

THE ORIGIN OF MONSOONS

V. MANOHIN

Obstaja mnenje, da so monsoni enostavna posledica različne ogretosti kontinentov in morij. Namen pričujočega dela pa je, pokazati, da takšni pogledi za stvar niso dovolj utemeljeni. To je razvidno iz naslednjega: kot klasični deželi monsunov se cenita obe Indiji in Vzhodna Azija. Monsoni pa so znani tudi v Avstraliji, Ameriki in govori se celo o evropskem monsonu, nikjer pa ne dosežejo takega razvoja in učinka kot v že omenjenih predelih Azije. Pri tem se obe Indiji odlikujeta po poletnem monsonu, ki povzroča tamkaj močno deževje, zimski pa je malo izrazit. V Vzhodni Aziji je ravno narobe: tam so zimski monsoni izraziti in odločilno znižujejo zimsko temperaturo, medtem ko je poletni monson mnogo manj izražen.

Oglejmo si na kratko staro in splošno znano razlago nastanka obeh monsunov, katere se drži tudi sicer sloveč in kritičen J.Hann /I/: poletni monsun naj bi nastal zato, ker se azijski kontinent razgreje bolj kot morja, zato je zračni pritisk nad njim manjši kot nad oceani. To povzroča poletni monsun, t.j. veter, katerega splošna smer je z morja na kopno. Veter z morja pa je tudi vlažen, zato sproži padavine. Za dokaz pravilnosti te teorije so svoj čas podajali karto razporeditve pritiska poleti: nad Beludžistanom je lepo razviden monsonski ciklon /glej n. pr. Threwartha /2/, nad oceani pa razmeroma visok pritisk. Prizemni vetrovi, t.j. monsoni, seveda ustrezajo omenjeni razporeditvi pritiska in s tem bi bila razlaga poletnih monsunov pravilna. Toda naslednje dejstvo ne govori v prid taki razlagi: razgreta območja morejo imeti le v nižjih zračnih plasteh znižan zračni tlak, medtem ko mora biti v višinah ravno zaradi ogretosti, zračni pritisk povečan. To sledi iz znanega Laplaceovega zakona o spremnjanju pritiska v zvezi z višino. Podobno velja za hladna območja, ki imajo v višinah znižan zračni pritisk. Tako bi morali poletni monsoni pihati le v plitvi plasti, nad to pa antimonsoni. Toda že zdavnaj so ugotovili, da antimonsonov ni. Še več kakor to - nastanek silovitega monsonskega deževja, ki zajame predvsem Bengalijo in okolico, je stališča klasične razlage monsunov nerazumljiv. Kajti, če so monsoni omejeni le na plitev sloj in dosežejo zato kvečjemu nekaj nad 3000 m višine, nad njimi pa da vlada suhi antimonson ali visok anticiklon, kako potem sploh more nastati omenjeno deževje? Prvič, v tropih leži nulta izoterma poleti znatno više od 3000 m in s tem ves oblačni sistem monsunov ne bi mogel izločati pomembnejših padavin, kajti za nastanek močnejših padavin je nujno potrebno zmrzovanje oblakov. Drugič, tako visoko gorovje, ko je Himalaja, bi segalo daleč v območje suhih antimonsonov oziroma višinskega anticiklona in bi imelo ob času hudega monsonskega deževja v nižinah, brezhibno jasno vreme. Številne ekspedicije na himalajske vrhove pa so soglasno potrdile, da zajame monsun tudi visoke gore, kjer povzroči silovite snežne meteže. Take meteže so opazovali še v višini nad 6000 m, verjetno pa segajo še više. Iz tega sledi, da so monsoni visoko segajoči vetrovi in da nad njimi ni ne

antimonsunov ne višinskih anticiklonov, razen morda v stratosferi. Če je tako, potem je jasno, da poletni monsuni ni enostavna posledica razgretosti kontinentov, temveč nekega mnogo bolj zamotanega procesa. Za proučevanje tega vprašanja sem uporabljal 500 mb višinske karte, ki jih je izdala Ameriška meteorološka služba /3/. Izohipse so prikazane v geopotencialnih futih in s slike je razvidno, da seže poleti 500 mb površina v območju Indijskega monsuna do višine blizu 5800 m. Za razliko od nemških kart, n. pr. Scherhaga /4/, ki kažejo v območju Indijskega monsuna v višinah anticiklon, s središčem nad Tibetom, vlada po ameriških podatkih nad jugovzhodno Indijo višinski ciklon, nad Tibetom pa razmeroma ozek klin oziroma most visokega pritiska, ki izvira iz močnega Saharskega višinskega anticiklona. Ta višinski ciklon je torej monsunski ciklon, ki povzroča monsunske deževje v območju Indije in ki nima nič skupnega s plitvim monsunskim ciklonom nad Beludžistanom, nad katerim leži v višinah južno obrobje omenjenega anticiklonalnega klina. Višinski ciklon dokazuje, da so tu temperature znižane in zato monsunski dež ni posledica preogretosti kontinentov.

Ameriški podatki segajo le do 20° severne širine, zato sem ni vključeno stanje v ekvatorskem območju. Sodeč po svetovni razporeditvi padavin v poletnih mesecih /5/, vlada tedaj v območju ekvatorialne Afrike /postaji Calabar 4° 58 N, 8° 19 E in Lagos 6° 27 N, 3° 24 E/, t.j. južno od Saharskega višinskega anticiklona, tropsko deževje. Ker mora biti vsako deževje, zlasti pa tropsko, navezano na relativno nizke temperature v višini, kaže, da leži tudi nad Afriko v višinah južno od Sahare, višinski ciklon ali dolina. Na priloženi karti se še lepo vidi tak ciklon v območju Kameruna. Ker se poletno tropsko /zenitalno/ deževje razteza bolj ali manj okrog vse zemlje, je treba misliti, da tudi znamenito monsunske deževje v Indiji dejansko ni monsunske, marveč tropske, ki se je tu razširilo najbolj na sever. Razlaga monsunov mora torej temeljiti na razlagi tropskega deževja. Le-to se pa do sedanjega časa razlaga kot posledica pripeke zenitnega sonca: tropski dež sledi letnemu gibanju sonca! Tam, kjer je sonce v zenitu, se vleče pas tropskega deževja. Toda tudi to pot razlaga ni prepričljiva, kajti tudi v območju tropskega deževja, celo v nižini, so temperature nižje kot v sosednjem območju izven deževja. Zrak torej v območju tropskega deževja ni preogret in zato preogretost ni vzrok deževja. Preostaja edina možnost - razlagati vse s frontalnim učinkom. Tropska fronta -ali kot ji mnogi pravijo -"tropska konvergenčna črta", se pomika preko ekvatorja vedno v tisto poloblo, kjer je tedaj poletje. Nad Afriko nastopa zaradi navzočnosti velike mase kopnega v tropih - preogretost in ta ustvarja mogočen višinski anticiklon, ki je lepo viden na karti 500 mb /glej junij ali julij/. Ta anticiklon more blokirati tako tropsko fronto, ki sili sem raj z juga, kakor tudi polarno fronto, ki prodira semkaj od severa. Tropsko deževje v Afriki tako ne prodre daleč od ekvatorja in je v glavnem omejeno na ožja ekvatorska območja. Tudi nad Arabijo se pozna preogretost, ki se manifestira v sekundarnem višinskem anticiklonu. Le-ta je viden tudi na 500 mb površini. Glavni del Azije leži mnogo severneje od Afrike, zato se tudi preogretost razprostira severneje, in sicer nad Tibetom, kjer obstaja kot posledica tega v višinah anticiklonalni klin. V absolutnem iznosu je preogretost nad Tibetom, ki leži na veliki nadmorski višini, mnogo manjša kot nad Saharo,

vendar je Tibet za svojo višino močno preogret. Zaradi visoke lege razmeroma velike kopne površine izstopa namreč Tibet v glavnem višinskem okolju kot neke vrste peč, medtem ko leži v isti višini nad vročimi puščavami prosto ozračje, ki nima neposrednega kontakta s kopnim in je zato bistveno hladnejše. Nad Tibetom se torej ustvarja blokadni anticiklon, ki zavira - podobno kot afriški - tako tropsko kot polarno fronto. Obe Indiji sta nezaščiteni pred prodorom tropske fronte, ki more te predele zlahka doseči zaradi severne lege blokadnega anticiklona. Ker leži Indija že precej daleč od ekvatorja, ustvarja tu tropska fronta ne samo dež, marveč tudi tropske ciklone, t.j. orkane s silovitim dežjem, ki na začetku potujejo - kakor vsi tropski cikloni - od jugovzhoda proti severozahodu. Sodeč po 500 mb karti za junij in julij in po razporeditvi padavin v Indiji /5/, se zdi, da dobiva Indija poletni ciklone po večini iz indonezijskega območja tropske fronte, deloma pa tudi iz ceylonskega območja. Cikloni z indonezijske fronte so dobro znani pod imenom "bengalski cikloni" in deževje je tu najmočnejše na orografskih ovirah Bengalije in Indokine. Tu leži tudi znameniti Asam s Charrapunjo, ki jo cenijo kot kraj s svetovnim maksimum letne količine padavin. Upoštevati je treba, da padajo tu padavine skoraj izključno v poletni dobi, t.j. v času poletnega monsuna. V nasprotju s tem dobiva severozahodna Indija z Beludžistanom le malo padavin, do sem namreč ne seže več učinek tropske fronte oziroma tropskih ciklonov. Del tropskih ciklonov se sicer poraja, kakor je bilo rečeno, tudi v območju Ceylona, se giblje od tu ob zahodni indijski obali proti Perzijskemu zalivu, a se že med potjo izčrpava in ugaša.

Ker tropski cikloni, kot je znano, na kopnem hitro slabijo, ostane polotok Dekan v relativnem zatišju, medtem ko dobita obe njegovi obali obilico padavin in neurij. Splošno znano mnenje, da vpliva gorovje Gah kot zaščita pred monsuni, ne more biti pravilno, saj piha ta veter v višinah od jugovzhoda ali vzhoda in bi torej moralo omenjeno gorovje ščititi obalo in ne celino. Zanimivo je omeniti razliko v letni razporeditvi padavin v Madrasu /13° 4 N, 80° 15 E/ in Mangaloru /12° 52 N, 74° 51 E/, ki leži na zahodni obali Dekana: v Madrasu so poletne padavine relativno majhne in nastopa glavno deževje oktobra in novembra /po naključju tako kot pri nas v Sloveniji/ v Mangalori pa je glavno deževje omejeno na poletne mesece z maksimumom julija, vendar je tudi tu jesen mnogo bolj mokra kot pomlad. To bi kazalo na poševno lego tropske fronte, ki je v območju Indokine pomaknjena bolj na sever kot v območju Arabskega morja, morda zaradi bližine razgrete Arabije. Cikloni potujejo poleti verjetno predvsem ob zahodni obali Indokine proti Cherrapunji, nad Arabskim morjem pa ob zahodni indijski obali proti Perzijskemu zalivu. Kaže tudi, da dobi zahodna obala Indije dež včasih ob severozahodniku, ki prinaša hladnejši zrak iz višjih zemljepisnih širin v zaledju bengalskih ciklonov: v tem primeru gre očitno za prodor polarne fronte v zaledju tropskega ciklona. Iz tega sledi, da je mehanizem monsunov oziroma monsunskega deževja dokaj zamotana stvar, vendar ni nobenega dvoma, da je frontalnega izvora.

Kje naj iščemo vzrok jesenskega dežja v Madrasu, po 500 mb karti ne moremo spoznati. Le-ta /t.j. karta/ pričinja, žal, šele od 20 vzporednika. Lahko pa domnevamo, da cikloni s tropske fronte jeseni še dosežejo območje Madrasa in da potujejo po poti, ki leži blizu Ceylona in jugovzhodne Indije. Preoč jesenskega dežja nad pomladanskim vsem okolišju južne Indije moremo brzkone pripisati potem ciklonov, ki so tedaj bliže

tem območjem kot spomladi, ne pa večji aktivnosti tropske fronte jeseni, četudi ni izključena tudi ta druga možnost.

Začetek monsuna nam lepo kaže 500 mb karta: v aprilu in maju je še povsod zahodna cirkulacija. V juniju se že pojavlja mogočen blokadni anticiklon nad Saharo, sekundarni nad Arabijo in klin-visokega pritiska nad Tibetom, medtem ko je nad Indijo viden že višinski ciklon. To je torej čas nastopa monsuna.

Monsunski dež v Indokini in južni Kitajski prihaja, sedeč po 500 mb karti, od jugozahoda s tropske fronte in zato so tu predeli ob zahodni obali bolj mokri kot ob vzhodni. Nekje v bližini Šangaja trčita monsunska in zmerno širinska zahodna cirkulacija /glej julijsko karto 500 mb/: to je tudi meja, do koder sežejo tropski cikloni, ki se tu imenujejo tajfuni.

Po razlagi je monsunski dež glede na postanek sličen ekvatorskemu dežju, preogretost celine pa v tem primeru določa severno mejo vpliva tropske fronte. Preogretost sama nikakor ne povzroča dežja, marveč ga preprečuje.

Mehanizem tropske fronte, ki povzroča tako ekvatorsko kot monsunsko deževje in ki se pomika za soncem, t. j. na poloblo, kjer je poletje, bi mogli objasniti na naslednji način:

fronta v območju tropov ne more nastati sama od sebe. Tu ni potrebnih temperaturnih razlik in odklonska Coriolisova sila je relativno majhna. Če se kljub temu pojavlja izrazita črta, kjer vetrovi konvergirajo, je to dokaz, da ima ustrezno znižanje zračnega pritiska svoj izvor zgoraj. Poleti namreč obstaja v stratosferi mogočen cirkumpolarni anticiklonalni vrtnec, ki obsega vso hemisfero in seže s svojim robom do ekvatorja. Ob temu robu se razvija ozka struja silovitih vzhodnih vetrov /v stratosferi/, ki se imenuje easterlies in ki tvorijo analogijo z jet streamom v višjih zemljepisnih širinah. Ta easterlies ima veliko energijo in močno turbulenco, ki deluje v vseh smereh in povzroča trčenja in narive zračnih gmot ter vijuganja in erupcije. Razumljivo je, da se vse to odraža v nihanju zračnega pritiska v slojih, ki ležijo pod easterliesom. Tako nastajajo v tropih padci zračnega pritiska, katerih posledica je konvergenca vetrov. Ker pa so tropske zračne gmote zelo vlažne, povzroča že razmeroma majhen vzpon obilno izločitev vlage in latentne toplote, kar daje podlago nadaljnjemu padcu pritiska, ki s tem še krepki konvergenca vetrov. Proces teče torej kot verižna reakcija, ki ojačuje samo sebe. Končno nastane mogočno tropsko deževje; a v zemljepisnih širinah, kjer deluje znatna Coriolisova sila /t. j. od 5 vzporednika dalje proti tečaju/ razen deževja še tropski orkani: hurricani, tajfuni, bengalski cikloni, ouragani, itd.

V zimski dobi vlada v višinah nad vso hemisfero mogočen ciklonalni cirkumpolarni vrtnec z močnim gradientom in številnimi jet streami. Monsunski nižinski anticiklon, ki leži tedaj nad Mongolijo in Vzhodno Sibirijo, ne sega visoko, ker je hladen in vejejo nad njim zato splošni zahodni vetrovi. Iz tega sledi, da je zimski monsum omejen na nižje zračne plasti, približno do višine nekaj nad 2 km. Tako plitvi vetrovi ne morejo preko Himalaje in drugih visokih gorovij v Indijo, zato sodi

indijski zimski monsun med lokalne vetrove, ki pa dajo s pobočja predgorja Himalaje in nimajo z zimskim monsunom ob vzhodni obali Azije nič skupnega. Načelno tvori ta zadnji burjo, ki se po nastanku prav nič ne loči od naše primorske. Je pa bistveno hladnejša, ker nosi sibirski zrak iz neposredne bližine preko gorovja proti Kitajski nižini oziroma proti obali in piha od severozahoda in ne od severovzhoda kot naša burja. Nad to burjo pihajo zahodni vetrovi. Ker prihajajo s kontinenta, so v razliko od naših zahodnih vetrov precej hladni in suhi. Ne sodijo več k monsunskemu mehanizmu, marveč k svetovni zahodni cirkulaciji zmernih zemljepisnih širin.

Za zaključek si oglejmo vprašanje evropskega monsuna. Poletnega evropskega monsuna biti ne more, ker je - kakor je bilo razloženo monsunski dež posledica učinka tropske fronte, ki Evrope nikoli ne doseže. Zimski evropski monsun, ki naj bi pomenil dotok celinskega zraka iz Rusije z vzhodnimi vetrovi, nastaja pod vplivom relativno toplih anticiklonov nad Skandinavijo in Rusijo, ki blokirajo oziroma preusmerjajo splošno zahodno cirkulacijo in uvajajo v Evropo visoko segajoče vzhodne vetrove. To vremensko stanje nima nič skupnega z zimskim monsunom, če pod le-tem razumemo vetrove, ki so nastali le zaradi premočne ohladitve kontinenta /Sibirija, Mongolija/. Ta ohladitev gradi namreč visok zračni pritisk, ki pa zaradi nizkih temperatur ne sega visoko. V primeru "evropskega zimskega monsuna" pa imamo anomalno situacijo: nad hladnim kontinentom nastaja topet anticiklon in le plitva plast pri tleh ima zaradi močnega izžarevanja praviloma nizke temperature. Visoko segajoči, hladen kontinentalni zrak pa teče ob vzhodnem in južnem robu tega toplega anticiklona in prinaša mraz predvsem južnim predelom Evrope. Zaradi omenjene osnovne razlike v nastanku azijskega in evropskega zimskega monsuna /azijski je posledica hladnega anticiklona, evropski pa toplega/, ni med obema pojavoma nobenega paralelizma. Zato je v Aziji zimski monsun reden in vztrajen zimski gost, kajti ohladitev Azije nastopi vsako leto, "evropski monsun" pa redek pojav. Če pa nastane, prinese hud mraz tudi Evropi.

/Summary/

The origin of monsoons is explained in this article by the author as a result of the processes on the tropical line of convergence. The main emphasis is on the origin of monsoon rains. According to German authors, for instance Scherhag /Wetteranalyse und Wetterprognose, 1948/ an anti-cyclone should dominate above the Indian monsoon region at the height of the 500 mb surface, as for example it is the case above Sahara. However, this particular fact does not fit in the occurrence of the monsoon rains. Monsoon winds caused by the overheating of the Asian continent do not reach sufficient heights /only up to 3200 m/ and, therefore, they cannot produce considerable precipitation, especially because the 0° Centigrade isotherm lies much higher above India. Monsoon rains have been noted by Himalayan explorers in the heights of over 6000 m, which is a further proof that monsoon rains must be of another origin, and that wind circulation responsible for it reaches great heights.

American high- altitude weather maps /published in 1952/ have shown, in contrast to the previous German maps, that at the time of monsoon rains /representative month being July/ India lies within a cyclone extending as high as the 500 mb surface. The author claims that the cyclone causing the monsoon rains is of tropical origin and constitutes a total of active tropical cyclones moving from the tropical line of convergence towards the Gulf of Bengal and the Arabian sea. He also believes that Indian monsoon rain shares its origin with the usual tropical rain, because the latter also derives from the tropical line of convergence. The seasonal character of monsoon rains is in the author's opinion linked to the evolution of the Easterlies, appearing on the edge of the great stratospheric circumpolar anticyclone, which in itself is the result of the overheating of the stratosphere in the polar direction during the summer. The author explains that there is no monsoon over Sahara because of an anticyclone in greater altitudes which bars the influences of the tropical as well as of the polar front. This anticyclone in the altitudes over Sahara is a direct result of the overheating of this wide area. The area of overheating in Asia lies in Tibet, i.e. it is more towards the north. Consequently, the anticyclone in the altitude with its barring effects is also developed in higher latitudes compared with Africa. Thus, the effect of the tropical line of convergence is felt much further towards the north. The geographical situation of the overheated area depends on the geographical position of the core of the continent as well as on specific topography.

The winter monsoon is, according to the author's findings, a result of the overcooling of Siberia and Central Asia. This is in line with the accepted explanation. The winter monsoon, however, does not reach greater heights than two kilometres. Above it, strong western winds are blowing as a part of the general planetary circulation. In East Asia, the direction of the winter monsoon nearly coincides with that of the planetary circulation. The winter monsoon is therefore very strong and constant. The Indian winter monsoon has no connection whatsoever with the East Asian; Himajayas and other high mountain barriers make this quite impossible. The Indian winter monsoon is actually a local wind, descending from a relatively cooler mountain rim in the north.

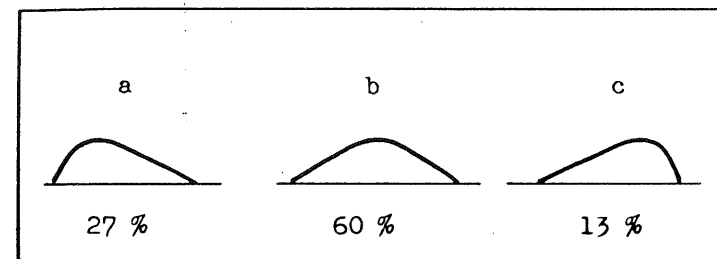
The existence of a European monsoon is entirely denied by the author because there is no season in Europe with specific synoptic situation being typical only for a particular season.

L i t e r a t u r a

- /1/ J. Hann: *Lerbuch der Meteorologie*, Leipzig 1915.
- /2/ Thewart: *An introduction to weather and Climate*, 1943.
- /3/ Normal weather charts for the northern hemisphere, Washington D.D., Oktober 1950ž
- /4/ R. Scherhag: *Wetteranalyse und Wetterprognose*, Berlin 1948.
- /5/ World Weather Records, 1931-40, Washington 1947.

V polovici primerov so se torej največje in najmanjše kapljice razlikovale za 20 μ , v 19% pa za 10 μ ali manj, ko so bile torej res močno enakih velikosti.

Večinoma je bila razporeditev taka, da je bila ena izmed velikosti najfrekventnejša, ostale proč od nje /vzeto po velikosti lestvici/ pa navadno vedno manj proti mejam intervala, ki so ga zajemale. Razporeditev pa ni bila vedno taka, da bi bila najfrekventnejša velikost v sredini intervala /B/, ampak je bila ta včasih na začetku/A/, kar pomeni, da je bilo največ kapljic v velikosti blizu spodnje meje, večjih pa vse manj; ali pa, da je bilo malih malo, najfrekventnejša velikost pa je bila blizu zgornje meje intervala /C/. Ne glede na to, kje v absolutni velikostni skali je ta zgornja meja ležala, ločimo tako tri razporeditve, ki jih prikazuje slika 3.

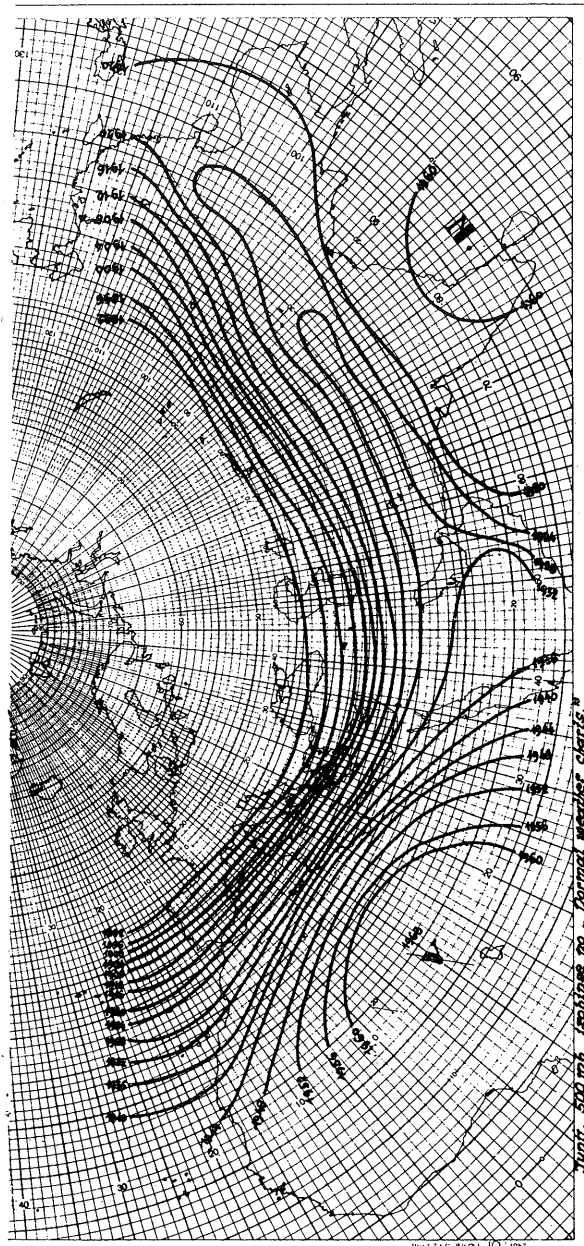
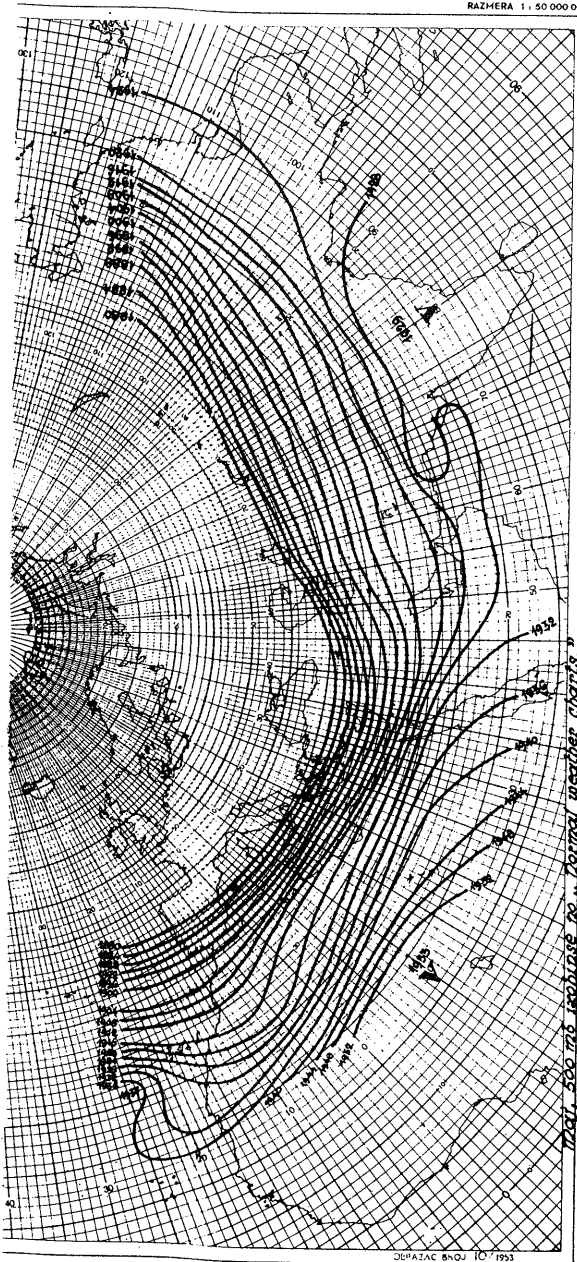


Slika 3: Tipi razporeditve frekvence posameznih velikostnih stopenj ter odstotki ustreznih tipov pri meritvah v Ljubljani.

V posameznih primerih so ustrezni tipi krivulj bolj ali manj raztegnjeni, kar je odvisno od širine intervala; kje je ležal vrh krivulje pa se seveda iz tega tudi ne vidi. Pregled frekvenčne razporeditve najštevilnejših kapljic pa je itak razviden iz zadnje vrste tabele 2. Iz te tudi sledi, da se vse maksimalno zastopane kapljice po velikosti razmeroma malo razlikujejo /10 μ /, čeprav se ekstremne velikosti kapljic razlikujejo za 52 μ .

Za izdelavo točne krivulje, ki naj predstavlja skupno vse meritve oziroma pravi povpreček frekvence posameznih velikosti, je bila potrebna delitev sumarno ocenjenih grup, ki je bila v tem primeru izvedena na principu enakosti. Tako dobljena krivulja je prikazana na sliki 4. Iz nje je neposredno razvidna povprečna razporeditev velikosti premerov meglenih kapljic v Ljubljani. Krivulja ima očitno razporeditev tipa A /slika 3/ ter kaže, da je skoro 90% vseh v Ljubljani merjenih meglenih kapljic velikosti med 10 in 25 μ , medtem ko število kapljic velikosti nad 25 μ eksponentialno pada z velikostjo premera.

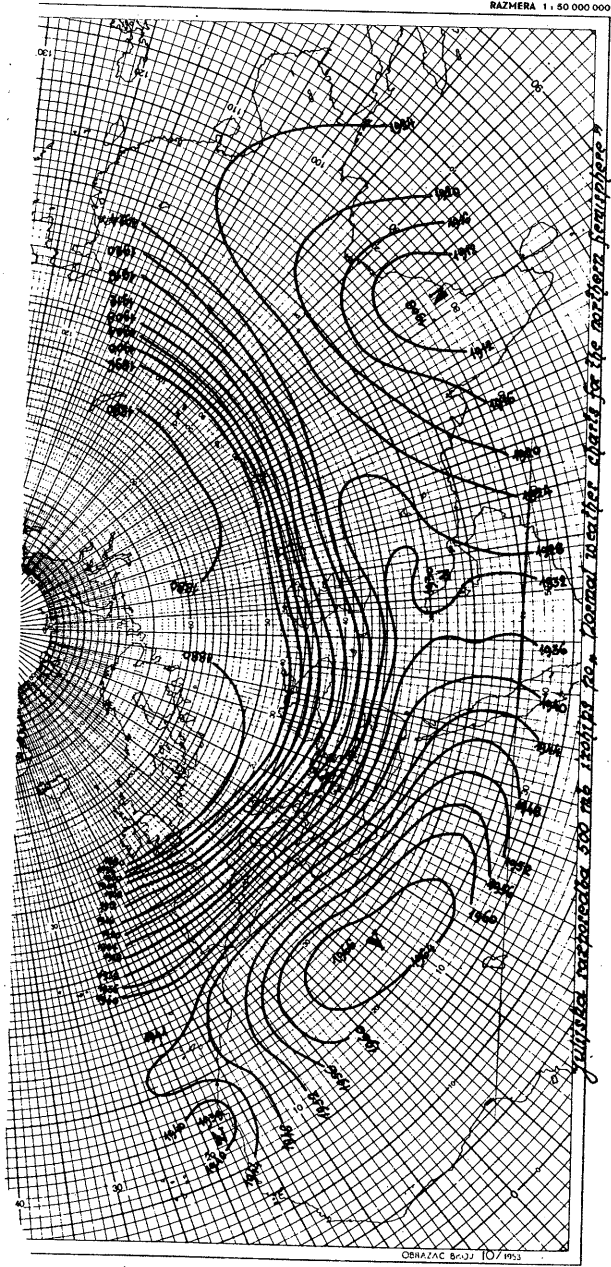
Od kod izhaja raznolikost velikosti kapljic, še v splošnem ni povsem znano. Verjetno je, da v znatni meri odloča o tem vrsta in velikost kondenzacijskih jeder, električni naboj, koalescenca in morda tudi prenasičenost zraka. Vendar se smatra, da prenasičenost v naravi praktično ne nastopa, ker je v zraku vedno dovolj kondenzacijskih jeder, čeprav zahteva po njih ni majhna; zlasti pa vemo, da jih je dovolj v okolici večjih mest, kot je to pri naših meritvah. Za diskusijo faktorjev, ki bi lahko vplivali na velikost kapljic, pri katerih vlada ravnotežje parnih pritiskov, kar je seveda pogoj za njihov obstoj, se poslužimo Thomsonove formule /4/.



Титул, 500 м/с, 1000 м/с, 1500 м/с, 2000 м/с, 2500 м/с, 3000 м/с, 3500 м/с, 4000 м/с, 4500 м/с, 5000 м/с

Титул, 500 м/с, 1000 м/с, 1500 м/с, 2000 м/с, 2500 м/с, 3000 м/с, 3500 м/с, 4000 м/с, 4500 м/с, 5000 м/с

RAZHNERA 1 : 50 000 000



Географическая карта магнитного поля для северного полушария

СВЯТАСЬ 6-33 10/1953