

Barometre ile irtifa tayini

Yazan : 1. ci Mlz.

Hüsnü Cevdet

Tazyiki nesiminin kıymeti; 1634 senei milâdisinde Troçellii tarafından bittecrûbe tayin edildikten sonra barometrelerin irtifa tayini hususundaki kabiliyeti hikemiyesi, 1648 tarihinde Paskal tarafından ileri sürülerek ispat olunmuştur. Bilhassa muvakkat harita vazaifi fenniyesile yine bu maksat hususunda icra olunan tetkik seyyahatlerinde kullanılmak üzere bidayeti icadından zamanımıza kadar sistem ve ebatları muhtelif bir çok seyahat barometreleri tertip olunmakla beraber, cıvalı barometrelerde yapılan her türlü tekemmülâta rağmen, nakillerinde fevkalâde bir hassasiyeti talep etmeleri ve istimallerinde de taksimat ıskalasının her seferki tatbiki ve bunun mümasili gibi bir çok hususat dolayısıyla müşkilâtı dai olmaları, zamanımızdaki modern mesai için kullanım kabiliyetlerini ağırlaştırmıştır.

Bundan başka; her istasyonda derecei hararetle tevazün hasıl etmesi haline kadar uzun bir sükûnet talep etmeleri ve hususile pahalı olmaları dolayısıyla pratik arazi işlerine gayri msait bulunduklarından aynı maksat için 1847 tarihinde İngiltereli “ Widi „ nin icat ettiği, nakil ve istimalleri daha az külfetli olan madenî - aneroid ve yahut holosterik barometreler kullanılmaktadır. Cıvalı barometreler halen rasathane gibi sabit hizmetlerle araziye götürülecek Aneroidlerin mukayyesinde vazife ahrlar. Ahvali havaiyenin her günkü tebeddülünü tespit için de lüzumuna göre Baroğrafalarda - mukayyit barometre - istimâl olunur.

Ancak; esasları tazyiki nesimi kıymetinin mesahasından ibaret olan bu âletlerle irtifa tayinine mahsus muayyen bir formül elde edebilmek için barometreleri menşe ve esasları üzerinden tetkik ve hakikî kıymetlerine tesir eden müessirâtı da tespit etmek mecburiyetinde bulunduğunuzdan evvelemirde havayı nesimi hakkında mücmel bir malûmat vermeği faideli gördük.

Arzımızı muhit olan hava tabakası; Tropsfer tabakası olup zeminden yukarı doğru çıkıldıkça kesafeti tenakus etmekte ve bu tabakanın kutuplardaki irtifai 10 kilometre ve hattı üstüvada 17 kilometreye balığ olmaktadır.

Bunu muhit olan ikinci tabaka Stratosfer tabakası olup Troposferin aynı terkipte ve fakat şakulî ceryanların noksanıyeti ve hararet derecesinin sabit nisbetleri dolayısıle daha muhtelifdir. Bu tabakanın bilhesap 65 kilometre olduğu bulunmuştur. Azot tabakası tesmiye olunan bu iki tabakanın üstünde bir müvellidülma tabakası mevcut olup gayet ince ve yalnız müvellidülmadan mürekkeptir. Fecri şimalî ve sair semavî alâmetlerden bu tabakanın da 220 kilometre olduğu temin edilmektedir. Bunun daha üstünde de haypostetik bir Geocoronium tabakası bulunmaktadır.

Dalton kanunlarına nazaran; Atmosfer dahilinde bulunan hususî ve ağır gazlar en alt tabakada ve binnisbe hafifleri de yukarıda toplanacaklarından havayı nesimi ter kibinin de irtifala tahavvül edeceği görülmektedir. Bu tebeddül 10 kilometrenin yukarsında farkedilmeyecek derecede cüz'i olduğundan bunun dunundaki tabakanın ter kibi ber veçhi atidir :

Havanın ter kibi

	Azot	Müvellidülhu- muza	Argon ve sair gazat	Hamızı karbon
Hacmı %	78. 08	20. 95	0. 94	0. 03
Vezni %	75. 46	23. 16	1. 30	0. 05

Büyük irtifalardaki havâyî nesimi tazyikinin derecei hararetle mütehavvil müsterek kıymeti de gayet küçük olarak hesaplanmıştır. Bu hususta da aşağıdaki rakamlar eyi bir fikir verebilir :

Kilometre cinsinden irtifa	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Milimetre cinsinden tazyiki nesimi	674	596	525	461	403	352	266	199	146
Kilometre cinsinden irtifa	15	20	30	40	60	80	100		
Milimetre cinsinden tazyiki nesimi	89.66	40.99	8.63	1.84	0.094	0.0123	0.0067		

Yukardaki izahatın mütaleasından sonra; Barometrelerin imâlinde başlıca kullanılan cıvanın diğer mayyata tercih sebeplerini araştırmaklığımız lâzımdır. Fizik kavaidi mucibince cıvanın barometre imâlinde diğer mayyata tercih esbabı ikidir:

1 — Cıva; Mayyatın en kesifi olması dolayısıyla tazyiki nesimiye tekabül edecek mayyat sütununun en kısıasını teşkil ettiğinden küçük kıt'ada barometre imâline müsait bulunması;

2 — Gayet az uçucu bir madde ve adî dereceyi hararete husule getirdiği buharın kuvvei elastikiyesi gayet ehemmiyetsiz olduğundan cıva borusu boşluğunda mayi buharının zuhuruna ve binaenaleyh cıva sütunu üzerine bir tazyik icrasına meydan vermemesidir.

Cıvanın hikemî havassı:

Kimyadaki rumuzu - Hg - atom numarası - 80 - atom vezni 200.61 - ve sıfır derecei hararetteki kesafeti 13.596 olup 350 derecede galeyan eder ve — 39° derecede donar. Siai haruriyesi

0.33 ve 36° dereceden 100° dereceye kadar inbisatı muntazam derecei hararetle mepsuten mütenasip ve bunun yüksekliğinde gayrı muntazamdır.

0° ile 100° derece arasındaki inbisatı zahirî emsali $1/6480$ ve inbisatı hakikî emsali $1/5550 = 0.00018018$, 100° ile 200° de $1/5425$ ve 200° ile 300° arasında $1/5300$ dir. Mukayese olmak üzere havayı nesiminin sabit bir tazyik altında $0^\circ - 100^\circ$ arasındaki inbisatı vasatî emsalinin 0.003670 ve siai haruriyesinin 0.2375 olduğu kayt olunur.

Havayı nesimî ile cıva esasatı hakkında luzumu olan bazı umumî malumatın itasından sonra barometrelerle irtifa tayinine medar olacak nazariye berveçhiati hulâsa olunur.

Barometre ile irtifa tayininin prensibi:

Arz küresi üzerinde herhangi bir satha tesir eden tazyiki nesimî; arz küresini muhit olan hava tabakasının mezkûr satih üzerinde bulunan kısmının mecmu vezninden ibaret olduğundan hava dahilinde yukarıya doğru çıkıldıkça tazyiki nesimî tenakus eder. Binaenaleyh: tazyiki nesiminin tenakusu barometrelerde cıva sütununun tenezzülüne sebep olacağından bilmünasebe havayı nesimî dahilinde yükseldikçe barometre irtifasının da tenezzül etmesi lâzımgelir. O halde; aynı arzda ve fakat muhtelif irtifalarda bulunan barometrelerin cıva irtifalarile bu iki mahâl arasındaki mesafei şakuliyenin tayini imkân dahiline girmiş bulunur. Bunun için cıva sütununun tenezzül ettiği miktar ile bu miktara tevafuk eden sahayı şakuliye beynindeki nispetin bilinmesi kifayet eder.

Cıva sütununun tenezzülünü hesaplamak için; cıva ile hava kesafetlerinin yekdiğerile mukayesesi lâzımgelir.

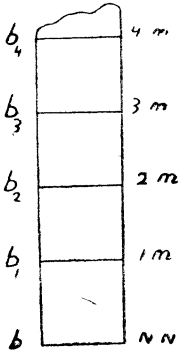
Cıvanın suya nazaran sikleti izafiyesi 13.596 ve suyun havaya nazaran 773 bulunduğundan cıva ile havanın mukayesesinde aynı hacımdaki cıvanın havadan $13.596 \times 773 = 10509.7$ defa daha ağır olduğu anlaşılır. yani; aynı miktarda olmak üzere 10509.7 milimetre tulundeki bir hava sütununun bir milimetre tulündeki cıva sütunu veznine muadil olduğu sabit olur. Ohalde barometre irtifaında müşahade olunacak beher milimetrelik miktarı tenezzül, 10.5 metrelik bir tereffüe delalet eder.

Ancak; havanın kesafeti, nesimi kürenin her tabakasında bir olmayup yukarıda kaydolunduğu üzere arzın sathından itibaren sür'atle tenakus ederek gittiğinden havanın vezni ve dolayısıle bunun tazyikide her vakit irtifa ile mütenasiben tenezzül etmemektedir. Bu tenezzülü mütenasip kabul ettiğimiz taktirde 760 milimetrelik cıva sütunu için havayı nesimî irtifasının arz küresi sathından ancak 760×10.5 metre yani bir mili mütecavüz bulunması lâzımgelirdi. halbuki tecarübü fenniye buna tevafuk etmemektedir. Hututu şuaiyenin hesabından bu miktarın 10 misli, cevvi hava ve fecri şimalî (Nord Licht) irtifasının hesabındanda 40 misli yani; takriben $760 \times 40 = 304.00$ toparlak bir hesap ile 300 kilometre olduğu tespit edilmiştir.

İrtifa düsturunun istihracı:

İki nokta beynindeki tefazulu irtifanın tayini için cıva sütununun irtifa ile olan tezayüt ve tenakusunu hisabetmek lâzımgeldiğinden aşağıdaki tecrübenin tetkiki lâzımgelir:

(Şekil : 1) NN Deniz seviyei vasatisinde bulunan barometrenin cıva irtifası b , ve 1, 2, 3 İlh. metre irtifalardaki cıva irtifaları da b_4 b_3 b_2 b_1 ve İlh. bulunsun; ohalde bir metrelik bir irtifa farkı için cıva irtifaları beynindeki tefazul:



$$b - b_1 = p_1$$

$$b_1 - b_2 = p_2$$

$$b_2 - b_3 = p_3 \dots\dots (1) \text{ olur.}$$

P_1 tefazulu bir metre irtifaa tekabül eden ve hava tabakasile aynı vezni havi cıva sütununun irtifacı ve $p_2, p_3 \dots$ İlh. tefazulları da 2, 3 ... İlh. metre irtifaa tekabül eden yine aynı şerait dahilindeki cıva sütununun irtifaından ibarettir.

Maryot kanununa nazaran; sabit derecei hararete bulunan kesafetler ve dolayısıyla yabıs hava tabakalarının vezinleri, tazyik eden kuvvetlerle mepsutan mütenasip bulunduğundan cıva sütununun müvazenette tutmuş olduğu aynı vezindeki hava sütunu doğrudan doğruya barometre mebdelerile zahir olur. Binaenaleyh:

$$(2) \dots\dots \left\{ \begin{array}{l} P_1 : P_2 = b_1 : b_2 \text{ vasateyninin tebdil ile } \frac{P_1}{b_1} = \frac{P_2}{b_2} \\ P_2 : P_3 = b_2 : b_3 \quad \quad \quad \text{ " " " } \frac{P_2}{b_2} = \frac{P_3}{b_3} \end{array} \right.$$

ve birinci tenasüp terkip edilip aksedildikte;

($\frac{b_1}{b_1 + p_1} = \frac{b_2}{b_2 + p_2}$) olup vasateyn teptil edildikte;

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{b_1 + p_1}{b_2 + p_2}; \frac{b_2}{b_3} = \frac{b_2 + p_2}{b_3 + p_3} \text{ olur.}$$

Halbuki (1) numaralı tenasübe nazaran $p_1 + b_1 = b; p_2 + b_2 = b_1; p_3 + b_3 = b_2$ olduğundan bunlar yukarıki tenasüpte yerlerine konuldukta;

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{b}{b_1}; \frac{b_2}{b_3} = \frac{b_1}{b_2} \dots\dots Q \dots\dots (3) \text{ olur.}$$

Q nun cesameti; irtifaları arasında bir metre tefazul bulunan iki nokta beynindeki barometre mebdelerinin nispeti olup

Q daima >1 ve her yerde aynı olarak zuhur etmediği gibi mebde ittihaz olunan b nin en büyük barometre irtifai suretine tabidir.

Eğer (3) numaralı formülde tenasübün tarafı evveli, tarafı sanisile tebdil edilecek olursa;

$\frac{b_1}{b_2} = \frac{b}{b_1}$; $\frac{b_2}{b_3} = \frac{b_1}{b_2}$; $\frac{b_3}{b_4} = \frac{b_2}{b_3}$ şekli elde edilip buradan da aşağıdaki barometre irtifaları elde edilir.

$$b_1 = \frac{b_2}{b_1} = b \cdot \frac{1}{Q} ; b_2 = b_1 \cdot \frac{b_3}{b_2} = b \cdot \frac{1}{Q^2} ; b_3 = b_2 \cdot \frac{b_4}{b_3} = b \cdot \frac{1}{Q^3}$$

Ve yahut $b ; b_1 = b \cdot \frac{1}{Q} ; b_2 = b \cdot \frac{1}{Q^2} ; b_3 = b \cdot \frac{1}{Q^3} ; \dots (4)$ olur.

Barometre mebdeleri; irtifai tezayüt eden hesabî bir silsilenin tenakus eden hendesî bir silsilesidir.

(4) Müsavatından $b = Q$. $b_1 = Q^2$. $b_2 = Q^3$. b_3 kıymetleri elde edilir.

Arz sathından yükseldiğimiz miktarı h ve bu irtifadaki barometre mebdeini 3 ile gösterecek olursak 0° derecei hararette ve yabis havada arzı coğrafi ve cazibei arz tesirleri nazarı dikkate alınmamak şartile barometre ile irtifa tayininde

$$b = Q^h \cdot \beta \dots (5) \text{ olur. ve buradan ;}$$

$$h = \frac{\log b - \log \beta}{\log Q} \text{ metre (6) olur.}$$

Yukarda bildirildiği üzere havanın vezni cıvanın vezninden 10500 defa daha ağır olduğundan Q nın kıymeti barometre mebde noktası olarak 760 milimetre bulunur.

Buna nazaran arzın sathından 1 metre yükseldikte cıva sütununun tenezzül miktarı :

$(1 : 10500)^m = 0.95^m$ olur yani ; cıva sütunu 760 milimetreden 759.905 e düşer.

Binaenaleyh : Q nın kıymeti $Q = \frac{b}{b_1} = \frac{760}{759.905}$ ve $\text{Log} Q = 0.000\ 0543$ bulunur

(6) numaralı formülde Q yerine müsavisi konulduktaki:

$$h = \frac{\log b - \log \beta}{0.000543} = 18416 = 18416 (\text{Log } b - \text{Log } \beta)$$

(7) formülü elde edilir.

18416 veyahut toparlak hesap ile 18400 miktarı vasatı Avrupa için emsali sabit olarak gösterilmiştir.

Jordana nazaran sıfır dereceye irae edilmiş deniz seviyesindeki barometre irtifamın vasatı Avrupa için 762 milimetre olarak nazarı itibara alınması lâzımdır.

Derecei harareten mütevellit miktarı tashih

(7) Numaralı formül, 0° santigrat derecei hararetteki irtifa formülünü işar eder. Fakat mezkûr derecei hararete irtifa farkları gayet ender olarak icra edilse bile istasyonlar bey-ninde yine bir derecei hararet farkı bulunur. Binaen aleyh hakikî kıymeti bulabilmek için her barometre kıraatinde, derecei hararetin de kaydedilmesi lâzımdır. Formül için her iki rasad mevkiinin derecei hararetleri mecmuunun nısfı nazarı dikkate alınır. Ve meselâ bunlardan birisi t ve diğeri T olduğuna nazaran $\frac{t+T}{2}$ miktarı hisaba ithal olunur.

Keylosak kanunlarına nazaran : Yüz taksimatlı bir termometrenin sabit bir tazyik altında bir derece tezayüt ve tenakusu dolayisile yabis havanın kendi hacminin 0.003665 i kadar inbisat veyahut takallüs ettiği yukarda bildirilmiştir.

Bu kesir 273 rakamının makûsü olup $\frac{1}{273}$ kat'î sıfır noktası 273° yi ifade eder. Yukardaki miktar yerine inbisat emsali sabit olarak tamamı tamamına $\alpha = 0.04$ vazedilebilir.

t ile T nin vasatısı sıfırın fevkinde bulunduğuna göre (7) numaralı formül gayet ufak bir netice verir. beher derece hararet gradı için hava kendi hacminin 0.004 misli kadar daha hafif bulunacağından hava sütununun $0.004\frac{t+T}{2}$ misli alınması lâzımdır.

Bu şekilde formül; $H = 18400. (\log b - \log B). [1 + 0.002. (t+T)]$. (8) olur. Derece hararet gradları cebir adetleri gibi muameleye tabi yani sıfırın üstünde müspet ve altında menfi olarak hesaba dahil edilecektir. (8) numaralı formüldeki b ve B harfleri iki nokta beynindeki barometre mebdeini ifade eder. Eğer $b=760$ milimetre vaz olunacak olursa deniz seviyesinden başlayan irtifalara ait kıymet elde edilir. Buna ait luga-ritme istimâl etmeksizin takribi bir formülde (Fischer-Babinet) tarafından verilmiştir.

$$H = 1600. \frac{b-R}{b-R} [1 + 0.002. (t + T)]$$

Sıfıra İrca Formülü:

Derece hararetin bir santigrad tebeddülü malum bulunduğu üzere cıvayı münbasıt veya münkabız kılacağından cıva sütununun kendi tulinin $k=0.00018$ zine muadil bir taksimat kadar büyür veyahut küçülür binaenaleyh: Barometre irtifa-ını 0 dereceye irca için kt ile zarbedilmesi ve bu hasilı zarp miktarında muamelei cepriyeye tabi tutarak + t nin tarhi ve t nin zammı cihetine gidilmesi icap eder. Eğer b den başlıyorsak bunun maküsü olarak; $b=b_0. (1+kt)$ ve buradan tarafeynin b nin mazrubuna taksimi suretile:

$$b_0 = \frac{b}{1+kt} = b. (1+kt) \text{ sıfıra irca formülü elde edilir.}$$

Gerek hendesî kavaid ile rakım ve tefazulu irtifa tayininde ve gerek diger pratik hendesî âletlerle aynı maksadın husulü için yapılan mesahalarda irtifa kıymetlerinin $\pm$ deniz

seviyei vasatisine göre alınması icap eder. Binaenaleyh: mühim vazifelerde - Memleketin esaslı işlerinde - deniz seviyei vasatisininde sahih bir sıfır - Normal sıfır - noktasma göre alınması zarurîdir.

Beynelmilel mesaha hey'etinin Normal sıfırın tayini hususundaki mesaisi; tekml Avrupa için umumî bir sıfır noktası ve meselâ; Baltık denizinin vasatî su seviyesi ile karadenizin aynı su sathına malik bulunacak veçhile mutavassıt bir tesviye sathı tesbit etmektir. yani: bu noktanın sakin su sathı kendi Geoid sathına tevafuk edecekti. ve fakat mezkûr tasavvurat esaslı bir neticeye iktiran edememiş ve buna müteallik mesaide daha el'an halledilememiştir. Bu sebeple her memleket şimdilik kendilerince muteber bir sıfır noktası tesis etmiştir. Almanyada Amsterdam maroğrafının sıfır noktası, irtifa miktarları için esas sıfır noktası olarak kabul edilmiştir. Mezkûr miktar Almanya sahillerinde rasad edilen vasatî deniz seviyesine tamamen tevafuk etmektedir. Bircümle irtifa mesaisi Amsterdam maroğrafının sıfır noktasına istinad eder, bu noktaya nazaran kat'i irtifalar ölçülmekte ve bundan itibaren irtifaların istikameti zait veyahut nakışlıkla tefrik edilmektedir.

Barometrelerde meb'de hatası :

Barometrelerin mebde noktası; havanın rutubeti, cazibei arziye, arzı coğrafî, cam borunun inbisatı tulanisi ve Kapillar depressionundan mütevellit tesirat dolayısıyla tebeddül etmektedir. Bundan başka derecei hararetten mütevellit hatanın tashihi için hararet alımında kullanılacak olan mikyasülhararenin sıfır noktası bazı esbap dolayısıyla tebeddül edeceğinden bu gibi mikyasülhararelerin hini tstimalinde sıfır noktasının da doğru olup olmadığını tahkik etmek lâzımdır.

Keylosak marifetile bittecrübe tahkik olunan şari âsârdan mütevellit hatada; cıva sütununu daima bulunacağı irtifadan daha aşağıda bulundurmağa sebep olur. binaenaleyh: hatada bervçhi ati şekilde bertaraf edilir. Cıva borusunun AB kutru dahilisi ve hilali muhaddebin CD sehmi tayin edildikten sonra bu miktarlara nazaran barometre irtifama zammı lâzımge-len miktarı inhitat bulunarak tashih olunur.

Ancak bu hata, kutru küçük olan borularda ziyade bulunduğundan bu gibi barometrelerin istimalinde, mezkûr miktarı tashihi evvelce hesap olunmuş cetvellerden alarak hesaba dahil etmek maksada kifayet eder.

Cazibei arziye; tabakai nesimiye, ecsamı saire misillu tesir ettiğinden yani havai nesimiye sathı arza doğru cezbediğinden mezkûr tabakanın arzın sathında veya onun üzerinde bulunan ecsama bir tazyik icra edeceği gayet tabiidir. Binaenaleyh; mezkûr tazyikin havai nesiminin veznine olan tesiri dolayısıyla cıva sütununda bunun siası dahilinde bir hata miktarile malul bulunması tezahür edeceğinden bu hatanın da ifnası cihetine gidilmek lâzımdır. Ancak dünyamızın bir ellipsoit bulunması nazarı dikkate alınarak hattı üstüvada bulunan nokatın kutuplardaki nokata nazaran merkezi arza daha uzak mesafede bulunacağı bedihidir. Binnetice; cazibei arz, Newtonun gravitation kanunu mucibince mesafenin murabbaile makûsen mütenasip tesir edeceğinden bunun hattı üstüva üzerinde bulunan nokata tesiri, kutuplara yakın bulunan nokata tesirinden daha az bulunur. buna ait miktarı tashihler, cetvellerinden alınarak hesaba ithal olunmalıdır.
