

182

T.C.
TARIM BAKANLIĐI
DEVLET METEOROLOJİ İŐLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

HİDROLOJİK GAYELER İÇİN ATMOSFERDE
MEVCUT NEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YAZAN

Profesör E. PALMEN

TERCÜME EDEN

ALİ HİKMET GÜREL
Fizik Yüksek Mühendisi

Ankara

1973

TEKSİR ATÖLYESİ (A.250) 9.73

DÜNYA METEOROLOJİ TEŞKİLATI
ULUSLARARASI 10 YENELİK HİDROLOJİK PROGRAM (IHD)

WMO/IHD Projeleri Üzerine Raporlar

HİDROLOJİK GAYELER İÇİN ATMOSFERDE MEVCUT
NEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazan

Profesör E. Palmán

Tercüme Eden

Ali Hikmet Gürel
Fizik Yüksek Mühendisi

Ankara

1973

Ö N S Ü Z

Uluslararası 10 senelik hidrolojik program (IHD) Dünyanın her tarafında elverişli su kaynaklarını yönetmek ve geliştirmek için önemle ihtiyaç duyulan malûmatları su araştırmalarına kazandırmakla büyük bir hizmette bulundu. Bu program su probleminin tabiatına hakikaten disiplinli bir şekilde tanıtılan bir programdır. Bağımsız araştırmacılara ve mühendislere, işbirliği ve fikir mübadelesi için sadece yeni fırsatlar temin etmekle kalmaz, aynı zamanda müşterek sahalarda çalışma imkânı hazırlar. Birleşmiş Milletler Eğitim İlim ve Kültür Teşkilâtı (UNESCO), IHD Tertip Konseyine ve bu programda mühim bir vazife alan, ki bunlardan biri WMO dur, Birleşmiş Milletlerin diğer bir kaç Ajansına sekreterlik temin etmek suretiyle bir tertip merkezi rolünü oynar.

Bu 10 yıllık programın gayesi ile yakinen ilgisi olan hidrometeorolojik faaliyetler, WMO tarafından geçmiste zaten ileriye götürülmüştü. WMO Teknik Komisyonu, daha ziyade Meteoroloji ve Hidrometeoroloji servislerinden kısmen diğer teşkilâtlar veya hidroloji ile iş yapan Üniversite bölümlerinden seçilmiş 66 memleketin 120 eksperini ile problemlerin münakaşası ve kılavuz materyallerin hazırlanması için fevkalâde formlar hazırlar. Komisyonun çalışma grupları tavsiyeler yapmakta ve ileri sürülen veya IHD programı ile yakın ilgisi olan önemli problemleri cevaplandırmakta aktif olarak iş görür. WMO bünyesinde mevcut diğer bir kaç teknik komisyon ve bölgesel kuruluşlar hidrolojistleri ilgilendiren vazifeler yüklenirler. Bu sebepten WMO Kongresinde (1963), IHD'nin önemi üzerinde ehemmiyetle durulması ve WMO'nun bu programda büyük bir rol oynadığına karar verilmesi hiçte şaşırtıcı değildir. WMO İcra Komitesi 10 yıllık programın tamamlanması için WMO tarafından yapılan yardımın aşağıdaki faaliyetlerle esaslı olarak özetlendirilmesine karar verdi :

1) Aletlerin ve gözlem metodlarının standartlaştırılması ile ilgili soruları ihtiva eden hidrometeorolojiye ait pratiklere kılavuzluk yapacak materyalin hazırlanması ve tevzif.

2) Hidrometeorolojiye ait temel şebekelerin ve ilgili servislerin kurulması ve genişletilmesi için WMO üyelerine yardım edilmesi.

3) Milletlerin kendilerine ait hidrometeorolojik malûmatları toplayıp diğer hizmetlerle beraber genişletmeleri için ihtiyaç duyulan insan gücünün eğitilmesi.

4) Hidrometeorolojik malûmatın geniş çapta yayınlanması ve araştırmalara yer verilmesi.

Bu yardım hidrolojistlerle doğrudan doğruya ilgisi olan bazı neşriyatın hazırlanması ile hemen başlatıldı. Bu neşriyatın en şümullüsü, WMO'nun "Hidrometeorolojik pratikler için kılavuz" adlı kitapçığı oldu. Bu kılavuz, hidrometeorolojik hizmetlerin organizasyonu, pratiklerin incelenmesi, rasat şebekesinin dizaynı ve malûmatın işleme tabi tutulup neşri gibi başlıca dört bölümden ibarettir. Hidrolojik analiz ve istidlâller, ayrıca su kaynaklarının ve akım kontrol problemlerinin çözümlü için analiz edilmiş malûmatın tatbikatları neşriyata ilâve edildi.

M.A.Kohler'in (Hidrometeoroloji Komisyonu Başkanı) "Hidrolojik Şebekenin Dizaynı", K.K. Linsley'in " Satih suyu kaynaklarına ölçmek için kullanılan teknik usuller" , aletler ve rasat metodları için WMO komisyonunun grup halinde bir çalışması olan " Evaporasyon ve Evapotranspirasyonun tahmini ve ölçülmesi" gibi bazı WMO teknik notlarında çok faydalı malûmat hidroloji sahasında çalışan uzmanlar için verildi.

IHD tertip konseyi, şimdiye kadar vaki olan iki oturumda, aralarında aşağıda yazılı esasların mevcut olduğu bazı 10 yıllık projeler için önderlik yapmak ve teknik sekreterliği deruhte etmek için WMO 'ya ricada bulundu:

" Hidrolojik denge için su buharı akı kıymetinin takdiri"

" Değişik coğrafik bölgelerde yağışa ait derinlik-süre-frekans ilişkileri "

" Düşen karın ve kar paketinin ölçülmesi"

" Düşen yağışın radarla ölçülmesi"

" Karasal kuraklığın saha ve istikameti"

Diğer birçok IHD projeleri için WMO'nun maddi yardımları, IHD tertip konseyinin bazı çalışma grupları tarafından teklif edildi.

WMO kongresinin ve İora Komitesinin kararına uygun olarak "WMO/IHD projeleri üzerine raporlar" diye isimlendirilen yeni bir WMO neşriyat serisi vasıtası ile WMO'nun Teknik Sekreterlik için deruhte ettiği veya diğer taraftan IHD faaliyetleri ile ilgisi olan bütün IHD projelerinin yürütülmesinden, IHD'nin Millî ve Milletlerarası programlarında vazife alan bütün uzmanların haberdar

edilmesinin uygunluğu incelendi. Bu raporların gayesi, negriyatın iç kapağına derç edilmiş motta isah edildi.

WMO negriyatı ile ilgili yeni serinin ilk kitapçığı Profesör E.Palmén tarafından hazırlatıldı.Hidrolojik gayeler için atmosferde mevcut nemin değeri değerlendirilmesi ile ilgili problemi çözerak fevkalâde yardımı dokunan Profesör Palmén'e , WMO adına minnettarlığımı ifade etmekten büyük bir memnuniyet duyduğumu belirtmek isterim.

D.A.DAVIES

Genel Sekreter

HİDROLOJİK GAYELER İÇİN ATMOSFERDE MEVCUT
NEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir Başlangıç Raporu

E. Palmén

Finlandiya Akademisi
Helsinki Üniversitesi
Meteoroloji Bölümü

1. DÜNYA VE ATMOSFERİN SU DENGESİ

Dünyanın su dengesi umumiyetle şu formülle ifade edilir :

$$P - E = R_e + S_e \quad (1)$$

Burada P.yağıışı, E Evapotranspirasyonu, R_e Nehir debisini ve S_e yüzeyde, toprakta, toprak altında biriken su miktarındaki değişmeyi gösterir. (1) denklemindeki bütün ifadeler birim sahaya birim zamanda düşen miktarlardır. Hidrolojide bu ifadeler umumiyetle dünyanın çeşitli bölgelerinde uzun periyodlar için kıy-
metlendirilir. En iyi bilinen değerler P ve R_e dir. Halbuki E ekseriye S_e nin nisbeten küçük farzedildiği uzun periyodlarda P ile R_e arasındaki farktan hesap edilir. Göller, Nehirler, toprak, kar v.s. de birikmiş su miktarındaki değişme-
ler oldukça tatmin edici bir şekilde ölçülebilir. Bununla beraber toprak altın-
da birikmiş su miktarındaki değişmeyi ölçmek oldukça zordur. Tam bir su dengesi için, çevrenin tesiri ile toprak altındaki suyun mübadelesi S_e ifadesi içersin-
de mevcuttur.

Su ile örtülü bölgeler için (1) denklemindeki terimlerin hesabına ait problemler farklılık gösterirler. Deniz bölgeleri için P ekseriye çok sıhhatli hesap edilemez ve aynı şey $R_e + S_e$ toplamı için de söylenebilir. Ters olarak deniz ve atmosfer arasında su mübadelesi için verilmiş ampirik formülleri kullanmak suretiyle oldukça sıhhatli olarak E hesaplanabilir. Bundan dolayı, su denge problemi deniz bölgelerinde karadakinden oldukça farklıdır.

Benzar bir denklem atmosferin su dengesi için çıkartılabilir.

Denge şu formülle ifade edilir :

$$E - P = R_a + S_a \quad (2)$$

Burada R_a atmosferde mevcut katı, sıvı ve buhar halindeki suya ait dış akımı (outflow), S_a atmosferin aynı kısımlarındaki toplam suyun değişme miktarını gösterir. (1) ve (2) denklemlerini birleştirmek suretiyle dünya ve atmosferin bütün sistemleri için şu aşağıdaki şekilde bir denge denklemi elde edebiliriz :

$$S_e + S_a = -(R_e + R_a) \quad (3)$$

Farklı şekillerdeki atmosferin toplam su muhtevası nisbeten küçüktür. Coğrafik duruma ve mevsime bağlı olarak tahminen 2 ilâ 45 Kg/m^2 veya 2 ilâ 45 mm. arasında değişir. Bundan dolayı uzun periyodlarda su muhtevasındaki değişme yani S_a , yerdeki su miktarı S_g ile mukayese edilirse daha küçüktür. Daha uzun periyodlar için aşağıdaki yaklaşık formül muteberdir :

$$S_e = -(R_e + R_a) \quad (4)$$

Daha önce zikredildiği gibi, S_g yüzeyde, toprakta ve toprak altında biriken su miktarındaki değişmeyi ve ayrıca toprak altı debisini gösterir. Şayet toprak altı su miktarı ile toprak altı debisinin toplamı S_{eg} ile ve yüzeydeki ve toprak üstündeki değişme miktarı S_{eo} ile gösterilirse yukarıdaki ifade şu şekli alır :

$$S_{eg} = -(R_e + R_a + S_{eo}) \quad (5)$$

Bu formül toprak altındaki su miktarında, suyun toprak altı mübadelesinde, yüzeyde ve toprak üstündeki su miktarının bilinmesinde değişme miktarının tahminine yarar. Yukarıdaki formül R_e , R_a ve S_{eo} 'nun kafi derecede bilindiği uzun periyodlarda oldukça geniş bölgelere tatbik edilirse faydalı olabilir.

Hidrolojik gayeler için (1) ve (2) denklemlerinin faydası aşikârdır. Çünkü bu denklemler yağış ve evapotranspirasyon arasındaki farkın hesabında iki müstakil çözüm yolu verirler. Birincisi olan "Hidrolojik Metod" run-off' dan ve yeryüzü tabakalarında biriken su miktarındaki değişmeden giderek bu farkın hesabını mümkün kılar. Halbuki, diğeri olan "Aerolojik Metod" çeşitli şekillerdeki suyun atmosferik akısından (flux) ve atmosferdeki toplam su muhtevasının değişmesinden hareket ederek bunu yapmağa çalışan bir çözüm yoludur. Hidrolojik metod daha ilerde münakaşası yenılmağa ihtiyaç duyulmayacak kadar bilinen bir metoddur. Aerolojik metod sadece son zamanlarda bir tamamlayıcı metod olarak kuruldu ve henüz tamamen tetkik edilmedi. Onun pratik faydası, atmosferik su dengesini kurmak için, gerçekten sıhhatli olarak atmosferde mevcut nemin değerlendirilmesindeki imkan nisbetine bağlıdır. Bu imkan, aşağıda kısmen önceki mütaalealarla aynı sırada sırası gelince münakaşa edilecektir.

2. ATMOSFERİK SU DENGESİ İÇİN FORMÜLLER

Birim hava kütlesi başına su buharının tekasüf oranı, q spesifik rutubetin azalmasına eşittir. Şayet tekasüf eden suyun yağış gibi havadan derhal ayrıldığını farzederseniz (şüpheşiz tam manasıyla kabulü mümkün olmayan bir faraziye) birim kütle başına yağış oranı şöyle ifade edilir:

$$P_i = - \frac{dq}{dt} \quad (6)$$

(6) denkleminin genişletilmesi ile

$$P_i = - \frac{\partial q}{\partial t} - \nabla \cdot \nabla q - \omega \frac{\partial q}{\partial p}$$

elde edilir.

Burada ∇ ufki rüzgâr rektörünü ve ω basınç tertibindeki ($\omega = \frac{dp}{dt}$) dikey rüzgâr bileşenini gösterir. Denklem devam edilerek P_i için ifade şu şekilde yazılır :

$$P_i = - \frac{\partial q}{\partial t} - \nabla \cdot q \nabla - \frac{\partial q \omega}{\partial p} \quad (7)$$

Şayet (7) denklemini yerdeki basınç (P_0) ve atmosferin tepesindeki basınç ($P = 0$) aralığında integre edilirse, birim saha başına toplam P yağış oranı

tariflenmiş olur. Bununla beraber, netice sadece atmosfere su ilâve edilmediği takdirde doğrudur. Şayet birim sahadaki evapotranspirasyon oranı E , denkleme ilhak edilirse, atmosferik su dengesinin ifadesi şu şekilde olur:

$$E - P = \frac{1}{g} \int_0^{P_0} \frac{\partial q}{\partial t} dp + \frac{1}{g} \int_0^{P_0} \nabla \cdot q \sqrt{dp} \quad (8)$$

Böylece (7) denklemindeki son terim integrasyondan sonra kaybolur.

(8) denkleminde sağdaki ilk terim birim saha ve birim zamandaki su buharı muhtevastaki değişmeyi verir. Halbuki ikinci terim ufki su buharı akısının diverjansını gösterir.

$$\text{Şayet} \quad W = \frac{1}{g} \int_0^{P_0} q dp, \quad \vec{Q} = \frac{1}{g} \int_0^{P_0} q \sqrt{dp} \quad (9)$$

yazarsak, burada W birim sahadaki atmosferde mevcut su buharı muhtevastını (ekseriyetle " terassüp edebilen su " diye isimlendirilir).ve \vec{Q} , integre edilmiş su buharı akısını gösterir. (8) denklemi şu şekilde yazılabilir :

$$E - P = \frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{Q} = R_a \quad (10)$$

Aerolojik (hava ile ilgili) rasatlar çoğunlukla belli sinoptik saatlerde, günde bir veya iki defa yapılan, sadece mahdut sayıda istasyonlar için uygunluk gösterirler. Bu sebepten (8) ve (10) denklemlerindeki ilk sağ terimler doğrudan doğruya rasatlardan değerlendirilemezler. Bundan başka, aerolojik malûmatlar umumuniyetle sadece standart seviyeler için yayınlanır. Çoğunlukla iki bileşenli olarak (meselâ: zonal bileşen ve meridyenel bileşen) değerlendirilen integre edilmiş akının, bu sebepten sabit seviyelerde uygun malûmatlardak hesap edilmesi icabeder. Bu ahval sebebiyle, ve keza münferit rasatlardaki hatalar yüzünden bir kimse sadece muayyen sinoptik bir zaman için seçilmiş istasyonlarda $E - P$ için kafi derecede tatminkâr değerleri güçlûkle elde edebilecektir. Formülün, bu sebepten mümkün olduğu kadar bu gibi hata kaynaklarını ayıklamak için, kafi derecede uzun periyotlarda ve geniş sahalarda tatbiki kabil olacaktır. Şayet uzun periyotlar için zaman ortalamaları ifadeler üzerine konulan çizgilerle gösterilirse (10) denklemindeki ilk sağ terim çok

küçük olur ve güvenilir bir doğrulukla

$$\bar{E} - \bar{P} = \nabla \cdot \bar{Q} \quad (10')$$

elde edilir.

Formülün bu basit şekli, şayet \bar{Q} taşıma faktörü bilinirse $\bar{E} - \bar{P}$ dağılımını verir. Aeroloji istasyonların nisbeten seyrek olması yüzünden $\bar{E} - \bar{P}$ dağılımının bütün taferruatı ile bilinebilmesi için \bar{Q} sahasının doğru olarak ölçülmesi mümkün değildir. Bununla beraber, aynı miktarların ortalama saha değerlerini elde etmek istersek ihtimal oranı daha fazladır. Şayet, parantezler böyle ortalama değerleri gösterirse şöyle yazabiliriz :

$$[E] - [P] = \frac{1}{g} \int_0^P \frac{\partial [q]}{\partial t} dp + \frac{1}{g} \int_0^P [\nabla \cdot q] dp \quad (11)$$

veya

$$[E] - [P] = \frac{1}{g} \int_0^P \frac{\partial [q]}{\partial t} dp + \frac{L}{Ag} \int_0^P \widehat{q \cdot n} dp \quad (12)$$

Burada A sahaya, L, A çevresinin toplam uzunluğunu ve usatma işareti çevre etrafında dışarıya doğru nem akısının ortalama değerini gösterir.

Integral değerlerinin sadece sinoptik zamanlar için verilmesi nedeni ile, belli periyodlar için $[E] - [P]$ nin ortalama değeri, hem sinoptik değerlerin ortalaması alınarak ve hem de herbir istasyon için ortalama zaman değerleri kullanılarak elde edilir.

(11) ve (12) denklemlerindeki ilk sağ terimler uzun periyodlarda ihmal edilebilirler. Bu takdirde ortalama evapotranspirasyon ve yağış arasındaki fark şöyle ifade edilebilir :

$$[\bar{E}] - [\bar{P}] = \frac{1}{g} [\nabla \cdot \bar{Q}] \quad (13)$$

$$\text{veya} \quad [\bar{E}] - [\bar{P}] = \frac{L}{Ag} \widehat{Q_n} \quad (14)$$

olur, burada Q_n sabit bir sınır değerindeki integrale edilmiş su buharı akımını (flux) ve usatma işareti toplam L uzunluğu ile bütün sınır boyunca alınmış ortalama değeri gösterir.

Nevout su buharının diverjansı, sonlu farklar metodu kullanılmak sureti ile sabit grid noktalarındaki değerlerden hesap edilebilir. Sonlu enlem ve boy-

lamaların kesime noktaları grid noktaları olarak seçilir. Zonal ve meridyonel akı değerleri Q_λ , Q_φ ile gösterilirse diverjans ifadesi şöyle olur :

$$\nabla \cdot \vec{Q} = \frac{1}{a \cos \varphi} \left[\frac{\partial Q_\lambda}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \varphi} (Q_\varphi \cos \varphi) \right] \quad (15)$$

Burada a , yer yarı çapıdır, halbuki λ ve φ sıra ile boylam ve enlemi gösterirler.

(12) veya (14) denklemlerinin kullanılması, uygun aerolojik istasyonlarla bir poligon teşkil edecek şekilde A' nin sınırını tesbit etmek bakımından elverişli olur. Böylece, poligonun her bir kenarına dik olan akının ortalama değeri grafik olarak sınırdaki Q_λ ve Q_φ dağılımından tariflenebilir. Şayet ortalama zaman değerleri herbir istasyon için hesap edilecek olursa normal akı, poligon kenarlarının uçlarında bulunan iki istasyona ait değerlerin ortalaması gibi alınabilir. Sık sık lokal rüzgârla karıştırılan ve böylece tamamen o bölgeyi temsil etmeyin gerçek rüzgâr değerlerini kullanmaktansa jeostrafik rüzgârları kullanmak yerinde olur. Karakteristik bölgelerde, meselâ , rüzgârın kuvvetli olarak dağların tesiri ile (orografi ile) etkilendiği yerlerde, jeostrafik metodun bir önceki metottan daha faydalı olması gerekir. Bununla beraber, jeostrafik metod neticeler üzerinde gözle görülebilir tesirleri olan sistematik hatalar doğurabilir. Jeostrafik metodun eksik tarafları hakkında bir fikir edinmek için burada bir teğebbüs yapılacaktır.

(8) denklemini aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$\bar{E} - \bar{P} = \frac{1}{g} \int_0^P \bar{q} \nabla \cdot \vec{v} dp + \frac{1}{g} \int_0^P \bar{q} \nabla \cdot \vec{v}' dp + \frac{1}{g} \int_0^P \vec{v} \nabla q dp \quad (16)$$

Burada ifadeler üzerindeki çizgiler ortalama zaman değerlerini ve bunlardan olan sapmaları gösterirler. $\nabla \cdot \vec{v}'$ nü ihtiva eden terimler jeostrafik rüzgârlardan hesap edilemezler. Keza, sağdaki ilk terimin çok küçük olduğu dikkate alınırda $\vec{v} \nabla q \approx 0$ olur ve ikinci terim sistemli olarak bir tesir icra edebilir. Daha sonra göreceğimiz gibi, su buharı akısı spesifik rutubetin yüksek atmosfere nazaran daha büyük olduğu alçak atmosfer seviyelerinde geniş miktarda hapsedilir. Bu alçak atmosferde (500 mb. den daha aşağı) aşağı-seviye diverjansı (antisiklonik durum) supsidans ve aşağı -seviye konverjansı (siklonik durum) ile birleştiğinden dolayı ortalama üzerinde q ve $\nabla \cdot \vec{v}'$ nün negatif yönde korelasyon kurdukları görülebilir. Böylece nem akısının hesabı için jeostrafik

rüzgârları kullanmadan, gerçek rüzgâr değerlerinden giderek alt seviyelerde E - P farkını (16) denkleminde hesaplayabiliriz. Şüphesiz bu netice, son terimde uygun bir değişiklik yapılmak suretiyle fark ortadan kaldırılmadığı takdirde ancak doğru olur.

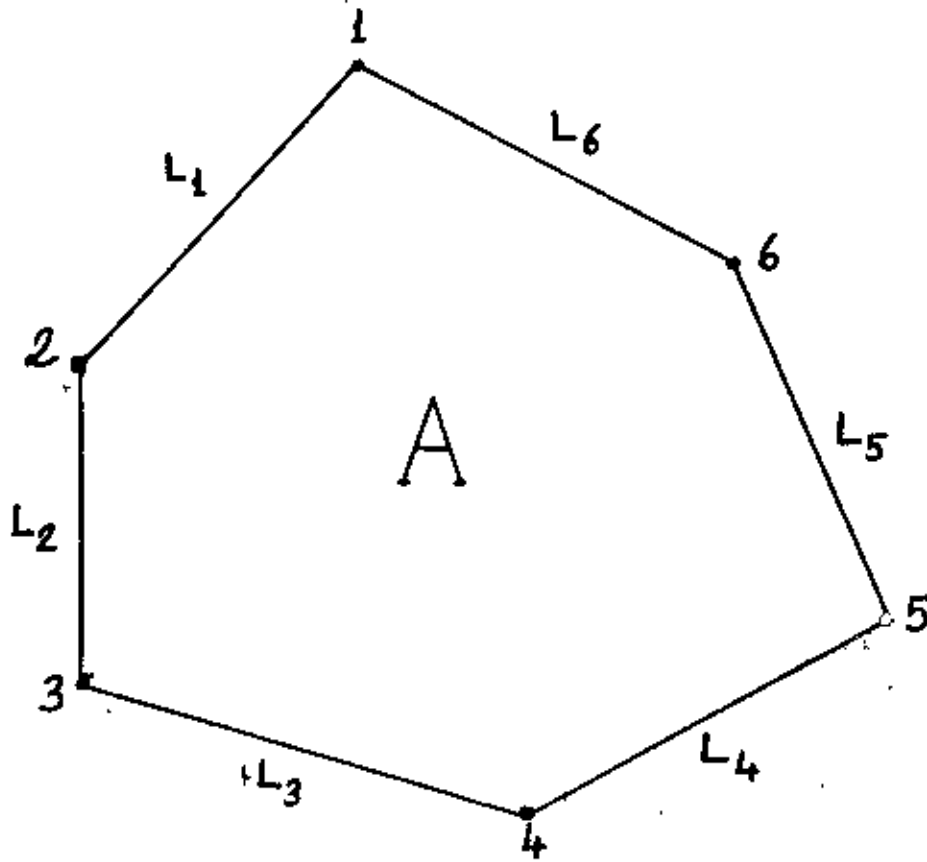
Jeostrafik metodda ortaya çıkan sistematik hataların herhangi bir delilini göstermek çok zordur. Son zamanlarda Nyberg (1965), jeostrafik metodun tatbiki sırasında q ve $\nabla \cdot \mathbf{V}$ arasında herhangi bir sistematik korelasyon kurmuş değildir. Sadece aktüel rüzgârları kullanmak için jeostrafik metodun tercih edilmesinin daha iyi olacağını ortaya koymuştur. Bununla beraber, hiç olmasa şiddetli yağışların olduğu sinoptik durumlarda (siklonlar) bunu göstermek kolaydır. Yağışın ekseriyetle aşağı seviyelerdeki mevcut nemden ileri gelen jeostrafik iç akımlardan hasil olduğu yerde, jeostrafik rüzgârın kullanılması tatmin edici olmaktan uzaktır. Mümkün olan en basit durum olarak yağış miktarının nemin radyal iç akımından hesaplandığı yeri yarı simetrik tropikal bir siklon olarak seçebiliriz. Bu ekstrem durumda şayet jeostrafik rüzgâr (veya gradiyent rüzgâr) gerçek rüzgârın yerini alırsa, radyal iç akım (radial inflow) kaybolur.

Bununla beraber mesele henüz tam olarak çözülmüş değildir ve bazı durumlarda jeostrafik rüzgârlar daha iyi neticeler verebilir. Çünkü geniş bir bölgede sadece bir kaç istasyondan temsil edici rüzgâr malûmatlarının elde edilmesi zordur. Mesele daha sonra evvelki hesaplamalarda ortaya çıkan bazı neticelerin kritikleri yapılarak münakaşa edilecektir.

A sahasını içine alan atmosferin herhangi bir bölgesindeki su buharının net jeostrafik dış akımını (outflow) veren ifade, aşağıdaki tarzda çıkarılır. Jeostrafik dış akım şöyle verilir :

$$\frac{1}{g} \int_0^{P_0} \oint q \omega_{ng} dL dp = \int_0^{P_0} \oint \frac{q}{f} \frac{\partial Z}{\partial L} dL dp \quad (17)$$

Buradara f koriolis parametre ve Z bir izobarik yüzeyin yüksekliğidir. İfade, şayet q , f ve Z biliniyorsa hesaplanabilir. Aerolojik istasyonlar bir poligonla birleştirilebilir. (şekil-1) ve yukarıdaki değerler poligon köşelerine yerleştirilip q_1 , f_1 ve Z_1 ile işaret edilirse (12) denklemi yaklaşık olarak şöyle yazılabilir:



Şekil. 1- A sahasını içine alan bir bölgedeki su buharı net dış akımını hesap etmeye yarayan metodu gösteren A çenatik poligonu.

$$[E] - [P] = \frac{1}{g} \int_0^{R_0} \frac{\partial [q]}{\partial t} dp + \frac{1}{A} \sum_{i=1}^N \int_0^{R_0} \frac{(Z_i - Z_{i+1})(q_i + q_{i+1})}{f_i + f_{i+1}} dp \quad (18)$$

Burada $i = N$ için $i + 1 = 1$ olur. Bu formülün teşkili için poligon kenarları boyunca sıralanan miktarların lineer olarak değiştiği farsedilecektir. Üzel hallerde bu faraziye çüphesiz doğru çıkmas. Fakat miktarlar, uzun periyodlar ve poligon kenar uzunlukları çok büyük olmadığı zaman, ortalamalarla yer değiştirirse, formül jeostrafik tahmini kabul ettirebilecek kadar tatmin edici bir yaklaşım verir. (18) denkleminin son terimindeki toplam ifadesi, poligonun L_1 kenarı boyunca toplam jeostrafik dış akısını (outflux) gösterir. (14) denklemindeki sembolleri kullanmak suretiyle jeostrafik rüzgâr için

$$[E] - [P] = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^N \int_0^{R_0} \frac{(Z_i - Z_{i+1})(q_i + q_{i+1})}{f_i + f_{i+1}} dp \quad (19)$$

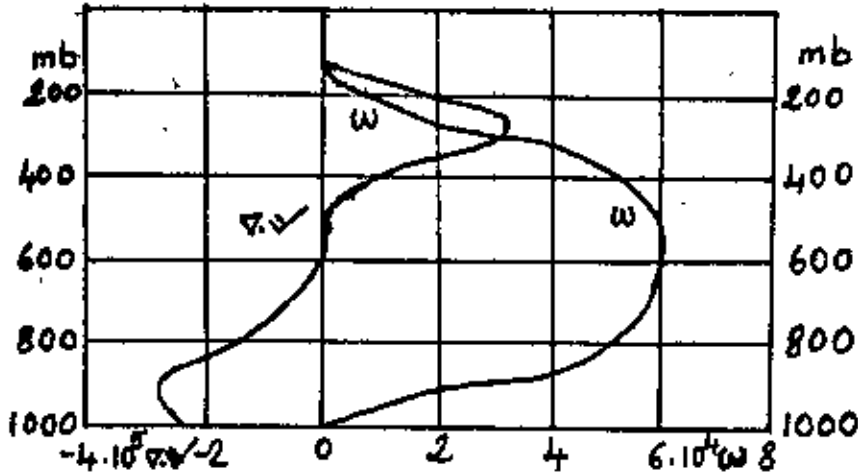
Gerçek rüzgârlar için

$$[E] - [P] = \frac{1}{2A_g} \sum_{i=1}^N L_i (\bar{Q}_{n,i} + \bar{Q}_{n,i+1}) \quad (20)$$

Eds ederis.

İntegre edilmiş akının ortalama diverjansı poligon sınırları içinde tarif edilmişse, (13) ve (14) denklemlerine bakarak (20) denkleminde de aynı neticeye ulaşılacağı söylenebilir.

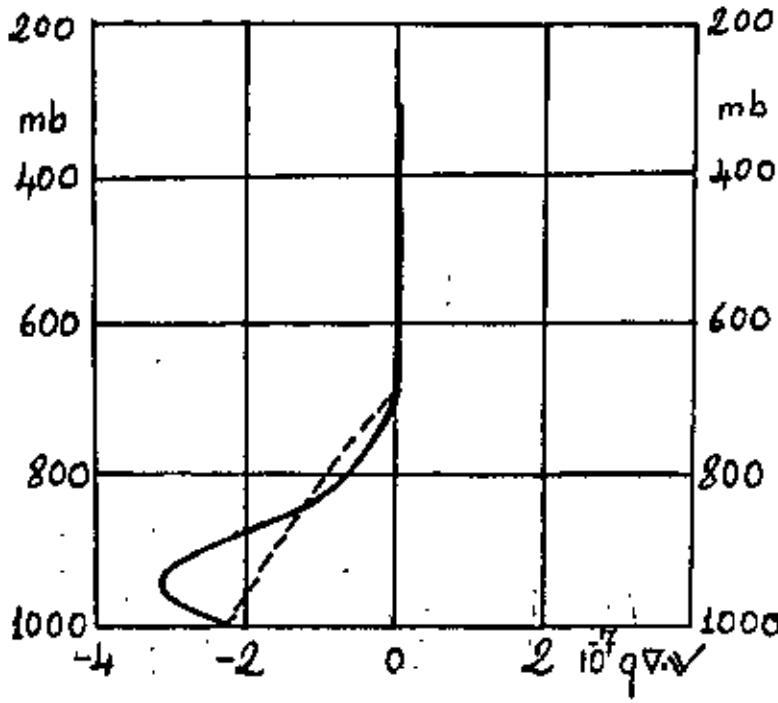
q'nun dikey yönde hisla azalması nedeni ile, integrasyon üst sınırını atmosferin tepesine kadar götürmeye lüzum yoktur. Kolayca gösterilebilir ki ; toplam nem akısının büyük bir kısmı yerle 400 veya 500 mb. arasındaki tabakada hasıl olup ve ağı integralinin sınırı troposferin alt bölümüne kadarsa, önemli hataların meydana çıkmasını icabettirecek fazla miktarda durumlar mevcut değildir. Bu hadise hem rüzgâr hızlarının umumiyetle troposferin üst kısımlarında tesbit edilmesi gerçeğine rağmen doğrudur. Şekil : 2 siklonik bir bölgede karakteristik rüzgâr diverjansını ve düşey hızı, şekil : 3 ise q'nun orta-



Şekil: 2- Bir siklonun rüzgâr diverjansının ve dikey hızının ($w = \frac{dp}{dt}$) A şematik dağılımı .

İnşa düşey dağılımı için $q \nabla \cdot v$ ifadesinden hesap edilmiş nem konverjansını gösterir. Aşağı seviye diverjansı için (antisiklonik durum) toplam nem diverjansının fazlası mutabakat yönünden atmosferin alt kısmında hapsedilecektir. $\nabla \cdot q$ ifadesinden hesaplanmış toplam nem konverjansı veya diverjansı için netice kuvvetli yüksek rüzgârlara rağmen çok farklı olacaktır.

Şekil 3 de kesik çizgiler, şayet toplam nem konverjansı trapezoidal kaide kullanılarak 1000, 850, 700, 500 ve 400 mb.lik standart izobarik seviyelerdeki değerlerden hesap edilmişse muhtemel hatayı gösterir. Bu şematik du-



Şekil : 3- Bir siklonda nem konverjansı ($qV.V$) ve bunun hesabı için trapezoidal kaidenin kullanılması.

runda, kesik olmayan eğriden tarif edilmiş nem konverjansının takriben % 20 si hariç tutulmalıdır. Sinoptik teorübelere göre bu eğri bir dereceye kadar yerin yukarısında (950 mb. civarında) nemin en kuvvetli konverjansına gösterir. Bu sebepten umumiyetle 1000 mb. ile 850 mb. arasındaki standart olmayan izobarik seviyelerin geçirilmesi hatalı bir harekettir. Trapezoidal kaidenin kullanılması ile ortaya çıkan muhtemel hataların ortalamasını tahmin etmek zordur. Bu şartlar altında bu hatalar kabili ihmal olamazlar.

Hatanın diğer kaynağı üzerinde de ehemmiyetle durulacaktır. Evvelki tartışmada sıvı ve katı haldeki suyun naklini incelemek için bir araştırma yapılmadı. Bazı özel durumlarda, meselâ; sınırlanmış sahalara ait sinoptik çalışmalarında, bulutlardaki su mevcut toplam nemin bir parçasını temsil edebilir. Şayet mevcut nemin diverjansına ait ortalama değerler kullanılmışsa, daha geniş sahalarda için bulutlardaki suyun ihmal edilmesi ihtimal dahilindedir. Fakat yine de kuvvetli orografik tesirle tekâsüfiyet kazanmış sahalarda mevcut olabilir ve sistematik hatalar bu kaynaktan ortaya çıkabilir.

Aerolojik metodungüvenilir bir metod olmasına aynı bölgedeki run-off'a ait hidrolojik ölçülerin mukayesesi neticesinde karar verilebilir. (4) denklemi ile verilen, S_e su depolama miktarındaki değişme çok büyük pozitif ve negatif değerlere sahip olduğu ve R_e ölçülerine itimat edilebildiği takdirde, R_e değeri (atmosferik akı diverjansına eşit) dikkate alınmalıdır. Şayet (5) denklemi ile belli olan S_{eg} , R_e ve S_{eo} ölçülerinin güvenilir olmasına rağmen nümerik olarak büyük bir değere sahipse bu takdirde özel bir durum mevcut demektir.

Hidrolojik gayeler için atmosferik nemin kullanılması, tamamen aerolojik malûmatlar yardımı ile doğru olarak su buharı - akısının hesabına bağlıdır. Metodun pratik tatbikatları onun faydalı olduğunu gösterebilir. Aşağıda, elde edilen neticelerin tartışmaları yapılacaktır. İşlemin bazı tetkikleri için sınırlandırılmış olması icabeder.

3. SİNOPTİK DURUMLARDA ATMOSFERİK SU DENGESİ

Sinoptik durumlarda E-P farkını hesap etmek için kiemen bazı teğebbüsler yapıldı. Önceki tartışmadan açık olarak görüldüğü gibi, tatminkâr neticeler ancak nem-akı diverjansını doğru olarak hesap etmek mümkün olduğu takdirde elde edilebilir. Mademki, sinoptik durumlarda atmosferde mevcut su buharı miktarındaki değişme gözlenebiliyor, ve doğrudan doğruya belli bir sinoptik saatte ölçülemiyor, o halde rasat frekansına uygun olan bir zaman aralığı süresince E-P nin ortalama değerinin kullanılması icabeder. Keza, işlem kafi derecede geniş bir saha üzerinde yapılmalıdır. Çünkü belli bir noktada ve verilmiş bir zamanda yağış şiddeti umumiyetle o yeri temsil etmez. Bununla beraber, akının ortalama diverjansı, t sinoptik zamanında sınırlı bir saha için hesap edilirse netice, t zamanı civarında bir zaman aralığı boyunca, E-P nin ortalama saha değeri ile mukayese edilebilir. Bu durumda (11) veya (12) denklemlerindeki ortalama su buharı miktarındaki değişme (t-1) ve (t + 1) sinoptik zaman aralığında q değerlerinden tahmin edilebilir.

Bu metod Bradbury (1957) ve Palmén ve Holopainen (1962) tarafından siklonik faaliyetler üzerinde uygulandı. Bu durumlarda buharlaşmanın özel şartlar altında ihmal edilebilir olduğu farzedildi ve rasat edilmiş ortalama yağış

ile, hesapla bulunan yağış arasında tam bir uyuma hasıl oldu. Palmén ve Holopainen tarafından tahkik edilmiş özel durumlarda siklonik sahadaki ortalama yağış 6 saatlik periyod için 7.6 mm. ye yükseldi. Halbuki, hesapla bulunan bu miktar 7.4 mm. idi.

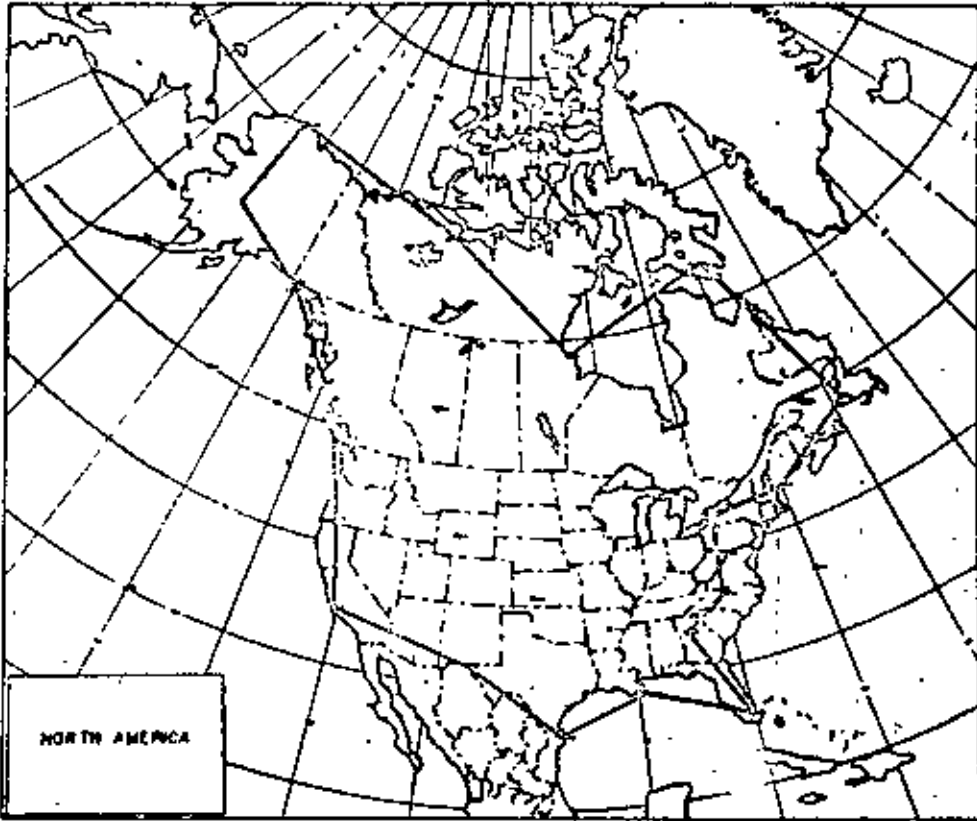
Üç değişik fırtına için, Bradbury 0.59 mm/h olarak ölçülmüş bulunan miktarla bir karşılaştırma yapmak için, yağışı hesap etti ve 0.89 mm./h buldu. Aradaki farkın büyük olduğu görüldü. Hesap ve gözlem neticesinde ortaya çıkan bu fark, katı ve sıvı haldeki atmosferik su naklinin oldukça büyük bir tesir yaptığının delilidir. Bununla beraber sinoptik gayelerin tamamıyla yerleştirilebilmesi için, metodun pratik faydalarından önce, daha fazla, araştırmalara ihtiyaç vardır. Açıkâr olarak görülür ki münferit sinoptik durumlar için, su dengesi hesapları kısmen tesadüfi karakterdeki büyük hatalara marus kalır. Şiddetli yağış ve önemsiz buharlaşmalar ihtiva eden siklonik durumlarda, yağış miktarı siklonik bölgedeki ortalama nem akısından sıhhatli olarak hesabedilebilir. Az veya hiç yağış almayan diğer sinoptik durumlarda $[E] - [P]$ farkı veya akının ortalama diverjansı birkaç mm/gün büyüklüğünden öteye geçmez. Böyle durumlarda, çeşitli tiplerdeki tesadüfi hatalar ve su buharı miktarının tahmininde ortaya çıkan zorluklar, neticeler üzerinde bir takım suallerin doğmasına sebep olurlar. Diğer taraftan spesifik sinoptik durumdaki atmosferik su dengesi, aynı tipin birçok spesifik durumları ile karşılaştırıldığı takdirde, muhtemelen tatmin edecek şekilde kurulabilecektir. Bu çeşitli sistematik çalışmalar, aerolojik metodun doğruluğu hakkında son bir hükme varmak için bir değer taşıyacaktır.

Çeşitli hata kaynakları hakkında ve atmosferik su dengesi için su buharı akısının imkân nisbetinde kullanılmasına ait bir referans, Huthings (1957) tarafından verildi ve içerisinde metodun pratik faydası ve ortaya çıkan çeşitli hatalar adanakillî tartışıldı. Burada hataların çeşitli tipleri üzerinde sistematik olarak durulması mümkün değildir. Fakat bazıları aşağıdaki tartışmada zikredilecektir.

4. UZUN PERİYODLARDA VE GENİŞ BÖLGELER İÇİN BAZI HESAPLAMALAR

Hidrolojik gayeler için atmosferde nevout namin hesabı ile ilgili

ilk teğebbüs muhtemelen Bento ve Estoque (1954) tarafından yapıldı. Bu çahis-
 lar 400 mb. lik seviyeye kadar integre edilmiş akıyı inceliyerek jeostrafik
 metodu kullanarak 1940 yılının her ayı için şekil 4 teki poligonun kenarları
 boyunca akıyı hesapladılar. Şekil 5 bütün bu... sahada hesaplanmış aylık eva-
 potranspirasyon'nu ve rasat edilmiş aylık ortalama yağışı gösterir. [E] ve [P]
 nin aylık değerleri arasındaki fark m^2 'ye inç olarak ölçülmüş, bütün bölge
 için net nem akı diverjanslarını verir. Mayıs'tan Ağustos'a kadar birim saha
 başına 1.8 inç'lik bir miktar atmosferden kaybedildi. Yıl için net denge
 4.5 inç'lik bir kayıp gösterir. Zaman periyodu boyunca su miktarındaki mümkün
 olan değişme ihmal edilirse yukardaki değer yıl boyunca ortalama run-off de-
 ğerine uygun olur. Benton ve Estoque keza bölgedeki ortalama run-off'u 7 inç
 olarak tahmin ettiler.



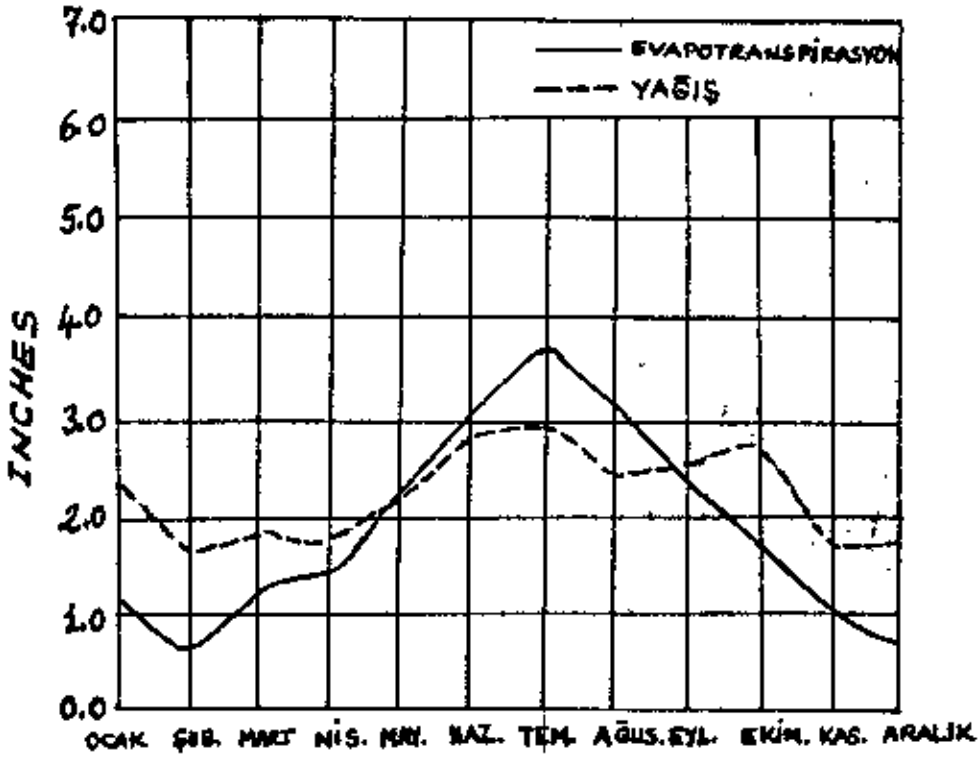
Şekil. 4 — Atmosferik nem akısının hesabı için Benton ve Estoque tarafından kullanılan saha.

Benton ve Estoque'a göre ortalama yağışın, run-off'un ve atmosferik subuharı akısının tahmininde, ortaya çıkan muhtemel hataların limitleri mutabakat halindedir. Run-off'un hesap edilmiş değeri nehirlerde tahmin edilen su debisinden 2.5 inç daha aşağıdır. Aradaki fark 7 inçlik değerin % 36' sı kadardır.

Bu fark, jeostrafik akıdan hesaplanmış net su buharı dış akımının (outflow) bir dereceye kadar çok büyük olduğunu gösterir. Gerçek rüzgâr rasatlarından hesaplanmış akının yerine jeostrafik akının kullanılmasının tenakuzlara sebep olup olmayacağına henüz karar verilemez. Bununla beraber, (16) denkleminin daha önceki tartışması jeostrafik metodu kullanmakla, net rutubet dış akımı veya evapotranspirasyon için tahminlerin üstünde neticeler alınacağına işaret eder. İncelemeler aerolojik metodun kullanılmasıyla yeryüzünün su dengesi için mantıki neticeler elde edilebileceğini gösterir.

Böylece verilmiş bir raporda, Hutchings (1957) İngiltere'de Liverpool Hensey, Crawley ve Camborne gibi aerolojik istasyonlarla çevrili, yaklaşık olarak 9×10^4 kilometre karelik 4 köşe bir saha üzerinde, Temmuzdan 1954 Ağustosuna kadar olan (ağustos dahil) periyod boyunca su buharı akısını ve onun diverjansına hesapladı. Hesaplama için bütün rutubet rasatlarını ve 350 mb.'a kadar olan yüzeydeki rüzgârları kullandı. Nemin kıymetlendirilmesinde sadece 50 mb.'lık standart seviyelerin kullanılması ve İngiltere'deki rüzgâr rasatlarının güvenilir olmasının nazarı itibare alınması nedeniyle, Hutchings' nin neticelerine çok itimat edilir, birgöze bakılabilir.

Hutchings'e göre üç aylık tam periyod için ortalama akı diverjansı 8 gr/cm^2 ye veya 80 mm. ye erişti. Aynı zamanda ölçülmüş ortalama yağış 290mm. ve tahmin edilmiş evapotranspirasyon 230mm. civarında oldu. Tam periyod için atmosferdeki su buharı miktarındaki değişme 10 mm. lik şaşırtıcı derecede büyük bir değer olarak hesap edildi. Tam bir denge için tahmini evapotranspirasyonun böylece 230 mm. den 220 mm. ye düşürülmesi icap etti. Bu azaltma atmosferik nem naklinden giderek evapotranspirasyonu hesap etmenin hiç olmasa diğer metodlarla yapılan hesaplama kadar tatminkâr olduğunu gösterdi.



Şekil. 5 - 1949'da (Benton ve Estoque'dan sonra) Kuzey Amerika için evapotranspirasyon ve yağış grafiği.

Bir bütün olarak, Hutchings'in hesapları gösterdiği şayet yoğun bir istasyon şebekesinden alınan aerolojik malûmatlar uygunluk arzederse, aerolojik metod I den 3 aya kadar olan bir periyotta, uygun bir saha üzerinde $[E] - [P]$ farkının hesabı için diğer metodlarla elde edilmiş değerlerle mukayese edilebilecek kadar iyi neticeler verir. Böylece aerolojik metod (4) denkleminde su miktarındaki değişmeyi gösteren S_0 'nin ve (5) denkleminde yeraltı su miktarındaki değişme olan S_{eg} 'nin tahminlerini mümkün kılacaktır.

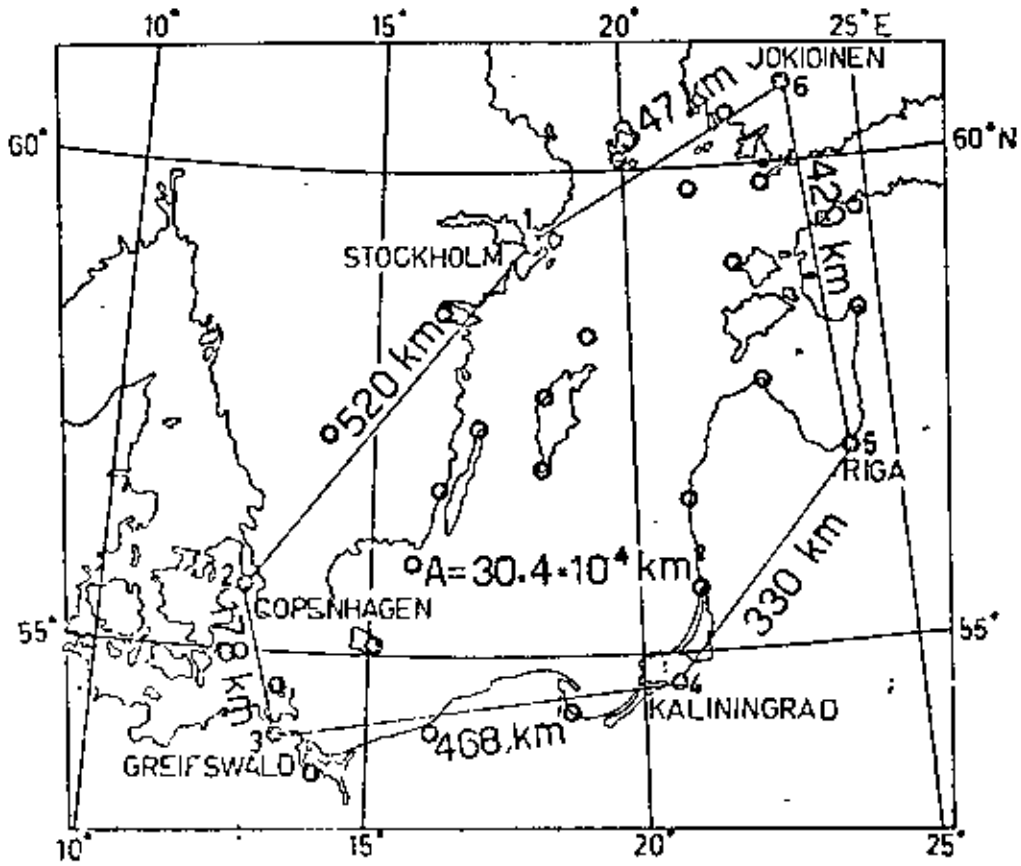
Şekil. 6 da poligonla gösterilmiş Baltık bölgesi için Palmén ve Söderman (1966) bütün bir senenin (1. Ekim 1961 ile 30 Eylül 1962) atmosferik su dengesi için benzer bir hesaplama yaptılar. Bu hesaplamada şe -

kilde işaret edilmiş 6 aeroloji istasyonu kullanıldı. Toplam saha 30.4×10^4 km² idi ve bu sahanın %77 si sularla kaplıydı. Araştırmanın gayesi denizlerden olan buharlaşmayı hesap etmek ve diğer metodlarla bulunmuş buharlaşma değerleriyle neticeleri mukayese etmektir.

Hesaplama (I2) ve (I8) denklemleri kullanılarak, gerçek rüzgâr malûmatları ve jeostrafik rüzgârla bulunmuş neticeleri mukayese etmek için, her sinoptik zamanda (00⁰⁰ ve 12⁰⁰ GMT) ayrı ayrı yapıldı. Araştırma bütün bölge için $[E]-[P]$ farkının hesaplanmış sinoptik değerlerinin ümit edildiği kadar güvenilir olmadığını gösterdi. Fakat yine de bir aylık periyotlar için (ve keza mümkün olan daha kısa periyotlar için) değerlerin ortalaması alınarak güzel neticeler elde edildi. Hesaplama yıl içinde 730 sinoptik zamanın takriben % 24' ü, bir veya birkaç istasyonda kaçırılmış olan rasatlar sebebiyle kabul edilmedi. Yerdeki malûmatlar, 1000, 850, 700, 500 ve 400mb.lık standart seviyeler işlemlerde kullanıldı. Her istasyondaki rutubet akısı trapezoidal kaide kullanılarak hesap edildi. Ayrıca her seviyedeki akının istasyonlar arasında lineer olarak değiştiği farzedildi.

Baltık bölgesinde ortalama yağış, ada istasyonları ve sahillerdeki ölçülere göre çok güzel tahmin edilebildi. Böylece aerolojik olarak hesaplanmış akı diverjansının aylık değerlerinden ortalama buharlaşmayı (evaporasyon) hesaplamak mümkün oldu. Bununla beraber, diğer metodlarla çıkarılmış buharlaşma tahminleri ile aerolojik olarak denizden hesaplanmış buharlaşmayı mukayese etmek araştırmanın esas gayesi olduğundan hesapla bulunmuş buharlaşma değerleri poligon içerisindeki karasal sahalardan muhtemel evapotranspirasyon gözlenerek düzeltilmelidir.

Tablo I bu düzeltmeden sonra denizsel sahalar için düzeltilmiş aylık ortalama değerleri gösterir. Smojoki (1948) ve Brognus'a göre (1952) Baltık denizinden olan buharlaşmanın aylık ortalama değerleri keza Tablo I de gösterilmiştir. Bu değerler deniz yüzeyi ve hava arasındaki su buharı basınç far-



Şekil. 6 - Denizden olan su buharı dış akımı ve ortalama buharlaşmanın hesaplarında Palmén ve Söderman tarafından kullanılmış Baltık bölgesinin bir parçası.

kı ile rüzgâr hızının bir fonksiyonu olarak, buharlaşma için tesis edilmiş ampirik formüller kullanılmak suretiyle hesap edildi.

Ortalama yıllık değerler arasındaki uyuşma hayret verecek derecede iyidir. Farklar hakkında hüküm verirken hesapların muhtelif yıllar için yapıldığı ve özel olarak aerolojik metodun sadece bir yıl için tatbik edildiği dikkate alınmalıdır. Meteoroloji bakımından bir yıl belki ortalama şartlardan epeyce sapabilir.

T A B L O I

Baltik denizinde atmosferik su buharı naklinden gidilerek standart metodlarla hesaplanmış olan buharlaşmaların mukayesesi (mm).

Ay	Su buharı nakli	Standard Metodlar	
		Şimojoki	Brogmus
Ocak	67	52	45
Şubat	45	46	36
Mart	40	35	19
Nisan	22	16	10
Mayıs	6	6	15
Haziran	16	6	24
Temmuz	35	24	40
Ağustos	45	67	55
Eylül	43	50	55
Ekim	44	58	81
Kasım	74	77	74
Aralık	91	75	60
Yıl	528	512	514

Jeografik metod, yani (18) denklemi, şekil 6 daki toplam sahadan olan yıllık toplam buharlaşmayı verir. Bu buharlaşma takriben % 40 nisbetinde rasat edilmiş rüzgârlar kullanılarak hesaplanan buharlaşmadan daha fazladır. Açıkardır ki jeografik değer çok daha büyüktür. Daha önce, Kuzey Amerika için Benton ve Estoque'un neticeleri tartışılırken, jeografik metodun muhtemelen net nem dış akımı için mübaleğalı değerler vereceği hakkında önem-

Te durulmuştur. Böylece her iki netice gerçek rüzgâr rasatlarının bu tip hesaplamada kullanılabileceğini kuvvetli olarak gösterdi.

Nyberg (1965), 1957 yılının bütün ayları için güney İsveç'te bir bölgede evapotranspirasyon için benzer bir hesaplama yaptı. Bu araştırmada akı diverjansı jeostrafik rüzgârlardan hesaplandı. İntegre edilmiş akı 400 mb. a kadar standart isobarik seviyelerdeki akılardan kıymetlendirilip, evapotranspirasyon bölgesinde ölçülmüş ortalama yağış dikkate alınarak çıkarıldı. Evapotranspirasyonun yıllık seyri ve yıl içindeki 368 mm.lik toplam miktarı aynı bölgede evapotranspirasyonun diğer tahminleri ile gayet iyi olarak uyuştular. Bu uyuşma ve gerçek rüzgâr rasatlarının kullanılmasıyla sık sık ortaya çıkan hata kaynakları yüzünden Nyberg jeostrafik metodun hiç olmasa çok defa daha üstün olduğuna dair bir kanaat ishar etti. Bu durum bazı bölgeler için özel olarak, bazı istasyonların rüzgâr rasatları, orografik veya diğer tesirlere nasıran kuvvetli lokal tesirlere maruz kalırsa doğru olabilir.

Bir ön çalışmada Nyberg (1958) Finlandiya'nın diğer bazı muayyen bölgelerinde ve kuzeydoğu Atlantik'te buharlaşma hesapları yaptı. Nem naklinin jeostrafik yaklaşımında ortaya çıkan bu hesaplar mantıki neticeler verdiler. Jeostrafik yaklaşımın avantajlarını belirtmek için daha fazla araştırmalara ihtiyaç vardır.

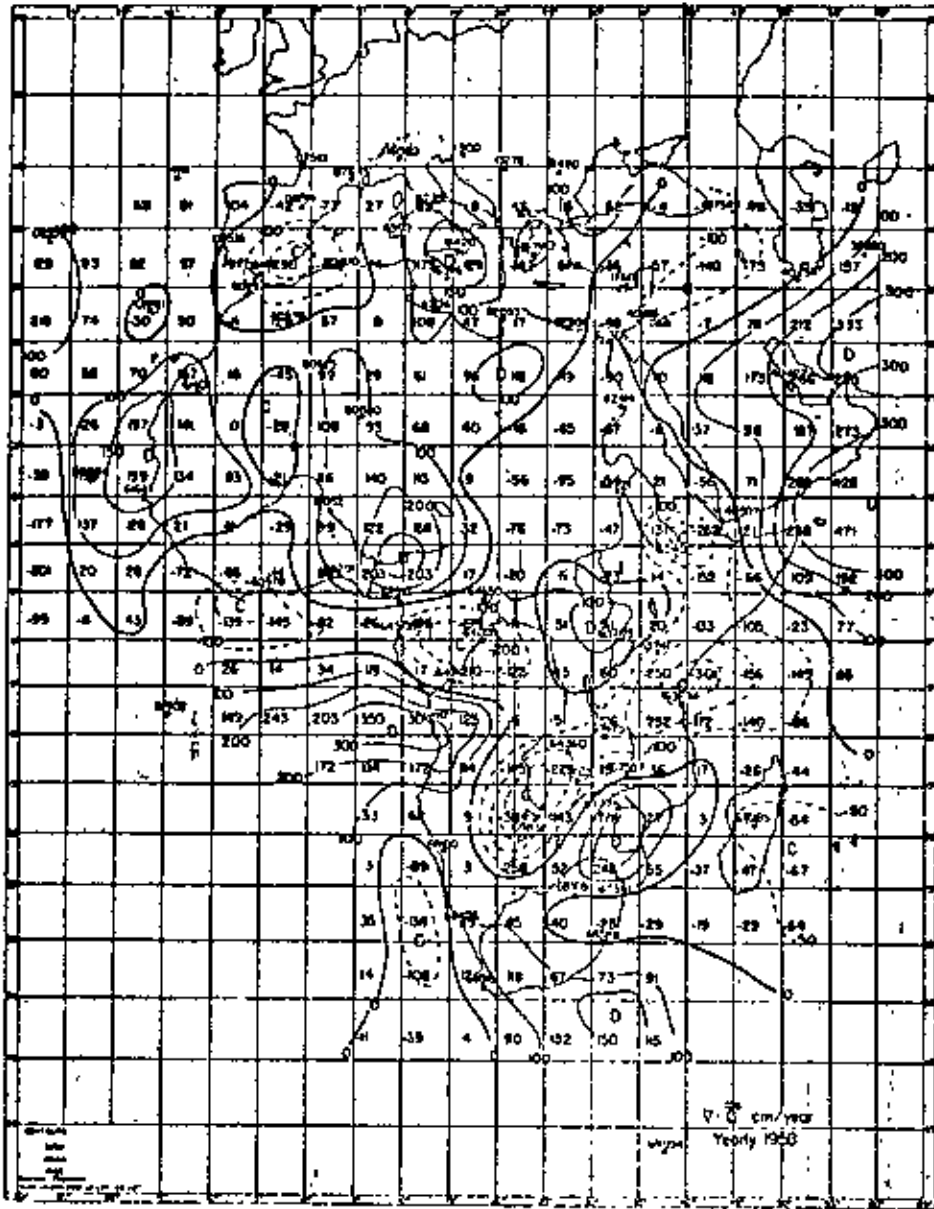
Son zamanlarda (1965) Peixoto ve Obasi bütün Afrika kıtasının su dengesine ait bir araştırmada aerolojik metodu tatbik ettiler. Çalışma klimatolojik şartların çok kuvvetli olarak değiştiği geniş bölgelerde aerolojik metodun pratik imkânları hakkında hüküm vermek bakımından çok ilgi çekicidir.

Peixoto ve Obasi (1958) senesi boyunca ve ayrıca kuzey kıyıları ve kuzey yarıları için uygun aerolojik istasyonların hepsinde, 500 ve 1000 mb. sınırları arasında integre edilmiş nem naklini hesapladılar. Biz burada sadece bütün yıl için onların neticelerini tetkik edeceğiz. Nem nakli ve diverjansından giderek 5 derecelik enlem ve boylam sahalarındaki yıllık yağışı ve

evapotranspirasyonu buldular. Netice şekil-7 de gösterilmiştir. Orada saha içerisindeki rakamlar cm/yıl olarak $\overline{E} - \overline{P}$ farkını verirler. $\overline{E} - \overline{P}$ dağılımını gösteren eğriler alçak ve yüksek değerler arasındaki çok kuvvetli lokal değişimleri temsil ederler. Bazı sahalarda neticeler mantıklı görünür, fakat diğerlerinde oldukça zor bir şekilde gerçeğe uygun olarak nassarı itibare alınabileceklerdir. Meselâ, 100-200 cm.lik bir değer yıllık evapotranspirasyonun aynı miktarda yıllık yağışı geçmesi icabettiği manasına gelecektir. Böyle durumlarda bölgelerde buharlaşan suyun orijin meselesi ve hende bu şekilde bir buharlaşma miktarını kapsayan ısının uygunluğu sorunu ortaya çıkar. 200-300 cm.lik ortalama büyüklüklerin, negatif olanları bu bölgede aktüel olarak ölçülenlerden çok daha büyük bir yağışı gösterir.

Bir örnek olarak hesaplanmış $\overline{E} - \overline{P}$ değerinin nisbeten iklimik şartlarla güzel bir kalitatif uyuma içinde olduğu muhtemel gibi görünür. Fakat şu varki, örnekte gösterilmiş değişimlere çokoa yer verilmiş olup ve hatta en yüksek pozitif ve negatif değerlere sahip bölgelerde gerçeğe uymas. Açıkardır ki mevcut malûmat tatminkâr derecede iyi değildir. Aksi halde nem akı diverjansının detaylı olarak hesaplanmasına çalışmak çok dağınıklık arzeder.

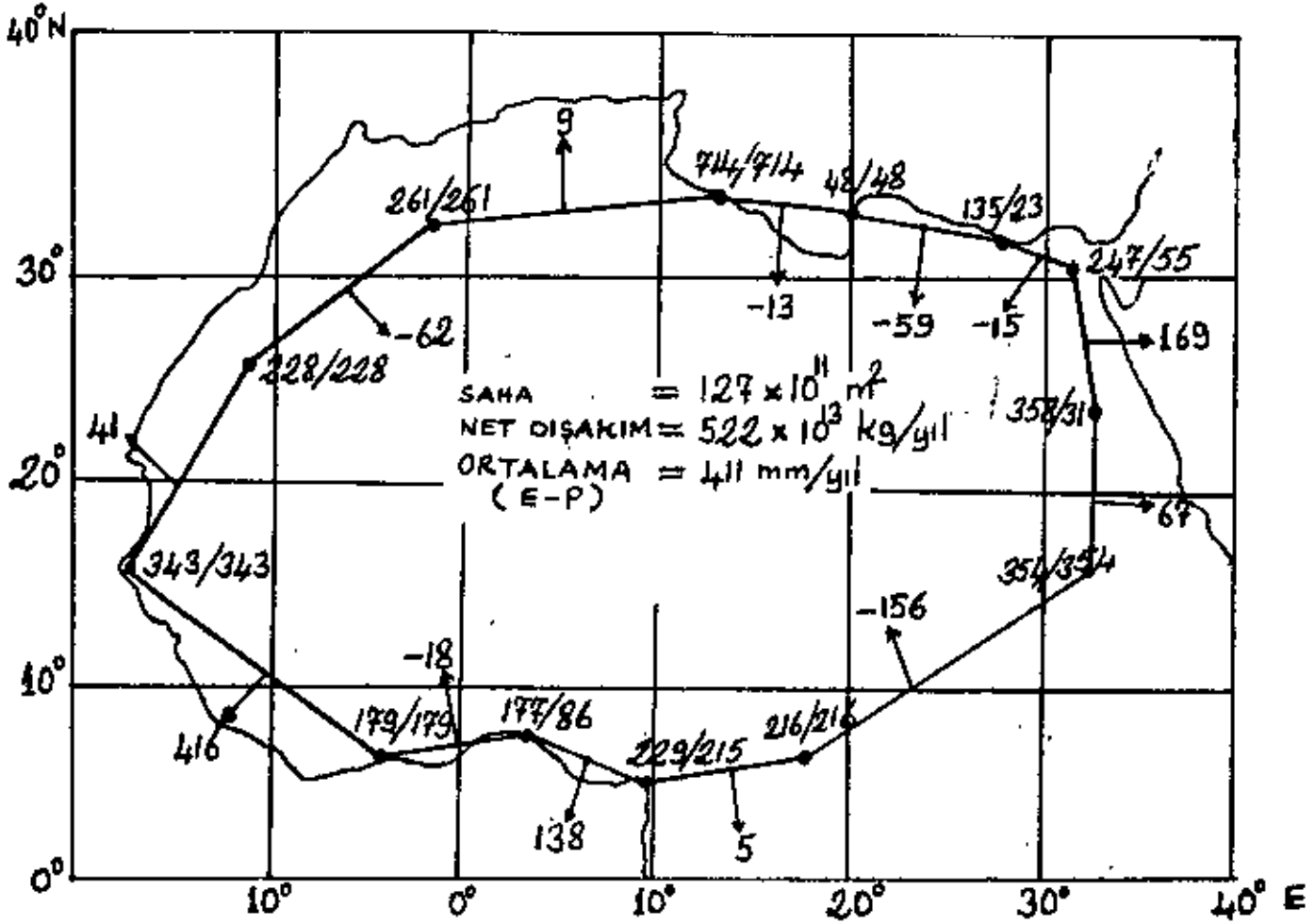
Bu sebepten detayları ihmal ettirecek kadar geniş sahaları incelemek büyük bir ilgiden ileri gelir. Şekil-8 de 13 aerolojik istasyonu birleştiren hatlarla sınırlandırılmış kuzey Afrika'nın geniş bir sahası bu gaye için seçilmiştir. Toplam saha takriben $12.7 \times 10^6 \text{ km}^2$ dir. 13 istasyonun hepsinde Peixoto ve Obasi'den sonra bütün yıl için integre edilmiş akı, bölgedeki su buharının toplam yıllık net dış akımının hesabında kullanıldı. Şekilde oklar ve karşılıklarındaki rakamlar istikameti ve poligon kenarları boyunca akının miktarını gösterirler. Bütün bu akıları özetlemek ve neticeyi bölgenin yüzölçümüne bölmek suretiyle $\overline{F} - \overline{P}$ nin ortalama değeri 411 kg/m^2 veya 411 mm. su olarak hesaplanmış olur.



Şekil.7- Afrika'da (Peixoto ve Ohasi'den sonra) dikey olarak integre edilmiş su buharı akısının yıllık diverjansı. İzopletler (diverjans için kalın hatlar ve konverjans için kırık hatlar) 100 cm/yıllık intervaller için geçirilmiştir.

Netice yağışa nazaran ortalama evapotranspirasyonda çok kuvvetli bir faallık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu faallığı bir dereceye kadar hidrolojik teorilerin akışı ile bağdaştırmak zordur. Şekil-8 de poligon içerisindeki saha çok kurak sahra çölü ile bol yağmurlu tropik bölgeleri ihtiva eder. Merkezi sahraçölünün geniş kısımlarında yıllık yağış sadece 100 mm. ve daha azdır. Halbuki, sahanın en fazla güney kısmındaki sahil bölgelerinde yıllık yağış 1000 mm.den 3000 mm.ye kadar değişir, şayet $[E]-[P]$ bütün sahada 400 mm/yıl civarında bir değere sahipse, buna karşılık ortalama toplam evapotranspirasyon takriben 600-700 mm/yıl olmalıdır. 38 kcal/cm² yıl değerinde bir miktarın yerden bir gisli ısı halinde transferine karşılık olarak ortalama yıllık bir buharlaşmanın 650 mm. olduğu söylenebilir. Bu değer, aynı bölge için Budyko (1958) tarafından yapılan tahminlerden ümit edildiği kadar büyük takriben iki misli olan atmosferdeki bir gisli ısı akısını temsil eder. Neticenin kurak bölgelerde klimatoloji ve ısı dengisinin manzarası ile tenaküs halinde olduğu görülür.

400 mm.den daha fazla olan yıllık su buharı dış akımı ve bazı run-off'larla, bütün bölgede su miktarındaki ortalama yıllık değişimin 450 mm. civarında tahmin edilmesi lâzım gelir. Böyle büyük bir değişim yüzeyde ve daha üst seviyedeki toprakta mümkün değildir. Bu sebepten değişim ancak yeraltı sularında veya bölgenin sınırları içindeki bir yeraltı suyu iç akımı olarak vuku bulmalıdır. Bu büyük su miktarı, çevre için çöl bölgesinin bol miktarda su kaynağı gibi rol oynayacağı neticesine dayanarak, yüzeyden buharlaşmalı ve bölgenin yüzey tabakasının içerisinde girmelidir. Starr ve Peixoto (1958) yağışa nazaran buharlaşmayı aynı büyüklükte ve hatta ve daha fazla buldukları için bu netice yer yüzünün bazı kurak bölgeleri için çıkarıldı. Haddi zatında fikir çok enteresan ve daha ileri araştırmalara lâyıktır. Bununla beraber serolojik metodda ve onun pratik tatbikatlarında mevcut tabii sayıflıkların neticeye tesir etmediği ispat edilinceye kadar bu yorumu kabul etmek hidrolojistlerin çoğu için bir hayli zor olacaktır.



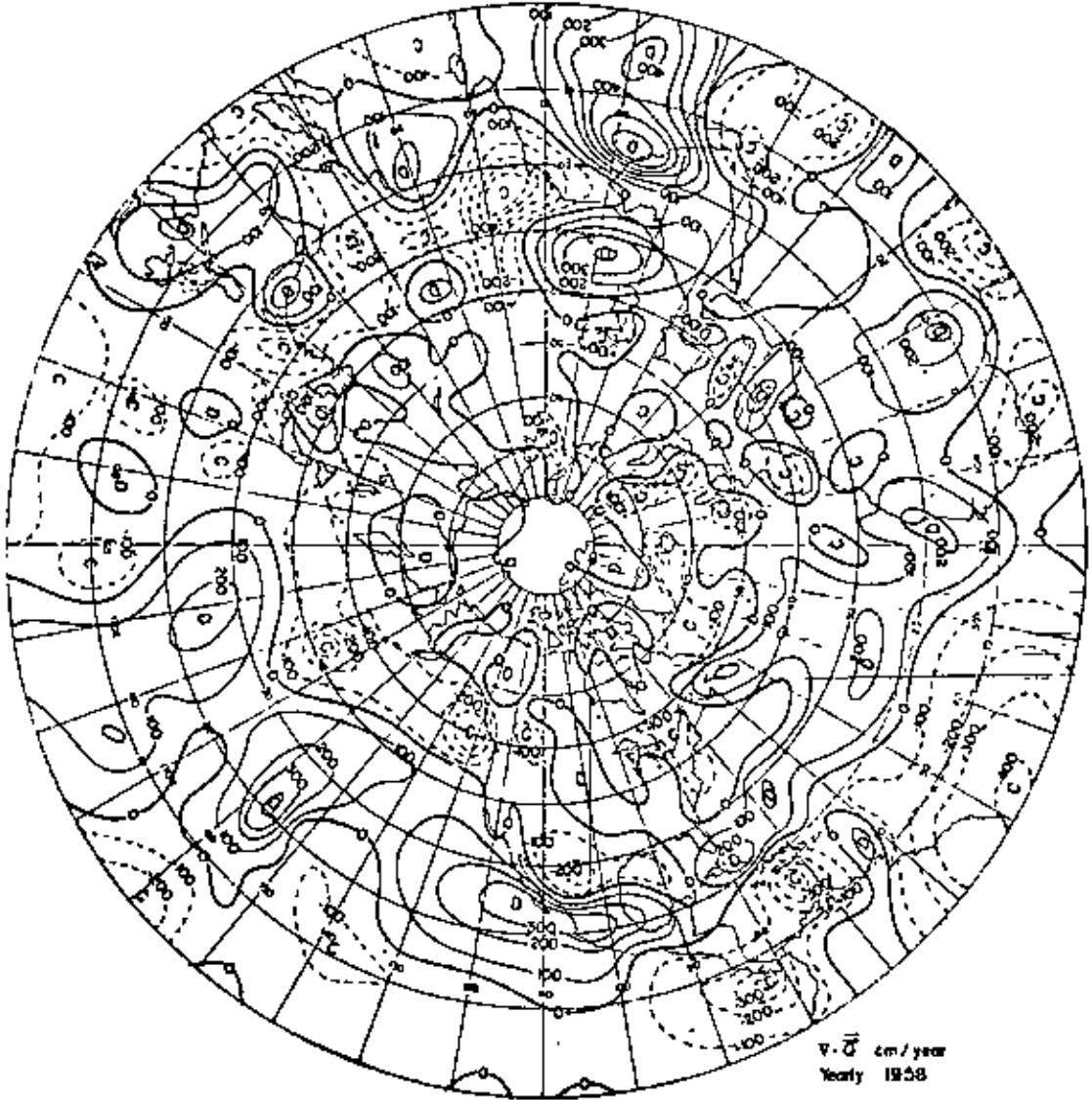
Şekil. 8 - Kuzey Afrika'da bir A bölgesinin sınırı boyunca su buharının yıllık akışı. 13 aerolojik istasyon, poligonun köşelerini meydana getirir. Her istasyondaki iki rakam münferit izobarik seviyelerdeki rasatların toplam değişmelerini gösterir. Halbuki poligon kenarlarına dik olarak çizilen oklar karşılardaki dikey sınırlar boyunca akışı ve istikametini gösterirler. (Akının mertebesi: 10^{13} kg/yıl)

Çeşitli istasyonlarda su buharı naklinin hesaplanması için kullanılan münferit rasatların toplam miktarı çok büyük değişimler gösterir. Bu hesaptaki bir sayıflığa işaret eder. Bunun tesirini tahmin etmek mümkün değildir, fakat mevcut malûmatlar, lokal durumlar veya bulutluluk gibi hallerde korele edilirse, bütün bölgedeki rutubetin yıllık net dış akımının hesaplanmasında ortaya çıkan ciddi hatalar netice için ihtimal dahilindedirler. Keza bazı istasyonlardan aerolojik rasatların sadece günde bir defa yapılması üzerinde ısrarla durulmuşsa, netice rüzgâr ve rutubetteki günlük değişimlerle kuvvetli olarak etkilenebilir.

Afrika'nın bütün karasal bölgeleri için Peixoto ve Obasi'nin hesaplamaları net rutubet-akı konverjansını 20 mm/yıl civarında verir. Budyko'ya göre Afrika kıtasındaki yıllık ortalama run-off 160 mm.dir. Böylece (4) denklemine göre su miktarı veya (5) denklemine göre Afrika kıtası sınırları boyunca suyun yeraltı iç akımı (influx) takriben 140 mm.ye varacaktır. Peixoto ve Obasi'nin hesabı sadece bir yıl için yapıldığından, buldukları neticeler ortalama run-off için Budyko'nun bulduğu değerler/mükayese edilemez; fakat bu siddiyetin Afrika'nın kuzey bölgelerindeki rutubet akısının kuvvetli diverjansı ile geniş makyasta etkilendiği muhtemel gibi görünür (Şekil-8) .

5. KÜRESEL (GLOBAL) SU DENGESİ

1958 takvim yılında Starr, 1965 de Peixoto ve Crisi bütün kuzey yarım küre üzerindeki atmosferik su buharı akısından giderek su dengesini hesap ettiler. Bu incelemeler burada münakaşası yapılmış metodun en şümüllü tatbikatını gösterdiğinden, neticelere özel ihtimam sarfetmek yerinde olur. Hesaplama kış ve yaz mevsimleri için ayrıca bütün yıl için ayrı ayrı yapıldı. Fakat, aşağıda sadece yıllık ortalama değerleri münakaşa edilecektir. Şekil-9 akı diverjansı dağılımını veya $[E] - [P]$ yi gösterir. $[E] - [P]$ nin çok büyük lokal değişimleri, düşük enlemlerde aerolojik istasyonların azınlıklı olduğu bazı deniz bölgelerinde özellikle görülebilir. $[E] - [P]$ nin çok büyük pozitif veya negatif değerler gösterdiği bölgelerde klimatolojik malûmatlarla bu artıp, eksilmeleri birleştirmek oldukça zordur. Açıkardır ki,



-Şekil.9- Dikey yönde integre edilmiş yıllık su buharı akı diverjansının
 ufki dağılımı. (Peixoto ve Crisi'den sonra) isopletler (kalın hat-
 lar diverjansları ve kesikli hatlar konverjansları gösteriyor)
 100 cm/yıl'lık aralıklarla geçirilmiştir.

rutubet akı diverjansının detaylı olarak bir tablo ile dağılımı bütün kuzey yarım küresi için elde etmeden önce, tab. elverişli aerolojik salıncak ihtiyacı vardır.

Su buharının ekvator ve kuzey kutup arasındaki sabit akımların yanı sıra kuzeye doğru yönelmiş diğer toplama akımları, aynı salıncaklarda gidilerek Peixoto ve Crisi tarafından hesap edilmiş kesitler (Tablo 2) ve gerçek IC da verilmiştir. Buna karşılık Budyko tarafından (1955) yıllık su dengesini rasyon ve yağış arasındaki farktan gidilerek hesaplanmış akımların yine Tablo 2 de gösterilmiştir. Budyko'nun değerleri burada Sellers (1965)'in kullandığı değerlerdir. Biraz değişikliğe uğramış bir diğer şekli olarak kabul edilir.

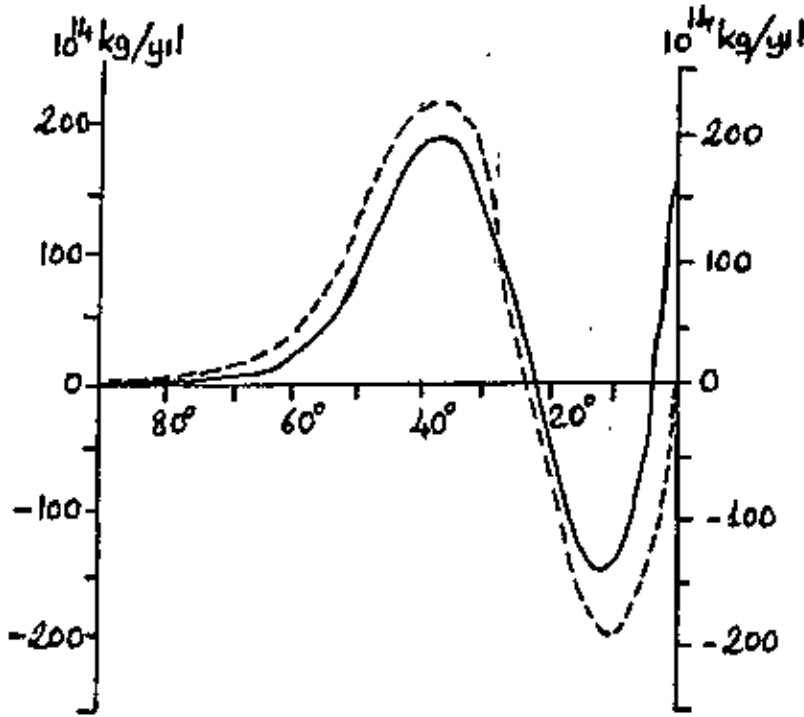
Her iki metod orta ve yüksek enlemlerde kuzeye doğru bir akıyı, 10 ve 20 derece enlemlerinde güneye doğru bir akıyı verir. Bununla beraber, su dengesi metodu (Budyko) ekvator üzerinde kuzeye doğru kuvvetli bir akıyı, halbuki aerolojik metod (Peixoto ve Crisi) güneye doğru zayıf bir akıyı verir. Yer yüzünün su dengesinden gidilerek hesaplanmış ekvator üzerindeki iletimin, aerolojik gözlemlerden kıymetlendirilmiş iletimden daha fazla güvenilir olması muhtemeldir. Yukarıdaki durum ortalama sıcak ekvator enleminde (takriben $5^{\circ}K$ de) iletimin kabul olacağını gösterir; zaten bu bir doğrudur. Muhtemel olarak ekvator bölgesindeki birkaç küçük netleşme bir tenakuz halinde sorumlu olur. Diğer enlemlerde uyumsuzluk daha iyidir.

T A B L O 2

Yer yüzünün su dengesinden hesaplanan akımlar ile mukayese edilmiş atmosferdeki su buharının 1958'deki kutba doğru olan yıllık akımları (Peixoto ve Crisi)

Enlem	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
Atm. akı	13	49	142	225	32	1	1	5
Su dengesi	8	23	105	189	12	42	143	155
Fark	5	26	37	36	19	21	49	170

Sabit enlemsel zonlarda 'evapotranspirasyon ile yağış arasındaki farkı mukayese etmek hidrolojik gayelerle ilgili olmasından ileri gelir. (bak tablo-3)



Şekil.10- Peixoto ve Crisi'ye göre su buharının kuzeye doğru yıllık toplam akısının enlemsel dağılımı (kesik çizgiler) ve buna karşılık geçitli enlem zonlarında Budyko'nun hesabından elde edilmiş yıllık evapotranspirasyon ve yağışa ait akı (kalın çizgi).

- Son sıra Peixoto ve Crisi tarafından kullanılan her bir sondaki istasyonların toplam sayısına verir. $[\bar{E}]$, $[\bar{P}]$ ve $[\bar{E}] - [\bar{P}]$ değerleri şekil-11 de grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo-3 ve şekil 11, her ikisinde bir bütün halinde $[\bar{E}] - [\bar{P}]$ değerleri arasında güzel bir uyuma olduğuna işaret ederler. Bununla beraber, 90 ilâ 60°, 40 ilâ 30° ve 10 ilâ 0° zonlarında dikkate değer farklar ortaya çıkar.

T A B L O 3

Aerolojik olarak değerlendirilmiş su buharı akısından (birim: mm/yıl) gidilerek hesaplanmış $[\bar{E}] - [\bar{P}]$ değerleriyle Budyko'nun çeşitli enlem zonlarındaki $[\bar{E}] - [\bar{P}]$ yıllık ortalama değerlerinin mukayesesi .

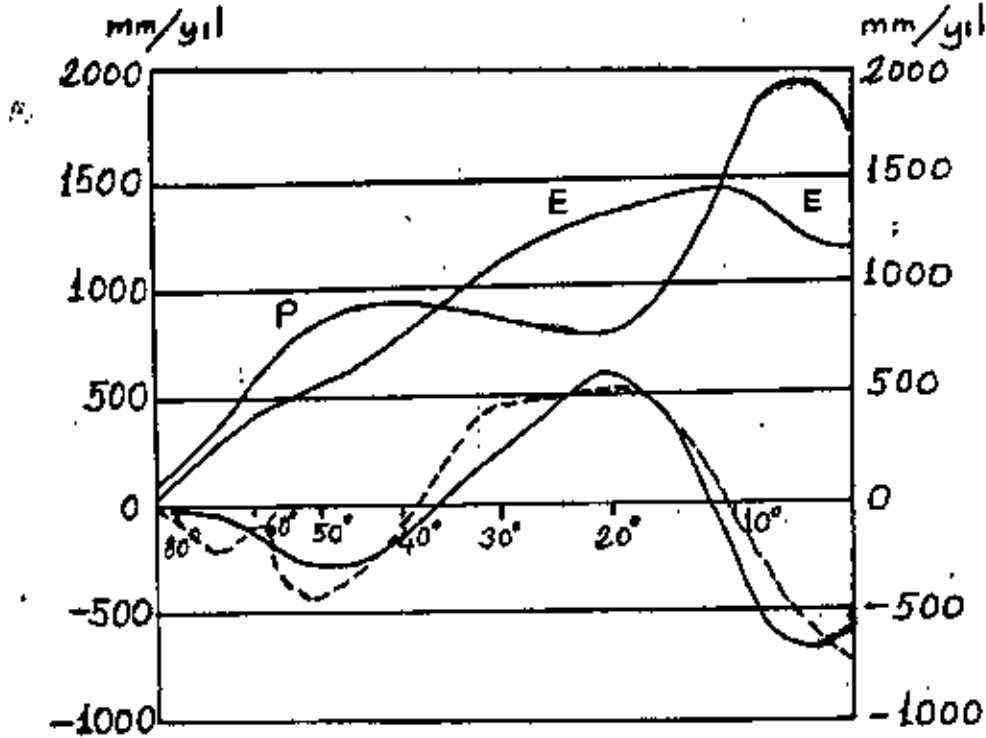
Enlem Zonları	90-70°	70-60°	60-50°	50-40°	40-30°	30-20°	20-10°	10-0°
Peixoto ve Crisi	-83	-192	-362	-265	266	485	303	-425
Budyko	-50	- 82	-320	-266	130	456	238	-699
Aerolojik istasyonların sayısı	23	34	41	56	70	33	27	17

Bu farklı durumların bir kısmı, Peixoto ve Crisi'ye ait hesabın sadece bir yıl için yapıldığı ve bu sebepten doğrudan doğruya Budyko'nun değerleriyle mukayese edilemediği gerekçesine dayanılarak isah olunabilir. 10-0° aralığında aerolojik şebeke atmosferik nem naklinin tatminkâr bir hesabına müsaade edecek kadar sık değildir ve 40-30° zonunda yüksek dağların geniş bir saha kaplaması, özel olarak Asya'da, hesaba etki edebilir. Arktik ve Arktik-altı bölgede nisbeten büyük farkların sebebini, burada istasyon şebekesinin kabul edilebilir olmasından dolayı isah etmek daha zordur.

Bütün durumlarda, Peixoto ve Crisi'nin çalışması ortalama atmosferik nem naklinin, evapotranspirasyon ve yağış arasındaki ortalama farkın hesabını mümkün kıldığını gösterir. Diğer ortalamalardan elde edilmiş değerlerle yapılan mukayese bu temel hidrolojik problem için itibari bir yaklaşmanın bir

derəcəyə kadar daha güvenilir neticələr verdiyinə işarət edər gibi görünür. Bununla bərabər, aeroloji məlumatlar ıslah edildiğinde özəl olaraq geniş Okyanus bölgələrində, aeroloji metodun itibari metod kadar və hətta ondan daha iyi neticələr verməsi mümkündür.

KUZEY YARINKÜRE



Şekil.11- Peixoto ve Crisi'ye göre yıllık su dengesi ile (kırık çizgiler) Budyko nonrası (kalın çizgiler) arasında bir mukayese.

6. DAHA İLERİ ÇALIŞMALAR İÇİN TEKLİF VE KARARLAR

Hidrolojik gayeler için atmosferik nem naklinin kullanılmasında önde gelen tartışmaların bazı neticeleri aşağıdaki şekilde özetlendirilebilir:

- a) Yeryüzünün su dengesi şayet aeroloji rasatlar uygunluk arzederse kafi derecede sıhhatli olarak atmosferik nem naklinden hesaplanabi-

lır. Bununla beraber aerolojik metod sıvı veya katı haldaki suya mit akıyı ihtiva etmez, çünkü muntazam rasatlar toplam nem akısının bir kısmına dair herhangi bir malûmat vermezler. Şayet hesaplamalar uzun periyodlara götürülürse, bulutlardaki sıvı ve katı suyun nakli su buharı akısı ile mukayese edildiğinde çok az bir öneme hâis olacağından ihmal edilebilir. Bazı mahallerde, meselâ orografik tesirlerin aşikâr olduğu bölgelerde, dikkate değer hatalar bulutlardaki suyun ihmalinden hasıl olabilirler.

- b) Ortalama su buharı akı diverjansının hesapları için hiç olmasa günde iki defa aerolojik uçuş yapan istasyonlardaki rasatları kullanmak tercih olunmalıdır. Bu durum nem akısındaki günlük değişmelerin etkisini azaltmak için lüzumludur. Uzun bir periyod boyunca geniş bir bölgedeki nemin net dış akımı (veya aynı bölgedeki ortalama nem akı diverjansı) bazı istasyonlardaki nem akısından hesap edilmekte ise, rasatların toplam sayısı bütün istasyonlarda takriben eşit olmalıdır. Şayet bu şart yerine getirilmezse, neticeler yanlış kanaatler doğurabilir.
- c) Su buharı naklinin en büyük kısmı atmosferin daha alt kısımlarında vuku bulduğundan, azami hallerde akının dikey yönde integrasyon sınırları yeryüzüyle 500-400 mb. arasındaki seviyeler olabilir.
- d) Çünkü nem akısı ve özel olarak akı diverjansı ekseriya yer seviyesinde (veya 1000 mb.) pek bariz değildir. Fakat bu seviyenin üstünde bir yer, meselâ 950 ve 900 mb., ilâve malûmatlarla tamamlanmalıdır.
- e) Akı hesapları için rasat edilmiş rüzgârlar yerine jeografik rüzgârların kullanılması, rüzgâr malûmatlarının noksan olduğu veya kafi derecede temsil edici olmadığı bölgelerde tavsiye edilebilir. Bununla beraber, jeografik metodun zayıf bir metod olduğu aşikârdır.
- f) Sinoptik gayeler için malûmatlardaki tesadüfi hataların veya ara sıra rüzgârdaki lokal sapmaların ve çevredeki değerlerden ileri gelen nemin karıştırıcı tesirleri sebebiyle su dengesini (E-P) kafi derecede doğru olarak hesaplamak zordur. Böyle hataların büyük bir kısmı u-

sun zaman periyodlarında ortalamalar alınmak suretiyle kaldırılabilir. Bununla beraber, sistematik hatalar kolayca bertaraf edilemez. Bunların tesiri çok karışık olmalıdır ve özel olarak bir dereceye kadar küçük bir skâle üzerinde nem-akı diverjansını hesaplamak için teşebbüsler yapıldığında bütün metodu tehlikeye sokabilecektir.

- g) Halihazırda yeryüzünün su dengesinin hesabında kullanılan aerolojik istasyonların kesif bir şebekesine sahip olan bölgelerde sadece başarılı olarak kullanılabilir. Yer küresinin geniş sahalarında aerolojik şebeke bu gaye için henüz tatmin edici olmaktan uzaktır. Bilhassa güney yarımkürenin pek çok kısımları ve kuzey yarımkürenin geniş okyanus bölgeleri, meselâ tropikler, duruma elverişli değildir.

Bir mukaddeme şeklinde olup, ister istemez noksan ve maksadı karşılamak -tan uzak olan bu çalışma, uluslararası hidrolojik 10 yılın (IHD) genel programıyla ilgili olarak, bölgesel ve küresel skâlanın her ikisi üzerinde de atmosferik nemin nakline ait metodun uygulanması için daha ileri seviyede araştırmalar yapılmasını ısrarla teklif eder.

Elverişli aerolojik istasyon şebekesinin ve hidrolojik rejimle ilgili tatmin edici malûmatın mevcut olduğu bölgelerde, atmosferik nem nakli ve diverjansına ait dikkatli çalışmalar uygun periyodlarda (meselâ: aylık, mevsimlik ve yıllık) yapılmalıdır. Böyle bölgeler için su buharı akısının diverjansı, rasat edilmiş rüzgârlar ve jeostrafik rüzgârlar kullanılmak suretiyle her ikisi içinde hesaplanmalıdır. Bu metodlarla elde edilmiş neticeler arasındaki mukayese neticesinde $[\bar{E}] - [\bar{P}]$ nin hesabı ve keza su miktarının bir tahmini için metodların avantajları ve dezavantajları ortaya çıkabilir. Benzer çalışmalar yine aerolojik metodun, yerin su dengesi ile ilgili neticeleri, yaygın olarak kullanılan hidrolojik metodla elde edilen neticeler kadar doğru olarak verip vermeyeceğini gösterecektir. Bu tip çalışmalar için seçilmiş bölgeler, aerolojik malûmatlardaki daha büyük sistematik sapmaların farklı teçhizat kullanılmasından dolayı muhtemelen vuku bulamayacağı bölgelerdendirler.

Kurak bölgelerde su dengesi problemi dikkate şayan ilgi çekici bölgesel bir problemdir. Kuzey yarımkürenin birkaç kurak bölgesinin atmosferik nem kay-

nağı gibi rol oynadığını ileri süren ilgi çekici hipotezin bu şaşırtıcı neticeyi doğruladığını veya kifayetsiz aerolojik malûmatların buna sebep olduğunu göstermek için daha ileri sistematik bir araştırmaya ihtiyaç vardır. Böyle bir araştırma için müsait bir bölge Avusturalya kıtası olacaktır. Avusturalya'da aerolojik şebeke oldukça tamdır ve belki sahil çizgisi boyunca su buharı naklinin tatminkâr bir hesabını mümkün kılacaktır. Su tedarikinin kat'f bir rol oynadığı bir memleket için böyle bir çalışmanın pratik önemi aşikârdır. Zaten Hutchings (1961) 1956 takvim yılı için Avusturalya kıtası üzerindeki su buharı akısını araştırdı ve bölgenin bir parçası için su dengesini hesap etti. Bütün mesele için yağış ve evapotranspirasyonla fevkalâde bir uyuşma gösteren neticeler elde etti. Bu sebepten bu tip hesaplamalara bütün kıta üzerinde birkaç yıl boyunca devam edilmesi teklif edildi.

Antartika kıtası dikkate değer ayrı bir bölgedir. Burada buz ve kar yığını jeofizikle ilgili mühim bir problem ortaya koyar. Atmosferik su buharı akısının sistematik hesapları bu problemin çözümüne yardım edebilir. Bununla beraber hesapları pratik yoldan yapabilmek için birkaç aerolojik istasyonun kafi gelip gelmeyeceğine karar vermek araştırma yapmaksızın mümkün değildir. Fakat yine de Grönland adasında su buharı akı diverjansı üzerinde Wilson (1959) tarafından yapılan benzer bir çalışma referans olarak alınabilir. Bu çalışma tahmini olarak birikmiş yıllık kar ve buz miktarı ile iyice uyuşmuş gibi görünen bir yüküğe sahip net bir nem konverjansının mevcut olduğunu gösterir.

Dünyanın pek çok kısımlarında, bilhassa güney yarımkürede ve kuzey yarımkürenin daha çok okyanus bölgelerinde, yüksek hava malûmatlarına acele olarak yeniden kuvvetle ihtiyaç hasıl oldu. Su buharı akısının Starr, Peixoto ve Crisi tarafından yapılmış yıllık ve mevsimlik hesapları, enlem zonlarında su buharı dengesini oldukça memnun edecek şekilde hesaplamasının mümkün olduğunu gösterdi. Düzeltilmiş rasatlarla aerolojik metodun, itibari metod kullanılarak çıkarılmış değerlerle mukayesede edilebilir neticeler vereceği muhtemel gibi görünür. Tropiklerde aerolojik şebekinin işine bilhassa ihtiyaç vardır. Küresel su ve

ısı dengesi için tropik bölgeler çok mühimdir. Kürenin bu kısımlarında rüzgâr kuşakları her iki yarım kürenin ekvatoryal ve mutedil zonları için önemli nem kaynaklarını temsil ederler. Bu su buharı akısına mecaz olan bölgelerde gizli ısı miktarı atmosferin kuvvetli ısınmasına sebep olacak şekilde serbestçe ağı-
ğa çıkar. Bu bölgelerde atmosferik nem akısının daha iyi olarak bilinmesi sadece yeryüzü su dengesinin daha fazla anlaşılmasını değil, aynı zamanda genel atmosferik sirkülasyon teorilerini mükemmelleştirmek için de çok kıymetli olacaktır.

Aerolojik şebekinin ıslâhı zikredilirken buna tekaddüm eden tartışma-
da atmosferin en alt seviyelerindeki nem akısının daha detaylı olarak tanıtıl-
ması için duyulan ihtiyaç yeniden kuvvetlendi. Bir esasa dayanarak akının tak-
diri için sadece 1000, 850, 700 ve 500 mb.lik seviyeler için değil, aynı zaman-
da 1000 ilâ 850 mb. arasında tercihan 900 ve 950 mb.lik standart seviyeler i-
çin de gerçekten uygun aerolojik malûmatlar elde etmek önemle üzerinde durul-
ması lâzım gelen bir mesele olacaktır.

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN İDROMETEOROLOJİK
KONULARLA İLGİLİ YAYINLARI

- 1) 8-10 ve 14-16/Hasiran/1957 tarihleri arasında İçanadolu'da kaydedilen şiddetli yağışların meteorolojik analizi - 1957
- 2) Kıyılarımızda kaydedilen yağışların hava ve deniz suhunet farkları ile olan münasebetleri - 1957
- 3) Yağış ve akım münasebetleri - 1957
- 4) Sakarya Nehri Havzasında yağış ve akım münasebetleri - 1957
- 5) İsmir'de yağış-şiddet ve sıklık rejimi - 1961
- 6) Kar Ürtüşü - 1962
- 7) Şiddetli yağış tekrür analizleri - 1962
- 8) Fahişehir bölgesinde yağışın hububat istihsalı üzerindeki tesirleri - 1962
- 9) Mif çaya drenaj sahasında yağış seviye münasebetlerinin etüdü - 1962
- 10) Şiddetli yağış tekrür analizleri - 1962
- 11) Meteoroloji istasyonlarında yapılan yağış rasatlarına göre kayıtlansağ olan günlük, aylık ve yıllık en çok yağış miktarları ve tarihleri - 1962
- 12) Kocabağ çayının hidrometeorolojik etüdü - 1963
- 13) Şiddetli ve ekstrem yağışlar - 1966
- 14) Akşak rasatların tamamlansa metodları - 1966
- 15) Hesap makinesi ile kök alma metodları - 1966
- 16) Teknelerden ve göllerden vukubulan buharlaşmalar - 1967
- 17) Yağış ölçü aletlerinin rüzgâr siporleri - 1967
- 18) Hidrolojik tabirlerin tarif ve anlamları - 1967
- 19) Dünyada kaydedilen ekstrem yağışlar - 1967
- 20) Kelkit Nehri drenaj havzasında yağış ve akım münasebetleri - 1968
- 21) Kirmaati çayı ve drenaj havzasında yağış akım münasebetleri - 1968
- 22) Yağış fırtınalara bülteni (Aylık) - 1964
- 23) Günlük yağış dağılışı ve yağış fırtınaları bülteni (1960 dan itibaren aylık)
- 24) Plüviometrik yağışın civardaki üç plüviografına göre 6 şar saatlik dağılışı tahmin metodu - 1968
- 25) Yağış akım ve buharlaşma haritalarının ortaklaşa bir şekilde hazırlanması - 1969
- 26) Bir saha üzerindeki ortalama yağış tahmin metodları - 1969
- 27) Türkiye'nin yağış-şiddet-süre ve tekrür haritaları - 1969
- 28) Türkiye'nin yağış-şiddet-süre ve tekrür eğrileri - 1969
- 29) Küçük Menderes drenajının hidrometeorolojik etüdü - 1969
- 30) Büyük Menderes drenajının hidrometeorolojik etüdü - 1969
- 31) Gediz Nehri drenajının hidrometeorolojik etüdü - 1970
- 32) Türkiye'nin kar Ürtüşü etüdü - 1970
- 33) Türkiye'nin ekstrem yağışları - 1970
- 34) İçanadolu bölgesinde bazı kültür bitkileri için sulama suyu ihtiyacı - 1971
- 35) Buharlaşma ve metodları - 1971
- 36) Kit'asal kuraklığın meydana gelmesi ve yayılması - 1971
- 37) Taşkın rotası (Teröme) - 1971
- 38) İstatistikî metodlarla yağış tahminleri - 1971
- 39) Yağış ile Hava-Deniz sıcaklığı ilişkileri - 1971
- 40) Kar hidrolojisine Sun'î peyklerin uygulanması (Teröme) - 1971
- 41) Türkiye'nin kar ve rüzgâr yükü hesapları - 1971
- 42) Hidrolojik gayeler için atmosferde mevcut nemin değerlendirilmesi (Teröme)-1972
- 43) Etkatif yağışlar - 1972
- 44) Potansiyel Evapotranspirasyonun meteorolojik malûmatlarla hesaplanması (Teröme)-1972
- 45) Türkiye'nin kuraklık etüdü - 1973
- 46) Türkiye'nin yağış rejimi - 1973
- 47) Yoncada aktüel ve potansiyel evapotranspirasyon (Teröme) - 1973
- 48) Türkiye'de yağış totalizatör rasatlarının değerlendirilmesi - 1973