

O NEKIM METODAMA ODREĐIVANJA VISINE 850 MB
PLOHE PREMA PODACIMA VISINSKIH STANICA

Vesna Jurčec - Zagreb

S a d r ž a j - U naslovnom referatu prikazane su neke metode za određivanje visina iz podataka dviju stanica na različitim visinama (Sljeme $H_p=1016$ m i Zagreb Grič $H_p=162$ m).

Metoda adiabatnog sloja osniva se na određivanju visine pomoću virtualnih temperatura na Sljemeni i Griču ucrtanih u ^{amagram} formulu /2/ slika 1). Točnija je metoda izotermnog sloja, kod koje se umjesto suhe adiabate krivulja stanja presjeka izotermom T_{vm} i uvrsti u jednadžbu /1/ slika 3.

Ako raspoložemo podacima samo za visinske stanice onda prema formuli /4/ iz poznatog tlaka p_1 temperature T_1 i srednjeg gradijenta možemo naći visinu H_1 . Na slici 3 prikazan je princip, a u prilogu originalan nomogram za određivanje visina iz podataka visinske stanice.

Najbolje rezultate pokazala je "D - metoda", koju je uveo Bellamy. D je altimetarska korekcija određena formulom /5/, a S specifična temperaturna anomalija /6/. Ako za S_v uzmemo srednju specifičnu anomaliju, onda /8/ daje odstupanje visine 850 mb plohe od visine u standardnoj atmosferi.

Sl.2., 4. i 6. daju odstupanja visina dobivenih metodom adiabatnog sloja, izotermnog sloja i D-metodom od visina izračunatih prema metodi efektivne temperature od Dr. B. Maksića. Na kraju je prikazana upotreba ove posljednje metode (sl.9.) sa visinama dobivenim radiosondazom.

SOME METHODS FOR OBTAINING THE HEIGHT 850 MB
SURFACE BY USING DATA OF HEIGHT STATION

S u m m a r y - In the paper are described some methods of pressure - height evaluation by use of two stations with different altitudes (l.g. Sljeme $H_p 1016$ m, Zagreb - Grič $H_p 162$ m).

The "Adiabatic" method is based on the evaluation of the pressure - height relationship by the use of the virtual temperature of the stations Sljeme and Grič (Eq/2/ fig 1). Greater accuracy in approximation of the height is obtained by use of the mean virtual temperature between Sljeme and Grič (Eq /1/ fig 3).

If we have the data only of the higher station then by Eq/1/ from pressure P_1 temperature T_1 and an appropriate lapse rate of virtual temperature one can obtain the height H_1 .

The best results yielded "D - method", invented by Bellamy. "D" is the difference between the actual height of a pressure surface and the height H_p of the same pressure surface in the standard atmosphere /Eq 5/. The actual temperature is indicated by means

of the specific temperature anomaly "S" at given pressure/ Eq 6./.

In fig 2,4 and 6 the departures of heights got by the described methods from the heights computed by the methods Dr.B.Maksić are shown.

At the end the comparison of this last method(fig.9)with the heights got by sounding is given.

Još u vrijeme, kada mreža radiosondažnih stanica nije bila toliko gusta kao danas, pojavio se problem određivanja visine izobarnih ploha iz podataka visinskih stanica. Prvi je o tom pisao G. Pagade. Pagade je pokazao, kako se upotrebom osnovne barometarske jednadžbe mogu računati visine relativnih topografija. On je odredio i neke evropske stanice, kojima je visina povoljna za to računanje.

Isti problem pojavio se kod nas prije uvođenja radiosondažnih mjerenja, tako da se u sinoptičkom odsjeku našeg Zavoda već od 1954. redovito računala visina 850 mb plohe pomoću podataka Griča i Sljemena.

Ponovno je taj problem postao aktuelan ove godine, kada su se u depese visinskih stanica uvele visine izobarnih ploha.

Postoje različite metode za određivanje visina izobarnih ploha iz radiosondažnih podataka. Te sam metode pokušala primjeniti uz izvjesne pretpostavke i na izračunavanje visina izobarnih ploha pomoću podataka samo jedne stanice, odnosno dviju stanica na različitim visinama male horizontalne udaljenosti.

Najjednostavnija metoda za određivanje ove visine je upotreba osnovne barometarske formule,

$$H = 67,442 T_{vm} \log \frac{P}{850} \quad /1/$$

Problem se svodi na određivanje srednje virtualne temperature T_{vm} . Ta temperatura može se odrediti i iz temperature na jednoj stanici i poznatog gradijenta temperature. Metodu, koju smo mi upotrebljavali, izradio je zajedno sa tabelama Dr.B.Maksić. To je metoda efektivne temperature (metoda ET). Tu metodu uzimam kao točnu, te sam i sve ostale rezultate upotrebljavala sa visinama dobivenima tom metodom.

Medostatak je metode jedino u tom, što se na izračunavanju zajedno sa prikupljanjem podataka u redovnoj službi izgubi 10-15 minuta (sam račun traje 4-5 min). Osim toga se u brzini kod samog računa često griješi. Zato se postavlja pitanje, da li se u svakidašnjoj praksi može upotrebiti neka druga metoda, koja je brža, a daje zadovoljavajuće rezultate.

Pokusala sam najprije s jednostavnim metodama, koje smo upotrebljavali pri računanju visina prema krivulji stanja dobivenoj radiosondažom. To je u prvom redu metoda adiabatškog sloja (metoda A), u kojoj visinu određujemo na način prikazan na sl.1. Na emagramu, se ucrtavaju podaci Griča i Sljemena, zatim se odredi suha adijabata, koja presijeca njihovu spojnicu, tako da su površine P_1 i P_2 , što ih

zatvara suha adijabata sa ovom linijom desno i lijevo, jednake.

Na presjecistima suhe adijabate i izobarne plohe P_1 , koja prolazi Gric i plohe P_2 koja prolazi kroz Sljeme, očitaju se vrijednosti virtualnih temperatura T_{v1} i T_{v2} i unesu u formulu, koja daje visinu toga sloja:

$$H_1^2 = 102,5 (T_{v1} - T_{v2}) \quad /2/$$

Ta formula već pokazuje, da je račun grub i da za točnije određivanje metoda nije uspješna. Iz 30 primjera u siječnju 1957. pokazuje se, da su razlike u nekim slučajevima vrlo velike (tabela I.).

Tablica 1. Čestine razlika visina metodom AS i ET

0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60
11	4	9	3	3

Kod visokih tlakova dobivaju se dobri rezultati, jer ekstrapolirana krivulja daje dobru aproksimaciju.

Na sličan način može se grafički iz krivulje stanja odrediti T_{vm} , koja je potrebna u formuli /1/ za određivanje visina. Dio krivulje između dvije izobarne površine razdijeli se tako, da izoterma T_{vm} određuje iste površine P_1 i P_2 sa krivuljom stanja desno i lijevo. To je metoda izotermnog sloja (metoda IS, sl.2.).

Razlike dobivene u istih 30 primjeraka kao u prethodnom slučaju pokazuju, da su odstupanja od metode ET manja (tabela 2.).

Tablica 2. Čestine razlika visina metodom IS i ET

0 - 10	10 - 20	20 - 30
25	3	2

Ove metode zahtijevaju međutim podatke dviju stanica, zato ćemo pregledati, kolike bi razlike bile, kada bi se upotrebili podaci samo visinske stanice.

Saucier (1) daje formulu za visinu izobarne plohe p_2 izvedenu iz formule /1/, u koju ulazi srednji temperaturni gradijent:

$$H_1^2 = \frac{K \ln \frac{P_1}{P_2} T_1}{1 - \frac{1}{2} K \bar{\gamma} h \frac{P_1}{P_2}} \quad /4/$$

T_1 je temperatura, a p_1 tlak na stanici.

Radi pojednostavljenja može se uzeti gradijent $\bar{\gamma} = 0,5/100$.

Nekoliko primjera pokazuje, da odstupanja tako dobivenih visina od metode ET nisu velika, iako se uzimajući taj gradijent ustvari čini pogreška. Prvo zato što u slučajevima inverzija činimo dvostruku pogrešku smanjujući temperaturu umjesto da je povećavamo. Osim toga i temperatura je na visinskoj stanici niža nego u slobodnoj atmosferi. Detaljnije nisam ulazila u taj problem, jer je obrađen u prethodnom referatu D. Poje, ali se iz upotrebe temperature na Sljemeni i temperature na istoj izobarnoj plohi u radiosondazi mogu naći ponekad vrlo velike razlike.

Kako računanje po formuli /1/ zahtijeva mnogo vremena, to većina autora preporučuje konstruiranje nomograma za određivanje visina izobarnih površina iz podataka jedne stanice.

Na sl.3. prikazana je shema nomograma. Apscisa je virtualna temperatura T_v , a ordinata visina H . Paralelno s ordinatom je skala tlaka. Polazi se od pretpostavke kolinearnosti triju točaka, u kojoj je jedna temperatura, druga tlak, a treća tražena visina. Problem je jedino da se zgodno odredi vrijednost konstanta α, β, γ i ϵ , tako da dijagram ne bude prevelik, a da se ipak sa dovoljnom točnošću mogu očitati visine. U prilogu je dan nomogram u veličini povoljnoj za upotrebu u svakidasnjoj praksi.

Rezultati dobiveni pomoću tog nomograma prikazani su na sl. 4., koji daje cestine odstupanja visina dobivenih direktnim očitavanjem iz nomograma od visina izračunatih metodom efektivne temperature. Odstupanja su kako vidimo malena a postupak vrlo jednostavan. Točnost je veća kod negativnih temperatura, jer su udaljenosti između stupnjeva kod njih, kako pokazuje dijagram, veća, dok kod visokih temperatura ne možemo točno odrediti svaki stupanj na dijagramu. Ali razlike u visinama ni kod tih temperatura nisu velike.

"D metoda". - Konačno bi se ukratko osvrnula na jednu od najnovijih metoda od Bellanya (2). On uzima jednu atmosferu standardnu ili referencnu, u kojoj svakom tlaku pridaje određenu visinu i temperaturu.

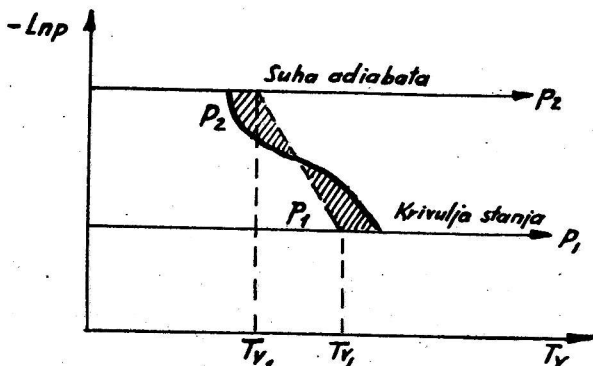
Parametri, koje on uvodi, predstavljaju odstupanja stvarnih vrijednosti temperature i tlaka odnosno visina od istih vrijednosti u standardnoj atmosferi. Za takvu atmosferu mogu se uzeti i prosječne vrijednosti visina i temperatura na jednoj radiosondaznoj stanici kroz godinu dana, više godina, mjeseci ili godišnjih doba.

Velicina "D", zvana altimetarska korekcija, predstavlja odstupanje stvarne visine H neke izobarne plohe od visine H_p iste plohe u standardnoj atmosferi:

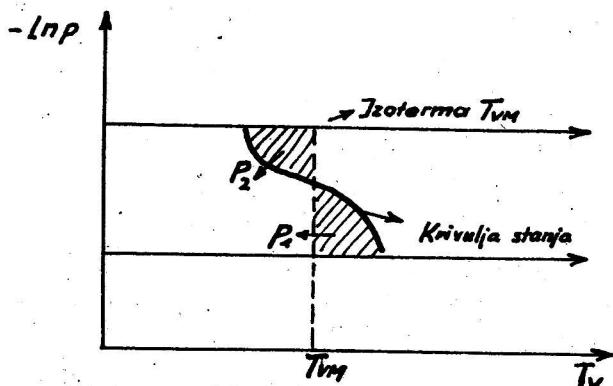
$$D = H - H_p$$

/5/

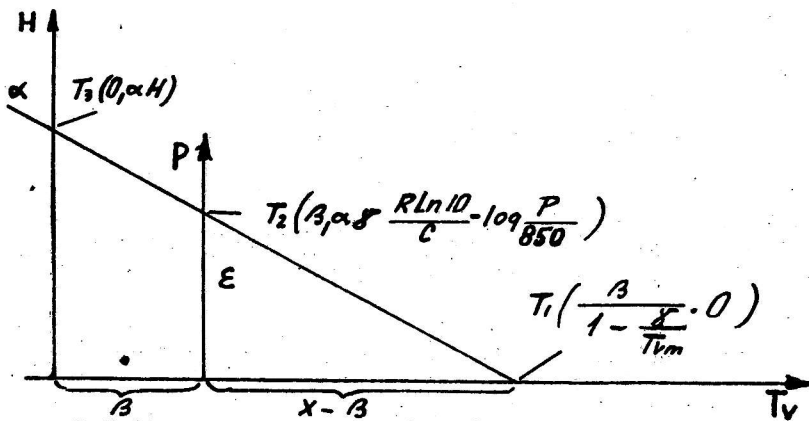
Na primjer, ako je stvarna visina 700 mb plohe 3,034 m, visina iste plohe u st. atm. 300 m, to je altimetarska korekcija $D = 24$. To znači, da je stvarna vrijednost visine za 24 m viša od normalne u standardnoj atmosferi.



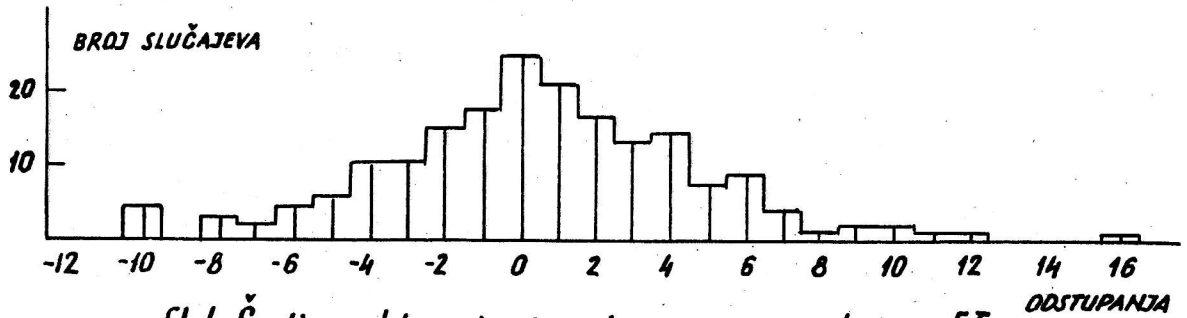
Sl. 1. Metoda adiabatiskog sloja



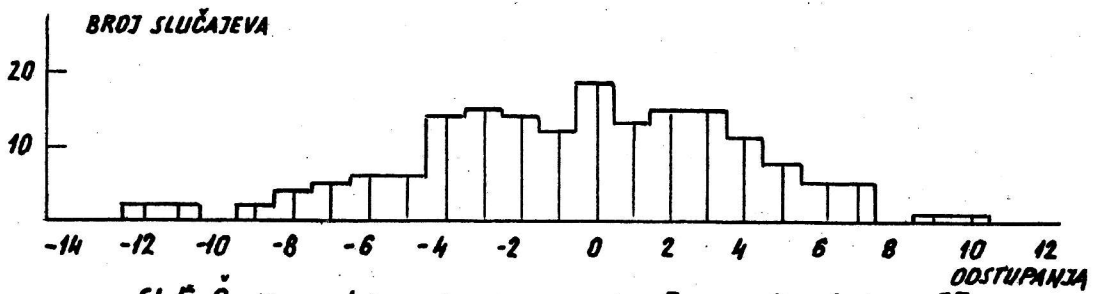
Sl. 2. Metoda izoternog sloja



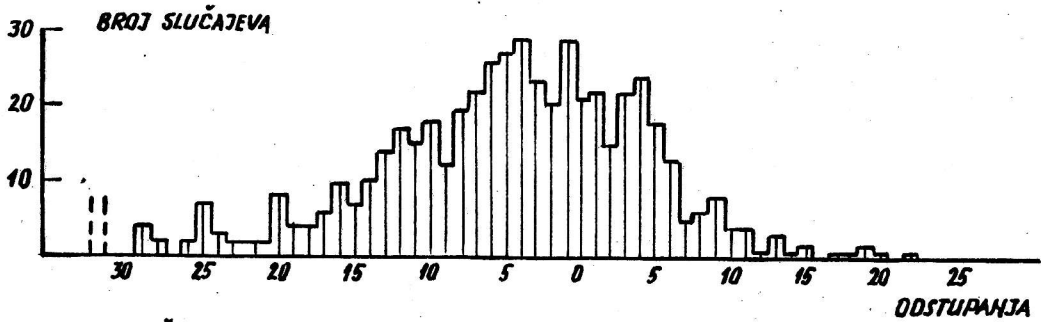
Sl. 3. Nomogram za određivanje visine 850 mb plohe



Sl. 4. Čestine odstupanja visina iz nomograma od visina ET



Sl. 5. Čestine odstupanja visina prema D-metodi od visina ET



Sl. 6. Čestine odstupanja visine ET od visina dobivenih radiosondažom

Drugi parametar - specifična temperaturna anomalija "S" dan je relacijom

$$S = \frac{T - T_p}{T_p} \quad /6/$$

gdje je T temperatura u stvarnoj, a T_p u standardnoj atmosferi na istoj izobarnoj plohi.

T_p se može odrediti za svaku danu visinu H_p , ako su poznati početni uvjeti, t.j. T_0 temperatura pri tlu i vertikalni temperaturni gradijent, a oni su već dani u definiciji standardne atmosfere.

Iz relacije

$$T_p = T_0 - \gamma_p H_p$$

možemo odrediti T_p za svaku visinu H_p . Analogno je virtualna specifična temperaturna anomalija

$$S_v = \frac{T_v - T_p}{T_p} \quad /7/$$

gdje se umjesto temperature T upotrebljava virtualna temperatura T_v ako želimo uzeti u obzir sastav atmosfere. Vrijednosti S_v variraju od -0,2 do +0,1.

Može se pokazati, da je

$$S_v = \frac{dD}{dH_p}$$

Iz toga proizlazi formula za računanje visina:

$$D_2 - D_1 = \int_{H_1}^{H_2} S_v dH$$

Ako za S_v uzmemo srednju specifičnu anomaliju S_{vm} , tada će biti

$$D_2 = D_1 + S_{vm} (H_{p2} - H_{p1}) \quad /8/$$

Sa indeksom 1 označena je visina donje izobarne plohe H_{p1} i njezino odstupanje od vrijednosti u standardnoj atmosferi D_1 , a sa indeksom 2 iste veličine na gornjoj izobarnoj plohi.

Pitanje je, kako treba odrediti srednju specifičnu temperaturnu anomaliju, koja se pojavljuje u formuli /8/.

Bellamy daje konstrukciju jednog dijagrama kojemu je apscisa S_v , a ordinata H_p . Dijagram nosi naziv PASTA-GRAM (Pressure Altitude Specific Temperature Anomaly) i vrlo je zgodan za primjenu (2).

U konkretnom slučaju, ako raspelazemo podacima dviju stanica Zagreb-Grič i Sljeme, mogu se ucrtati obje vrijednosti u PASTA-GRAM, a iz ekstrapolirane krivulje od Sljemena do visine 1460 m (to je normalna visina za 850 mb plohu) odrediti S_{vm} . Međutim tako dobi-

vene visine u većini slučajeva vrlo malo odstupaju od visina, koje se dobivaju, ako se za S_v upotrebe samo podaci Sljemena.

Sl.5. prikazuje grafikon sa rezultatima racunanja visine po D-metodi za prvih 6 mjeseci ove godine. Na njemu se vidi, da je u najvećem broju slučajeva bilo odstupanje 0, te da je najveće odstupanje u malo slučajeva bilo 10 odnosno 12 gpm.

Prema formuli /8/ može se izraditi tabela, iz koje se za svaki tlak i virtualnu temperaturu može naći odgovarajuća visina 850 mb plohe.

Na kraju da se osvrnemo na pitanje, kako se slažu visine dobivene racunom s visinama u radiosondazi.

Sl.6. prikazuje grafikon cestina odstupanja visina izracunanih metodom efektivne temperature kojom smo upoređivali sve ostale metode, sa visinama 850 mb plohe u radiosondažnim mjerenjima. Iz grafikona se vidi, da su u najvećem broju slučajeva odstupanja bila negativna, t.j. visine dobivene metodom ET nize od visina u radiosondažnim podacima, To se moglo i očekivati zbog već prije spomenute niže temperature na Sljemeni. Iz jednog kraćeg niza uporedbe tlaka na Sljemeni s radiosondažom vidi se, da je i tlak u prosjeku niži, a to također ima kao posljedicu manju visinu.

Te uporedbe daju međutim samo približne rezultate, jer su podaci uzeti točno u onim terminima motrenja, kada se sondu vrši, dakle u 04 i 16, odnosno 01 i 13 sati, a sonde su puštene većinom i više od jedan sat ranije.

Dakle, da bi se dobio točniji uvid u te razlike, trebalo bi uzeti podatke točno u vrijeme puštanja sonde, zatim ih uporediti.

Ali već tako dobiveni rezultati pokazuju, da je metoda efektivne temperature uspješna. Uporedba, pak, te metode s visinama dobivenima iz nomograma i "D-metodom" pokazuje, da su i te metode dovoljno točne i da se mogu upotrebiti u svakidašnjoj praksi.

Pored niže spomenute literature koristila sam se predavanjima Dr.Makšića, koje održava u Sinoptickom odsjeku naseg Zavoda, te na kraju želim da zahvalim Dr.Makšiću naročito u pogledu metode efektivne temperature, koja još nije bila publicirana.

L i t e r a t u r a

- (1) W.J. Saucier: Principles of meteorological analysis, The university of Chicago 1955., pp 46-56.
- (2) J.C. Bellamy: The use of Pressure Altitude and Altimeter Corrections in Meteorology "Journal of Meteorology II" (1945.) pp. 1 - 79.

NOMOGRAM ZA ODREĐIVANJE VISINE 850mb PLOHE

