



IV. ATMOSFER BİLİMLERİ SEMPOZYUMU



**25-28 Mart 2008, İstanbul
BİLDİRİ KİTABI**

Editörler

Prof. Dr. Mikdat Kadiođlu, Doç. Dr. Ahmet Duran Şahin

Düzenleyen

İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Destekleyen Kuruluşlar

MEKE Deniz Temizliği ve Atık Toplama Hizmetleri San. ve Ltd. A.Ş.
İSKİ, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, İPRAGAZ, Su Vakfı,
Beyaz Gemi Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., THY, Koçallianz,
TARSİM, Beşiktaş Belediyesi, TÜBİTAK, DMİ

DÜZENLEME VE YÜRÜTME KURULU

Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU (Başkan)
Doç. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN (Başkan Yardımcısı)
Prof. Dr. Orhan ŞEN
Prof. Dr. Zerefşan KAYMAZ
Prof. Dr. Levent ŞAYLAN
Doç. Dr. Kasım KOÇAK
Yard. Doç. Dr. Ali DENİZ
Öğr. Gör. Dr. Hüseyin TOROS
Dr. Sevinç SIRDAŞ
Mahmut KAYHAN (DMİ)
Barış ÇALDAĞ
Ahmet ÖZTOPAL
Deniz DEMİRHAN BARI
Filiz TÜRK KATIRCIOĞLU

BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Ahmet ARISOY (İTÜ)
Ahmet Duran ŞAHİN (İTÜ)
Ali DENİZ (İTÜ)
Ali TOKAY (USA)
Arif HEPBAŞLI (EÜ)
mistead G. RUSSELL (GT., USA)
Bihrat ÖNÖZ (İTÜ)
Cankut ÖRMECİ (İTÜ)
Derya MAKTAV (İTÜ)
Doğan KANTARCI (İÜ)
Feza ARIKAN (HÜ)
Filiz SUNAR ERBEK (İTÜ)
Gürcan ORALTAY (MÜ)
Gürdal TUNCEL (ODTÜ)
Güven ÖNAL (İTÜ)
Hasan TATLI (ÇOMÜ)
Hüseyin TOROS (İTÜ)
İsmail GÜLTEPE (CANADA)
Kasım KOÇAK (İTÜ)

Levent ŞAYLAN (İTÜ)
Mark Z. JACOBSON (SU., USA)
Mehmet Talat ODMAN (GT., USA)
Mikdat KADIOĞLU (İTÜ)
Murat TÜRKES (ÇOMÜ)
Orhan ŞEN (İTÜ)
Robert Bornstein (USA)
Peter J. Webster (GT., USA)
Sema TOPÇU (İTÜ)
Selahattin İNCECİK (İTÜ)
Sevinç SIRDAŞ (İTÜ)
Sibel MENTEŞ (İTÜ)
Yunus BORHAN (İTÜ)
Yurdanur S. ÜNAL (İTÜ)
Zafer ASLAN (ABMYO)
Zafer BOYBEYİ (USA)
Zekai ŞEN (İTÜ)
Zeki KARAGÜLLE (İÜ)
Zerefşan KAYMAZ (İTÜ)

İSTANBUL HAVASINDAKİ BULUT VE AEROSOLLERİN MİKROFİZİK YAPISININ ÖLÇÜMLERİ VE YAĞIŞ İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI PROJESİ (PAPRICA) VE SU SORUNU

Orhan Şen, Kasım Koçak, Hüseyin Toros,
Fulya Dilekoğlu, Ceren Balı, Öykü İnanoğlu, Billur Ellialtı
İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği
Bölümü Maslak, İstanbul, Türkiye, seno@itu.edu.tr
Ahmet Köse, Murat Tunç
İstanbul Büyükşehir Belediyesi, AKOM, İstanbul, Türkiye
Vidal Salazar, Duncan Axisa
National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA
Atila Mutlu, Celine Kluzek
Texas Agricultural and Mechanical University, USA
Steve Hunter, Gabriel Antonietti
SOAR, USA

ÖZET

Küresel iklim değişikliğinin etkileri Türkiye'nin de içinde bulunduğu Doğu Akdeniz bölgesinde son yıllarda hissedilir bir şekilde kendini göstermeye başlamıştır. Bu etkiler içerisinde en önemlisi büyük şehirlerin susuzluk problemidir. Bu çalışmada başlıkta belirtilen araştırma projesi hakkında bilgi verilecektir. Projede kapsamında İstanbul havasındaki bulutların mikrofizik yapısı gözlenmekte, ölçülmekte ve değerlendirilmektedir. Ayrıca İstanbul havasındaki yağış oluşumunda rolü olan hava kirleticileri ve partiküller ölçülmektedir. Çalışmayı İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), National Center for Atmospheric Research (NCAR), Texas Agricultural and Mechanical University (TAMU) bilim adamları ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) mühendisleri ile SOAR teknik elemanları beraber yürütmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bulut mikrofiziği, Yağış, Kuraklık, Aerosoller

SUMMARY

The effects of the Global Warming shows up on the Eastern Mediterranean Area in which Turkey is found. Among these effects the most important one is drought in metropol. In this Project the information about the precipitation regime of İstanbul will be found which is concluded by Metropolitan Municipality of İstanbul. In this Project the microphysics of clouds will be observed, measured and evaluated. Additionally, the particules and the pollutants which take place in the rain processes are being measured. The Project is being carried out with İstanbul Technical University (ITU), National Center for Atmospheric Research (NCAR), Texas Agricultural and Mechanical University (TAMU) scientists, İstanbul Metropolitan Municipality engineers and SOAR technical personal.

Key Words : Cloud microphysics, Precipitation, Drought , Aerosols

1. GİRİŞ

Günümüzde, atmosferdeki sera gazları miktarı son 400 bin yılın en yüksek değerine ulaşmıştır. Sera gazlarının atmosferdeki miktarı arttıkça dünyanın ortalama sıcaklığı da artmaktadır. Örneğin, günümüzde, dünyadaki sıcaklık artışı 0,8 °C dir. Önlem alınmazsa, bu değer 4.5 °C'ye ulaşabilir.

Küresel ısınmanın en önemli sonucu iklim değişimidir. Bu değişim, ülkeleri aynı şekilde etkilemeyecektir. Etkileri ülkeden ülkeye değişecektir. Uluslar arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 2007 Nisan ayında yayınladığı rapora göre; iklim değişiminin etkileri beklenenden daha erken ortaya çıkmaya başlamıştır. İklim değişimi yıkıcı etkisini 21.yy da artarak sürdürecektir. Bu rapor, iklim değişikliğinin sonucu olan ısınmanın, kuraklığa, dolayısıyla su kaynaklarına, örneğin, nehirlerin debilerinin, %10-30 oranında azalmasına neden olacaktır.

IPCC raporu ve diğer çalışmaların sonuçlarına dayanarak iklim değişiminin yukarıda örnekleri verilen sonuçlarını üç grupta toplamak mümkündür. Bu gruplar şunlardır:

- 1) Aşırı Değerlerdeki Artış: Sel, fırtına ve aşırı sıcaklar bu gruba giren olaylardır.
- 2) Kuraklık: Tarımsal kuraklık ve temiz su kaynaklarında azalma bu grubu oluşturur.
- 3) Deniz Seviyesinde Yükselme: kıyıya yakın bölgelerdeki su kaynaklarının tuzlanması ve erozyon

Şüphesiz, bu üç gruba giren olayların tümü insanlık için büyük sorunlar yaratacaktır. Ağır toplumsal sorunlara neden olacaktır. Özellikle kuraklık, insanlığın yaşamını tehdit edecektir.

Ülkemiz, iklim değişiminden olumsuz etkilenen ve etkilenecek olan coğrafyadadır. Nitekim ülkemiz bu etkileri hissetmeye başlamıştır. Örneğin, 2006 yılında son yüzyılın sıcak kışlarından birini yaşadık. Batı bölgelerimizde yağışlar önemli ölçüde azaldı. Bu nedenle, barajlarımızda yeterli su birikmedi. Büyük şehirlerimiz, susuz kalma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Örneğin, İstanbul'un barajlarındaki su hacmi, önceki yıla göre % 50 azaldı. Yetkililerin ve ilgili kurumların gerekli önlemleri saptaması ve gerçekleştirmesi gerekir. İklim değişiminin yarattığı tehlikeleri önlemek, özellikle susuzluk sorununu çözmek için uzun ve kısa vadede alınacak tedbirler belirlenmeli ve uygulamaya konmalıdır.

Yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olan su, yerine başka bir madde ikame edilemeyen, sınırlı bir doğal kaynaktır. Sağlıklı suya ulaşmak her şeyden önce temel bir insan hakkı olarak değerlendirilmelidir. Diğer bir deyişle su, toplumsal bir değer olarak düşünülmelidir.

Ülkemizin yarı-kurak bir iklime sahip olduğu daima göz önünde bulundurulmalı, bütün su politikaları buna göre oluşturulmalıdır. Diğer taraftan su sorununun çözümünde su tüketiminin sektörler arası dağılımı dikkate alınmalıdır. Gerek tarımsal, gerek sanayi ve gerekse bireysel amaçlı olsun suyu kullanan sonuçta insandır. Bu nedenle kullanıcıların bilinçlendirilmesi son derece önemlidir. Bu konuda diğer önemli bir nokta da bütün sektörlerin aynı kalitede su kullanmasının yanlış olduğudur.

Türkiye sanıldığı gibi su zengini bir ülke değildir. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yaklaşık olarak $112 \cdot 10^9 / 70 \cdot 10^6 = 1600 \text{ m}^3/\text{yıl}$ dır. Buna göre ülkemiz su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer almaktadır.

Kuraklık meteorolojik kuraklıkla başlar, bunu hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık takip eder. Bu nedenle yağışın yersel ve zamansal dağılımı çok iyi takip edilmelidir. Kuraklığı ülke genelinde izleyecek, gerekli uyarıları zamanında yapacak, alınması gerekli önlemleri yetkililere ve kamuoyuna zamanında duyuracak, kuraklık konusunda bilimsel araştırmalar yapacak bir merkeze acilen gereksinim vardır.

Su talebinin karşılanmasında yerel kaynakların akılcı kullanımı ön plana alınmalı, komşu havzalardan getirilen suyun toplam talebin belli bir yüzdesini aşmamasına dikkat edilmelidir. Her şeyden önce su alınan havzadaki mevcut ekosistemin dengesinin korunması son derece önemlidir. Bir sorunu çözmeye çalışırken birden çok soruna neden olmanın yaratacağı kısır

döngüden kaçınmak gerekir. Diğer taraftan başka kaynaklardan gelecek suya gereğinden fazla bağımlılık son derece risklidir. Çünkü su alınan havza da her an kuraklık tehdidi altına girebilir. Kuraklığın noktasal değil bölgesel çapta bir doğal afet olduğu gerçeği unutulmamalıdır.

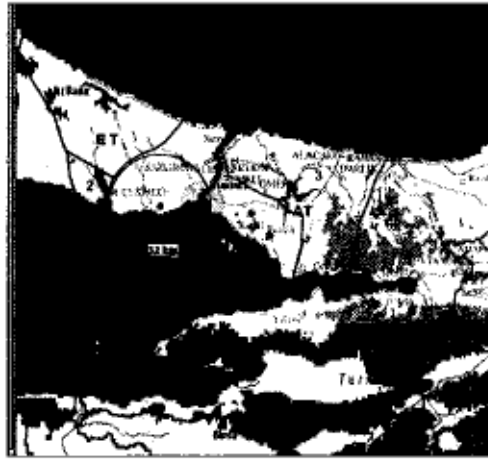
Türkiye de su kaynakları ile insan nüfusu farklı bölgelerde yoğunlaşmıştır. Nüfusun yoğun olduğu batı bölgelerimizde su kaynakları azdır. Fakat su kaynaklarının bol olduğu Karadeniz, Doğu Anadolu gibi bölgelerde ise insan nüfusu azdır. Şayet göç önlenir ve geri dönüş özendirilirse, büyük şehirlerimizde su sorunuyla başa çıkılabilir. Bunun yanında yeni su kaynakları düşünülmesi gerekir. Yakın mesafelerdeki akarsulardan faydalanabilir. Yeryüzündeki suyun tek kaynağı yağış olduğundan, yağışı yeryüzünde tutmanın, biriktirmenin ve yağışı artırmanın yolları araştırılabilir.

Yaz aylarında barajlardaki su çok daha fazla buharlaşır. İstanbulda yaz aylarında suyun % 20-25 'i buharlaşır. Güneşten gelen enerji, barajdaki su seviyesi düşük olduğu için su kütlesi daha fazla ısınacaktır. Bunun sonucu olarak, daha fazla buharlaşma gerçekleşecektir. Bu nedenle barajlardan buharlaşmayı önleyen yöntemler uygulanmalıdır.

Aşırı nüfus artışı ve sanayileşme de lokal ölçekte şehir iklimini olumsuz etkilemektedir. Bu etkilenmenin boyutunun ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bulut ve dolayısı ile yağış oluşumunda önemli bir rol oynayan aerosoller ve yoğunlaşma çekirdekleri konusunda çok sayıda çalışma mevcuttur, (Ganor ve Mamame 1982; Geresdi ve Ramussen 2005; Griffin vd 2007; Hallet ve Mossop 1974; Jin vd 2005; Ramussen vd 2002)

2. MATERYAL VE METOD

İstanbul Teknik Üniversitesi'nin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (NCAR) ve Texas A&M Üniversitesinin (TAMU) ortaklaşa yürüttüğü ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nce desteklenen bu proje İstanbul ilini kapsayacak şekilde üç ana araştırma bölgesinde yapılacaktır. Söz konusu araştırma ve uçuş bölgeleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

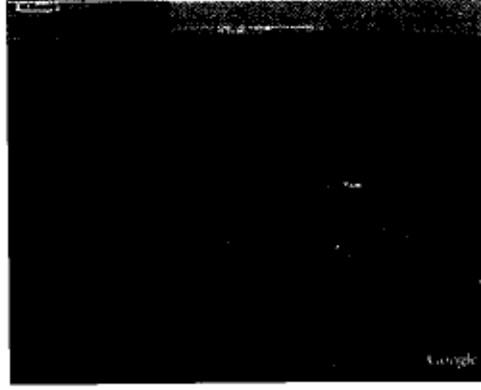


Şekil 1. İstanbul ili araştırma uçuş alanları.

Araştırma uçuşları Bulut Tohumlama ve Atmosferik Araştırma (SOAR) merkezince kiralanmış özel donanımlı uçak (Piper Cheyenne II) ile yapılacaktır. Araştırma uçağında hem bulut mikrofizikini karakterize etmek için gerekli verileri ve hem de hava kirletici gazların

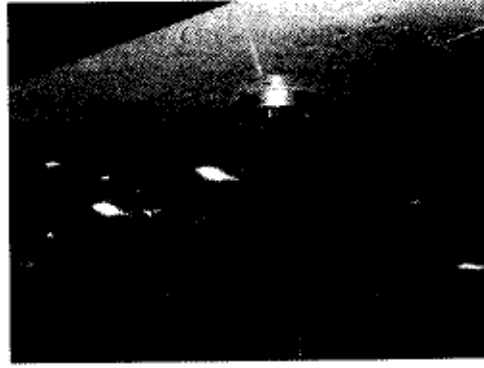
"IV. Uluslararası Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
Proceedings of the International Fourth Symposium on Atmospheric Sciences, 25-28 March 2008, İstanbul, Turkey."

konsantrasyonlarını belirlemek için çeşitli aletler kullanılmaktadır. Araştırma uçağında mevcut olan alet ve ekipman donanımlarından bulut mikrofiziği ölçüm ekipmanları şu şekilde tanımlanabilir.



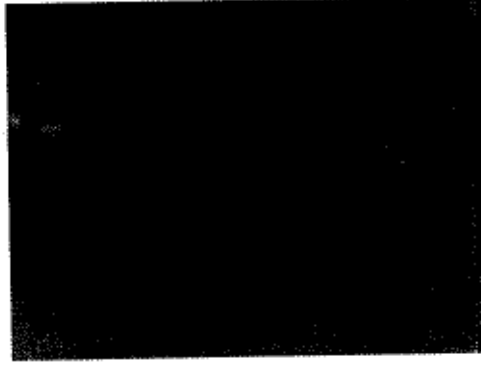
Şekil 2. İstanbul'un Avrupa yakasında yapılan bir araştırma uçuşuna ait uçuş güzergahı.

Bulut Damlacık Sondası (Cloud Droplet Probe-CDP) (Droplet Measurement technologies (DMT), Colorado, USA): Bu alet 2000 cm^{-3} gibi yüksek konsantrasyonlarda $3\text{-}50 \mu\text{m}$ aralığında damlacık ölçer. Uçağa, kulelere, insansız hava araçlarına monte edilir.



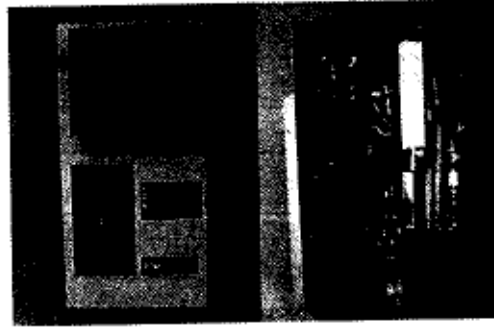
Şekil 3. Bulut Damlacık Sondası (CDP)

Bulut Görüntüleme Sondası (Cloud Imaging Probe-CIP) (Droplet Measurement technologies (DMT), Colorado, USA). Bu optik spektrometre $25\mu\text{m}$ ile $1550 \mu\text{m}$ arasındaki parçacıkların boyut ve biçimini, $0,01$ ile 3 gm^{-3} içeren sıvı suyu ve hızları 200 ms^{-1} kadar olan parçacıkları ölçer. Bu araç paketinde sıcaklık, basınç ve bağıl nem sensörleri de bulunmaktadır.



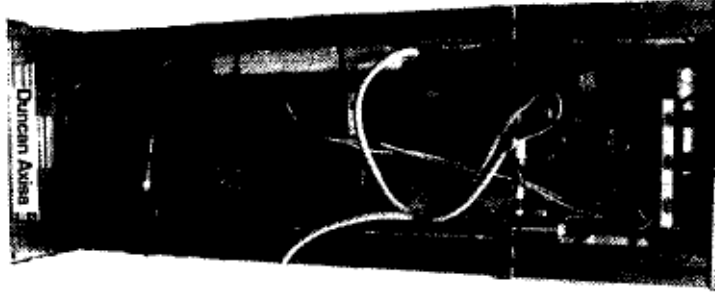
Şekil 4. Bulut Görüntüleme Sondası (CIP)

Bulut Yoğuşma Çekirdekleri Sayıcısı (Cloud Condensation Nuclei Counter-CCN Serial number: 8) (Droplet Measurement technologies (DMT), Colorado, USA) Aerosoller atmosferin önemli bir bileşeni olan bulut damlacıklarına dönüşebilir. Bu parçacıklar bulut yoğuşma çekirdeği olarak bilinir (CCN). DMT CCN sayıcı uçakta ya da yerde çalıştırılabilir. DMT CCN sayıcı laboratuarlarda farklı maddelerin nasıl bulut damlacığı haline geldiğini, sanayi bölgelerinin kirliliğinin nasıl etkilediğini ve yağış oluşumunu anlamada, hava modifikasyonunda ise nereye ne zaman tohumlama yapılması gerektiğini öğrenmede kullanılır.



Şekil 5. Bulut Yoğuşma Çekirdekleri Sayıcısı (CCN)

Diferansiyel Mobility Analiz Makinesi (DMA), Texas A&M Üniversitesi Araştırma Laboratuvarlarına geliştirilmiştir. DMA ekipmanı aerosollerin büyüklük dağılımlarında ve hidroskopik özelliklerinin karakterize edilmesinde kullanılan, hem hava ve hem de yer ölçümlerinde kullanılabilen önemli bir ekipmandır.



Şekil 6. Diferansiyel Mobility Analiz Makinası (DMA)

Pasif Aerosol Spektrometre Ölçüm Sondası (Passive Cavity Aerosol Spectrometer Probe-PCASP-upgrade SPP200, Droplet Measurement technologies (DMT), Colorado, USA). Bu çift kanal (programlanabilir) , optik spektrometreler 0.1 - 3 μm arası aerosol partiküllerini ölçer. Bu ekipman uçak araştırmalarında 20 den fazla şehirde hava modifikasyonunda, hava kalitesi çalışmalarında ve yanıcı biyokütle araştırmalarında uygulanmaktadır.



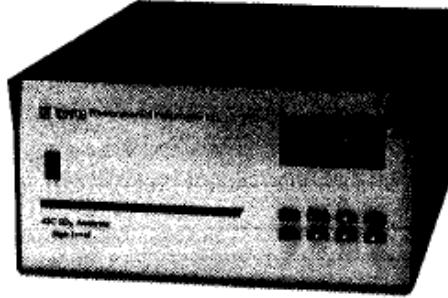
Şekil 8. Pasif Aerosol Spektrometre Ölçüm Sondası (PCASP –SPP200)

Yoğuşma Partikülü Sayacı (Condensation Particulate Counter- CPC, Model No: 3022A, TSI, Minnesota, USA). Havadan gelen 7 nanometre yada daha büyük yarıçaptaki partikülleri saptar. Bu sayacın yegane amacı, konsantrasyonu geniş aralıklar içinde olan küçük partikülleri bulmaktır. Savaş ve fotometrik algulamalarından her iki yolu da kullanarak 3022A Modeli; her cm^3 te 10^7 konsantrasyona sahip olan partiküllerin doğru bir biçimde ölçülmesini sağlar.



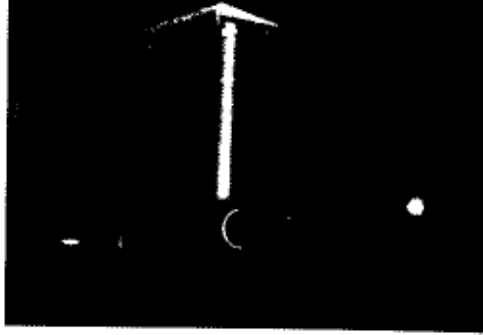
Şekil 9. Yoğuşma Partikülü Sayacı (CPC)

Projede kullanılan hava kirleticileri ölçüm ekipmanları ise aşağıda verildiği gibidir: SO₂ Floresans ve Optik Analiz makinesi (Model No:43C-Thermo Scientific, Massachuset, USA), NO-NO₂-NO_x Chemiluminescence Analiz Makinesi, (Model No:42C-Thermo Scientific, Massachuset, USA)



Şekil.10 SO₂ Floresans ve Optik Analiz makinesi

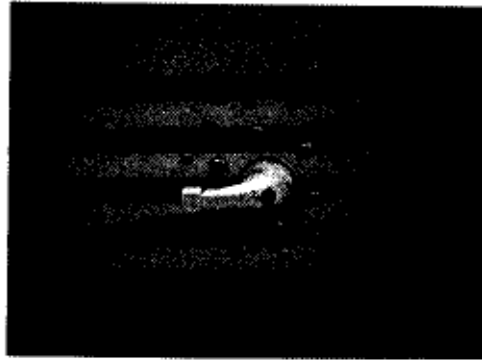
Hava Veri Araştırma Sensörü (Model No: AIMMS-20, Aventech, Ontario, Kanada). AIMMS ile uçuş boyunca havaya ait sıcaklık, nem, basınç ve uçuşların yapıldığı koordinat verileri elde edilmektedir. Opsiyonel AIMMS-20 kısmı ise beraberinde uçağın tüm pozisyon parametrelerini içeren bir Diferansiyel GPS Modülü de bu araştırmada kullanılmaktadır. AIMMS den elde edilen veriler ile yapılmış olan uçuş rotası belirlenmektedir. Daha önce yapılan bir uçuşa ait rota Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Hava Veri Araştırma Sensörü (AIMMS-20)



Şekil 11. Toplam Hava Sıcaklığı (Model : 102DB1CB) , GOODRICH



Şekil 12. Çiğ nokta sıcaklığı ölçeri, Uçuş için Model 137 (Aircraft Sampling System , Duct Sampling System)

3. ÖNERİLER

Bilindiği gibi atmosfere lokal ölçekte yapılan müdahaleler etkilerini zamanla küresel ölçekte de göstermeye başlamıştır. Özellikle sanayi devrimini izleyen yıllarda sera gazlarının atmosferdeki birikimi hızla artmıştır. Bilindiği gibi sera gazlarının birikimindeki artış atmosferi ısıtma eğilimi göstermektedir. Diğer taraftan şehirleşme de lokal ölçekte iklim değişimine neden olmaktadır. Bu etkinin ortaya çıkmasının nedeni gittikçe artan endüstrileşme ve şehirleşme olgusudur. Bunun sonucunda şehir atmosferinin bileşimi de önemli ölçüde değişikliğe uğramaktadır. Başta yağış olmak üzere pek çok meteorolojik değişken bu durumdan etkilenmektedir (Chagnon, 1992,2002). Bu sonucun ortaya çıkmasının en başta gelen nedeni şehir havasındaki aerosol özelliklerinin ve dağılımının değişmiş olmasıdır. Bu nedenle öncelikle İstanbul üzerinde ve civarında oluşan bulutların mikrofiziksel yapısı ve bu yapıyı yakından etkileyen kirleticilerin neler olduğunun ortaya konması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu projenin yürütülmesinde her türlü desteği veren İstanbul Büyükşehir Belediyesine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Chagnon, S.A., 1992. Inadvertant weather modification in urban areas: Lessons for global climate change. *Bulletin American Meteor. Society*, 73(5), 619-627.
- Chagnon, S.A., Westcott, N.E., 2002. Heavy rainstorm in Chicago: Increasing frequency, altered impacts, and future implications. *J. American Water Res. Association*. 38(5), 1467-1475.
- Aventech, 2007, Ontario, Kanada
- DMT, Droplet Measurement Technics ,2007 , Boulder , Colorado
- Ganor, E., and Y. Mamane, 1982. Transport of Saharan dust across the eastern Mediterranean, *Atmos. Environ.*, 16, 581-587.
- Geresdi, I., and R. Rasmussen, 2005. Freezing Drizzle Formation in Stably Stratified Layer Clouds. Part II: The Role of Giant Nuclei and Aerosol Particle Size Distribution and Solubility, *J. Atmos. Sci.*, 62(7), 2037.
- Griffin, D.W, N. Kubilay, M. Koçak, M. A. Graya, T. C. Borden, E. A. Shinna, 2007. Airborne desert dust and aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean coastline. *Atmos. Environ.* 41, 4050-4062.
- Hallett, J., and S. C. Mossop, 1974. Production of secondary ice crystals during the riming process, *Nature*, 249, 26-28.
- Jin, M., J.M. Shepherd, and M.D. King, 2005. Urban aerosols and their variations with clouds and rainfall: A case study for New York and Houston, *J. Geophys. Res.*, 110, D10S20, 10.1029/2004JD005081.
- Rasmussen, R.M., I. Geresdi, G. Thompson, K. Manning, and E. Karplus, 2002. Freezing Drizzle Formation in Stably Stratified Layer Clouds: The Role of Radiative Cooling of Cloud Droplets, Cloud Condensation Nuclei, and Ice Initiation, *J. Atmos. Sci.*, 59, 837-860.
- Texas A&M University, 2007, College Station, Texas