncelik sıralamasına göre yapılır.

Kar temizleme uygulamaları eksen doğrultusunda sağ ve sol taraflara genişletilerek yapılmaktadır. Fakat, kuvvetli yan rüzgarların bulunması durumunda temizlik işlemi rüzgar esme doğrultusundan başlayarak o yöne doğru yapılmalıdır. Pist üzerinde sulu kar kalınlığının 1,5 santimetreyi, kuru kar kalınlığının ise 30 santimetreyi geçmesi muhakkak engellenmelidir. Kar kalınlığının 30 santimetreyi geçmesi pist kenarlarında önlenmelidir. Geçmesi halinde etrafa dağıtılmalı ve kenar lambalarının kara gömülmesi engellenmelidir. Kar yığıntılarının kalınlığı, kanat çıkıntılarına temas etmeyecek ve türbin motorlarında kar sebebiyle çalışma problemi oluşmayacak şekilde uygun bir yüksekliğe indirilmesi apron, pist ve taksi yolları için hayati önem arz etmektedir. Sefer sayısı çok olan havalimanlarında kar yağışının daimi ve kuvvetli olması halinde Kule ile görüş birliğine varılarak uçakların piste inişi ve kalkışı az bir süre için önlenip temizleme işlemlerine yapılabilir (Hava trafiğini aksatmayacak şekilde olması ve uçakların yakıt miktarları göz önüne alınması ile bu süre belirlenmelidir).

Kauçuk temelli bıçak ağızlı kar küreme makineleri, pist ve taksi yolları merkez hattı armatürlerinde tercih edilmelidir. Kar yüksekliği 12 milimetreye ulaştığında süpürme çalışması uygulanmalı, 12 milimetreden daha yüksek olması halinde kar küreme, üfleme ve süpürme işlemleri eş zamanlı olarak kombine araçlar ile yapılmalıdır. Kuru kar için 7 milimetre, sulu kar için 10 santimetre olacak şekilde süpürge ayarlanmalı, kullanılan kar mücadele makinelerinin hızı kullanma kılavuzunda belirtilen hız sınırını geçmemelidir. Süpürge ayarı ile kastedilen süpürge düz yer üzerinde oluşturduğu izin genişliğidir. Apron temizliği sırasında park halindeki uçakların zarar görmemesi için her türlü araç ve

teçhizat uçaktan en az 5 metre uzakta tutulmalıdır. ILS kritik alanları daimi temiz olmalıdır. Çalışma sırasında kar püskürtme makinelerinin bu bölgelere kar püskürtmemesine önem verilmelidir. SNOWTAM yayınlanması PAT sahalarının vaziyeti ve alınan pist frenleme ölçüm değerleri göz önüne alınarak yayınlanır. SNOWTAM mesajında pistin tamamı temizlenmemiş olması durumunda uzunluk ve genişlik ölçülerek belirtilir. Buzlanmanın önüne geçmek, var olan buzlanmayı eritmek için kimyasal malzeme kullanılır. Çözülme sonrası sahalar hızla süpürülmelidir. Bu temizleme çalışmaları sırasında kule ile haberleşme kesintiye uğramamalıdır (Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018).

Özgül ağırlıkları ve karakteristik özellikleri bakımından karlar şu şekilde sınıflandırılır (ICAO, 2016: 8):

**Kuru Kar (DryIce):** Özgül ağırlığı 0.35'e kadar olan ve rüzgar etkisi ile savrulabilen, üzerine baskı uygulanıp bırakıldığında dağılan kardır.

**Islak Kar (WetSnow):** Özgül ağırlığı 0,35 ile 0,5 arasında değişen baskı uygulandığında kartopu haline alabilen kardı.

**Sıkıştırılmış Kar (CompactedSnow):** Özgül ağırlığı 0,5 ve daha fazlası olan baskı uygulandığında ve serbest bırakıldığında dağılmayıp büyük parçalar haline gelen kardır.

Temizlik çalışmalarından sonra yeniden buzlanmayı önlemek adına PAT sahalarında buz oluşumunu önleyici maddeler kullanılmalıdır. Bu maddeler sağ ve sol taraflara eşit miktarda püskürtülmeli bu uygulama için kullanılan araçların hızları kullanma klavuzundaki değerlere uygun olmalıdır.

Kar temizleme işlemleri sonrasında havalimanlarında pist yüzeyinin sürtünme seviyesinin belirlenmesi işlemleri yönergede belirtilen kıstaslara uygun bir biçimde yapılır ardından SNOWTAM yayınlanır. SNOWTAM raporu pistlerin üçte birlik kısmında bir için çeşitli bilgileri sunar. Koşullarda önemli bir farklılık olması durumunda yeni bir rapor yayınlanır. Bu yeni rapor eski olanı etkisiz hale getirir. Raporun geçerliliği 6 saatlik süreyi kapsayacak ve herhangi bir durumda 24 saatlik süreyi aşamayacaktır. Rapor formata uygun olarak uluslar arası bütün havalimanları için yayınlanacaktır.DHMİ tarafından işletilen Havalimanlarında 2015-2019 yılları arasında kullanılan De-icing miktarı;

2015 yılı:893 ton

2016 yılı:548 ton

2017 yılı:760 ton

2018 yılı:287 ton

2019 yılı:479 ton

Havalimanlarında kullanılan De-icing miktarı tamamen meteorolojik şartlara bağlı olup, 2018 yılından itibaren İstanbul Atatürk Havalimanının iki pistinin kapatılması ile birlikte tüm havalimanlarında

kullanılan toplam de-icing kullanım miktarında azalma olduğu görülmektedir. İstanbul Atatürk Havalimanının toplam tüketimdeki payı 2015 yılında %38, 2017 yılında %43 olarak gerçekleşmiştir. Havalimanları Kar Mücadele Araçları; DHMİ tarafından işletilen 49 Havalimanında karla mücadele hizmetlerinde kullanılan toplam 434 adet Kar Mücadele Aracı bulunmaktadır.

Bunların araç tiplerine göre dağılımı;

Çekerli Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracı: 57 adet

Kompakt Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracı: 88 adet

Kar Püskürtme Aracı (Rotatif): 49 adet

Kar Küreme Aracı: 14 adet

Uçak ve Köprü Altı Kar Mücadele Aracı: 17 adet

Kar Küreme ve De-Icing Sıvı Serpme Aracı: 38 adet

Greyder: 14 adet

Paletli Kar Aracı: 26 adet

Pist Frenleme Ölçüm Cihazı/Aracı: 131 adet

şeklindedir.

Çekerli Tip Kombine Kar Mücadele Aracı, Havalimanlarındaki hava ulaşımının devamlılığını ve güvenliğini sağlamak amacıyla kış döneminde PAT sahalarının mutlak surette kardan temizlenmesi gerekmekte olduğundan, özellikle pist yüzeyinin kardan temizlenmesinde etkin olarak kullanılan Çekerli Tip Kombine Kar Mücadele Aracı (Çekerli Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracı) önünde 8.000 milimetrelilik kar küreme bıçağı, ortasında 6.000 milimetrelilik kar süpürme fırçası ve arka kısmında yüksek kapasiteli kar üfleme ünitesinden oluşmaktadır.

Kompakt Tip Kombine Kar Mücadele Aracı, Havalimanlarındaki hava ulaşımının devamlılığını ve güvenliğini sağlamak amacıyla kış döneminde PAT sahalarının mutlak surette kardan temizlenmesi gerekmekte olduğundan, PAT (Pist, Apron, Taksiyolu) sahalarındaki karın etkin bir şekilde temizlenmesinde kullanılmakta olan Kompakt Tip Kombine Kar Mücadele Aracı (Kompakt Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracı) önünde 6.400 milimetrelilik kar küreme bıçağı, ortasında 4.100 milimetrelilik kar süpürme fırçası ve arka kısmında da yüksek kapasiteli kar üfleme ünitesinden oluşmakta olan bu araçlar en son teknoloji ile donatılmıştır. Araçlar dört tekerlekten çekiş gücüne sahip, kompakt tasarımı, yüksek manevra kabiliyetli, döner süpürme fırça ve yüksek basınçlı fana (üfleleyici) sahip olup, bu araçlar ile etkin bir şekilde kar mücadele hizmeti yapılmaktadır.

Kar Püskürtme Aracı (Rotatif), Havalimanlarındaki hava ulaşımının devamlılığını ve güvenliğini sağlamak amacıyla kış döneminde PAT sahalarının mutlak surette kardan temizlenmesi gerekmekte olduğundan, Çekerli veya Kompakt Tip Kombine Kar Mücadele Aracının kürüyerek PAT sahası kenarlarında biriktirmiş oldukları kar yığınlarının uçakların motorları, kanat altları gibi kısımlarına zarar vermesini önlemek amacıyla pist kenarından uzaklaştırılması gerekmekte olup, PAT sahalarında yığılmış olarak bulunan karın, aracın ön bölümünde bulunan ve üzerinde helezon kanatların bulunduğu silindirik tamburun veya pervanenin yüksek devirde dönerek önündeki karı püskürtme nozulünden basınçla yaklaşık 30-40 metre yan tarafa savurmak için kullanılan makinalardır. Kar Küreme ve De-



Icing Sıvı Serpme Aracı, Havalimanlarındaki hava ulaşımının devamlılığını ve güvenliğini sağlamak amacıyla kış döneminde PAT sahalarının mutlak surette kardan temizlenmesi gerekmekte olduğundan, Genel Müdürlüğümüz bünyesinde bulunan Havalimanlarındaki PAT sahalarında yapılan kar mücadele sonrasında PAT sahalarında buz oluşumunun önlenmesi veya oluşan buzun çözülmesinde kullanılan de-icing sıvıyı püskürtme işlemi yapan araçlardır. Araçlar 18-30 metre aralığında de-icing sıvı (buz önleyici/çözücü) serpme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca bu araçların önüne kar küreme bıçağı takılarak kar küreme de yapılabilmektedir.

57 adet Çekerli Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracın 44 adeti 2009 model ve üzeridir. 2009 modelden daha eski olan 13 adet Çekerli Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracı Kar Mücadelenin yoğun olarak yapılmadığı Havalimanlarında tedbir amaçlı bulundurulmaktadır. 88 adet Kompact Tip Kar Küreme, Süpürme ve Üfleme Aracın 46 adeti 2016 model ve üzeri, geri kalan 42 adeti 1998 model ve üzeridir. 49 adet Kar Püskürtme Aracının (Rotatif) 41 adeti 2001 model ve üzeridir. 2001 modelden daha eski olan 8 adet Kar Püskürtme Aracı (Rotatif) kar mücadelenin yoğun olarak yapılmadığı Havalimanlarında tedbir amaçlı bulundurulmaktadır. 38 adet Kar Küreme ve De-Icing Sıvı Serpme Aracının 32 adeti 2006 model ve üzeridir. Paletli Kar Araçları Seyrüsefer Yardımcı İstasyonlarına personel ve malzeme naklinde, Greyder ise Havalimanında PAT sahaları dışında kalan alanlardaki karla mücadele hizmetlerinde kullanılmaktadır. PAT sahalarının karla mücadele hizmetlerinde kullanılan araçlarda PAT sahaları yüzeyine zarar vermeyen kar küreme bıçak ağızları kullanılmaktadır.

**Tablo 4.** Türkiye’de Havalimanlarında Kullanılan Kar Mücadele Araçları ve Sayısı

HAVALİMANLARI	KAR MÜCADELE ARAÇLARI									TOPLAM	2019 TOPLAM TİCARİ SEFER SAYISI	2019 TOPLAM SEFER SAYISI
	KAR KÜREME,SÜPÜRME VE ÜFLEME		KAR PÜSKÜRTME (ROTATİF)	KAR KÜREME	UÇAK VE KÖPRÜ ALTI KAR MÜCADELE ARACI	KAR KÜREME VE DE-İCİNG SIVILSERPME ARACI	GREYDER	PALETLİ KAR ARACI	PİST FRENLEME ÖLÇÜM CİHAZI/ARACI			
	ÇEKERLİ	KOMPACT										
İSTANBUL ATATÜRK	3	2	1	1	2	1			2	12	120.043	138.279
ANKARA ESENBOĞA	4	7	3	1	2	2	2	3	3	27	90.101	99.242
İZMİR ADNAN MENDERES	1								3	4	76.577	83.585
ANTALYA							1		3	4	197.379	212.518
MUĞLA DALAMAN									3	3	28.430	42.713
ADANA								1	2	3	31.907	40.658
TRABZON	1	2	1	1		1			3	9	23.065	35.926
MUĞLA MİLAS-BODRUM									3	3	27.486	34.984
ISPARTA DEMİREL S.	2	1	1			1			4	9	941	23.764
NEVŞEHİR KAPADOKYA	2	2	2			1			2	9	2.348	11.533
ERZURUM	4	3	3	1	2	3	1	2	3	22	6.005	6.950
GAZİANTEP		3				1			3	7	15.955	19.553
ADİYAMAN		1							3	4	1.597	1.880

AĞRI AHMED-İ HANİ	2	3	2	1	2	1	1	3	2	17	2.045	2.320
AMASYA MERZİFON	1	2				1			2	6	1.140	1.277
BALIKESİR KOCA SEYİT									3	3	2.352	22.169
BALIKESİR MERKEZ				1					2	3	0	96
BATMAN		1		1		1			4	7	3.120	3.410
BİNGÖL	2	3	2		1	1	1	1	3	14	1.393	1.490
BURSA YENİŞEHİR	1	2	1					2	3	9	1.897	6.299
ÇANAKKALE	2	1				1			3	7	962	5.905
ÇANAKKALE GÖKÇEADA									2	2	0	26
DENİZLİ ÇARDAK	2	2					1		2	7	4.372	6.012
DİYARBAKIR	1			1	1	1			3	7	10.856	11.224
ELAZIĞ	1	3	1			1			3	9	5.535	6.118
ERZİNCAN	1	2	2			1	1	3	2	12	2.674	2.988
HAKKARİ YÜKSEKOVA SELAHADDİN EYYUBİ	2	4	4		1	1	1		3	16	1.195	1.822
HATAY									3	3	8.138	8.761
IĞDIR ŞEHİT BÜLENT AYDIN		2	1			1	1		3	8	1.195	2.063
KAHRAMANMARAŞ		1		1					3	5	1.917	2.238
KARS HAKAKANİ	3	3	2		1	1	1		2	13	3.195	3.542
KASTAMONU	2	2	2	1	1	2		4	2	16	525	695
KAYSERİ	2	2	1			1			3	9	14.551	15.060
KOCAELİ CENGİZ TOPEL		2	1			0			3	6	350	1.352
KONYA	2	2	1			1		3	3	12	6.716	7.426
MALATYA		3				1			2	6	4.654	5.389
MARDİN									3	3	3.443	3.804
MUŞ SULTAN ALPARSLAN	3	3	3		1	1	1		3	15	2.348	2.523
ORDU-GİRESUN		2	1			1			3	7	6.538	7.979
SAMSUN ÇARŞAMBA	1	2	1			1		1	3	9	9.350	15.238
SİİRT		1		1					2	4	279	424
SİNOP	2	1	1			1			3	8	1.038	1.735
SİVAS NURİ DEMİRAĞ	2	3	2		1	1	1	3	2	15	3.093	4.225
ŞANLIURFA GAP	2	1	1	1		1			3	9	4.642	5.695
ŞIRNAK ŞERAFETTİN ELÇİ	1	2	1		1	1	1		3	10	2.281	2.873
TEKİRDAĞ ÇORLU ATATÜRK	1	3	2			1			3	10	505	29.106
TOKAT		2	1			1			1	5	0	400
UŞAK		3	1	1		1			2	8	279	6.713
VAN FERİT MELEN	4	4	4	1	1	1	1		2	18	8.250	14.962
TOPLAM	57	88	49	14	17	38	14	26	131	434		

DHMİ tarafından işletilen Havalimanlarında bulunan Kar Mücadele Araçları dağılımı yukarıdaki gibidir.

Havalimanları Kar Mücadele Hizmetleri personel eğitimlerine yönelik 2015 yılında Erzincan Havalimanında Kar Mücadele Araçları Simülatör Eğitim Merkezi tesis edilmiştir. Simülatör tesisinde 4 adet Kar Mücadele Aracının (P21S Çekerli Tip Kar Mücadele Aracı, P21C Kompact Tip Kar Mücadele Aracı, De-Icing Sıvı Serpme Aracı, Kar Püskürtme (Rotatif) Aracı) eğitimi verilmektedir. Simülatör Tesisinde dört Havalimanı modellenmiştir. Simülatörde belirtilen araçların orijinal kabinleri kullanılmıştır. Simülasyon başlatılırken ve devam ederken çevre parametreleri (sıcaklık, rüzgar şiddeti ve yönü, yağmur ve kar şiddeti, gün ışığı vb.) değiştirilebilmektedir.

Esenboğa Havalimanında Kar Mücadele Hizmetleri kapsamında buzlanma problemlerine karşı daha bilimsel yollarla çözüm üretebilmek adına Buzlanma Erken Uyarı Sistemi tesis edilmiştir.

Kış koşullarının sert geçtiği havalimanlarında en büyük sorunlardan birisi olan ve PAT sahalarındaki uçuş operasyon emniyetini zayıflatan kar ve buzlanmalara karşı Havalimanlarımızda yeterli sayıda Kar Mücadele Aracı, ekipmanı, teçhizatı ve buz önleyici/çözücü (de-icing) sıvı malzemesi bulunması nedeniyle yeterli miktarda önlem alınmaktadır. Ayrıca araç, ekipman ve teçhizatları kullanan personele sürekli tazeleme ve iş başı eğitimleri verilerek profesyonel Karla Mücadele Ekibi oluşturulmuştur. Ülkemizde kış şartlarında uçuşların ertelenmesi ve iptallerin yaşanmaması için kar ve buzdan pist yüzeyinin temizlenmesi işlemi profesyonel şekilde yapılmaktadır.

##### **5. Snowfree Kullanılması İle Kaplamanın Isıtılması**

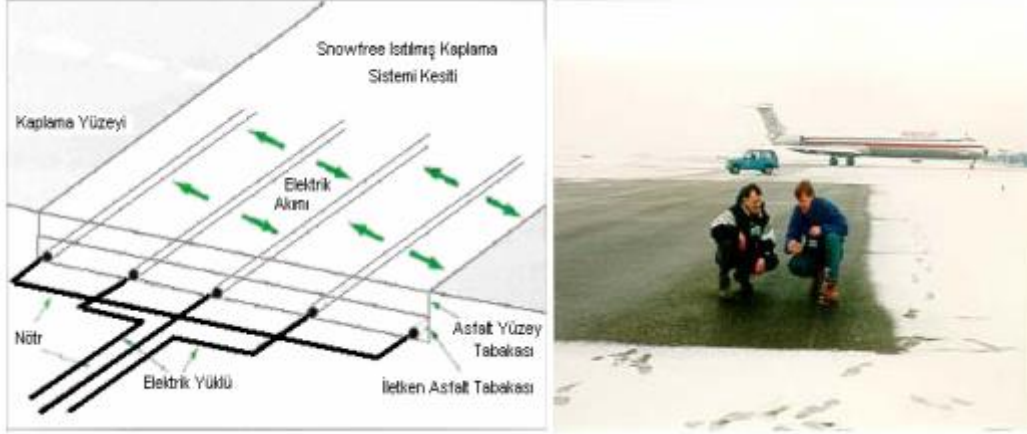
Kaplama, kimyasal madde yardımıyla buzlanmadan korunur bu yöntem havalimanlarında ve karayolunda tercih edilmektedir. Superior Hraphite Firması ile birlikte yaptıkları çalışma ile kimyasal miktarını ve zamanla değişimini gözlem altında tutmak ve halihazırdaki buzu yok etmek zaman ve çaba gerektirdiği için Amerikan Federal Havacılık İdaresi Snowfree Sistemini bulmuştur. Kaplamanın temizliği bu sistem ile sağlanmakta, yağış öncesi ve sonrasında yapışık olan kar ve buz yok edilmektedir.

Snowfree Sistemi çeşitli malzemeler kullanılarak asfaltın iletkenliğinin artırılması ve üretilen elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi prensibinden hareketle kar ve buzun eritilmesini sağlar. Son derece önemli bir problem olan kar ve buz oluşumuna karşı Amerika'da bir taksi yolunda uygulanan bu sistem FAA tarafından test edilmiştir.

Elektrik iletkenliği yüksek asfalt yapı kaplama tabakaları ile çevrelenmiş bu sayede bir ısıtma sistemi oluşturulmuştur. Kablolar aralarında belirli bir boşluk bırakılarak hizalanmış üzerine elektrik iletkenliği yüksek bir malzeme olan grafit ile oluşturulmuş karışım kabloların üzerine kaplanır, etrafı standart asfalt ile çevrelenerek bu sistem oluşturulur. Kabloların üstüne 5cm yüksekliğinde iletken asfalt uygulanır. Standart asfalt ise 5cm yüksekliğinde oluşturulan tabakanın üzerini kaplar bu sayede pist yüzeyi meydana gelir. Uygulanan elektrik yüklemesi ile yüklü olandan yüksüz olana elektrik akımı oluşur bu akıma karşı oluşan direnç sayesinde ısı meydana gelir. Isı enerjisi sayesinde yüzeydeki kar ve buz eriyerek yüzey temizliği sağlanır.

Bu sistemde grafit malzeme tercih edilerek elektrik iletkenliği artırılmıştır. Normalde kullanılan agrega malzemenin yerine grafit tercih edilmiştir. Çeşitli mekanik testlere tabi tutulduğunda Snowfree

kaplamasının sertlik ve durabilite açısından tekrarlı yüklemelere dayanıklılığının standart kaplamalar ile benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sistem sıcaklığı kar ve buzlanma olmadan arttıracak şekilde tasarlanmıştır. Kaplama sıcaklığının  $-3,9^{\circ}\text{C}$  ye düşmesi durumunda sistem devreye girerek sıcaklığı  $1^{\circ}\text{C}$ ’ye getirmektedir. Bu işlem 2,5 saat sürmektedir. Hava koşulları dikkate alınarak  $1^{\circ}\text{C}$  ye ulaşan yüzey sıcaklığında tutulmakta ve kuruma gerçekleşmesi devam edene kadar çalışma devam etmektedir (Ahmedzade ve diğ., 2018).



Snowfree® Sistemi Enkesiti ve Uygulama Sonucu Karın Eritilmesi (Ahmedzade ve diğ., 2018)

## 6. Kar ile Mücadelede Kullanılan Kimyasal Yöntemler

Kimyasal malzemelerin kullanımı tüm dünyada ve Türkiye’de havalimanları ve karayollarında buz kaldırmak ve buzlanmanın önüne geçmek için en fazla tercih edilen yöntemdir. En çok tercih edilen kimyasallar hem ekonomiklik hem de verim açısından kalsiyum magnezyum asetat (CMA), sodyum klorür (NaCl, tuz), magnezyum klorür ( $\text{MgCl}_2$ ), kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ), potasyum asetat (KAc) en başta gelmektedir.

Kimyasal maddeler çeşitli malzemelerle karıştırılarak üre, glikol vb. aşındırıcı nitelikli malzemeler elde edilir. Kimyasal maddeler farklı fiziksel özelliklerde uygulanabilir. Kimyasalın hangi çeşitte olacağı veya ne kadar olacağı; mevcut kar ve buzlanma miktarına, ortam ısısına ve uygulanan alana göre değişim göstermektedir. Uygulanan bu maddeler yüzeylere, metal parçalara, asfalta hasar verebilir. Günümüzde en fazla tercih edilen bileşikler potasyum asetat, kalsiyum magnezyum asetat ve kalsiyum magnezyum potasyum asetatdır. Bu bileşikler hızlı çözünme kabiliyetine ve klor içermeme özelliğine sahiptir. Asetatlar fiyatı yüksek malzemelerdir. Korozyon olasılığı düşük olan CMA’nın verimi tuzdan daha azdır ve daha küçük bir sıcaklık aralığında çalışır.

Kar ve buz ile mücadelede aşındırıcıların görevi son derece önemlidir. Sürtünme kat sayısını arttırmak için aşındırıcı malzemeler kullanılır. Aşındırıcı malzeme olarak en fazla doğal kum, taş, çürük gibi malzemeler tercih edilir. Havalimanlarında tercih edilen aşındırıcıların fiziksel özellikleri; tane şekli, malzemenin sertliği, tane boyutu ve malzemeye hasar verebilecek nitelikteki malzemelerin miktarı dikkat edilmeside gereken kısımlardır. Genel itibari ile  $340\text{kg}/\text{km}$  olacak şekilde her şerit başına kum dökülür. Son yıllarda bu kimyasal malzemelerin yerini özel olarak üretilen karışımlar almıştır (de-icing). Korozyona sebep olmayan, doğaya ve kaplamaya hasar vermeyen oldukça düşük sıcaklıklarda dahi verimli solisyonlardır. Buz oluşumunun önüne geçmede önemlidirler. Sadece havalimanları için değil

aynı zamanda uçakların çeşitli bölümlerinin buzlanmasının önüne geçmek için de-icing faaliyeti gerçekleştirilir. Uçaklar metal malzemelerle kaplıdır bu nedenler korozyon riski olmayan malzemeler kullanılmalıdır. Tuz ve klor korozyona sebep olduğu için bu malzemeler kullanılmamalıdır. Buzlanmaya karşı de-icing karışımlarını hızlı ve etkin bir biçimde kullanabilmek için Otomatik Buzlanma Önleyici Sprey (RWISH) Yöntemi bulunmuştur. De-icing kimyasalların sıkılmasıyla buzun kaplamaya yapışması önlenir. Bu sistem için RWİS yönteminden yararlanır. Kar yağışı ve buzlanmanın başlangıç anından itibaren hızlı bir biçimde mekanizma çalışmaya başlar. RWİS yönteminin kullanılmaya başlamasından itibaren kazalar %60'ın üzerinde azalmıştır.

## SONUÇ

Ülkemizde ve dünyada havacılık sektörünün önemli problemlerinden biri olan kar ve buzlanma ile mücadele konusunda birçok yöntem uygulanmaktadır. Hava koşulları, maliyet ve uluslararası prosedürler en etkin yöntemin belirlenmesinde göz önüne alınmalıdır. Kompakt ve çekerli tip kombine kar mücadele araçları ülkemize 1984 yılından itibaren girilmiş olup bu araçlar, zorlu kış koşullarına karşı etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Ayrıca de-icing sıvı serpmeye araçlarının kullanılması ile birlikte karla mücadelede daha fazla verim alınmaktadır. Kimyasal buz çözücülerin kullanılmasında doğaya, kaplamaya, uçaklara herhangi bir zarar vermeme koşulu oldukça önemlidir. Kimyasal çözücülerin seçiminde tuz ve klor içeren malzemelerin seçilmemesi gerekmektedir çünkü bu maddelerin korozyon oluşturucu ve aşındırıcı etkisi vardır. Olumsuz durumların önüne geçebilmek için özel kimyasal solisyonları(de-icing) üretilmiş bu sayede kaplamaya zarar vermeden, düşük sıcaklıklarda dahi etkili bir biçimde çalışma sağlanmıştır. Son zamanlarda geliştirilen Snowfree Sistemi; belirli aralıklarda yerleştirilmiş kabloların üzerinin elektrik iletkenliği yüksek malzeme ile kaplanıp etrafının standart asfalt ile çevrelenip üzerinin tekrar iletken asfalt ile kaplanmasından oluşur. Uygulanan elektrik akımı sayesinde elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi sonucu kar ve buzlanmanın önüne geçilir. Amerika'da uygulanan bu sistem ile çok büyük oranda verim elde edilmiştir. Sonuç olarak teknolojinin gelişmesiyle kar ile mücadelede yeni sistemler geliştirilmektedir bu sayede havacılık şirketleri ve yolcuların mağdur olmasının önüne geçmek amaçlanır. Bu mücadelede en uygun yöntem ekonomiklik, hava koşulları, verimlilik, doğaya zarar vermeme, korozyona neden olmama ve zaman açısından değerlendirilen sonra belirlenmelidir.

## KAYNAKÇA

- Ahmedzade, P., Yılmaz, M. & Yılmaz, M. (2007). Kar ve buz ile mücadele etmek amacıyla geliştirilen daha etkili ve ekonomik yöntemler. 7. *Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, 1. 86-195.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (2016). Havaalanlarında Kar Mücadele Yönergesi. Yönerge No: 11, Ankara.  
<https://www.dhmi.gov.tr/Lists/DosyaYonetimiList/Attachments/98/Y11%20Havalimanlar%C4%B1%20Karla%20M%C3%BCcadele%20Y%C3%B6nergesi.pdf>, Erişim Tarihi: 09.01.2021.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (2018). Havaalanları Pist Yüzey Şartları Yönergesi. Ankara.  
<https://www.dhmi.gov.tr:https://www.dhmi.gov.tr/Lists/DosyaYonetimiList/Attachments/102/y15.pdf>, Erişim Tarihi: 09.01.2020.
- Seferoğlu A., Seferoğlu M., Akpınar M. (2015), Karayolu ve havayolu kaplamalarında kullanılan kar ve buzla mücadele yöntemlerinin mali analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part: C. Tasarım Ve Teknoloji*, 407-416

Tuna B., Aydın Ü. (2020), Havaalanlarında karla m¼cadele faaliyetleri ve bu faaliyetlerin maliyeti. Dergipark Dergisi, 22-30.