

**T.C  
ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĐI  
DEVLET METEOROLOĐI İŞLERİ  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**ESENBOĞA HAVALİMANI SİS ETÜDÜ  
VE SİS DAĞITMA YÖNTEMLERİ**

**HAZIRLAYANLAR**

**Serpil YAĐAN  
Meteoroloji Mühendisi**

**Gülten ÇAMALAN  
Meteoroloji Mühendisi**

**Nezihe AKGÜN  
Fizik Mühendisi**

**Araştırma ve Bilgi İőlem Dairesi Başkanlığı  
Araştırma Şube Müdürlüğü**

**Aralık 2010  
Ankara**

## **ÖZET**

Meteoroloji hemen her alana doğrudan veya dolaylı olarak hizmetler vermektedir. Verilen hizmetlerden biride ulaşım alanında olup, meteorolojik elemanların Havacılıkta çok önemli bir yeri vardır. DMİ' nin sunduğu meteorolojik veriler, kısa ve uzun dönemli hava tahminleri, uzun yıllık gözlem sonuçlarından elde edilen iklimsel değerlendirmeler gibi bilgiler, hava alanlarının yerinin seçiminde ve planında ve havacılıkta önemli rol oynarlar.

Bu çalışmada; Havaalanları yer seçiminde meteorolojik kriterlerin önemi, sis dağıtma yöntemleri ve uygulamaları ve bu tür uygulamaların Ankara Esenboğa Hava Limanı için gerekli olup olmadığı sis etüdü yapılarak incelenmiştir.

## **TEŞEKKÜR**

Esenboğa Hava Limanı Meydan Meteoroloji İstasyon M¼d¼rl¼ę¼ne ait sis datalarını bizlere temin eden EBİM Őubesi ve Esenboğa Hava Limanı DHMİ elemanlarına katkılarından dolayı teőekk¼r ederiz.

ÖZET.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	iv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	v
1. GİRİŞ.....	1
1.1 SİS.....	2
1.1.1 SİSİN UÇUCULUK ÜZERİNE ETKİLERİ.....	2
1.1.2 SİS ÇEŞİTLERİ.....	2-4
1.1.2.1 OLUŞUM ŞEKİLLERİNE GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ.....	2-3
1.1.2.2 GÖRÜŞ MESAFESİNE GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ.....	3
1.1.2.3 OLUŞTUĞU SICAKLIĞA GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ.....	4
1.1.3 SİSLERDE DİKEY SICAKLIK PROFİLLERİ.....	4
1.1.4 KAR ÖRTÜSÜNÜN SİS OLUŞUMUNA ETKİSİ.....	4-5
1.1.5 GÜNLÜK VE YILLIK SICAKLIK DEĞİŞİMLERİ.....	5
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1 MATERYAL.....	5
2.1.1 ESENBOĞA HAVA LİMANI VE ÇEVRESİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	5
2.1.2 ESENBOĞA HAVA LİMANI MEYDAN METEOROLOJİ GÖZLEM İSTASYONU VE DEĞERLENDİRİLEN METEOROLOJİK ELEMENLER.....	6
2.1.3 HAVAALANI YER SEÇİMİNDE ÇEVRE VE METEOROLOJİK KRİTERLER.....	6
2.1.3.1 YER SEÇİMİ ÖN HAZIRLIKLARI VE POTANSİYEL ALANLAR.....	6
2.1.3.2 İLK SEÇİLEN YERLERİN TARİFİ VE ELEME İŞLEMLERİ.....	6-7
2.1.3.3 ESAS İNCELEMEDEKİ ANA BAŞLIKLAR.....	7-8
2.1.4 SİS DAĞITILMASINA GENEL BAKIŞ VE SİS DAĞITMA METOTLARININ GÖZDEN GEÇİRİLMESİ.....	8
2.1.4.1 AŞIRI SOĞUK SİSİN DAĞITILMASI.....	8-15
2.1.4.2 SICAK SİSİN DAĞITILMASI.....	15-16
2.2 YÖNTEM.....	16
2.2.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN METEOROLOJİK ELEMENLERİN TANIMLARI.....	16-18
2.2.2 SİS ETÜDÜ.....	18
3. BULGULAR.....	19-31
4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR.....	32
5. KAYNAKLAR.....	33

<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b>	<b>SAYFA NO</b>
<b>ŞEKİL 1- LC Dağıtım Sistemi Üniteleri.....</b>	<b>13</b>
<b>ŞEKİL 2- Rüyette İlgili Tanımların Gösterimi.....</b>	<b>17</b>
<b>ŞEKİL 3 Ankara 13 Ocak 2002 00Z Temp Diyagramı.....</b>	<b>30</b>
<b>ŞEKİL 4 Ankara 18 Mart 2000 12Z Temp Diyagramı.....</b>	<b>30</b>
<b>ŞEKİL 5 Ankara 25 Kasım 2007 00Z Temp Diyagramı.....</b>	<b>31</b>
<b>ŞEKİL 6 Ankara 5 Aralık 2004 00Z Temp Diyagramı.....</b>	<b>31</b>

<b>ÇİZELGELER LİSTESİ.....</b>	
<b>ÇİZELGE 1a-b LC Tohumlama Aracının LC Tüketimi ve Püskürtme Hızı.....</b>	<b>11</b>
<b>ÇİZELGE 2- LC Tohumlama Aracının 15 Dakikalık Test Sonuçlarına Göre Farklı Spray Başlıklarından Serbest Kalan Sıvı CO2 bilgisi.....</b>	<b>14</b>
<b>ÇİZELGE 3- Esenboğa Hava Limanı Sisli Rasatların Ardışık Olarak Devam Sürelerine Göre Uzun Süren Sis Tarihleri Başlangıç Saatleri (UTC).....</b>	<b>28</b>

<b>GRAFİKLER LİSTESİ.....</b>	
<b>GRAFİK 1- Esenboğa Hava Limanı Sisli Günlerin Yıllara Göre Dağılımı.....</b>	<b>20</b>
<b>GRAFİK 2- Esenboğa Hava Limanı Sisli Günlerin Aylara Göre Dağılımı.....</b>	<b>20</b>
<b>GRAFİK 3- Esenboğa Hava Limanı Sisli Günlerin Sıcaklık Aralıklarına Göre Dağılımı.....</b>	<b>21</b>
<b>GRAFİK 4- Esenboğa Hava Limanı Çeşitlerine Göre Sisli Günlerin Yıllara Göre Dağılımı.....</b>	<b>21</b>
<b>GRAFİK 5- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Aylara Göre Dağılımı.....</b>	<b>22</b>
<b>GRAFİK 6- Esenboğa Hava Limanı Sis Sezonunda Saatlik Sis Gözlemlerinin Aylara Göre Dağılımı.....</b>	<b>23</b>
<b>GRAFİK 7- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Saatlere Göre Dağılımı.....</b>	<b>23</b>
<b>GRAFİK 8- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemleri İçerisindeki Pist Görüş Mesafesinin ILS Kategorilerine ve Aylara Göre Dağılımı.....</b>	<b>24</b>
<b>GRAFİK 9- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Denize İndirilmiş Basınç (QNH) Değerine Göre Dağılımı .....</b>	<b>24</b>
<b>GRAFİK 10- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Spread'e Göre Dağılımı.....</b>	<b>25</b>
<b>GRAFİK 11- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Rüzgar Hızlarına Göre Dağılımı.....</b>	<b>25</b>
<b>GRAFİK 12- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Rüzgar Yönlerine Göre Dağılımı.....</b>	<b>26</b>
<b>GRAFİK 13- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Sıcaklık Aralıklarına Göre Dağılımı.....</b>	<b>26</b>
<b>GRAFİK 14- Esenboğa Hava Limanı Saatlik Sis Gözlemlerinin Ardışık Olarak Devam Sürelerine Göre Dağılımı.....</b>	<b>27</b>
<b>GRAFİK 15- Esenboğa Hava Limanı Pist Görüş Mesafesinin 350 M ve Altında Olduğu Saatlik Sis Gözlemlerinin Ardışık Olarak Devam Sürelerine Göre Dağılımı.....</b>	<b>27</b>
<b>GRAFİK 16- Esenboğa Hava Limanı Sisli Günlerin Oluşum Şekillerine Göre Dağılımı.....</b>	<b>29</b>

## 1.GİRİŞ

Ülkemizin ekonomik, askeri ve turizm alanındaki gelişmelerine paralel olarak hava alanlarımızın sayısı da her yıl artmaktadır. Ülkemizde askeri ve sivil Meydanlarda, Meteoroloji hizmetleri «Meteoroloji Genel Müdürlüğünce» yürütülmektedir. Türkiye’ de ki hava meydanlarına inen veya bu meydanlardan kalkan yerli ve yabancı uçakların gerekli meteorolojik desteğini sağlamak meteorolojinin görevlerindedir. Hava alanların meteorolojik destek hizmet talepleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Uluslar arası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO) standartlarında karşılanmaya çalışılmaktadır.

Havacılıkta meteorolojik elemanların çok önemli bir yeri vardır. Bir uçağın emniyetli olarak bir yerden bir yere gidebilmesi için rotası üzerindeki hava olaylarını bilmesi gerekir. Ayrıca iniş ve kalkışlardaki hava durumu da çok önemlidir.

Meteorolojik kriterler, hava alanlarının yerlerinin seçiminde ve planlamalarında da önemli rol oynarlar. Hava alanlarının yerleri seçilirken topografik şartların yanında meteorolojik şartlarında göz önünde bulundurulması gerekir. Hava olayları bazen çok kısa mesafelerde büyük çapta değişiklikler gösterebilirler. Bunun için bir hava alanı kurulurken mahalli hava durumlarının en uygun olduğu yerler seçilmelidir.

Son yıllarda akaryakıt fiyatlarında görülen aşırı artış yüzünden uçuş planlamaları son derece önem kazanmıştır. Birçok havayolu şirketi bu planlamayı eldeki mevcut işletmeyle ilgili diğer bilgilerle birlikte, en son meteorolojik bilgileri de kullanmak suretiyle çözmektedirler. Diğer yandan meteorolojik bilgi ve verilerden yararlanarak uçuş planının hazırlanması da, emniyetli konforlu ve rahat bir yolculuk için gerekli bir işlemdir. Bu şartlar göz önüne alınarak yapılan hava alanlarında uçuşlar daha güvenlidir. Özellikle meydanlardaki rüzgar hızı ve yönü, görüş mesafesi, pist görüş mesafesi, yağışın şekli ve şiddeti, bulut alt taban yüksekliği, altimetrik basınç değeri,türbülans ve wind shear gibi meteorolojik bilgiler uçakların emniyetli iniş ve kalkışlarında en önemli etkenlerdendir. Bu yüzden meteorolojik parametrelerin gözlemlenmesi amacıyla uluslararası sivil havacılık teşkilatının kriterlerine göre, her hava alanında ulusal veya uluslararası meteorolojik bilgi taleplerini karşılayabilecek en az bir meteoroloji ofisinin bulunması zorunludur.

## 1.1 SİS :

Sis, yatay görüşü 1000 m.'nin altına düşüren yere yakın hava tabakasında yayılmış küçük su damlacıkları veya kristallerden oluşan meteorolojik bir olaydır. Genel olarak sis, belirli bir yerin üzerine kaplayan stratüs (st) bulutu veya yere inmiş stratüs bulutu olarak da tanımlanmaktadır.

### 1.1.1 SİSİN UÇUCULUK ÜZERİNE ETKİLERİ

Hava ulaşımında meteorolojinin yeri oldukça önemlidir. Meteorolojik bilgilerin mevcut olmadığı bir havaalanında uçakların güvenli olarak iniş ve kalkış yapmaları mümkün değildir. Uçuş hizmetlerini yürütmek üzere her havaalanında ICAO şartlarına göre mutlaka bir meteoroloji ofisi bulunmalıdır. Bu ofis günün her saatinde aralıksız uçaklara gerekli meteorolojik desteği sağlamak için çalışmalar yapar. Havaalanlarında park eden, iniş ve kalkış yapan veya bir yerden bir yere uçan uçaklara meteorolojik olayların olumlu veya olumsuz birçok etkileri vardır. Havaalanlarında iniş ve kalkışları önemli derecede etkileyen önemli faktörlerden biride sis' tir. Sis oluşumunda meteorolojik rüyet ve Pist görüş Mesafesi (RVR) çok dar olduğundan, iniş ve kalkış esnasında pilotlar pisti yeterince göremezler. Meydanın hava trafiğine açılabilmesi için böyle durumlarda meteoroloji ofisleri pist görüş mesafesini modern cihazlarla ölçmektedirler.

Bir havaalanında sis etüdünün tespit edilmesi ve bilinmesi ( sisli günler sayısının ve sis devam sürelerinin tespiti ) oluşacak sislerin o havaalanının uçuculuk açısından hava trafiğini etkileyecek uçak kazalarının ve uçuş maliyetlerini aza indirmek bakımından ekonomiye büyük bir katkı sağlayacaktır.

### 1.1.2 SİS ÇEŞİTLERİ

#### 1.1.2.1 OLUŞUM ŞEKİLLERİNE GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ

Oluşum şekillerine göre sisleri 2 ana grupta toplayabiliriz:

#### A- Hava Kütleli Sisleri (Soğuma Sisleri):

a- **Adveksiyon Sisleri** : Soğuma, adveksiyondan dolayı meydana gelir.

1- Sıcak havanın soğuk bir zemin üzerinde hareket etmesi sonucu meydana gelir.

I- Kara ve Deniz Meltem sisleri

II- Deniz sisleri

III- Tropikal Hava sisleri

2- Soğuk havanın sıcak bir yüzey üzerinde hareketi sonucu meydana gelen sislerdir.

b- **Radyasyon Sisleri** : Radyasyon yoluyla soğuma sonucunda meydana gelen sislerdir.

1- Yer sisleri

2- Yüksek inverziyon sisleri

c- **Adveksiyon-Radyasyon Sisleri** : Denizlerden karalar üzerine gelen nemli havanın geceleyin radyasyon yoluyla soğuması sonucu meydana gelirler.

d- **Yamaç sisleri** : Yükselme ve genişlemeden dolayı adyabatik soğumalar sonucunda meydana gelen sislerdir.

**B-Cephe Sisleri** : Bu sislerin meydana gelmesinde hava tabakasının işba noktasına erişilmesi, yani subuharı bakımından tabakanın zenginleşmesi esas rolü oynar.

1- Sıcak Cephe önü sisleri

2- Soğuk cephe gerisi sisleri

3- Cephe hattı sisleri

Yukarıda bahsedilen sis çeşitlerini kısaca özetlemek gerekirse;

**Kara ve Deniz Meltem Sisleri :** Bu tür sisler kıyı bölgelerinde görülür. Kış günlerinde deniz üzerinden gelen nemli hava akımları soğuk kara yüzeyleri üzerinde yoğunlaşarak sis meydana gelir. Buna karşın, yazın sıcak karalardan denizler üzerine hareket eden hava serin su yüzeyi üzerinde yoğunlaşarak sis teşekkül eder. Bu meltemler günlük olarak meydana geldiklerinden, oluşan sislerde günlük değişikliğe uyarlar.

**Deniz Sisleri :** Deniz sisleri oluş bakımından meltem sislerinden pek farklı değildir. Deniz sisi, deniz üzerinde bulunan hava kütesinin alt kısmının soğuk bir akıntı ile temas etmesi neticesinde oluşur. Bu sebeple, deniz sisleri özellikle soğuk deniz akıntısı sahalarında meydana gelir.

**Tropikal hava Sisleri :** Tropikal Hava Kütlelerinin alçak enlemlerden yüksek enlemlere doğru, yani güneyden kuzeye doğru yer değiştirmesi neticesinde meydana gelen soğuma ile sis oluşur. Bu sisler bilhassa kışın karalar üzerinde çok görülür.

**Yer Sisi :** Yere yakın hava tabakasının soğuması sonucu meydana gelen bir sistir. Karalar üzerinde gece kuvvetli radyasyon kaybı neticesinde en alt hava tabakasında meydana gelir ve kalınlığı az fakat oldukça yoğundur. Sakin ve açık bir hava, düşük sıcaklığa sahip yer yüzeyleri yer sisinin oluşumu için en uygun şartlardır. Yer yüzeyinin nemli olması bu tür sislerin oluşumunu daha da kolaylaştırır.

Radyasyon sislerinin oluşması için elverişli şartlar şöyle sıralanabilir:

- Hafif yüzey rüzgarı ve açık gökyüzü
- Sinoptik ölçekte yüksek basınç alanları ve küçük yatay basınç gradyanları
- Kalıcı bir yağmurdan sonra açık gökyüzü
- Sınır tabakasında kararlı tabakalaşma
- Güneş batımında en az %80 nispi nem varlığı
- Nemli toprak
- Nemli vadiler, ırmak vadileri
- Dağ sıraları
- Dalgalı su buharı ve ısı akışı

**Yüksek İnverziyon Sisi :** Kışın karalar üzerinde meydana gelen bir radyasyon sisidir. Yüksek İnverziyon sisi, kış günlerinde özellikle yüksek enlemlerdeki karaların devamlı olarak radyasyon kaybetmesi neticesinde soğumasından meydana gelir ve inverziyon tabakası daha yüksek seviyelere kadar uzadığından oldukça kalın olur.

**Adveksiyon – Radyasyon Sisleri :** Gündüzleri denizlerden gelen nemli havanın gece karalar üzerinde radyasyon kaybıyla soğuması sonucu meydana gelen bir sistir. Bu sisler özellikle yaz sonlarında ve sonbaharda görülür.

**Yamaç Sisleri :** Dağ yamaçlarından yukarıya doğru tırmanarak yükselen hava parselinin adyabatik soğuma sonucunda yoğunlaşmasıyla oluşan sis.

**Cephe Sisleri :** Yağış halinde yere düşmekte olan yağmur damlacıklarının buharlaşması, yoğunlaşmayla bitecek seviyede işba noktasına kadar yaklaşması sonucunda oluşan sis. Örneğin, cepheyle beraber görülen konveksiyon, dikey yükselmeye ve adyabatik soğumaya neden olur.

### 1.1.2.2 GÖRÜŞ MESAFESİNE GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ

Literatürde ( Kaynak : [www.ral.ucar.edu/staff/tardif/document](http://www.ral.ucar.edu/staff/tardif/document)) Görüş mesafesine göre sisler 3 gruba ayrılabilir:

**I. Hafif Sis :** (Görüş mesafesi 1,6 km.'nin altında)

**II. Yoğun Sis:** (Görüş mesafesi 1 km. 'nin altında)

**III. Aşırı Yoğun Sis:** (Görüş mesafesi 400 m 'nin altında)



### 1.1.2.3 OLUŞTUĞU SICAKLIĞA GÖRE SİS ÇEŞİTLERİ

- 1- **Sıcak Sis:** 0°C' nin üzerinde
- 2- **Soğuk Sis:** -30°C ve 0°C arasında
- 3- **Buz Sisi:** -30°C'den daha soğuk

### 1.1.3 SİSLERDE DİKEY SICAKLIK PROFİLLERİ

İnverzasyon tipi sıcaklık dağılımı sis şartları için en uygun görülen durum olmasına rağmen araştırmacılar çoğu durumlarda yüzey tabakasında, yükseklikle sıcaklığın düştüğünü göstermişlerdir. Adveksiyon sisinde sıcaklık, sıcak hava yer üzerinden geçinceye kadar düşük kalır. Radyasyon sislerinde yer yüzey sıcaklığı uzaya giden infrared radyasyondan dolayı soğur. Sis derinliği az oldukça sis altındaki yüzey radyasyonla soğumaya devam eder. Böylece sis oluşumunun ilk periyodunda sıcaklık inverzasyonu kalıcı olur. Ancak sis 100-200 m derinliğe erişince radyasyon gönderen yüzey, sisin en üst sınırına kayar. Sis içindeki ısı rejimi bir dalgalı atmosfer vasıtasıyla düzenlenir. Sonuç olarak eğer türbülans yeterince kuvvetli ise inverzasyon yok olur. Hatta, yüzey yakınlarındaki hava sıcaklığı topraktan gelen ısı akıları sebebiyle artabilir.

Sisin görünüşü, havanın nem ve sıcaklığının bir fonksiyonudur. Doymuş hava için ( sis havası), sıvı su içeriği (LWC) ( damlacıklar), ıslak yüzeyden olan buharlaşmanın bir sonucu olarak mutlak nem artışıyla yada yatay ve dikey karışımla artar. Alternatif olarak, havanın radyasyonla soğuması yada çevreden dalgalı ısı değişimine bağlı olarak dikey hareketin bir sonucu olarak adyabatik genişlemesi sebebiyle sıcaklık düşerse, LWC artar.

Sislerdeki LWCnin tipik değerleri 0.02 - 0.5 g/m<sup>3</sup> dir. Radyasyon sislerinde bu değer 0.1 - 0.3 g/m<sup>3</sup> olup maksimum 0.7 g/m<sup>3</sup> tür. Dikey LWC profili sıcaklık profiliyle hemen hemen eşleşir. 1960-1962 yıllarında uçaktan yapılan ölçümler adveksiyon sisleri için LWC nin yükseklikle arttığını göstermiştir. Taze radyasyon sislerinde LWCnin maksimum değerinin yüzey yakınlarındaki kadar, olgun radyasyon sislerinde maksimum LWC değerinin yüzey ve üst seviyelerdekilerin arasında olduğu, beklemiş radyasyon sislerinde LWC profilinin adveksiyon sisi ile benzediği gösterilmiştir.

Hava sıcaklığı ve hava temizliğinin derecesine bağlı olarak sisler, su sisleri, buz kristal sisleri ve karışık sisler olmak üzere gruplandırılır. Buz ve karışık sisler sadece T<0 °C de var olurken, su sisleri pozitif ve negatif sıcaklıkların her ikisinde de (-3 °C den +28 °C ) gözlemlenebilir. Havadaki daha az karışımlar sonucu daha düşük sıcaklıkların olduğu yerlerde su sisleri vardır.

Sisli havanın nispi nemi yaklaşık %100dür. Genellikle yapılan ölçümlerde nispi nemin %96-100 arasında olduğu bulunmuştur. Ancak çok düşük sıcaklıklarda (-40\_ -30 °C) bu oran %70-80 e düşebilir.

Ölçümler sislerin çeşitli boyutlarda parçacıklardan oluştuğunu göstermiştir. Bir cm<sup>3</sup> sis havasındaki damlacık sayısı adveksiyon sislerinde 5-100, radyasyon sislerinde 50-860, buhar sislerinde 70-500 arasındadır. Bu değerler orta yoğunluktaki sislerden elde edilmişlerdir. Sis elemanlarının boyutu 10<sup>-7</sup> m kadar küçük ve 10<sup>-4</sup> m kadar büyük olarak ölçülmüştür. Kristal sislerinde tanecikler en büyük boyuttadır. Ancak damlacıkların çoğu 2-18 µm arasındadır.

### 1.1.4 KAR ÖRTÜSÜNÜN SİS OLUŞUMUNA ETKİSİ

Orta ve yüksek enlemlerde toprak çok kere kış mevsiminde karla kaplıdır. Doyma basıncı buz üzerinde su üzerindekiinden daha az olduğu için kar örtüsü su sisinin oluşmasına elverişli değildir. Sıcaklık azaldığında havanın doyması kar yüzeyinde su yüzeyindekiinden

daha kısa sürede gerçekleşir. Örneğin; -10 °C de buz yüzeyine göre doyma basıncı 2.6 hPa iken, suya göre 2.87 hPa' dır. Bu sebeple nispi nem %91 e erişir erişmez kar yüzeyinde süblimasyon başlar. Süblimasyon su buharının yoğunlaşmasına engel olur ve sis damlacıkları görülür. Ayrıca, bir hava kütlesi kar yüzeyine erişmeden bu hava kütlesi içinde sis zaten oluşmuşsa, kar örtüsü üzerinde yayılabilir. Sürülen hava kütlesi sıcaklığı hızla azalıyorsa bu yayılma durur. Bu durumda sis yoğunlaşır.

Kar örtüsü üzerinde sis oluşumu için en elverişli şartlar sıcaklıkların sıfır dereceye yaklaştığı durumlardır. Bu durumda buz üstündeki ve su üstündeki doyma basıncı hemen, hemen aynıdır. Kar yüzeyindeki havanın soğuması kuvvetli sis oluşturma faktörü gibi görev yapar. Sonuç olarak sisler karla kaplı yüzey üzerinde sıcaklıkların 0°C yaklaştığı zaman oluşur (+5°C ten -5°C' e). Sisler kar yüzeyinde en yoğun olarak sıcaklıklar -8°C \_-16°C iken oluşur.

### **1.1.5 GÜNLÜK VE YILLIK SICAKLIK DEĞİŞİMLERİ**

Sis oluşumunun ana sebebi havanın soğuması olduğu için, maksimum sis oluşumu gün içinde şafak vakti yada sıcaklığın minimum olduğu zaman oluşur. Radyasyon sisleri tipik olarak gece yarısından hemen sonra görülmeye başlar, gün doğumundan 1-2 saat önce maksimum yoğunluğuna erişirler. Bu sisler ekseriya güneş doğduktan 1.5-2.5 saat sonra dağılırlar. Hava sıcaklığı ne kadar yüksekse günlük sis varyasyonlarının da o kadar farklı olması beklenir. Bunu şu gerçek izler. Yüksek sıcaklıklarda doyma buhar basıncı, sıcaklıkla hızla artarken, aynı zamanda sis damlacıklarının buharlaşmaları da daha kolay olur. Soğuk havalardaki sıcaklık şartları doymuş su buhar basıncının aynı değişimini sağlamak için daha fazla artmak zorundadır. Bu sebeple yaz sisleri güneş doğduktan sonra hızla yerleşmek zorundadır ve kışın dağılımları çok yavaş iken onlar hiç gündüz gözlenmezler. Sis o zaman uzun bir zaman kalıcı olabilir ( bazen birkaç gün).

Yıllık sis oluşumlarındaki değişiklikler bir çok sebebe, coğrafik ve lokal özelliklere bağlanabilir. Buna rağmen yıllık sis değişimlerinin 2 tipi görülmektedir. İlkinde maksimum oluşma yılın soğuk periyodunda ( sonbahar, kış), minimum oluşma ise yazın görülür. Bu tip sis özellikle kıta içlerinde, karasal alanlarda daha çok görülür. İkinci tipte sis oluşumu tüm yıla yaklaşık eşit dağılmıştır, zayıf bir şekilde yazın maksimumdur. Bu tip sisler soğuk kıyılarda daha çok görülürler.

## **2.MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 MATERYAL**

#### **2.1.1 ESENBOĞA HAVALİMANI VE ÇEVRESİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Esenboğa Havalimanı (IATA:ESB, ICAO:LTAC) 1955 yılında hizmete girmiştir. Şehre uzaklığı 28 Kilometre ve ulaşım otobüs, servis ve taksi ile gerçekleştirilebilmektedir. Koordinatları 40 07 41 K ve 32 59 42 E . Toplam 7.500.00 m<sup>2</sup> 'lik alana kurulu bulunan Hava Limanında 182.000 m<sup>2</sup>'lik iç ve dış hat olarak kullanımlı 10.000.000 Yolcu/Yıl kapasiteli terminal mevcuttur. Esenboğa Hava Limanının da kompozit beton kaplamalı 03R/21L 3750x60 metre ve 03L/21R 3750x45 metre boyutlarında iki adet pist ve bu pistler arasında 290 Metre mesafe bulunmaktadır. İki pist aynı anda kullanılmıyor. II. Pist I. Pistin alternatifi olarak kullanılmaktadır. Aletli iniş sistemi (ILS) kategorisi CAT II grubundadır.

## **2.1.2 ESENBOĞA HAVALİMANI MEYDAN METEOROLOJİ GÖZLEM İSTASYONU VE DEĞERLENDİRİLEN METEOROLOJİK ELEMANLAR**

Çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü gözlem ağı içerisinde yer alan Esenboğa Havalimanı Meydan Meteoroloji gözlem istasyonunun 2000 ile 2009 yıllarını kapsayan 10 yıllık günlük yarım saatte bir yaptığı Metar ve son iki yıllık (2008-2009) SPECI rasatlarındaki sis dataları değerlendirilmiştir. (EBİM Şube Müdürlüğü kayıtları 2000 yılından itibaren bilgisayar ortamına aktarıldığından 2000-2009 periyoduna ait 10 yıllık metar rasatları ile çalışılmıştır.)

## **2.1.3 HAVA ALANI YER SEÇİMİNDE ÇEVRE ve METEOROLOJİK KRİTERLER**

### **2.1.3.1 YER SEÇİMİ ÖN HAZIRLIKLARI ve POTANSİYEL ALANLAR**

Havaalanı yer seçiminde önce potansiyel aday yerler belirlenir. Bu yerlerin merkezden 20-50 km uzaklıkta genel olarak düz, yaklaşık 1,5 km kare genişlikte araziler olması beklenir. Bu tespitlerde havacılık için uygun kriterlerden, çevreden alana ulaşım imkanları, arazi uygunluğu ve genel klimatolojik durumlar özellikle dikkate alınır.

Uluslararası Sivil Hava Teşkilatı esas olarak tüm uçuşlarda yakın bir mesafede alternatif bir hava alanı ister. Bu alternatif mesafe inilecek hava alanına inmek mümkün olmadığı zaman bir uçağın yönelebileceği bir hava alanı olarak tanımlanır. Bununla birlikte iki yer arasında uçuş gerçekleştirilirken her zaman uçağa alternatif hava alanına uçacak yakıt alınmak zorundadır. Bu, Uluslararası Sivil Havacılık anlaşmasına göre Uluslararası Standartlar ve Emredilen Uygulamalarda zorunlu bir istektir.

Yeni bir hava alanı isteği büyük bir kapital ve büyük ölçekte alt yapı yatırımlarını kapsar. Bir hava alanı yeri seçiminde esas, ne tip hava alanı istenildiği amacına bağlıdır. Bu bilgiye bağlı olarak yer seçiminde esas işlemi hava alanı için gerekli olan alanın büyüklüğü ve şeklinin değerlendirmesiyle ilgili birkaç esas adım oluşturur. Hava alanı yer seçimini esas olarak etkileyen tüm faktörler şunlardır:

Arazi mevcudiyeti, Çevre alanı dahil arazinin kullanım şekilleri, Atmosferik şartlar, Engeller, Mevcut görüş mesafesi, Kullanacak alan varlığı, Yerin topoğrafyası, Çevre topoğrafyası, Sosyal konular, Riskler, Talep merkezine yakınlık, Altyapı gibi.

Hava alanı yapılması için uygun arazi mevcudiyeti ve gelecek için rezerv alan varlığı önemli düşüncelerdir. Hava alanı arazi genişletilme isteği hava alanını kullanması beklenen uçak büyüklüğü ve performans karakteristikleri, tahmini trafik hacmi, meteorolojik şartlar ve yerin yüksekliği ile bağlantılıdır. Trafik hacmi ve karakteristikleri istenen pistlerin şekil ve sayısını, apron alanlarının büyüklüğünü ve taksii yollarının yerleşimini etkiler.

Sıcaklıklar pist uzunluğunu etkiler, rüzgarlar pist sayısı ve pistlerin yerleşim durumunu etkiler. Pist uzunlukları ve yerleşim durumları yeni hava alanı yer seçiminde hayati faktörlerdir. Havaalanı yerinin uygun kara yolu ağına ve demir yollarına bağlantılar sunabilmesi tercih edilir. Uçak yakıtının ekonomik olarak tren yoluyla havaalanına taşınması için havaalanının tren yoluyla bağlantısı istenir.

### **2.1.3.2 İLK SEÇİLEN YERLERİN TARİFİ ve ELEME İŞLEMLERİ**

Potansiyelli yerler olarak başlangıçta belirlenen alanlar örneğin A, B ve C,... yerleridir. Bu yerler Hava alanı Yer seçim ve Değerlendirme kriterlerine göre değerlendirilir. Değerlendirilen yerlerin karşılaştırma durumları tablo halinde verilir. Her bir alandaki pist uzunlukları için sınırlayıcı yüzey engelleri de belirtilir.

Seçilecek alandan çevre yerleşim yerlerinin minimum etkilenmesine ve aynı zamanda çevreden olan olumsuz etkilerinin de en az olmasına özen gösterilir.

Yağmur, rüzgar, görüş mesafesi ve sıcaklık bir hava meydanı işletmesinde etkili olan ana faktörlerdir. Olumsuz hava şartları nedeniyle alternatif bir hava alanına uçağın yönlendirilmesi gerektirdiğinde uçak için buradaki hava şartlarının esas alandaki şartlardan çok daha uygun olması önemlidir. Bir hava alanı etrafındaki hava sahası bir sistem vasıtasıyla, ICAO tarafından ‘ Engel Kısıtlaması ve Uzaklaştırılması ’ başlığı altında engellerin sınır yüzeyleri ile belirlenir. Teklif edilen proje yeri bir ırmak kıyısının daha düz alanı olabilir, ancak su sahasının km<sup>2</sup> olarak genişliği, konumu ve ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği ve varsa meyil durumu derecesi, denizle bağlantı durumu, denize olan uzaklığı ve drenaj yönü ile ilgili bilgileri verilmelidir.

Coğrafik olarak kaya oluşumları içinde bulunan bir alan için, belli alanlar üzerinde lagonlar ve dereler tarafından alüvial birikimlerin oluştuğu alanlar belirlenir. Alandaki kayaların genel olarak tipi belirlenir. Kayaların ve toprakların dağılımı gösterilir. Alanın jeolojik yapısı ve toprak dağılımı raporda belirtilir.

Tarım Toprağı Sınıflandırmasına göre toprağın hangi gruba girdiği belirlenir . (Toprak yapısı ince orta yada kaba taneli fakat az alivüonlu gibi ). Kuru alüvial sulama yapılan alan miktarı belirlenir. Düşük su tutma kapasiteli yada yüksek su tutma kapasiteli oluşlarına göre geçirgenlikleri belirlenir. Tuzluluk ve Ph değerleri belirlenir.

Proje alanı üzerindeki ortalama rüzgar hızlarının yıl boyunca görülen hız aralıkları, 4-7 m/s gibi, ve mevsimlerdeki ortalama rüzgar hızları belirlenir. Proje alanındaki yıllık ortalama yağış miktarı ve aralığı verilir. Sıcaklıkların yıl içindeki gidişi, uzun yıllar ortalamasıyla ve maksimum ve minimum sıcaklıklarla birlikte günlük sıcaklık farkı ortalaması verilir. Proje alanı içindeki 10 - 25 ve 50 yıldaki sel taşkın tahminleri ve alan geçmişinde görülen maksimum sel durumu bilgileri verilir. Su kalitesi ölçümleri yüzeyde yapılır ve yakın çevreye etki değerlendirmesi için yer altı suyu taban kalitesi gözden geçirilir ve su kalitesinin potansiyel tahmini yapılır. İnceleme alanındaki yer altı suyu kalitesi ölçümleri birden fazla yerde örneklenir. Yüzey ve yer altı suyunda kirlenmesi seviyeleri gösterilir ve türleri belirlenir. Sulama suyu ve depo sularının tuzluluk, iletkenlik, Ph, sertlik ve diğer çözülmüş tuzları belirlenir. Bölgede çevre hava kalitesi hakkında geçmiş data bilgisi bulunmaması durumunda çalışma alanı içinde kirlilik ( SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM) takibi için yer belirlenir. Ölçümler mevcutsa maksimum ve minimum düzeyleri belirtilir. Ana yollar diğer yerlerden daha fazla kirliliğe sahip olması nedeniyle bu kirlilik kayıtlarının Çevre Hava Kalitesi değerleri ile karşılaştırılması yapılır. Teklif edilen hava alanı yerinin gürültü standartları maksimum izin verilen seviyelerinin gündüz (55 dB) ve gece ( 45 dB) değerleri belirlenir. Taban gürültü seviyesi minimum 42 dB dir. Buna göre gürültü seviyeleri karşılaştırılır. Proje çalışma sahası herhangi bir arkeolojik kaynaklara sahip olmamalıdır. Proje alanı eğer tarım sahası olarak kullanılmakta ise tarım sahasının % de olarak genişliği verilir.

### 2.1.3.3 ESAS İNCELEMEDEKİ ANA BAŞLIKLAR

**Yer Krekteristikleri :** (Genel topoğrafik durum, Toprak yapısı ve özellikleri, Toprak kullanım uygunluğu, Su alanlarının genişliği )

**Klimatoloji ve Meteoroloji :** Mevsimlere göre hakim rüzgar yönü, rüzgar hızı, Günlük rüzgarların gündüz ve gece olarak genel karakteristiği, Maksimum ve minimum sıcaklıklar ve buzlanma şartları, Yağış miktarları ve kar kalınlığı, Görüş mesafesi değerleri, uzun yıllar iklimatik bilgilerden derlenir. Ayrıca seçilen yerde havaalanı yapımı sırasında en az 1 yıl kadar basınç, sıcaklık, nispi nem, yağış, rüzgar,... gibi meteorolojik yere özel ölçümler yapılır, analiz edilir.

**Gürültü ve çevresel Değerlendirme :** (Gürültü Kontürlerin Çizimi, Gürültü Analiz Yorumlaması, Gelecekteki Gürültü Şartları, Hava Kalitesi Datası ve Kirletici ölçümleri )

**Çevresel sonuçlar – Özel Etkiler :** (Gürültü, Arazi Kullanımındaki Uygunluk, Sosyal Etkiler, Sosyoekonomik Etkiler, Hava Kalitesi, Su Kalitesi, Tarihi, Arkeolojik ve Kültürel Kaynaklar, Canlı Toplulukları, Flora ve Faunanın Zarar görmüş ve Tehlikedeki Türleri, Sulak Alanlar, Sel Sahaları, Çiftlikler, Enerji Destekleri ve Doğal Kaynaklar, Işık Yayılmaları, Katı Atıklar, Yapılaşma Etkileri)

#### **2.1.4 SİS DAĞITILMASINA GENEL BAKIŞ VE SİS DAĞITMA METOTLARININ GÖZDEN GEÇİRİLMESİ**

Sis ulaşımı olumsuz yönde etkileyen yaygın bir meteorolojik olaydır. Hava alanlarında pist görüş mesafesini suni yollarla artırmak için çok sayıda girişimlerde bulunulmuştur. Çünkü pistlerdeki sis oluşumlarına bağlı olarak hava yolu şirketleri her yıl milyonlarca dolar kaybetmekle karşı karşıya kalmaktadır.

Son yıllarda radyo iletişim sistemlerinin gelişmesi uçakların hemen hemen kör gibi iniş yapmasına dahi izin vermesine rağmen bugüne kadar son sözü yinede pilotlar söylemiştir. Sisi dağıtmak için 20. yüzyılda birçok metot önerilmiştir. Bunlardan biri pist boyunca yakıt yakmaktır. Böylece sis tabakası ısınacak ve damlacıklar buharlaşacaktır. Bu metot İngiltere’de 2. Dünya Savaşı sırasında kullanılmıştır ve uçakların Almanya’dan sis şartlarında geri dönmelerini sağlamıştır.

Sis dağıtma yöntemlerinden biri olan tohumlama uygulamalarını özetlemek gerekirse;

1- Katı veya sıvılaştırılmış karbon dioksit. Sıvılaştırılmış karbon dioksit kullanımı şu anda daha popüler bir teknik olarak görünmektedir.

2- İki boyutlu ısı yayıcıları

3- Havadan ısıtıcılar

4- Nem çekici(selüloz-firöz) gibi maddelerle sıcak sis dağıtımı.Nem çekicilere örnek olarak sodyum clorür,calsiyum clorür, üre, çinko klorür,formaldehit verilebilir.

5- Gümüş iyodür,sıvı propanla soğuk sis dağıtımı

6- Mekanik tarayıcılarla kuru havayı sis içine karıştırma

7- Pervane ile kuru havayı sise karıştırma

8- İyonize metodu. Çok etkili bir yöntem değildir.

9- Sıkıştırılmış hava kullanımı. Soğuk sis dağıtımında uygulanmaktadır.

Hava modifikasyonu uygulamaları içinde aşırı soğuk sisin temizlenmesi hala birkaç problem bulunmasına rağmen bilinen bir tekniktir. Dünyada çok sayıda hava alanında kuru buz tohumlaması rutin olarak gerçekleştirilmektedir. Bu metot verimli olmamasına ve çok çaba gerektirmesine rağmen, sis vakalarında havaalanlarının işler halde tutulmasında marjinal olarak başarılıdır.

Sis dağıtma ve tohumlamada kullanılan bu uygulamalardan bazıları detaylı olarak aşağıda belirtilmiştir.

Sis dağıtma konusunda bugüne kadar büyük çalışmalar yapılmıştır. Sis dağıtma metotlarıyla ilgili olarak sisleri sıcak sis ve aşırı soğuk sis olarak iki sınıfa ayırmak gerekir.

##### **2.1.4.1 AŞIRI SOĞUK SİSİN DAĞITILMASI**

Aşırı soğuk sisin dağıtılması Shafer’in en eski denemelerinden biridir ve kuzey enlemlerindeki çeşitli hava alanlarında operasyonel bir pratik halini almıştır ( ABD nin kuzey enlemlerindeki 13 havaalanında ve Rusya’nın 15 havaalanında) (Dennis, 1983). Aşırı soğuk sis mikrofiziksel olarak kararsızdır, sıcak sise göre daha çabuk ve kolayca modifiye edilebilir. Bu sislerdeki su damlacıkları heterojen tohumlama maddesi, gümüş iyodür gibi (sis sıcaklığı  $<-4^{\circ}\text{C}$  ) yada homojen tohumlama maddeleriyle kuru buz (= katı karbon dioksit) yada sıvılaştırılmış propan ( sıcaklıkları  $-4^{\circ}\text{C}$  ve  $0^{\circ}\text{C}$  arasında) ile karşılaştıkları zaman donabilir (

Dessens, 1969). Suni olarak artan donma işlemi sebebiyle buhar basıncı azalır ve damlacıklar buharlaşır. Rusya'da aşırı soğuk sisin dağıtılması için ilk laboratuvar denemeleri 1947 de yapılmış bunu gerçek bulutlar üzerinde gümüş iyodür ve kuru buz kullanarak yapılan denemeler izlemiştir ( Bashkirov ve Krasikov, 1957). Bu çalışmalarda havaalanlarındaki sisin dağıtılması konusunda teorik ve uygulamalı denemelerle ilgilenilmiştir ( Borovikov, 1953).

Rusya'da 1950'nin sonlarına doğru uçakla ve yerden kuru buz ve gümüş iyodür kullanarak soğuk sis dağıtımı (gümüş iyodür jeneratörleri ve roketlerle) bir çok havaalanında bir uygulama olarak denenmiştir (Mason,1961). Benzer gayretler ABD'de de rapor edilmiştir (Beckwith,1964). Örneğin, Clement Ferrent havaalanındaki sisi dağıtmak için bir adet gümüş iyodür jeneratörü, elverişli meteorolojik şartlar altında (  $T < -10$  °C, sakin ) yeterli olmuştur. Operasyonun maliyeti jeneratörün her saati için 5 frank civarındaydı. Havadan uçakla yapılan tohumlama işleminde kuru buz yada gümüş iyodür sis içine pistin rüzgar alan yönünde uygun bir mesafeden serbest bırakılmakta ve buz kristalleri büyüyüp düştükçe sis içinde bir delik ( sissiz alan ) gelişmesi beklenmektedir. Rüzgar pist üzerine yeni bir sis taşımadıkça ek tohumlama yapılması gerekmemektedir. Temizlenmiş piste uçakların iniş ve kalkış yapması sağlanmaktadır (Dennis, 1983).

Lyon ve Paris Orly havaalanlarında tohumlama sıvı propan delikler içinden serbest bırakılarak gerçekleştirildi (Cot, 1964, Serpolay,1965). Propan genişleyerek buharlaştıkça buz kristalleri üretir. Propan kullanımı pahalıdır, fakat işlek havaalanlarında kullanımı uygun bulunur. ABD'de de başarıyla test edilmiştir (Hicks,1967). Son zamanlarda Çin'de yapılan denemeler soğuk sis tohumlamasında sıvı nitrojenin buz oluşumunu hızlandırıcı olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Xuecheng ve Weimin, 1996). ABD havaalanlarındaki aşırı soğuk sisin dağıtılmasındaki ekonomik faydaların, maliyetin 5 katı olduğu tahmin edilmektedir ( Beckwith, 1966), Rusyadaki uygulamalar da bu konuda hemen hemen aynı orandadır ( Solovjev ,1968).

Aşırı soğuk sis üzerinden Sıvı Karbon Dioksitin ( Liquid Carbondioksit-LC) havadan dağıtılmasının sisi temizlemede sisin içine nüfuz etme bakımından etkin olmadığı, ancak sis içinden uçularak yapılan tohumlamanın etkin olduğu gösterilmiştir. Ancak özellikle dağlık alandaki uygulamalarda dikey yapılarla çarpışma tehlikesi gibi sebeplerle, bu metot pratik değildir. Ayrıca sis içinde alçak irtifada uçuş FAA talimatlarınca yasaklanmıştır.

Bu tekniğin tipik örneği, aşırı soğuk sis içine yerden sisi azaltacak miktarda hareketli araçlarla, bir hat boyunca sıvı karbon dioksit atılması metodudur.

Tohumlama testlerinde 250 km<sup>2</sup> lik alan üzerinde, kalabalık şehir alanları, havaalanları ve oto banların kaza kontrol alanları bu metotla sıkça temizlenmiştir. Temizlenme yerde ışık etkilerinin görünmesiyle onaylanmış olmaktadır, sonrasında sis dağılmıştır. Temizlenmiş alanın meteorolojik datası güneşlenme ve sıcaklıkta hızlı bir artış, nispi nemde düşüş olarak görülmektedir Rüzgar yönünde dağ sıralarına paralel olan esiş dağa dik yönde esme olarak değişmiştir. Tohumlanmış sisten düşen buz kristalleri trafiğe tehlike oluşturmamış buz kristalleri arabaların hareketleri sonucu yol yüzeyinden uzaklaşmışlardır.

Bu metot sis tohumlaması için pratik bir metottur. Yer tohumlama cihazının yoğun testleri yarı sayısal şekilde gerçekleşmiş ve sonuçları dikkate değerdir.

LC nin mobil olarak yatay hat tohumlaması, minimum sayıda ve maksimum boyutta buz kristalleri oluşturarak operasyonun mikrofizik-dinamik etkileşmesini en üst seviyede sağlar. Kristallerin düşmesi havanın daha iyi temizlenmesinde avantajdır. Bu yüzden LC sis tohumlama metodu aşırı soğuk sisin temizlenmesinde oldukça verimli bir metottur.

Yaklaşık -10°C de buz kristali büyüme hızı, sis damlacığının buharlaşması ve temizlenmesinde önemli bir faktördür. Kristal düşüş hızı maksimum iken temizlenme süresi minimum olur. Bu tohumlama metodu, 0°C altındaki hemen her sıcaklıkta çalışmasına rağmen, en yüksek verimlilik -15°C civarında oluşur.

Sis temizlenmesi için diğere önemli bir faktör sisin derinliğidir. Bu açıdan sis ne kadar derin ve yoğun olursa tohumlama etkisi o kadar daha iyi olur. Bazen sis yerden yukarıda görülür. Böyle bir durumda yerden tohumlama mümkün değildir. Ancak, yeni bir metod, bir dağın yamacından, sis boyunca sisin içinde yeni bir sistemle tohumlamayı yapabilecek şekilde geliştirilmiştir.

İstenmeyen etkilerinden kaçınmak ve daha geniş bir alanda daha iyi bir etki elde etmek için, sisin tabanında hareketli bir arabadan yatay bir hat üzerinde sıvı karbon dioksit (LC) doğrudan sis içine püskürtülür. Püskürtülen LC' nin buz çekirdek karakteristiği kuru buz ile hemen hemen aynıdır. LC püskürtüldüğünde, ortamı -90°C dereceye soğutur. LC toksik değildir, alev almaz, pahalı değildir ve tek başına güçlü bir sıvıdır. Kuru buzdan biraz daha ucuzdur, kuru buza göre işleme ve depo etme avantajı vardır. LC depolanmaz bunun aksine kuru buz depolanmak için belli bir zaman limitine sahiptir. Bir uçakta kullanıldığı zaman kuru buz, güçlü bir buz kırıcısı ve dağıtıcısını gerekir. Ayrıca insanı nefes tıkanmasından korumak için uygun hava ventilasyonu gerektirir. LC bir basınç silindiri içinde korunduğu için nefes tıkanmasıyla ilgili bir problemi yoktur ve kendi basıncıyla direkt olarak çıkış borusundan emniyetli olarak boşaltılır. Kuru buz gibi LC kuvvetli buharlaşmayla soğutması sebebiyle hızlı bir buz üreticisidir. Hareketli bir çıkıştan püskürtülen LC, buz kristal üretim hızını yükseltir çünkü püskürtülen soğuk LC damlacıkları tohumlama aracının hareketi boyunca sürekli temiz aşırı soğuk sisle karşılaşır. Sabit çıkış borusundan LC damlacıklarının yayılmasıyla zaten bir buz kristal plum üretilmiş olur. Bu durum buz kristal üretim hızını daha yavaşlatarak verimliliği sağlar. En önemlisi LC'in, sisin sıcaklığına bakmadan, 0°C dereceye kadar mücadeleci ve gerçekte sabit çok büyük sayılardaki buz kristallerini üretmesidir. Bu durum, AgI (gümüş iyodür) gibi heterojen buz çekirdeği ile tam bir şekilde zıttır. AgI alışılmış bulut tohumlama maddesidir. Onun buz çekirdeği hızı, çekirdekle temas etme ve diğere mekanizmalara bağlı olarak, aşırı derecede sıcaklığa ve t zamanına bağımlıdır.

Sis sıcaklığına bakılmaksızın LC ile üretilen buz kristallerinin hemen hemen sabit sayıda oluşu, bu tohumlamanın farklı bir avantajını oluşturur. Oysa sıcaklığa bağlı olarak etkin sayıdaki buz kristal sayısı üretimi değişebilmekte buda AgI gibi tohumlamalarda dezavantaj oluşturmaktadır. Ayrıca, sis sıcaklığı çok kere -4°C üstünde olduğu için, AgI gibi buz çekirdekleri artık çalışmaz. Sabit sayıdaki buz kristalleri ile LC metodu, çoğu durumda başarılması zor olan boşaltma hızı ayar problemini ortadan kaldırır. Buz kristal üretiminin sıcaklıktan bağımsız oluşuna ilave olarak, verimliliği, yada her birim LC ağırlığının ürettiği buz kristali sayısı muhtemelen teorik olarak maksimumdur. Buda tohumlamalarda büyük bir avantajdır.

Yerden Tohumlama cihazının tamamı aşağıdaki parçalardan oluşur:

- (1) LC silindirleri, sıvı karbondioksit kaynağı ve destekleyicisi,
- (2) LC yi çıkış borusuna götüren yüksek basınçlı bir tüp,
- (3) LC yi püskürtecek bir çıkış borusu ile çıkışı ve boruyu destekleyen bir sistem,
- (4) Tohumlama cihazını taşıyacak bir kara taşıma aracı.

LC silindiri alüminyumdan yapılmıştır, 25kg kapasitelidir ve kullanımı hafifliğinden dolayı avantajlıdır. Silindirler ters bir pozisyonda (baş aşağı), daha alttaki vanalar yardımıyla, muhafaza edilirler

Yüksek basınç tüpü kuvvetlendirilmiş kauçuktan yapılı fakat operasyondan sonra kauçuk donmaya meyleder ve LC' in buharlaştırarak soğutması ve kuru buz oluşması sebebiyle kırılğan hale gelir. İnce metal tüp bakıra benzer daha az bükülebilir bir malzemedendir yapılmıştır. Bu bakımdan avantajlıdır. O normalde daha az pahalıdır. Metal tüpün yeterince ince olması özellikle belirtilmelidir (0.635cm den daha az ) ve böylece sistem kapatıldığı zaman tüpte kalan LC istenmeyen soğumaya sebep olmayacaktır.

Çıkış borusu ise 0.25mm çaplı bir delikle LC kullanımını sağlar. Bu çok kere sis tohumlama işlemi için yeterlidir. Tohumlama aracı hareket halindeyken çıkış borusu taze aşırı soğuk sis içine doğru, pozisyonu yerden mümkün olduğunca yukarda, olmalıdır. Tüp ve çıkış borusu yeterli bir yükseklikte güvenli olarak desteklenmek zorundadır. Bunu yapmanın bir yolu, çelik bir çubuğu tutan ve bir kayan bölüm üstüne bağlayan pramit şeklinde bir desteği bir araya getirmektir. Çıkış borusunun çapı istenilen boşaltma hızına bağlıdır.

Çizelge 1a

Çıkış borusu performans çapı ( cm )	Süre (dakika)	LC tüketimi (kg)
0.015	25	0.45
	35	0.9
0.020	25	2.25
	35	2.25
0.025	30	2.7
	30	1.8

Çizelge 1b

Çıkış borusu çapı ( cm )	SIVI CO <sub>2</sub> ORTALAMA PÜSKÜRTME HIZI ( g/s)
0.015	0.37
0.020	1.30
0.025	1.89

Çizelge- 1a ve 1b de çıkış çapının bir fonksiyonu olarak LC tüketimi ve püskürtme hızı gösterilmiştir.

Tohumlama işlemi esnasında alette birkaç paslanma problemiyle karşılaşmış olması yüzünden tohumlama cihazı yapımında pasa karşı dirençli malzeme kullanılması tavsiye edilir.

Tohumlama cihazı, LC tankları, çıkış borusu ve destek bölümleri sisin olduğu yere ekseriya bir otomobilde taşınır. Şehir alanı ve hava alanları için ticari bir otoban aracının, LC tohumlama cihazlarını taşıması için modifiye edilmesi uygun bulunmuştur. Düz olmayan yada karla kaplı alanlarda dört tekerlekli sürücü yada tüm arazilere uygun bir araç istenebilir.

Tohumlama cihazları bir otomobilin bagaj bölümü üzerine piramitsel olarak monte edilmiştir. LC tankları otomobilin arkasında bir tank bölümüne çıkışları en altta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tanklardan ve tank çıkışlarından pramitsel bölümün tepesine LC bağlantıları bir bağlantı ile birleştirilmiştir. Buraya bir çıkış borusu monte edilmiştir. Bu çıkış borusu tohumlama işlemi esnasında, LC püskürtmesini yukarıya doğru yapmak için monte edilir. LC' in akış hızı çıkış borusunun boyutu ile ayarlanır.

LC tohumlama hızı tercihen 1 lb/mi<sup>2</sup> kadardır (1 lb=0.4536 kg, 1 mi=1609 m, 1mi<sup>2</sup>=2.56 km<sup>2</sup>). Gerçek uygulamalarda denemelerle sis şartlarına bağlı olarak değişmesine rağmen belirlenen tohumlama hızı ekseriya 1 lb/mi<sup>2</sup> dir. Tohumlama yönüne dik yaklaşık 1 mil kadar alanda temizlenme oluşur.

LC' nin yeni mobil olarak yerden tohumlama metodu aşırı soğuk sisi kontrol etmek için geçmişte geliştirilmiş ve tohumlamanın yüksek verimliliği ilk olarak havadan Great Salt Lake üzerinde sis tohumlaması gerçekleştirilerek tasdik edilmiştir. Tohumlama sonrası biriken kar kristalleri normal olarak araçlar tarafından dağıtıldı yada ortaya çıkan güneş ışığı tarafında buharlaştırıldı.



Missoula Uluslararası Havaalanı için deneme amaçlı soğuk sis dağıtmasıyla ilgili örnek bir uygulama çalışması aşağıda belirtilmiştir.  
([www.nawcinc.com/Missoula%20Fog%202006-2007.pdf](http://www.nawcinc.com/Missoula%20Fog%202006-2007.pdf))

- Missoula Uluslararası Havaalanı yöneticisi Cris Jensen ,Ekim 2006 yılı sonunda Kuzey Amerika Hava danışmanlarıyla (NAWC) kontak kurdu.Kurulan bu kontakta; kış süresince sis olaylarında havaalanı pist görüşünün bulut tohumlamasıyla değişip değişmediği tartışıldı.
- NAWC (North American Weather Consultants), hava meydanı personeline yardım amaçlı sis temizleme programının deneme versiyonunu kurmayı önerdi. Anlaşma sonucunda 2 sıvı karbondioksit dağıtıcısı 15 Kasım 2006' da havaalanına gönderildi.
- Deneme programı 22 Kasım 2006' da işlevsel hale getirildi.
- Program 22 Kasım 2006 'dan 28 Şubat 2007' ye kadar kullanıma kesintisiz açıldı.

Sis durumunda bir kişinin görüş mesafesinin artması, aşırı soğuk (donma noktasının altında) sislerin tohumlanmasında daha çok başarılı olur (örnek: Sıcaklıklar  $\sim 0^{\circ} C$  ' den  $-30^{\circ} C$  ' ye , $32^{\circ}$ 'den  $-22^{\circ}F$ 2 ye). Bu nedenle aşırı soğuk sis tohumlamaları dikkate alınır.

Basitçe aşırı soğuk sis dağıtım programının amacı, sis içerisinde yerleştirilen yeteri kadar buz parçacığının aşırı soğuk sis damlacığından daha hızlı yere çökmesidir. Buz partikülleri veya kar taneleri daha çok kuru buzda veya sıvılaştırılmış propanın aşırı soğuk sise karıştırılmasıyla oluşur.

Havadan ve yerden tohumlama sistemlerinin her ikisi için de uygun sistemlerin sayıları belirlenir. Yer tabanlı bir istasyonun sis dağıtım sistemi için gerekli cihazlar, uçak veya taşınır(hareketli) yer istasyonlarından daha pahalıdır, çünkü sürekli kullanılan çeşitli cihazların kurulmasına ihtiyaç vardır. Yer tabanlı taşınır aşırı soğuk sis dağıtım sistemleri çok uygun maliyetlidir. Yer tabanlı sistemler sığ sisleri dağıtmada kullanıldığında oldukça etkilidir ve bu durumlarda daha çok kullanılmaktadır (700m' den daha az kalınlıktaki sisler için). Oysa 700m' den daha kalın sis varsa, sisin içerisindeki dikey mesafede sis dağıtmada çok etkili değildir.

NAWC, 8-9 kasımda, meydandaki toplantıdan önce Missoula Uluslar arası Havaalanında sis klimatolojisi için çok detay içermeyen bilgileri toplamıştır. Missoula Havaalanında 2000-2001, 2004-2005 ve 2005-2006 dönemlerinin Ekim ayında Nisan ayına kadar olan periyottaki 3 kış mevsimine ait kayıtlarla çalışılmıştır. Özellikle havaalanında görüş mesafesinin 1mil' e eşit veya daha küçük olduğu hava şartları alınmıştır. 3 kış mevsimi datası, 6 şar saatlik sürelerle ayrılmıştır:00-06, 06-12, 12-18, 18-24.

Missoula Uluslararası Havaalanı, yüksekliğin yaklaşık 3200 feet MSL (Mean Sea Level) olduğu dar dağ vadisinde yer almaktadır. Olası 3 tohumlama dağıtım seçeneği başlangıçta dikkate alınır: 1- Sabit yer tabanlı dağıtıcı, 2- Mobil(hareketli) yer tabanlı dağıtıcı, 3- Uçak dağıtıcıları. Sis mevsimi yakın olduğu için henüz sis başlamadan, taşınır yer tabanlı sis dağıtıcıların dikkate alınması tavsiye edilir. Böyle bir örnek çalışma, havaalanının pistin sonuna doğru( batıda, inişe yaklaşma noktasında) yolun yoğunluğu dikkate alınarak yapılabilir.

İkinci olumlu yaklaşım olarak da sis olaylarıyla birlikte hafiften sakine doğru rüzgarın olmasıdır. Sis olayları süresince kuvvetli rüzgar varsa, tohumlamayla oluşan buz kristallerinin gelişmesi için ve tohumlama malzemelerinin serbest kalması için daha çok yukarı doğru rüzgar hareketine ihtiyaç duyulur ve oluşan buz kristalleri kar taneleri şeklinde yeterli büyüklüğe ulaşarak yere düşer.Böylece sis formunda bulut damlacıkları hareket eder ve görüş daha iyi hale gelir.

Tohumlama aracı türünün kullanımıyla ilgili gerekli olan bilgiler verildi. Serbest bırakılan sıkıştırılmış sıvı olarak gümüş iyodür(AgI) kullanımı tercih edildi. Çünkü sıkıştırılmış sıvılar 30° F ve altında etkili olabiliyorlardı. Oysa gümüş iyodür sadece 23° F altındaki sıcaklıklarda etkilidir. Bu noktaya dikkat edilmesi gerekir. İki tip sıkıştırılmış sıvı bu durumda dikkate alındı. Bu sıvılar da propan ve karbon dioksittir. Sıvı propan sis temizleme işlemlerinde Washington Fairchild Air Force' da yıllarca dikkate alınıp kullanıldı. Sabit dağıtıcı siteleri bu programı kullandı. Sıvı propanın yanabilirlik (yanıcı etkisi nedeniyle) sorunundan duyulan bazı endişeler nedeniyle, bunun yerine sıvı CO<sub>2</sub> tavsiye edildi(sıvı CO<sub>2</sub> atmosferde yaygın bir yanabilir madde değildir). NAWC sis temizlemek için ilk olarak Utah' da Kennecott bakır madeninde, deneme amaçlı sıvı CO<sub>2</sub> ' i kullandı.

NAWC, Missoula' ya tohumlama testlerinde kullanılması için oldukça basit 2 dağıtım ünitesi gönderdi. Figür 1' de bu ünitelerin fotoğrafları görülmektedir. Her bir dağıtıcı iki sıvı CO<sub>2</sub> silindiri şeklinde dizayn edilmiştir. Her bir silindir 50 pound CO<sub>2</sub> ağırlığındadır. İki silindir birlikte dizayn edilmiştir. Silindirlerde, alttan geçen sifon şeklinde borular yer almaktadır. Bu sifon borular spray şeklindeki bir hortum vasıtasıyla 10 foot' luk direkt etkiyle sıvı CO<sub>2</sub> 'nin çıkışına imkan verirler. Sıvı CO<sub>2</sub> çıkışı spray başlığından çıkan havanın soğuma etkisiyle sonuçlanır. Sıcaklıklar, ~ sıvı CO<sub>2</sub> 12 inch çapında ve 36 inch uzunluğunda koni şeklindeki bir havada ~-110° F' a indirilmiştir. NAWC, 5 farklı ölçüdeki spray başlığını hava meydanı personeline temin etti. Daha büyük ölçüdeki spray başlıklarında, küçük başlıklara nazaran birim zaman başına daha fazla sıvı CO<sub>2</sub> 'yi sebes bırakır. NAWC, 5 farklı spray başlığıyla serbest kalan sıvı CO<sub>2</sub> miktarının testini yaptı. Bu datalar Çizelge 1'de görülmektedir.



Şekil:1- Sıvı Karbon Dioksit Dağıtım Sistemi Üniteleri

Hortum Hacmi	Ağız(inc)	Serbes Kalan Oran CO <sub>2</sub> (lb/hr)
#1	.020	20.8
#2	.028	34.4
#3	.034	52.8
#4	.041	70.0
#5	.044	94.8

Çizelge: 2- 15 Dakikalık Test Sonuçlarına Göre Farklı Spray Başlıklarından Serbest Kalan Sıvı Karbon Dioksit Miktarı.

Çizelge: 2 bilgisi galon başına ~8.5 pound ağırlığında sıvı CO<sub>2</sub> bilgisini verir. Bu da birleştirilmiş şekilde olan iki silindirin sürekli sıvı CO<sub>2</sub> kullanarak, bitene kadar ne kadar süre dayandığını ve bu sürede de ne kadar sıvı CO<sub>2</sub> kullanıldığı bilgisini verir. Örneğin; 3 numaralı spray başlığı ikili silindir olarak en çok 1.9 saat kullanılır (100/52.8=1.9 saat).

NAWC, hava modifikasyonu izni için Montana Doğal Kaynaklar ve Koruma Bölümüyle kontak kurmuştur. Montana Doğal kaynaklar bölümünde devlette hava modifikasyonu kullanımını düzenleyen kanunlar vardır (#85-3-101'den 4012 kadar, MCA). Montana Doğal kaynaklar bölümünden Paul Azevedo ile yapılan görüşmeler sonucunda, sis temizleme işlemlerinde bu kanundaki izin ve lisans gerekliliğinden muaf olma durumu ortaya çıkmıştır.

Ulusal Oşinografi ve Atmosferik İdaredeki diğer federal düzenlemeler: 1- Planlanan hava modifikasyonu aktivitelerinin ilk raporu, 2- Birinci yılın sonunda ara bir rapor, 3- Programın bitişini takiben son bir rapor şeklinde 3 aşamalı olup, NAWC bu düzenlemelere uymuştur.

NAWC, sisin meydana geldiği durumda düşük görüş mesafesi nedeniyle bunu hemen harekete geçirebilecek, olaya hemen müdahale edebilecek sıvı CO<sub>2</sub> dağıtıcısıyla donatılmış 1 veya 2 havaalanı taşıtının olmasını tavsiye etmektedir.

Sisin meydana gelme şartları olarak da;

- 1- Sıcaklıklar 30° F' dan küçük veya eşit,
- 2- Herhangi bir (kar, yağmur) yağış olmadan,
- 3- Sakin veya hafif rüzgar şartları aranmaktadır.

İlaveten, işlemler sis süresince, belirlenmiş havaalanı personeline yürütülebilmelidir.

Bir veya birden fazla araç uçak pistinin sonuna doğru batı kesimindeki yolda sıvı CO<sub>2</sub> ' i dağıtmak için hareket ettirilecek. Sis dağıtma işlemleri kadar, uçak iniş/kalkışlarına zarar vermemesi amacıyla görüşü daha fazla düşürmeden sis dağılmaya başlayana kadar sürekli olarak devam edebilecektir. Tohumlama zamanı bilgileri, tohumlama yerleri, spray başlığı ölçüleri ve gözlenen tohumlama etkilerinin düzgün bir şekilde ifade edilmesi ile günlük tohumlama aktiviteleri hakkındaki bilgiler çok daha iyi bilinecektir.

22 Kasım 2006' da bu program kullanılmaya başlandı. Sis temizleme işlemleri 5 gün için ve bu 5 günü farklı zamanlarında yürütüldü.

İşlemlerin başarısının tespiti, biraz subjektiftir. Çünkü havaalanı personeli bu işlemler süresince başarılı olmasına rağmen, sisin temizlendiği bir hol boyunca trafik akışına izin verilmiştir.

NAWC, Aralık ayının sonunda Utah Üniversitesince sis tohumlama tekniğinin geliştirilmesine yönelik patentin bir nüshasını tesadüfen buldu. Bu patent (#568455) yatay bir hat boyunca yerde sis içinde hareket eden bir araçla sıvı CO<sub>2</sub> girişi ve karıştırılmasıyla aşırı soğuk sisin azaltılmasına yönelik cihaz ve metodu içerir ve patent nosu #568455' tir. NAWC, bu patentin kullanılabilmesi için Teknoloji Ticaretleştirme Ofisi, Utah Üniversitesi Araştırma kurumuyla temas kurdu.

Hareketli cihazlarla Missoula Uluslararası Havaalanının sonundaki bitişik yoldan aşırı soğuk sise sıvı CO<sub>2</sub> verilirse pist görüşünün artabileceği sonucunu saptamak için bu deneme programı dizayn edilmiş ve uygulanmıştır. Program, bu havaalanında soğuk sisin (<30° F) , hafiften sakine doğru olan rüzgar özelliği dikkate alınarak bir deneme versiyonu şeklinde uygulanmıştır. Bu şartlar sis şüphesi olan alanlardaki sisi tohumlama yaparak temizlemeyi hedeflemektedir. Program 22 Kasım 2006' da kullanıma hazır hale geldi ve 28 Şubat 2007' de bütün hazırlıklar bitirilip program kullanıldı. Havaalanı aracı sıvı CO<sub>2</sub> dağıtıcısıyla donatıldı. Tohumlama işlemleri 5 farklı günün farklı zamanlarında yürütüldü. Havaalanı personeli bu zamanlardaki sis temizleme olayına dikkat etti. Çalışmalar sonucunda "Hava meydanında doğru şartlar verilirse tohumlama teknolojisi etkili olabilecektir" kanısına varılmıştır. Verilen doğru şartlar (sıcaklıkların 30° F ' den daha düşük ve yağış olmaması) dahilinde Kasım ayından Şubat ayına kadar görüşün, zamanın yaklaşık % 70-75' inde 1 mil' den daha düşük olabileceği bulunmuştur.

2007-2008 kış mevsiminde bu programın devam etmesi tavsiye edildi. İlaveten bir tavsiye de ilk örnek, sabit bir yerdeki sıvı CO<sub>2</sub> dağıtıcısı yaz boyunca geliştirilebilir ve daha sonra 2007-2008 kış mevsiminde test edilir. Geçen kış kullanılan deneme versiyonunun hareketli tohumlama metodu için yoğun emek gerektirdiğinin bilinmesi gerekir. Planlanan örnek ünite ise uzaktan kumandalı (elektrik gücüne ihtiyaç duymayan) olacaktır. Bu örnek test başarılı olursa, o zaman gelecek kış mevsimlerinde test edilip işletilebilecek ve kurulabilecektir. Emek gerektiren hareketli dağıtıcıların program dizaynları da ihmal edilecek ve belki de kullanılmayacaktır. Hatta bir software programı kullanılacak, bu olası uzaktan kumanda üniteleri ASOS hava gözlem sitesinden alınan gözlemleri "Smart hale" (kendi kendine analiz ve rapor veren) gelebilecektir. Bu bölüm, gerçek kritere rastlandığında programlanmaya açılır. Örneğin: Bu ünitenin açılabilmesi için aşağıdaki tüm şartlara rastlanması gerekir:

- Görüş  $\leq \frac{1}{2}$  mil
- Ter sıcaklığı  $\leq 30^{\circ}$  F
- Ye rüzgarları ya da sakine veya bir yönden esmeli ki tohumlama miktarını (sıvı CO<sub>2</sub> miktarını) ilgili alanlara taşıyabilsin.

Aynı şekilde ünite, bu şartlara uzun bir süre rastlanmazsa kapanır.

Yukarıda verilen örnek çalışma Haziran 2007 yılında basılmıştır. Tarihinin günümüze yakın olması nedeniyle en son kullanılan metodun ne olduğu hakkında kısaca bilgi vermektedir.

Buradan şöyle bir sonuç çıkarabiliriz: Yapılan doküman taramaları sonucunda sis temizleme ile ilgili net bir bilgi elde edilmemesine rağmen; sis temizlemeye yönelik bir metod ya da programın kullanılabilmesi için resmi patenti olan programın uygulanması gerekmektedir.

#### 2.1.4.2 SICAK SİSİN DAĞITILMASI

Havaalanlarındaki sıcak sisin dağıtılma operasyonları soğuk sisten daha önemlidir. Çünkü, dünyanın işlek havaalanlarında düşük görüş uzunluklu saatlerin büyük bir kısmı

donma sıcaklığı üzerinde oluşmaktadır. Laboratuvar testlerinde görüş uzunluğu artırılması kuru tuz gibi iri higroskopik çekirdeklerle tohumlanarak başarılabildiği gösterilmiştir. Birkaç alanda test usulleri de gerçekleştirilmiştir ( Silverman ve Kunkel, 1970; Reisin et al., 1996). 1940lı yıllarda hava alanlarındaki sisi çok miktarda yakıt yakılarak oluşturulan ısı yardımıyla buharlaştırma tekniği kullanıldığından bahsetmiştik ( Dssen,1970). Bu operasyon Sisi İnceleme ve Dağıtma Operasyonu (SİDO) olarak bilinir. SİDO çerçevesinde uçak türbinleri yüzey havasını ısıtmak için kullanılmıştır. Onlar 500°C nin üzerindeki sıcaklıktaki sıcak kuru havayı sis içine püskürtmüşlerdir. Bu metot Paris Orly havaalanındaki sıcak sise 1970lerde başarıyla uygulanmış, işlemten sonra görüş 150m den 800m ye çıkmıştır ( Katchurin,1990; Dennis,1983).

Soğuk sis şartlarında bu uygulama metodu sisi temizlemek yerine sisin kalınlaşmasına yol açabilir. Bu kalınlaşma, türbinlerden çıkan sıcak hava akışında bulunan su buharının çevredeki soğuk hava ile karışırken soğuyup yoğunlaşmasının bir sonucudur.

Kurulma ve işletimin oldukça pahalı olması ve yeni sis adveksiyonu ile mücadele etmenin çok kere mümkün olmayışı bu sistemin terk edilmesine yol açmıştır. Otomatik iniş sistemlerinin planlanması sis dağıtımı yapılmasını yakın zamanda gereksiz kılacaktır.

Suni ısıtmanın diğer bir metodu hedef alandaki (örneğin, piste) sisli havayı soğuran sıkıştırıcıların bir sistemini yerleştirmektir (Katchurin, 1990). Bu sayede sisli havanın çökmesi sağlanır, çöken hava ısınır ve damlacıklar buharlaşır. Eğer sisin sıvı su içeriği yükseklikle azalıyor ise sadece bu teknik etkin olarak uygulanabilir. Aksi durumda bu metodun uygulamaları, yüzey yakınlarındaki sisin güçlenmesi gibi, zıt etkilere sahiptir.

ABD’de sisin tepesi yüzeyinde helikopterlerin yavaş uçarak sıcak kuru havayı sis içine karıştırmasıyla gerçekleştirilen bir metodun kısmı başarısı rapor edilmiştir (Plank,1969; Spatola,1969). Sis içine yukardan motorların hareketiyle girmeye zorlanan havanın karıştığı yerlerde nem düşer ve sis damlacıkları buharlaşır. Testler Florida ve Virjinya’da gerçekleştirilmiş ve her iki yerde de helikopterin etkilediği hava temizlenmiştir.

Diğer bir metot polielektrolitlerle tohumlamayı kapsar. Polielektrolitlerin damlacıklar üzerinde elektrik yüklerinin gelişmesine sebep olmasıyla bu durumun birleşmeyi hızlandırması ve sonuçta düşmesi beklenir ( Osmun, 1969).

Yüksek frekanslı titreşimlerin (ultrasound) kullanımının denenmesi, lazer ışınlarıyla ısıtma, radyatif özelliklerini değiştirmek için siyah karbonla tohumlama, bu konudaki diğer tekniklerdir (Katchurin, 1990).

## 2.2 YÖNTEM

### 2.2.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN METEOROLOJİK ELEMANLARIN TANIMLARI

Çalışmada değerlendirilen çeşitli meteorolojik elemanların tanımlarına ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir. ( DMİ Yayınları, Havacılık Meteorolojisi )

**Rasat (Gözlem – Observation) :** Meteorolojik olay ve parametrelerin günün belirli zamanlarında ölçülmesi ve değerlendirilmesi. Rasat tipleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılır;

**Havacılık Maksatlı Rasat :** Kullanıcıların ihtiyacına göre, meteoroloji ve havacılık otoritelerinin (uluslararası ve milli) belirleyeceği usul ve esaslar çerçevesinde yapılan ölçüm ve gözlemlerdir. Havacılık maksatlı rasatlar UTC olarak;

Uluslararası meydanlarda her yarım saatte bir, Ulusal ve askeri meydanlarda her saatte bir ve Gün doğumu, gün batımı saatleri arasında çalışan meydanlarda ise, sadece uçuş saatlerini kapsayacak şekilde (METAR) yapılır.

**Pist :** Uçağın kalkış ve inişi için hazırlanmış olan belirli dikdörtgen alandır.

## Görüş Mesafesi (Rüyet)

1) Meteoroloji personeli, yatay görüş mesafesi ile ilgilenir. Yatay görüş mesafesi, gözlem noktası ile referans alınan noktalar arasındaki mesafeler dikkate alınarak ölçülür.

Belirli bir karaktere sahip bir cismin çıplak gözle görülüp teşhis edilebileceği veya gece rasatlarında, genel aydınlatma gün ışığı seviyesine çıkarılmış olsaydı, aynı cismin görülüp teşhis edilebileceği en uzak mesafeye “**Görüş Mesafesi**” veya “**Rüyet**” denir.

Havacılık amaçlı yapılan gözlem (METAR, SPECI) ve tahminlerde (TREND, TAF, TAF AMD) “**Hakim Rüyet**” değeri kullanılır. Hakim Rüyet; havaalanı yüzeyinin en az yarısı veya daha fazlasında etkili olan, “görüş mesafesi” tanımına uygun olarak rasat edilen rüyet değeridir. Hakim Rüyetin görüldüğü alanlar bitişik veya bitişik olmayan sektörleri kapsayabilir.

2) Rüyetin azalmasına aşağıdaki olaylar neden olur ;

Yağış

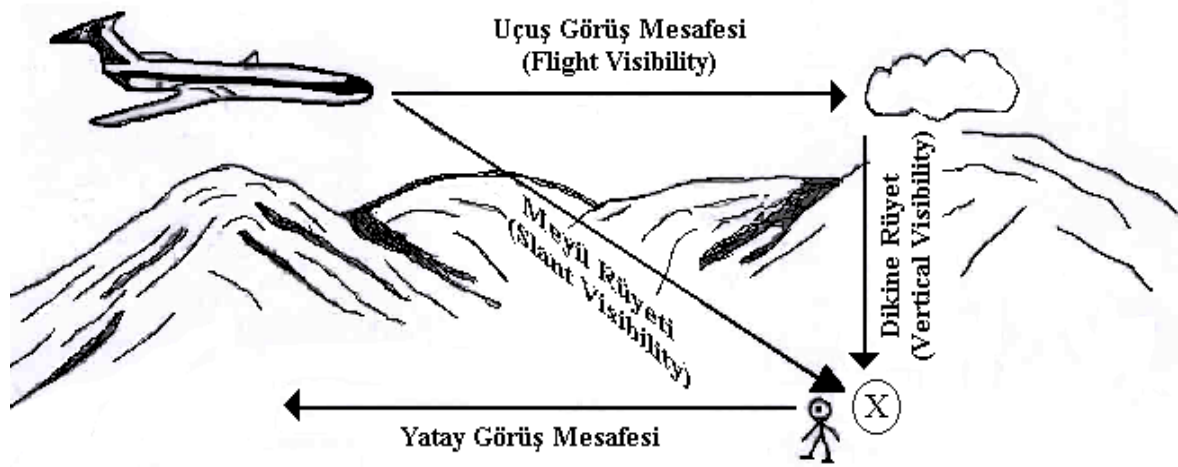
Sis ve Pus

Toz, Kum Fırtınası

Hava Kirliliği

3) Uçuş Görüş Mesafesi (Flight Visibility) : Uçuş halindeki bir uçağın pilot kabininden (cockpit) ileriye doğru görülebilen ortalama mesafe olarak tanımlanır. Bulutların çoğunda (bulut içi) uçuş görüş mesafesi düşüktür. Bulut, sis ve yağış dışında ise genellikle iyidir ki, toz, duman, pus vs. hariç.

4) Normal meteorolojik ölçümler, yer seviyesinde ve yatay olarak yapılır. Ölçülen bu değerler, yerden yukarı noktalardan belirlenen rüyet hususunda tatmin edici bilgi vermez.



Şekil : 2 Rüyetle İlgili Tanımların Şekil Üzerinde Gösterimi

Yaklaşma ve iniş esnasında, pilot için “Meyil Rüyeti” (Slant Visibility) önem arz eder. 30 metre yükseklikte, havadan yere doğru görüş mesafesi (meyil rüyeti), yer seviyesindeki yatay görüş mesafesinden çok fazla olabilir. Eğer alçak bulutlar mevcutsa, bu bulutlar nedeniyle meyil rüyeti, yerdeki meteorolojik rüyetten daha az olabilir. Bu nedenle, bu iki değerlendirmenin (meteorolojik rüyet ve meyil rüyeti) tamamen birbirinden farklı olduğu dikkate alınmalıdır. (Şekil : 2)

5) Minimum (meteorolojik) görüş mesafesinde iniş ve kalkış yapılması havaalanındaki imkânlar (pist durumu, pist ışıklandırması ve seyrüsefer kolaylıkları vs.) ile uçağın sahip olduğu seyrüsefer cihazlarına bağlıdır. Zira, modern uçaklar normal olarak çok düşük görüş mesafesinde dahi, mükemmel cihazlarla teçhiz edilmiş bir havaalanına iniş ve kalkış

yapabilecek kapasiteye sahiptir. Buna rağmen, düşük veya çok düşük görüş mesafesi ve bulut taban yüksekliği nedeni ile kalkış ve inişlerini tehlikeli etmek zorunda kalan pek çok uçak vardır.

Görüş mesafesi ve bulut tabanı, bir havaalanının hava trafik akışını büyük oranda etkiler. İyi havalarda hava trafik kontrolü ve meydan hizmetlerinin daha kolay yapıldığı ve daha çok kalkış ve inişin gerçekleştirildiği bilinen bir husustur. Büyük havaalanlarında, hava şartları nedeniyle olabilecek aksamlarda dikkate alınan sınır aşıldığında, büyük problemler ve karışıklıklar ortaya çıkar, tüm uçuşların ve holdinglerin yeniden düzenlenmesi, programlanması gündeme gelir.

**Hakim Rüyet :** Havaalanı yüzeyinin en az yarısı veya daha fazlasında etkili olan, “görüş mesafesi” tanımına uygun olarak rasat edilen rüyet değeridir. Hakim Rüyetin görüldüğü alanlar bitişik veya bitişik olmayan sektörleri kapsayabilir. Bu değer ya insan gözlemi veya elektronik sistemlerle değerlendirilebilir. Elektronik sistemler kurulduğunda, bunlar hakim rüyetin en iyi tahminini elde etmede kullanılır.

**Pist Görüş Mesafesi (RVR) :** Uçağın pist orta çizgisi üzerinde iken, pilotun pist orta çizgisini gösteren ışıkları veya yüzey işaretlerini görebildiği mesafedir.

**Transmissometer :** İki nokta arasındaki atmosferik şartları değerlendirerek doğrudan görüş mesafesi ölçümü yapan sistemdir.

**ILS Yaklaşması Kategorileri:**

**ILS; Aletli İniş Sistemi (Instrument Landing System ) :** Bulut tavanının düşük, görüş ve diğer meteorolojik faktörlerin kötü olduğu durumlarda uçağın piste elektronik cihazlarla emniyetli olarak iniş, diğer zamanlarda ise emniyet yanında konforlu yaklaşma içinde tercih edilir.

Karar Yüksekliği ( DH / Decision Height) ve pist görüş mesafesi (RVR / Runway Visual Range) açısından 3 tip ILS yaklaşması bulunur.

CAT I : DH  $\geq$ 60m (200ft) Visibility  $\geq$  800m veya RVR  $\geq$  550m

CAT II : 60m (200ft) > DH  $\geq$  30m (100ft) RVR  $\geq$ 350m

CAT III a : DH <30m (100ft) RVR  $\geq$ (200m)

CAT III b : DH <15m (50ft) 200m > RVR  $\geq$  50m

CAT III c : DH Minimum yok RVR Minimum yok

Bu değerler ICAO Doc 9365 Manuel Of All-Weather Operations’ dan alınmıştır.

Esenboğa Hava Limanı ; 03R ve 21L ile 03L ve 21R pistleri için ILS tesis edilmiş olup, CAT I ve CAT II statüsünde hassas yaklaşma usulleri ile hizmet sağlanmaktadır.

**Kategori (CAT) I pistler için;** iki transmissometer

**Kategori (CAT) II pistler için;**

- Pist uzunluğu 2400 metreden az ise, iki transmissometer

- Pist uzunluğu 2400 metreden fazla ise, üç transmissometer

**Kategori (CAT) III pistler için;** üç transmissometer.

ILS sisteminin bir havaalanına tesis edilebilmesi için havaalanı civarının topoğrafik yapısının uygun olması, gerek ILS sisteminden yeterli kalitede sinyal elde edilebilmesi, gerekse piste uygun açıda direk yaklaşma yapılabilmesi açısından önemlidir. Havaalanı civarındaki arazi yapısının uygun olması halinde ancak, ILS sistemi tesis edilerek fayda sağlanabilir.

**QNH :** Havaalanındaki hava basınç değerinin (QFE), ICAO Standart Atmosferine göre ortalama deniz seviyesine indirilmesi sonucu bulunan değere “QNH” değeri denir.

Havaalanındaki hava basıncı (QFE) ortalama deniz seviyesine göre düşüktür. Altimetre QNH değerine ayarlandığında uçağın irtifasını gösterir.

### 2.2.2 SİS ETÜDÜ

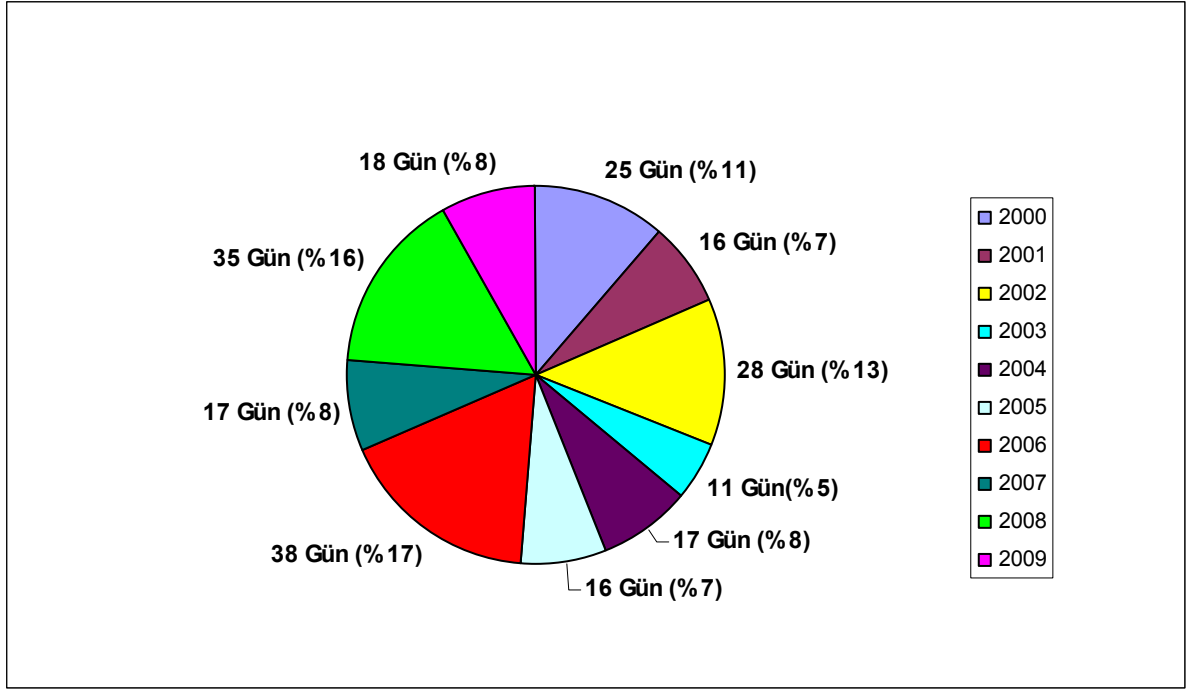
Bu çalışmada görüş mesafesinin daralmasına sebep olan sis olayı RAOB, SPSS ve Excel paket programları yardımıyla analiz edilerek tablo ve grafikler elde edilmiş ve etüd çalışması tamamlanmıştır. Çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü gözlem ağı içerisinde yer alan Esenboğa Havalimanı Meydan Meteoroloji gözlem istasyonunun 2000 ile 2009 yıllarını kapsayan 10 yıllık periyotta yarım saatte bir yaptığı Metar rasatları ve son iki yıllık (2008-2009) SPECI rasatlarındaki sis olayları değerlendirilmiştir. Etüd yapılırken, ilk olarak Esenboğa Hava Limanı sisli günlerin dağılımı yapılmış, ardından oluşan bu sislerin sıcaklık aralıklarına (soğuk sis – sıcak sis), oluşum şekillerine ve son olarak da sisi etkileyen meteorolojik parametrelere göre dağılımları incelenmiştir.

### 3. BULGULAR

Esenboğa Hava Limanı'nda tespit edilen toplam sisli gün sayısı on yıllık periyot içerisindeki gün sayısının %6' sına tekabül etmektedir. Bu oran sis sezonunda ise (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat) %13'e karşılık gelmektedir. On yıllık periyot içerisinde meydana gelen saatlik sis gözlemlerinin (1080 saat) %51'i (550 saat) RVR<350 M' ve altında yoğun sis olarak kaydedilmiştir.

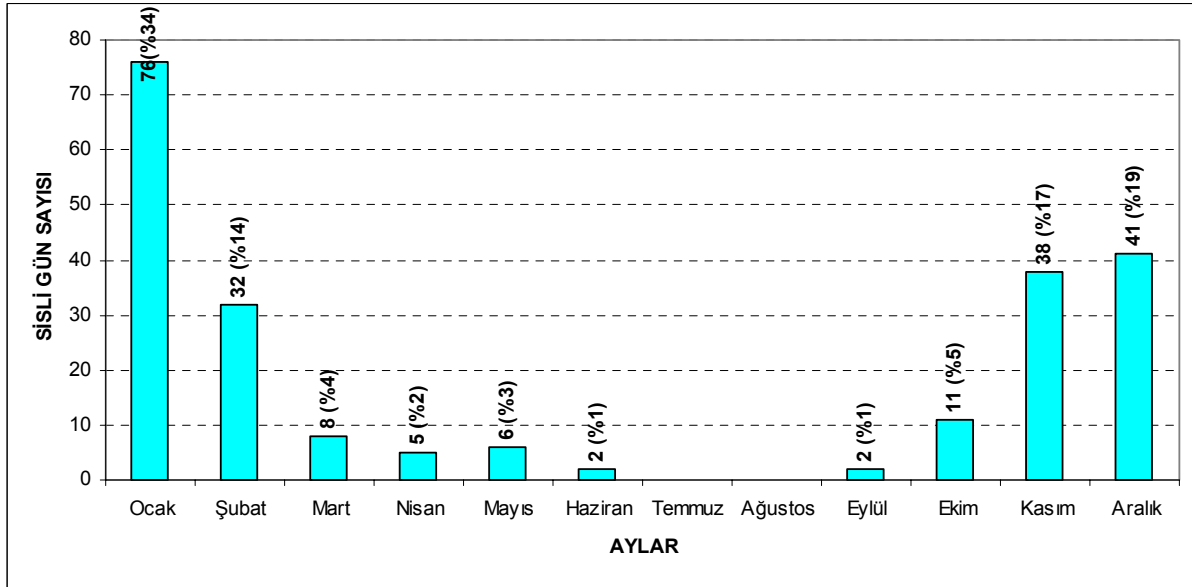
Grafik:8' de görüldüğü üzere RVR<350m olduğu sis durumları hiç de az değildir. RVR<350m olan durum Ocak ayında görülen sis gözlemlerinin %52' i, Şubat ayında görülen sis gözlemlerinin %63' ü, Kasım ayında görülen sis gözlemlerinin %47' si ve Aralık ayında görülen sis gözlemlerinin %53 'ü Pist görüş mesafesinin 350 metre'nin altında görülmektedir. On yıllık periyotta meydana gelen en uzun süreli sis 24 Kasım 2007 tarihinde 2320 UTC 'de başlamış ve 20 saati yoğun sis olmak üzere (RVR=<350 M ) 34 saat devam etmiştir.





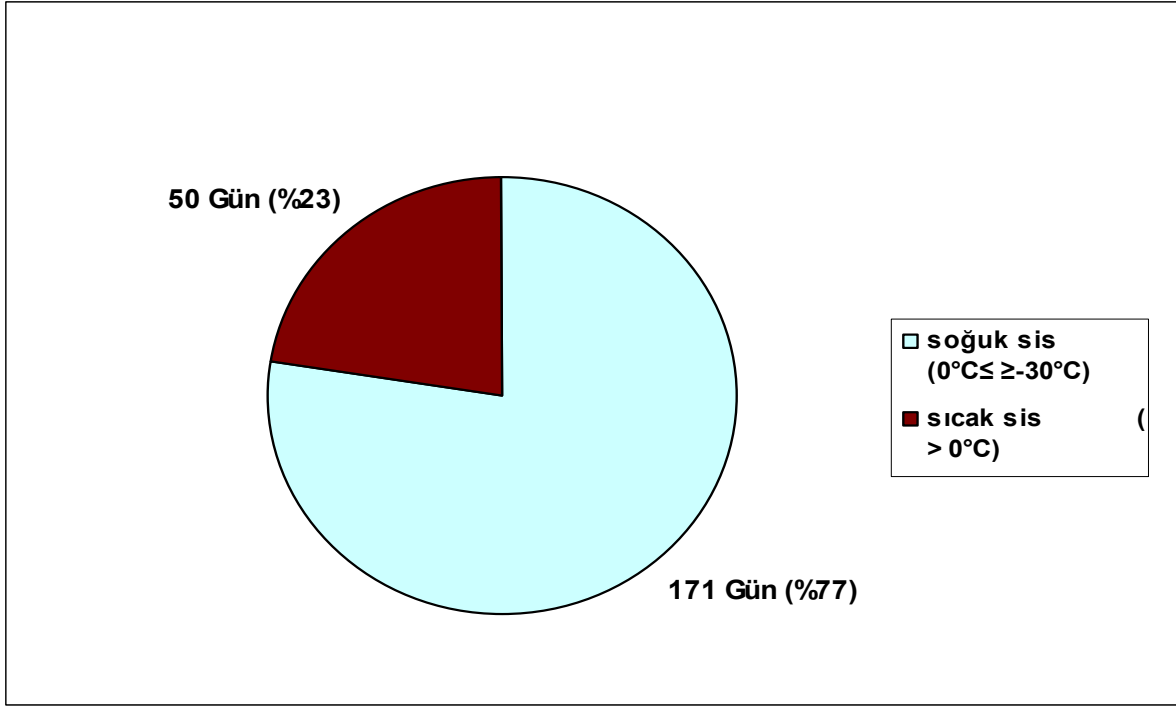
Grafik-1 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 arası yıllara göre toplam sisli gün sayısı dağılımı.

10 yıllık periyotta toplam sisli gün sayısı 221 gün olarak tespit edilmiştir. 2006 yılı sis açısından daha yoğun bir yıl olarak karşımıza çıkmaktadır (Bkz Grafik:1).



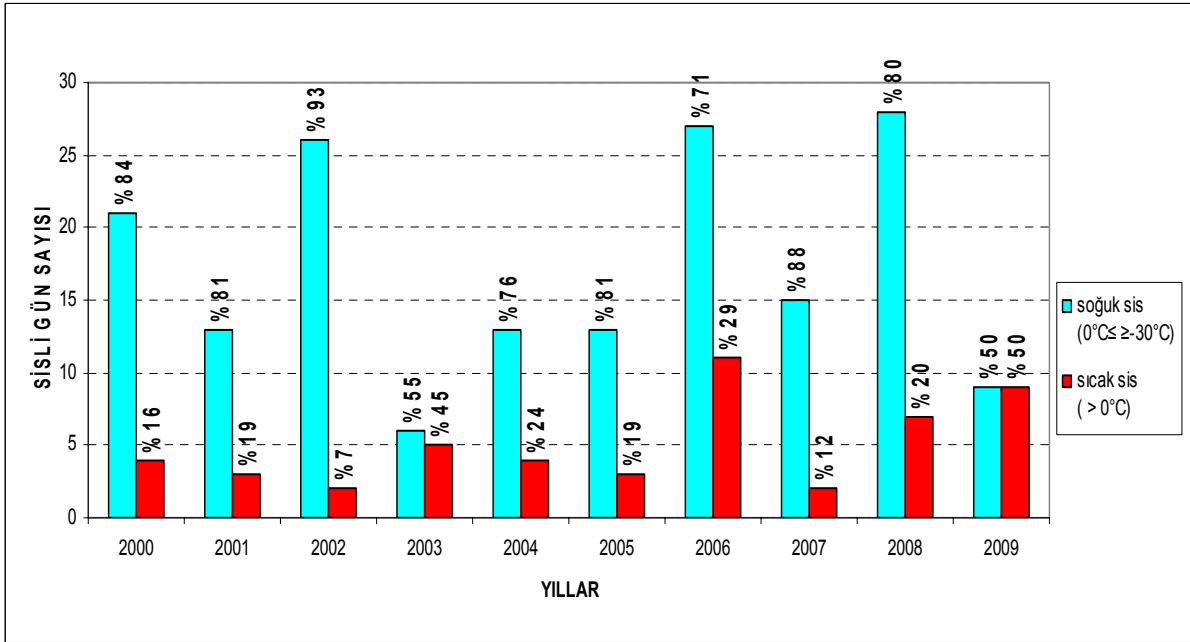
Grafik-2 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları aylara göre sisli gün sayısı dağılımı.

Esenboğa Havalimanı'nda meydana gelen sislerin büyük bir bölümü (%89) Ekim,Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarını kapsayan 5 aylık periyotta olmaktadır. Bu periyodu Esenboğa Havalimanı'nın sisli sezonu olarak kabul edebiliriz. Bundan sonra kullanacağımız sis sezonu tabirinden bu 5 aylık periyodu kastedeceğiz. Bu sis sezonunda en fazla sisin meydana geldiği ay olarak da Ocak ayı belirgin olarak ön plana çıkmaktadır (Bkz Grafik:2).



Grafik-3 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 arası sisli günlerin sıcaklık aralıklarına göre dağılımı.

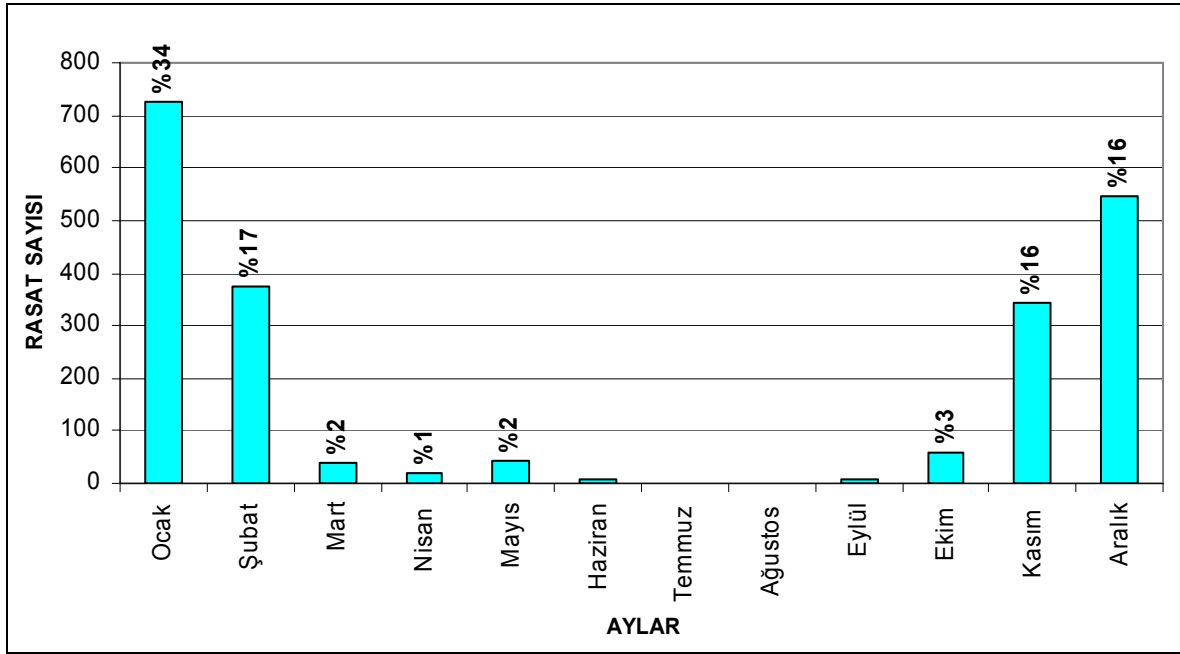
10 yıllık periyotta sıcaklığa göre sis çeşitleri ( soğuk sis – sıcak sis ) belirlenmiştir. Bu grafik incelendiğinde meydana gelen sislerin %77 ‘si soğuk sis (donan sis) , %23 ‘de sıcak sis olarak görülmektedir (Bkz Grafik: 3).



Grafik-4 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları çeşitlerine göre sisli günlerin yıllara göre dağılımı.

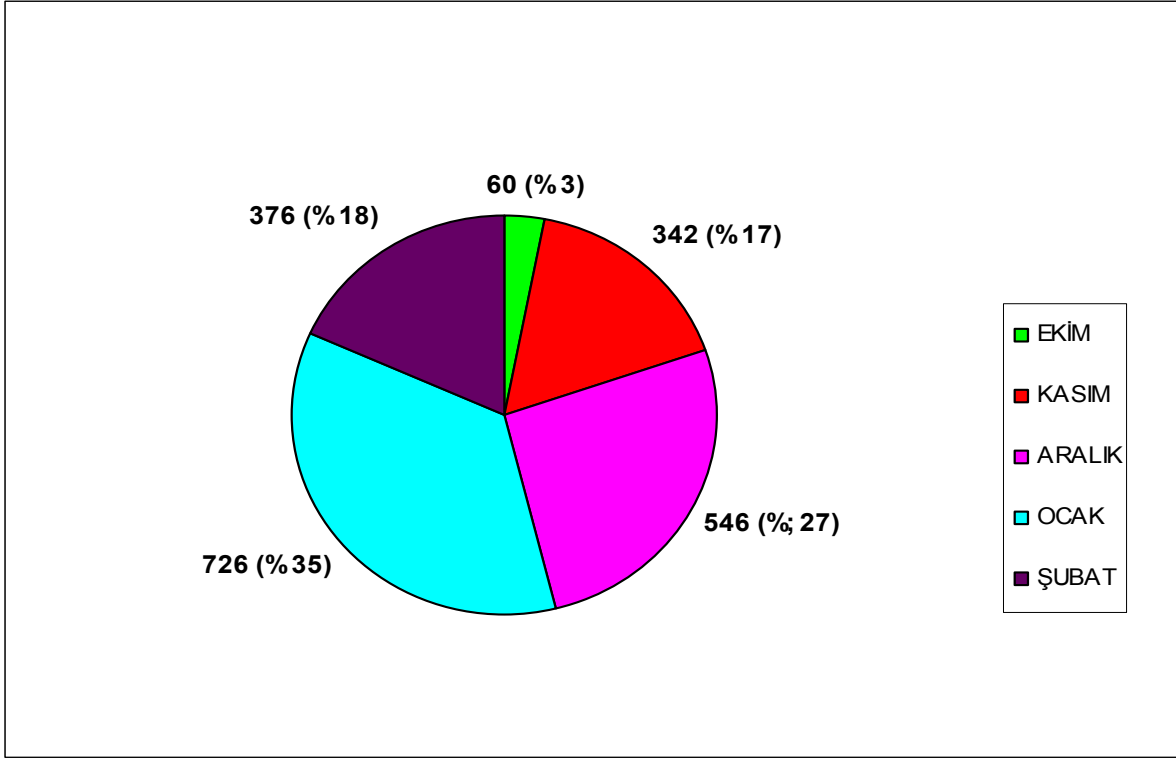
Grafik:4 ' de Esenboğa Havalimanında çeşitlerine göre sisli gün sayısının yıllara göre dağılımı görülmektedir. Grafikte sütunlar üzerinde yer alan yüzdelik dilimler yıl içindeki sisli gün sayısının sis çeşidine göre yüzdesini göstermektedir.

Çalışmamızın şimdiye kadar olan kısmında, öncelikle Esenboğa Havalimanında 2000-2009 yıllarını kapsayan periyotta sisli günlerin dağılımı ve bu sislerin sıcaklığa göre çeşitleri tespit edilmiştir. Bundan sonra çalışma periyodu olan on yıllık süreçte, kaydedilen saatlik sis gözlemlerinin detaylı etüdü yapılmıştır.

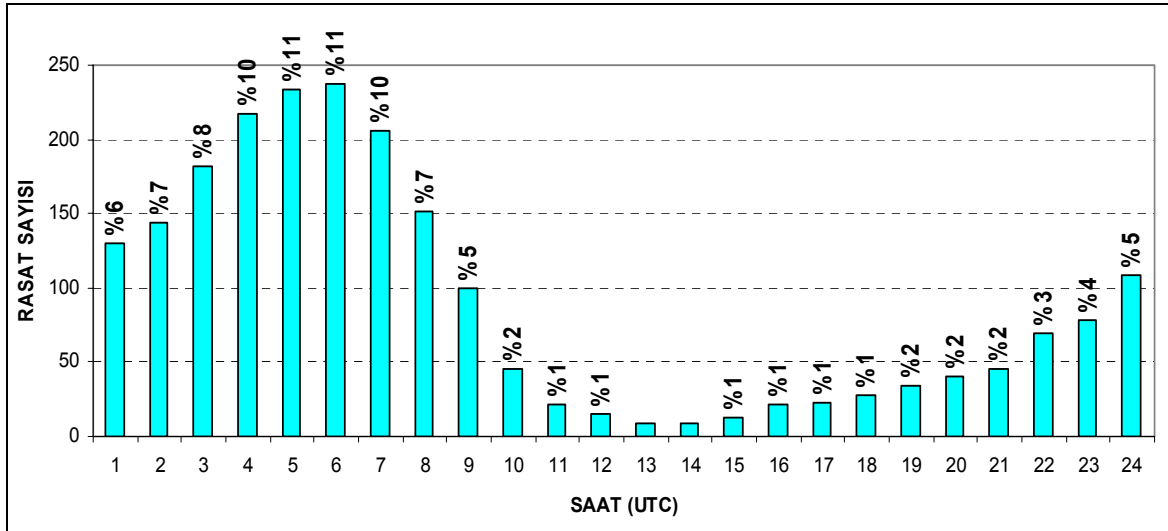


Grafik-5 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 arası saatlik sis gözlemlerinin aylara göre dağılımı.

2000-2009 yılları arasındaki saatlik sis gözlemlerinin periyot içerisindeki aylık dağılımı görülmektedir (Bkz Grafik:5). Yıl içerisindeki saatlik sis gözlemlerinin %50'si Aralık ve Ocak aylarında kaydedilmiştir.



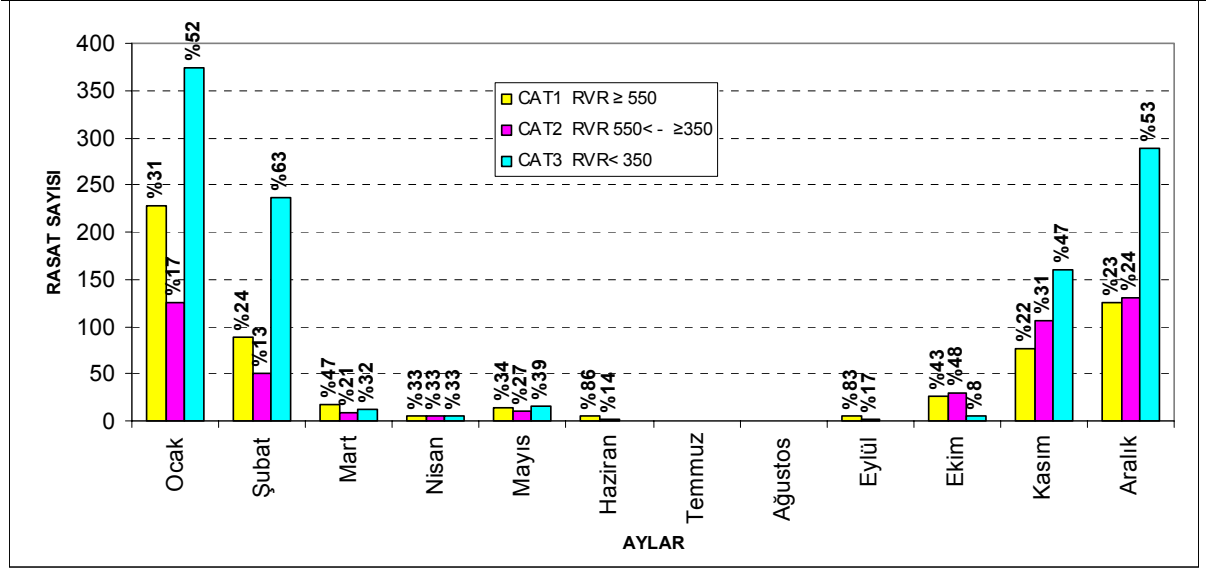
Grafik-6 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 arası sis sezonunda saatlik sis gözlemlerinin aylara göre dağılımı.



Grafik-7 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları saatlik sis gözlemlerinin saatlere göre dağılımı.

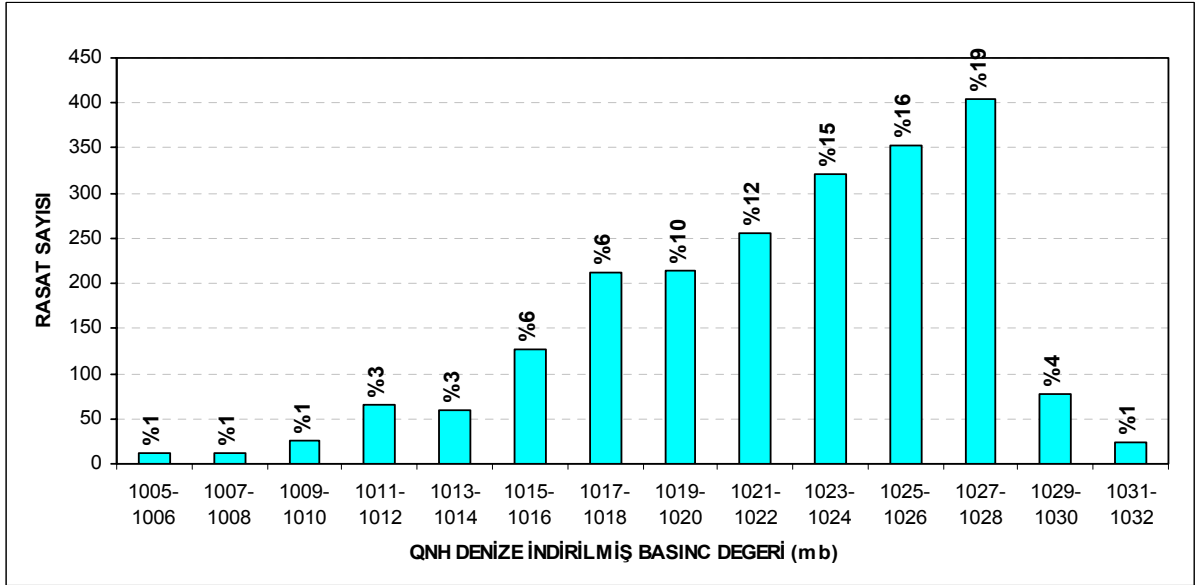
2000-2009 yılları arasında meydana gelen sislerin büyük bölümünün 22 UTC ile 09 UTC arasında olduğu görülmektedir (Bkz Grafik:7). Sislerin 3 ila 8 UTC arasında çoğunlukta görülmesi radyasyon kaybıyla soğuma sonucu oluşan Radyasyon sislerinin bir göstergesidir.

**Not :** Grafikte sütunlar üzerinde yer alan yüzdelik dilimler o sütuna ait rasat sayısının toplam rasat sayısını içerisindeki yüzdesini göstermektedir.



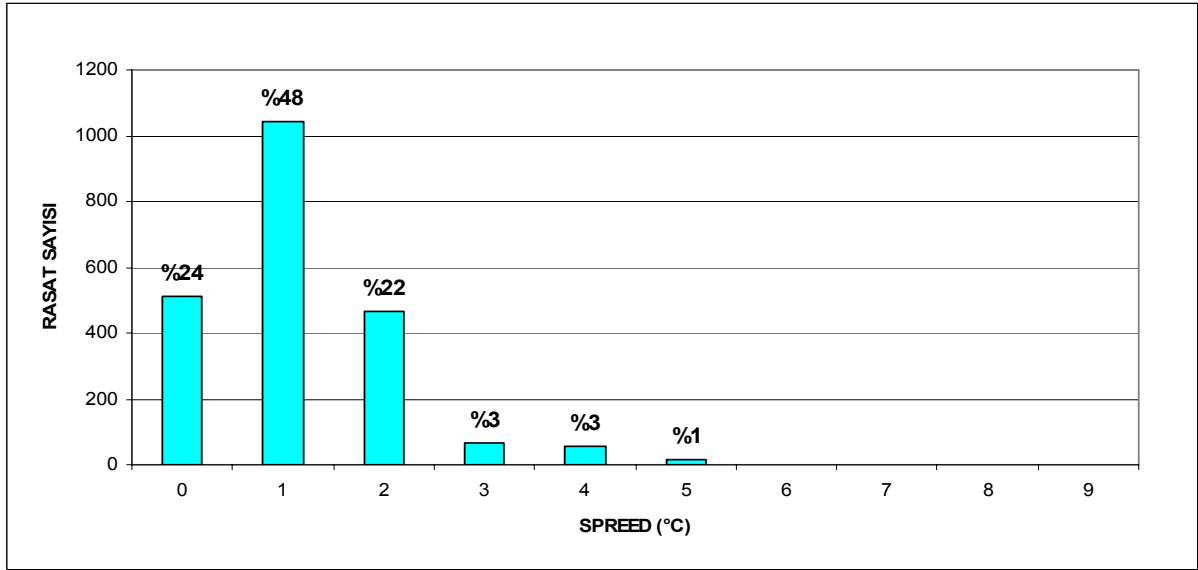
Grafik-8 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları aylara göre saatlik sis gözlemleri içerisindeki Pist Görüş Mesafesinin (RVR) ILS kategorilerine göre dağılımı.

Sisin oluşmasını sağlayacak meteorolojik şartlar meydana geldiğinde oluşan sislerin büyük bir bölümü, pist görüş mesafesi (RVR) bakımından incelendiğinde 350 metre'nin altına düşürecek şekilde bir yoğunlukta oluşmaktadır. Buda ILS kategorisi CAT II grubunda olan Ankara Esenboğa Hava Limanı'nda inişlerin yapılamadığını ve havalimanının inişlere kapalı olduğunu göstermektedir (Bkz Grafik :8).



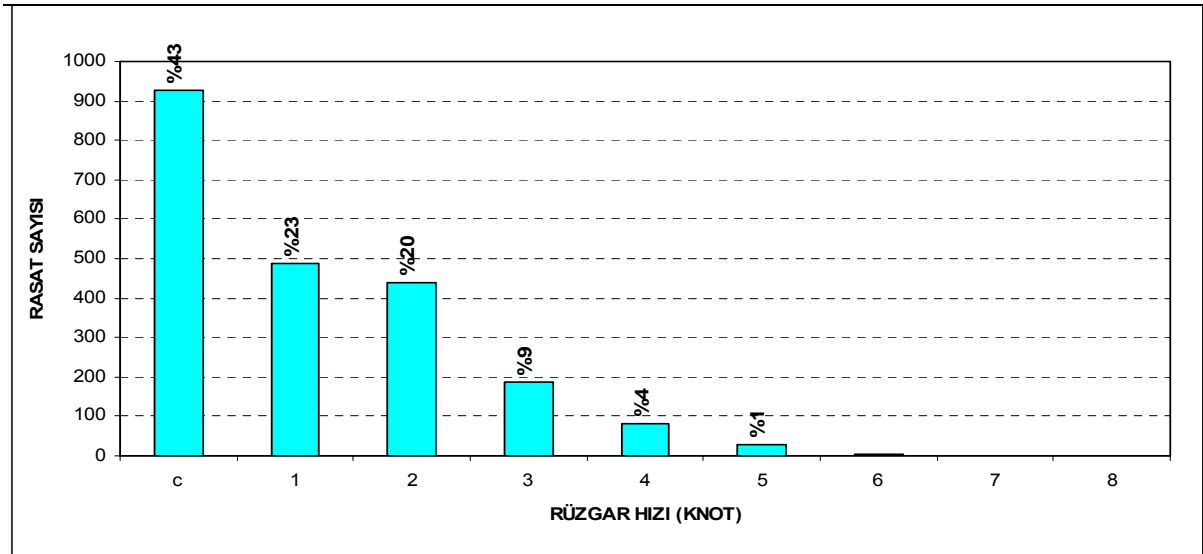
Grafik-9 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları Deniz Düzeyine İndirgenmiş Basınç (QNH) değerine göre saatlik sis gözlemlerinin dağılımı.

Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları arasında meydana gelen sislerin %83 'ünün yüksek basınç şartlarında olduğu (1017-1032 mb.) görülmektedir. Buda bize oluşan sislerin büyük bölümünün Radyasyon sisi olduğunu açıklamaktadır (Bkz Grafik:9).



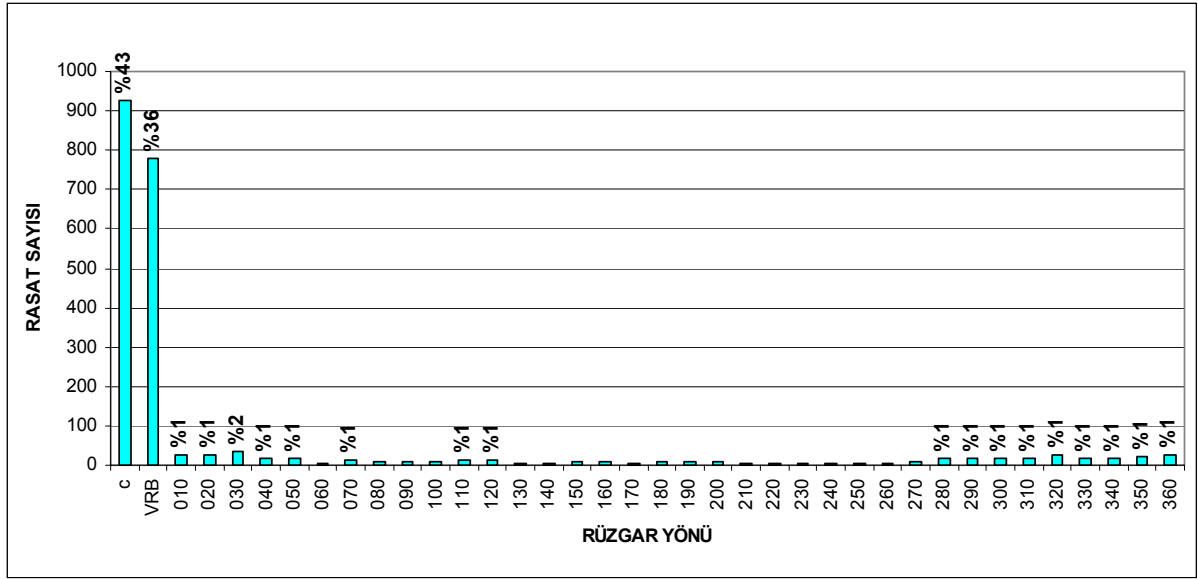
Grafik-10 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları saatlik sis gözlemlerinin Spreed'e\* göre dağılımı

Meydana gelen sislerin % 72'si spreed'in 0-1 ° C arasında olduğu durumlarda görülmektedir. Spreed' in 0-1 ° C arasında olması nemin % 90' nın üzerinde olduğunu göstermektedir (Bkz Grafik:10).



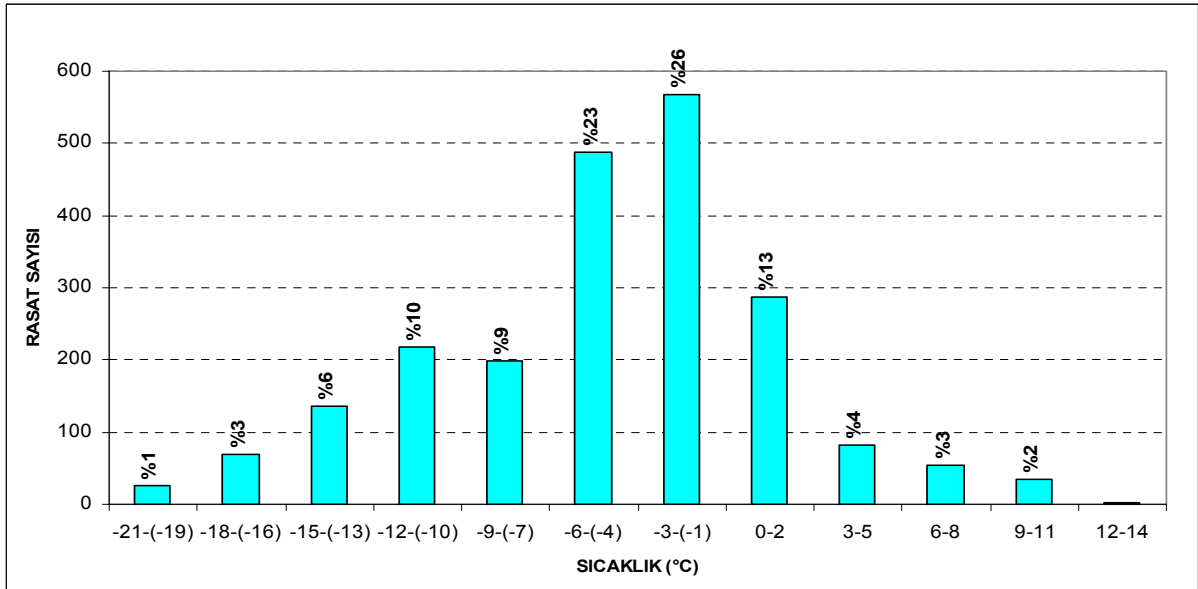
Grafik-11 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları rüzgar şiddetlerine göre saatlik sis gözlemlerinin dağılımı.

\* Kuru termometre sıcaklığı ile işba sıcaklığı arasındaki fark.



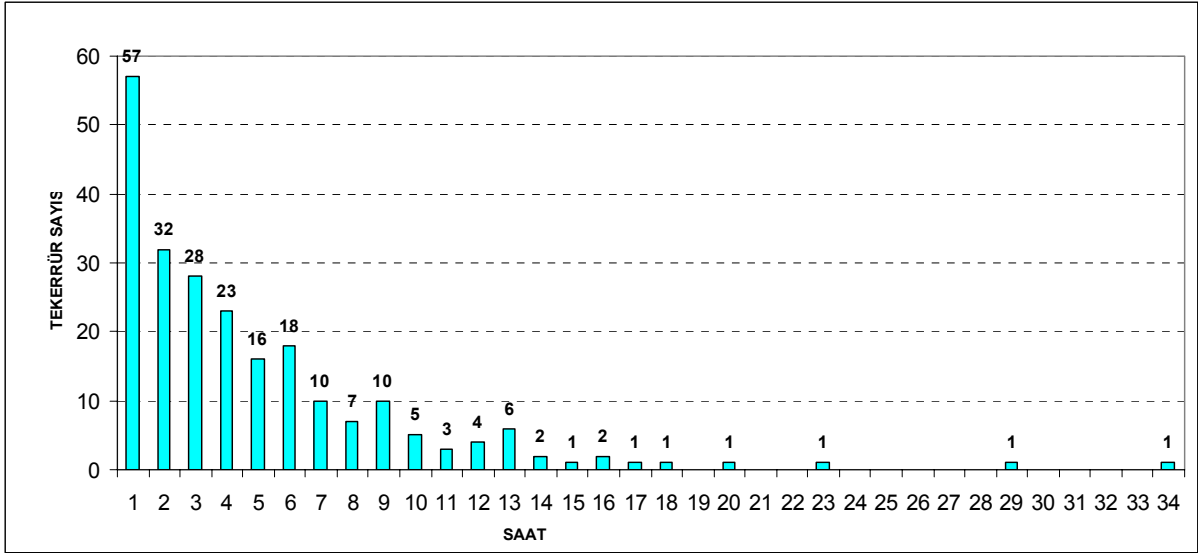
Grafik-12 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları rüzgar yönlerine göre saatlik sis gözlemlerinin dağılımı.

Meydana gelen sislerin %79 'u rüzgar sakin iken veya değişik yönlerden hafif olarak estiğinde meydana gelmiştir. Bu durum bize yüksek basınç şartları altında oluşan Radyasyon sisleri ile bağlantısını göstermektedir. Rüzgar hızı 5 Knot' in üzerine çıktığı durumlarda sis dağılmaktadır (Bkz Grafik:11-12).



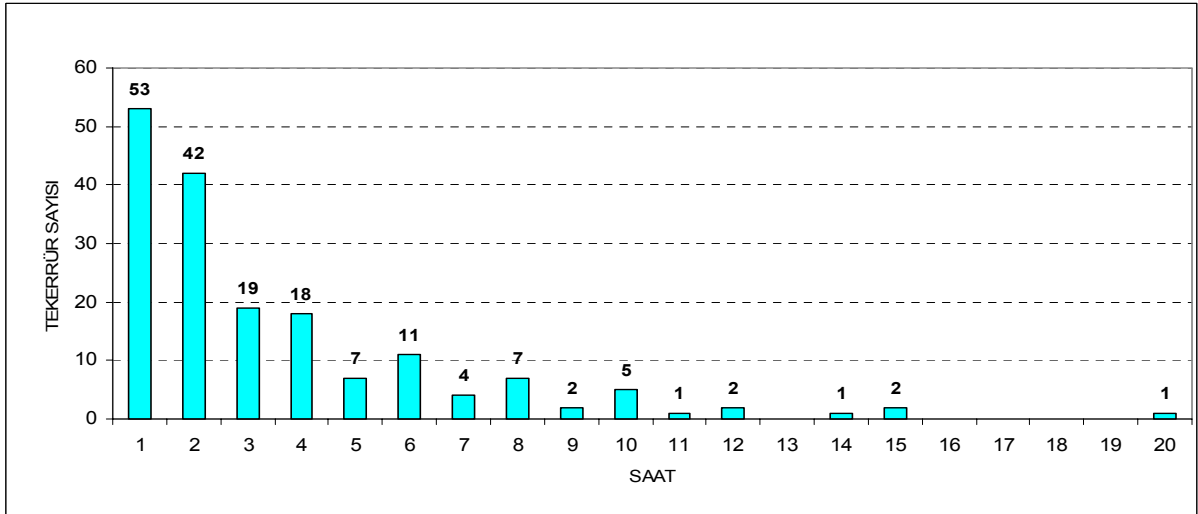
Grafik-13 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları saatlik sis gözlemlerinin sıcaklık aralıklarına göre dağılımı.

Oluşan sislerin büyük bir bölümü, sıcaklığın -1 / -6 ° C aralığında olduğu durumlarda görülmektedir (Bkz Grafik:13) .Bu da sisli günlerin sıcaklığa göre sis tasnifinde de (Bkz Grafik:3) görüldüğü üzere oluşan sislerin büyük bir bölümünün soğuk sis (donan sis) olarak görülmesi ile alakalıdır .



Grafik-14 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 arası saatlik sis gözlemlerinin ardışık olarak devam süreleri dağılımı.

10 yıllık periyotta ardışık olarak birbirini takip eden saatlerde sis gözlemlerinin devam süreleri dağılımında görüldüğü üzere (Grafik:14) 14 saat ve üzeri görülen sisler (14 ve 16 saat süren sisler hariç) 10 yılda birer defa tekrarlanmıştır. Esenboğa Havalimanı'nda 4 saat ve altında olan kısa süreli sisler çoğunluktadır.



Grafik-15 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 Pist Görüş Mesafesinin (RVR) 350 metre ve altında olduğu saatlik sis gözlemlerinin ardışık olarak devam süreleri dağılımı.

Pist Görüş mesafesinin 350 m. ve altında olan sis gözlemleri toplam sis gözlemlerinin %53' lük kısmını kapsamaktadır. 25 Kasım 2007 tarihinde meydana gelen ve 34 saat süren sisin kesintisiz olarak 20 saatlik kısmında Pist Görüş mesafesi 350 m. ve altındadır (Bkz Grafik:15).

**Not :**Uçuculukta CAT II' ye göre RVR' in 350 m. ve üzerinde olduğu durumlarda iniş yapılabilenkte ise de uçuş güvenliği açısından çoğu şirket grupları, pilotlar ve uçakların teknolojik donanımlarının yetersizlikleri göz önünde bulundurulduğunda CAT II' ye göre RVR' in 350 m. ve altındaki durumlarda iniş riskli kabul edilebilmektedir. Bu nedenle CAT II'ye göre uçakların inişi için riskli olduğu Pist Görüş Mesafesi RVR= $\leq$  350 metre baz alınmıştır.

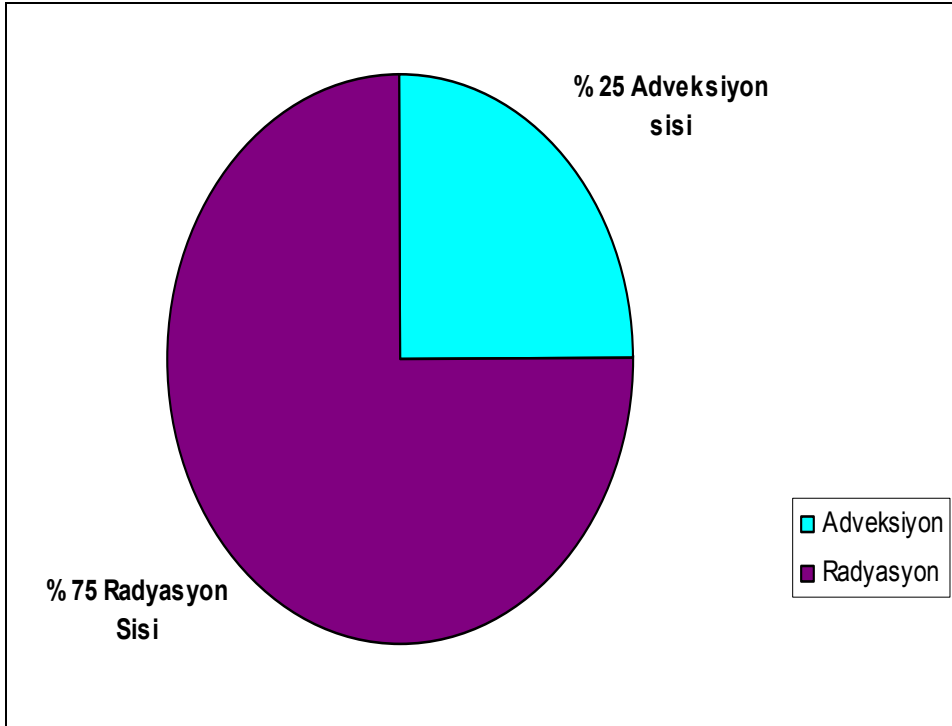


<b>Sis Rasatlarının Ardışık Olarak Devam Sürelerine göre tarihleri ve başlangıç saatleri</b>				
Devam süresi	Yıl	Ay	Gün	Başlangıç saati (UTC)
8 saat süren sisler	2000	12	5	150
	2001	1	20	2050
	2001	2	2	20
	2001	11	28	20
	2002	1	15	2350
	2008	1	17	2130
	2008	2	23	150
9 saat süren sisler	2000	2	12	20
	2002	11	28	2220
	2004	1	18	1620
	2006	2	22	2350
	2008	1	18	1950
	2008	2	7	24
	2008	12	1	13
	2008	12	11	2014
	2009	11	29	2050
	2009	12	4	2220
10 saat süren sisler	2000	12	3	50
	2002	1	12	2350
	2002	1	13	2250
	2006	1	3	2250
	2009	11	30	2220
11 saat süren sisler	2000	12	28	2120
	2008	2	4	2232
	2008	2	5	2305
12 saat süren sisler	2001	1	2	2150
	2004	12	5	2050
	2006	2	21	1920
	2008	12	15	2303
13 saat süren sisler	2000	12	3	2050
	2002	2	1	1850
	2004	12	3	2150
	2005	11	15	2120
	2006	2	20	2250
	2008	12	16	1120
14 saat süren sisler	2000	12	31	1850
	2002	1	26	2150
15 saat süren sisler	2000	12	16	1850
16 saat süren sisler	2000	12	5	1820
	2002	1	27	1720
17 saat süren sisler	2000	2	8	1520
18 saat süren sisler	2001	1	3	1920
20 saat süren sisler	2002	1	14	1620
23 saat süren sisler	2002	1	31	1250
29 saat süren sisler	2000	12	25	520
34 saat süren sisler	2007	11	24	2320

Çizelge 3 : 2000-2009 yılları arasında sisli rasatların ardışık olarak devam sürelerine göre uzun süren sis tarihleri ve başlangıçları.

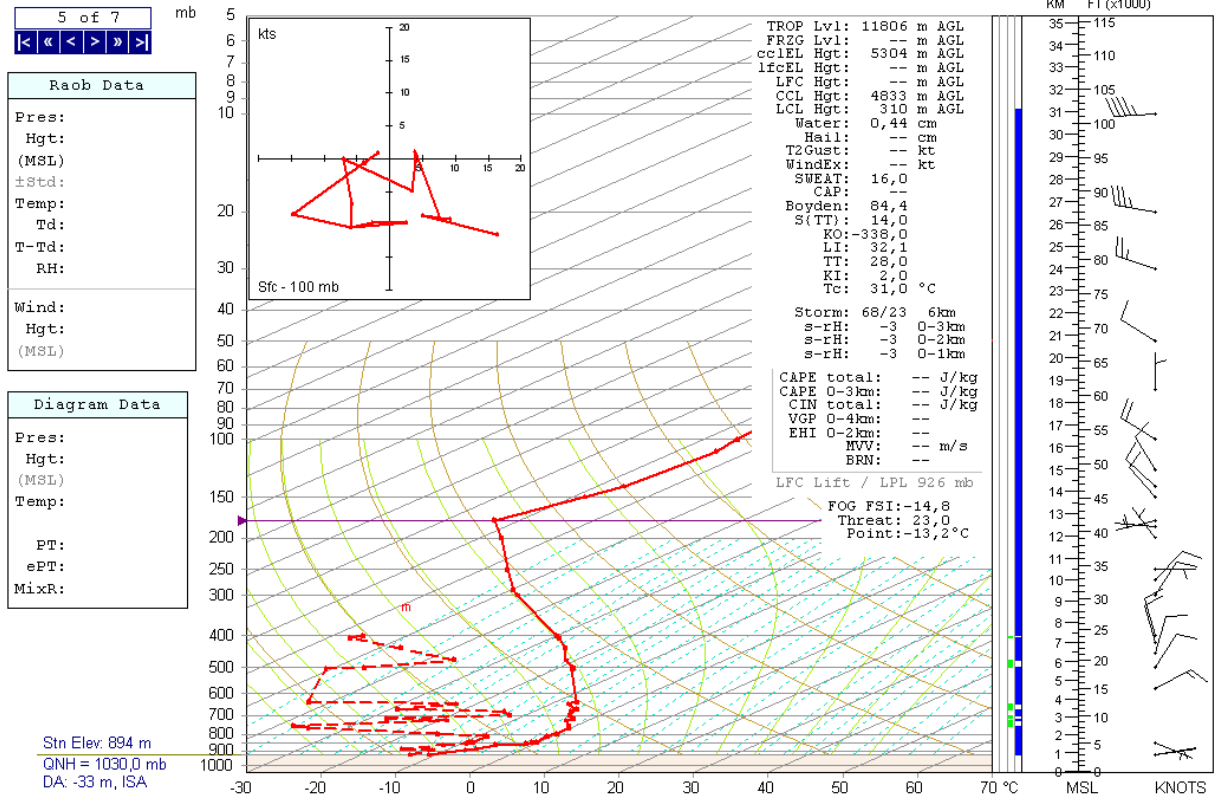
Çizelge: 3 'de Esenboğa Hava Limanında on yıllık periyotta sisli rasatların ardışık olarak devam sürelerine göre uzun süren sis tarihleri ve başlangıçları görülmektedir.

On yıllık periyotta meydana gelen sisli günlere ait Temp Diyagramları (00Z - 12Z ) tek tek incelenmiş olup, meydana gelen sislerin oluş şekillerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Esenboğa Hava Limanında oluşan sislerin %75' i Radyasyon sisi , %25' de Adveksiyon sisi' dir (Bkz Grafik:16).

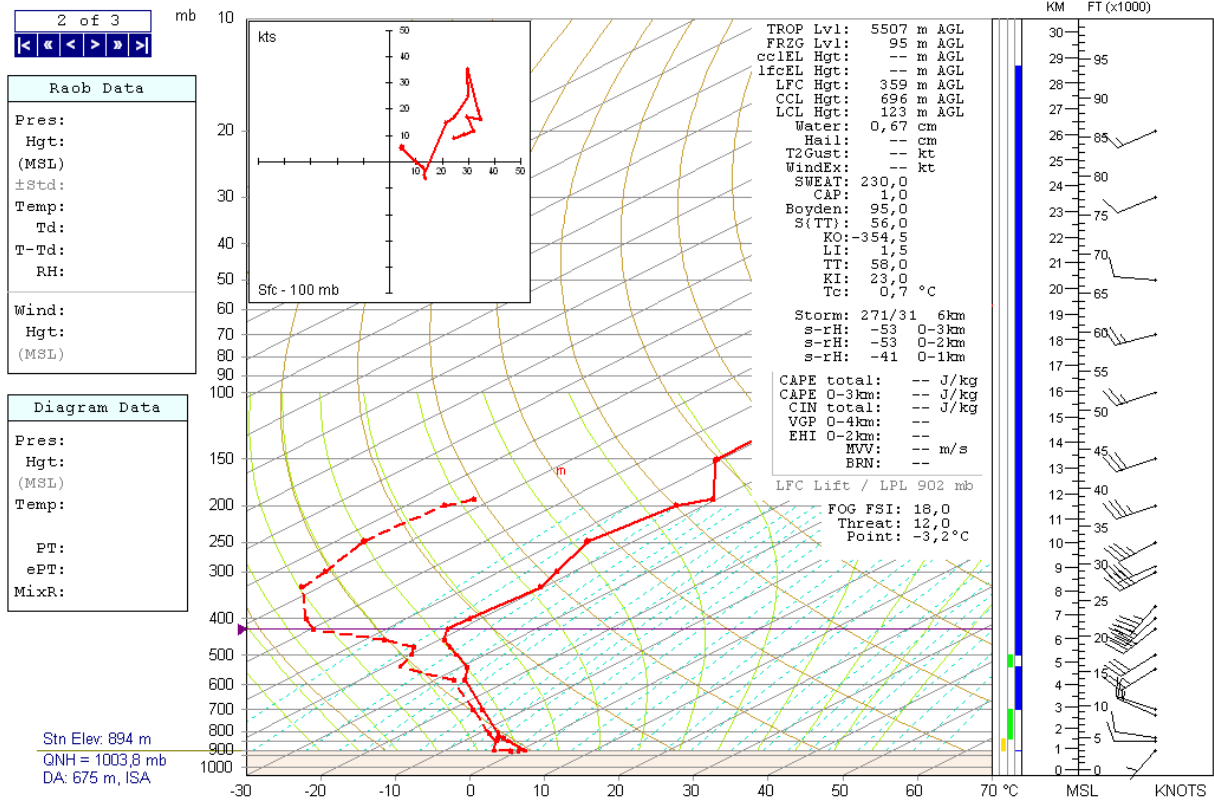


Grafik-16 Esenboğa Havalimanı 2000-2009 yılları sisli günlerin oluşum şekillerine göre dağılımı.

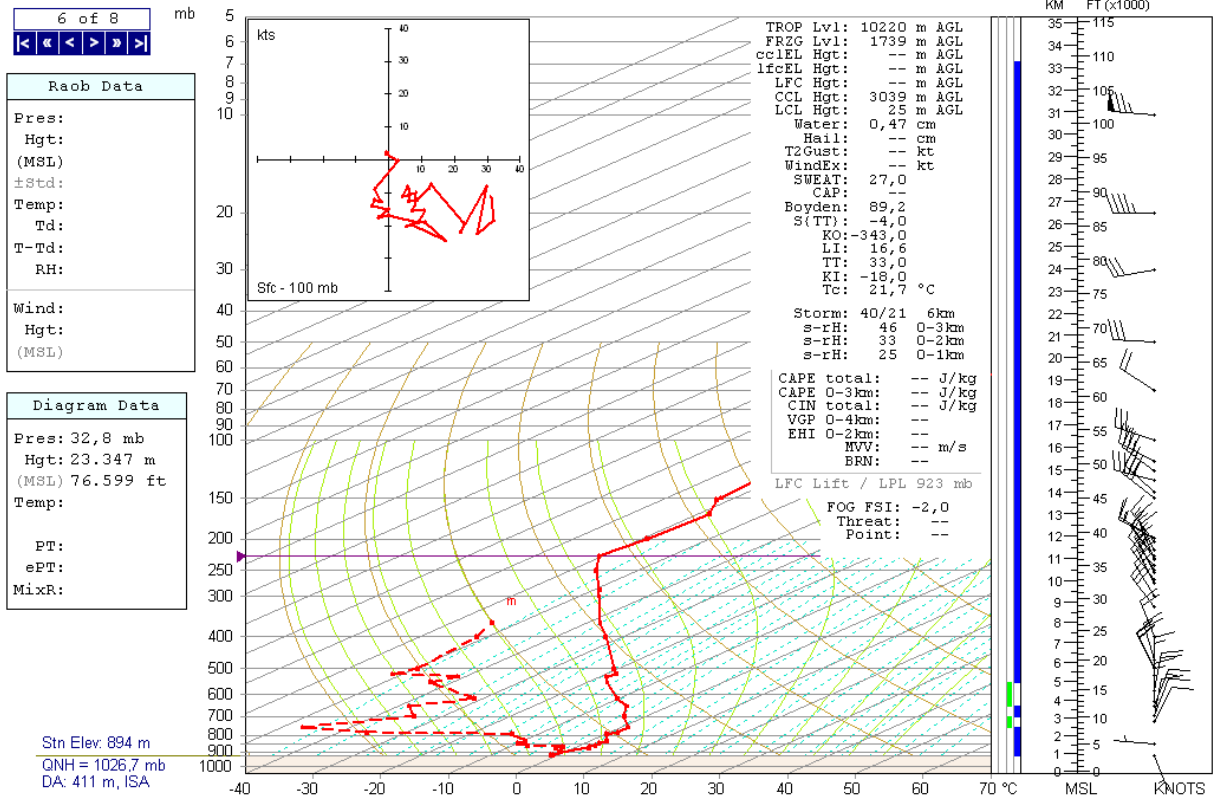
## Adveksiyon ve Radyasyon Sisi Temp Diyagramı Örnekleri:



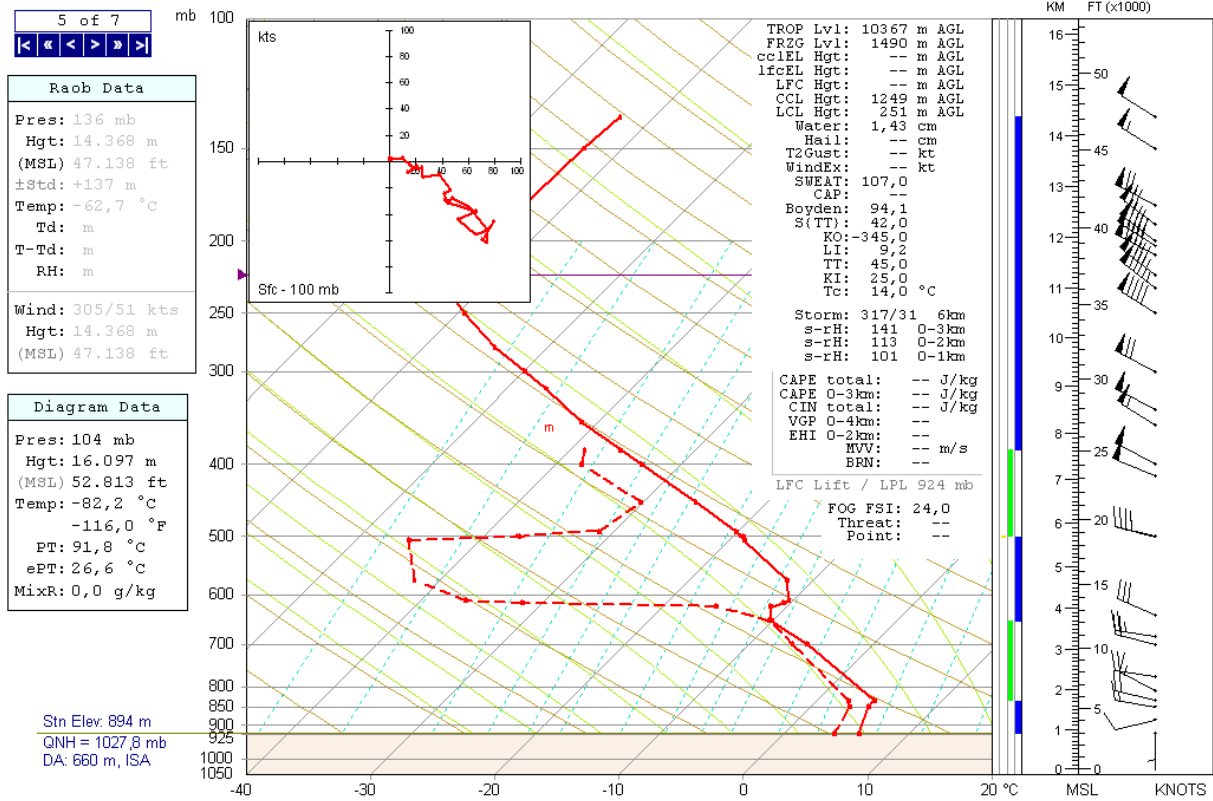
Şekil:3 - Ankara 13 Ocak 2002 00Z Temp Diyagramı (Radyasyon Sisi)



Şekil:4- Ankara 18 Mart 2000 12Z Temp Diyagramı (Adveksiyon Sisi)



Şekil-5- Ankara 25 Kasım 2007 00Z Temp Diyagramı (Radyasyon Sisi)



Şekil-6- Ankara 5 Aralık 2004 00Z Temp Diyagramı (Adveksiyon Sisi)

#### 4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Havaalanlarında aletli iniş sistemlerinin gelişmesi kötü görüş şartlarında bile emniyetli inişlere izin verdiği için, Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO) böyle sistemlerin kurulmasına öncelik vermektedir. Büyük hava alanlarındaki ertelenmiş kalkış ve inişler büyük para kayıplarına sebep olmaktadır. Günde ortalama olarak 1000' den fazla uçağın kalktığı ve indiği işlek havaalanlarında yoğun sis oluşması lokal olarak ve ülke çapında hava trafiğini durdurabilir yada birkaç saat geciktirebilir, bu durum ticari hava yollarına, zaman, yakıt ve ilave uçak bakımlarında büyük parasal kayıplara sebep olur. Bu sebeple havayolları ve havaalanları yönetimlerinin işbirliği ile aletli iniş sistemleri konusunu ele almaları gerekmektedir. ILS sistemi yerleştirildikten sonra artık havaalanları için büyük bir problem kalmayacaktır.

Suni sis dağıtma yöntemleri gerçekte avantajlı bile olsa, hava trafiği yoğunluğu yüksek olan hava alanlarında artık gerekli olmayacaktır. Aletli iniş sistemi CAT III' le donatılmış bir hava alanında pist görüş mesafesi (RVR) 200 m.'den daha az olsa dahi uçak inişine izin verilmektedir. Sisli şartlar bazen uçakların diğer bir hava alanına inmesine sebep olabilir. Hemen hemen tüm uluslararası hava alanları otomatik iniş için teknik şartlara sahiptir. Teoride aletli iniş sistemleri varlığında sıfır görüş mesafesinde inmek mümkün olsa dahi son karar yine pilotlarındır. Havacılıkta sisin etkileri aletli iniş sistemi kategori tipine, uçağın alet donanımına, pilotun tecrübesine ve eğitimine bağlıdır. Modern uçaklar için artık sis genellikle bir problem oluşturmaz. Daha küçük özel ve ticari uçaklar daha az standart teknik donanımlıdır. Bu yüzden bu uçaklar sis şartlarına daha hassastır.

Hava alanları için sis dağıtılması prensip olarak uygundur ancak faydası maliyetleriyle örtüşmek zorundadır. Sis dağıtmanın amacı görüş mesafesinin artırılmasıdır. Gerçekte görüş mesafesi sis damlacık konsantrasyonuna, onların büyüklüğüne ve dağılım karakteristiğine bağlıdır. Çoğu sisler sabah erken saatlerde görülmesine rağmen, daha sonra stratüs bulutuna dönüşür. Özellikle zayıf lokal rüzgarlar, başka yerlerden sisi taşıyarak sisi daha yoğun yapabilir. Sonuç olarak, her yıl belli sayıda uçak meydanlara inemez, onlar ya geri döner yada başka bir hava alanına inmeye zorlanırlar.

FAA (Federal Havacılık Ajansı) hava alanı raporları için uçuşu ertelemek ve durdurmak durumlarında RVR görüş basamaklarını kullanır.

Esenboğa Havalimanında sis nedeniyle uçuşlarda görülen (iniş ve kalkışlar) aksaklıklar ve sebep olduğu maliyet etkileri üzerine bilgi alınmak üzere, DHMİ Meydan Başmüdür Yardımcıları Eyüp KARAHAN ve Murat TUNA ile görüşülmüştür. Yaptığımız görüşmelerde Esenboğa Hava Limanı'nın aletli iniş sistemi (ILS) CAT II' ye göre düzenlenmiş olmasından dolayı kalkışlarda RVR>150 M, inişlerde RVR=> 350 M' de iniş yapılabilen ise de uçuş güvenliği açısından bazı şirket grupları ve pilotlar iniş için kıstas olarak, güvenlik ve konfor nedeniyle RVR>350 metre olarak iniş yapmaktadırlar. Esenboğa Hava Limanının CAT II grubunda olması, RVR<350 Metre altında iniş yapılamadığı anlamına gelmemektedir. Pilotlar isterlerse RVR<350 M altında iniş yapabilmekte fakat bu durum DHMİ tarafından Sivil Havacılık Teşkilatına bildirilmektedir.

Yapılan analizlerde Esenboğa Havalimanı'nda meydana gelen sislerin %51' lik kısmı pist görüş mesafesi 350 metre'nin altında yoğun sis olarak oluştuğu görülmüştür. Bu da Esenboğa Havalimanının CAT III' e geçmesinin bir zorunluluk olduğunu göstermektedir.

DHMİ yetkilileri ile yaptığımız görüşme neticesinde Esenboğa Hava Limanı' nın I. Pisti olan (03R ve 21L) 03R tarafı için aletli iniş sisteminin CAT III'e göre düzenleme çalışmalarının başlatıldığının belirtilmesi üzerine bu Hava Limanı için sis dağıtma uygulamasının ekonomik açıdan incelenmesine gerek duyulmamıştır.

## 5. KAYNAKLAR

ICAO Annex – 3, Meteorological Service for International Air Navigation.

ICAO Doc.8896 – AN/893/4, Manual of Aeronautical Meteorological Practice.

ICAO, Manual of Runway Visual Range Observing and Reporting Practice, Doc.9328 – AN/908

DMİ, Havacılık Meteorolojisi, DMİ yayın no 2000/6

[www.meteor.gov.tr](http://www.meteor.gov.tr)

[www.copernicus.org/erad/online/erad-150.pdf](http://www.copernicus.org/erad/online/erad-150.pdf)

Hava Modifikasyonunda Sis Dağıtımı DMİ Aralık 2007 Mehmet ULUBAY

Method and Apparatus for Modification of Supercooled Fog

Western Region Technical Attachment No:04-01 March 3, 2004

Programme on Physics and Chemistry of Clouds and Weather Modification Research ,  
Geneva,20-24 November 2000 ,WMO/td-no.1059

Best Practices for Road Weather Management Version 2.0

[http://www.E95\\_MP\\_TOC.pdf](http://www.E95_MP_TOC.pdf)

[http://www.franklincountyva.org/misc\\_pdfs/airport\\_FAQ\\_revised\\_%2011\\_08\\_2004.pdf](http://www.franklincountyva.org/misc_pdfs/airport_FAQ_revised_%2011_08_2004.pdf)

<http://www.ejustice.lk/PDF/Werawila%20%20International%20Airport%20EIA-%20Executive%20Summary.pdf>

<http://www.rap.ucar.edu/asr97/airport.gif>

[www.nawcinc.com/Missoula%20Fog%202006-2007.pdf](http://www.nawcinc.com/Missoula%20Fog%202006-2007.pdf)