





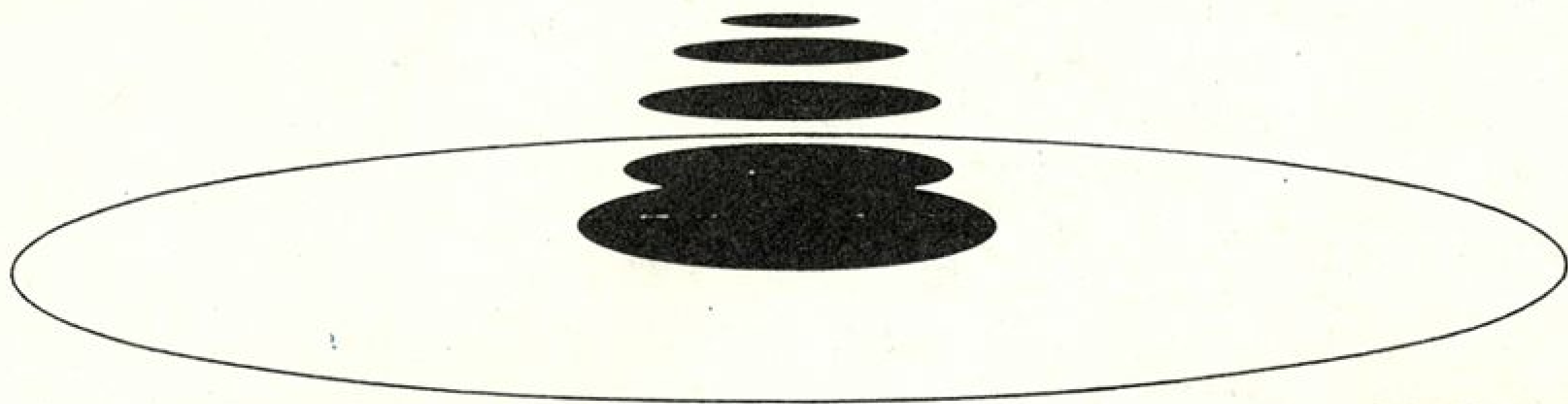






C

ZDRAVKO BEČKOVČIČ  
SKICIRANJE



ZVEZA ORGANIZACIJ ZA TEHNIČNO KULTURO SLOVENIJE







PREDGOVOR

ZDRAVKO PETKOVŠEK – MIRAN TRONTELJ

# SKICE VREMENA

Ljubljana, 1987



377985

PREDGOVOR

377985



-6-11-1987

0-5313

181



# PREDGOVOR

Znano je, da Angleži mnogo govorijo o vremenu in da se nanj dokaj dobro spoznajo. Tudi Slovenci o vremenu precej govorimo, a gorje poznavalcu ali strokovnjaku, ki prisluhne takim pogovorom npr. v avtobusu, v gostilni ali kje drugje. Upravičeno mu gredo pogosto lasje pokonci, saj se navadno pokaže, da imajo govorniki o vremenu oz. o dogajanjih v atmosferi zelo čudne ali zgrešene predstave in da skratka o tem mnogo premalo vejo.

To pa je res škoda; ne le zaradi znanja samega, ampak zato, ker lahko le tisti, ki dogajanja v atmosferi malo bolje pozna in razume, s pridom uporablja vremenske napovedi, ki jih vsak potrebuje. Dve od desetih napovedi sta v poprečju v svetu kot pri nas zgrešeni, toda le redko povsem. Največkrat se pokažejo posebnosti krajevnega odstopanja ali pa časovni premik za nekaj ur, ki ga poznavalec razmer zlahka sproti popravi in mu tudi nekoliko zgrešena napoved mnogo pomaga. Najti je mogoče veliko primerov, ko bi boljše poznavanje atmosferskih dogajanj preprečilo veliko gospodarsko škodo ali rešilo marsikatero življenje – tako vozniku na cesti kot turistu v čolničku na morju ali izletniku oz. plezalcu v planinah.

Čeprav smo si ljudje zgradili dobra bivališča z ogrevanjem, ohlajevanjem, ovlaževanjem in imamo zaprta skladišča, klimatizirana prometna sredstva, vremensko odpornejše rastline itd., pa smo od vremena še bolj odvisni kot nekoč. Občutljiva ekonomika rentabilnosti prometa, transporta, pridelave hrane, energetike, večje hitrosti, pomanjkanje časa itd. nas postavljajo v vse večjo odvisnost od vremena. Zato vlaga človeštvo v preučevanja vremenskih dogajanj, za njihovo prognoziranje in za vplivanje nanje zares ogromna sredstva. Ta so, žal, v manj razvitih deželah prav zaradi pomanjkanja znanja slabše izkoriščena kot v razvitejših, ki so že tako bogatejše in gospodarnejše.

Napoved vremena, ki jo dobimo prek sredstev javnega obveščanja, je le trden okvir, ki ga je treba seveda poznati in nato vanj vstavljati svoje ugotovitve ob sprotne spremljanju vremena v kakem kraju in času, da se lahko pravilno odločamo.

Upava, da bo ta knjižica izpolnila vrzel v tovrstni literaturi pri nas in da bodo tu predstavljena spoznanja bralcu ne le zanimiva, ampak tudi v njegovem vsakdanu zelo koristna.

Avtorja



100

The first thing I noticed when I stepped  
 out of the car was the smell of  
 fresh air. It was a relief after  
 being stuck in traffic for so long.  
 I looked around and saw a few  
 people walking towards the  
 building. The architecture was  
 quite modern, with large windows  
 and a clean, minimalist design.  
 I walked up the stairs and  
 entered the lobby. The receptionist  
 smiled and greeted me warmly.  
 She showed me to my office and  
 explained the layout of the building.  
 I felt a bit nervous, but she  
 reassured me that everything would  
 be fine. I took a deep breath and  
 prepared myself for the day ahead.  
 The first meeting was with the  
 marketing department. They  
 presented a new campaign idea  
 and I had to give my feedback.  
 It was a bit challenging, but  
 I managed to express my thoughts  
 clearly. The meeting ended on a  
 positive note, and I felt more  
 confident about my role in the  
 company.

# VSEBINA

X 1.	OBROČ PLANETARNEGA ZAHODNIKA	9
2.	POLARNA FRONTA – PLANETARNA MEJA ZRAČNIH MAS	17
3.	CIKLONI	23
4.	TOPLA IN HLADNA FRONTA	29
5.	ANTICIKLONI	37
6.	BLOKADA, VIŠINSKI IN SREDOZEMSKI CIKLONI	47
X 7.	ZNAČILNI VETROVI V SLOVENIJI	57
8.	KRAJEVNI VREMENSKI POJAVI	64
X 9.	ZNAČILNOSTI VREMENA V SLOVENIJI	71
10.	NAPOVEDOVANJE VREMENA	88
11.	DODATKI (barvna priloga, dodatno čtivo)	99
12.	KJE JE KAJ	100



# VSEBINA PLANETARNEGA ZAHODNIKA

- X 1. OBROČ PLANETARNEGA ZAHODNIKA
- 2. POLARNA FRONTA – PLANETARNA FRONTA
- 3. CIKLONI
- 4. TOPLA IN HLADNA FRONTA
- 5. ANTICIKLONI
- 6. BLOKADA, VISINSKI IN SREDNOSLOJSKI TROPNI
- X 7. ZNAČILNI VETROVI V SLOVENIJI
- 8. KRALJEVI VETERNSKI POKLONI
- X 9. ZNAČILNOSTI VREMENJA V SLOVENIJI
- 10. NAPovedovalne Vremenske
- 11. Dodatek: barva vremena, dolžina dneva
- 12. Kje je kaj

# 1. OBROČ PLANETARNEGA ZAHODNIKA

Kdor z zanimanjem posluša vremenske napovedi in količkaj spremlja dogajanja v ozračju nad sabo, že ve, da prihajajo poslabšanja in izboljšanja vremena navadno od zahoda. Pogosto slišimo npr. »Atlantske frontalne motnje so zajele zahodno Evropo, a se le počasi bližajo našim krajem. Zato bo jutri še suho, naslednji dan pa od zahoda povečana oblačnost«. Prihajanje sprememb vremena pretežno od zahoda so poznali že davno naši kmetje, ki so se ozirali proti zahodu, ko so po krajevnih vremenskih znakih skušali predvideti vreme za naslednji dan – npr. po večerni zarji, kapah na vrhovih, prelivanju megle čez zahodno ležeča sedla in podobnem.

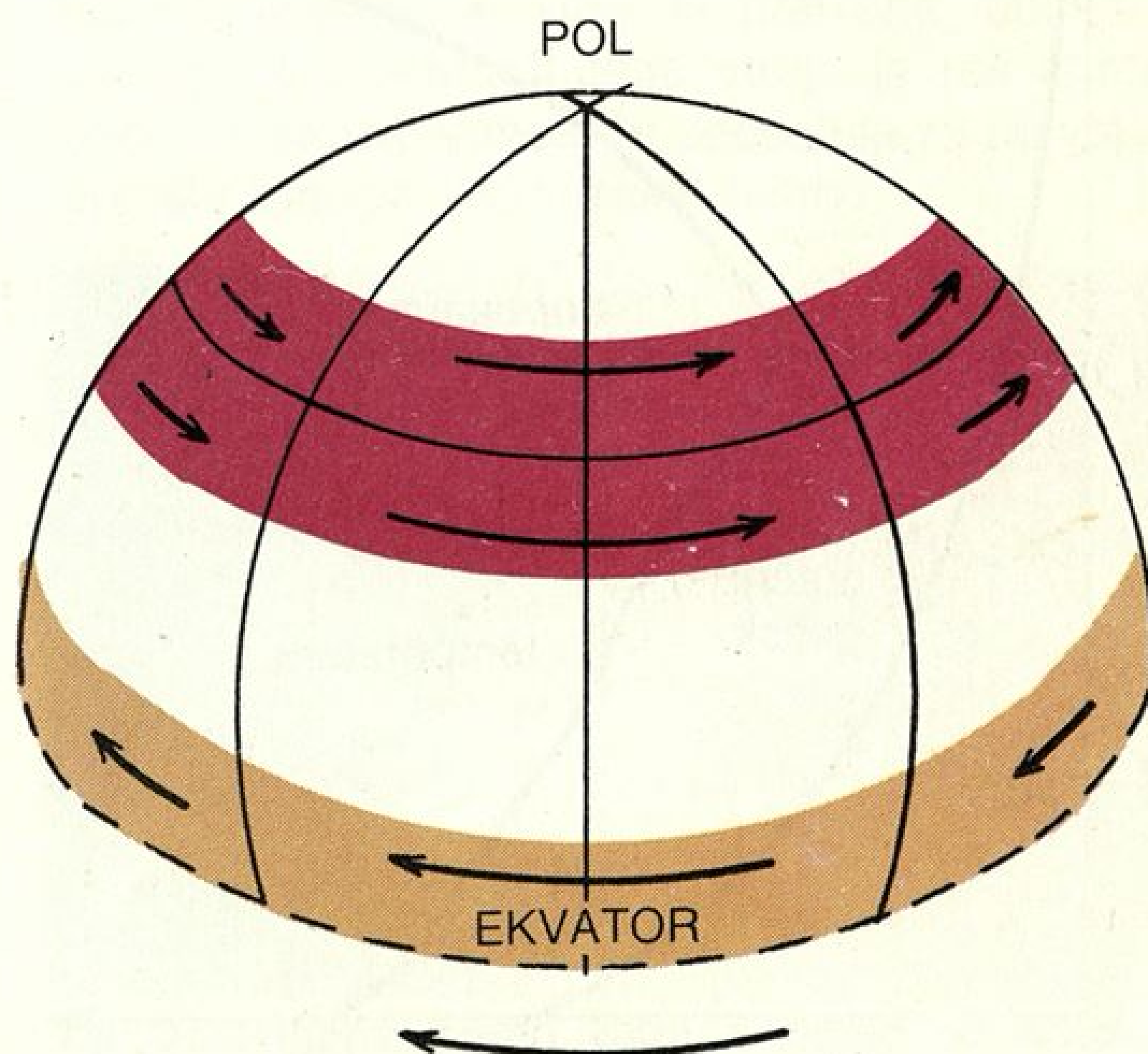
Danes opazovanje vremena ni več prepuščeno posamezniku, ampak je množično, stalno in vsestransko mednarodno usklajeno. Vreme opazujejo desettisoči opazovalcev ali avtomatskih vremenskih postaj na tleh, na ladjah, na plavajočih bojah, na letalih, pa še z radiosondami, radarji in sateliti, vse po enotnih pravilih in ob dogovorjenih časih. Le tako je namreč mogoče dobiti zadovoljiv pregled nad dogajanja v ozračju nad vso Zemljo, jih spremljati, ter nato njihov nadaljnji potek, premike in spremembe tudi dokaj pravilno predvideti. Velikost vremenskih tvorb je namreč zelo različna in vsa dogajanja so med seboj povezana. Če pogledamo npr. samo vrtnice, ki se pojavljajo v atmosferi, so razlike že v velikosti kar milijardokratne: najmanjši vrtnički, ki jih opazimo na cigaretinem dimu imajo premer le nekaj milimetrov, največji pa kot obroči planetarnih zračnih tokov obkrožajo našo Zemljo.

Med največjimi in najmanjšimi vrtinci v ozračju se pojavljajo pogosteje razne značilne velikosti vrtincev z različno lego v prostoru, vsi skupaj pa vplivajo na vreme v nekem kraju. Manjši kot so vrtinci, več jih je in manj natančno so nam poznani oz. zajeti z vremenskimi podatki in v presoji atmosferskih dogajanj. Razumljivo je, da

vseh vrtincev in vrtnčkov, ki nastajajo za posameznimi gorami, hišami in drevesi (ki jih je prek Zemlje nešteto) pri presoji dogajanj v atmosferi ne poznamo in ne moremo upoštevati. Zato je vsaka presoja, pa čeprav je grajena na več milijardah podatkov, še vedno le neki približek dejanskega stanja atmosfere. Nenatančne osnove pa seveda ne morejo dati natančnih bodočih stanj ali natančnih vremenskih napovedi.

V splošnem pa je tako, da imajo večji vrtinci ali sistemi v ozračju daljšo »življenjsko dobo«. V njej so spremembe razmeroma počasne in za nekaj dni vnaprej lažje predvidljive. Poleg tega večji sistemi navadno odločajo o premikih in razvoju manjših. Zato je pregledneje začeti z večjimi – kot bomo storili tudi mi tukaj.

Poglejmo torej najprej največja planetarna gibanja zraka, ki nam, kot smo rekli že na začetku, prinašajo vremenske spremembe od zahoda. Naši kraji ležijo v zmernih geografskih širinah in v teh prevladujejo na obeh poloblah široki in



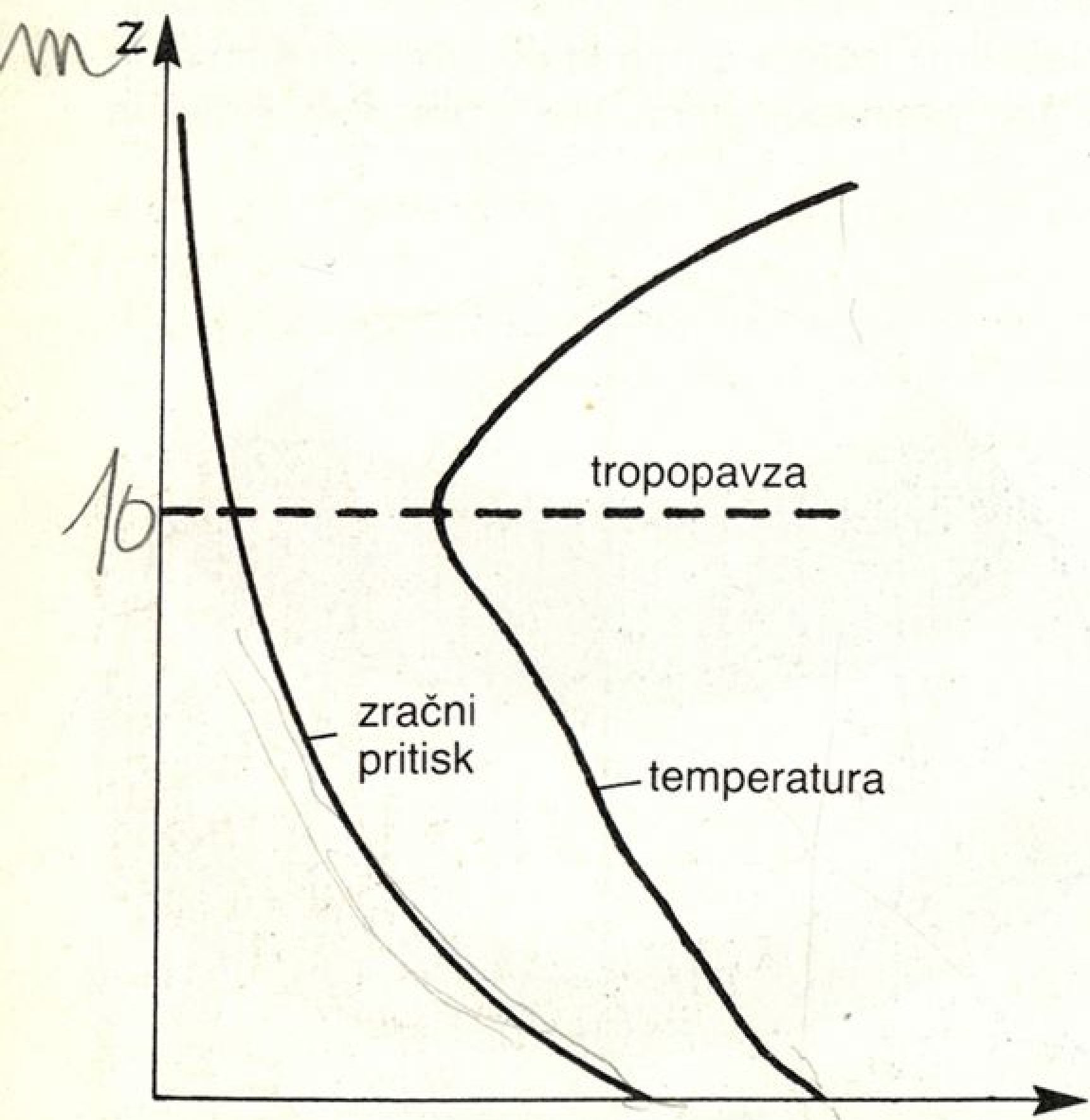
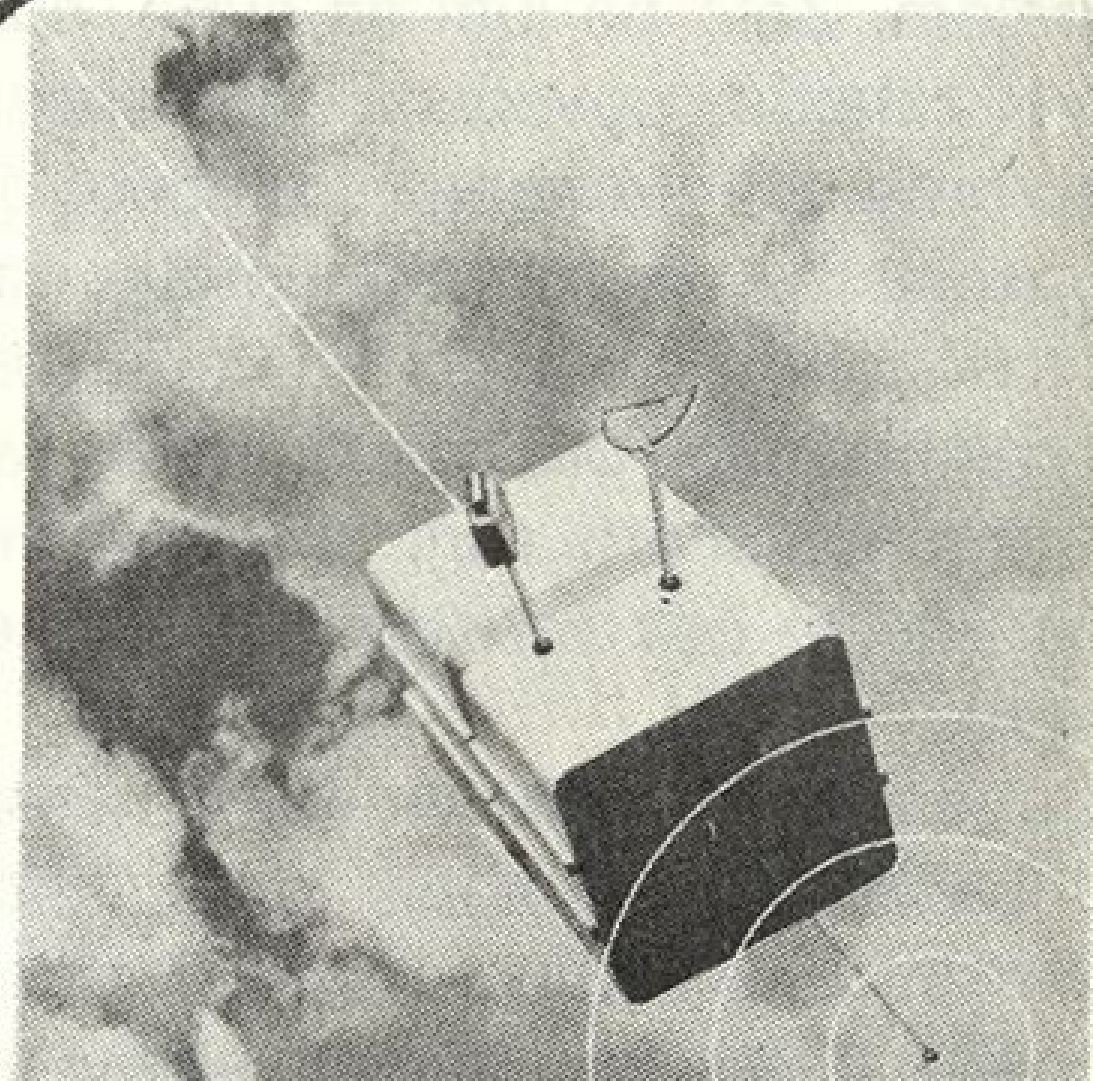
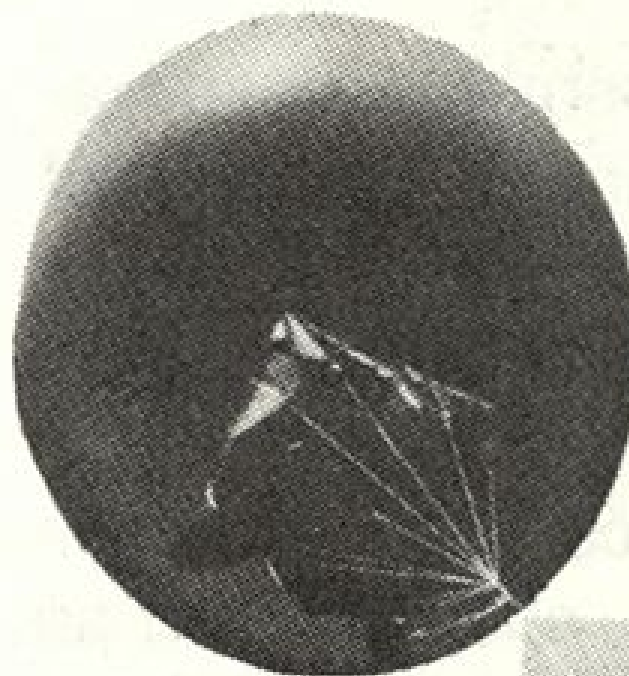
1.1 Pas planetarnih zahodnikov in ekvatorialnega vzhodnika





visoko segajoči zahodni zračni tokovi oz. vetrovi. V ekvatorialnih območjih pa je pas nasprotnih vzhodnih tokov, kar je tudi ena od oblik izravnavanj in ravnovesij v atmosferi – slika 1.1.

Do kod navzgor pa pravzaprav sega atmosfera? – Kakor vzamemo! Zračni pritisk in gostota zraka z višino zvezno, čeprav sprva hitro, nato pa vse počasneje padata in ostre zgornje meje ni. Na višinah okrog 5,5 km sta pritisk in gostota že za polovico manjša, kot pri morskem nivoju, na višini 50 km pa je zračni pritisk le še en milibar (oz. hektopaskal hPa), torej tisočinka tistega pri morskem nivoju. Za vremenska dogajanja pa je pomembna predvsem najspodnejša plast atmosfere – troposfera, ki sega do višine ca. 10 km (nad polom manj, nad ekvatorjem več). V njej temperatura z višino pada v povprečju za  $6,5^{\circ}\text{C}$  na km, tako da so na meji z višje



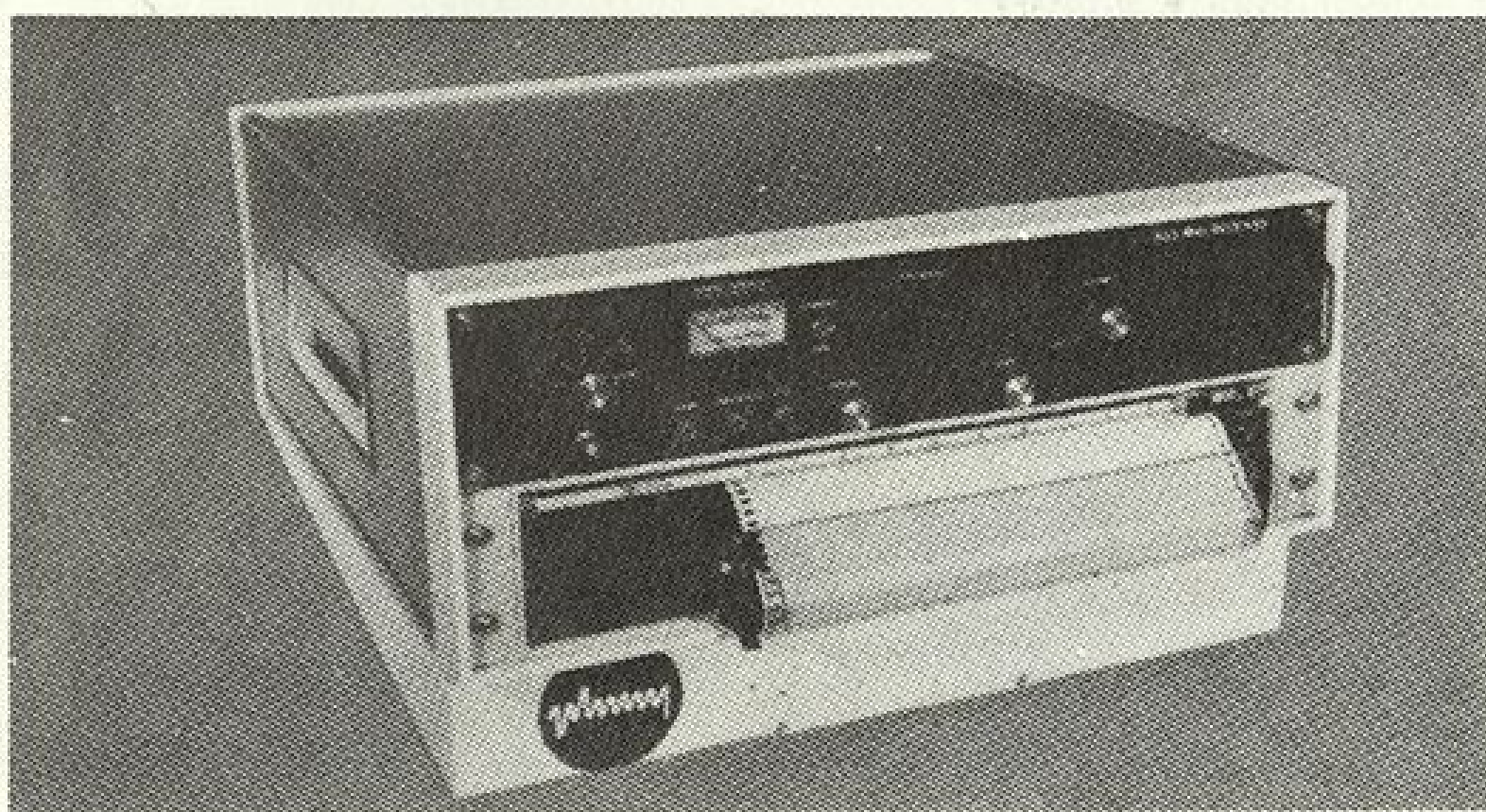
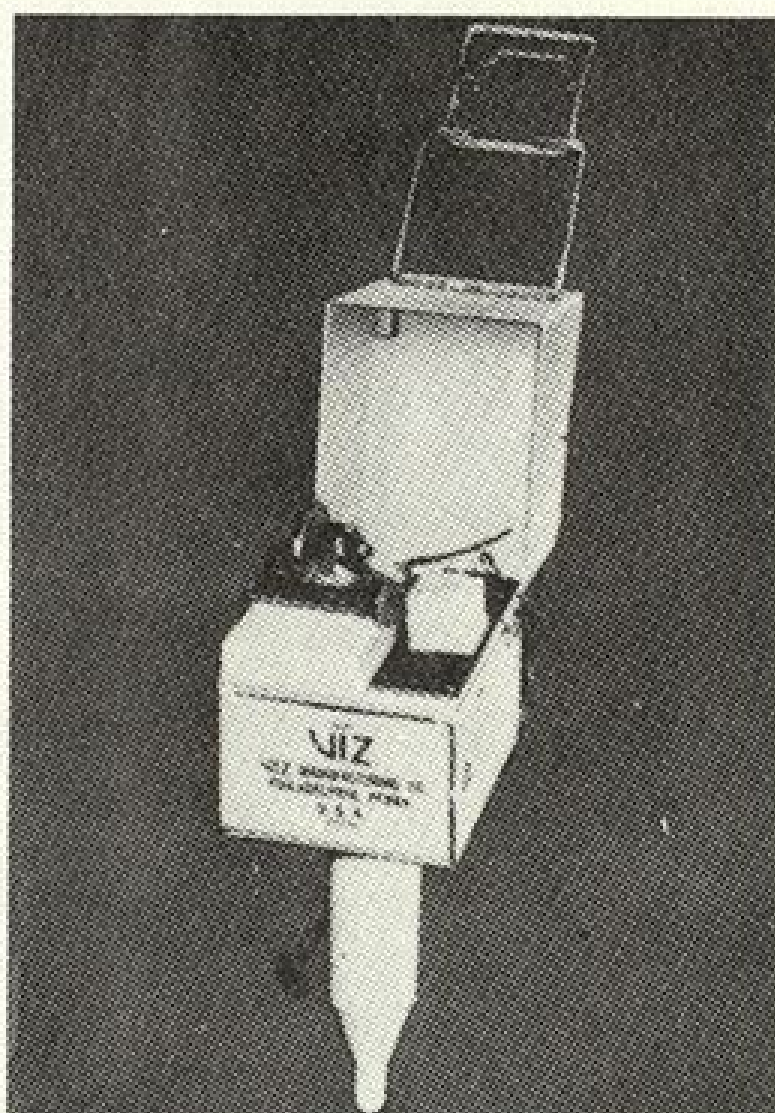
1.2 Navpična razporeditev temperature v troposferi in spodnji stratosferi

### 1.3 Radiosonda z balonom

ležečo stratosfero povprečne temperature okrog  $-50^{\circ}\text{C}$  (pri tem, da je povprečna na morskem nivoju okrog  $15^{\circ}\text{C}$ ) – slika 1.2.

Od kod pa vemo za vse te podatke v višinah? Iz okrog 1200 točk na Zemlji spuščajo meteorologi dvakrat na dan z velikimi baloni v višine majhne avtomatske vremenske postaje z oddajnikom, t. i. radiosonde – slika 1.3. Ta ob dviganju sproti sporoča sprejemniku na tleh (ali satelitu) podatke o temperaturi, vlagi in pritisku ali višini – slika 1.4. Iz radarskega spremljanja zanosa radiosonde pa izračunajo vetrove v posameznih plasteh do višin čez 30 km. Tudi zaporedne satelitske slike oblakov in očesu nevidnih gibanj zračnih mas bolj ali manj vlažnega zraka, dopolnjujejo podatke. Radiosonde pošiljamo v atmosfero že dobrih 45 let pa tudi sateliti nam pomagajo že več kot 25 let. Zato so nam povprečne razmere v višinah in globalna gibanja zračnih tokov že kar dobro poznana, čeprav seveda še



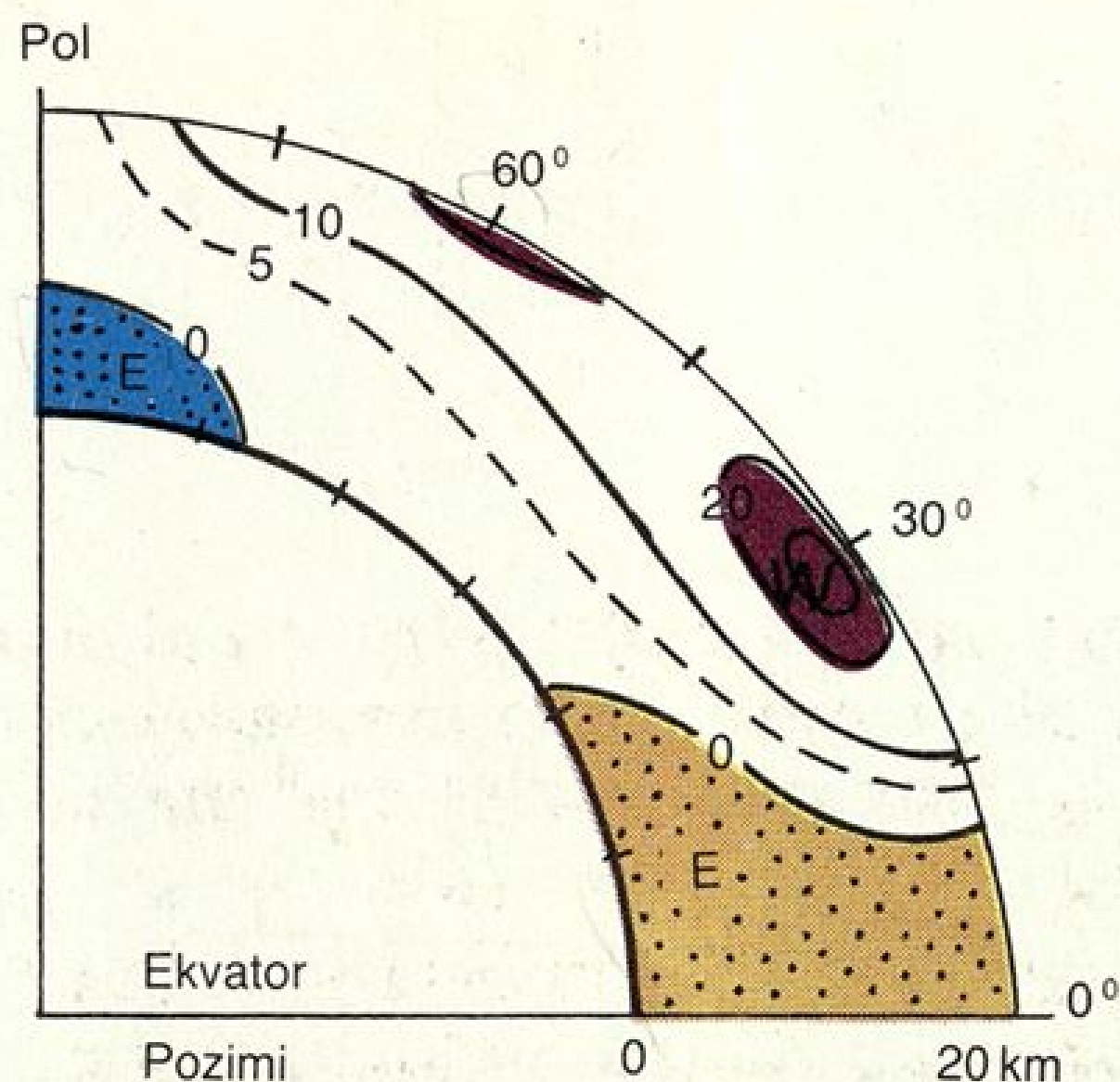


1.4 Instrumenti in sprejemnik radiosonde

zdaleč ne povsem natančno, zlasti pa ne vsi vzroki za njihove spremembe.

Pas splošnih zahodnih zračnih tokov v zmernih širinah zajema območje približno med  $40^{\circ}$  in  $70^{\circ}$  geografske širine in je široko čez 3000 km, obseg obroča v sredini pa je nekaj pod 30 000 km. Navzgor segajo ti vetrovi do višin okrog 15 km. Tu in marsikje drugje v atmosferi je značilno, da so vodoravne razdalje 1000–krat večje od navpičnih in je torej atmosfera res zelo sploščena.

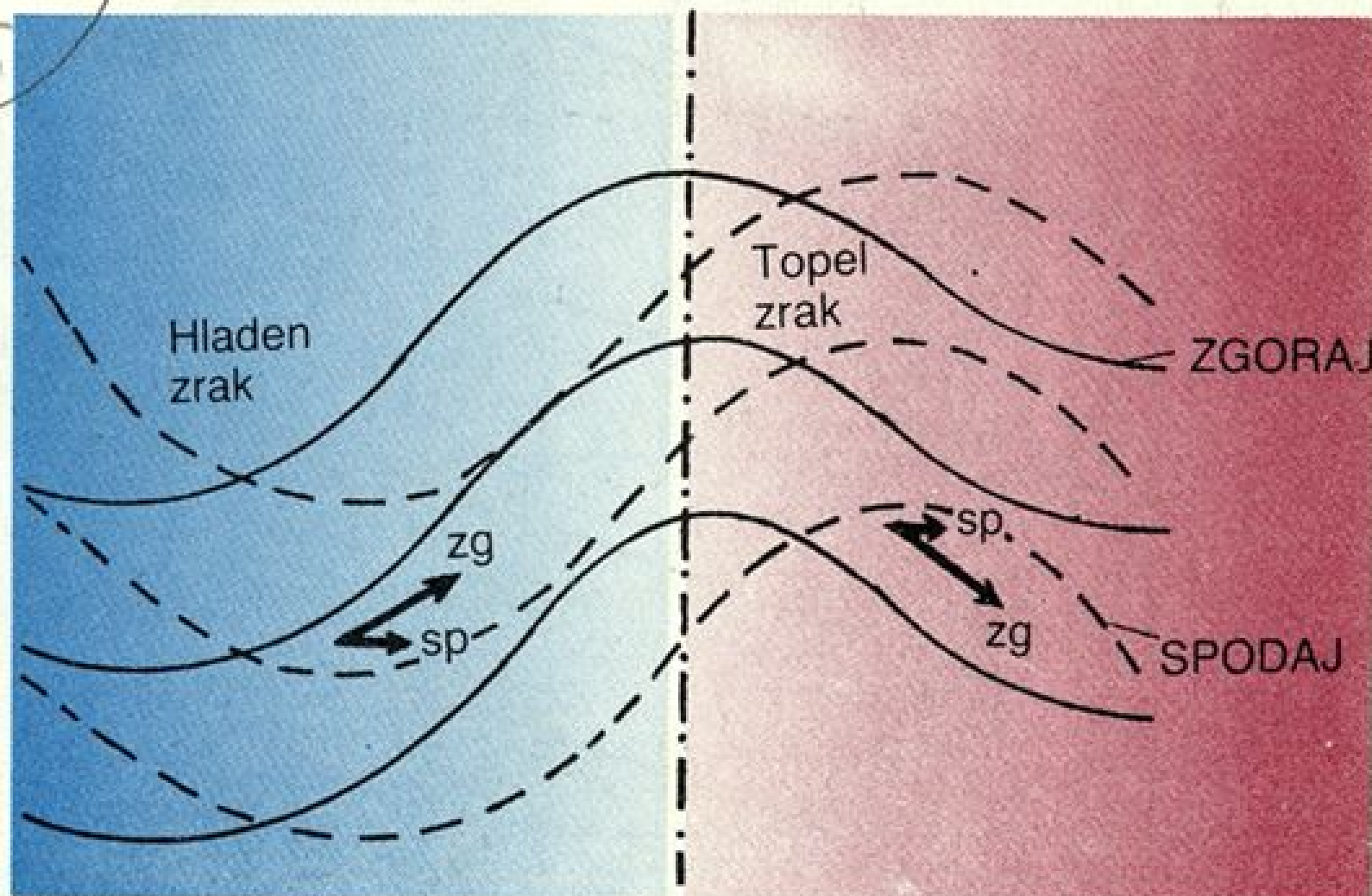
Najmočnejši zahodni vetrovi so na višinah okrog 9 km. Tam se pojavljajo ozki vetrovni strženi s hitrostmi celo čez 800 km/h, v povprečju pa so hitrosti v vetrovnem strženu okrog 200 km/h – slika 1.5. Proti tlem zaradi različnih vzrokov, med njimi tudi zaradi trenja, vetrovi slabijo, pa tudi njihova smer je bolj ali manj drugačna. Če gledamo z vetrom in navzgor, jih pritekanje toplejšega zraka odklanja v desno navzgor (v smeri urinega kazalca), pritekanje hladnejšega zraka (ali polja nižjih temperatur) pa jih odklanja v levo navzgor – slika 1.6. Iz tega pravila lahko



1.5 Vetrovni stržen v navpičnem preseku atmosfere

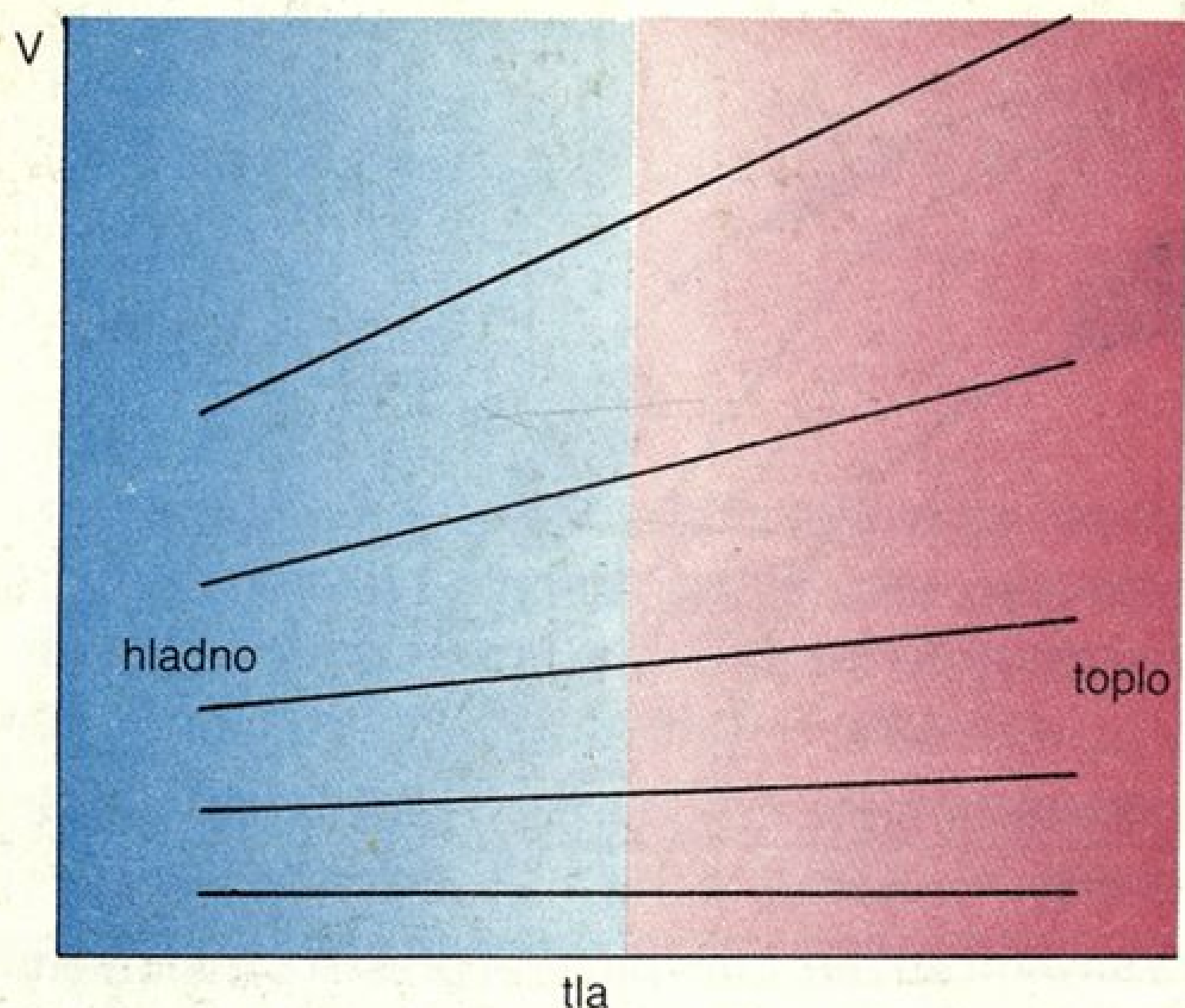
po gibanju oblakov v različnih višinah že presojamo ali se nam bližajo otoplitve ali ohladitve. Je pa tudi med ljudmi razširjeno spoznanje, da se bo vreme spremenilo, če se vetrovi ali oblaki »tepejo« med seboj. Na osnovi povedanega bomo že malo več vedeli, kako se bo spremenilo. Sploh pa so razna vetrovna striženja, kot spremembe vetra z višino strokovno imenujemo, zvezana z mnogimi dogajanja v ozračju in jih tudi povzročajo ali pa omogočajo njihov obstoj, npr. front.

Splošni zahodni zračni tokovi v zmernih širinah so v bistvu posledica temperaturnih razlik med ekvatorjem in polom. Te razlike poganjajo ta največji vremenski stroj, ki pretvarja toploto v gibanje. Učinkovitost tega stroja je res komaj dober odstotek, vendar to zadostuje za razvoj in pomike mnogih vremenskih tvorb.



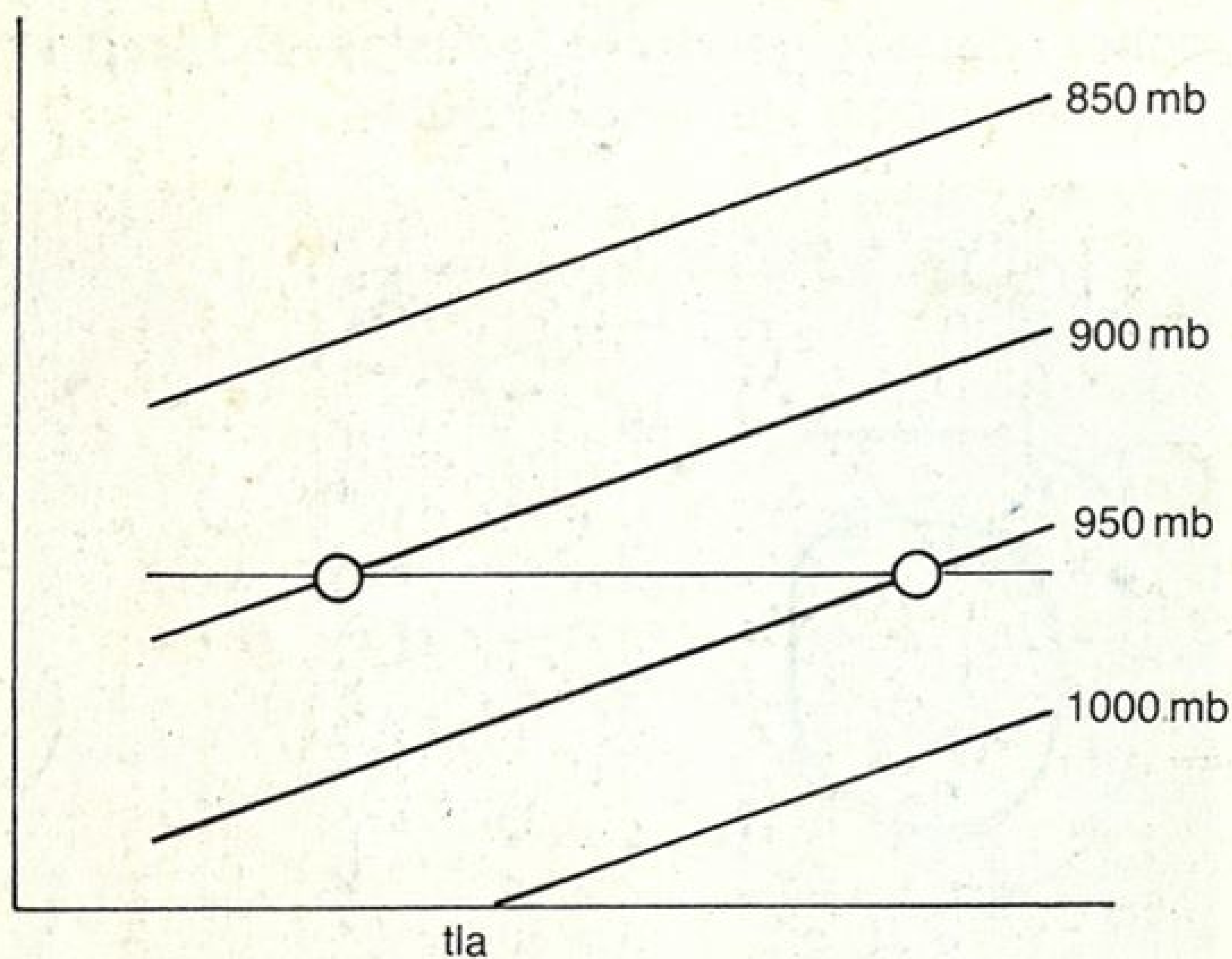
1.6 Odklanjanje smeri vetra z višino pri dotoku hladnega ali toplega zraka



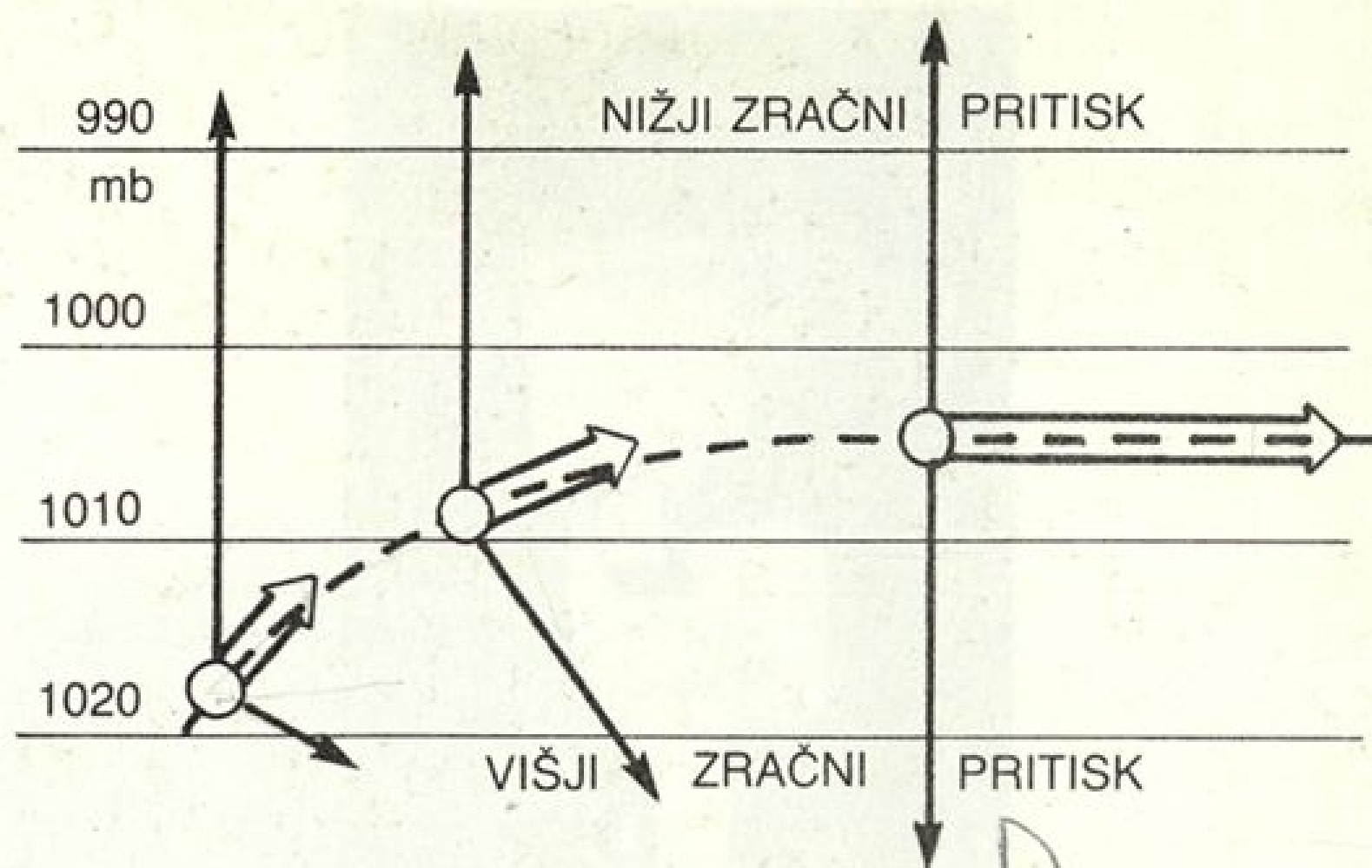


**1.7 Nagib pritiskovih ploskev v odvisnosti od vodoravnih razlik temperature zraka**

Pogledano z drugega vidika pa je tako: V toplejšem in redkejšem zraku so pritiskove ploskve (oz. ploskve enakega zračnega pritiska), ki so skoraj vodoravne, po višini bolj razmaknjene, kot v hladnem in gostejšem zraku nad polom. V višinah se zato ploskve pritiska spuščajo od ekvatorja proti polu z zelo majhno strmino, ki pa je relativno največja okrog zmernih geografskih širin – slika 1.7. Presečnice pritiskovih ploskev z neko ploskvijo so črte, ki jih imenujemo izobare. Zračni pritisk z višino vedno pada. Blizu tal je ta padec okrog 1 mb na 8 m; 10 km visoko pa je 1 mb na 26 m zaradi manjše gostote zraka. Pri



**1.8 Vodoravne spremembe pritiska pri nagnjenih pritiskovih ploskvah**



**1.9 Odklon tokov v desno zaradi vrtenja Zemlje in stalen tok**

morskem nivoju je zračni pritisk v povprečju nekaj nad 1000 mb (ali hPa), na Triglavu pa le še okrog 700 mb. Vse to je posledica tega, da ozračje s svojo lastno težo bolj stiska prizemne plasti, kot višje, nad katerimi je manj zraka. Padec pritiska z višino in teža zraka sta si navadno v ravnotežju.

V območju, kjer so pritiskove ploskve nagnjene, pa se očitno spreminja zračni pritisk tudi v vodoravni smeri – slika 1.8. Čim večji je nagib ploskev, tem večja je vodoravna sprememba na enoto razdalje (gradient). Tedaj potiska sila zračnega pritiska zrak ne le navzgor proti teži, ampak tudi v vodoravni smeri proti nižjemu pritisku. Če se Zemlja ne bi vrtela, bi tok zraka od višjega proti nižjemu pritisku sproti izravnava razlike in močnejših razlik pritiska in tudi vetrov ne bi bilo.

Zaradi vrtenja Zemlje pa vsak tok zanaša in ga na severni polobli odklanja v desno – pojavi se t. i. odklonska ali Coriolisova sila. Ta mu ne da miru toliko časa, da ga odkloni pravokotno na desno; in ker deluje pravokotno na ta tok, nastane ravnotežje med gradientno silo pritiska in odklonsko silo – slika 1.9. Zrak ne teče več od visokega proti nižjemu pritisku, ampak vzporedno z izobarami (ali izohipsami pritiskovih ploskev). Razlike pritiska se pri takem toku ne izravnajo in tok oz. veter postane močan, dolgotrajen in skoraj stalen.

Razen na samem ekvatorju velja odklon toka povsod, če je le tok na razdaljah nad 100 km





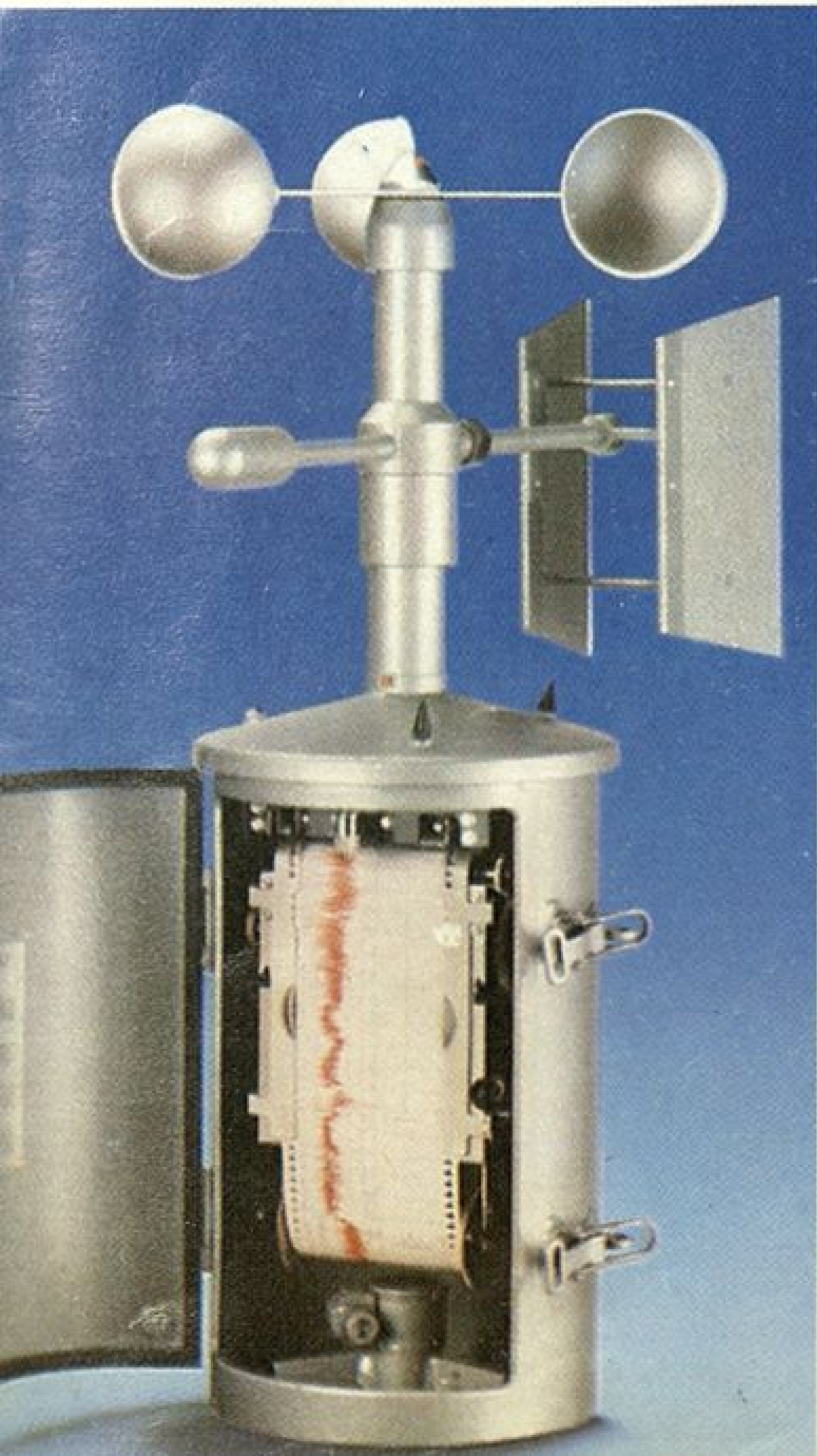
Opazovalni prostor

Hmz Lj.

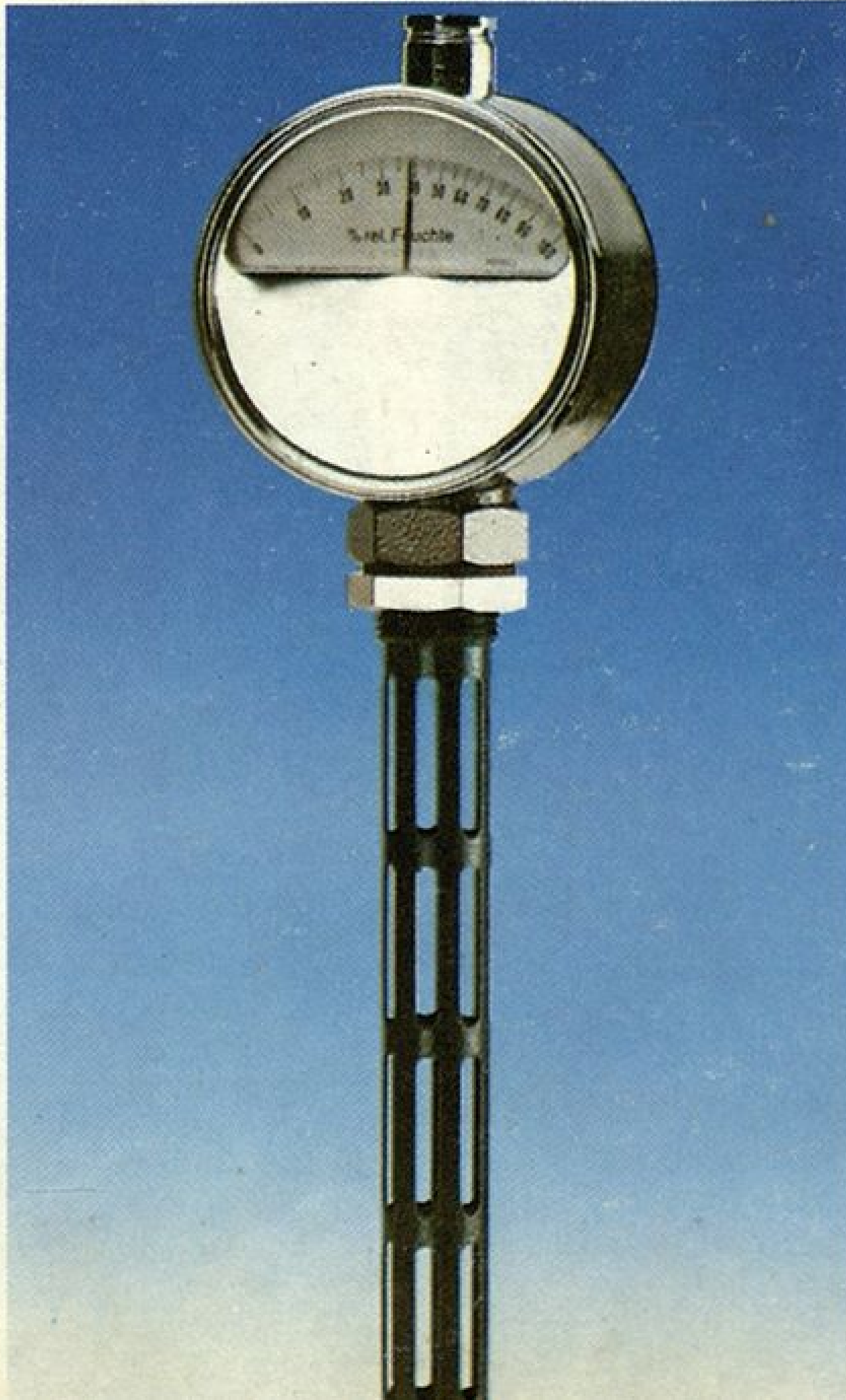


Dežemer, ki beleži

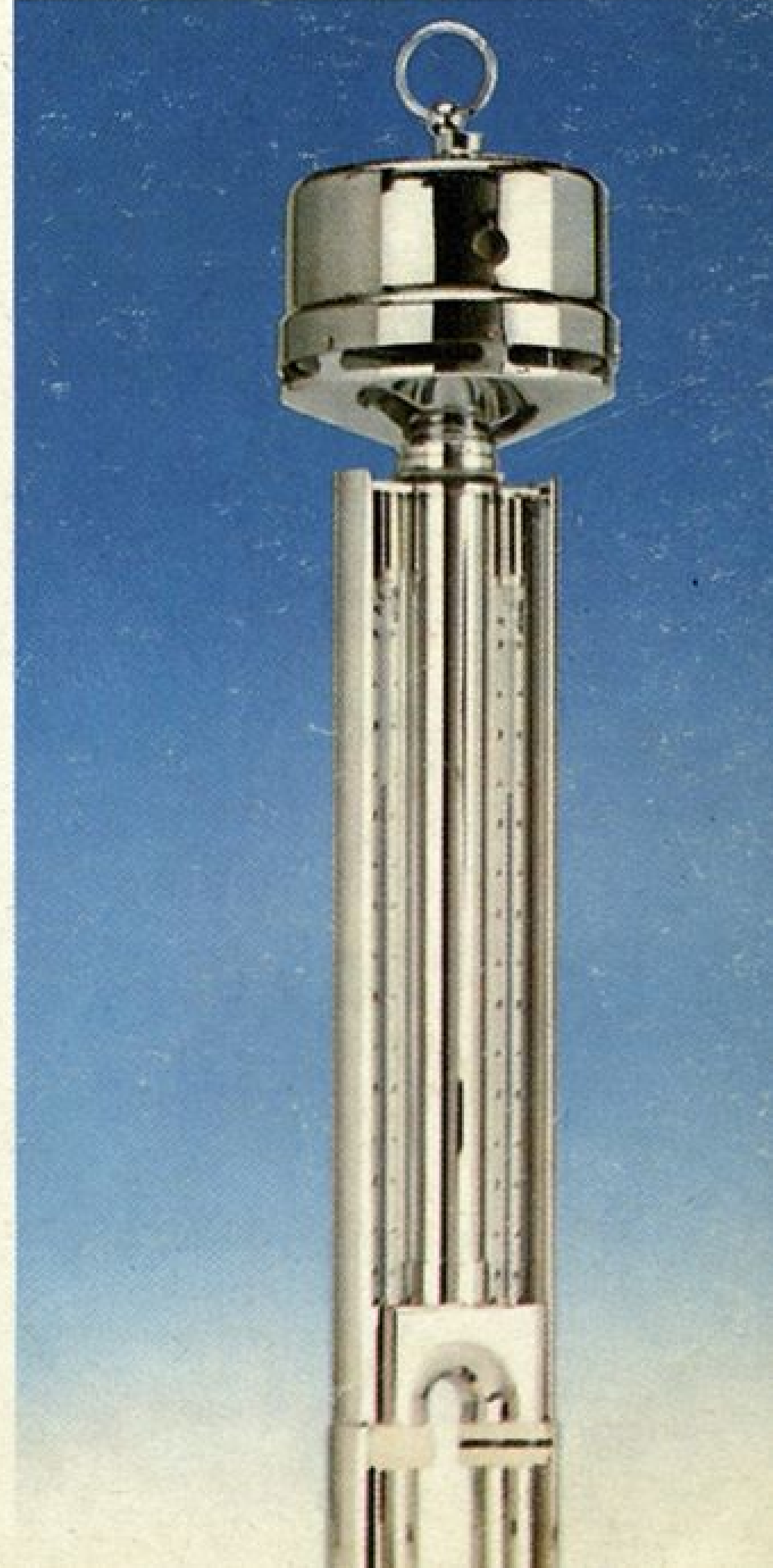
Vetromer



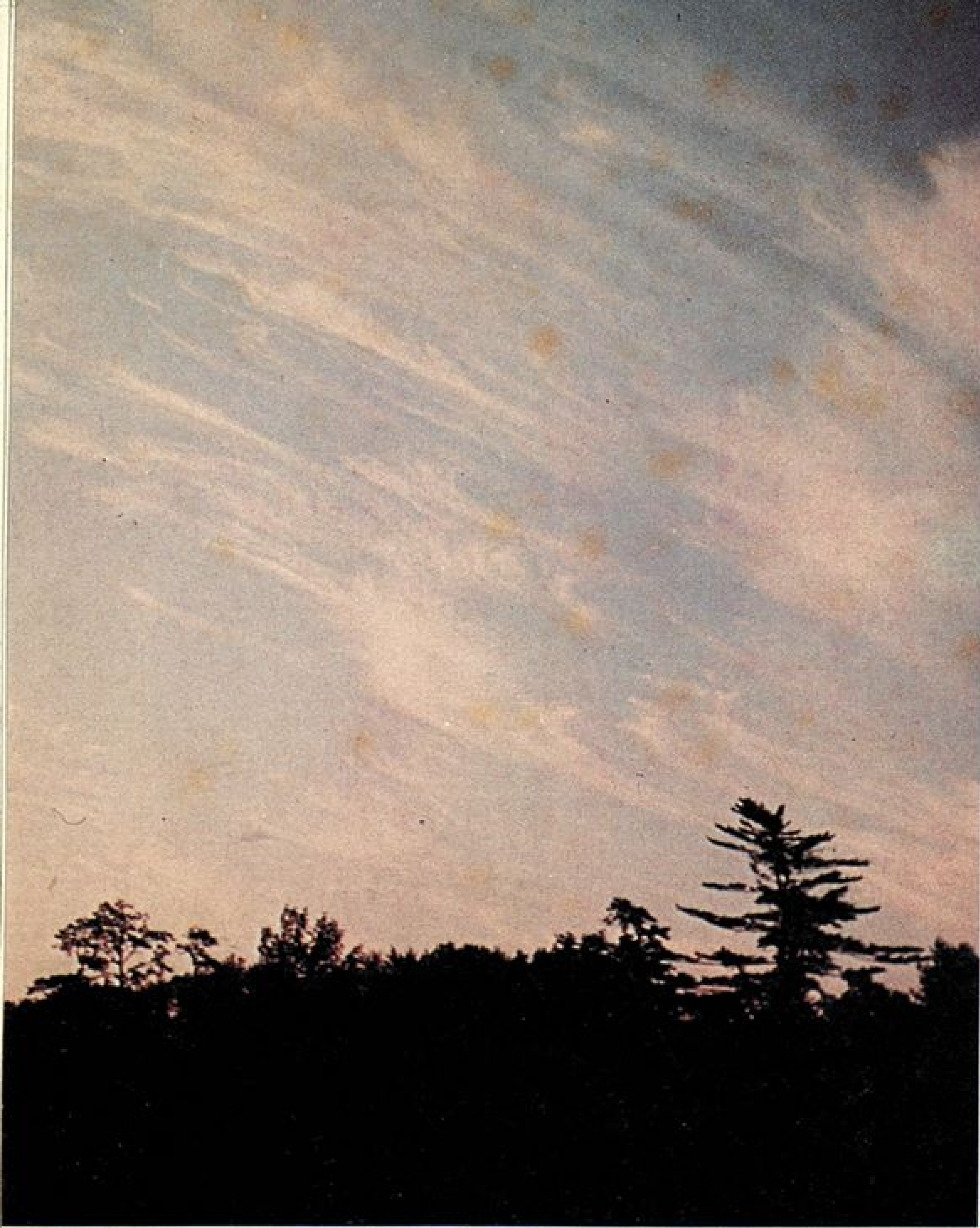
Vlagomer



Psihrometer







Cirrus

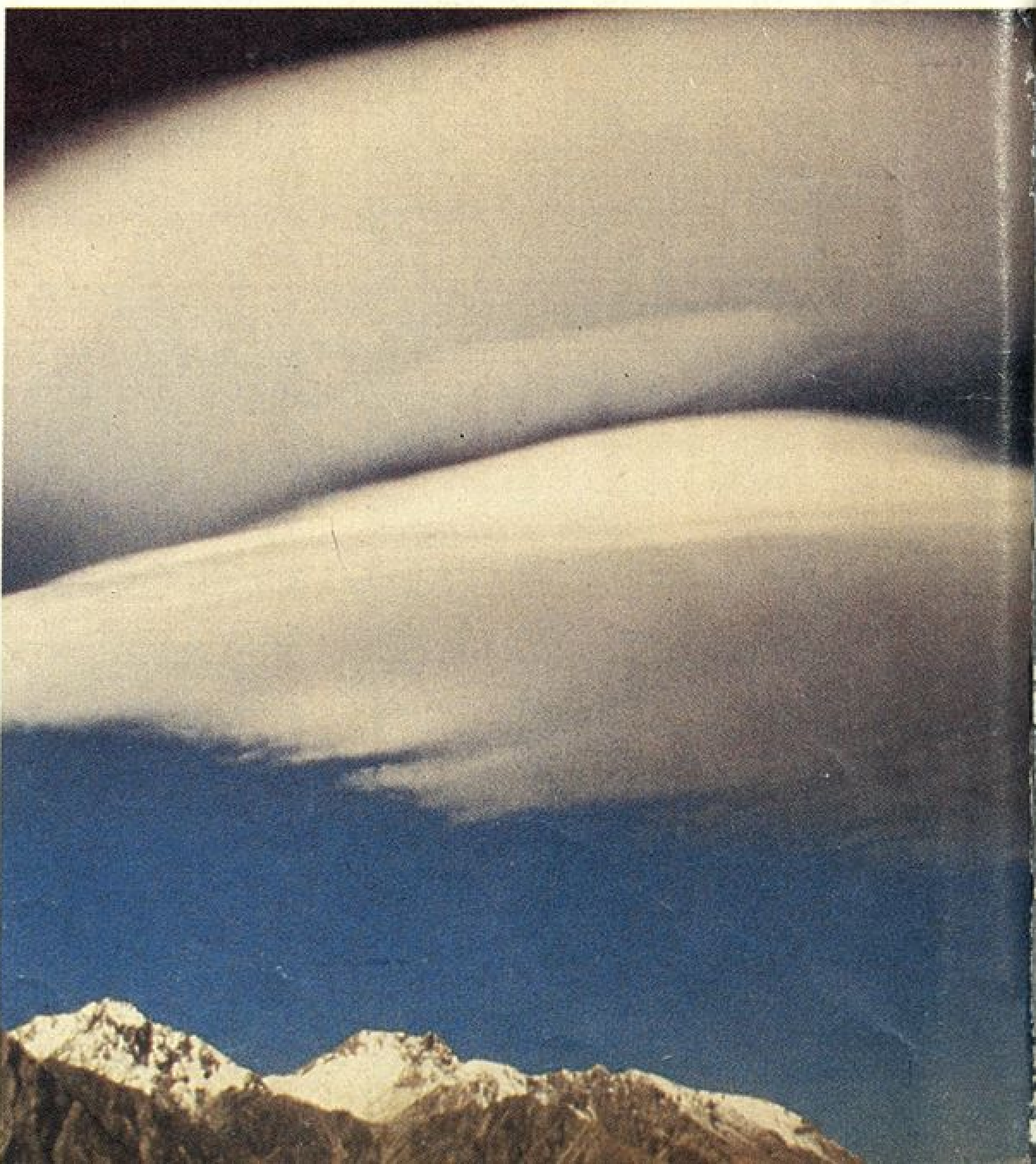
2p

Alto cumulus

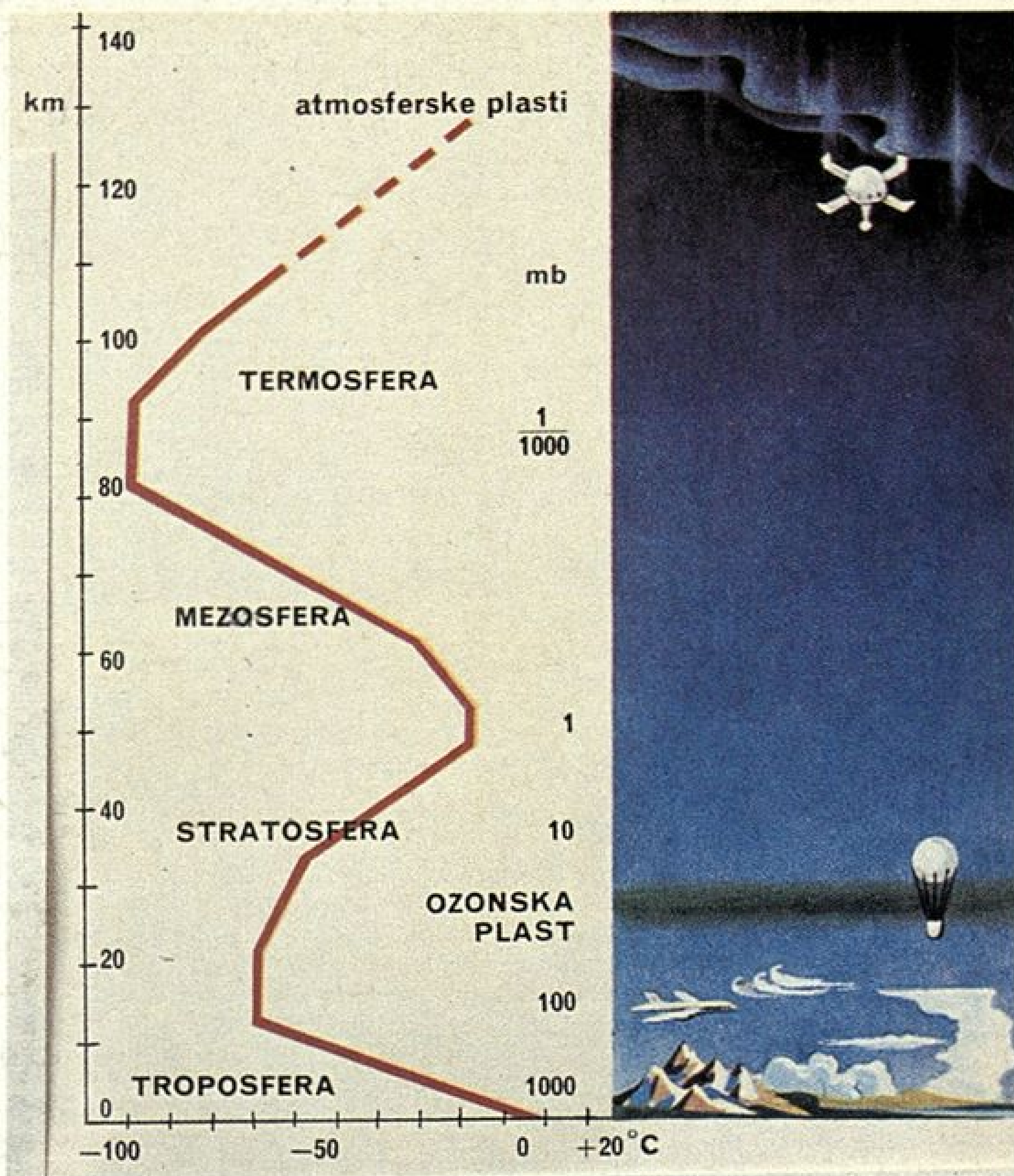


Cirrocumulus

Lečasti alto cumulus







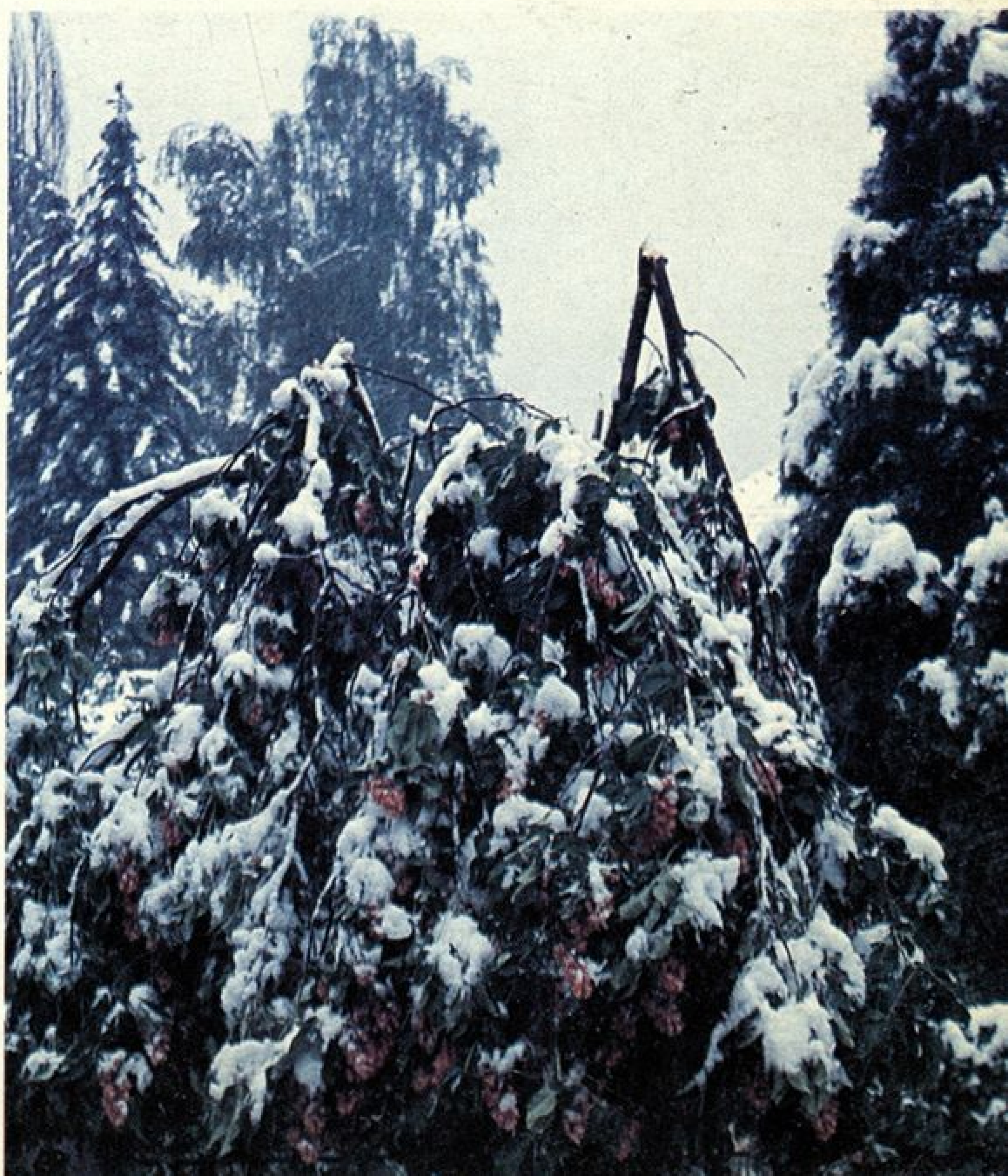
Plasti ozračja

Posledice suše



Posledice viharja

Majski sneg v Ljubljani







Cumulonimbus mamma

4p

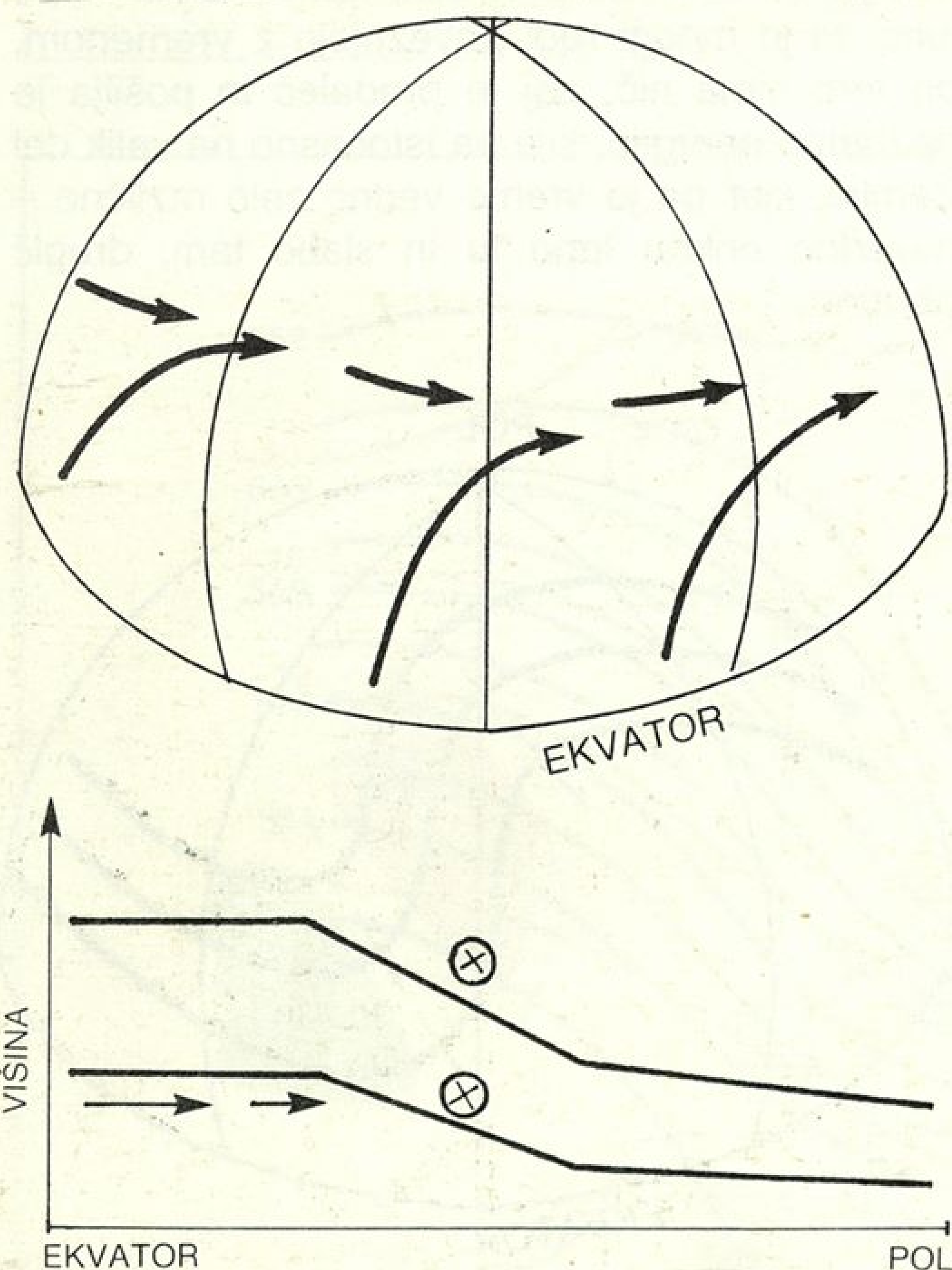
Večerno nebo



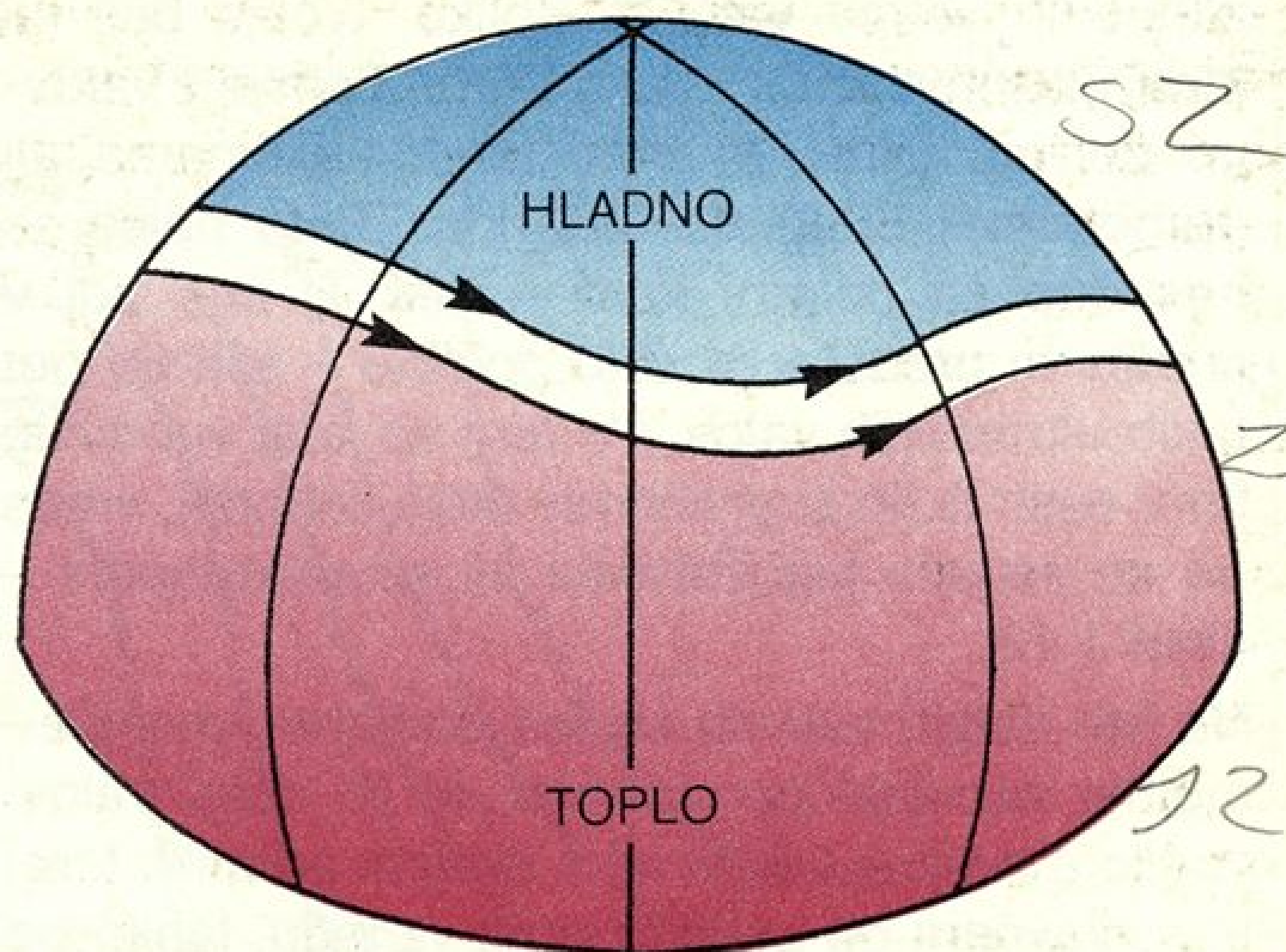


(kar je za atmosfero malo). Zaradi nagiba pritiskovih ploskev navzdol proti polu, bi hotel zrak teči od ekvatorja proti polu, a je v zmernih širinah dovolj odklonjen v desno, da tvori obroč zahodnih tokov z največjimi hitrostmi tam, kjer je nagib pritiskovih ploskev največji – o čemer bomo še govorili – slika 1.10.

Splošni zahodni vetrovi pa večinoma ne pihajo v gladkem obroču okrog Zemlje. Razni vplivi tal – kopna in morij, različne vrste kopna, morja in morskih tokov, ledenih površin itd. imajo različne temperature. Ti vplivi in vplivi raznih sil povzročajo različno in nepravilno razporejene nagibe pritiskovih ploskev in dajejo s tem različne pospeške zračnim delcem. Razlike se pojavljajo kot nekakšne motnje v osnovnem zahodnem toku in se kažejo kot valovanja. Valovanj je v atmosferi spet mnogo vrst: zvočni valovi, taki, ki dajejo valovne oblake, še večji, ki ustvarjajo ciklone in fronte. Največji med njimi pa so vodoravno-prečni valovi, ki nastajajo v pasu zahodnih

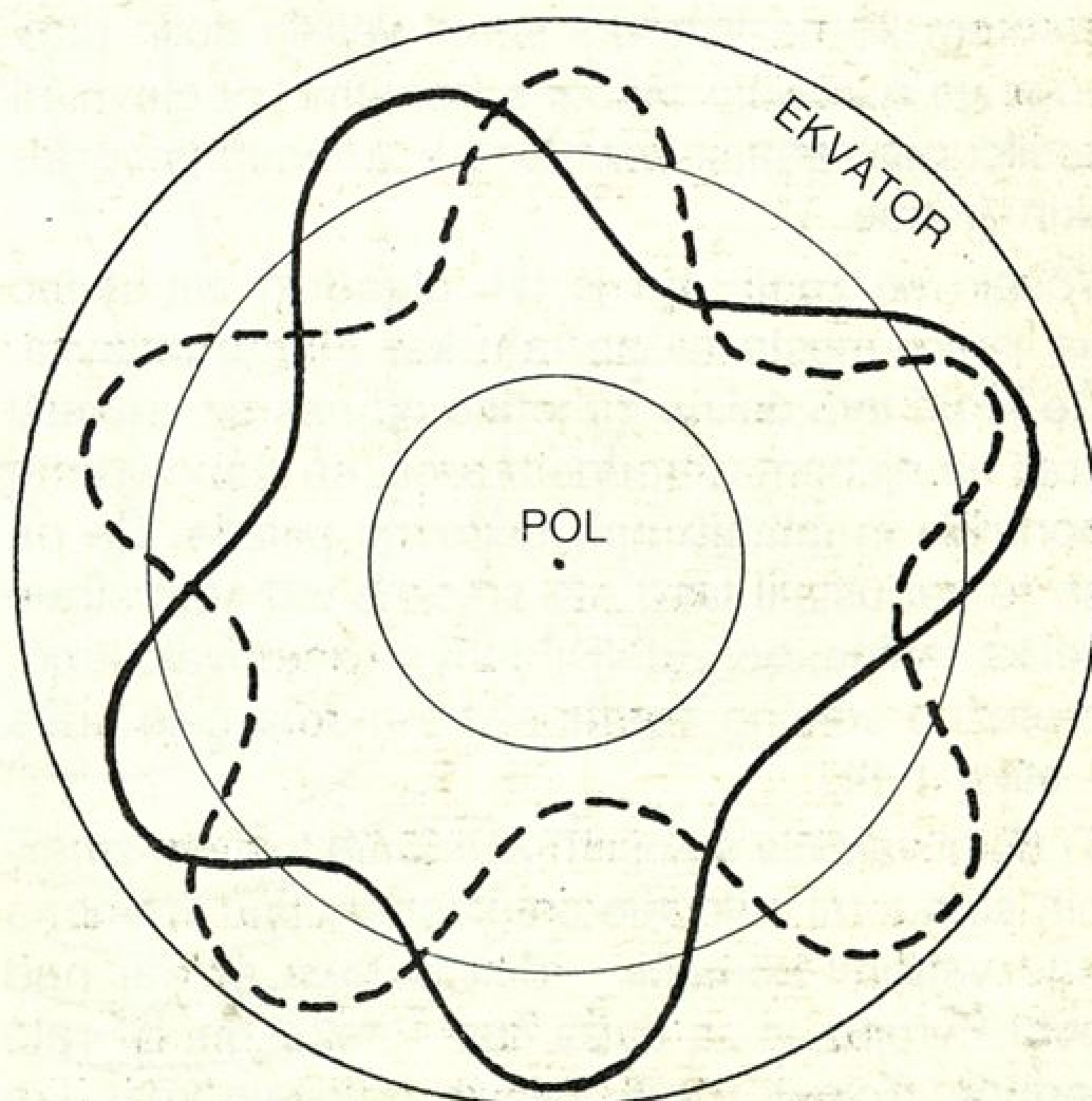


1.10 Nastanek planetarnega zahodnika



1.11 Valovi v planetarnem zahodniku in groba temperaturna razporeditev

vetrov zmernih širin: nekje se vetrovni stržen pomakne bolj proti ekvatorju, drugje bolj proti polu – slika 1.11. V skladu s tem, ker se pritiskove ploskve spuščajo proti polu, nastane v prvem primeru dolina – zajeda proti ekvatorju; zajeda proti polu pa se kaže kot greben v topografiji pritiskovih ploskev. Ker je bolj proti polu zrak navadno hladnejši, je dolina hladna, greben pa relativno topel. Zaporedne doline in grebeni, ki dajejo pasu



1.12 Cirkumpolarna karta z ultradolgimi valovi

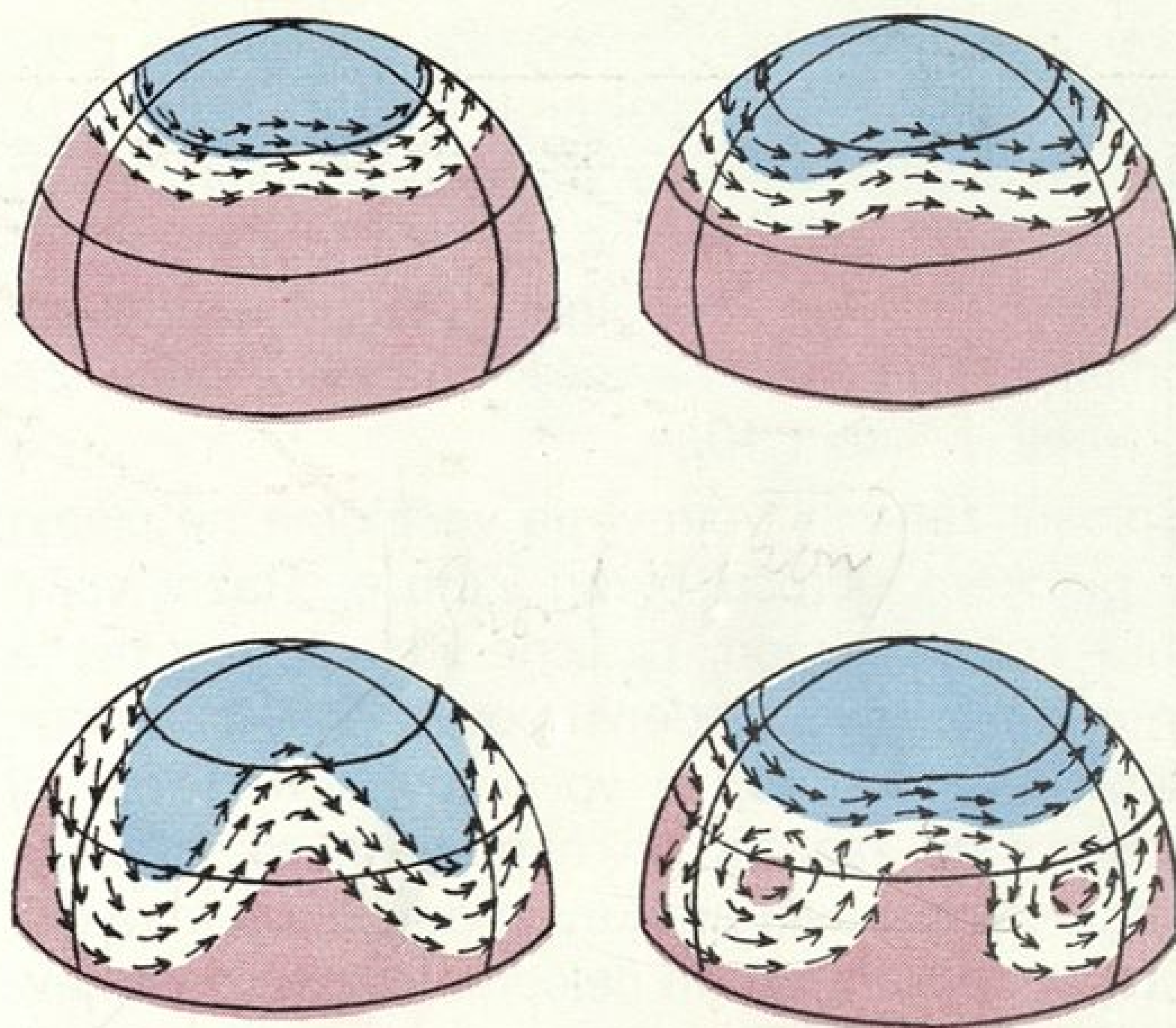


zahodnih vetrov valovito obliko, tvorijo bolj ali manj sklenjen sistem valov okrog Zemlje z valovno dolžino (razdaljo med dvema dolinama ali grebenoma) 5000 do 6000 km. Tako najdemo navadno na polarni karti – taki, ki ima pol v sredini in predstavlja celo poloblo – štiri do pet takih ultradolgi valov. Pri tem so zdaj vetrovi le še v oseh dolin in grebenov čisto zahodni, vmes pa so seveda jugozahodni ali severozahodni – slika 1.12.

Na teh dolgih valovih se kot dodatne »manjše« motnje razvijajo npr. cikloni, ki jih dolgi valovi vodijo s svojimi tokovi ali s svojimi premiki, torej le v glavnem od zahoda proti vzhodu, lahko pa tudi bolj proti severovzhodu ali jugovzhodu. Ultradolgi valovi v splošnem zahodniku le počasi nastajajo, se večajo ali plahnijo. Njihova povprečna življenjska doba je nekako 7 do 10 dni. Čeprav prevladujejo v njih zahodni tokovi, sam val, ki predstavlja le obliko toka, pogosto stoji ali pa se včasih pomika tudi proti zahodu, torej proti toku v njem. Tedaj, zlasti če so valovi močno razviti ali se celo zavijejo v zanke – slika 1.13, so vremenske napovedi bolj problematične, ker v njihovih pomikih in dogajanjih ni več pravega reda. Vendar se ta navadno po nekaj dneh spet vzpostavi. Pokazalo se je, da je vreme na zahodni strani dolin ali zajed proti jugu navadno lepo, medtem ko na vzhodni strani velikih dolin prav pogosto nastajajo cikloni s frontami kot glavnimi nosilci poslabšanja vremena v zmernih geografskih širinah.

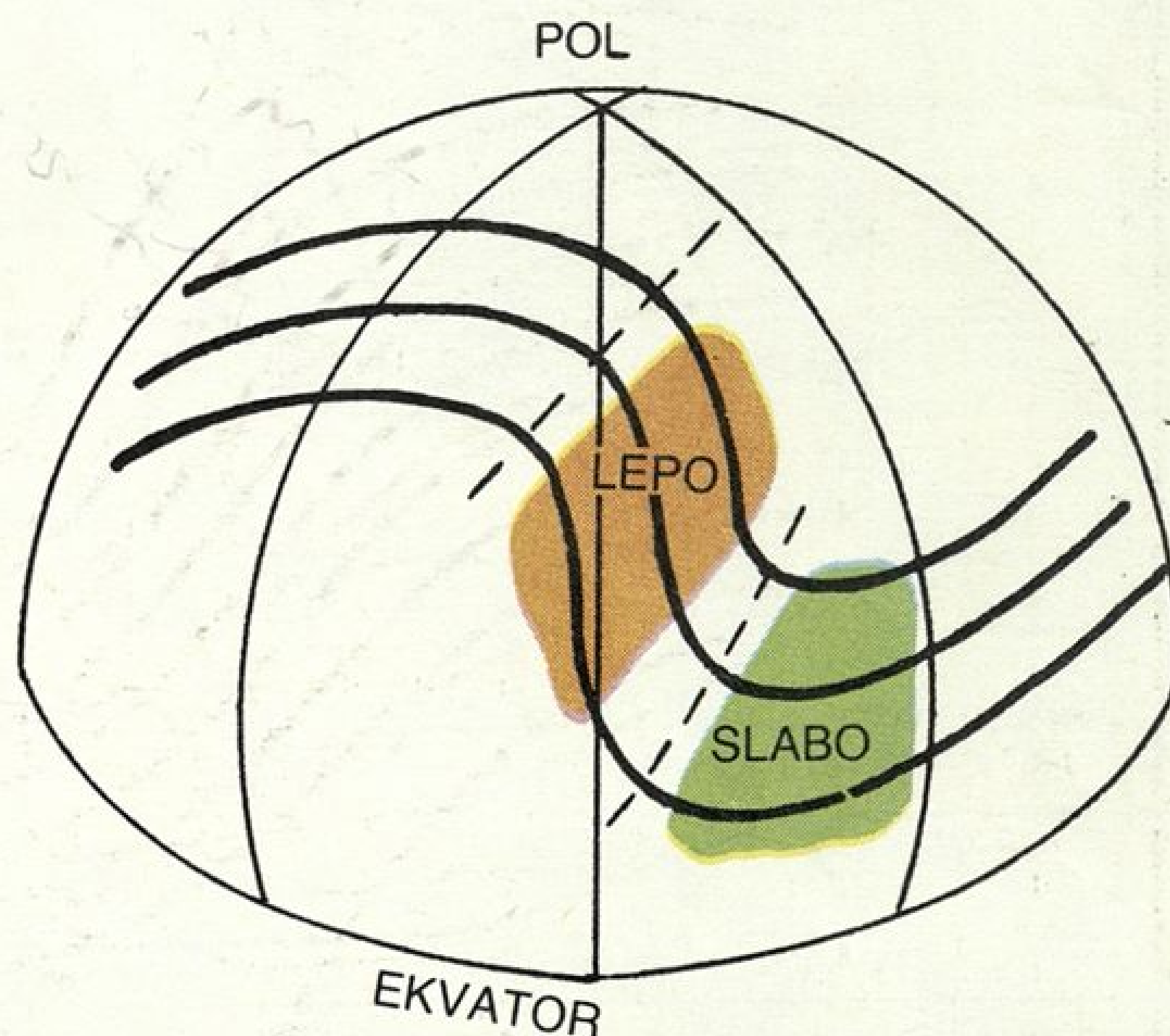
Včasih se zgodi, da je tak ultradolgi val stalno na istem mestu ali se tam kar naprej pojavlja. Če je pri tem dolina zahodno od nas oz. so naši kraji na njenem vzhodnem robu, se slabo vreme ponavlja in imamo npr. deževno poletje. Če pa se je val ustalil tako, da smo na zahodni strani velike doline, bo v daljši dobi prevladovalo lepo, pretežno sončno vreme in bo morda celo suša – slika 1.14.

Ti dolgi valovi v splošnih zahodnih tokovih zmernih širin torej odločajo o splošnem tipu vremena nad velikimi območji – deli Evrope ali kar nad celo Evropo, in za daljši čas – nekaj dni ali celo tednov. Tokovi v teh valovih odločajo kdaj, kje in v kaki smeri bodo potovali cikloni prek Evrope



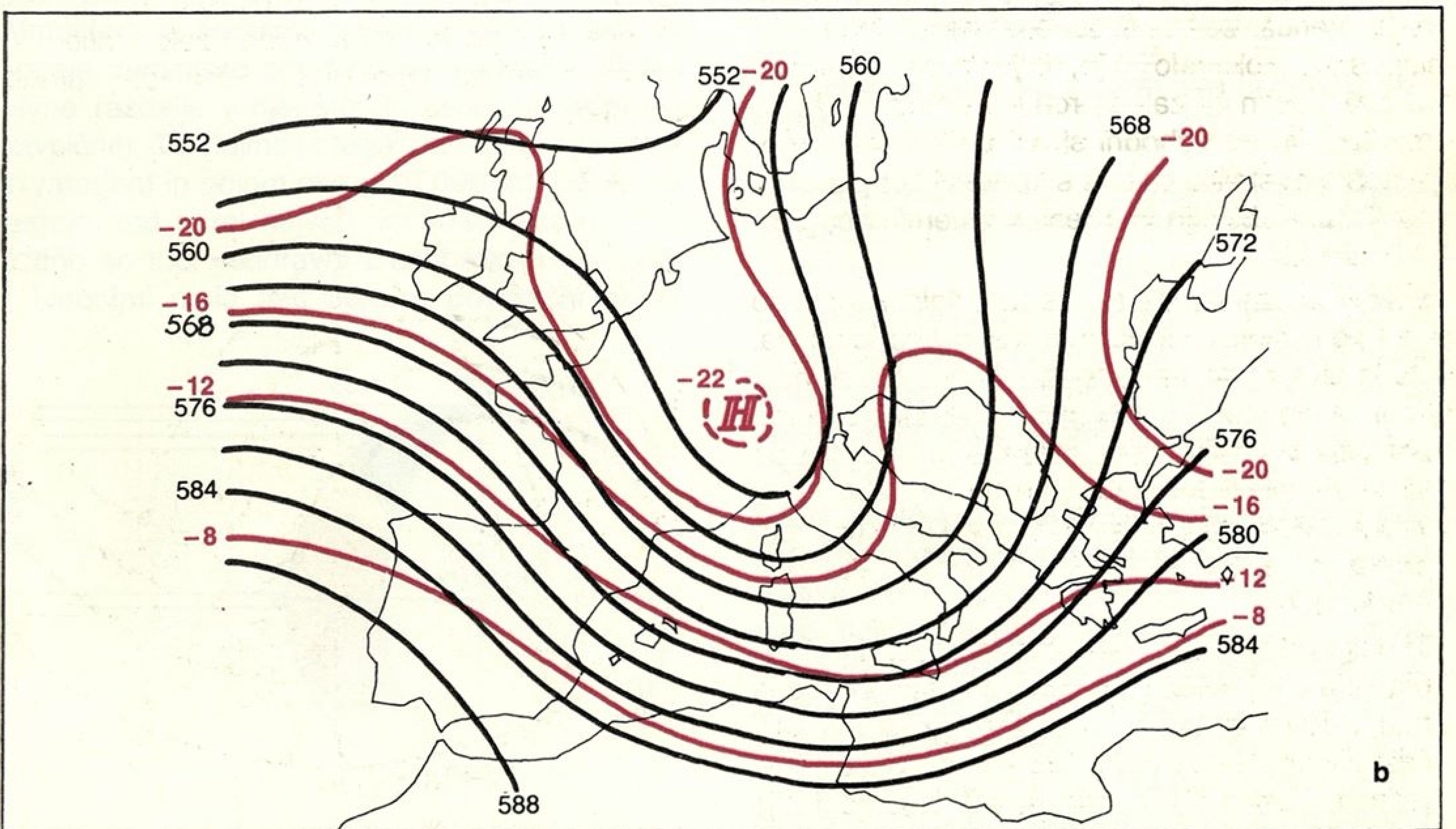
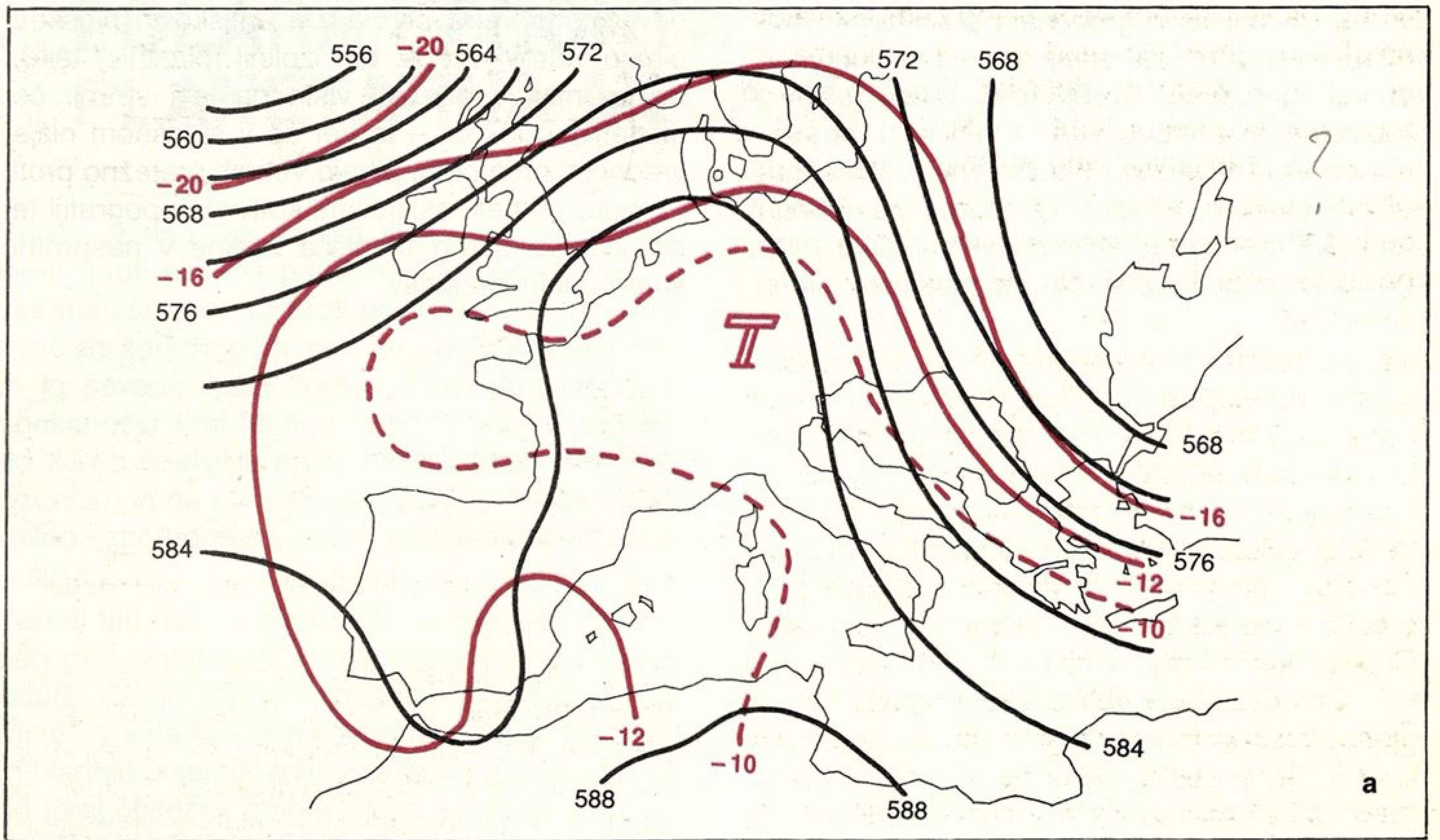
1.13 Nastanek blokade planetarnega zahodnika

in, skratka, kakšno bo vreme v posameznih njenih predelih ali krajih. Seveda odločajo o podrobnostih razvoja vremena še mnogi drugi manjši in celo ozko lokalni vplivi. Gotovo pa luna, ki jo mnogi radi povezujejo z vremenom, pri tem nima nič, saj je predaleč in pošilja le neznatno energijo, sije pa istočasno na velik del Zemlje, kjer pa je vreme vedno zelo različno – navadno enkrat lepo tu in slabo tam, drugič obratno.



1.14 Prevladujoče vreme glede na ultradolge valove





1.15 Topografija 500 mb ploskve za dva tipična primera, a) ob lepem, b) ob slabem vremenu



Valove oz. doline in grebene v planetarnih razsežnostih splošnih zahodnih tokov, pomike njihovih osi in tokove v njih nam vremenoslovci predstavljajo na televiziji na t. i. višinskih vremenskih kartah – navadno s plastnicami (izohipsami) 500 mb ploskve, ki leno »plahuta« na višinah okrog 5,5 km nad morskim nivojem – slika 1.15. V skladu s prej opisanim ravnotežjem sil in

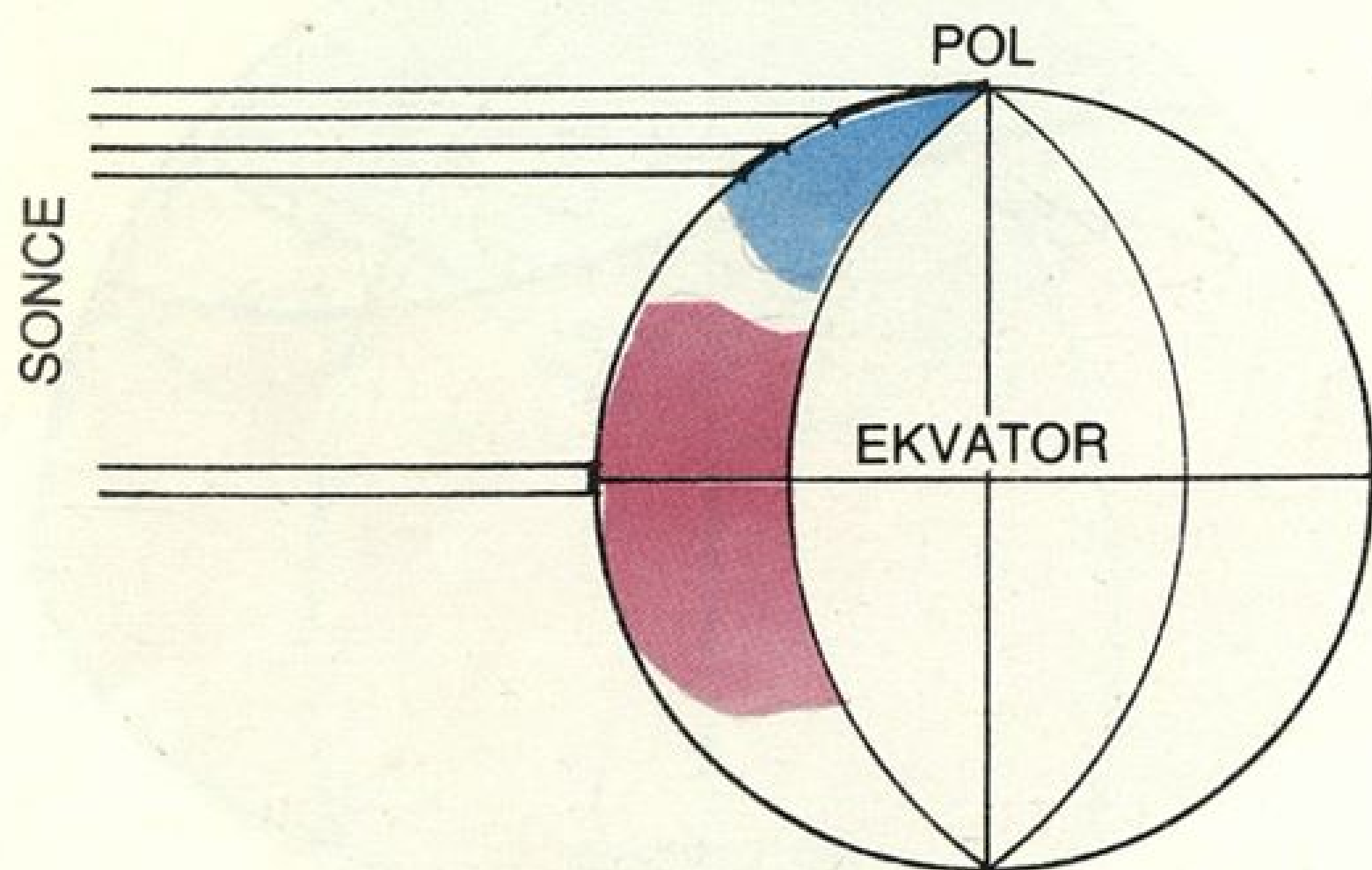
odvisnostjo vetra od nagiba pritiskovih ploskev pihajo vetrovi vzdolž teh izolinij (plastnic) tako, da so nižje vrednosti višin na levi strani, če gledamo s tokom – in ker so v splošnem nižje vrednosti proti polu, pihajo vetrovi pretežno proti vzhodu; pri neki zaključeni kotlini v topografiji te ploskve pa okrog središča kotline v nasprotni smeri urinih kazalcev.



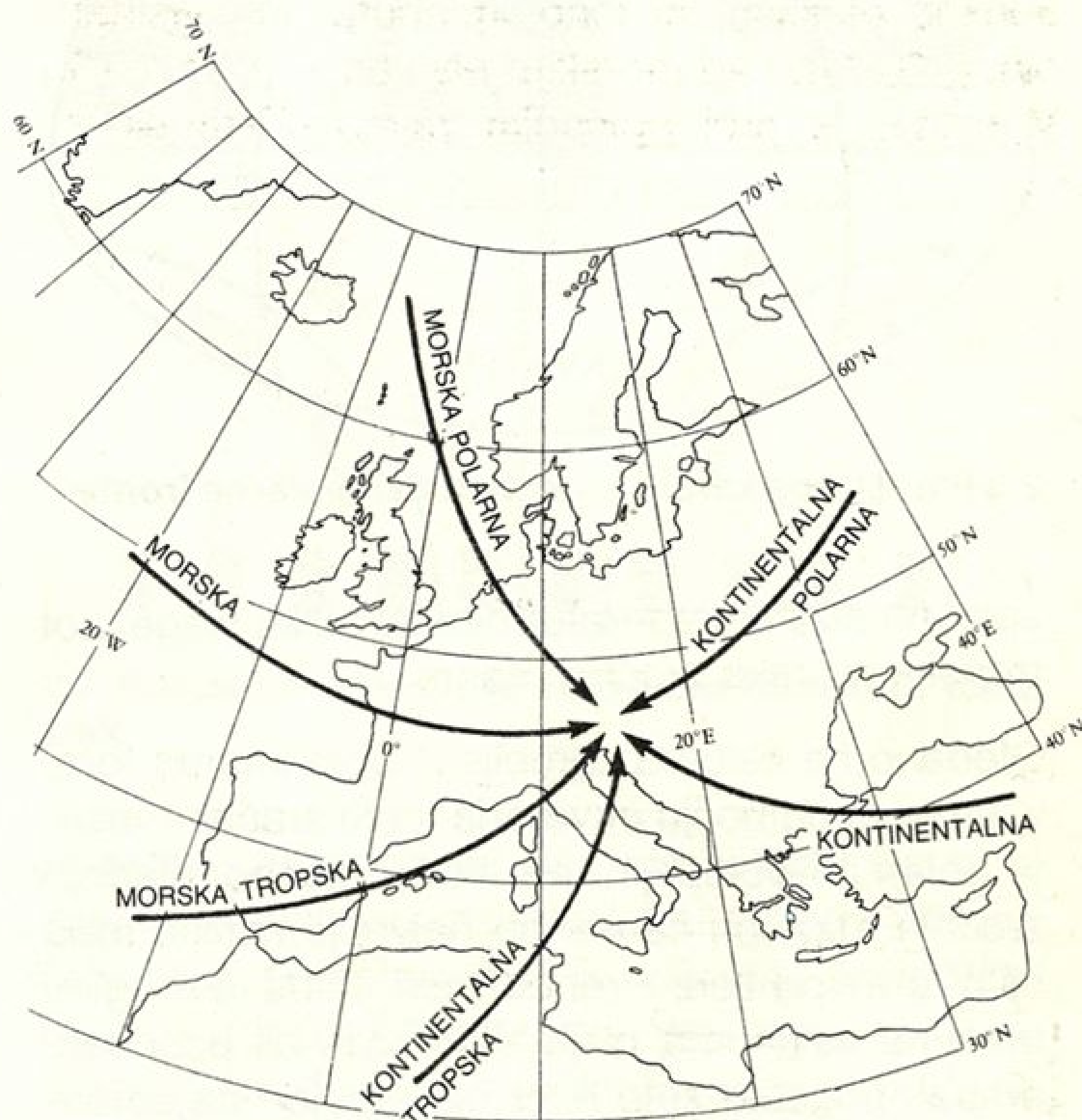
## 2. POLARNA FRONTA – PLANETARNA MEJA ZRAČNIH MAS

Sonce je nad ekvatorjem skoraj navpično nad tlemi, proti poloma pa je nagib sončnih žarkov vse manjši. Zato se proti polu enako širok snop sončnih žarkov porazdeli na večjo površino tal in jo seveda manj ogreje. Tako dobi npr. ob enakonočju  $1\text{ m}^2$  tal na ekvatorju dnevno približno  $6\text{ kWh}$  energije, na  $60^\circ$  geografske širine le še  $3\text{ kWh}$  in na polu nič, saj sije tam tedaj sonce ravno vzporedno s tlemi in potuje tik ob obzorju – slika 2.1.

Zaradi teh razlik v ogrevanju tal ima tudi zrak pri tleh nad ekvatorjem v splošnem visoke temperature oz. je topel, v polarnih predelih pa je mrzel. V skladu s tem govorimo o toplih tropskih in hladnih polarnih zračnih masah. Zračne mase so torej obsežne gmote zraka, ki merijo v vodoravni smeri čez  $1000\text{ km}$ , debele pa so manj kot  $10\text{ km}$  – ker je pač atmosfera močno sploščena. Atmosfera je sorazmerno tenek plašč zraka, ki obdaja zemeljsko površino ter so tipične vodoravne razdalje v njej sto do tisočkrat večje od navpičnih. To vidimo iz tega, da so razdalje med ekvatorjem in polom okrog  $10\,000\text{ km}$ , oblaki pa segajo nad nami največ do  $10\text{ km}$  visoko. Podobno so tudi vodoravni zračni tokovi (vetrovi), s hitrostmi malo nad tlemi v povprečju okrog



2.1 Planetarni vpliv nagiba sončnih žarkov ob enakonočju



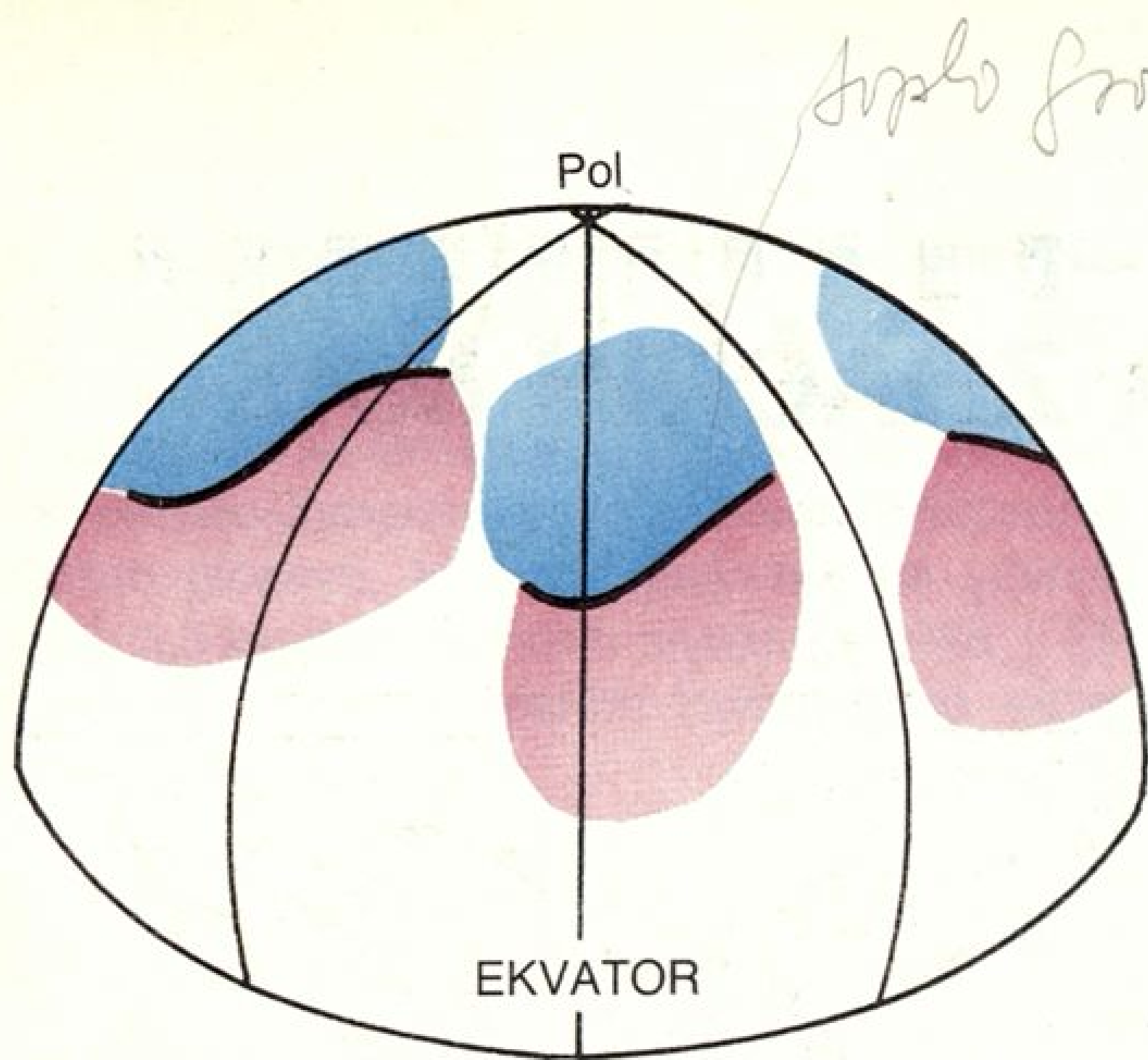
2.2 Območja nastanka zračnih mas in njihove poti k nam

$10\text{ m/s}$ , stokrat hitrejši kot splošna navpična gibanja zraka s tipičnimi hitrostmi samo okrog  $1$  do  $10\text{ cm/s}$ .

V opredeljenih zračnih masah ima zrak približno enake lastnosti: predvsem je topel ali hladen, lahko pa je bolj ali manj vlažen, kar je za nastanek oblakov in padavin seveda zelo pomembno.

Tople tropske zračne mase nastajajo torej nad obsežnimi tropskimi predeli, kjer se zrak izdatno ogreva. Nad kopnim, zlasti nad puščavami nastaja bolj suha (kontinentalna tropska masa), nad toplimi tropskimi morji, ki izdatno izhlapevajo, pa se zrak močno ovlaži (morska tropska zračna masa) – slika 2.2. Podobno nastajajo nad polarnim kopnim bolj hladne in suhe (polarne kontinentalne) zračne mase in nad polarnimi morji polarno morske zračne mase. Te zaradi





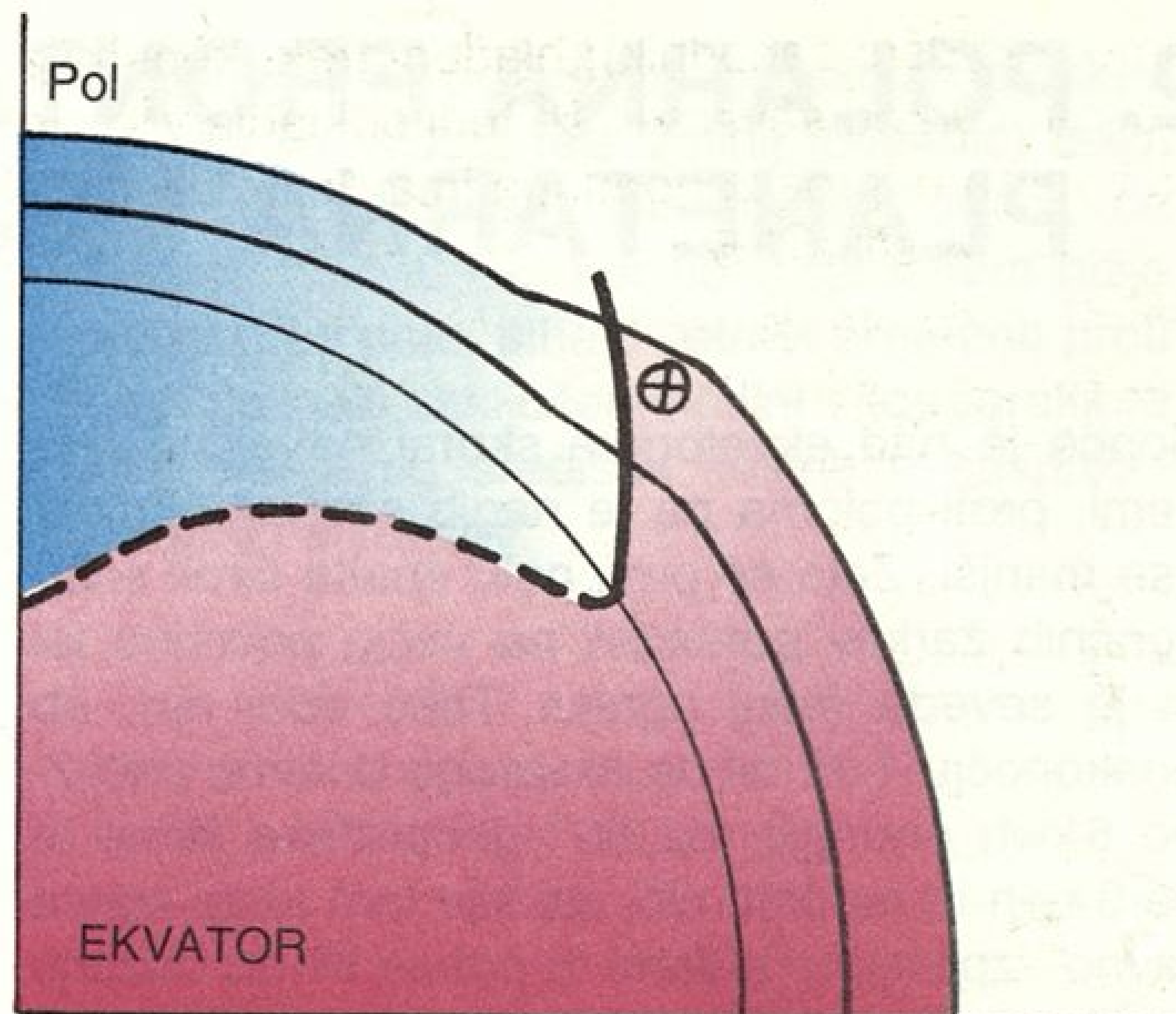
2.3 Planetarna karta z izrazitimi deli polarne fronte

splošno nižjih temperatur nimajo toliko vlage, kot tropske morske zračne mase.

Gledano na celotno zemeljsko oblo imamo torej v širokem območju ekvatorja tople zračne mase, v polarnih območjih pa velik hlebec hladnih zračnih mas; pri čemer so največje razlike med njimi prav pri tleh. Prehod med enimi in drugimi masami večinoma ni enakomeren ali počasen, ampak pogosto zelo hiter oz. omejen na sorazmerno ozek prehodni pas. Če ta pas zaradi preprostosti stisnemo v črto, kot jo na tlorisih (kartah) navadno rišemo, ji pravimo polarna fronta – slika 2.3. Na meteoroloških kartah Zemlje je to torej črta, ki ločuje hladne polarne in tople tropske zračne mase, sicer pa ima širši pomen.

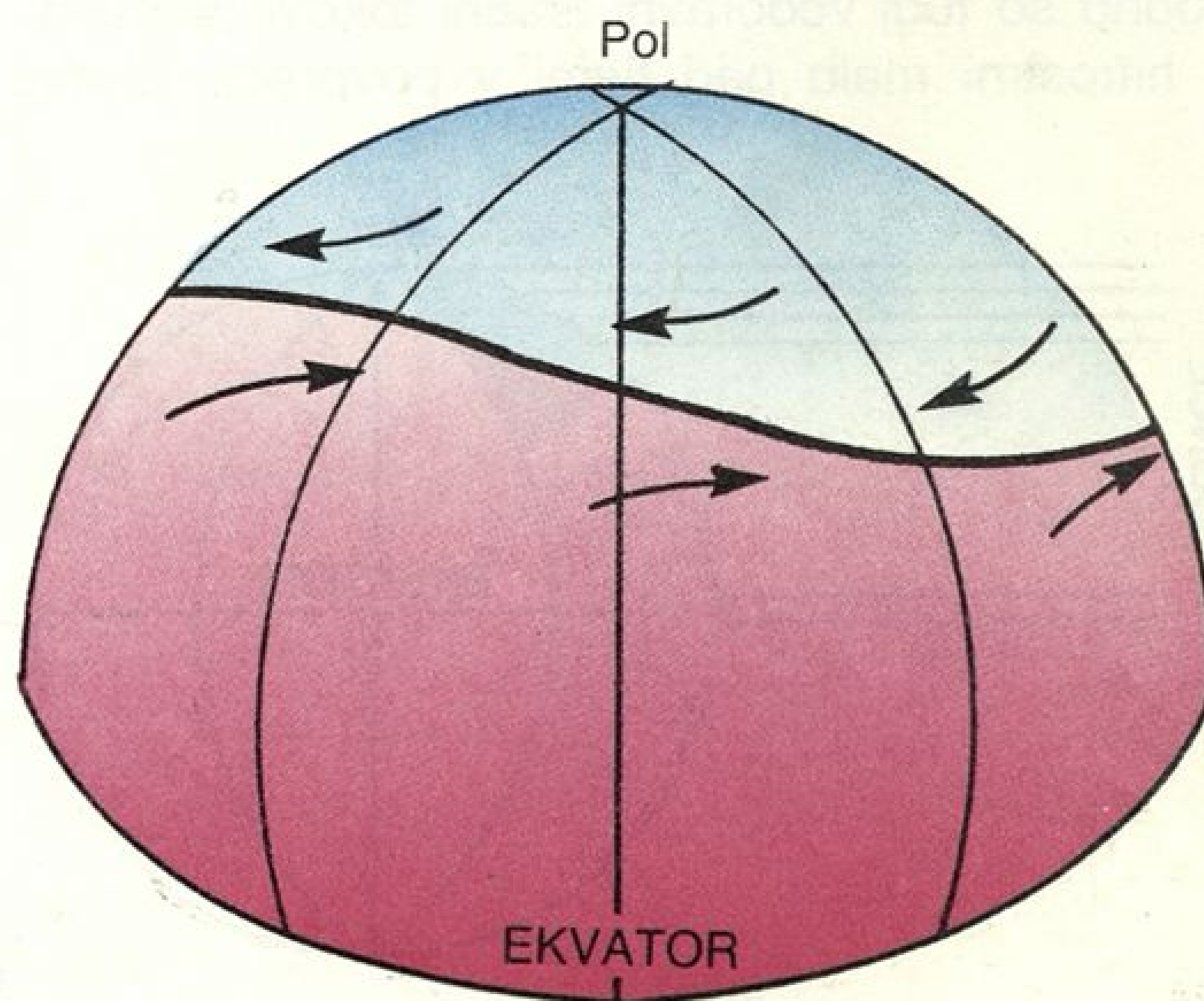
Zračne mase so prostorska telesa in segajo vsaj nekaj kilometrov v višine, črta fronte na karti pa je presečnica mejne površine med masama s tlemi. Za prostorsko predstavo moramo še pogledati, kako je to v navpičnem preseku – kot da bi atmosfero presekali po poldnevniku od pola do ekvatorja. Rišemo s povečanimi višinami, da se zaradi sploščenosti atmosfere sploh kaj vidi, kot je to prikazano na sliki 2.4.

Vidimo, da meja med dvema zračnima masama navzgor ni navpična, ampak je nagnjena tako, da leži hladnejši zrak v obliki klina pod toplejšim. To je zato, ker je hladnejši zrak gostejši in težji. Podobno tudi voda v kozarcu vedno zleze pod



2.4 Presek atmosfere po meridianu s polarno fronto

olja, ki je redkejša. Meja med oljem in vodo v mirni posodi je vodoravna. Če hočemo, da je meja nagnjena, moramo kozarec hitro premakniti ali kozarec vrteti – skratka, tekočinama moramo dodati neki pospešek. Podobno je v atmosferi. Gledano v navpičnem preseku je lahko meja med različno gostima zračnima masama stalno približno enako nagnjena le, če pihajo v eni in drugi zračni masi različni vetrovi. To se v naravi zares dogaja: topel zrak, ki prihaja od ekvatorja in se zaradi vrtenja Zemlje na severni polobli odklanja v desno, ima delno ali znatno zahodno



2.5 Vetrovi ob polarni fronti pri tleh

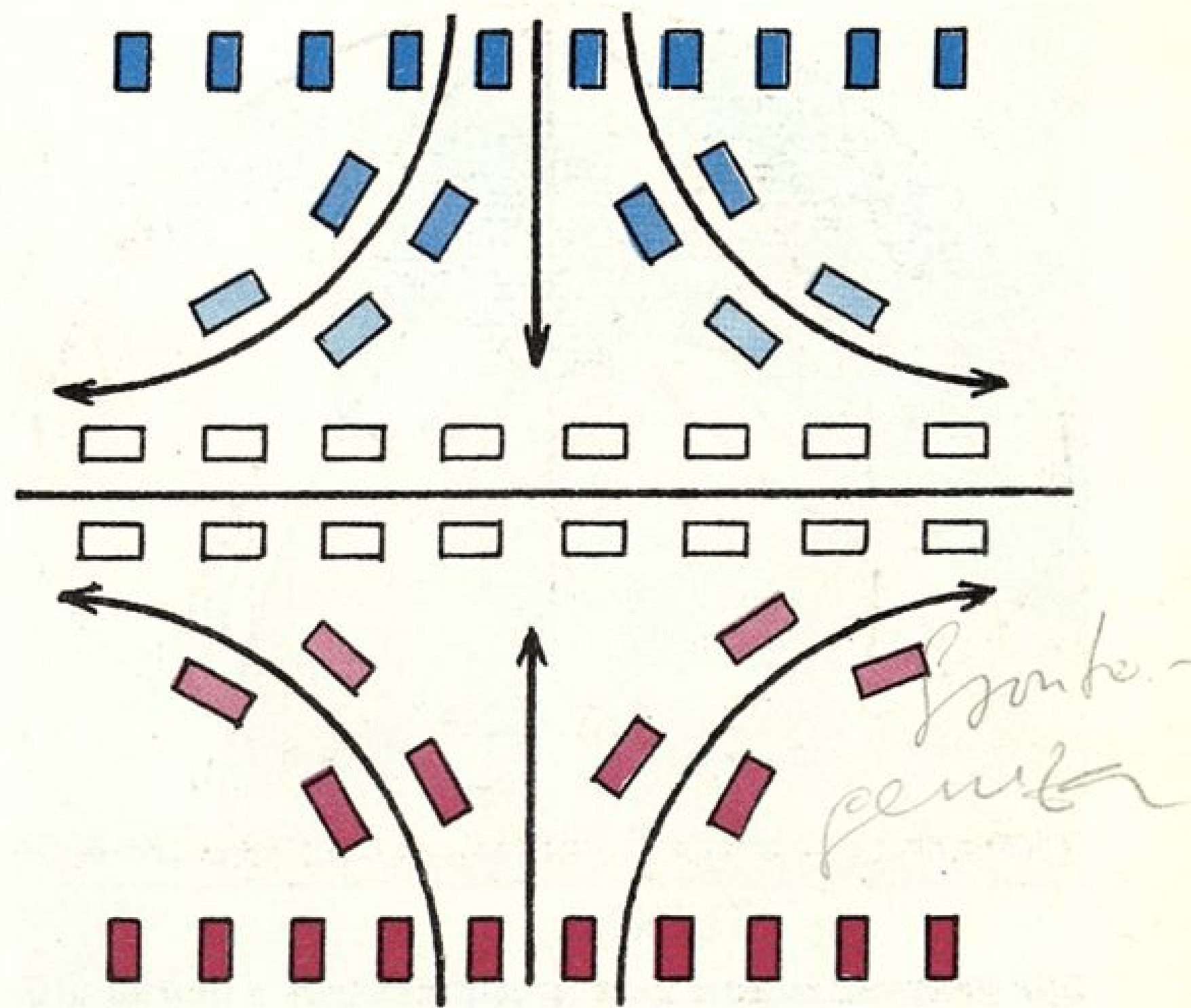


smer (splošni zahodnik); hladen zrak, ki prihaja bolj pri tleh od severa in se tudi odklanja v svojo desno, torej proti zahodu, pa ima delno nasprotno smer – slika 2.5.

Polarna fronta je torej prevladujoča nagnjena meja med hladnimi polarnimi in toplimi tropskimi zračnimi masami. Ob njej je vetrovno striženje, nad njo pa razmeroma velik nagib pritiskovih ploskev, ki se od velikega razmika v toplen zraku sorazmerno hitro spuste v manjši razmik, ki je v hladnem zraku (pogl. 1). Polarna fronta pa v splošnem ne poteka po vzporednikih ravno od zahoda proti vzhodu, ampak valovi: ponekod se hladni zrak zajeda bolj proti jugu, drugje pa topli bolj proti severu – slika 2.6. Vsekakor pa je meja v višine nagnjena nad hladni zrak.

Prehod iz hladnega v topli zrak pa ni povsod enako izrazit, hiter oz. močan – polarna fronta ni povsod enako izrazita. Izrazitost je odvisna od načina gibanja zraka. Videli bomo, da le poseben način tokov omogoča, da se lahko zblížata zelo hladen in zelo toplel zrak, ker je pač med njima tudi zrak.

Vzemimo za primer zelo velik prostor, natlačen z gibajočimi se avtomobili, na katerem so na severni strani modri, na južni rdeči in v sredini med njimi beli avtomobili. Modri in rdeči se lahko zblížajo le, če se beli levo in desno (oz. proti zahodu in vzhodu odmaknejo in odpeljejo – slika 2.7. Če pa bi se beli od strani tlačili proti sredini,

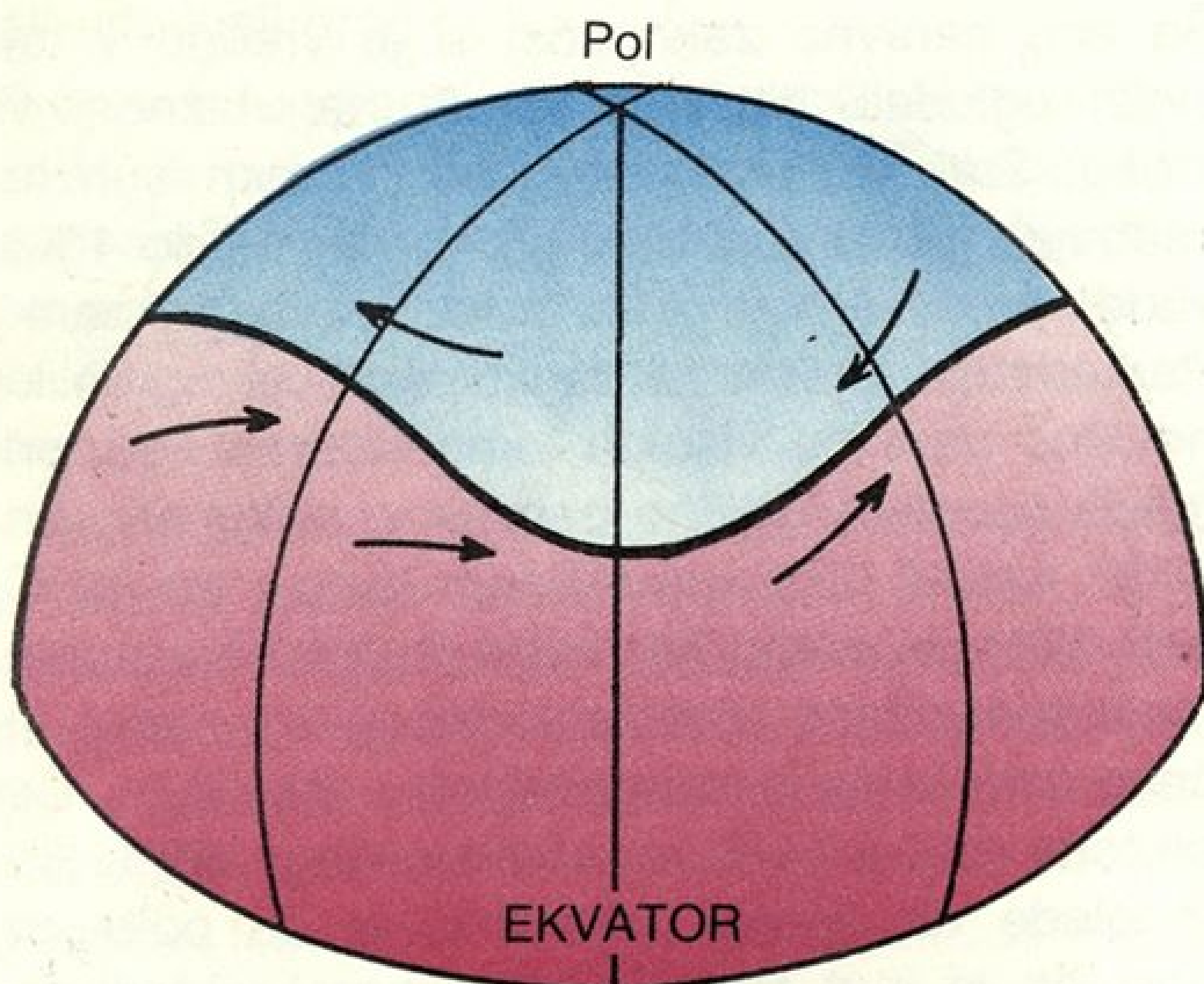


2.7 Premiki in tokovi, ki zblížujejo hladen in toplel zrak

bi modre in rdeče še bolj razmaknili. Če bi si zdaj hoteli ustvariti prostorsko sliko (še v višine), bi v svoji predstavi morali uporabiti še modre, bele in rdeče helikopterje, pri čemer bi nad modrimi pri tleh bili v višinah rdeči, vendar na isti višini rdeči vedno južneje od modrih.

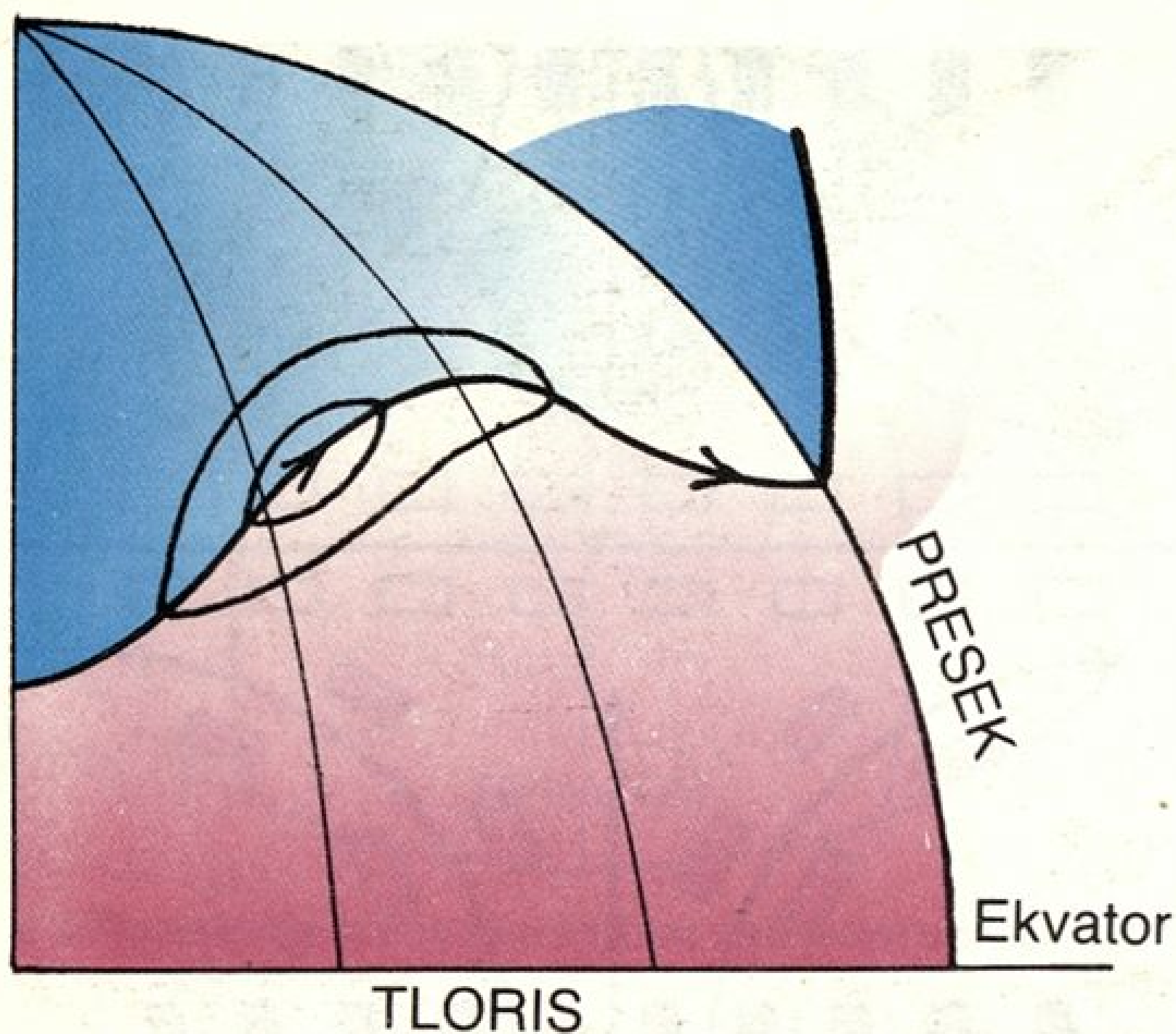
Podobno je z zračnimi delci različnih lastnosti – predvsem temperatur. Če so zračni tokovi taki, da zrak od severa in juga priteka in se vmes razteka na vzhod in zahod, dobimo zblížanje zelo različnih zračnih mas in je polarna fronta tam izrazita ter se krepi (frontogeneza); pri tokovih v nasprotni smeri pa razlike slabijo oz. izginjajo in z njimi izrazitost polarne fronte.

Zato je na ustreznih odsekih polarne fronte, ki obdaja poloblo v zmernih geografskih širinah, prehod med glavnima zračnima masama ponekod zelo izrazit, drugje pa neizrazit. Ob izrazitem prehodu so tudi pritiskove ploskve močnejše nagnjene; tu so zato vetrovi zlasti v višinah zelo močni in zato poteka stržen planetarnih zahodnih vetrov prav nad polarno fronto – slika 2.8. Največje hitrosti dosegaajo vetrovi tam, kjer je polarna fronta najizrazitejša, to pa je navadno na jugovzhodni strani dolin – velikih zajed hladnega zraka proti jugu.



2.6 Valovita polarna fronta na karti severne poloble



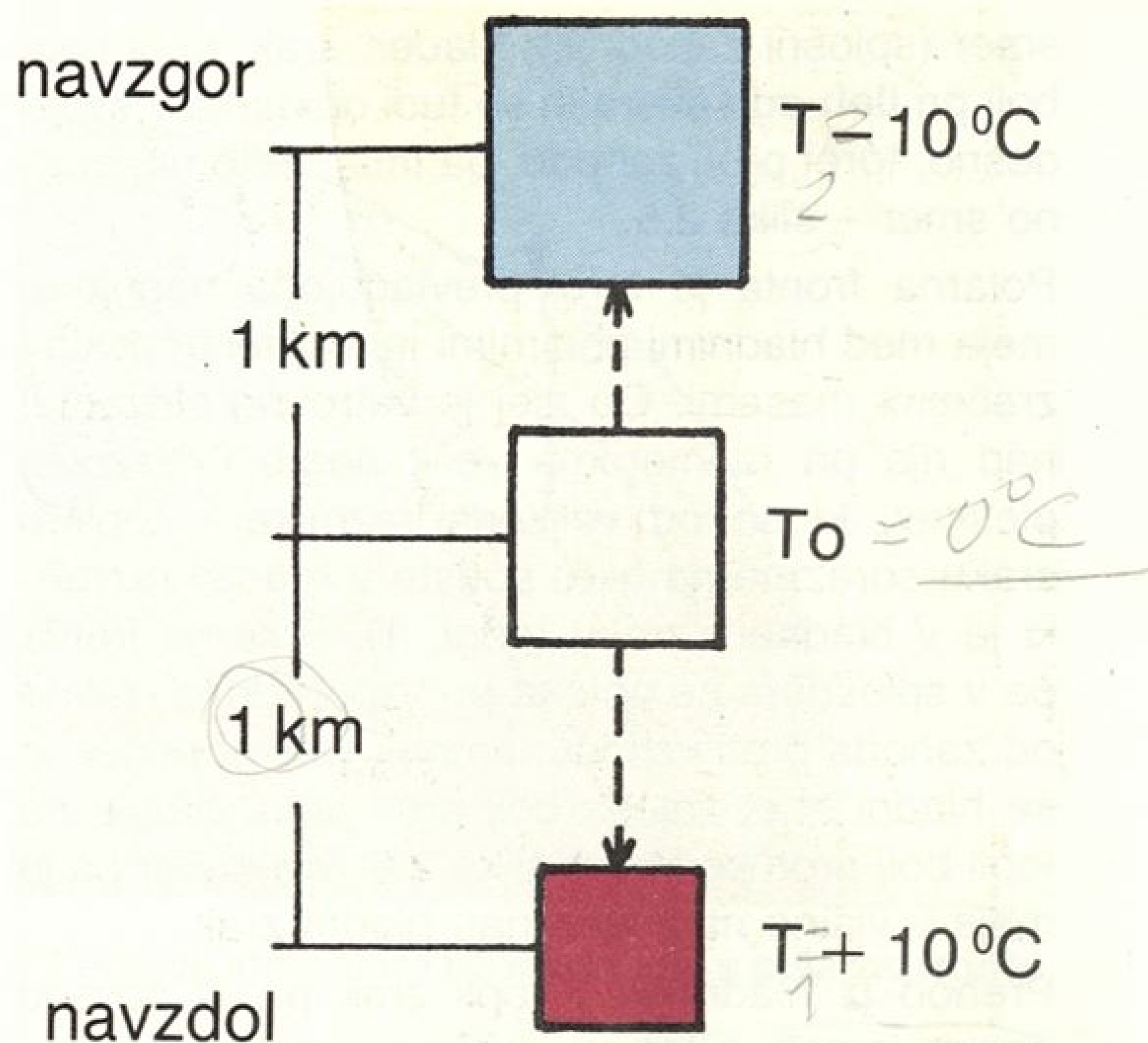


2.8 Polarna fronta in vetrovni stržen v tlorisu in preseku

Ob tej polarni fronti pa se dogaja še marsikaj. Hladen in gostejši zrak se vriva pod toplejšega in lažjega in ga s tem tudi počasi odrija v višine – torej ga dviga. Ta proces bolj ali manj uspešno ovira vetrovno striženje – razlika smeri in hitrosti vetrov v eni in drugi zračni masi.

Že opisano stekanje zraka od severa in juga, ki krepi polarno fronto, pa tudi lahko malo prekaša odtekanje proti vzhodu in zahodu. Posledica tega je, da se zrak tudi zaradi tega stekanja dviga. Torej sta pri polarni fronti vsaj dva preprosto razložljiva vzroka, da se zrak – predvsem topli – dviga: zaradi stekanja in zaradi narivanja nad hladnejšega.

Dviganje toplega in predvsem vlažnega zraka v atmosferi pa ima hude posledice – tem hujše, čim hitreje, obsežnejše je in čim višje seže. Toda že tudi hitrosti obsežnega dviganja, npr. le dober centimeter na sekundo, niso brez posledic: v enem dnevu znese to okrog 1 km, kar lahko pomeni ohladitev za okrog  $10^{\circ}\text{C}$ , kar ni malo in očitno terja obrazložitev: Ker zračni pritisk z višino pada, se zrak ob dviganju in s tem prihajanju v območje manjšega pritiska širi ter s tem opravlja delo. Za delo je vedno potrebna energija, ta se tu jemlje samemu zraku kot toplota, pozna pa se na njegovi temperaturi. Ta se zato delu zraka pri dvigu za vsak kilometer

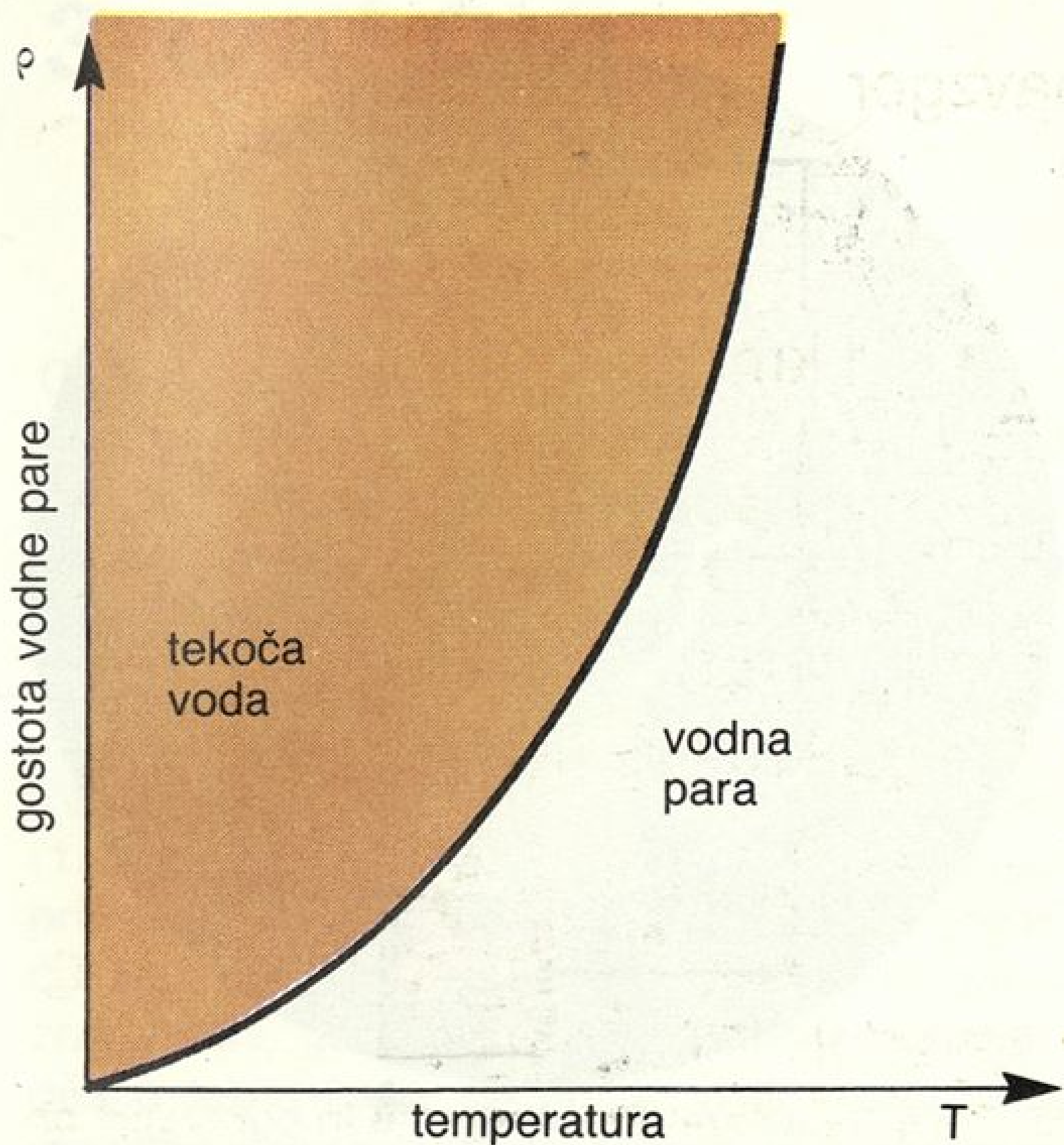


2.9 Ohlajevanje zraka ob dviganju in ogrevanje ob spuščanju

zniža za  $10^{\circ}\text{C}$  (če je zrak z vlago nasičen pa nekaj manj – a o tem pozneje). Vsako dviganje zraka pomeni torej njegovo izdatno ohlajevanje, nasprotno pa se ob spuščanju zrak enako izdatno ogreva – slika 2.9. Čisto pri tleh nad ravninami in morji tega ni čutiti, saj zrak v tla ne more in tudi iz njih ne izdatno izhajati. Zato so ta dogajanja značilna za t. i. prosto atmosfero – vsaj nekaj sto metrov nad vodoravnimi tlemi; ob pobočjih pa so tudi opazna.

Še eno naravno zakonitost si je vredno v tej zvezi ogledati, nanaša pa se na vlažnost v zraku. Zrak v naravi ni nikoli povsem suh in vsebuje v povprečju okrog 1 % (največ do 4 %) vode, predvsem v obliki nevidne vodne pare. Pomembno je, da je lahko vsebuje v obliki nevidne pare pri visokih temperaturah več, pri nizkih pa manj. Vodne pare je v zraku npr. pri  $14^{\circ}\text{C}$  največ  $12\text{ g/m}^3$ , pri  $10^{\circ}\text{C}$  pod ničlo pa samo še dobra  $2\text{ g/m}^3$ . Ta zgornja meja je nasičena gostota vodne pare v zraku, in če je dosežena, je zrak nasičen – slika 2.11. Če se torej zrak s  $14^{\circ}\text{C}$  in relativno vlago 50 % (ko je glede na zgoraj povedano le do polovice nasičen in ima  $6\text{ g/m}^3$  vodne pare) ohladi na  $-10^{\circ}\text{C}$ , se mora  $4\text{ g/m}^3$  odvečne vodne pare





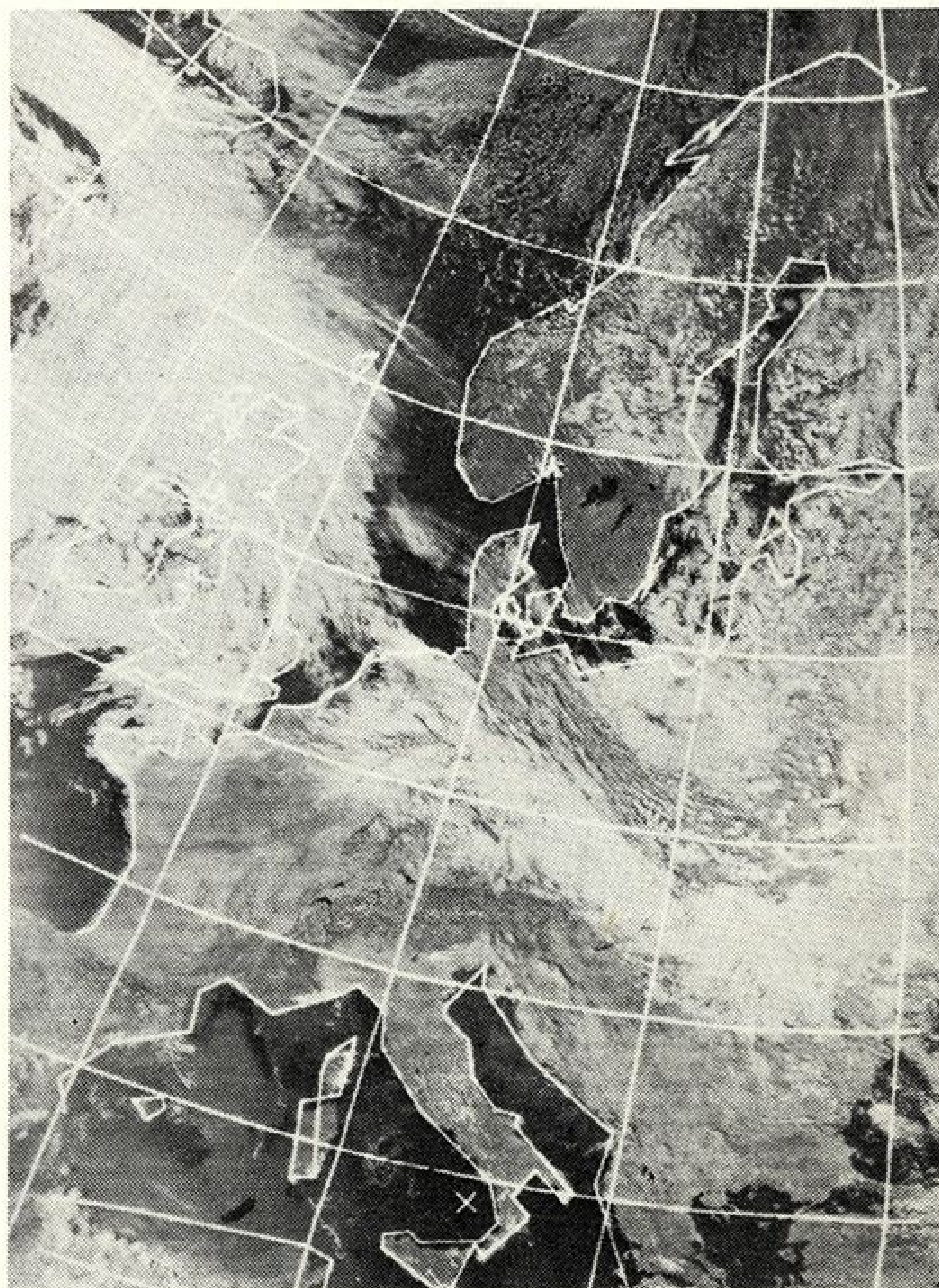
**2.10 Nasičena gostota vodne pare v odvisnosti od temperature**

izločiti. Navadno se izloči v obliki drobnih vodnih kapljic, ki tvorijo oblake ali meglo.

Združimo zdaj spoznanja o dviganju in ohlajanju zraka in o ohlajevanju in izločanju vodne pare oz. kapljic – pa preprosto sledi, da nastajajo oblaki tam, kjer se zrak dviga, in izginjajo (izhlapijo) tam, kjer se zrak spušča. To je za pooblaščenca in razjasnitev neba bolj pomembno, kot gibanje oblakov z vetrovi, ki naj bi oblake prignali ali odpeljali proč.

Prej smo ugotovili, da se zlasti topel in vlažen zrak ob polarni fronti dviga zaradi stekanja in narivanja na hladnejšega. Ni čudno torej, da je ob polarni fronti, zlasti tam, kjer je ta izrazita in je dviganje izdatno, oblačno in pogosto tudi dežuje ali sneži.

Polarna fronta je torej vzrok in posledica splošnih zahodnih zračnih tokov v zmernih širinah, ki v obliki valovitega obroča obdajajo zemeljsko poloblo, in tudi ustvarja obsežne oblačne sisteme. Na satelitskih slikah najdemo lego teh tokov predvsem po oblačnih pasovih prosojnih visokih oblakov (cirrusov) ali po izrazitejših oblačnih sistemih, ki so prekinjeni tam, kjer je polarna fronta neizrazita – slika 2.11. Kjer pa je polarna

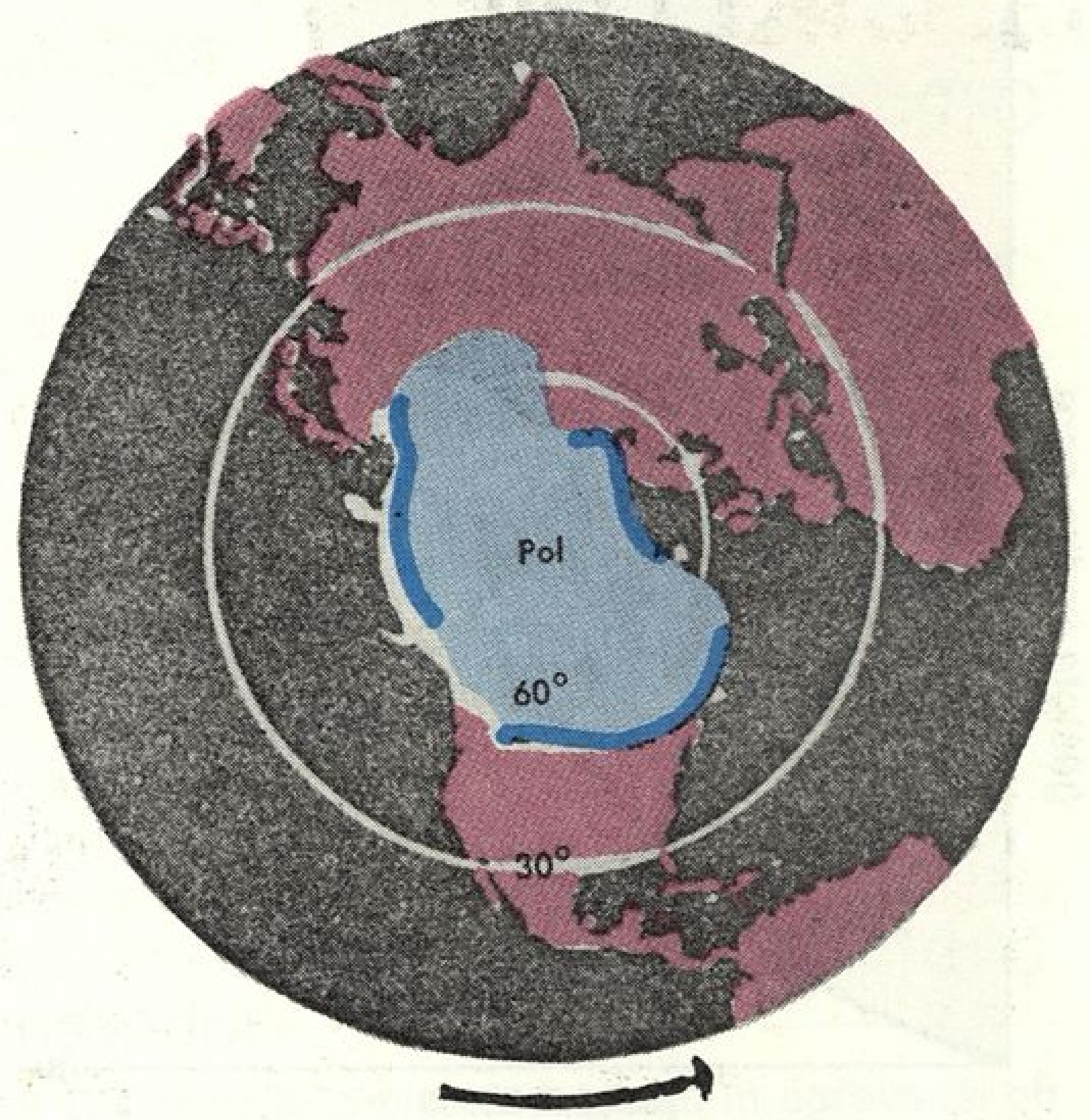
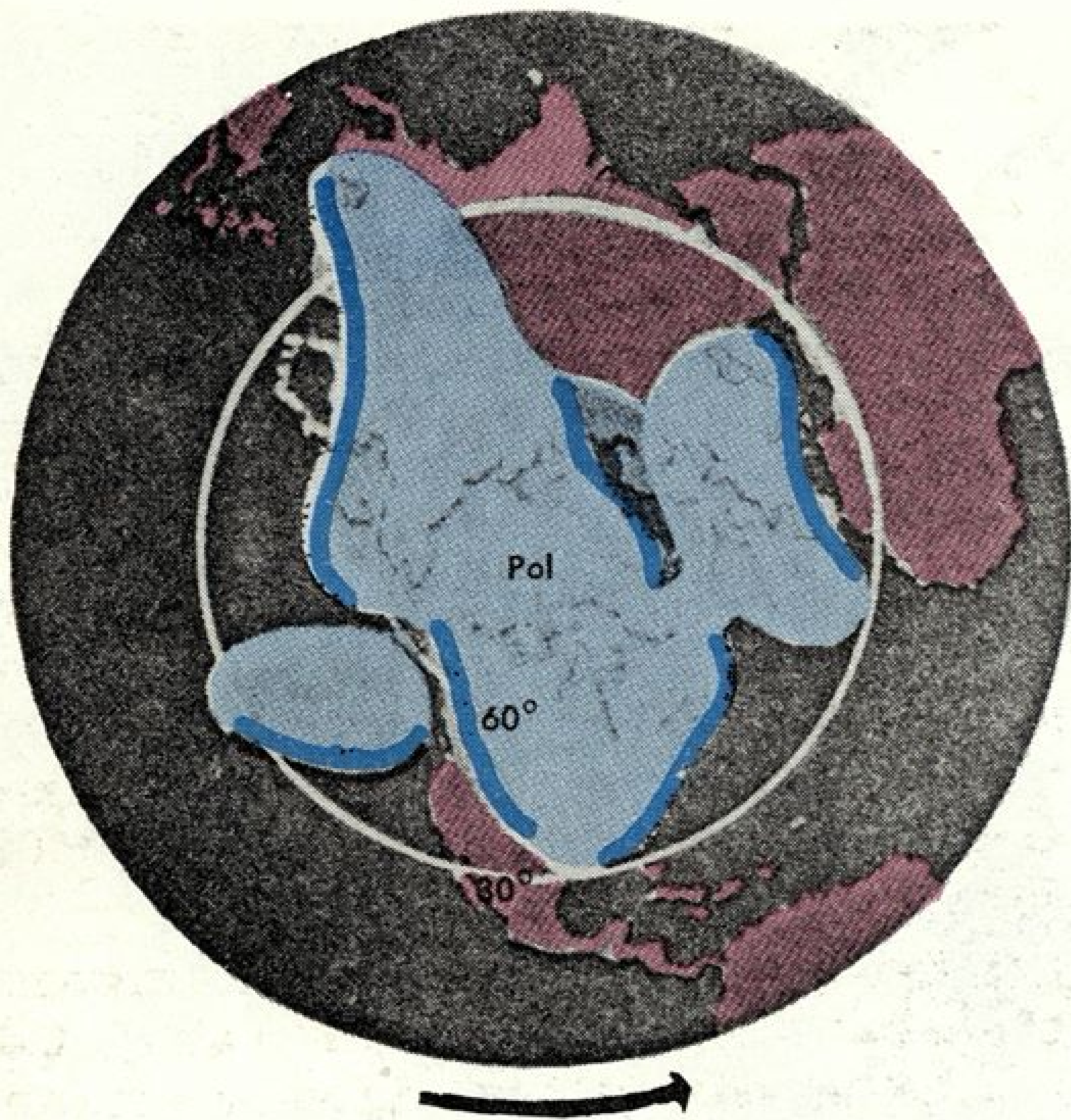


**2.11 Satelitska slika oblakov ob polarni fronti**

fronta izrazita, so oblačni pasovi ne le široki in debeli, ampak tudi oblikovani v obsežne spirala-  
ste vrtince tipičnega premera 1000 do 2000 km. Ti se pojavljajo kot »manjše motnje« na ultradol-  
gih – okrog 6000 km dolgih valovih splošnih  
zahodnih tokov nad polarno fronto.

Poleti poteka v povprečju polarna fronta prek severne Evrope, ker je tudi južna in srednja Evropa ogreta in topla in zrak nad njo. Pozimi se zračne mase ohladijo bolj daleč proti jugu, hladnega polarnega zraka je več in polarna fronta poteka pozimi južneje – pogosto čez naše kraje in Sredozemsko morje – slika 2.12. Poleti pa je pomaknjena bolj proti severu in poteka čez severno Evropo, tako da nas polarni zrak, ki se na poti že delno ogreje, doseže redkeje. Zadnji spomladanski prodori še zelo hladnega zraka, ki nas dosežejo navadno sredi maja, so znani kot »ledni možje«, ki pa se seveda ne držijo točnega datuma.





2.12 Prevladujoča lega polarne fronte pozimi in poleti



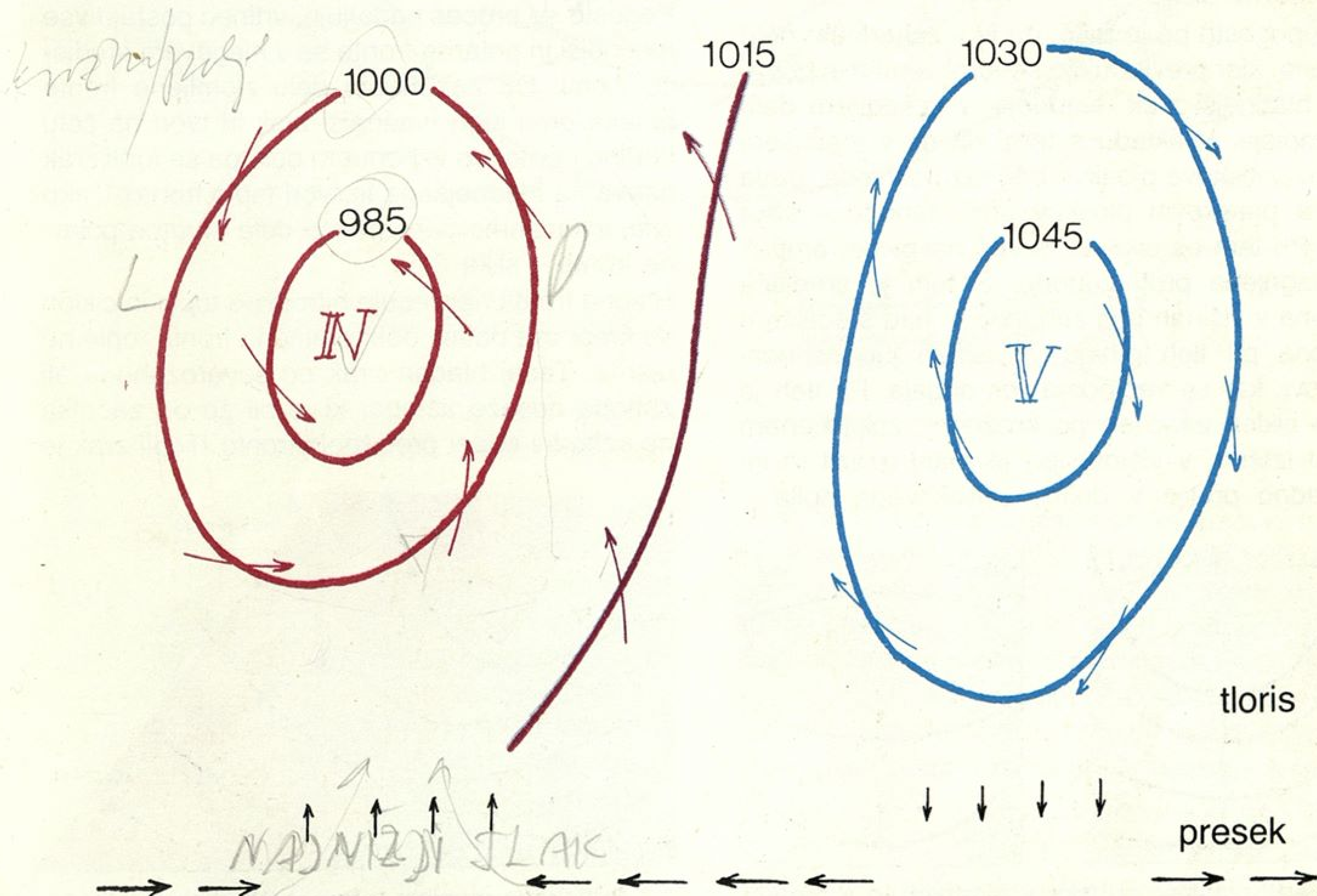
# 3. CIKLONI

Cikloni so veliki vodoravni vrtinci v atmosferi z najnižjim zračnim pritiskom v sredini. Imajo zato bolj ali manj krožno polje izobar ali plastnic pritiskovih ploskev ter bolj ali manj navpično os vrtenja. Najprej si bomo ogledali ciklone zmernih širin, kakršni so naši, in na koncu posebne tropske ciklone.

Podobno, kot pri obroču planetarnega zahodnika (1. poglavje), dobivajo v krožnem polju zračnega pritiska zračni delci pospešek v smeri poti središču, kjer je pritisk najnižji. Toda brž ko se prične zrak gibati, ga zaradi vrtenja Zemlje zanaša v desno toliko časa, da prične zrak krožiti okrog središča nizkega pritiska v smeri, ki je nasprotna

gibanju urinih kazalcev – pravimo v ciklonalni smeri – slika 3.1a. Tako nastane velik vrtinec, največkrat premera med 1000 in 2000 km. V višine pa sega le redko več kot nekaj kilometrov, ker je pač atmosfera, kot smo že rekli, močno sploščena. Zato tudi rišemo vse slike v njej močno povišane. Vsa vremenska dogajanja potekajo namreč le v spodnjih 10–15 km višine, kar je glede na vodoravne razdalje nekaj 10 000 kilometrov malo.

Ker zračni pritisk z višino pada, so izobarne ploskve v sredini, kjer je pritisk najnižji, tudi najnižje nad tlemi (izobare ali plastnice oz. izohipse imajo majhne vrednosti), kar se lepo vidi

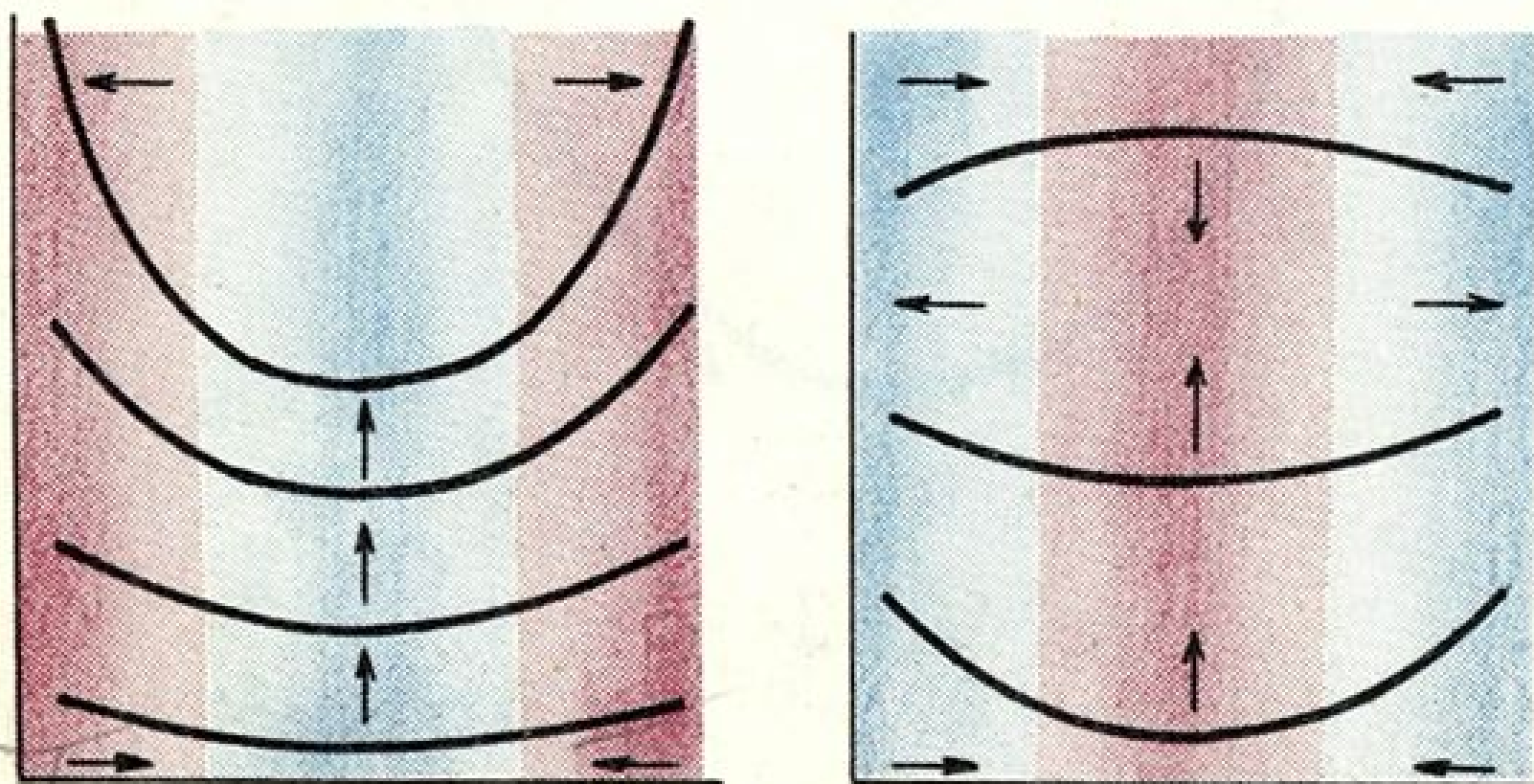


3.1 Tloris in presek polja izobar in vetrov v ciklonu



na navpičnem preseku ciklona – spodnji del slike 3.1b. Vetrovi pa tudi tu pihajo tako, da je, če gledamo z njimi, zračni pritisk nižji oz. so nižje vrednosti plastnic na levi strani. To pa tudi pomeni, da kaže slika preseka, da piha veter na levi strani proti nam, na desni pa od nas (v papir). Rekli smo že, da so ploskve pritiska ali izobarne ploskve po višini bolj stisnjene v hladnem zraku (npr. pri polu) in po višini bolj razmaknjene v toplejšem (npr. nad ekvatorjem); s čemer smo razložili planetarni nagib pritiskovih ploskev in planetarno zahodno gibanje zraka od zahoda proti vzhodu. Tudi v relativno manjšem ciklonu je glede nagiba podobno. Če je v sredini ciklona bolj hladen zrak, je v višinah ciklon izrazitejši (nagib pritiskovih ploskev bolj strm in vetrovi so zgoraj močnejši – slika 3.2a); v sredini toplejši ciklon pa v višine slabi oz. ga višje zgoraj ni več – slika 3.2b. Zato najdemo v atmosferi velike, visoko segajoče in močne ciklone, pa tudi plitve in relativno šibke.

Zelo pogosto pa je tako, da je v zahodnem delu ciklona, kjer prevladujejo severni vetrovi in dovažajo hladnejši zrak, hladneje, v vzhodnem delu pa topleje. V skladu s tem, da so v toplejšem zraku pritiskove ploskve bolj razmaknjene, pada višina pritiskovih ploskev proti zahodu – slika 3.3. Pri tem os ciklona ni več navpična, ampak je nagnjena proti zahodu. S tem je središče ciklona v višinah bolj zahodno in nad središčem ciklona pri tleh pihajo v višinah jugozahodni vetrovi, kar se večinoma res dogaja. Pri tleh je tako ciklon značilen po krožnem, zaključenem polju izobar, v višinah pa je manj izrazit in se navadno prelije v dolino pritiskovega polja –



3.2 Lege ploskev pritiska v hladnem in v toplem ciklonu

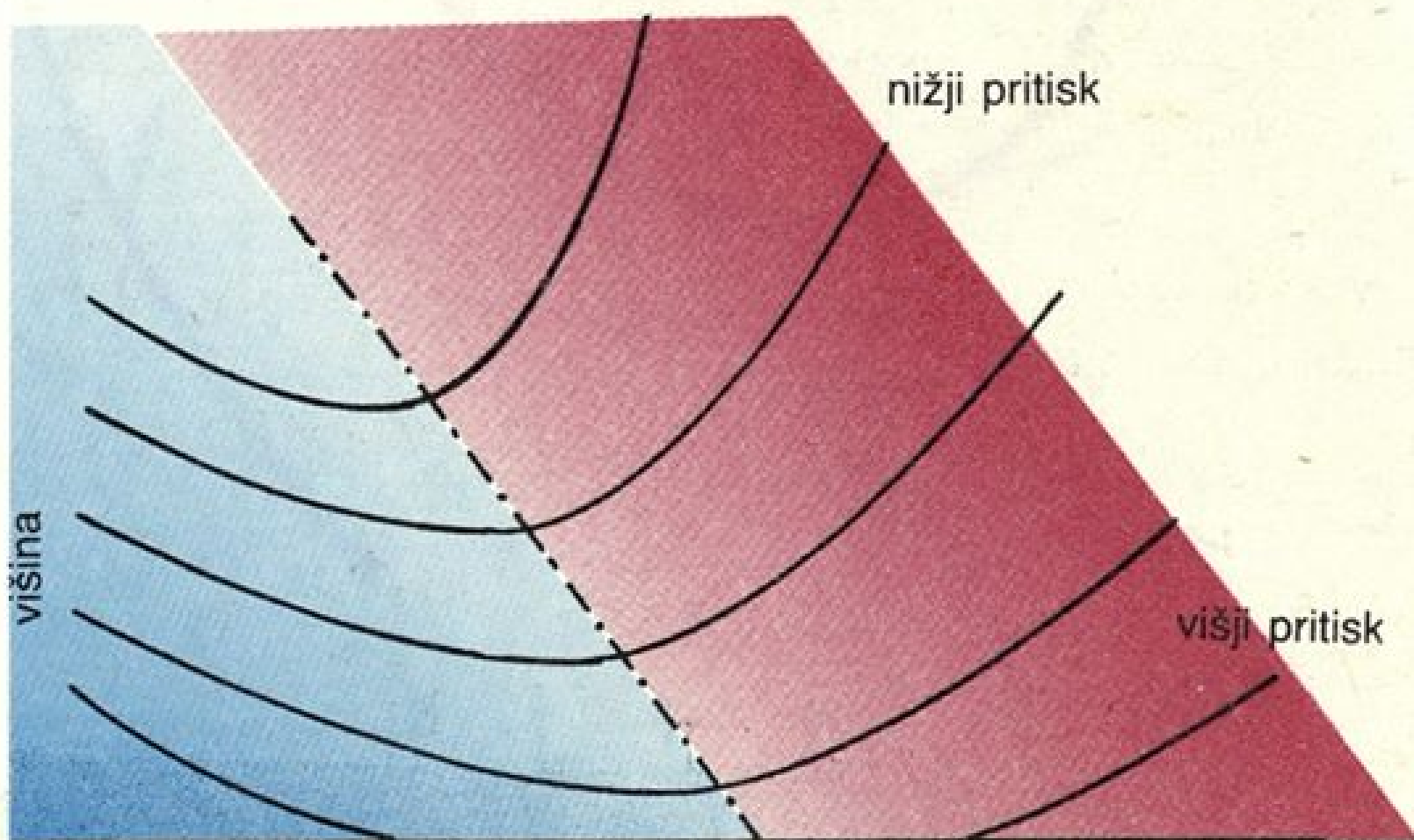
slika 3.4. Zato leži navadno središče ciklona pri tleh res na vzhodni strani višinske doline, kot smo rekli že v 2. poglavju.

Kako pa nastane tak velik vodoraven vrtinec zmernih širin? Za razlago imamo dve teoriji, ki se dejansko dopolnjujeta. Prva sloni na motnji v polarni fronti, ki jo že poznamo, druga pa je valovna in jo bomo pozneje le nakazali.

Ob polarni fronti, ki deli planetarne hladne polarne zračne mase od toplih tropskih in ob kateri so vetrovi v hladnem zraku bolj vzhodni, v toplem pa zahodni – slika 3.5a (zakaj, smo spoznali v prejšnjem poglavju) – nastane motnja. V tej motnji zarine zgoraj desno toplejši zrak proti severu, hladnejši pa proti jugu. Toplejši zrak je redkejši oz. lažji in povzroči pod seboj padec zračnega pritiska. Proti nižjemu pritisku hoče steči zrak, vendar ga vrtenje Zemlje zanaša, in že dobimo opisano ciklonalno kroženje zraka in zametek novega ciklona – slika 3.5b.

Pogosto se proces nadaljuje, vrtinec postaja vse močnejši in polarna fronta se v njegovem središču zlomi. Ob zahodnem delu zlomljene fronte priteka proti jugu hladnejši zrak in tvori na čelu hladno fronto; ob vzhodnem delu pa se topli zrak nariva na hladnejšega in tvori toplo fronto. Tako zdaj imenujemo posamezne dele prvotne polarne fronte – slika 3.5c.

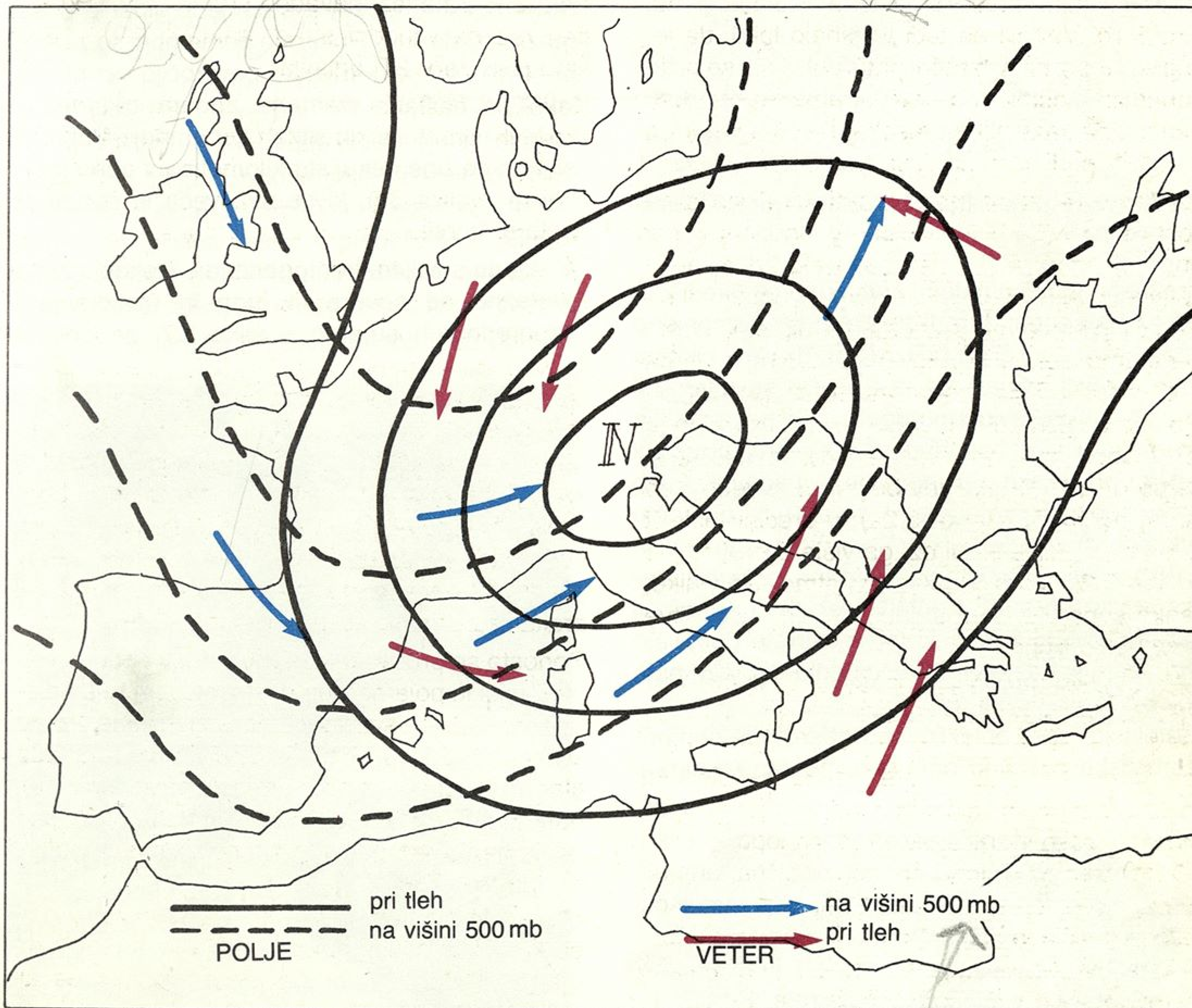
Hladna fronta napreduje hitreje od tople in ciklon se krepi vse dotlej, dokler hladna fronta tople ne ujame. Tedaj hladen zrak od severozahoda ali zahoda doseže tistega, ki je bil že od začetka na vzhodni strani pred toplo fronto. Topli zrak je



3.3 Pritiskove ploskve v temperaturno nesimetričnem ciklonu in lega osi ciklona

*Moo*  
*S. Lee*





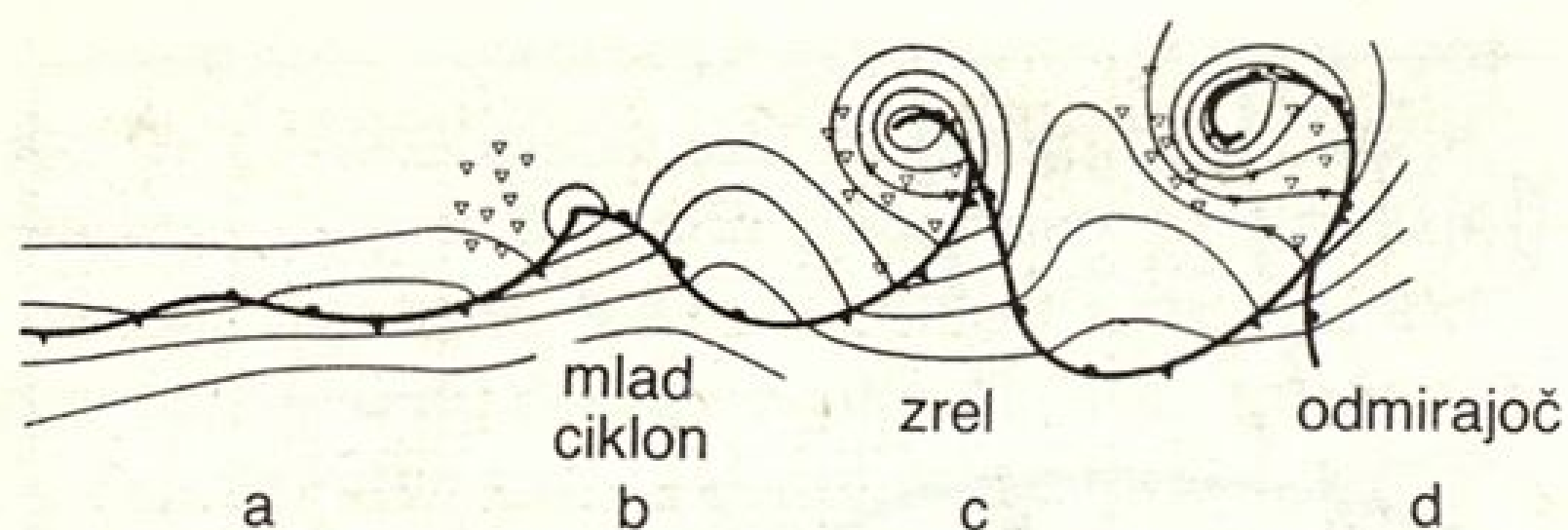
### 3.4 Veter v ciklonu pri tleh in v višinah nad njim

s tem odrinjen v višine (pri tleh ga ni več), ciklon prične odmirati in končno odmre – slika 3.5d. – Zakaj? – Za krožno gibanje velikega vrtinca je namreč tudi potrebna energija. To energijo gibanja ali kinetično energijo ustvarja hladen zrak, ki se vriva pod toplega in s tem pretvarja svojo potencialno energijo v kinetično. Ko toplega zraka pri tleh ni več, pretvarjanja ni in vrtinec slabi. Velik del energije vetrov se zlasti pri tleh namreč porablja s trenjem.

Trenje ima v ciklonu še drugo zelo pomembno vlogo! Trenje je namreč močno pri tleh, kjer se vetrovi tarejo ob tla, gozdove in hribe; pa tudi

nad morji, kjer ustvarjajo morske valove, trenje ni zanemarljivo. V višinah pa je trenje sorazmerno majhno, zato pihajo tam vetrovi skoraj krožno okrog središča ciklona ali pa jih sredobežna sila celo odklanja navzven. To povzroča rahlo raztekanje zraka, manj zraka v središču in s tem nadaljni padeč zračnega pritiska, kar spet pomeni krepitev ciklona in njegovih vetrov v višinah. Pri tleh trenje vetrove močno zavira in zmanjšuje njihovo hitrost. Počasnejše vetrove pa vrtenje Zemlje manj odklanja, zato niso odklonjeni povsem pravokotno na desno od smeri, kamor jih sili gradientna sila polja pritiska, ampak se poleg





**3.5 Razvojne faze ciklona na polarni fronti – klasična razlaga**

kroženja tudi pomalem stekajo proti središču. Stekanje spodaj zaradi trenja in prej omenjeno raztekanje zgoraj pa povzročita, da se v ciklonu zrak počasi dviga – slika 3.6. Pa smo tam! V prejšnjem poglavju smo ugotovili in prikazali, da dviganje zraka navadno slej ko prej povzroči nastanek oblakov in morda tudi padavin. Tako smo spoznali, zakaj je v ciklonu (v področju nizkega zračnega pritiska) navadno vetrovno in slabo vreme. Najbolj slabo vreme je okrog središča ciklona in ob frontah, kjer se zrak najbolj izdatno dviga. Satelitske slike nam to potrjujejo in kažejo špiralno vrtnično gibanje oz. razmestitev oblakov – slika 3.7.

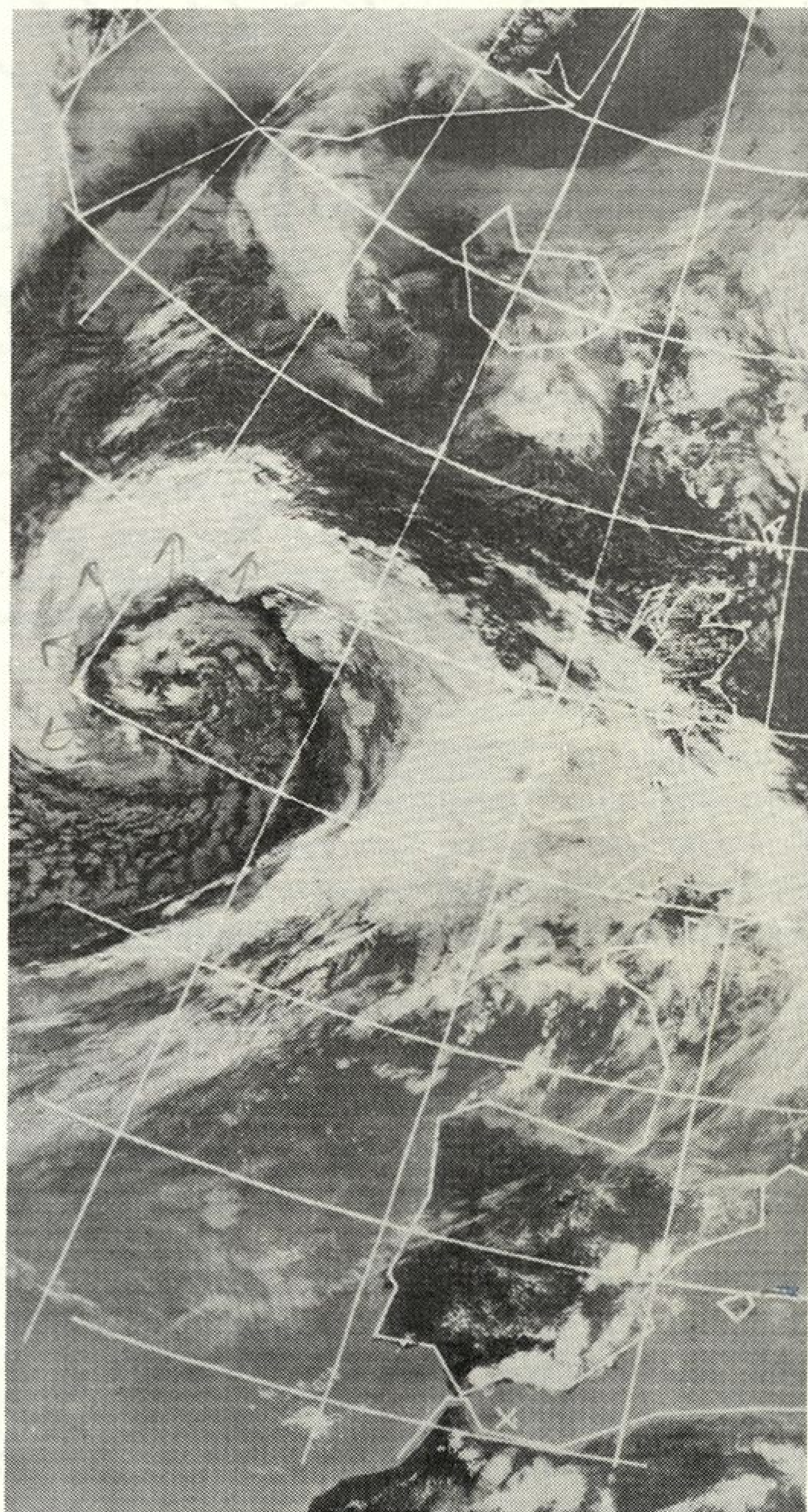
Satelitske slike oblakov nad obsežnimi območji zemeljske površine nam tako pomagajo natan-



**3.6 Stekanje in dviganje zraka v ciklonu**

čneje določati razvojne stopnje in gibanja posameznih sistemov. Posebno pomembni so zametki novih ciklonov, ki lahko povzročijo nepričakovana poslabšanja vremena. Zametki ciklonov se kažejo na satelitskih slikah kot »manjši« oblačni sistem dolžine nekaj sto kilometrov v obliki ločila vejice – slika 3.8, ki se širi, veča in debeli ob polarni fronti.

V skladu s poljem frontogeneze – stekanja zraka pretežno od severa in juga in raztekanja v vzporedniških smereh – slika 2.7, se polarna



**3.7 Satelitska slika ciklonske oblačnosti**



fronta najbolj krepí ob hladni fronti na jugozahodni strani ciklona. Tam pogosto nastane nova motnja, ki se razvije v nov ciklon, in tako ima lahko »zlodej« več mladih – ko en ciklon odmre nastane zapored celá vrsta novih. Vsi ti potujejo od zahoda ali jugozahoda proti vzhodu ali severovzhodu v skladu s splošnimi (jugo)zahodnimi vetrovi in velikimi valovi v planetarnem zahodnem gibanju zraka, ki je najmočnejše na višinah zgornje troposfere – okrog 9 km nad morjem. V skladu s tem in s prevladujočo lego polarne fronte, poteka večina ciklonskih poti prek severne Evrope (torej severno od nas) in na nas vplivajo večinoma le jugozahodni deli hladnih front – slika 3.9. Včasih – zlasti pozimi – pa potujejo cikloni tudi južneje prek Španije in Sredozemlja – slika 3.9, ali pa tam nastanejo in gredo tudi prav prek nas proti vzhodu, jugovzhodu ali severovzhodu; pač v skladu z višinskimi tokovi in dogajanja v njih (valovanja, striženja, raztekanja itd.). Na leto preide Evropo nekaj nad sto ciklonov.

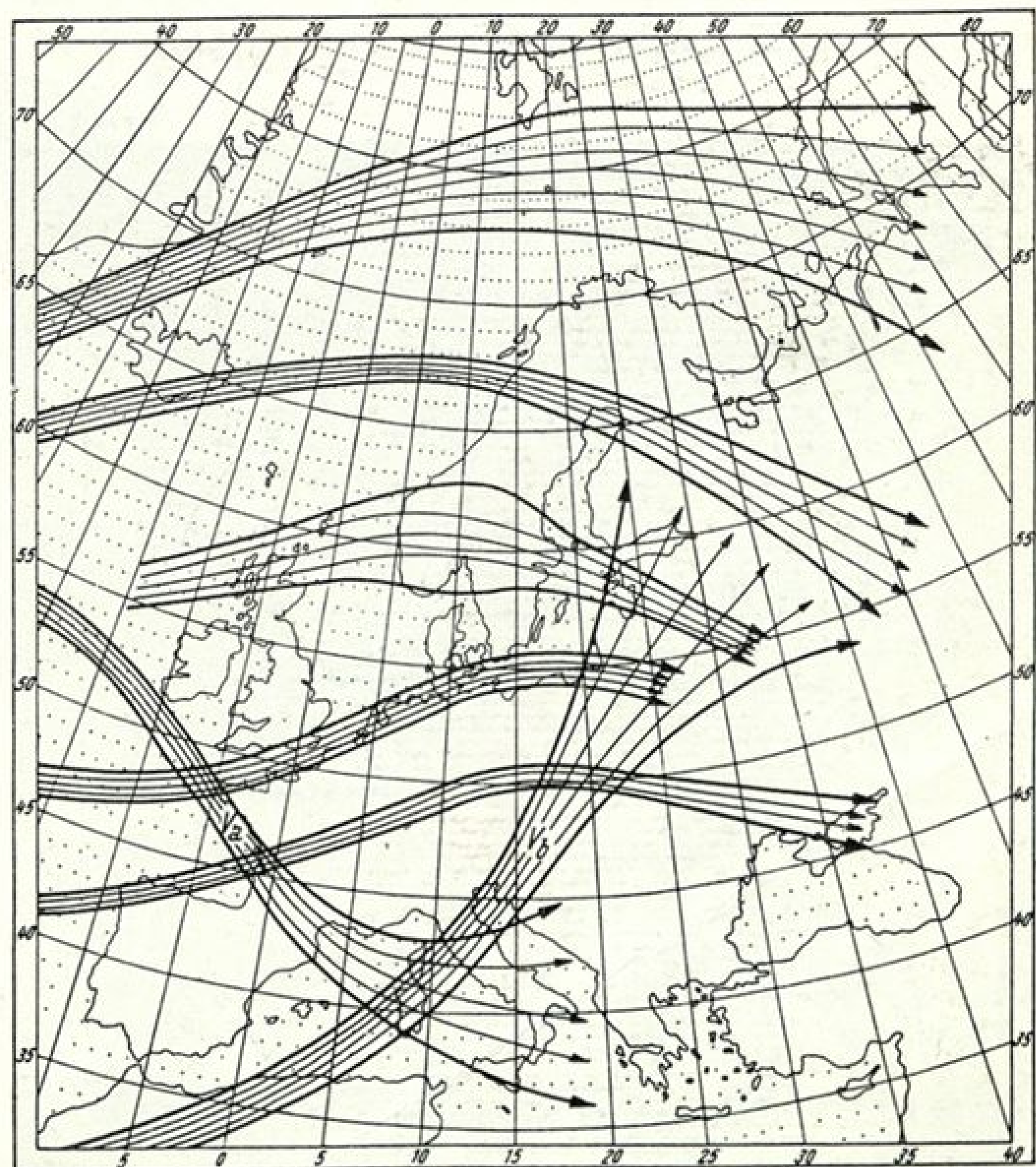
Druga razlaga nastanka ciklona v zmernih širinah, ki pa prve ne izključuje, sloni na ugotovitvah razvoja značilnih valov. Primerna kombinacija vetrovnega striženja in teperaturnih razporeditev ob polarni fronti ustvarja take vodoravne valove, ki kar naprej naraščajo in se »zlomijo« ter s tem preidejo v ciklone. V naravnih razmerah je to najbolj verjetno za valove valovnih dolžin okrog 2000 km, zato imajo tudi cikloni zmernih širin največkrat prav tako velik ali malo manjši premer.

V tropskih predelih ni polarne fronte, ker ni tako različnih zračnih mas. Tam nastajajo posebni tropski cikloni – imenovani v Ameriki hurricanej in v Aziji tajfuni. Tropski cikloni so manjši, kot cikloni zmernih širin (premera nekaj sto kilometrov) in nimajo front. Lahko pa imajo zelo močne vetrove, ki lahko presežejo pri tleh 200 km/h. Zato povzročajo močno narivanje morske vode na obalo in povzročajo tudi strahotne nalive, ker je v morskem tropskem zraku veliko vlage. To so pogosto veliki uničujoči vrtinci, ki imajo v sredini jasno »oko« premera 10 do 20 km in nastajajo blizu ekvatorja – slika 3.10. Tropski cikloni potujejo v nasprotni smeri, kot cikloni



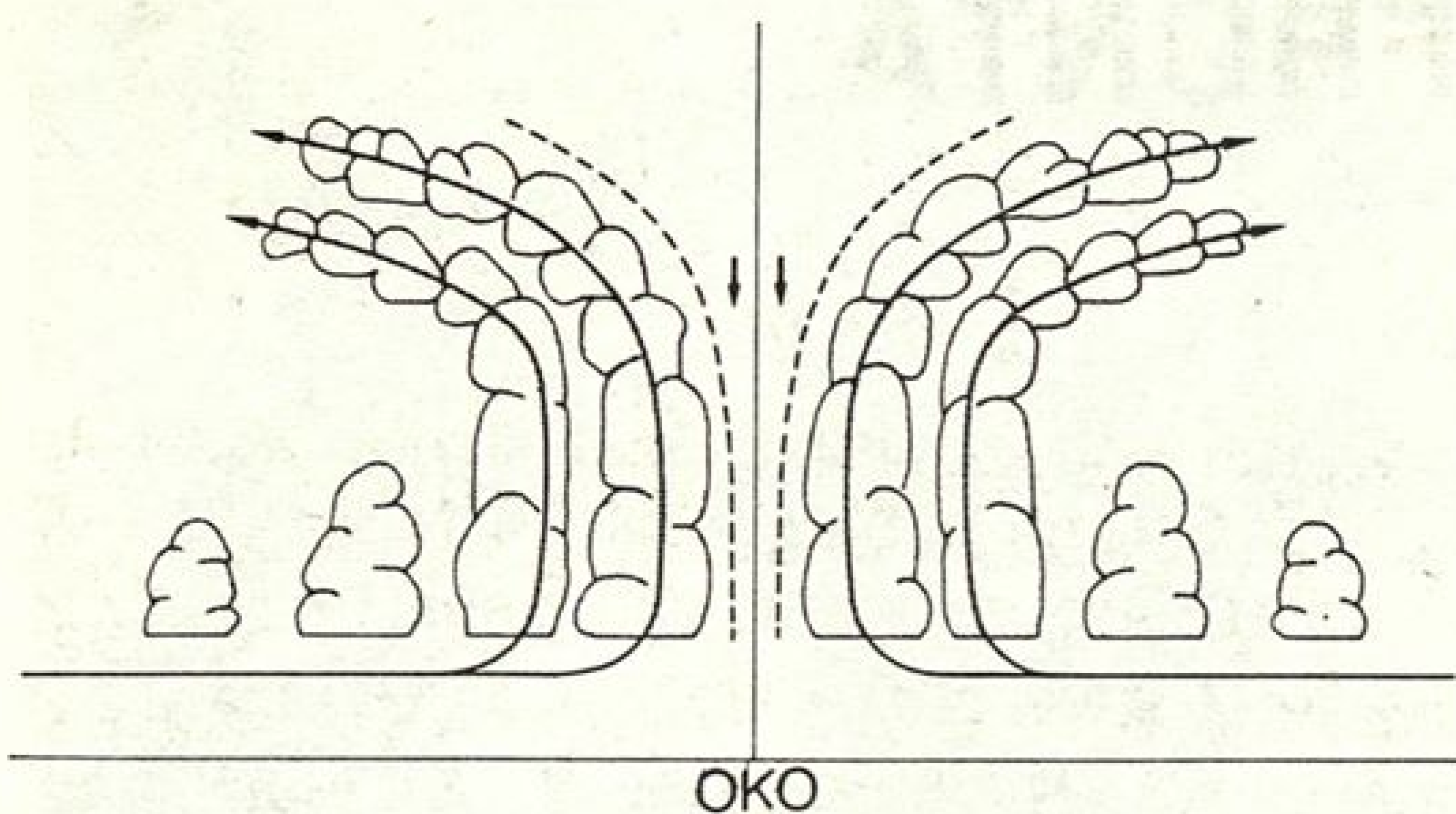
3.8 Oblak »vejica« na satelitski sliki

*Zornik*



3.9 Ciklonske poti čez Evropo

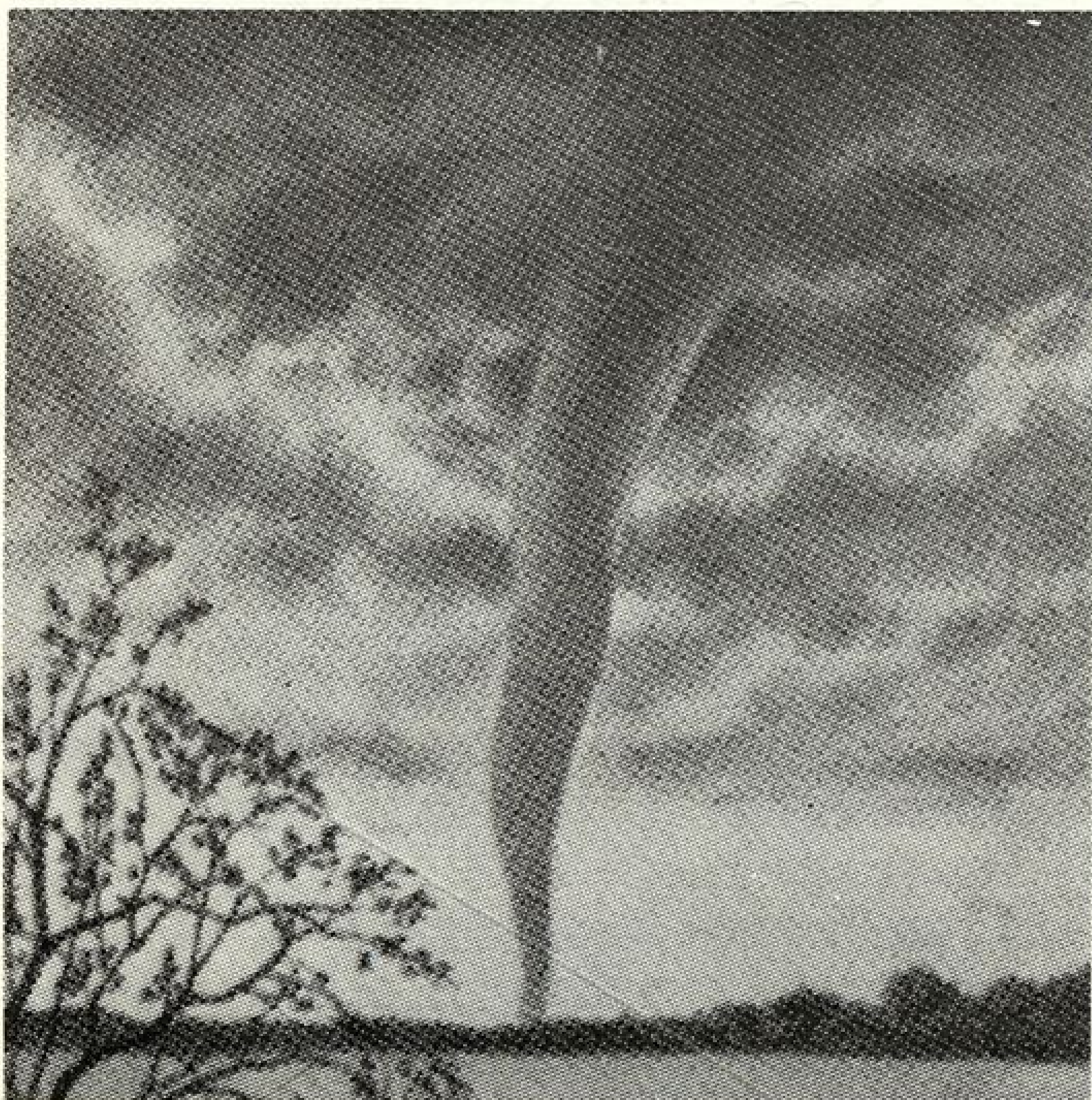




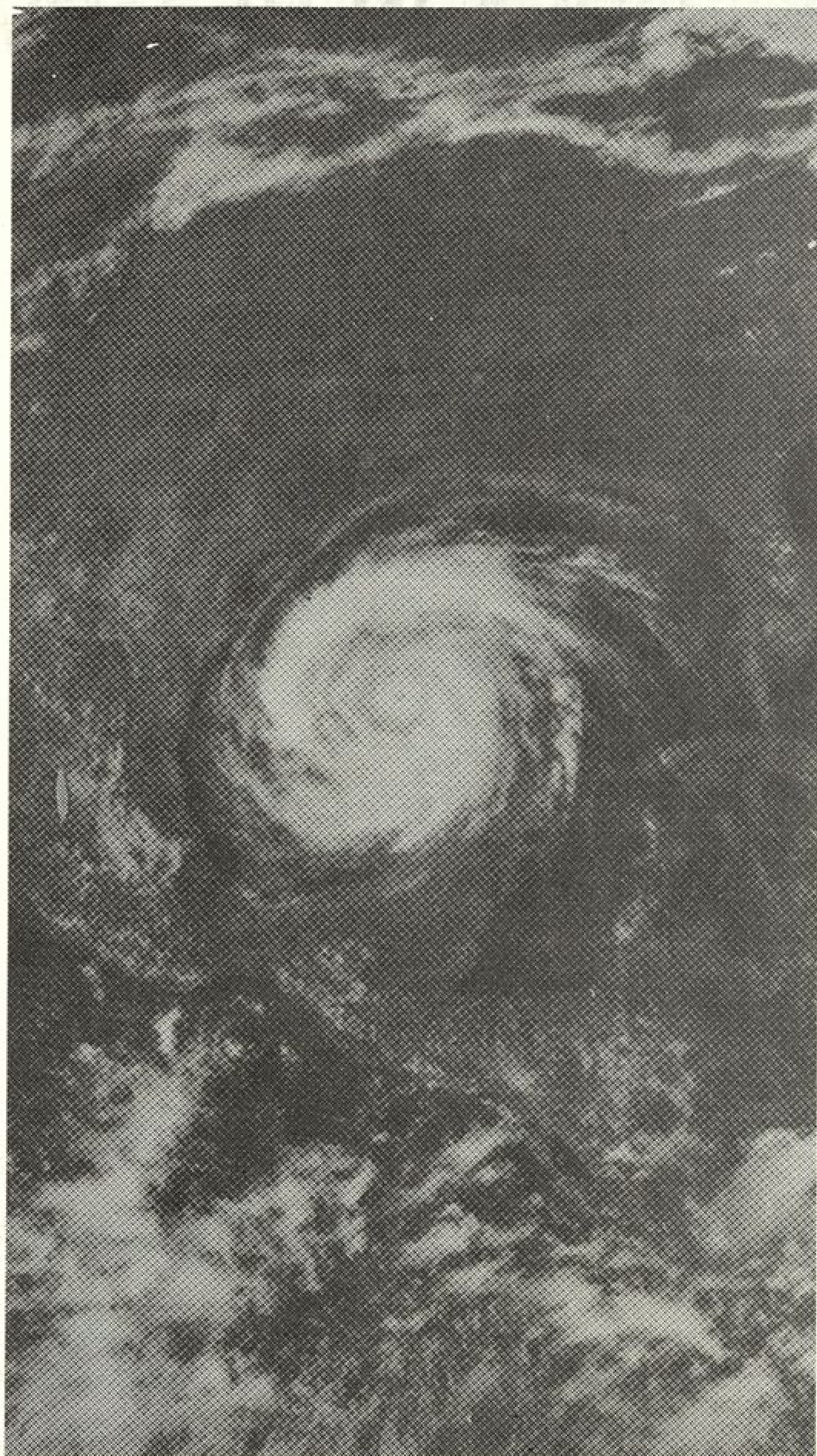
3.10a Presek hurricana oz. tajfuna

zmernih širin. V skladu s planetarnimi vzhodnimi vetrovi, ki pihajo v višinah nad ekvatorialnimi območji (poglavje 1), potujejo tropski cikloni pretežno od vzhoda proti zahodu – npr. od zahodne Afrike prek Atlantika nad Karibske otoke srednje Amerike, kjer z močnimi vetrovi, valovi in nalivi uničujejo obale, hiše, ladje in življenja. Pri nas jih seveda ni.

Ne smemo pa tropskih ciklonov oz. tajfunov zamenjevati s tornadi. Tornadi so glede na tajfune oz. hurricane prav majhni, saj imajo največkrat premer med 0,1 in 1 km. To so lijakasti vrtinci, ki se spustijo navzdol iz nevihtnega oblaka in jim nad morjem pravijo trombe – slika 3.11.



3.11 Tornado



3.10b Satelitska slika hurricana

Tudi v tornadih imajo vetrovi rušilno moč, a je območje, ki ga prizadenejo, navadno le nekaj sto metrov širok in nekaj kilometrov dolg pas. Tornadi se izjemoma pojavljajo tudi pri nas, čeprav ne z veliko močjo. Pogosti in bolj uničujoči pa so v nekaterih predelih Amerike, saj jih nastane v vzhodnih predelih ZDA čez 40 na leto.

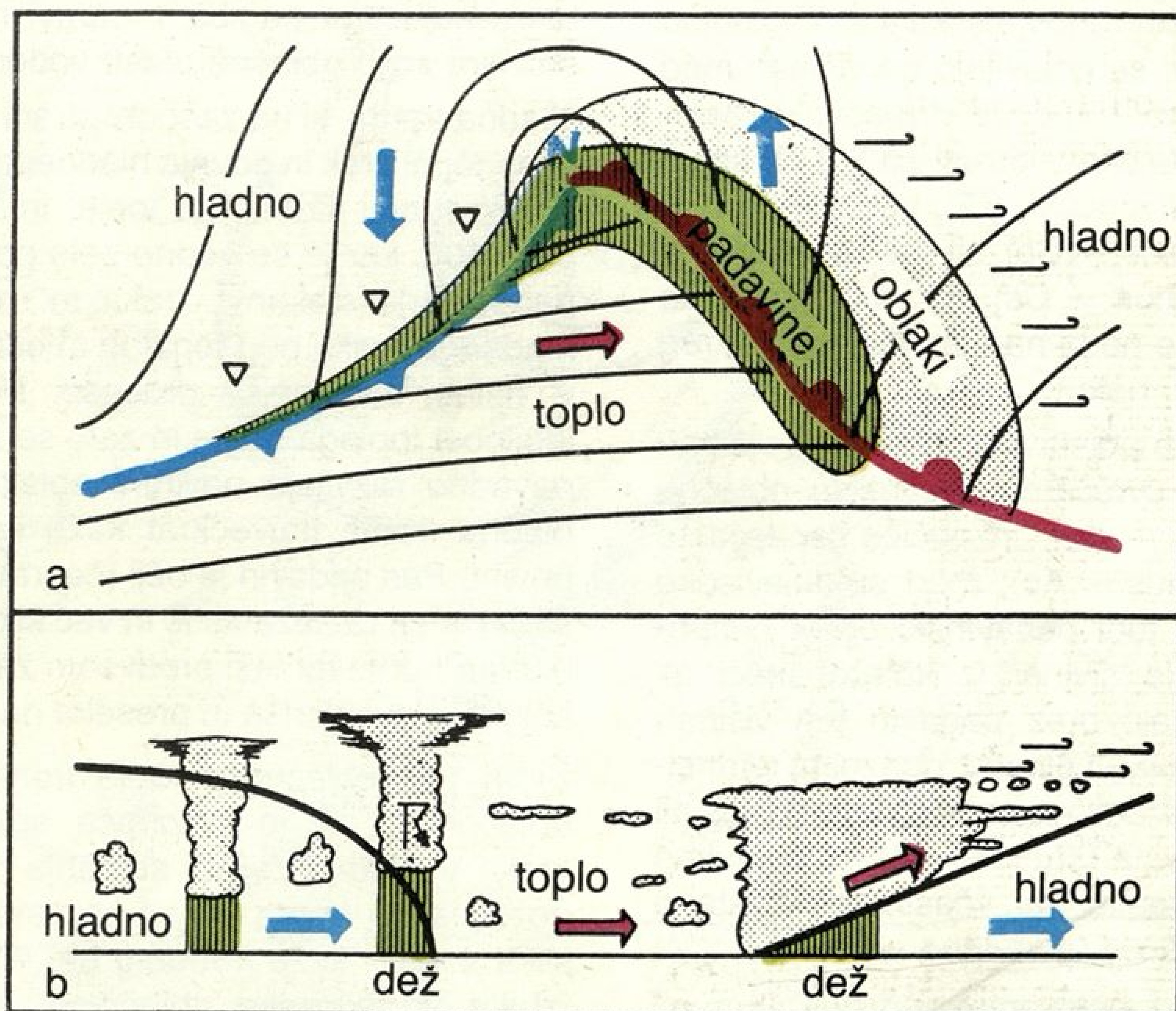
Cikloni zmernih širin, kot so naši, so navadno bolj mirni in počasni. Premikajo se s hitrostmi nekaj deset km/h, vetrovi v njih pa pri tleh tudi redko presežejo hitrosti 12 m/s (ca. 40 km/h); razen ob nevihtah ob hladni fronti ali v burji, ki pogosto piha po prihodu fronte.



# 4. TOPLA IN HLADNA FRONTA

Nastanek ciklona na polarni fronti v spodnjih nekaj kilometrih atmosfere z zaključenim kroženjem zraka okrog središča nizkega pritiska v nasprotni smeri urinih kazalcev (poglavje 3) fronto zlomi in na vsaki strani zloma precej spremeni. Kot je navadno na kartah – gledano proti severu, je na desni ali vzhodni strani topla fronta (označena s polkrogi), na levi ali zahodni strani pa hladna fronta (označena s trikotniki) – slika 4.1a. Ime fronte tudi pove, kakšen zrak priteka za vsako od njih pri tleh: za toplo topel in za hladno hladen zrak. Ob obeh frontah so sicer bolj ali manj krožne izobare (črte enakega zračnega pritiska, ki je v središču polja tu najnižji) zlomljene tako, da leži vsaka fronta v manjši dolinici – izboklini nizkih vrednosti. Če si spet v skladu z odklonom vetrov zaradi vrtenja Zemlje in vpliva

trenja pri tleh zamislimo, da pihajo vetrovi tu malo poprek na izobare – slika 4.1a, vidimo, da ob frontah veter nenadno spremeni smer. To pa omogoča stekanje in dviganje zraka ter vetrovna striženja, ki preprečujejo, da bi se hladen zrak vodoravno ulegel pod toplega. Zato obe frontalni površini (ali kratko fronti) z dokaj stalnim nagibom in skupaj s ciklonom potujeta prek raznih območij proti vzhodu in se približujeta ena drugi. Zaradi burnega vrivanja hladnega zraka pod toplega na hladni fronti, napreduje hladna fronta hitreje kot topla, kjer mora redkejši topli zrak odrivati hladnega. Zato se v razvoju ciklona (poglavje 3) tako imenovani topli sektor ciklona med obema frontama oži. Ko hladna fronta ujame toplo, je povsod pri tleh le še hladen zrak, ker je topli izrinjen v višine. To si spet lahko



4.1 Ciklon s toplo in hladno fronto v tlorisu (a) in v preseku (b)



predstavljamo na navpičnem preseku lepo razvitega ciklona – slika 4.1b, kot da bi gledali vzporedno s tlemi proti severu.

V polno razvitem ciklonu je med obema frontama topel zrak do tal, v višinah pa se širi nad nagnjenima frontalnima površinama naprej in nazaj oz. proti vzhodu in proti zahodu, se pravi, nad nagnjeno mejo s hladnejšim zrakom, ki je gostejši. Zaradi stekanja in narivanja toplega zraka nad hladnega na topli fronti, se topli zrak dviga in ohlaja in nastajajo oblaki. Ti so najtanjši zgoraj daleč pred prizemno fronto oz. presečnico frontalne površine s tlemi in so v smeri proti njej, to je proti zahodu, vse bolj debeli. Ker se ves sistem giblje od zahoda proti vzhodu čez posamezna območja, opaža nekdo, ki je na mestu, da se oblaki nad njim s časom vse bolj debelijo.)

Pustimo za nekaj časa fronte in si pogledjmo oblake, da bomo fronte lažje predstavili in primerjali. Oblaki so zelo različnih oblik, debelin in vrst.

V naravi se prelivajo in nastopajo v raznih kombinacijah. Da dobimo nekakšen pregled glavnih značilnosti, pa jih v grobem razdelimo v štiri skupine in deset rodov – slika 4.2. V skupino visokih oblakov, ki se pojavljajo na višinah med 6 in 10 km, štejemo tri rodove cirrusov, ki sestojijo iz ledenih kristalčkov: cirrusi so kot prosojna belkasta vlakna ali smučke (Ci), kot zelo drobne ovčice (cirrocumulus – Cc) ali pa kot prosojne koprene (cirrostratus – Cs), ki jih pogosto še opazili ne bi, če se ne bi na njih risal krog okrog sonca ali lune, t. i. hãlo.

Med srednjevisoke plastovite oblake (na višinah med 2 in 6 km) uvrščamo svetlosive oblačne plasti (altostratus – As), in ovčice ter lečaste oblake (altocumulus – Ac); med srednjevisoke oblake pa spada tudi padavinski oblak nimbostratus (Ns), ki je sivina, iz katere sneži ali dežuje. Nizki oblaki brez padavin (na višinah med 0,1 in 2 km) so ali plasti z opaznimi temnejšimi in svetlejšimi deli – stratocumulus (Sc) ali pa brezoblična sivina (stratus – St), ki ji pravimo tudi dvignjena megla, saj včasih res nastane tako, da se megla od tal dvigne višje.

Zlasti poleti se pogosto pojavljajo bolj ali manj visoko kipeči kopasti oblaki, ki jim pravimo tudi

oblaki vertikalnega razvoja. Sem spada rod cumulusov (Cu), ki so včasih ploščati in majhni, včasih pa kipijo visoko v nebo in se neredko razvijejo v nevihtne oblake (rod cumulonimbus – Cb). Ti nastajajo navadno tudi na hladnih frontah in kažejo na veliko labilnost atmosfere, ki omogoča močne navpične tokove in mešanja.

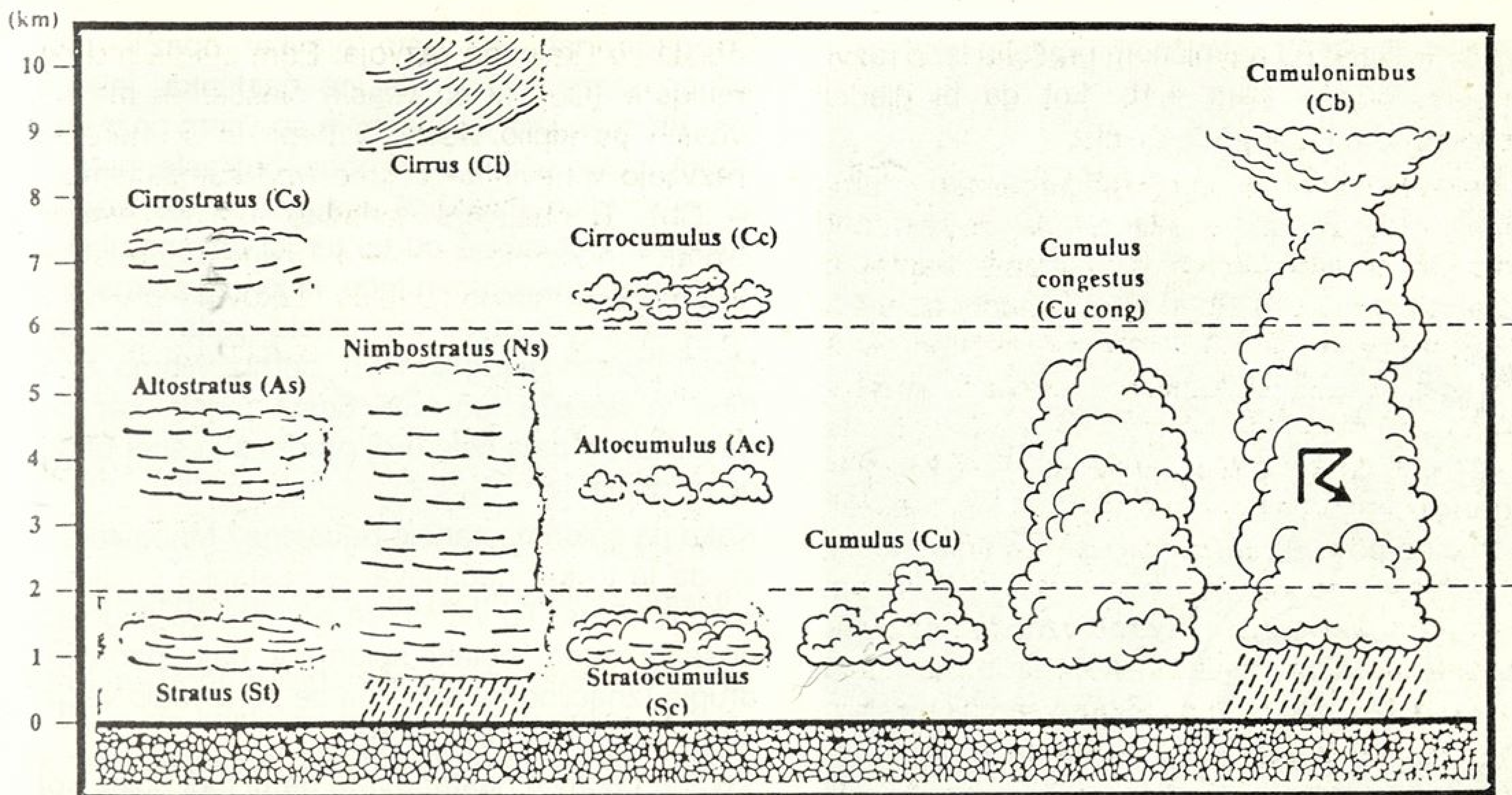
Vrnimo se nazaj k našemu navpičnemu preseku tople fronte, kjer se topel zrak nariva na hladnega, se ohlaja in ustvarja oblake. Daleč – več sto kilometrov pred fronto na tleh – se v višinah pojavijo cirrusi, ki se vse bolj debelijo, prehajajo v srednje in nizke oblake, pojavijo pa se tudi padavine. Primerjava s sliko v tlorisu na karti 4.1 a nam potrdi, da se pas padavin razteza vzdolž tople fronte, in sicer pred njo oz. na njeni vzhodni strani.

Nagib mejne površine med toplim in hladnim zrakom je na topli fronti zelo majhen: komaj 1 km dviga na 300 km vodoravne razdalje. Na preseku bi to ustrezalo 1 mm na 30 cm, kar pa je premalo, da bi se sploh kaj videlo, zato smo risali obe fronti veliko bolj strmi, kot sta zares. Vsekakor tako majhnega nagiba v naravi ne opazimo in se nam zdijo oblačne plasti vodoravne.

Hladna fronta, ki na zahodni strani ciklona »omejuje« topel zrak in dovaja hladnega, je v povprečju trikrat bolj strma, kot topla, ima torej nagib 1 proti 100, kar je še vedno zelo položno. Vendar pa ustvarja stekanje zraka in izdatno vrivanje hladnega zraka pod toplega in odzivanje toplega v višine, živahnije procese. Poveča se tudi labilnost toplega zraka in zato se na hladni fronti navadno razvijajo nevihtni oblaki, tako, da se hladna fronta največkrat kaže kot pas ploha in neviht. Pas padavin je ožji (čeprav okrog 200 km širok) in se razteza tisoč in več kilometrov vzdolž hladne fronte ter leži predvsem za njo – kot sledi iz primerjave tlorisa in preseka na sliki 4.1 in 4.3.

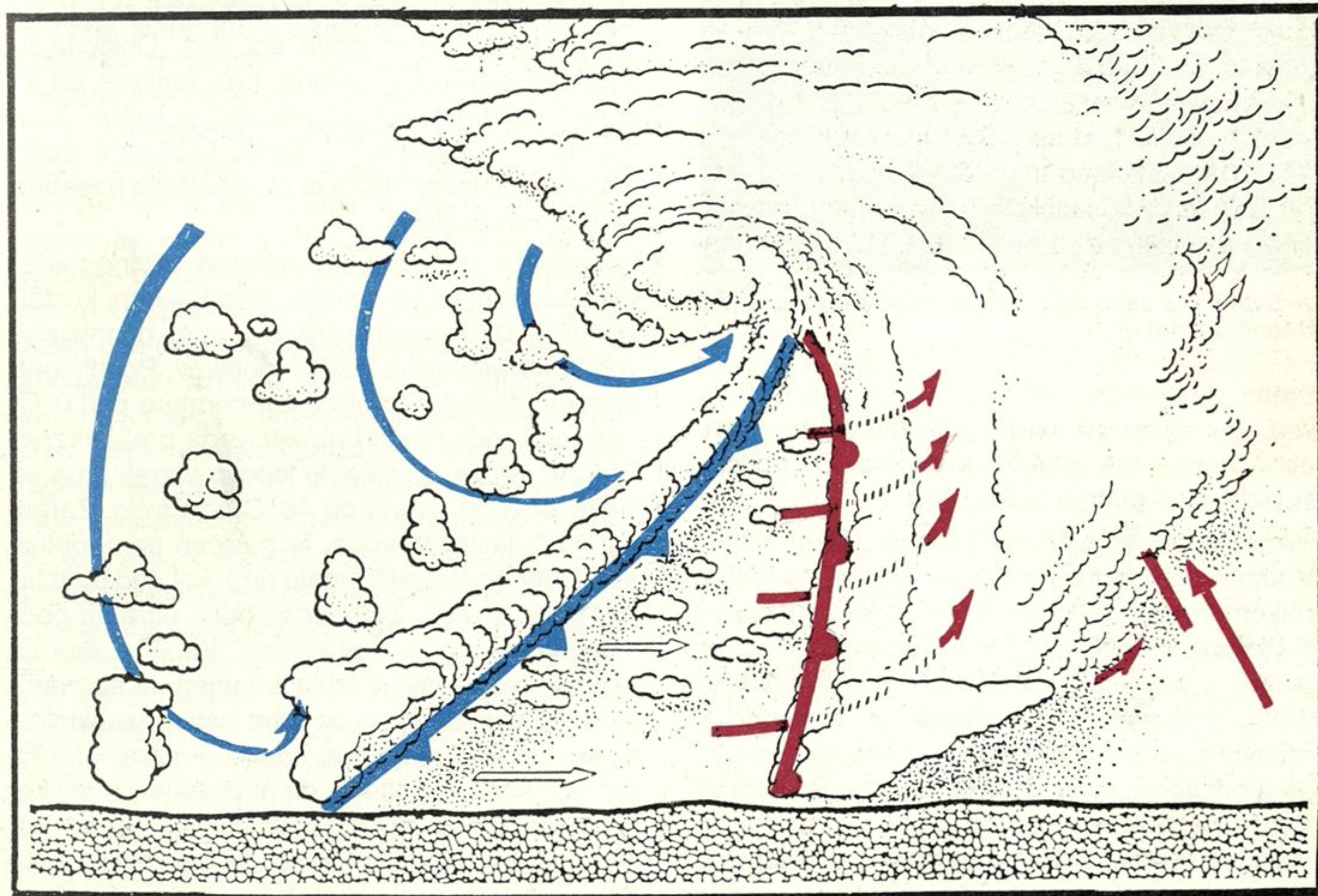
Širok pas oblačnosti tople fronte je spojen z oblačnostjo, ki jo povzroča splošno dviganje zraka v ciklonu zaradi stekanja pri tleh. Oblačnost hladne fronte pa se na satelitskih slikah – slika 4.4 – kaže kot dolg bel rep, ki spiralasto izhaja iz ciklonske oblačnosti in se širi proti jugozahodu. V splošnem so spiralasti oblačni





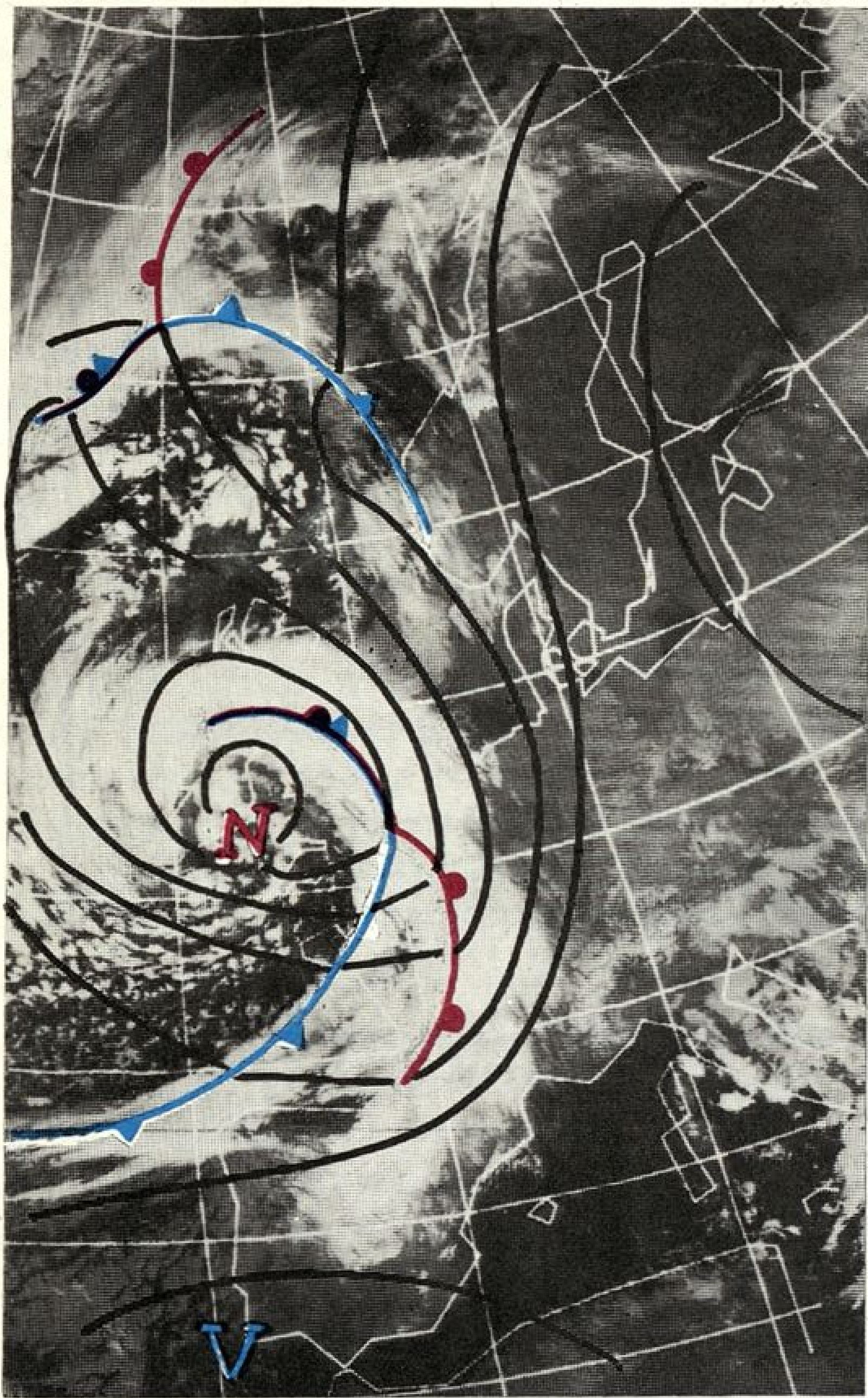
4.2 Skupine in rodovi oblakov

4.3 Tridimenzionalna slika tople in hladne fronte





12 - ...



4.4 Satelitska slika oblačnih sistemov ob frontah z vrisanimi frontami

sistemi v območju ciklona izbočeni desno navzven, ker so vetrovi med središčem in obrobjem najmočnejši – ker je tam največji nagib pritiskovih ploskev – primerjaj sliko 3.1.

V skladu s počasnejšim dviganjem toplega zraka ob topli fronti so tudi padavine ob njej navadno enakomernejše, trajnejše in se pogosto pričnejo in končajo s pršenjem. Njihova količina pa je odvisna predvsem od vlažnosti toplega zraka in hitrosti dviganja. Zlasti zadnje je zelo težko predvideti, zato je tudi napoved količine padavin dokaj nezanesljiva oz. problematična. Še težje je to pri hladni fronti, kjer so plohe in nevihte v omenjenem pasu dokaj slučajno porazdeljene in izdatne.

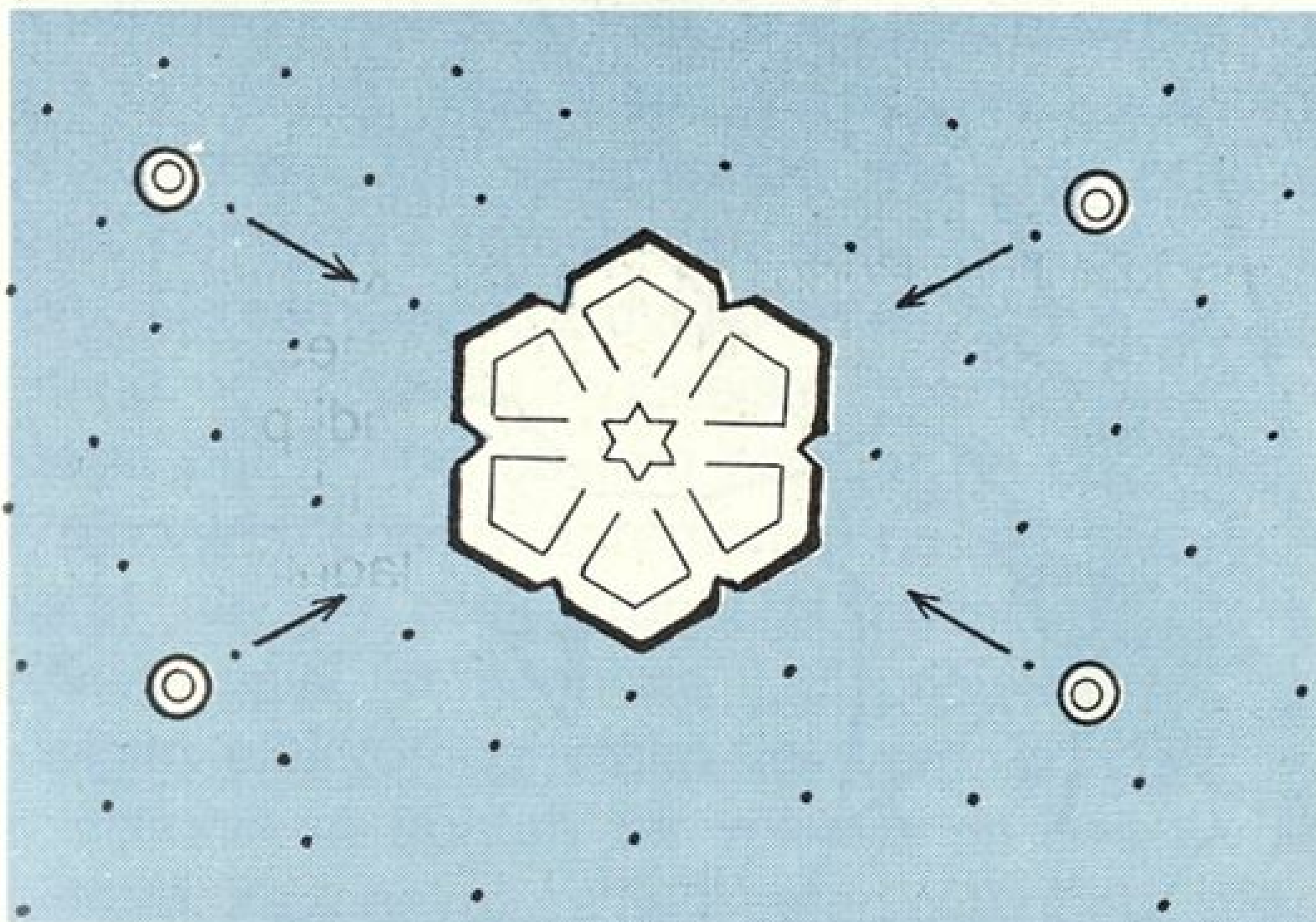
Pri padavinah, kot smo pravkar opazili, tudi ločimo razne oblike, načine nastanka, jakosti ipd. Pršenje, dež in sneženje so vsem poznane oblike, babje pšeno so drobne, belkaste, neprozorne kroglice. Podobna je sodra, ki ima ledeno oblogo in odskakuje od tal ter je vmesna oblika med babjim pšenom in točo, ki jo tudi poznamo. Povprečna jakost ali intenziteta padavin je pri toplih frontah okrog 3 mm/h, ob hladnih pa zelo niha in doseže tudi več deset mm/h, kar pa navadno ne traja celo uro; preneha in spet pride nova ploha.

Kako pa sploh nastanejo padavine? Mnogi mislijo, da je to kar nadaljevanje nastanka oblakov, kar pa ni res. To vidimo že po tem, da pogosto obsežni temni oblaki sploh ne dajo padavin, drugič (značilno za april) pa se že iz malo večje »krpe« na nebu ulije ploha.

Večina padavin nastane nad nami tudi poleti kot sneg, saj so temperature 3 ali 4 km visoko navadno že pod 0°C. V visokih planinah, kjer je hladneje, sneg tudi pade in celo poleti obleži, do nižin pa se stali in pade kot dež. Oblačne in meglene kapljice so namreč tako majhne, da jih je treba okrog milijon za eno dežno kapljo. Zato dobimo s slučajnimi trki kapljic kvečjemu šibko pršenje, nastanek dežja in ploh pa terja posebne razmere in procese.

Pomemben dogodek za nastanek večine padavin nad nami je, ko zaidejo drobni ledeni kristalčki (npr. iz cirrusnih oblakov) med podhlajene vodne kapljice nižje ležečih oblakov. Podhlajene pomeni, da imajo kapljice temperaturo pod 0°C. Tega pri vodi v loncu ni, ker voda prej zmrzne. Drobne vodne kapljice, ki lebdiijo v zraku, pa se lahko ohladijo skoraj do 40°C pod ničlo. Zaradi naravnih lastnosti vode, je nasičen parni pritisk nad ledenimi kristalčki malo nižji, kot nad podhlajenimi kapljicami. Zato teče vodna para od podhlajenih kapljic h kristalčkom. Kapljice morajo izgubo nadomestiti z izhlapevanjem in se manjšajo, na kristalčkih pa se para nabira (sublimira) in se debelijo na račun kapljic – slika 4.5. Ta proces je tako učinkovit, da nastanejo v manj kot četrt ure velike snežinke, ki padejo na tla kot sneg, sodra ali babje pšeno; če se stalijo pa kot dež.



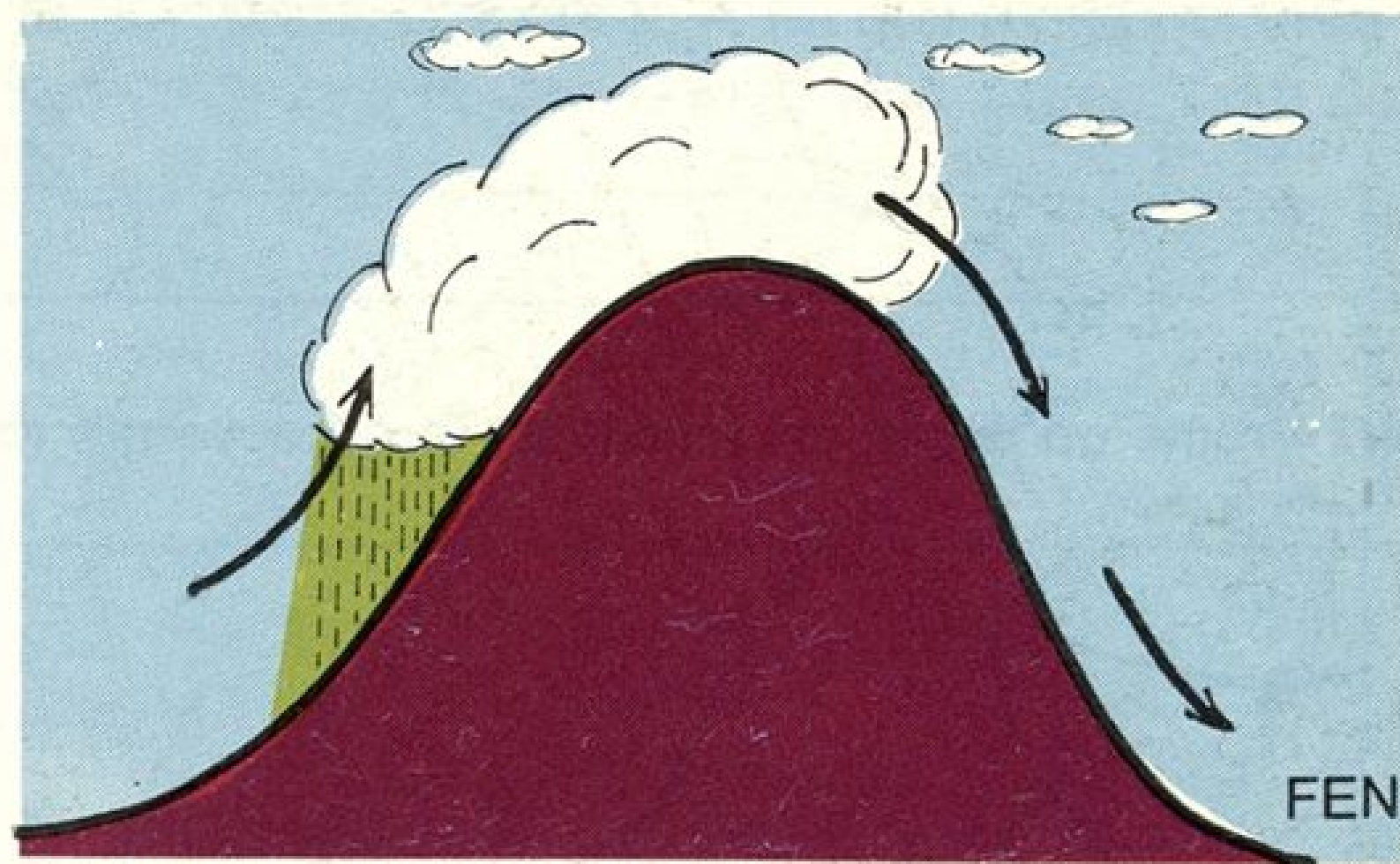


#### 4.5 Debelenje kristalčkov na račun kapljic v oblaku

Ob topli fronti posipavajo zgornji oblaki spodnje z ledenimi kristalčki in povzročajo dokaj enakomerne padavine. Ob hladni fronti pa se zaradi izdatnega dviganja toplega in vlažnega zraka tudi stabilnost tega zraka zmanjša. V nebo zakipijo nevihtni oblaki, ki na višinah okrog 8 km (kjer padejo temperature zagotovo pod  $-40^{\circ}\text{C}$ ) zmrznejo, in navpični tokovi zanesejo kristalčke med podhlajene kapljice ter s tem sprožijo opisan proces nastanka padavin. Padavine so ob hladni fronti predvsem v obliki ploh in nalivov oziroma neviht, če se zraven še bliska in grmi. Vrnimo se k sliki 4.1b. Če premikamo konico svinčnika po talni črti preseka ciklona s frontama od vzhoda proti zahodu, je tako, kot če bi se sistem čez nekoga gibal v nasprotni smeri – od zahoda proti vzhodu, kot se navadno res. Ko gremo s konico proti ciklonu ali vsaj proti njegovemu južnemu delu (zares gre on proti nam), zračni pritisk pada. To v splošnem štejemo med znake poslabšanja vremena in je očitno večinoma tudi res. V toplem sektorju ciklona – med obema frontama – je pritisk nizek in se s časom le malo spreminja, ker se sistem premika približno vzdolž izobar. Za hladno fronto pa je polje tako, da odmikanje ciklona daje porast pritiska, ki je povezan tudi z dotokanjem hladnejšega in težjega zraka, ki daje večji pritisk. Zračni pritisk se skratka za hladno fronto dokaj naglo dviga in kaže, da je najhujše že mimo in da se bo vreme, če ne bo kaj posebnega, v kratkem izboljšalo. V skladu s sliko 4.1 a se ob prehodu hladne fronte

veter iz toplega zahodnika sprevrže v hladnejši severozahodnik in navadno se kmalu zjasni, saj so nas frontalne motnje s ciklonom prešle. Včasih pa se zadeva nad Alpami zaplete – pozneje bomo pogledali, kako in zakaj – in slabo vreme lahko vztraja še dan, dva ali več.

V okrepljenih vetrovih na celotnem območju ciklona in deloma še v hladnem zraku za njim se mora v razgibanem reliefu zrak pretakati čez gorske grebene. Na privetrni strani grebenov, kjer se zrak dviga in ohlaja, nastajajo oblaki in v zelo vlažnem zraku padajo iz njih tudi padavine (t. i. orografske padavine). Z njimi pretakajoči se zrak izgubi precej vlage, in ko se na zavetrni strani spusti v nižine in se pri tem ogreva, postane topel in suh in mu pravimo fen – slika 4.6.

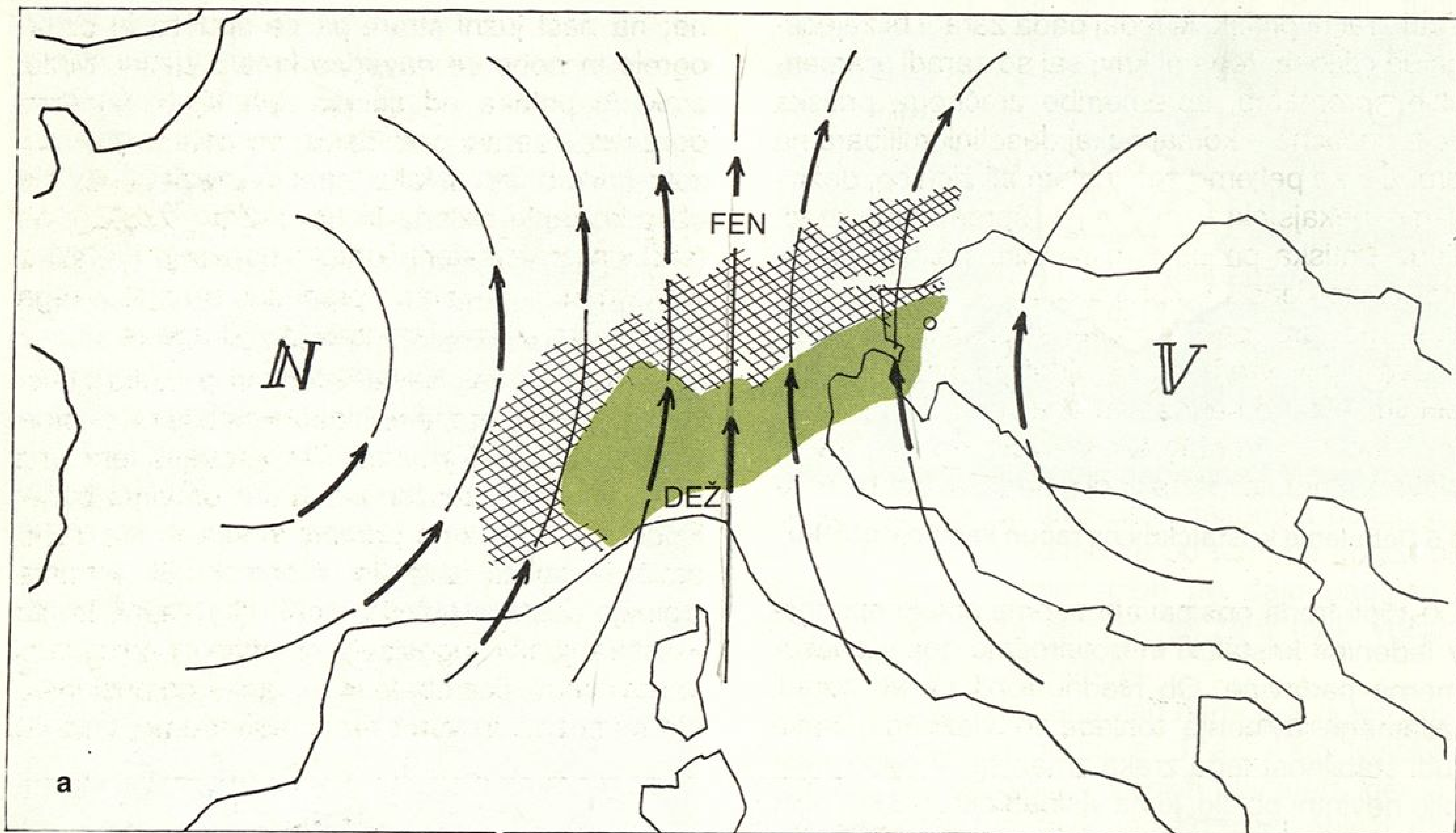


#### 4.6 Orografske padavine in fen

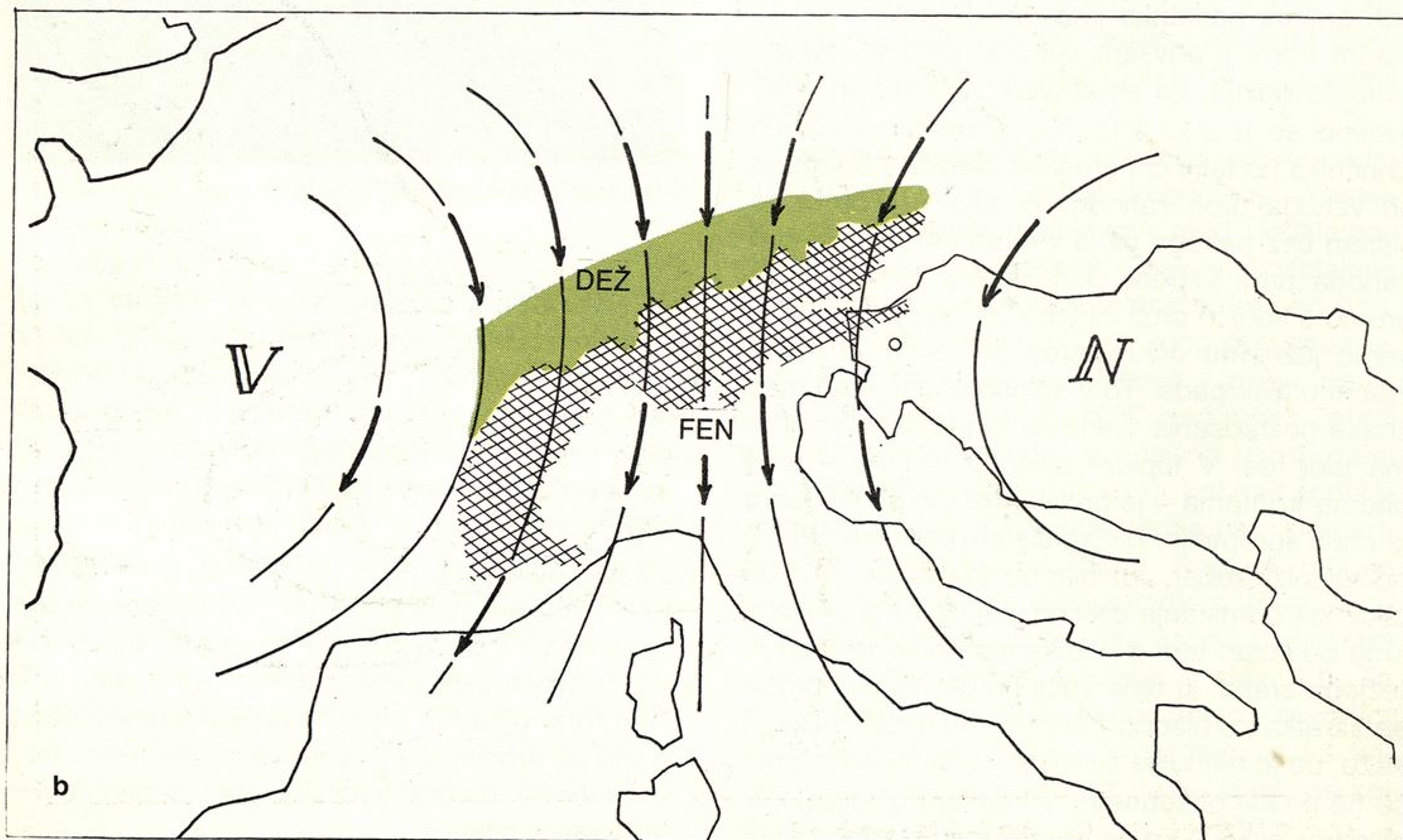
Pri južnih vetrovih so take padavine predvsem na južni strani gorskih pregrad, čeprav nekaj padavin zanese veter tudi čez. Zato je npr. v območju Snežnika, Trnovskega gozda, Bohinjskih grebenov, Julijcev, Kamniških Alp in Karavank precej padavin (letno čez 3000 mm), bolj vzhodno pa vse manj (v Prekmurju le še okrog 800 mm).

Če pa pogledamo Alpe kot celoten masiv, je ob južnih vetrovih na vsej njihovi južni strani pretežno oblačno s padavinami, na severni strani Alp (na Tirolskem) pa piha značilen fen – slika 4.7. Tam torej piha fen pred poslabšanjem vremena in mu po krivem pripisujejo glavobole, revmatske bolečine, razdražljivost i.p., ker se pač pojavlja hkrati z njimi.





4.7 Vreme ob Alpah pri južnih (a) in pri severnih (b) vetrovih



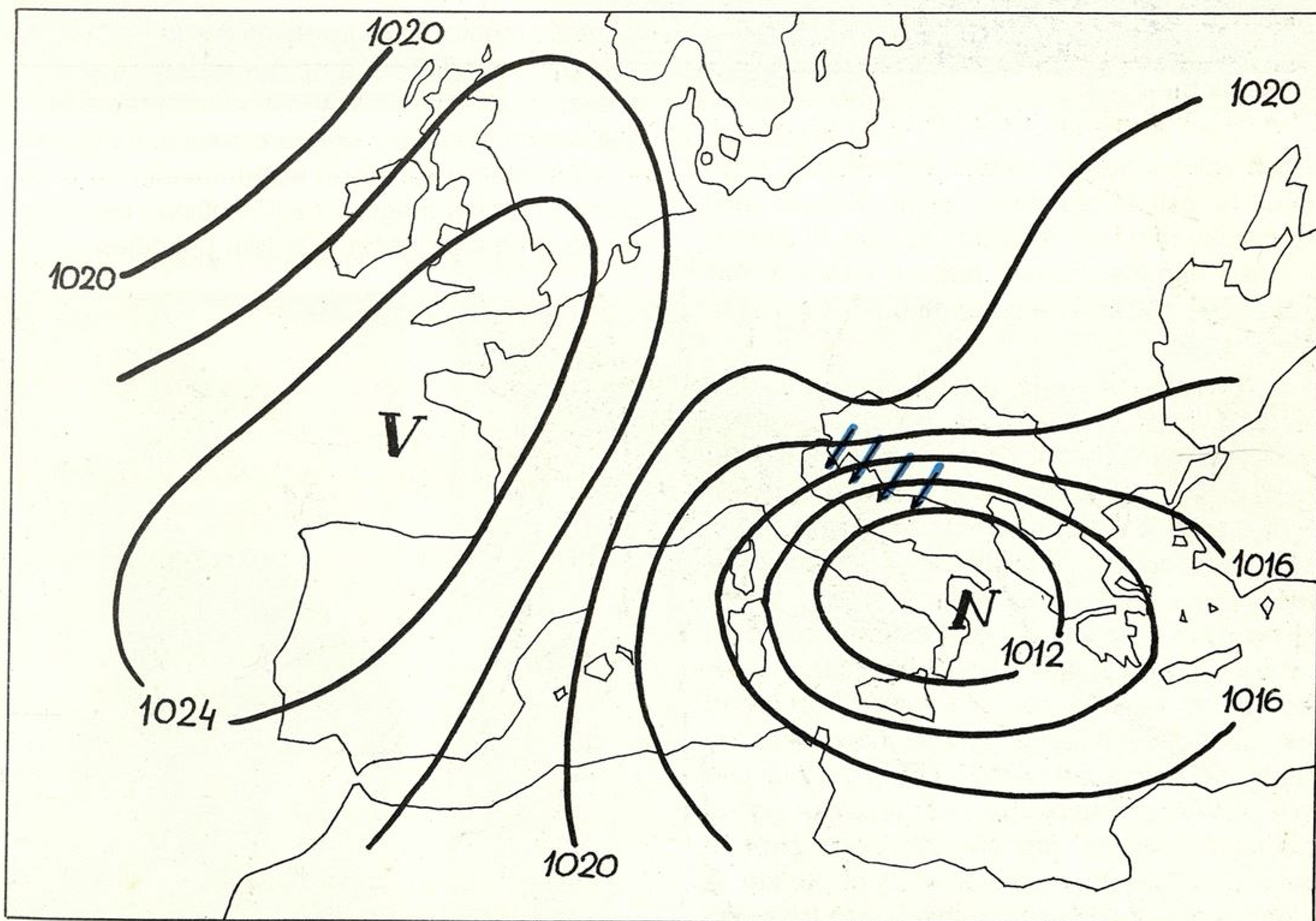


Tudi zračni pritisk, ki tedaj pada zaradi bližajočega se ciklona, tega ni kriv, saj so zaradi vremenskih sprememb, spremembe zračnega pritiska zelo počasne – komaj nekaj desetink milibara na uro. Če se peljemo z dvigalom ali žičnico, doživljamo nekajstokrat močnejše spremembe zračnega pritiska pa ob tem nikogar ne boli glava. Vpliv vremenskih sprememb na počutje ljudi torej ne gre prek zračnega pritiska in fena. Glavni vpliv vremena na ljudi pripisujemo zelo dolгим elektromagnetnim valovom, ki nastajajo v ciklonih in frontah ter vplivajo na naš živčni sistem. Zato nekatere ljudi poleg glavobola, trganja v sklepih ipd., bolijo tudi amputirani udi, ki jih sploh nimajo več.

Ko začnejo za hladno fronto pihati severni vetrovi, je vreme ob Alpah obrnjeno: na privetni severni strani Alp, kjer se mora zdaj zrak dvigati, da se prelije na južno stran, so oblaki in padavi-

ne; na naši južni strani pa se spušča in delno ogreje in nebo se navadno kmalu zjasni. Mrzel zrak, ki priteka od severa, pa kljub delnemu ogrevanju zaradi spuščanja še ostane hladen, zato severni fen ni tako topel in izrazit in nastaja ob odmikanju ciklona in front. Zato izkušenj ob fenu (in marsikaterih drugih opažanj v zvezi z vremenom) ne smemo prenašati brez skrbnega premisleka iz enega območja v drugega.

Bolj izrazit je tak severni fen pri pretoku zraka čez obmorske grebene, posebno če je na primorski strani še toplejši zrak. Tak »severni fen« ima svoje posebne značilnosti in mu pravimo burja. Spuščanje zraka na primorsko stran pa ozračje osuši in oblaki izhlapijo, s čemer učinki fronte izginejo. Zato je poleti ob prihodu hladne fronte »v notranjosti« Jugoslavije oblačno s padavinami in nevihtami, čez obalo in na otoke pa poslabšanja ne sežejo in tam vztraja lepo vreme, tako da

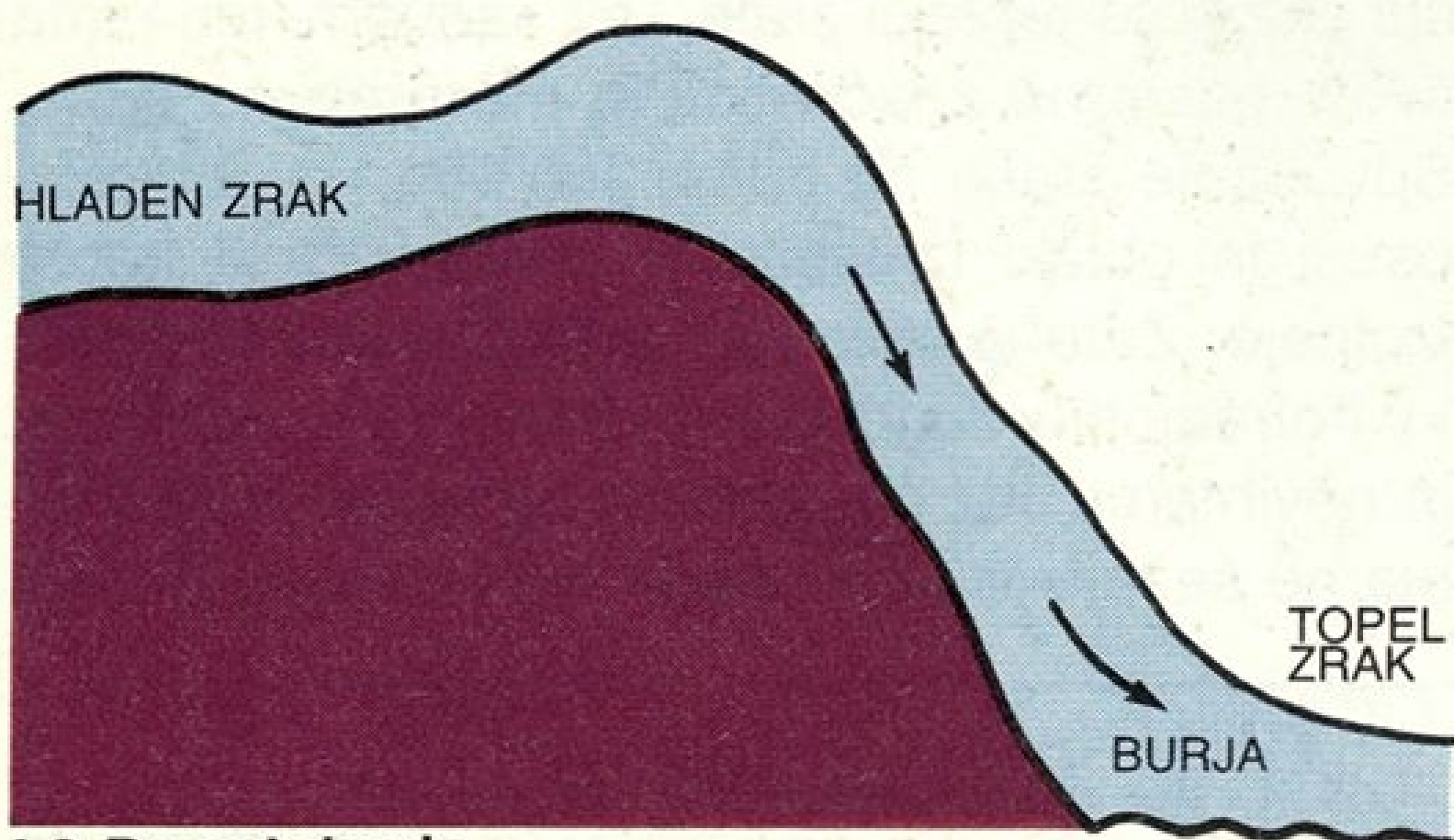


4.8 Tipična vremenska situacija (karta) ob burji



včasih celo poletje ne pade več kot nekaj kapelj dežja.

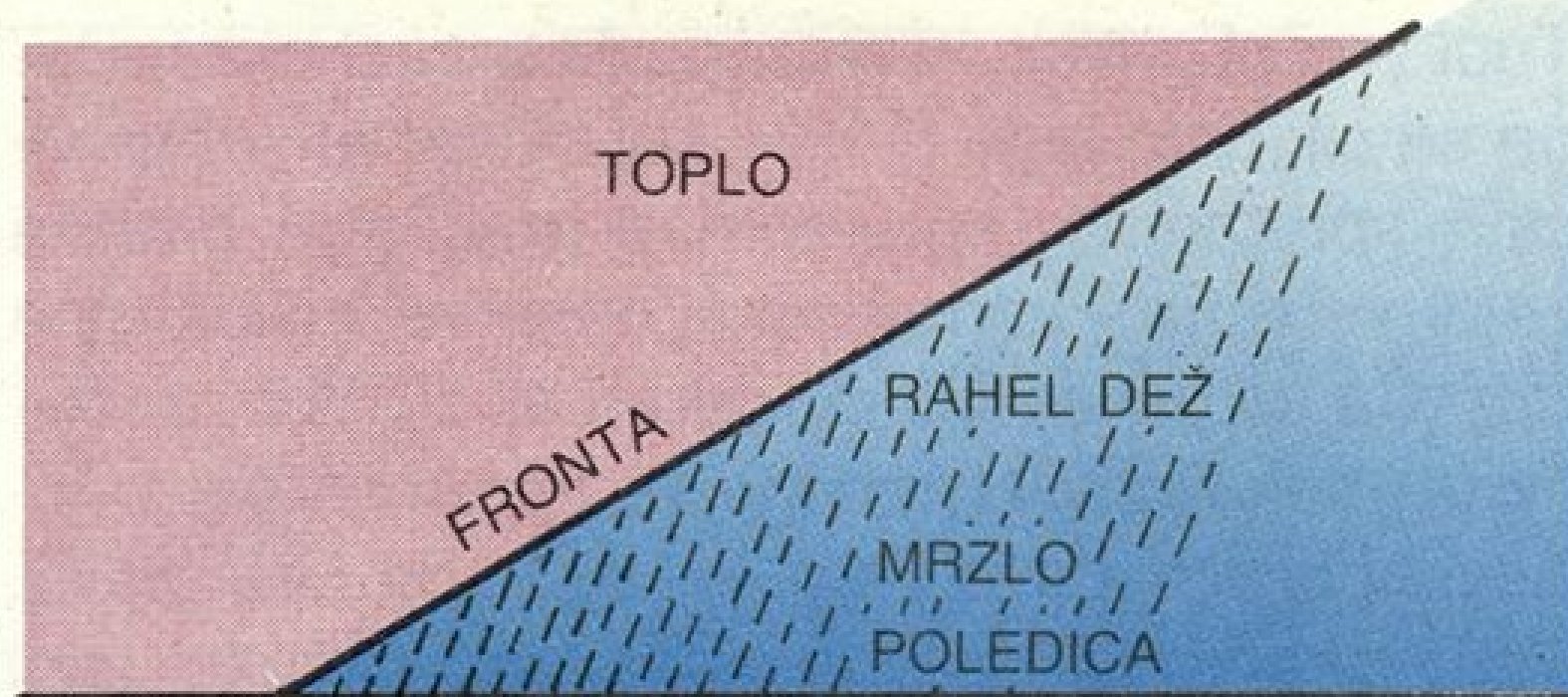
Burja se pojavi torej za primorskimi grebeni po prehodu hladne fronte, ki dovede v deželo hladen zrak. Najmočnejša je tedaj, ko je nad primorsko stranjo oz. Jadranom še topel zrak – slika 4.8. Na zgornji meji pritekajočega hladnega zraka nastajajo razni valovi in hladen zrak se v sunkih preliva čez grebene – slika 4.9. Trenje ob neravna tla ustvarja še dodatne vrtince ter je zato burja hladen, suh in izrazito sunkovit veter.



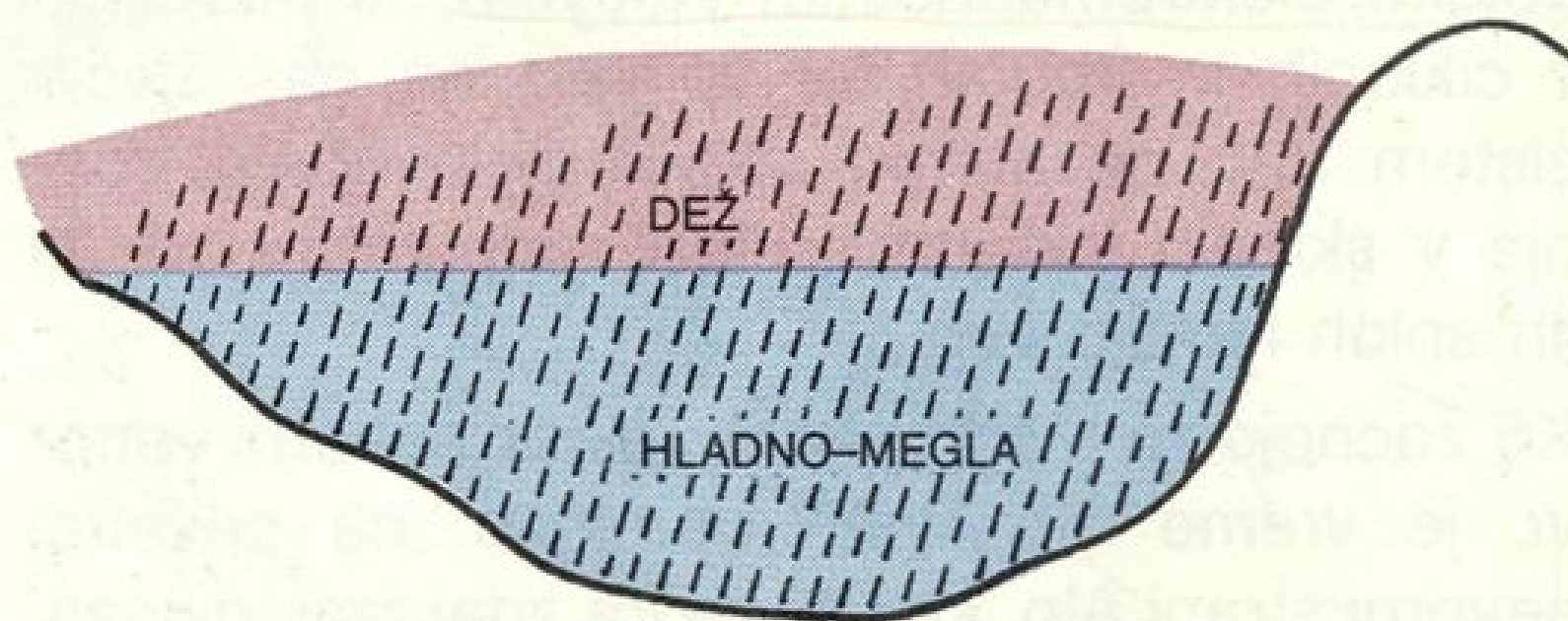
4.9 Presek burje

Hitrosti vetra v sunkih nekajkrat presegajo povprečne hitrosti, ki tudi niso majhne. Ker pa upor teles v toku raste s kvadratom hitrosti, ni čudno, da lahko nenaden sunek burje s hitrostjo nad 30 m/s (čez 100 km/h) prekucne prikolico, tovarnjak ali ladjo.

Pri topli fronti, kot vemo, leži že od prej hladen zrak pod toplim, ki se dviga in daje padavine. Zato so navadno tla (in vse kar je na njih) hladna – slika 4.10. Če je toliko mrzlo, da so temperature znatno pod 0°C, dež na tleh zmrzuje in nastane poledica, ki je posebno nevarna za cestni promet. Če pa se ledena obloga nabira tudi na drevju, na žicah ipd., nastane požled, ki lomi drevje, trga žice, podira daljnovode in povzroča s tem veliko škodo. Pri temperaturah nad ničlo pa se v opisanih pogojih največkrat ob pršenju pojavlja zoprno vlažna megla. Relativno tople padavinske kaplje iz toplega zraka zgoraj izhlapevajo, vendar spodnji hladnejši zrak te vodne pare ne more sprejeti v tej obliki, ker je že nasičen. Iz padajočih dežnih kapelj izhlapela vodna para se kondenzira v drobcene kapljice,



4.10 Padavine s poledico ob topli fronti



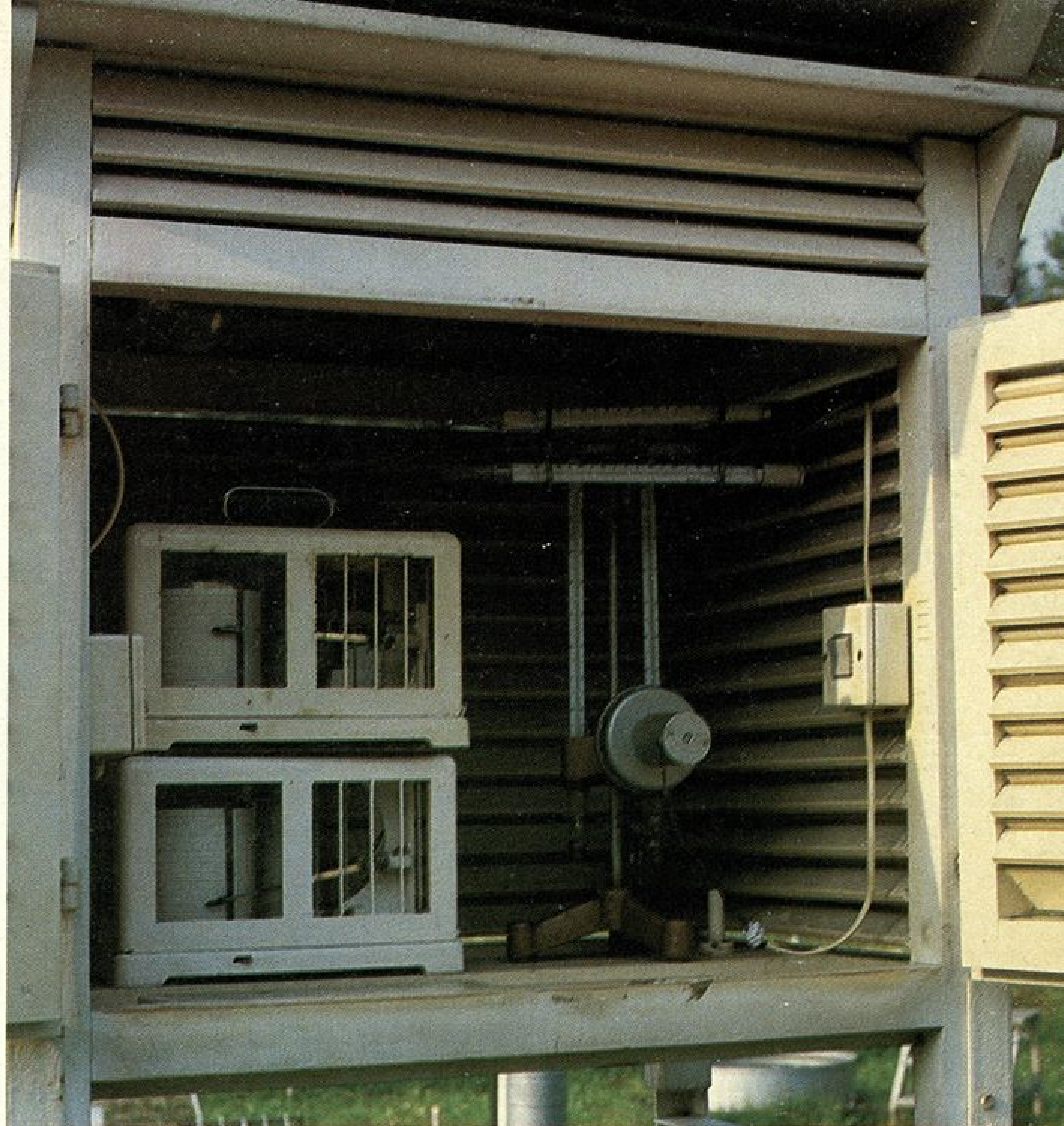
4.11 Megla ob padavinah v kotlini

ki tvorijo meglo. Taka frontalna megla je značilna za vlažne in oblačne, a ne prehladne zimske dni z dežjem ali pršenjem. V njih je torej res zoprno slabo vreme, kot je v skladu z dogajanjem v ciklonu in ob frontah v kotlinskih jezerih hladnega zraka pozimi. Večina megle v naših kotlinah pa nastane na drugačen način, a o tem pozneje.





Solarigraf – jakost sevanja



Pogled v vremensko hišico

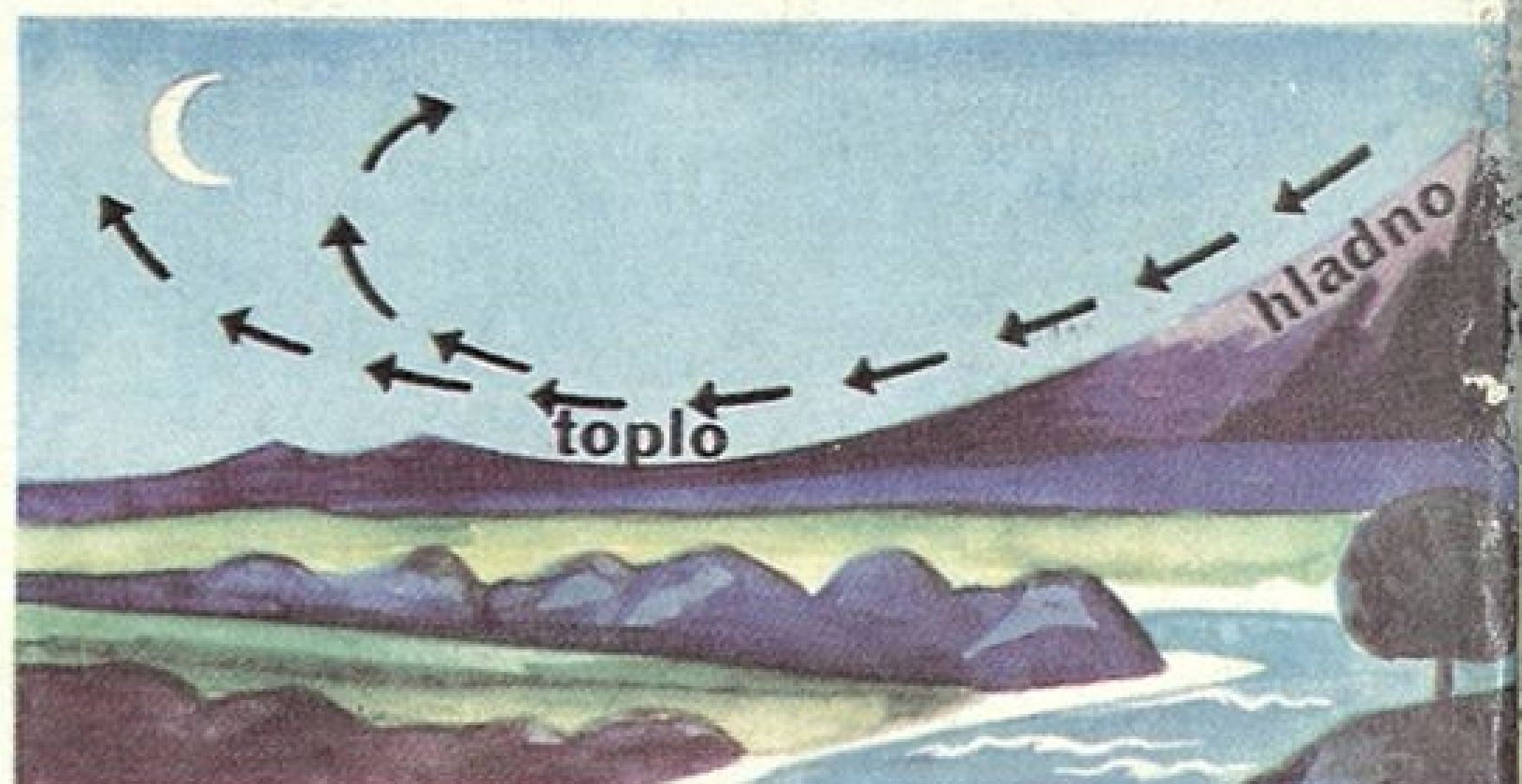
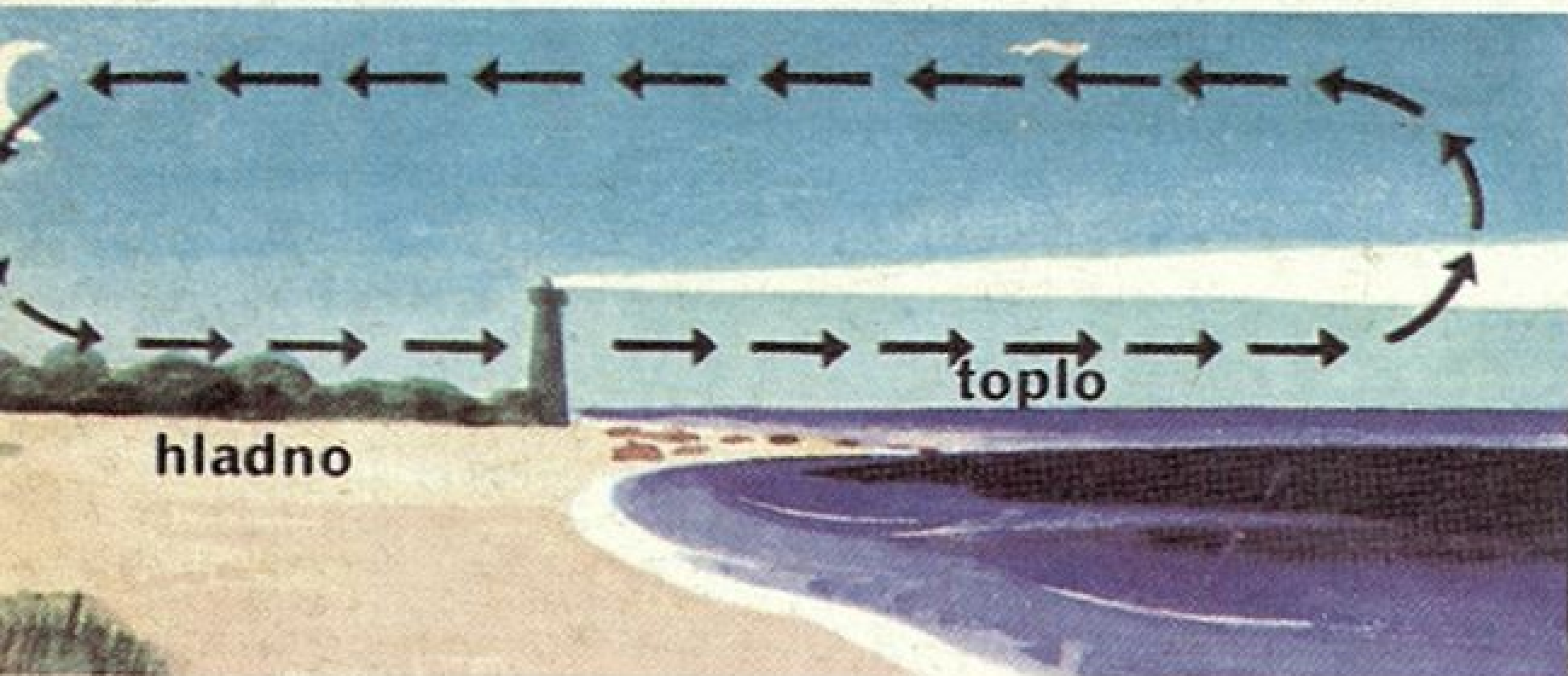
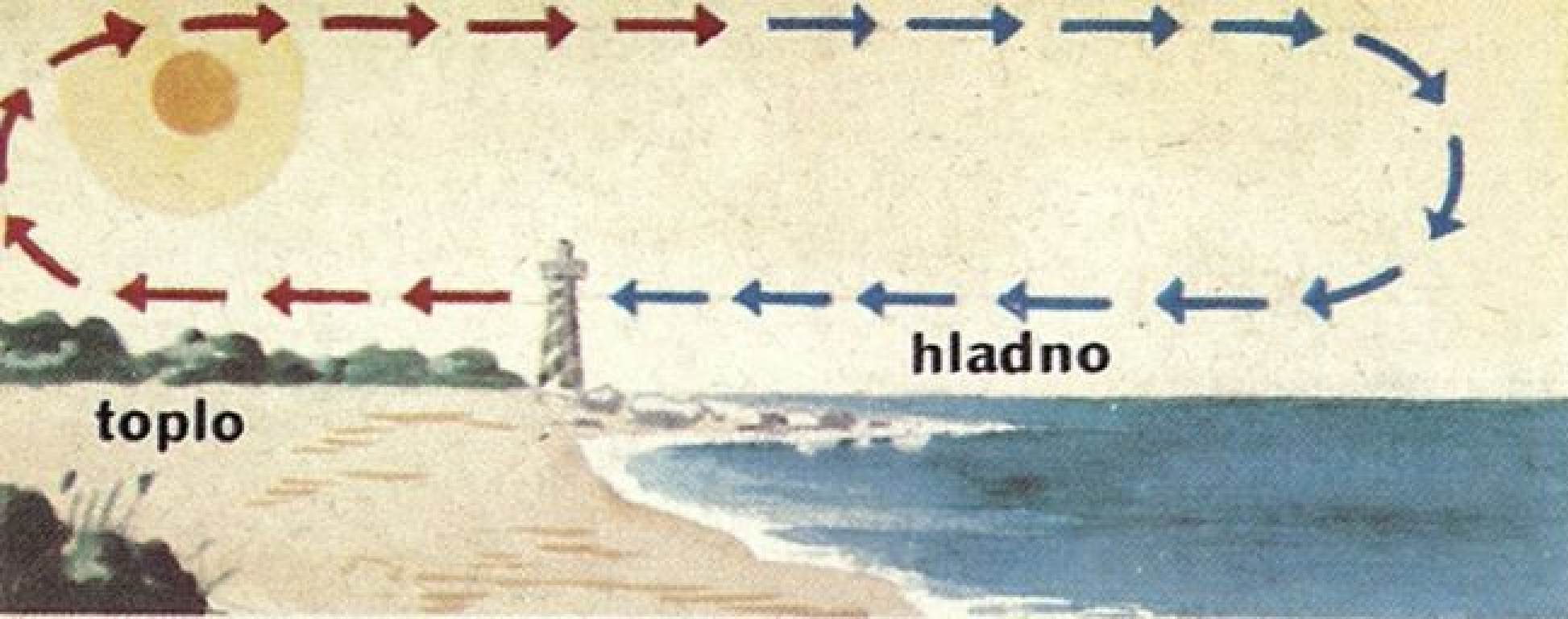
Heliograf – trajanje osončenja



Evaporimeter – izhlapevanje







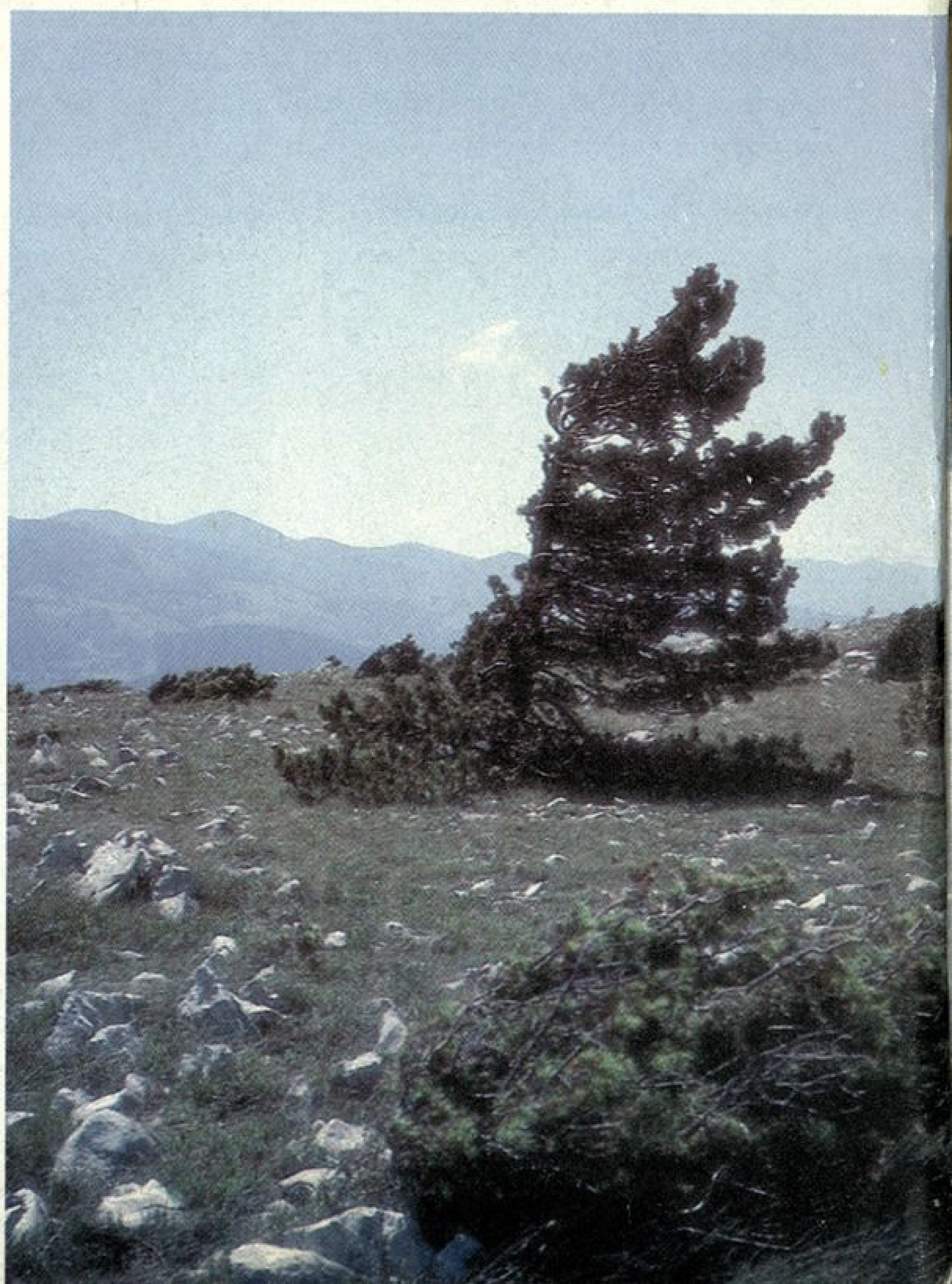
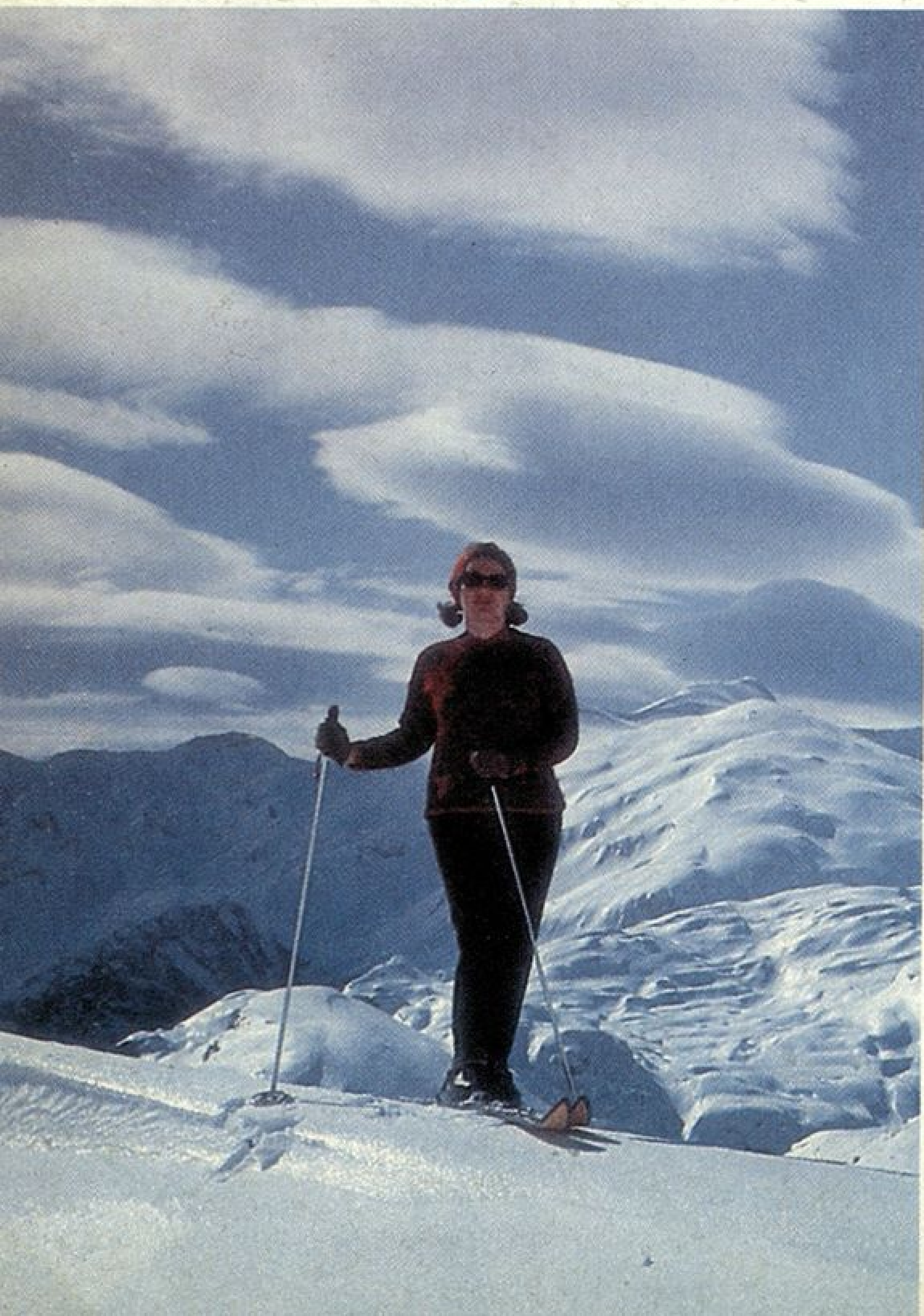
7.10 Obalna vetrova: kopni in morski veter

7.11 Dnevni in nočni pobočni veter

6p

7.5 Valovni oblaki nad hribi

7.9 Oblika drevesa v krajih z burjo







8.4 Megla nad Ljublanico

8p

8.6 Megla v Idrijski kotlini



8.5 Puhtea megl nad poljem

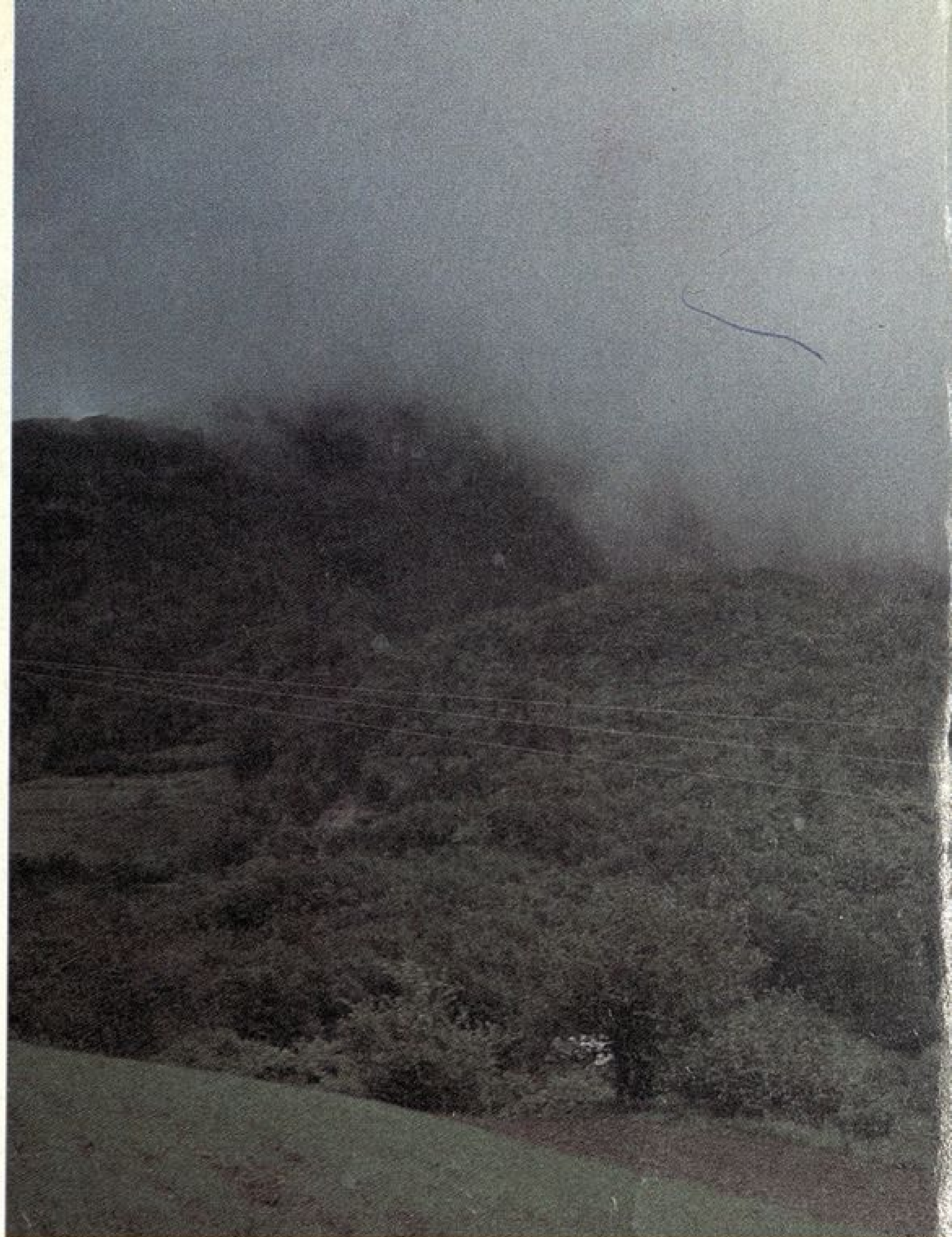
8.7 Rosa na pajčevini







**Stratocumulus**

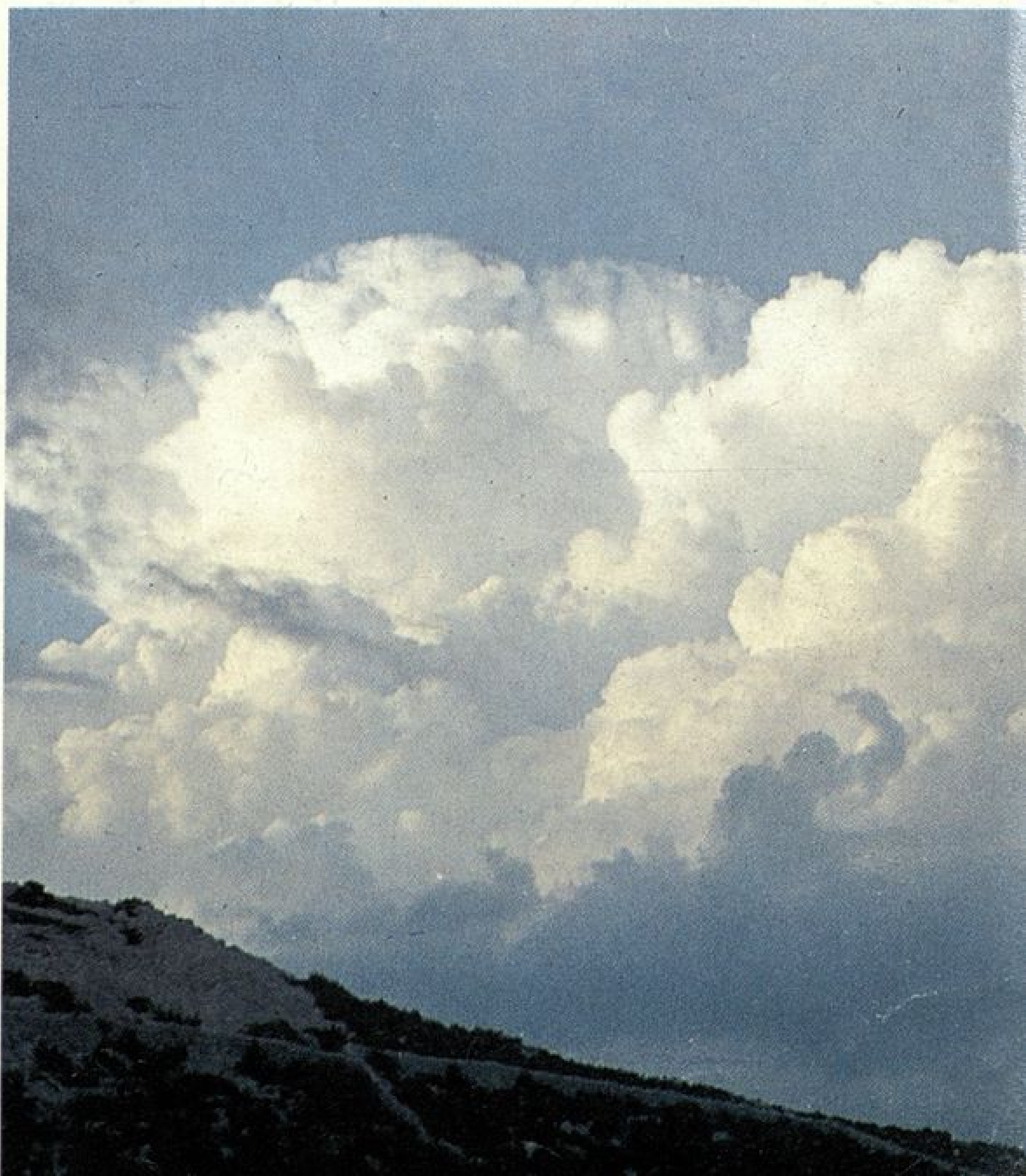


**Stratus**

**Cumulus**



**Cumulonimbus**



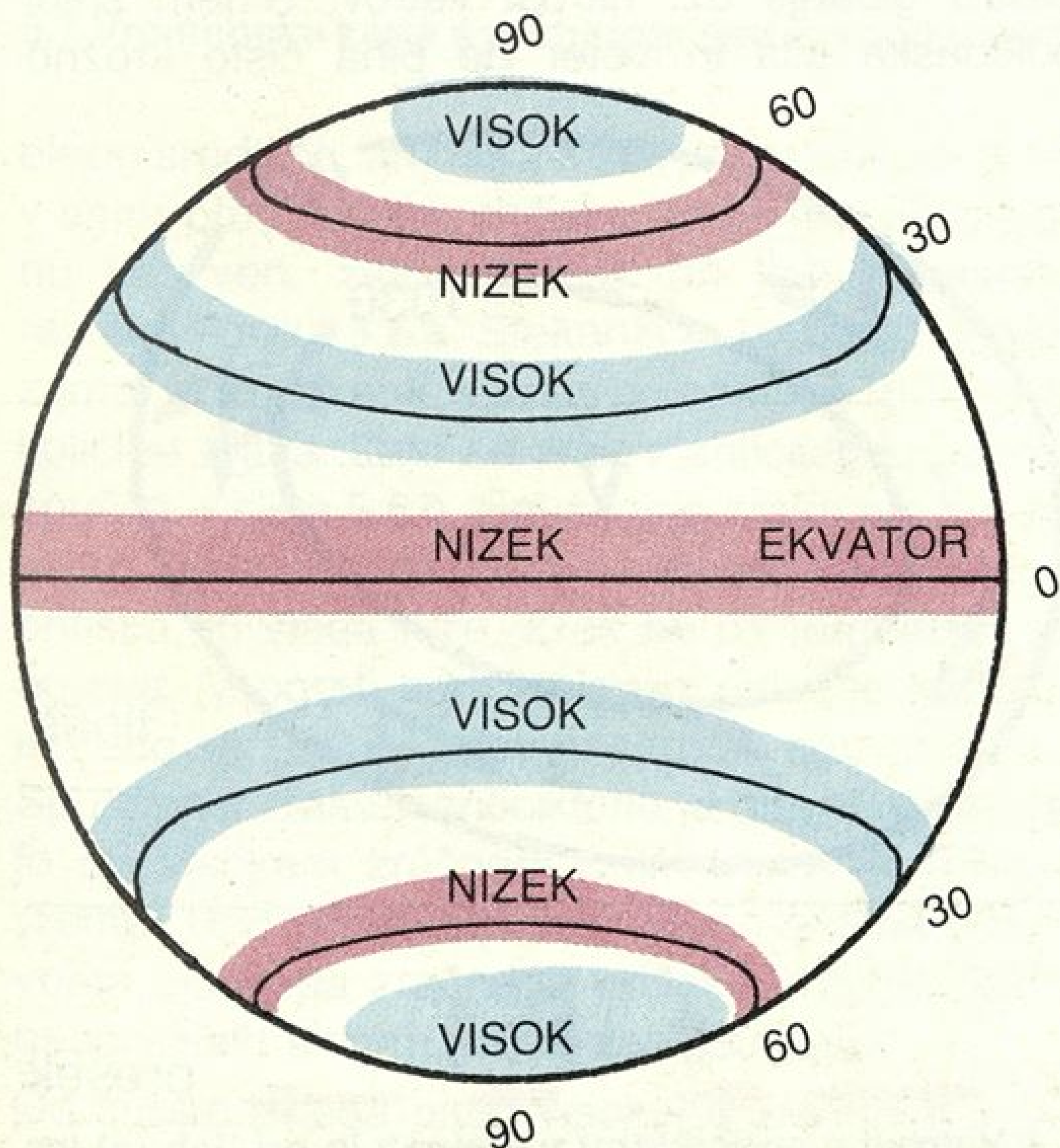


# 5. ANTICIKLONI

Že ime pove, da so anticikloni nekaj nasprotnega, kot cikloni in to res v mnogih svojih značilnostih. Anticikloni so obsežna področja visokega zračnega pritiska, manj pravilnih krožnih oblik kot cikloni. Včasih so le izrazitejši grebeni med dvema ciklonoma ali sistemoma ciklonov.

Na severni polobli imamo dve bolj ali manj stalni področji visokega zračnega pritiska. Eno, ki ne sega visoko v troposfero je okrog pola, drugo pa je subtropski pas visokega zračnega pritiska, ki obdaja poloblo na geografskih širinah okrog  $30^{\circ}$  – primerjaj poglavje 1. Na južni polobli je podobno – slika 5.1.

Polarno področje visokega zračnega pritiska je hladno in je deloma posledica gostejšega in težjega hladnega zraka nad polarnim območjem, deloma pa tudi višinskega stekanja zraka proti polu. Pas subtropskega visokega zračnega pritiska pa je topel in je predvsem posledica odklonske sile zaradi vrtenja Zemlje: zaradi proti polu

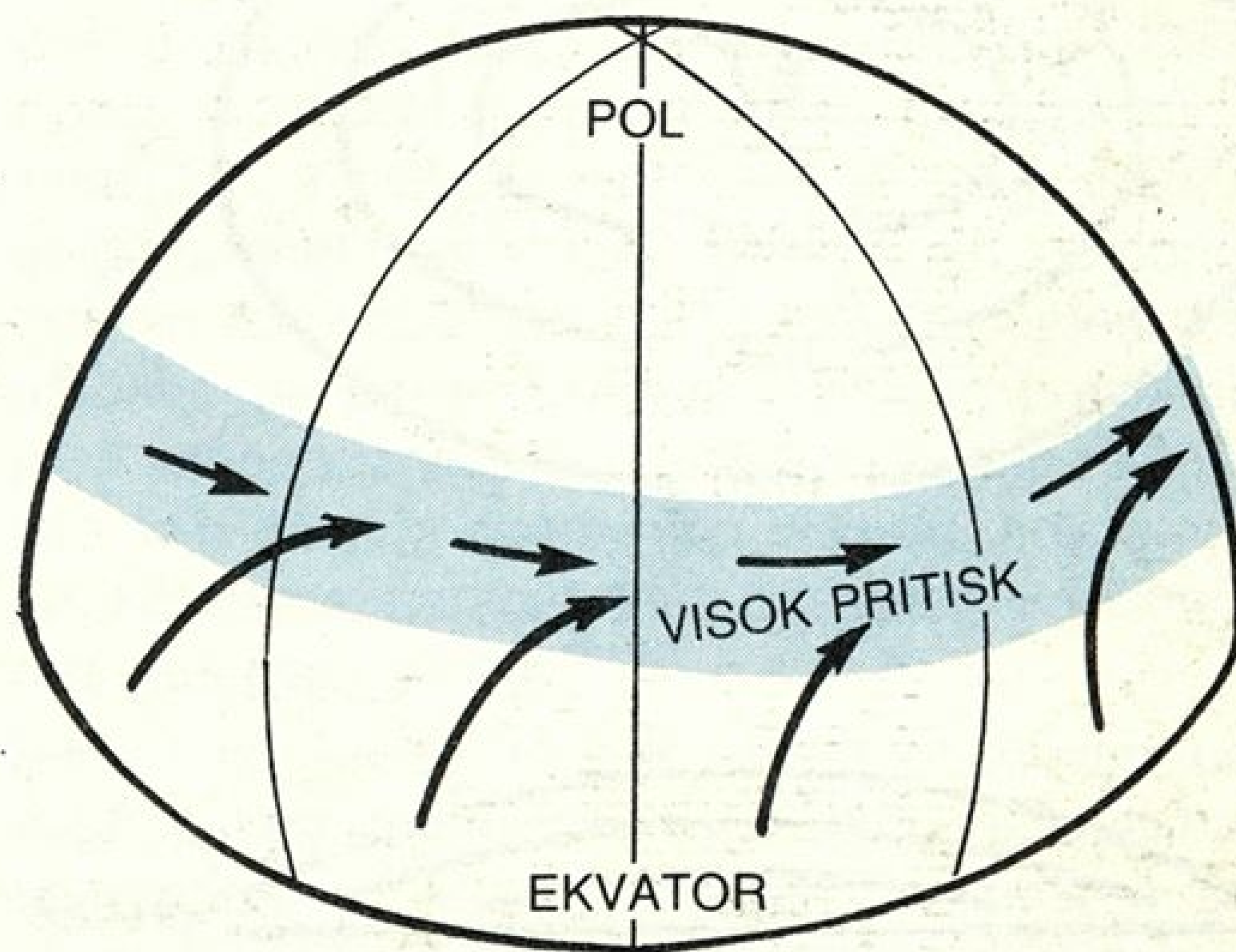


5.1 Globalna področja zračnega pritiska

nagnjenih pritiskovih ploskev hoče zrak teči od ekvatorja proti polu, odklonska sila pa ga odklanja, dokler na okoli  $30^{\circ}$  geografske širine ne teče že prav proti vzhodu. Tu se zrak v višinah zato kopiči in ustvarja pas visokega zračnega pritiska – slika 5.2.

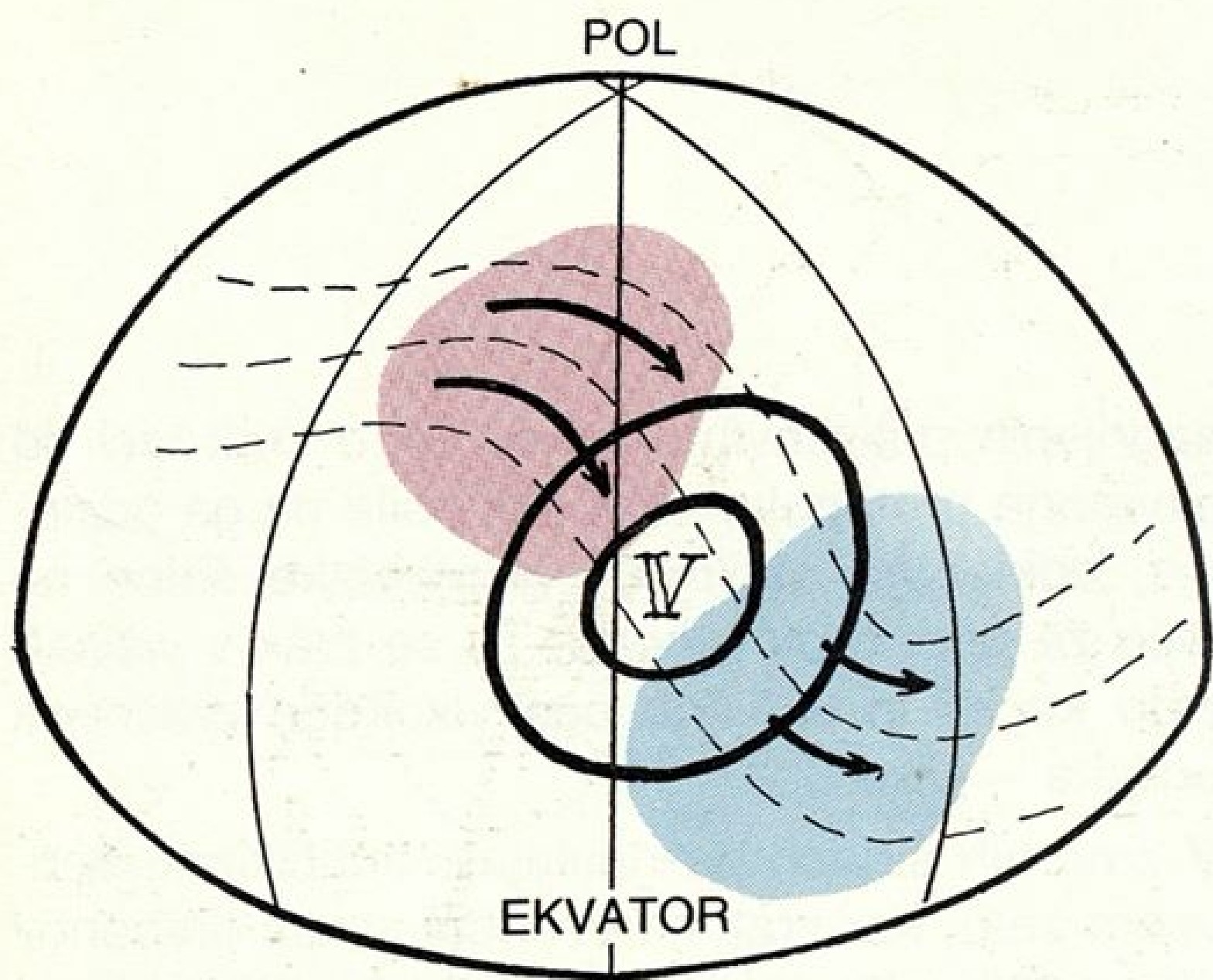
V zmernih širinah pa nastajajo anticikloni predvsem zato, ker zrak na vzhodni strani grebenov ultradolgih valov planetarnega zahodnika hitreje priteka, kot odteka – slika 5.3. Zrak se tu steka, kopiči in ustvarja področja višjega zračnega pritiska.

Vsak posamezni anticiklon je tudi približno krožna tvorba in je na karti oz. tlorisu lepo viden v polju zaključenih izobar z najvišjim zračnim pritiskom v sredini – slika 5.4a. V premeru meri nekaj tisoč kilometrov, v višine pa sega komaj do 10 km. Je torej tudi močno sploščen in ga moramo v preseku risati močno previšanega – slika 5.4b. V preseku pritiskovih ploskev je torej



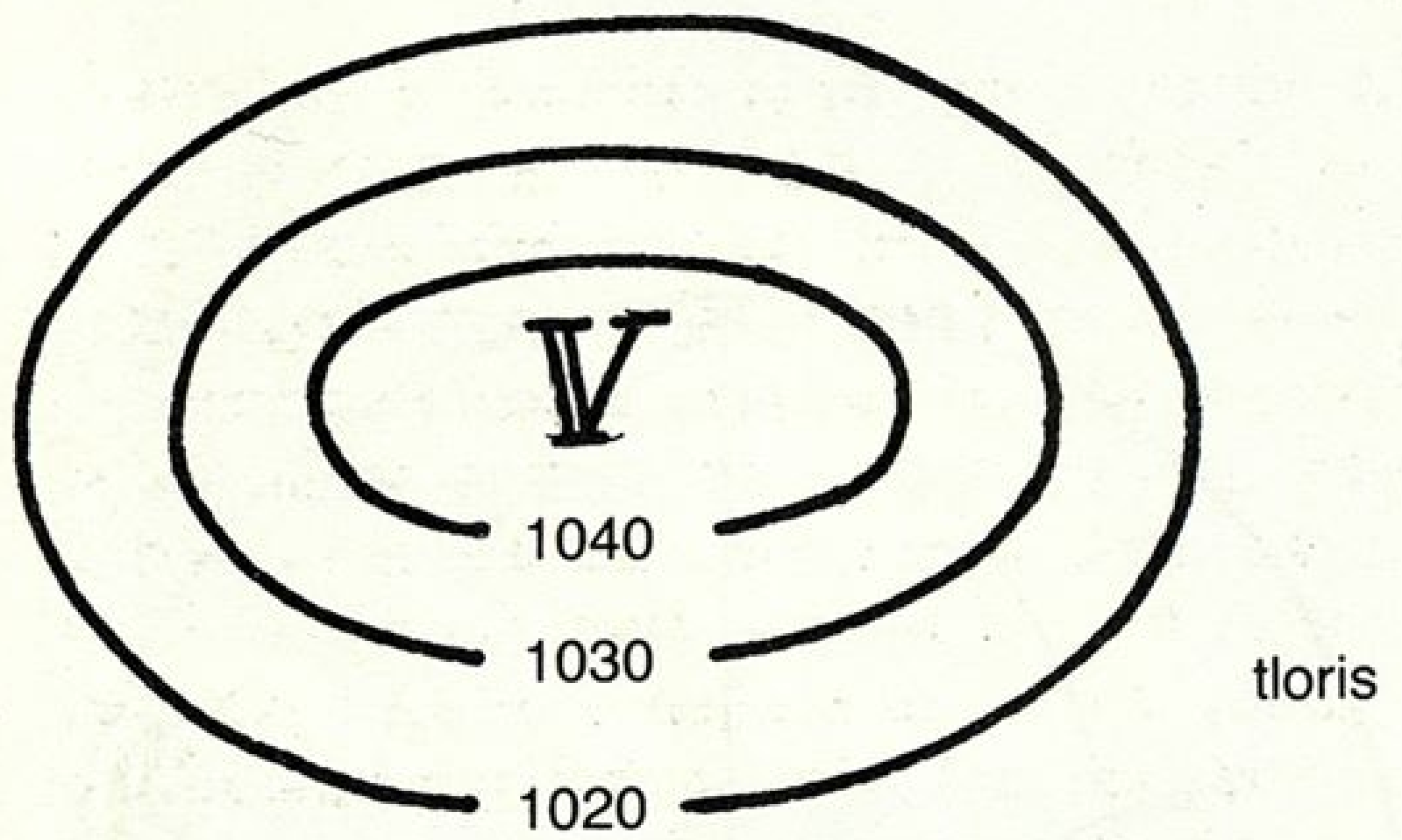
5.2 Nastanek subtropskega pasu visokega zračnega pritiska



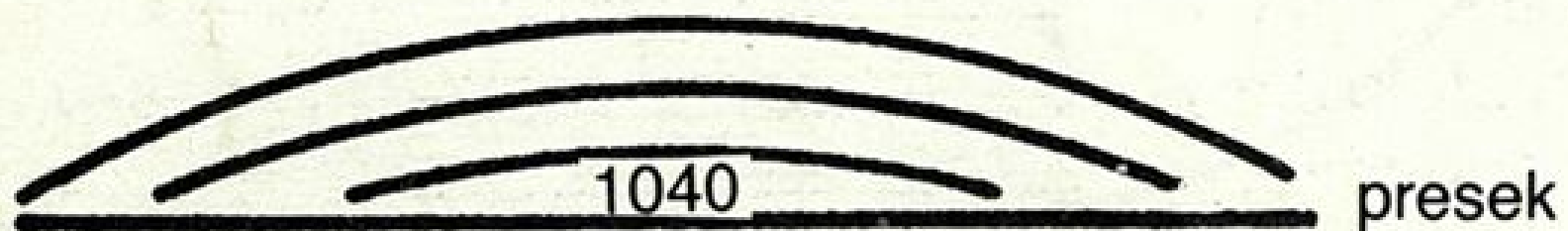


### 5.3 Nastanek valovnega anticiklona zmernih širin

kot širok hlebec; zračni pritisk pa pada navzgor in navzven. Padec pritiska navzgor je, kot že vemo iz poglavja 1, v glavnem uravnotežen s težo zraka; padec pritiska od središča navzven pa sili zrak navzven proti nižjemu pritisku v vodoravni smeri. Res se prične zrak tja gibati, toda spet se takoj pojavi odklonska sila in ga na severni polobli odklanja v desno. Zrak začne zato krožiti okrog središča anticiklona v smeri urinih kazalcev – slika 5.5 – torej v nasprotni smeri, kot v ciklonu.

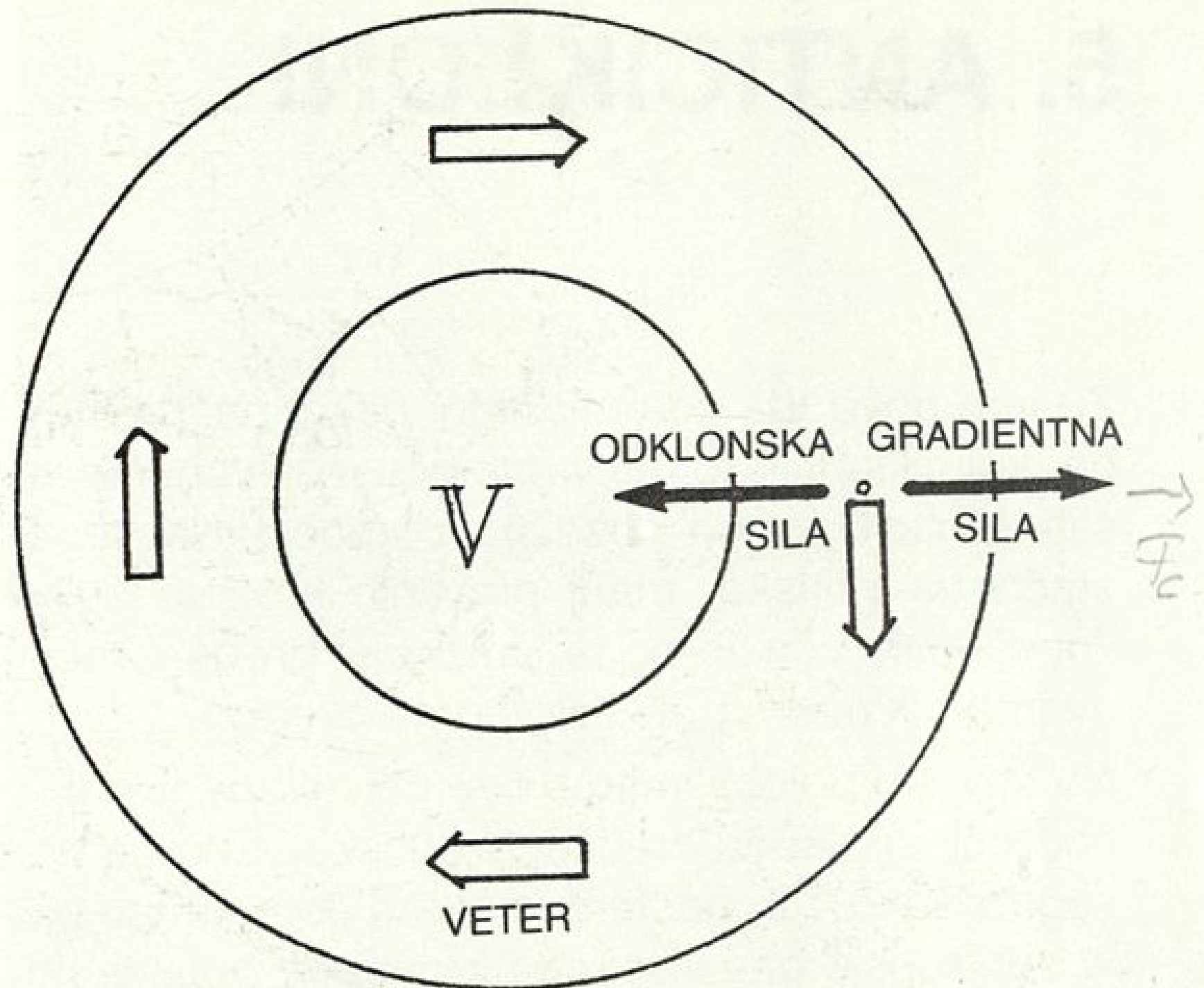


tloris



presek

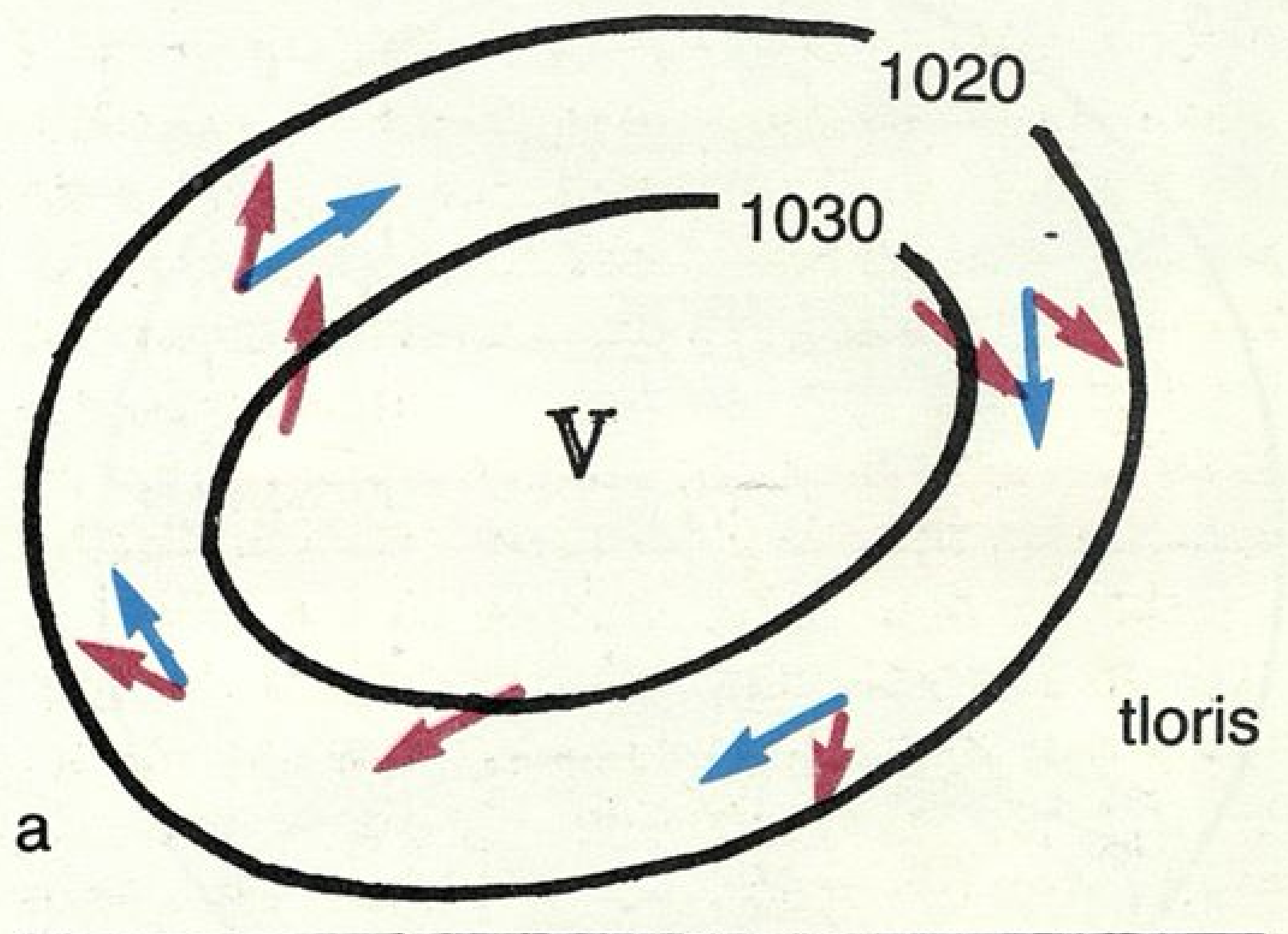
5.4 Tloris (a) in vertikalni presek (b) anticiklona, podanega z izobarami



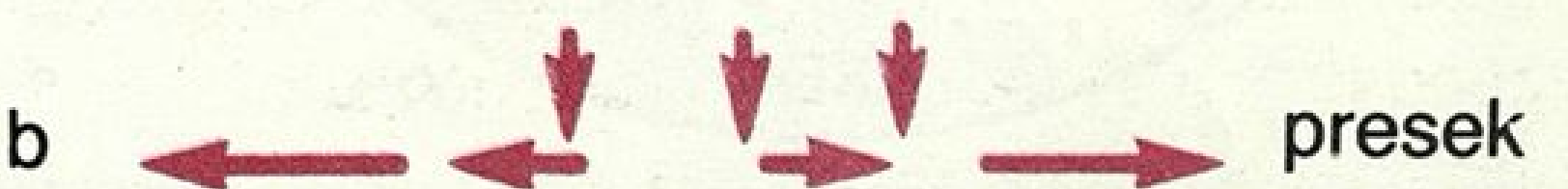
### 5.5 Razporeditev sil in kroženje zraka v anticiklonu malo nad tlemi

Ob takem kroženju zato v večjem zgornjem delu anticiklona ni odtekanja zraka navzven in anticiklon lahko vztraja več dni. Če pa se v višinah stekanje okrepi, nadaljuje in je močnejše od raztekanja pri tleh, živi anticiklon še dlje in se krepi.

Spodaj pri tleh pa podobno kot v ciklonu, trenje zavira gibanje oz. hitrost vetrov. S tem slabi odklonska sila in veter ne piha čisto krožno



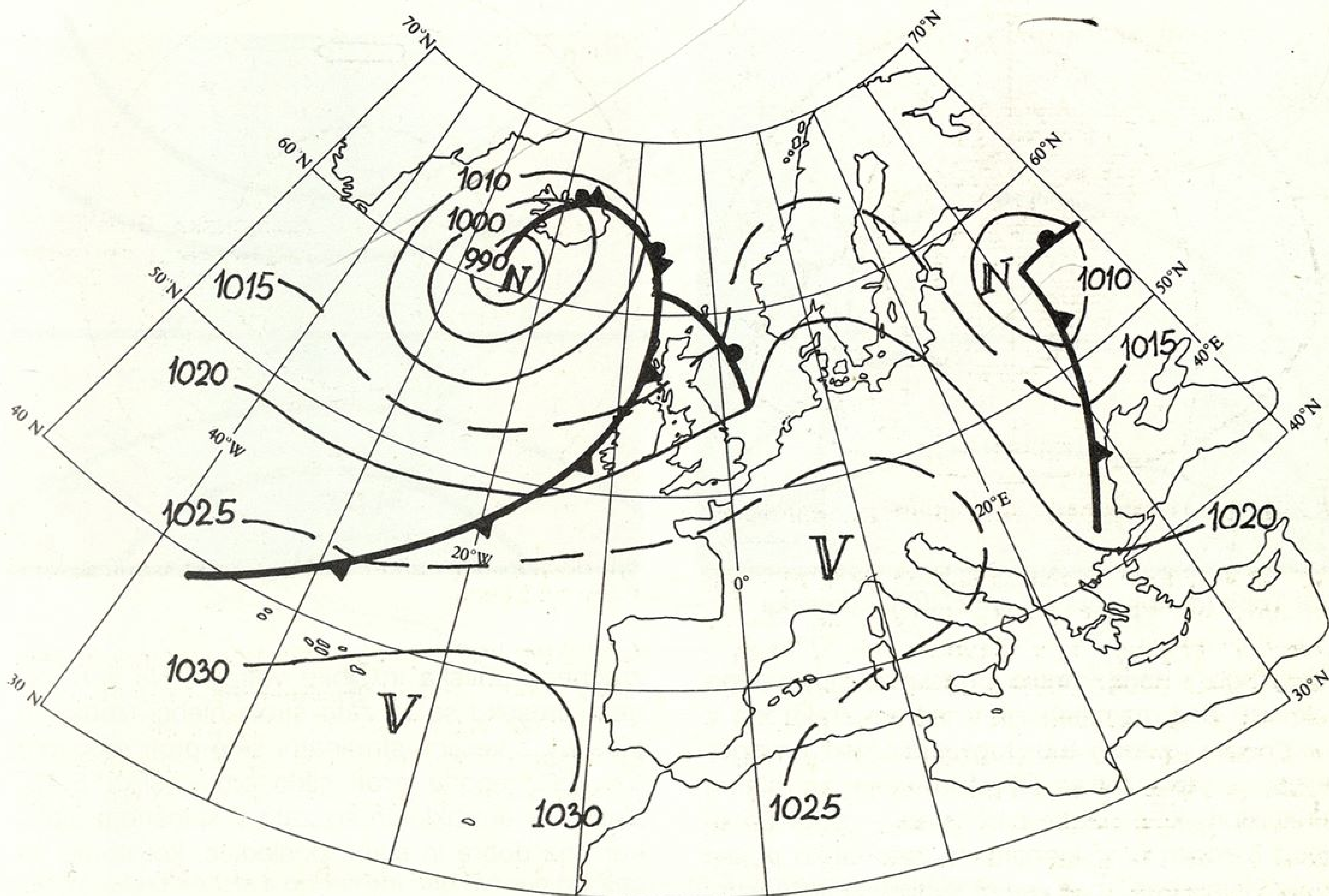
a



presek

5.6 Vetrovi v anticiklonu v višinah in pri tleh (a) ter gibanja zraka v navpičnem preseku (b)





5.7 Vremenska karta s primerom nad Evropo razširjenega Azorskega anticiklona

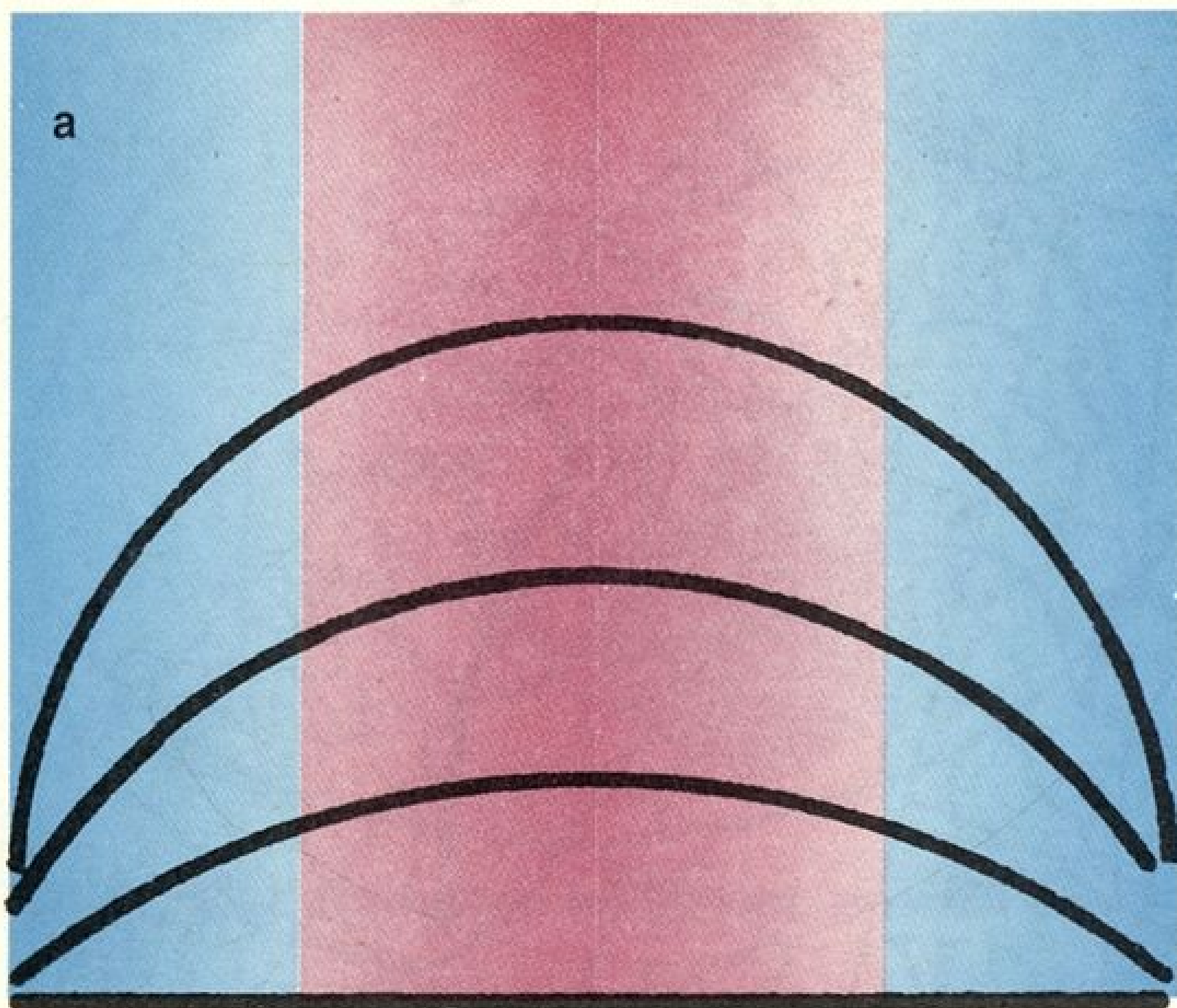
okrog središča, ampak se tudi pomalem odklanja v smer proti nižjemu pritisku; to pa je v anticiklonu navzven, zato se zrak pri tleh spiralasto razteka – slika 5.6 a. Stekanje in kopičenje zraka zgoraj in raztekanje spodaj pa zahteva izravnavo količine zraka. Zato se zrak v anticiklonu počasi spušča – slika 5.6 b. Spuščanje zraka pa, kot že vemo, povzroča, da prihaja zrak pod vpliv višjega pritiska, ki vlada niže. Zrak se pri tem stiska in ogreva. V ogreti zrak izhlapijo oblačne kapljice in nebo se zjasni – prav nasprotno kot v ciklonu. Spuščanje zraka v anticiklonu je glavni vzrok, da je ob visokem zračnem pritisku navadno lepo vreme. Pod prevladujočima planetarnima pasovima visokega zračnega pritiska v subtropskih geografskih širinah pa so zato puščave.

Od subtropskega pasu visokega zračnega pritiska se pogosto razširijo in osamosvojijo večji in ponavljajoči se anticikloni, kot npr. Azorski nad

vzhodnim Atlantikom in Kalifornijski nad vzhodnim Pacifikom. K nam nad srednjo in južno Evropo prinaša več dni trajajoče lepo in toplo vreme navadno prav razširitev Azorskega anticiklona, ki se nad Evropo pogosto osamosvoji – slika 5.7. V višinah nad nami je tedaj greben dolgih planetarnih valov v planetarnih zahodnih zračnih tokovih zmernih širin. Če omenjeni val uplahne ali pa se greben v višinah pomakne proti vzhodu, anticiklon oslabi. Naši kraji se spet znajdejo na vzhodnem robu višinske doline. Tu pa, kot vemo, zaradi raztekanja zraka v višinah, radi nastajajo cikloni.

Naši topli anticikloni, ki navadno izvirajo od subtropskega pasu visokega zračnega pritiska, so namreč v višinah močneje izraženi in se ujemajo z višinskimi grebeni oz. zajedami toplega zraka proti severu. Te nam na višinskih kartah na TV kažejo naši vremenoslovci.

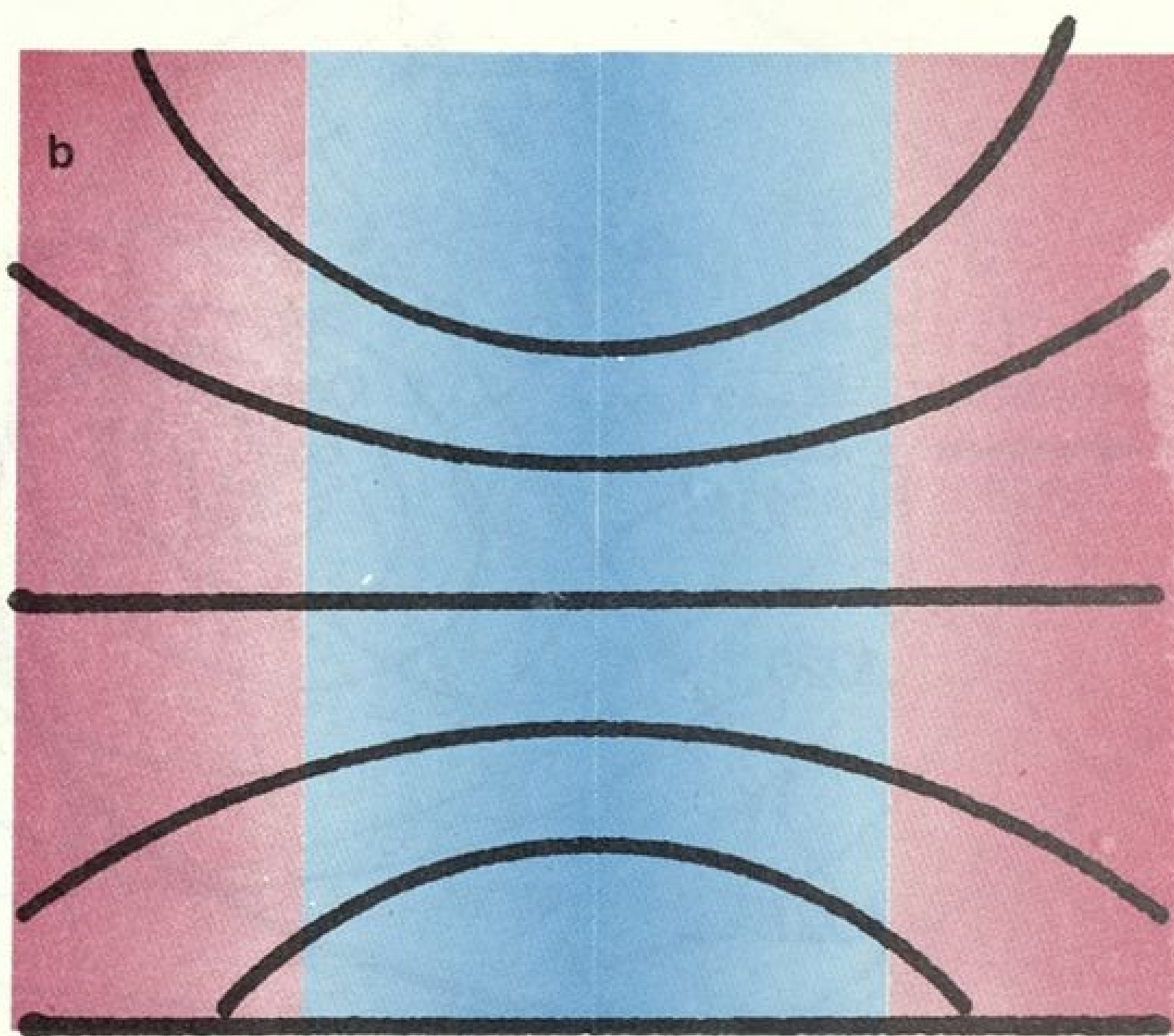




5.8 Topli (a) in hladni (b) anticiklon v preseku

V skladu s tem, da so pritiskove ploskve po vertikali bolj razmaknjene v toplen zraku kot v hladnem, se torej tudi topli anticiklon navzgor krepi – slika 5.8a. Obratno velja za hladni anticiklon, ki navzgor hitro slabi – slika 5.8b. Nad hladnim anticiklonom se zato lahko pojavi celo višinski ciklon z vsemi svojimi značilnostmi in posledicami: oblaki in padavinami. To so primeri, ki niso ravno izjemni, da imamo ob visokem zračnem pritisku pri tleh, oblačno vreme in celo padavine. To močno zmede tiste, ki imajo doma barometer in mislijo, da bodo samo z njim že lahko napovedovali vreme.

Hladni anticikloni so torej predvsem polarni, navadno pa tudi tisti, ki se razvijejo z razširitvijo grebena visokega zračnega pritiska od severa proti jugu. Sem spada znani sibirski anticiklon, ki se pozimi včasih razširi prav do nas ter z mrzlimi in suhimi severovzhodnimi vetrovi povzroča mrzla, a prijetna zimska obdobja, brez megle in onesnaženja zraka po kotlinah in pogosto z močno burjo na Primorskem – slika 5.9. Približno ravnotežje sil, ki odloča o trajnejšem gibanju zraka v anticiklonu, je tako, da gradientni sili pomaga sredobežna. Ta pa raste s kvadratom hitrosti in ne dovoljuje močnih vetrov pri majhnem radiju kroženja. Zato imajo anticikloni v širšem področju okrog središča šibka polja

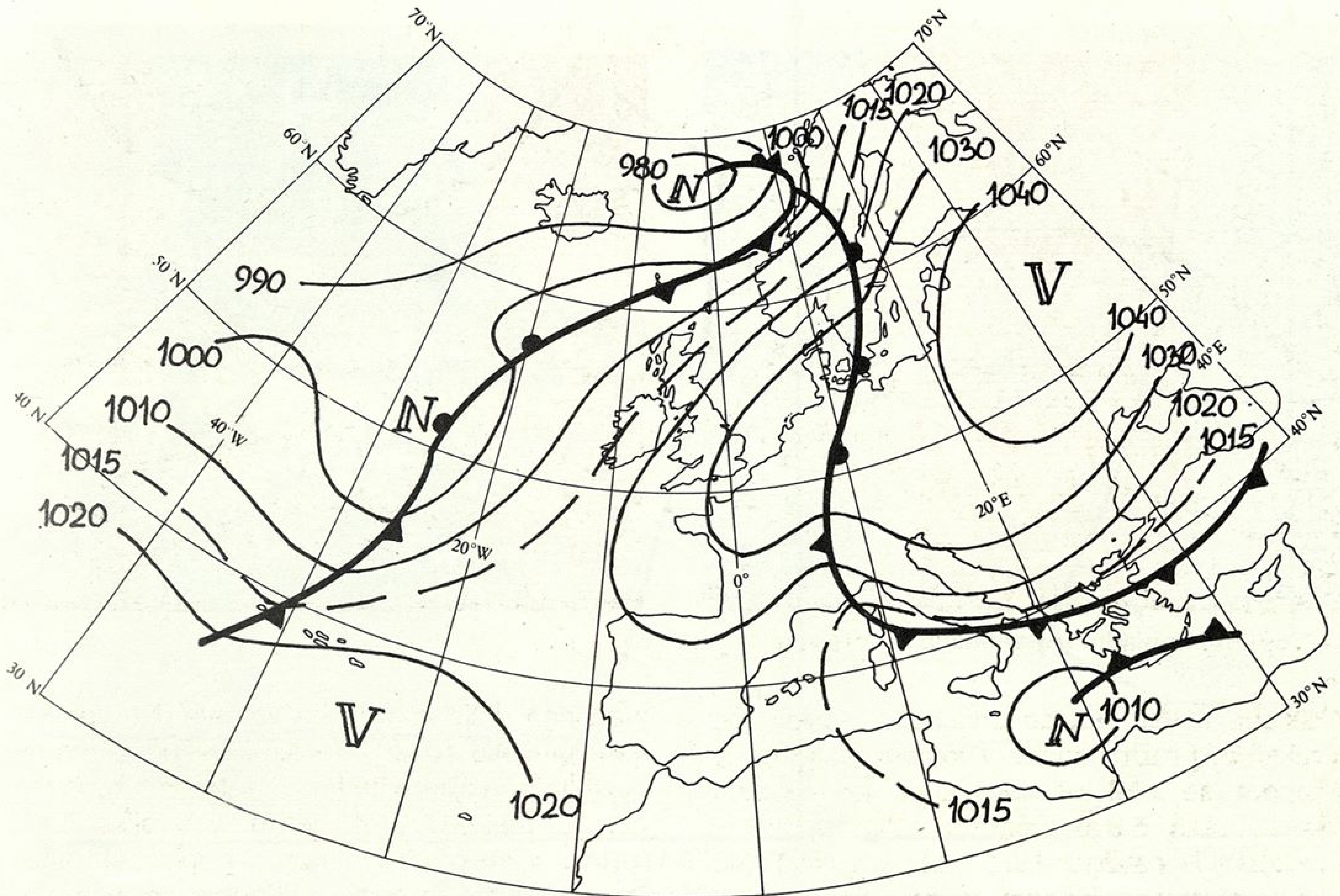


zračnega pritiska in šibke vetrove. Na vertikalnem preseku so to zato široki hlebci izobarnih ploskev z večjimi strminami šele proti robovom oz. na prehodu proti ciklonom – slika 5.4b. Vetrovi v anticiklonih so zato v splošnem šibki, kar ima dobre in slabe posledice, kot bomo še videli.

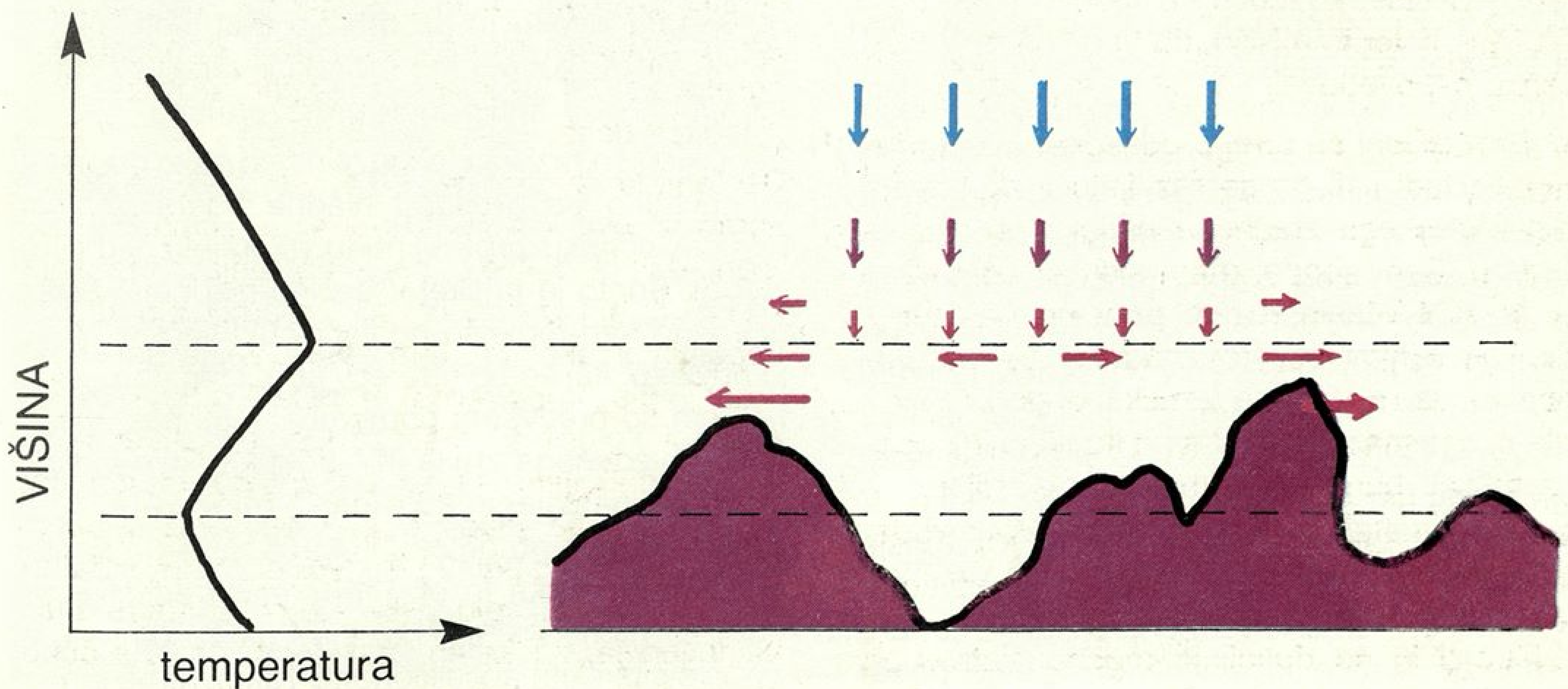
Vremenska dogajanja v anticiklonu so torej povezana s šibkimi vetrovi pri tleh in počasnim spuščanjem obsežnih zračnih plasti. Že hitrost spuščanja samo 1 cm/s pomeni v enem dnevu spust zraka za skoraj 900 m in s tem njegovo ogretje za 9°C, kar ima navadno za posledico zjasnitev neba.

Ob tem, ko se zračne plasti spuščajo, pa se ne samo ogrevajo, ampak tudi stabilizirajo. To pomeni, da bolj dušijo navpična gibanja in mešanja zraka in s tem dušijo ali preprečujejo razvoj kopastih oblakov in s tem neviht. Večja stabilnost zračnih plasti po spustu je posledica tega, da so pritiskove ploskve v višinah, kjer je zrak redkejši, bolj razmaknjene in se pri spustu zgornji del spuščajoče se plasti bolj ogreje, kot spodnji. Zato v spuščeni plasti temperatura manj izdatno pada z višino ali celo raste – to pa je temperaturna inverzija, za katero že vemo, da je močno stabilna in preprečuje navpična gibanja zraka. Raztekanje zraka v spodnjih delih anticiklona je



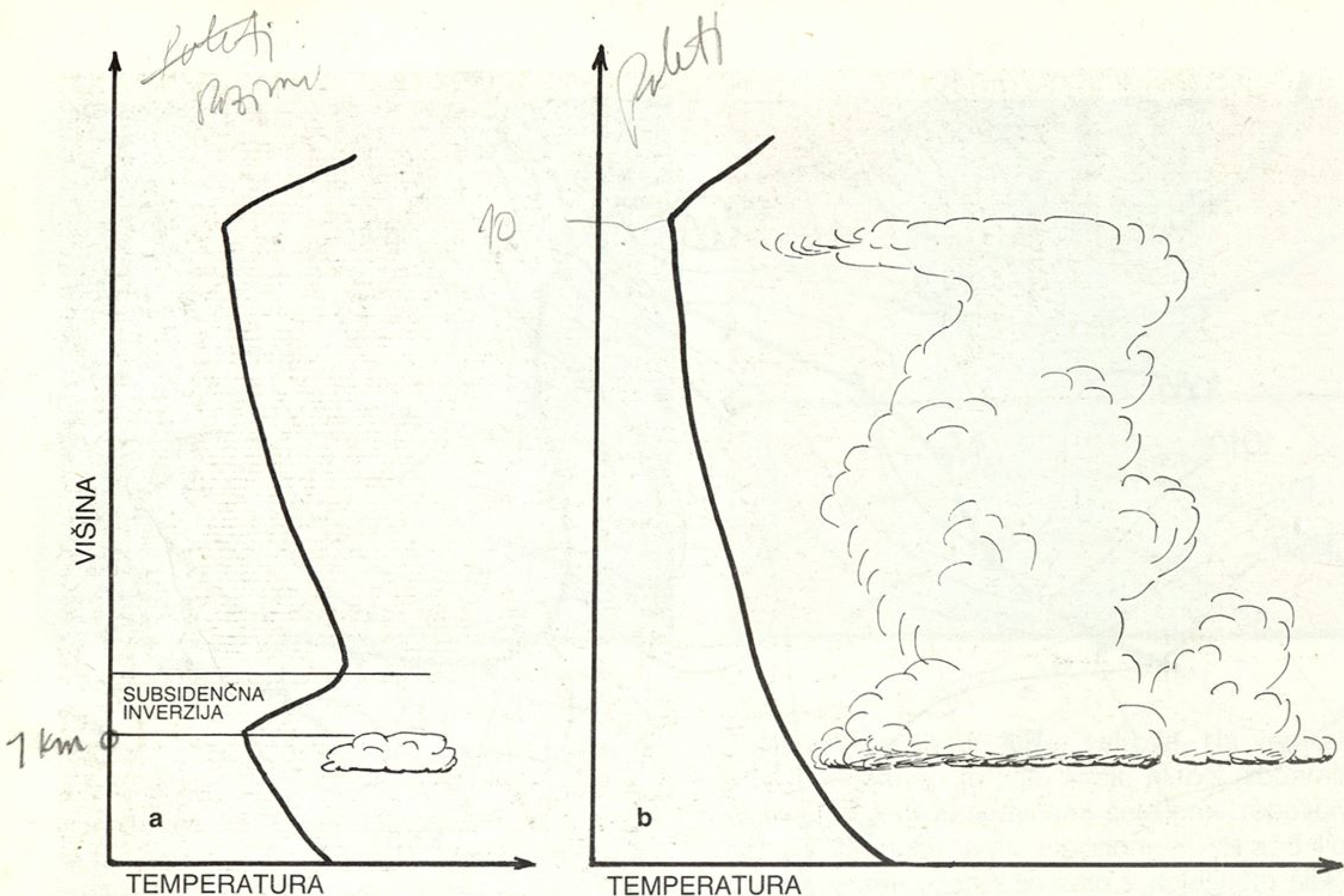


5.9 Vremenska karta s primerom nad Evropo razširjenega Sibirskega anticiklona



5.10 Razvoj subsidenčne inverzije v razgibanem terenu





5.11 Vertikalna razporeditev temperature v stabilnih (a) in labilnih (b) pogojih z značilnimi oblaki

sicer pogojeno s trenjem ob tla. Toda ker je čisto pri tleh tok močno oviran, je glavno raztekanje kak kilometer nad tlemi oz. v razgibanem reliefu približno v višini grebenov gora – slika 5.10. Na meji sesedanja je zrak zato ogret, tisti pod njim pa ne. Tako nastalo inverzijo imenujemo subsidenčna inverzija. Ta je glavna zapora vertikalnim tokovom v troposferi. Zlasti pozimi deli troposfero v anticiklonu na dva dela: spodaj je hladen in navadno onesnažen zrak, zgoraj pa toplejši in suh. Z goskih vrhov, ki segajo nad subsidenčno inverzijo in se kopljejo v zimskem soncu, je videti spodaj temno onesnaženo plast, kadar je tudi spodaj zrak bolj suh. Kadar pa je vlažen, je videti megleno morje, ki pokriva večino Slovenije. V takih primerih ima npr. Kredarica za  $10^{\circ}\text{C}$  višje temperature kot Ljubljana, čeprav je navadno prav obratno. Pod subsidenčno inverzijo so lahko še nižje ležeče inverzije, ki zapirajo posamezne kotline.

Poleti dovoljuje subsidenčna inverzija vertikalne tokove in mešanja le do svoje zgornje meje. Konvektivni kopasti oblaki so pod njo sploščeni, ne segajo visoko in ne morejo dati ploha ali se razviti v nevihte. Vreme ob taki inverziji oz. tudi zaradi nje je v anticiklonu pretežno lepo.

Anticiklon se razraste ali razširi nad neko območje navadno po prehodu hladne fronte oz. po njenem odmiku proti vzhodu ali jugovzhodu. S hladno fronto je pritikel v deželo hladnejši zrak, navadno nad toplejšo podlago. Od več vzrokov je odvisno, kaj se bo naprej v atmosferi dogajalo. Pri tem so predvsem pomembni letni čas, vlažnost dovedenega zraka in hitrost krepitve anticiklona oz. nastajanja subsidenčne inverzije.

Pozimi imamo ob pritoku suhega, polarno kontinentalnega zraka in ob hitri krepitvi anticiklona suho in mrzlo vreme, kot smo ga že omenili v zvezi s sibirskim anticiklonom. Tako vreme lahko nastane tudi po pritoku hladnega in suhega

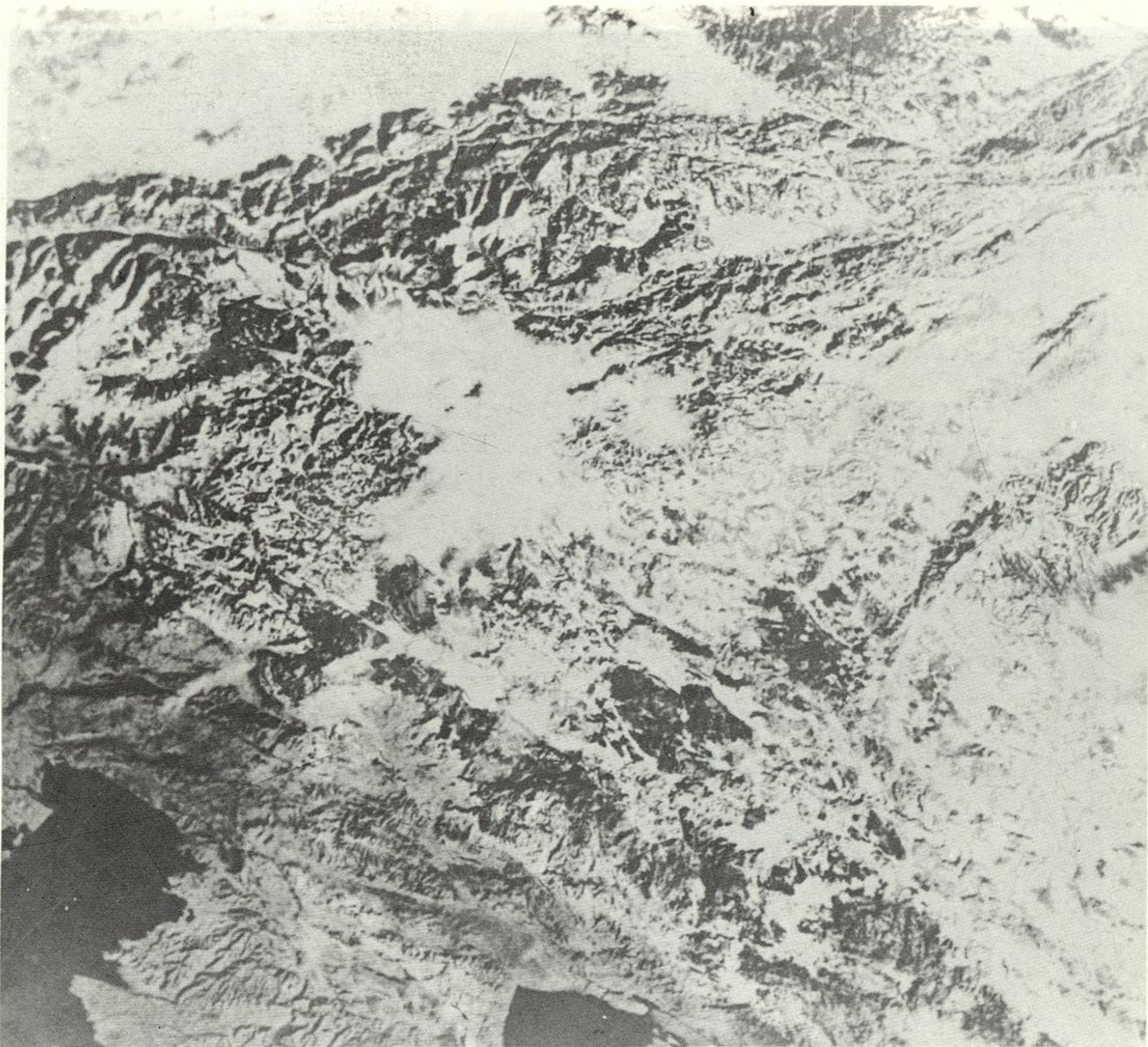


satelitska slika  
0°C



5.12 Satelitska slika južne Evrope ob anticiklonu pozimi nad njo





**5.13 Satelitska slika Slovenije z meglo v Ljubljanski, Litijski in Idrijski kotlini**

zraka od severa ali severozahoda ob razširitvi polarnega anticiklona od tam. Če pa je za hladno fronto priteknel hladen in vlažen morsko-polarni zrak, se ta pozimi pri tleh nadalje ohladi pod rosišče in kotline se kmalu spremenijo v meglena jezera. Nad njimi je bolj suh, čeprav ne povsem čist zrak, in še višje je subsidenčna inverzija – glej fotografije.

Poleti pa se s hladno fronto priveden hladni zrak spodaj ogreje. To sproži vertikalna mešanja – konvekcijo, ki lahko seže visoko skozi troposfero

prav do tropopavze (okrog 10 km visoko). Če je zrak bolj suh in je sesedanje zraka že kmalu izdatno, se pojavijo le manjši in posamezni kopasti oblaki lepega vremena. Če pa je s fronto privedeni zrak močno vlažen, zlasti spočetka, ko so stabilizacijski učinki anticiklona še šibki, zaki-pijo dopoldne v nebo veliki kopasti oblaki. Ti se kmalu ali popoldne razvijejo v nevihtne cumulo-nimbuse – slika 5.11. V šibkem anticiklonu se nevihte pojavljajo še tretji dan po prehodu hladne fronte, pri močnem sesedanju zraka oz. ob





#### 5.14 Konvektivna oblačnost nad kopnim – nad morjem je ni

močni subsidenčni inverziji pa jih tudi v vlažnem zraku že drugi dan ni več. V zvezi s tem velja, da je navadno v anticiklonu najlepše vreme šele tedaj, ko je že čez vrh svojega razvoja, to je, ko že počasi slabi ali odmira.

Vsa ta dogajanja v anticiklonu, kot tudi lastnosti

bližajočih se zračnih mas in vplivov podlage, morajo napovedovalci vremena skrbno spremljati in preverjati možne učinke po posebnih (termodinamičnih) diagramih, da lahko ocenijo, kakšen razvoj vremena je pri danih razmerah in na posameznih območjih Slovenije najbolj verjeten.



Razložili smo že, zakaj so v anticiklonih splošni vetrovi sorazmerno šibki. Prav zato pa je vpliv lokalnih razmer v anticiklonu najbolj izrazit. Tedaj močno izstopijo vplivi reliefa zaradi razlik v ogrevanju različno nagnjenih in različno obrnjenih pobočij, vpliv različne sestave tal ali različne obraščenosti, pojavi še vpliv kotlin, obale itd.

Razvijejo se lokalni vetrovi kot so pobočni vetrovi, podolinski vetrovi, obalni vetrovi, burja, ki v odvisnosti od raznih pogojev prej ali pozneje oslabi in drugo.

Pozimi se ob mirnem vremenu v anticiklonih pojavljajo obdobja visokega onesnaženja zraka pri tleh, zlasti v naseljenih oz. urbaniziranih kotlinah, kjer je mnogo virov onesnaženja in ker se pač zrak navzgor ne meša. Čeprav so splošno vremenska dogajanja v anticiklonih manj izrazita in mirnejša kot v ciklonih, so dogajanja tudi tu vse prej kot preprosta. Pravilna ocena dogajanj in razvoja za pripravo prognoze, terja zato poglobljene študije in zahtevne priprave.

V skladu z vremenom, ki je navadno v anticiklonu pretežno jasno, so na satelitskih slikah vidni anticikloni kot velika temnejša področja z vidnim reliefom oz. kopnim in morjem – slika 5.12. Spomladi in v jeseni, ko sneg pokriva le višje predele, so lepo vidni beli snežni grebeni in vmes temne doline in nižine, drugič pa temnejši nižji grebeni in bele – z meglo zapolnjene kotline – slika 5.13. Spomladi, ko je morje še hladno, se le nad kopnim razvija konvektivna oblačnost, ki je nad morjem ni – slika 5.14.

Nad relativno toplimi morji se ob pritoku hladnega zraka od severa razvija konvekcija. Ta je na satelitskih slikah vidna kot počesana oblačnost s kupčki, ki so proti jugu vse večji in oblačne ceste prekrijejo večji del neba – slika 5.15, ki pa ob okrepitvi anticiklona spet izginejo.

V anticiklonu torej prevladuje lepo vreme, toda ponekod šele dan ali dva po njegovem nastanku oz. razširitvi nad kako območje. V kotlinah pa je pozimi pogosto narobe: po kratkem izboljšanju vremena oz. prenehanju padavin ob fronti, se v anticiklonu kotline kmalu spremenijo v jezera vlažnega in onesnaženega zraka, kar se pri nas

pogosto dogaja. Le v višjih legah je sončno in topleje.

Tudi odcepitev hladnega zraka od zaledja, lahko povzroči, da je vreme kljub visokemu zračnemu pritisku slabo. V splošnem pa le velja, da je vreme ob anticiklonu nad nekim območjem lepo.



5.15 Satelitska slika oblačnih cest ob severnih tokovih nad toplejšimi morji



## 6. BLOKADA, VIŠINSKI IN SREDOZEMSKI CIKLONI

Včasih so planetarni zahodni zračni tokovi v zmernih širinah dalj časa izrazito vzporedniški, to pomeni, da pihajo vetrovi v dokaj gladkem obroču okrog poloble in zato ni izmenjave zraka in energije med ekvatorjalnimi in polarnimi območji. Presežek energije sončnega obsevanja na ekvatorju in njen primanjkljaj okrog pola, močno povečata temperaturne razlike v smeri sever-jug. Polarna fronta se močno okrepi in z njo vetrovna striženja. Teorije kažejo in praksa potrjuje, da so take razmere zelo labilne – občutljive tudi za manjše motnje. Motnje se v zračnih tokovih vedno pojavljajo, v takih labilnih razmerah pa se iz njih hitro razvijejo razni vodoravni in na tok prečni valovi.

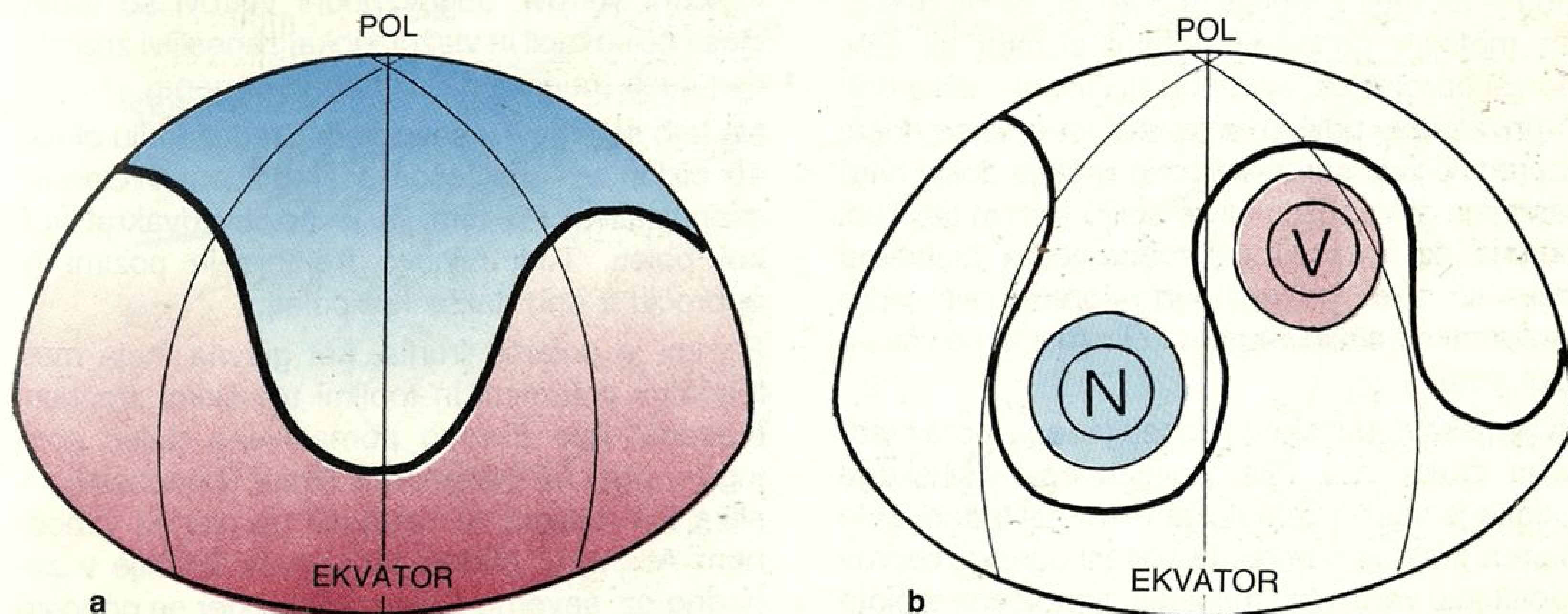
V opisanem primeru, ko je vetrovno striženje močno in so temperaturne razlike na majhne razdalje velike (velik horizontalni temperaturni gradient), vlada tako imenovana baroklina nestabilnost, v kateri valovom nekaterih valovnih dolžin amplituda nezadržno narašča. To pomeni, da se v dolini hladni polarni zrak zajeda vse dalje proti jugu, v sosednjem grebenu pa se topli tropski zrak daleč proti severu – slika 6.1 a. Ta

proces se včasih ne ustavi in val ne uplahne, ampak narašča naprej, tako da izgubi svojo obliko in se pretvori v nekakšne zanke oz. prešcipnjene zajede, podobne očalom – slika 6.1 b.

Ob tem topli in hladni zrak izgubita povezavo s svojim zaledjem, od katerega se odcepita, in daleč na severu se pojavi zaključeno jedro toplega zraka, daleč na jugu pa zaključeno jedro hladnega zraka. V takih primerih imajo lahko npr. otoki Spitzbergi, ki so daleč na severu (čez  $75^{\circ}$  g. š.), enako temperaturo zraka kot Alžir na severnem robu Afrike ( $35^{\circ}$  g. š.).

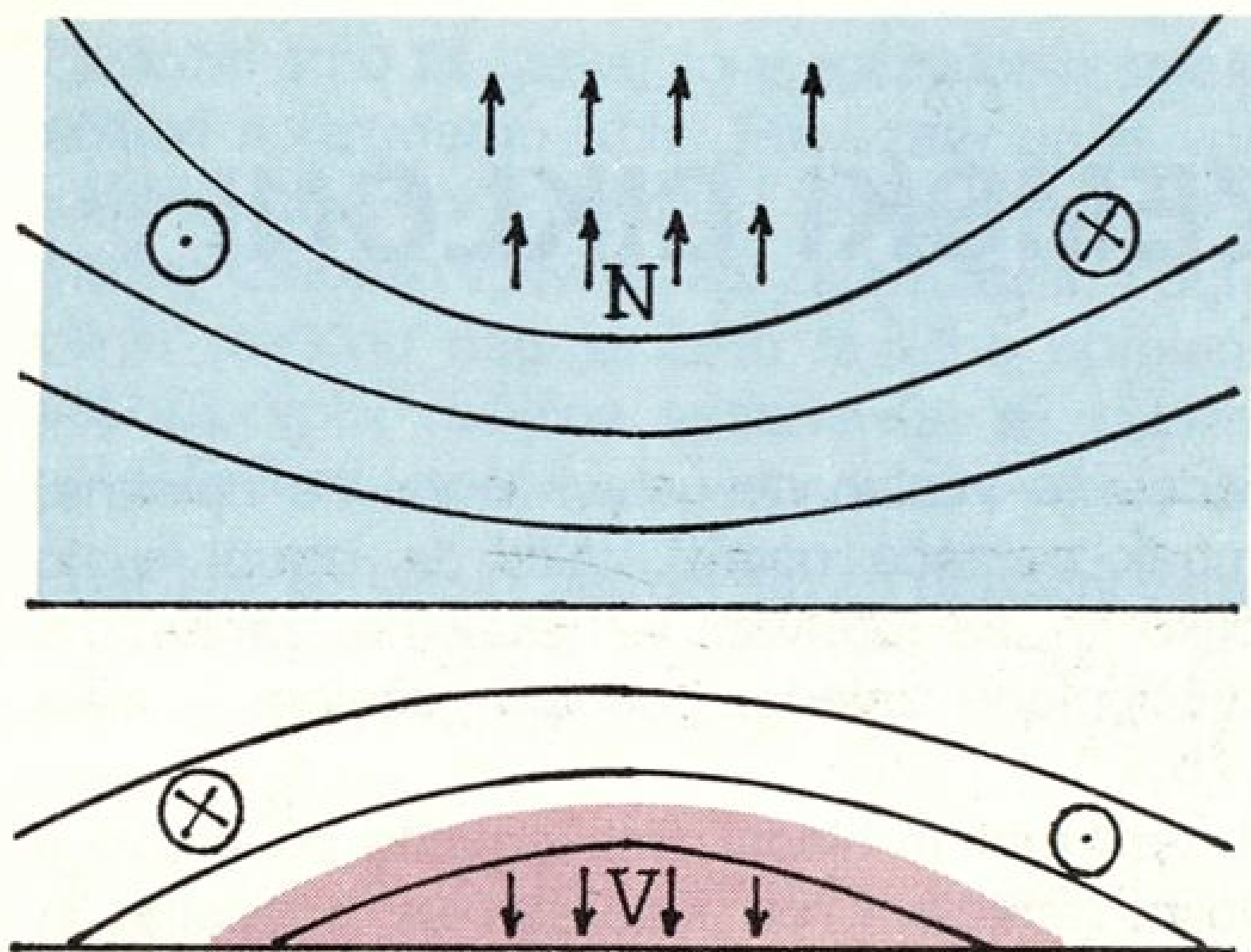
Pri takem preoblikovanju valov je pas planetarnih zahodnih tokov prekinjen oz. zaustavljen in govorimo o blokadi teh tokov. Vremenske tvorbe zdaj ne potujejo več od zahoda proti vzhodu, ampak po teh močno zverženih meandrih in se tudi bolj čudno obnašajo. S tem pa delajo napovedovalcem vremena sive lase, pri uporabnikih napovedi pa ustvarjajo nevoljo nad češče zgrešenimi napovedmi vremena v takih dneh.

V skladu z nam že znanim dejstvom, da so v toplem zraku izobarne ploskve po višini bolj



6.1 Ultradolgi val na polarni fronti (a) in nastanek blokade (b)





6.2 Ciklon v višinah in anticiklon pri tleh v preseku

razmaknjene kot v hladnem, se nad jedrom toplega zraka na severu ustvari višinski anticiklon s cirkulacijo in značilnostmi, ki mu pripadajo (pogl. 5.). Toda to je daleč na severu in se nas neposredno ne tiče.

Odcepljeno jedro hladnega zraka pa je pogosto v naši bližini ali celo nad nami in močno spremeni siceršnja vremenska dogajanja pri nas. V odcepljenem jedru hladnega zraka, ki ima premer največkrat okrog 1000 kilometrov, so izobarne ploskve po višini stisnjene. Čeprav je pri tleh zračni pritisk normalen ali celo visok, se v višinah srednje troposfere (okrog 5 km nad tlemi) pojavi višinski ciklon z značilnim ciklonalnim kroženjem zraka okrog središča – slika 6.2. Na njegovem robu – na meji s toplejšim zrakom, se ob dodatnih motnjah pojavijo frontalni sistemi ali celo manjši obrobni oz. sekundarni cikloni – slika 6.3. Ti povzročajo poslabšanja vremena, ki so dokaj nepredvidljiva, saj te obrobne motnje dokaj hitro nastajajo ali izginjajo ali se selijo sem in tja. Tudi gibanja oz. premiki celotnega jedra hladnega zraka so dokaj neurejeni in nepredvidljivi: jedro se pomakne lahko v katerokoli smer in se včasih spet vrne.

Življenjska doba takega odcepljenega jedra hladnega zraka in z njim povezanega višinskega ciklona je včasih zelo dolga – kar cel teden. Zelo hladen zrak se namreč le počasi ogreva, čeprav sodelujejo vertikalna mešanja, sproščena toplota kondenzacije ob nastanku oblakov in padavin in

tudi sevanje toplejših tal. Z ogrevanjem jedro hladnega zraka slabi in z njim njegova zaključena cirkulacija ter končno izgine. Nakar se v zmernih širinah spet vzpostavi obroč planetarnih zahodnih tokov in blokade je s tem konec, vremenska dogajanja pa gredo spet po bolj ustaljenih poteh in spremembah.

Večja gostota in s tem teža hladnega zraka daje pri tleh sorazmerno visok zračni pritisk, ciklon zgoraj pa ustvarja z dviganjem zraka kondenzacijske pojave in slabo vreme. Zato so to najbolj značilni primeri, ko imamo ob visokem zračnem pritisku (po naših barometrih) po več dni oblačno, vmes pa tudi padavine.

Premik takega odcepljenega jedra hladnega zraka nad Sredozemsko morje okrepi ali razvije sredozemski ciklon. Ta je v takih primerih precej obsežen in zaradi bližine neposredno vpliva na naše vreme. Pa tudi sicer povzročajo cikloni, ki pridejo ali nastanejo v severnem Sredozemlju, pri nas pogosto dolgotrajne in obilne padavine. Cikloni nastanejo v severnem Sredozemlju v glavnem na tri načine:

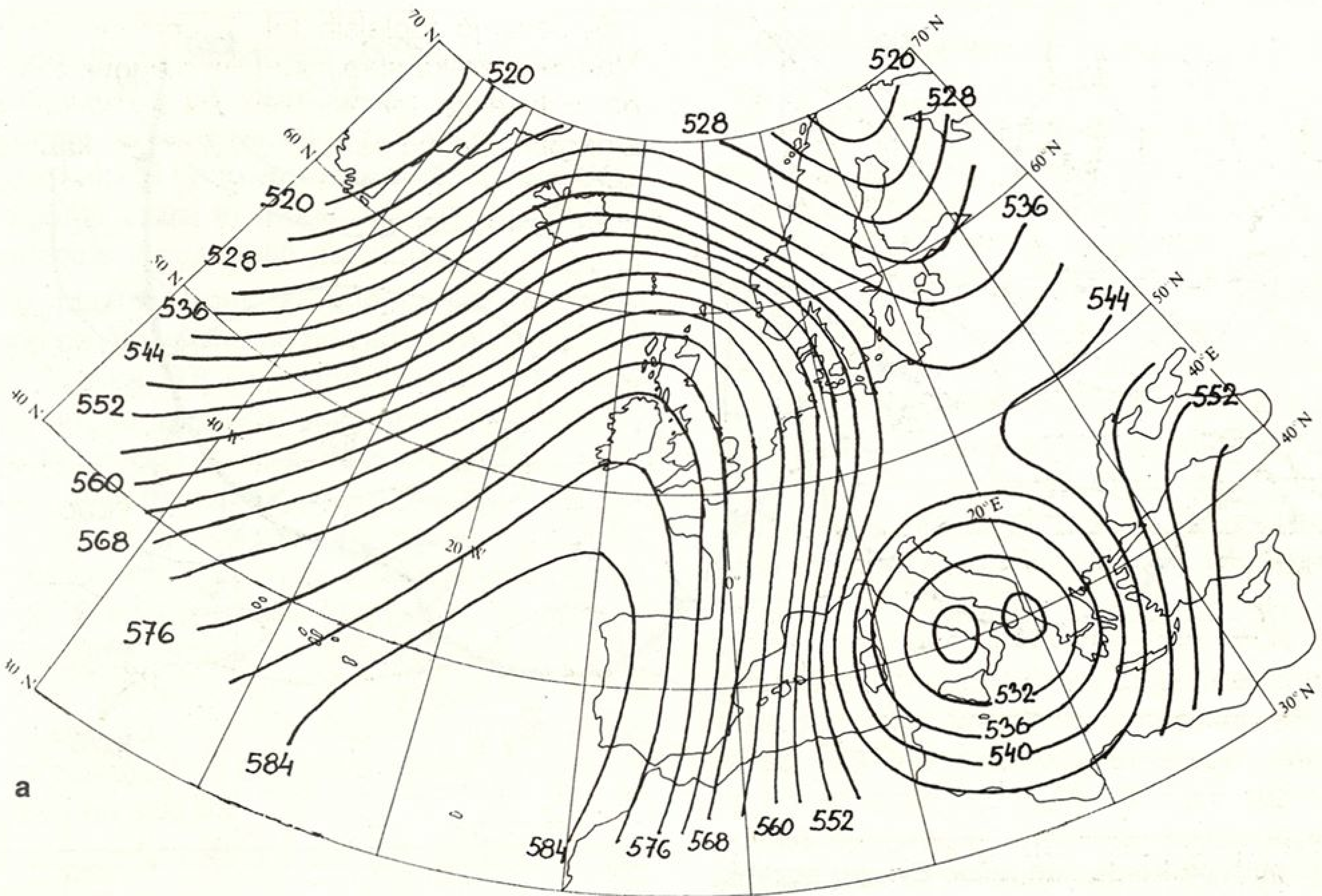
- višinski ciklon blokade se tu okrepi in razširi do tal,
- ciklon pride z Atlantika prek Španije,
- ciklon nastane kot val na hladni fronti.

Ob ciklonu v severnem Sredozemlju je njegovo jedro jugozahodno od nas, zato pihajo tedaj pri nas pri tleh in v nižjih oblakih navadno jugovzhodni vetrovi. Jugovzhodni vetrovi so tedaj, zlasti če so topli in vlažni, dokaj zanesljivi znanilci dalj časa trajajočega slabega vremena.

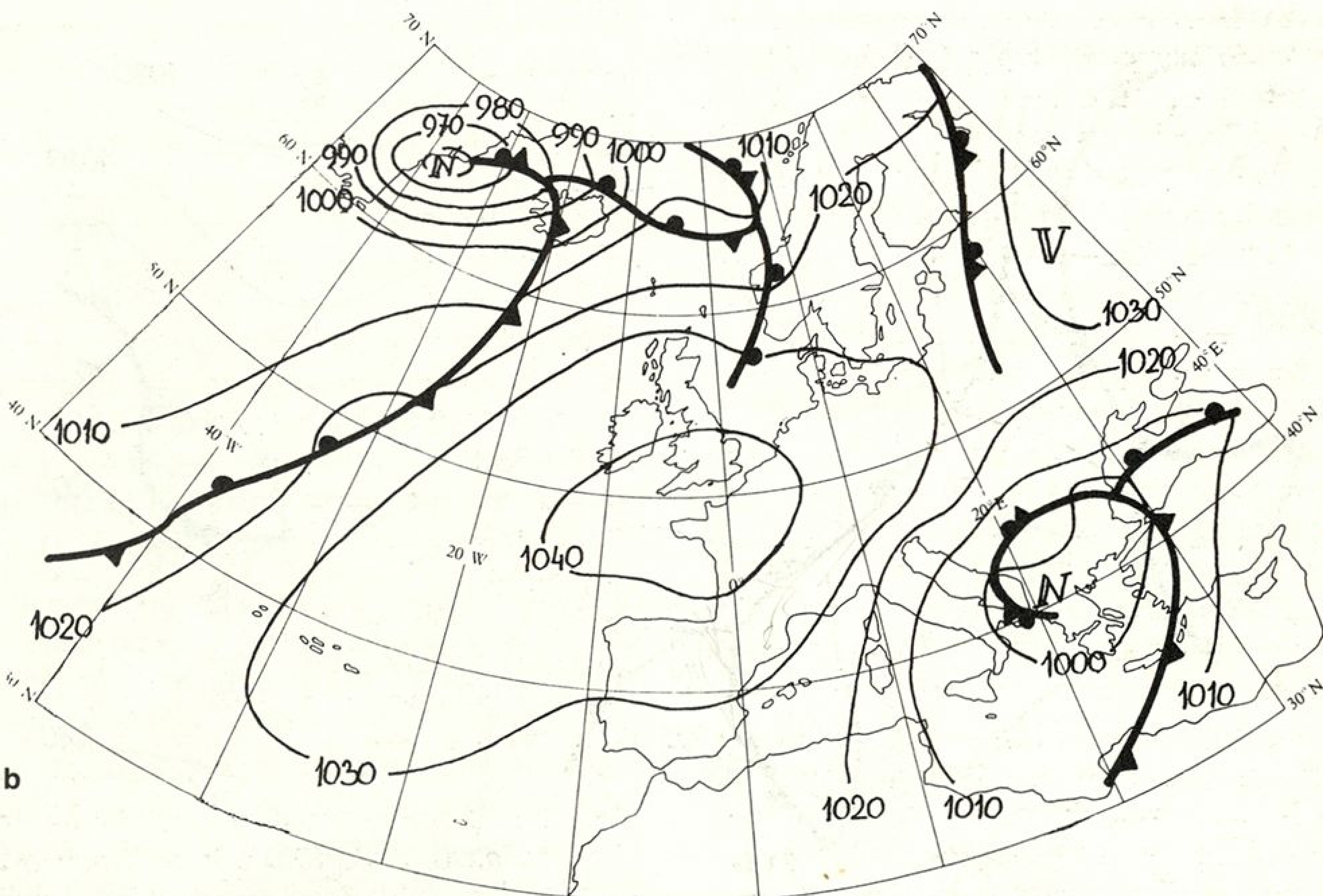
Na leto se pojavi v severnem Sredozemlju okrog 40 ciklonov – največje s središčem v Genovskem zalivu. Pri tem jih je pozimi dvakrat več kot poleti. Tudi njihovo trajanje je pozimi (v poprečju 2 dni) daljše kot poleti.

Pozimi je polarna fronta, kot glavna meja med hladnimi polarnimi in toplimi tropskimi zračnimi masami, nad Evropo pomaknjena daleč proti jugu – prav na geografske širine Sredozemlja – slika 6.4. Cikloni, ki nastajajo na njej na vzhodnem Atlantiku, pridejo tedaj prek Španije v zahodno oz. severno Sredozemlje, kjer se pogosto zaustavijo in okrepijo – slika 6.5.





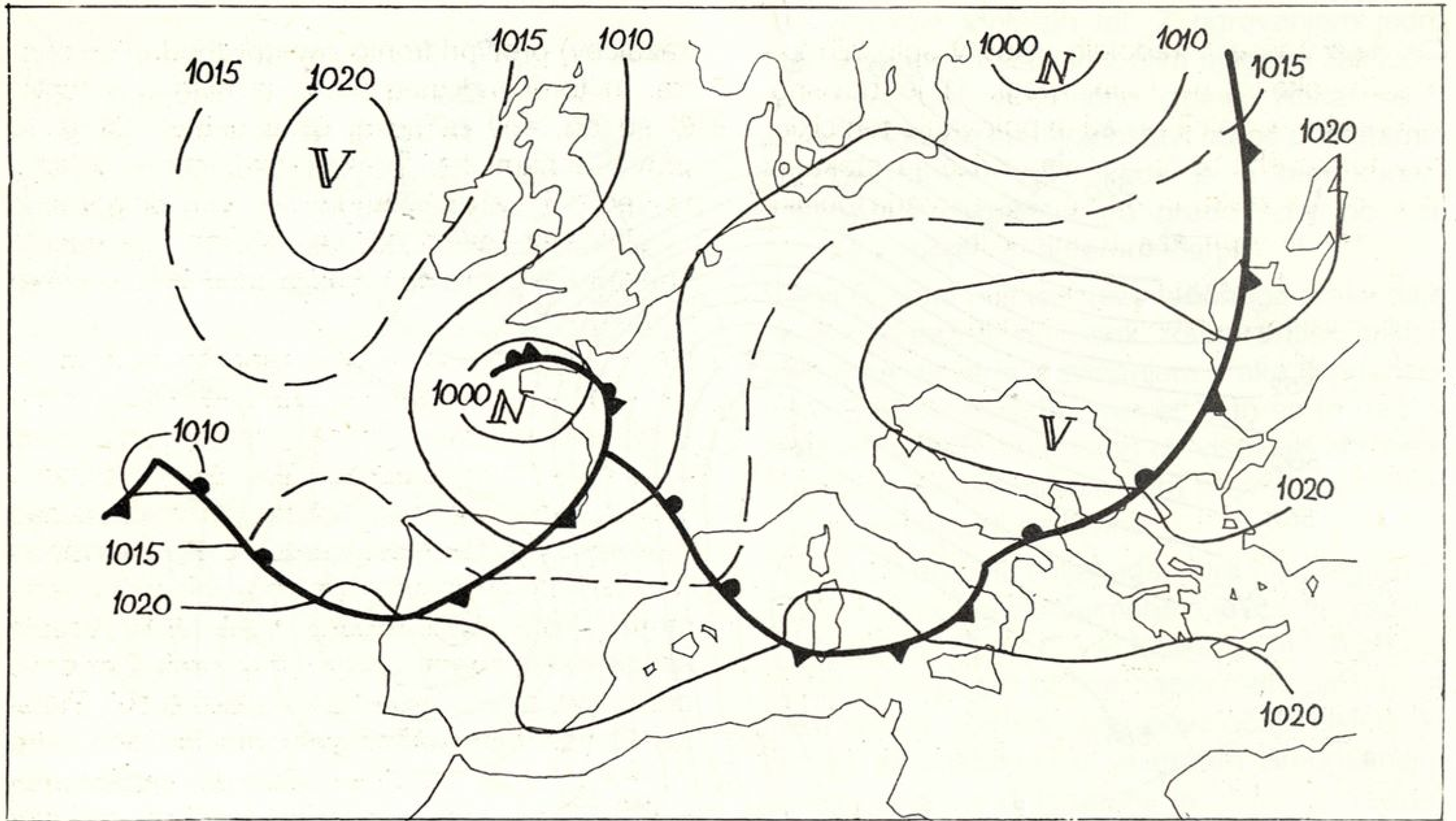
a



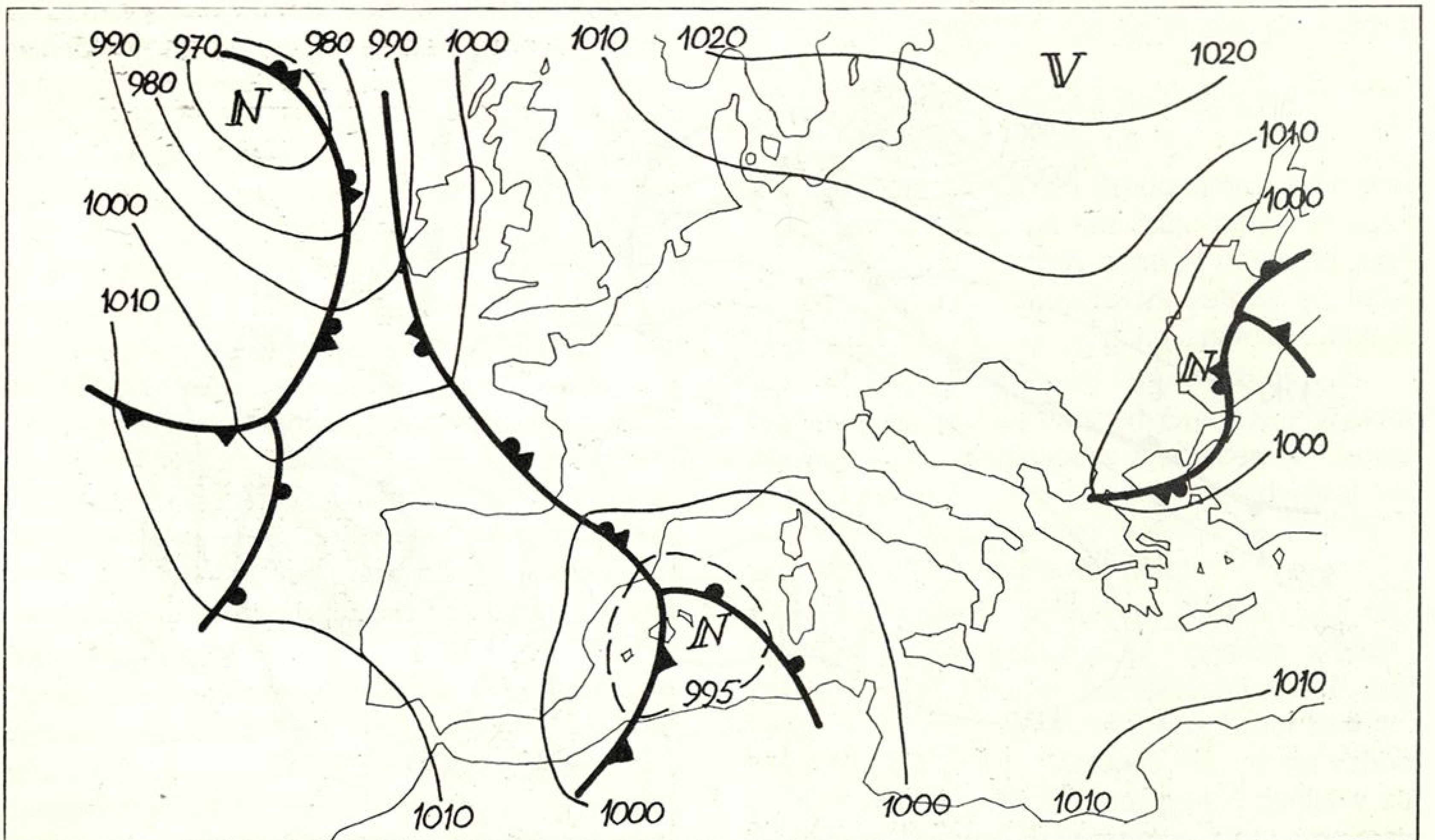
b

6.3 Višinska (a) in prizemna (b) karta Evrope s ciklonom ob blokadi





6.4 Lega polarne fronte nad južno Evropo pozimi



6.5 Ciklon nad sredozemskim robom Španije



Od lege doline ultradolgih valov v splošnih zahodnih tokovih na višini (pogl. 1) je odvisno, kakšen bo nadaljni razvoj in potovanje teh ciklonov, ter kakšna bodo vetrovna striženja, stekanja in dviganja zraka in drugo, kar ustvarja oblake in padavine v prizadetih območjih.

Veliko hladnih front, ki pridejo čez zahodno Evropo do Alp večinoma od zahoda ali severozahoda – slika 6.6, z manjšimi težavami Alpe preide in se premika dalje proti jugovzhodu. Tiste, ki so zelo izrazite v temperaturnih, vlažnostnih in vetrovni poljih, pa najprej Alpe kar delno ovijejo. Zaradi zamotanega vpliva Alp na zračne tokove prek njih in dodatnega vpliva toplega Sredozemskega morja, ki še poveča temperaturne razlike, se največkrat prav v Genovskem zalivu razvije ob hladni fronti sprva manjši sekundarni ciklon. Pravimo mu sekundarni, sredozemski ali Genovski ciklon – primer je prikazan na sliki 6.7.

Strokovnjaki še vedno preučujejo pogoje, vzroke in sovplive, ki odločajo o tem, ali se bo ob bližajoči se hladni fronti Genovski ciklon ustvaril ali ne. Posebne obsežne meritve in študije v okviru leta 1982 izvedenega mednarodnega projekta ALPEX, še vedno niso končane in prožijo nova vprašanja. Na vsa še ni odgovora in zato se v nekaterih primerih še pojavljajo znatne težave in spodrseljaji pri prognozi vremena na širšem območju Alp in severnega Sredozemlja. Kljub obilnim podatkom o stanju in dogajanjih v atmosferi na tem območju in kljub mnogim spoznanjem in izkušnjam še vedno ni mogoče zanesljivo predvideti, ali se bo ob bližajoči se hladni fronti na južni strani Alp res ustvaril sekundarni ciklon ali ne.

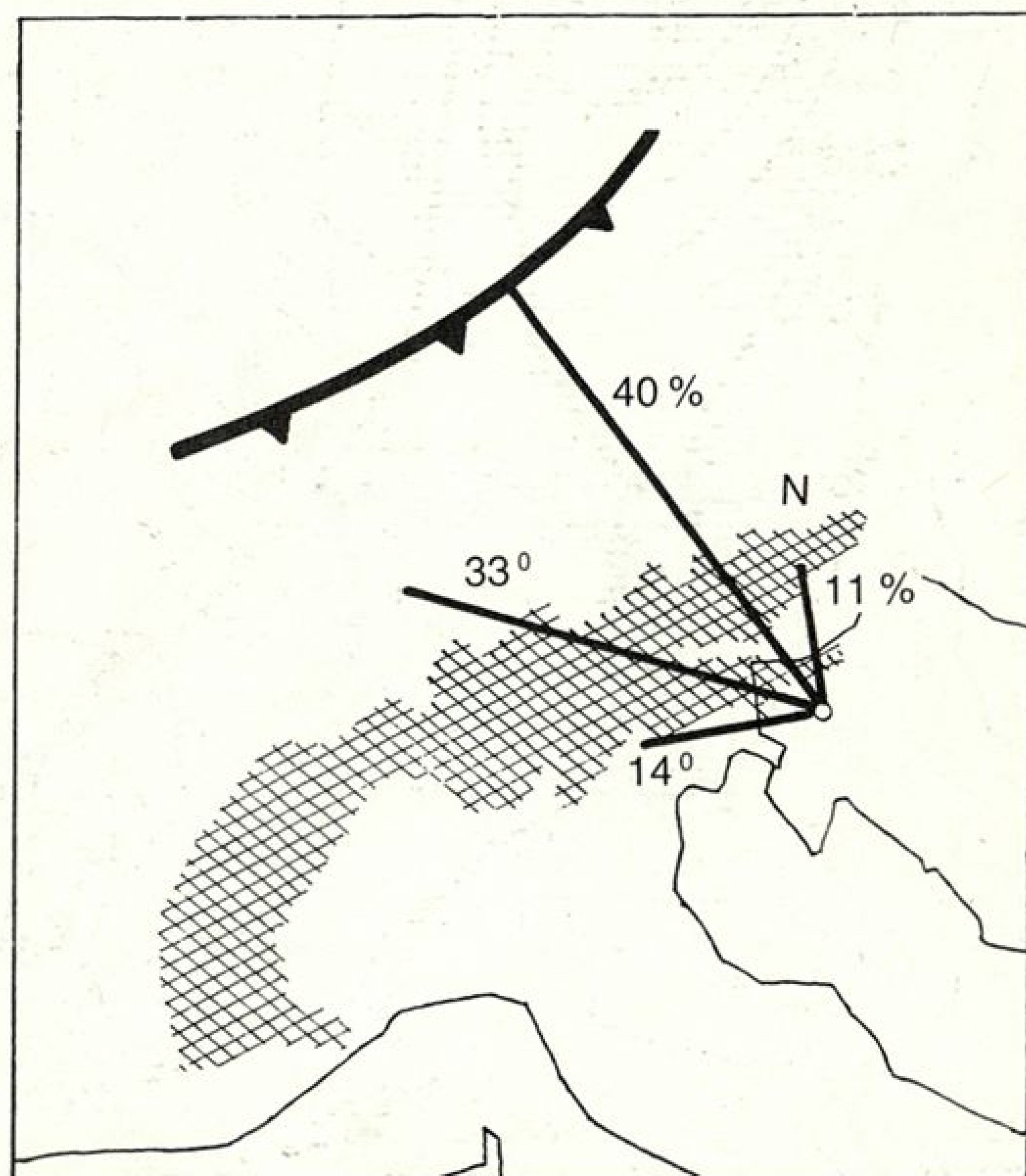
Če tak ciklon ne nastane, gre fronta v nekaj urah prek naših krajev, kmalu se zjasni in je vsaj naslednji dan navadno že lep – pač v odvisnosti od lastnosti zračne mase in drugih razmer v njej.

Kadar pa se ob prihodu hladne fronte nad Alpe prične v severnem Sredozemlju ustvarjati ciklon, se fronta ustavi in v središču ciklona zlomi – podobno, kot pri že opisanem nastanku ciklona zmernih širin – slika 6.8. Ciklonalno kroženje zraka okrog centra (v nasprotni smeri urinih

kazalcev) pretvori fronto severovzhodno od centra, in torej tudi nad nami, iz hladne v toplo, ki se ob tem za nekaj časa ustavi. Če je to prav nad nami, kar ni tako redko, imamo izdatne in več dni trajajoče padavine. Vse dolgotrajne in obilne padavine, ki dajo pozimi tudi debelo snežno odejo pri nas, sodijo med take primere – slika 6.9.

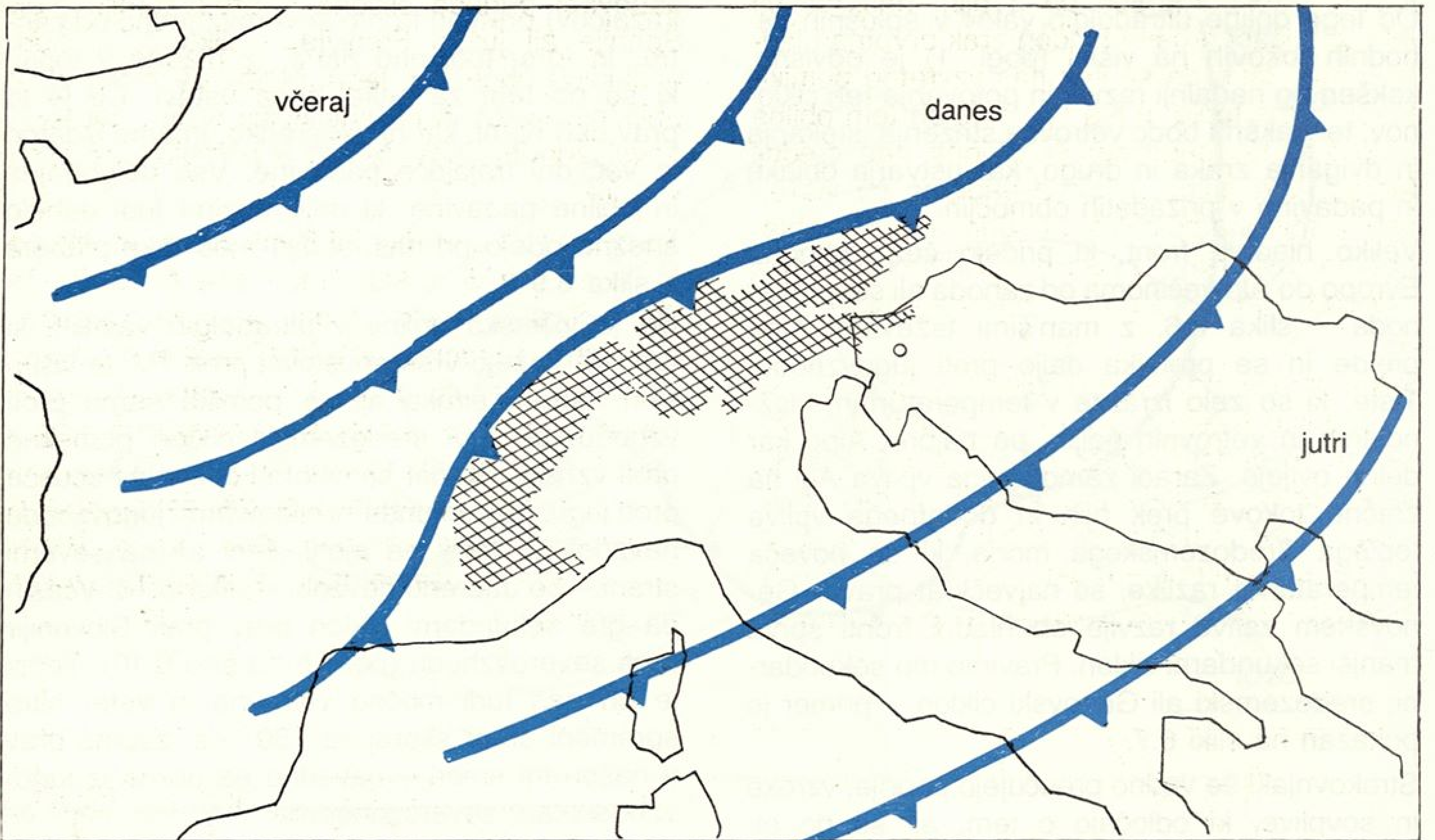
Če je višinska dolina v ultradolgih valovih, ki nam jih kažejo vremenoslovci prek TV na višinskih kartah, široka ali se pomika samo proti vzhodu, se tudi sredozemski ciklon pomakne proti vzhodu. Kadar se celotna dolina še spušča proti jugu, gre sekundarni ciklon proti jugovzhodu navzdol ob Italiji na njeni južni ali na severni strani – po Jadranu navzdol – slika 6.10. Včasih pa gre sekundarni ciklon prav prek Slovenije proti severovzhodu (pot 5 b na sliki 6.10). Tedaj je pri nas tudi močno vetrovno in veter hitro spremeni smer skoraj za  $180^{\circ}$  oz. zapiha prav v nasprotni smeri – navadno se obrne iz jugovzhodnika v severozahodnik.

V ciklonalnem kroženju sredozemskega ciklona pihajo navadno nad nami od jugovzhoda topli in

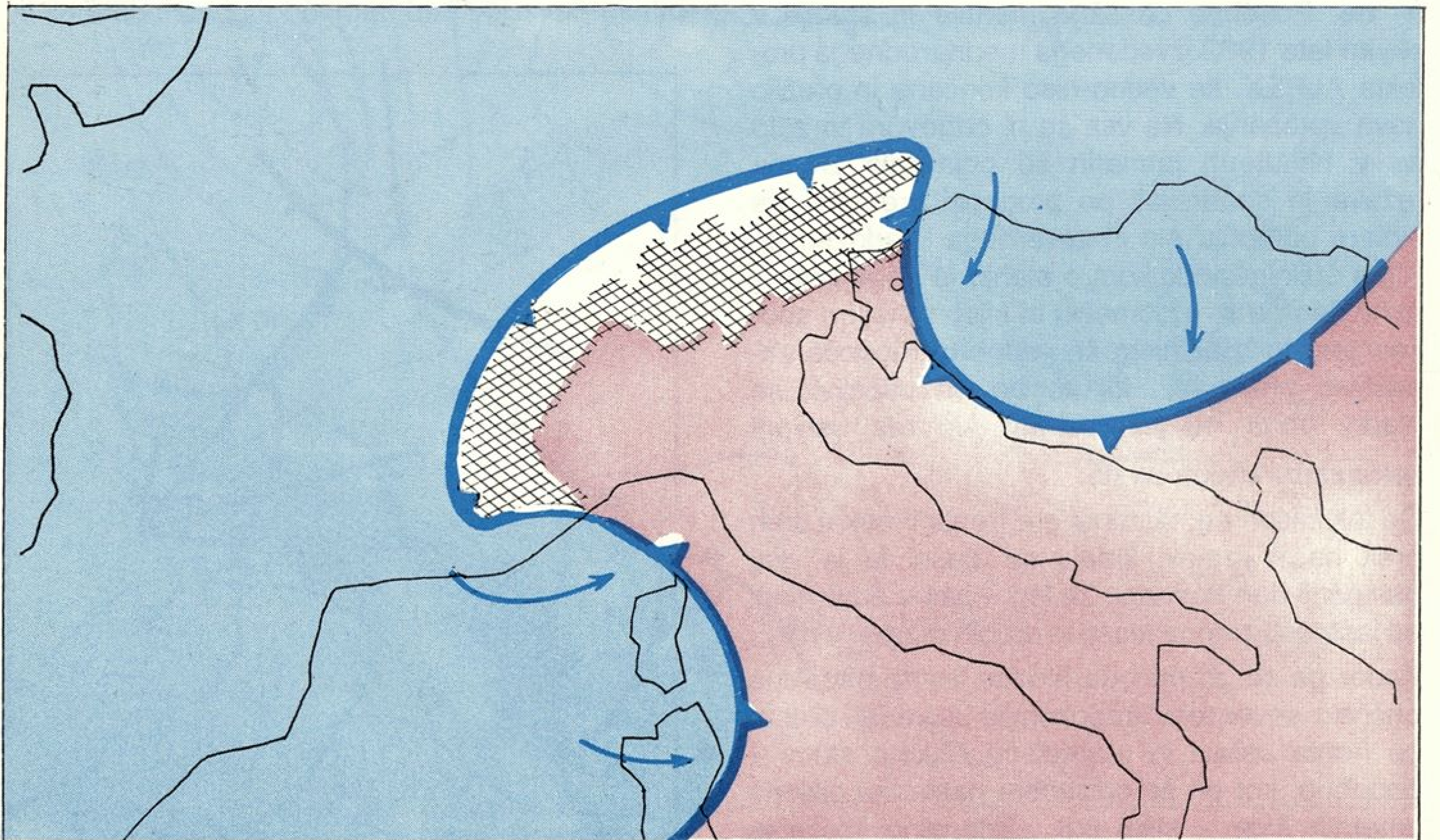


6.6 Pogostnost smeri prihoda hladnih front do Alp





6.7a Dokaj gladek prehod hladne fronte čez Alpe



6.7b Deformacija hladne fronte ob Alpah ob nastanku sekundarnega ciklona



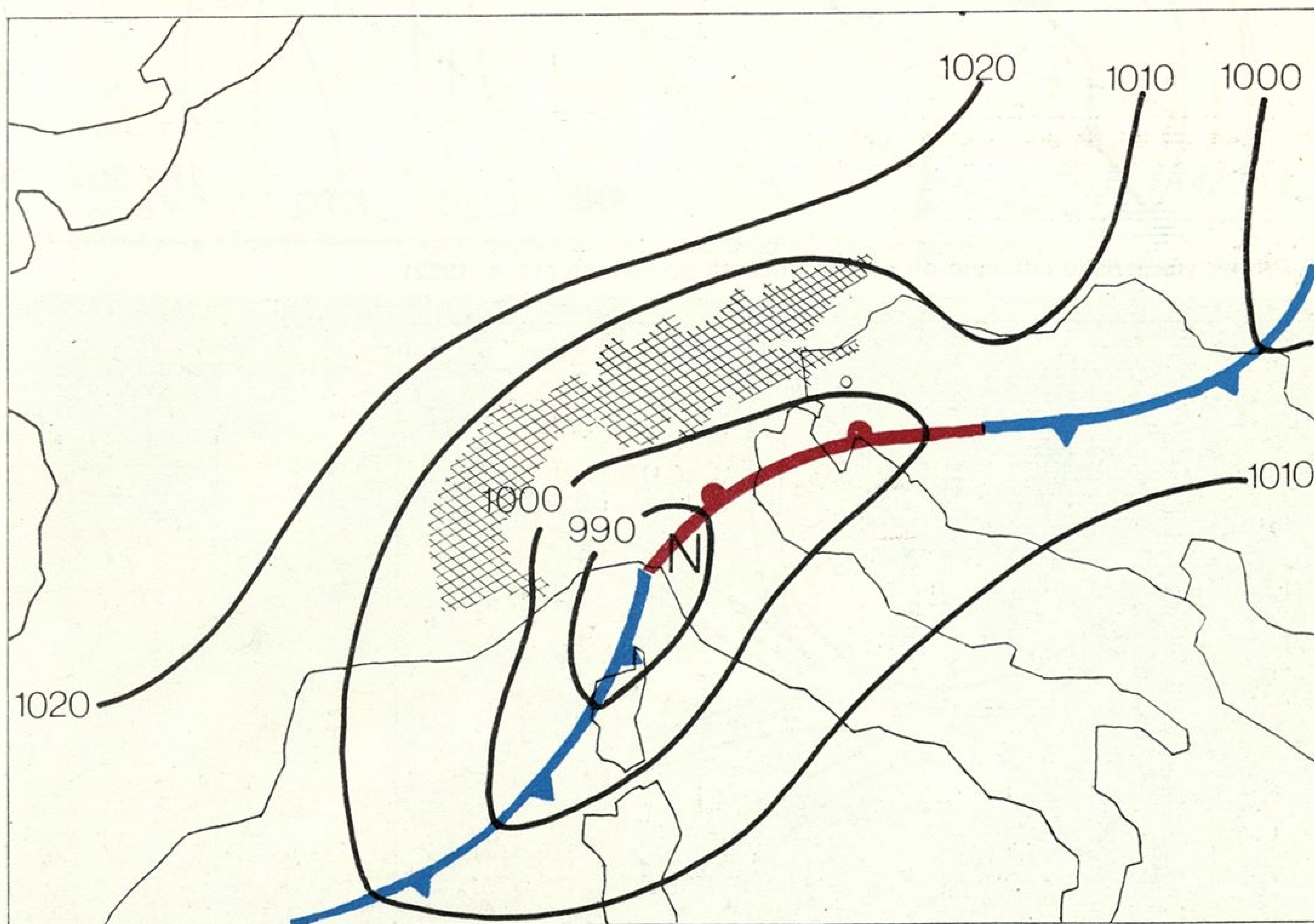
vlažni vetrovi. Pri tleh pa z njim nasprotnimi vetrovi počasi prodira hladen zrak prvotne hladne fronte, tako da se čez nas vzvratno pomika novonastala topla fronta. Ta daje ob tem obilne padavine. Ko pride center ciklona nad srednji Jadran, ima južna polovica Jadrana še vlažen jug(o), severna polovica pa burjo, s katero priteka hladnejši zrak – slika 6.11. Burja se skupaj s ciklonom vse bolj širi nad jugovzhodne predele obale.

Sekundarni sredozemski ali genovski ciklon se na začetku torej kaže pri nas z jugovzhodnimi vetrovi ob padanju zračnega pritiska. Konča pa se ob porastu pritiska navadno z burjo na primorskem: razen v primerih, ko gre prav prek nas, kar pa je razmeroma redko.

Satelitske slike nam zelo dobro pomagajo pri

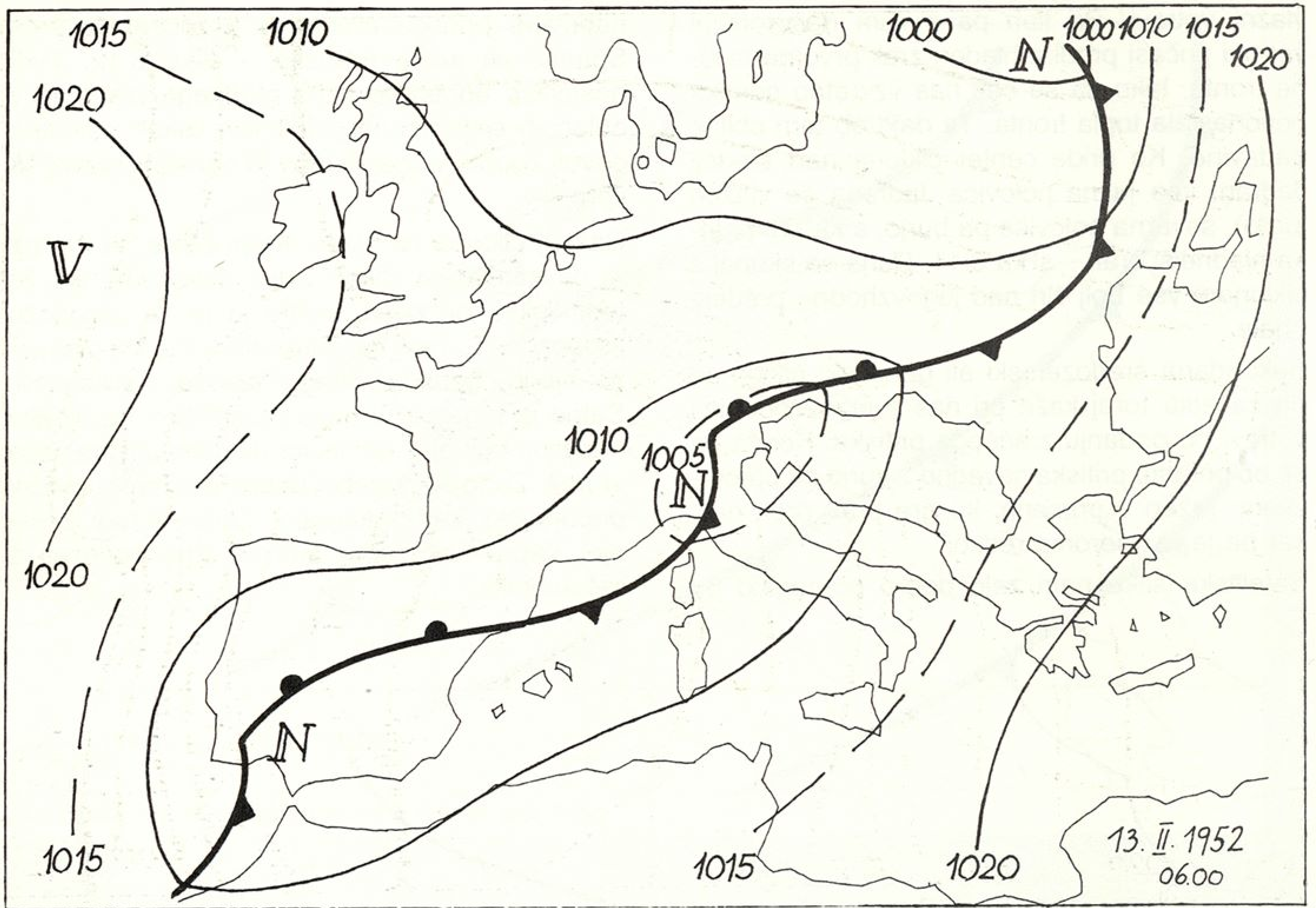
napovedi prihoda ciklona v Sredozemlje prek Španije ali južne Francije – slika 6.12. Tudi posledice odcepitve jedra hladnega zraka so v oblačnih sistemih na satelitskih slikah navadno dovolj zgodaj vidne, čeprav je nadaljnji razvoj še vprašljiv.

Razvoj ciklona na hladni fronti južno od Alp pa je na satelitskih slikah viden šele tedaj, ko že tudi vpliva na naše vreme in je za prognozo prepozno. Tu nam satelitske slike dajo le diagnozo: njegov trenutni obseg in položaj – slika 6.13. Samo iz tega pa ni mogoče sklepati na njegov nadaljnji razvoj in pomik ter njegov vpliv na naše vreme. Za to so potrebni obsežnejši prognostični pripomočki (karte, diagrami, polja) in tudi izkušnje, čeprav skušamo tudi te zdaj povezati z računalniki.

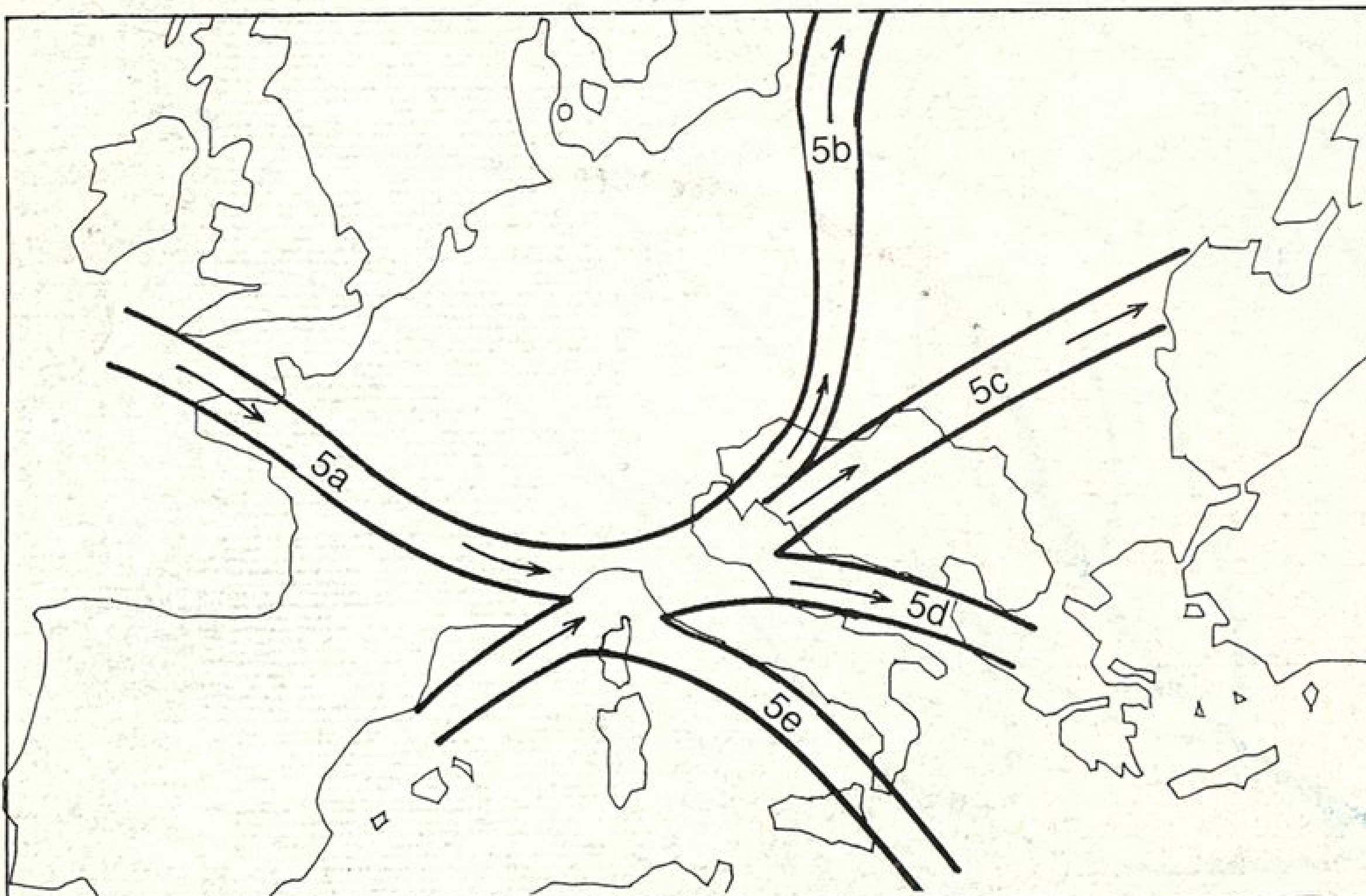


6.8 Razvit Genovski ciklon s pretvorjeno fronto na severovzhodu



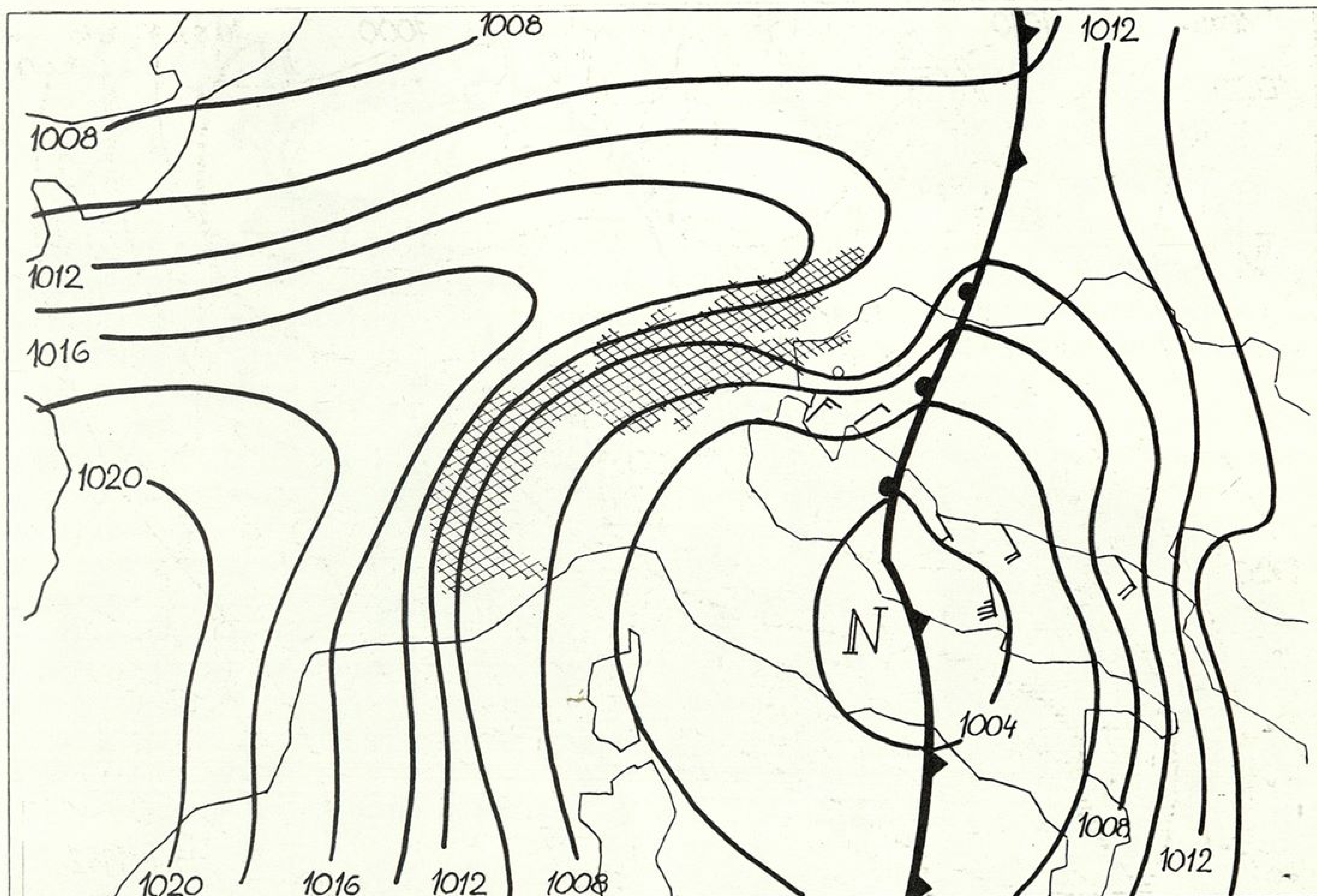


6.9 Primer vremenske situacije ob obilnih snežnih padavinah (14. II. 1952)

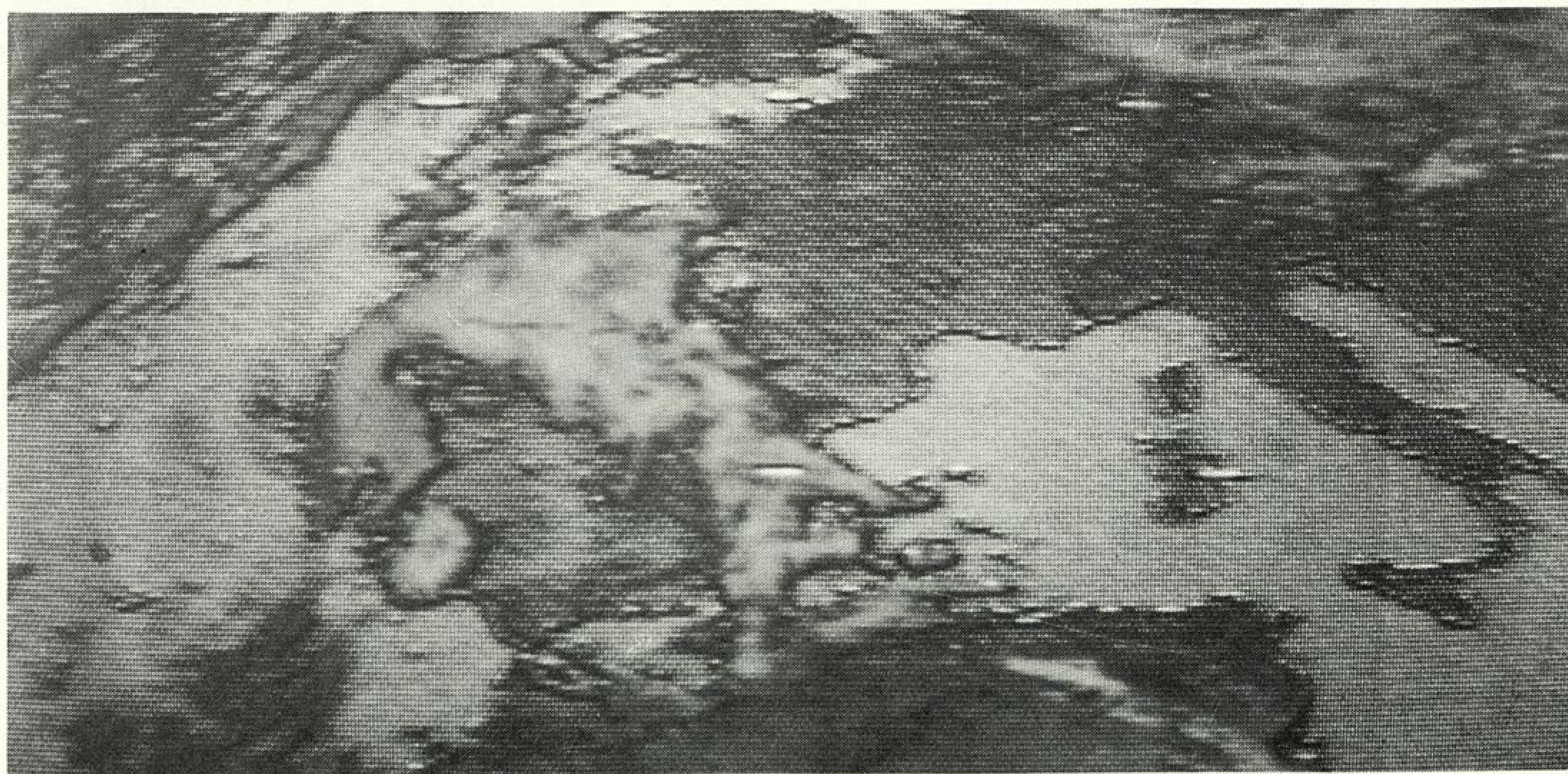


6.10 Ciklonske poti v Sredozemlju



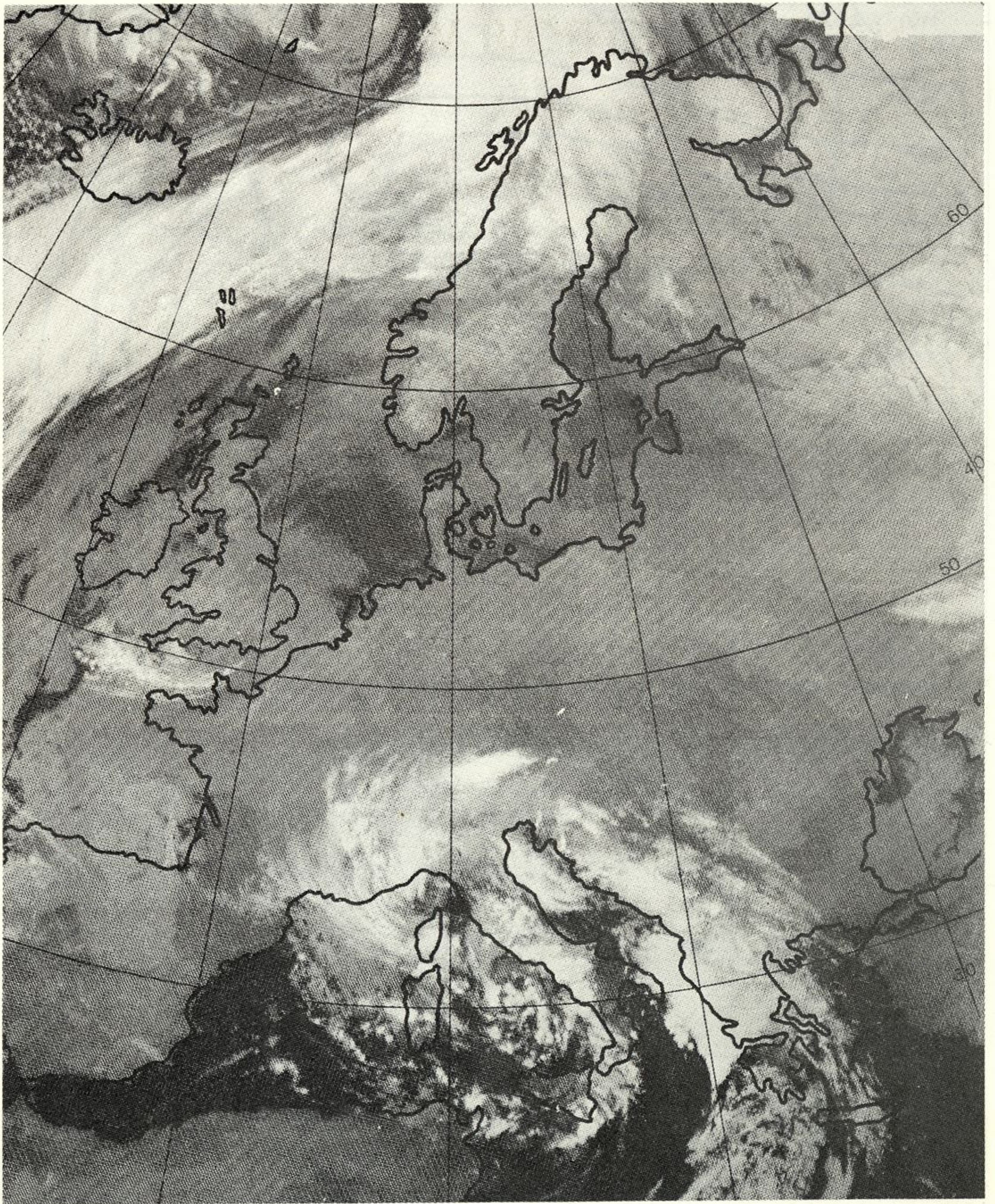


6.11 Vremenska karta in vetrovi, ko je center ciklona nad sredino Jadranskega morja



6.12 Satelitska slika ciklona nad Španijo (TV slika)





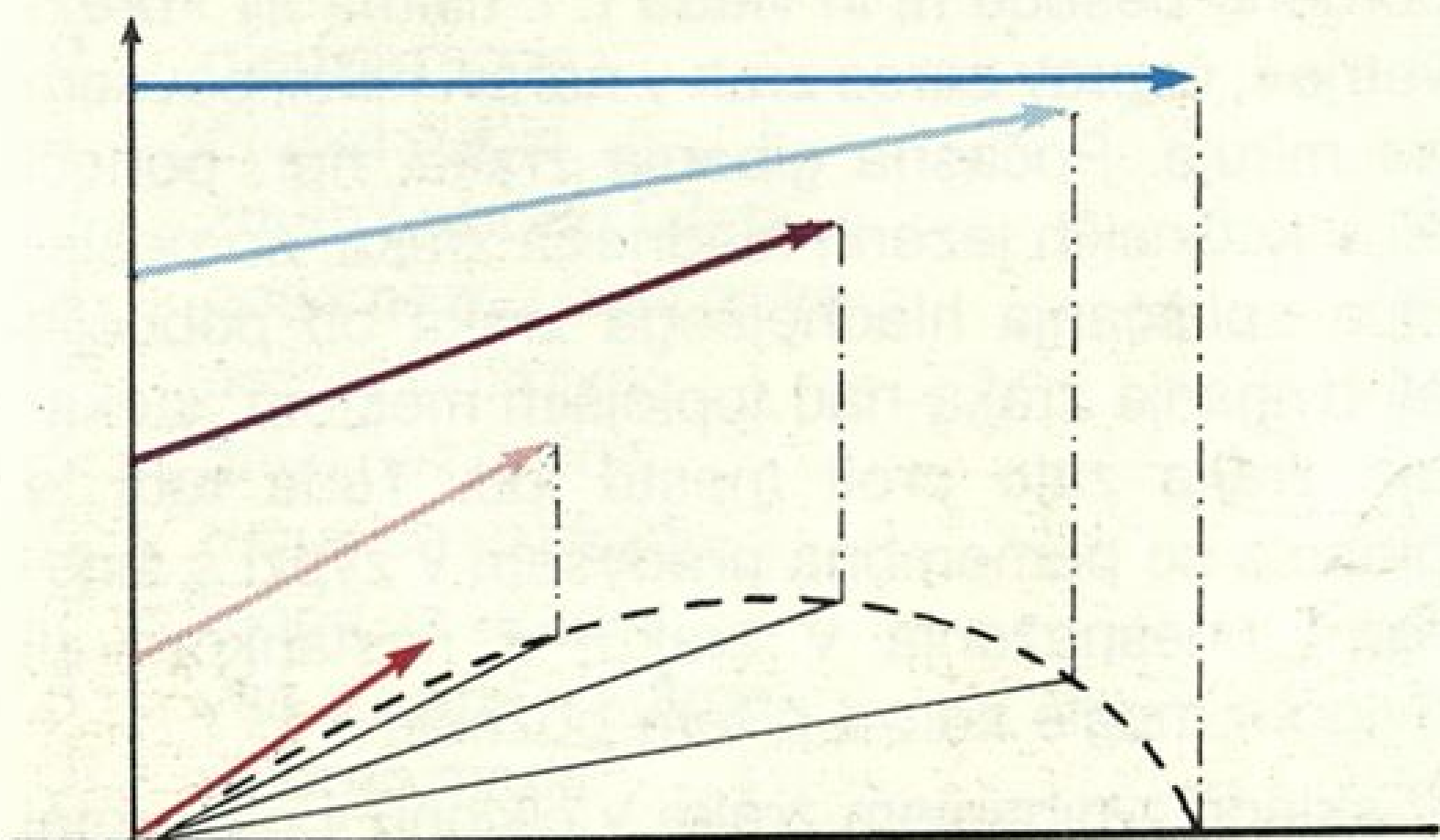
6.13 Značilen Genovski ciklon na satelitski sliki



# 7. ZNAČILNI VETROVI V SLOVENIJI

Veter je, kot že vemo, pretežno vodoravno gibanje zraka zaradi sil, ki delujejo nanj. Glavna gonilna sila je posledica neenake vodoravne razporeditve zračnega pritiska (gradientna sila), ki sili zrak od višjega proti nižjemu zračnemu pritisku. Brž ko se začne zrak gibati, pa se pojavijo še druge sile, ki so vse odvisne od njegove hitrosti in ga bodisi zavirajo (trenje), bodisi odklanjajo od začetne smeri (odklonska sila, centripetalna oz. centrifugalna sila). Vse sile skupaj ali nekatere njihove kombinacije pogosto ustvarjajo približna ravnotežna stanja, v katerih pihajo dalj časa dokaj enotni in značilni vetrovi. Nekaj teh že poznamo, npr. planetarni zahodni vetrovi zmernih širin, krožni vetrovi okrog centra ciklona in anticiklona ter razni lokalni vetrovi, ki si jih bomo natančneje še ogledali.

Vetrovi so posledica in vzrok mnogih vremenskih dogajanj. Zato nas lahko vetrovi pogosto že predčasno opozorijo nanje, a le, če jih poznamo in jim posvečamo primerno pozornost. V splošnem so vetrovi pri tleh v Sloveniji precej šibki, saj smo v zavetrju Alp in večinoma živimo v dolinah in kotlinah, kjer je še bolj mirno; vendar pa čisto brez vetra oz. gibanja zraka v naravi skoraj nikoli ni. Zato nam pri določanju splošnih vetrov nad nami navadno precej pomaga opazo-

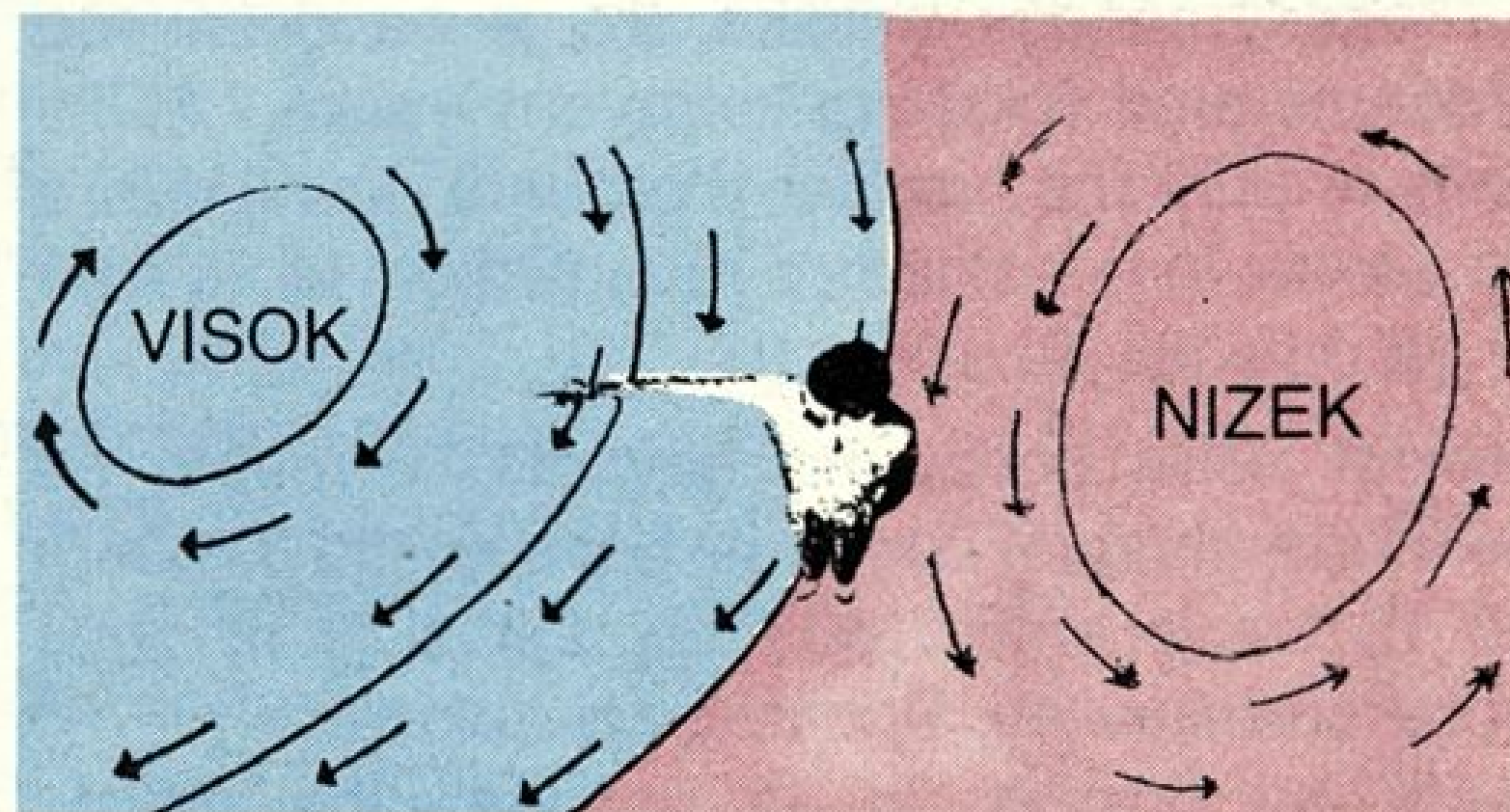


7.1 Spremembe vetra z višino v spodnjem kilometru zaradi trenja

vanje gibanja oblakov. Ob posebnih primerih, npr. ob frontah, ob nevihtah in v območjih z burjo ipd. pa so lahko tudi pri nas vetrovi močni in celo orkanski ter povzročajo znatno škodo (odkrivajo strehe, podirajo drevje ipd.).

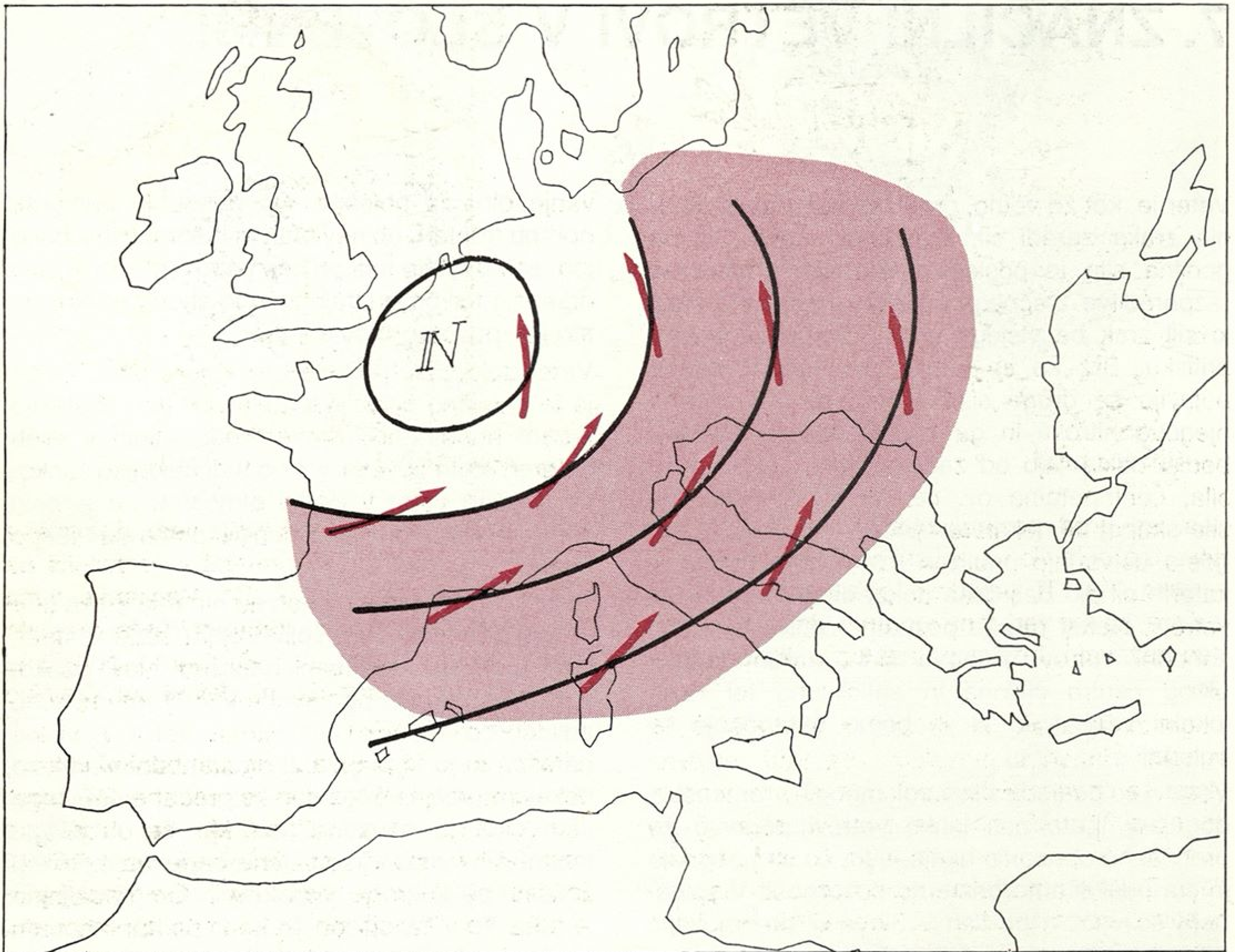
Veter določamo po smeri, iz katere piha. Ta pa je le približno določljiva. Zlasti pri tleh nastajajo zaradi hribov, hiš, dreves ipd. vrtinci v vseh smereh, zato je veter vedno tudi nekoliko sunkovit. Močan veter v labilni atmosferi pa je celo zelo sunkovit oz. spremenljiv po smeri in po hitrosti.

Vpliv tal in objektov na tleh na gibanje zraka (kar včasih označimo, kot vpliv trenja) sega v atmosferi tudi nad ravninami približno 1 km visoko, nad visokimi hribi pa seveda več. Zato navadno od tal do višine 1 km hitrost vetra z višino narašča in je zgoraj v t. i. prosti atmosferi lahko nekajkrat večja kot pri tleh oz. nekaj metrov nad tlemi, kot jo navadno merimo. Če ni drugih močnejših vzrokov, se veter zaradi trenja pri tleh z višino ne le krepi, ampak tudi obrača v desno – slika 7.1. Ta odklon je nad gladkim morjem majhen ( $10\text{--}20^\circ$ ), nad hrapavim terenom pa do 60 kotnih stopinj. Ta zakonitost nam pomaga, da iz znanega vetra pri tleh sklepamo na vetrove v višinah in obratno. Če smo med hišami, v gozdu ipd., je veter pri tleh dokaj »čuden« in ne vemo



7.2 Po vetru lahko določamo, v kateri smeri leži višji zračni pritisk ali center anticiklona





**7.3 Območje južnih in jugozahodnih vetrov pred ciklonom**

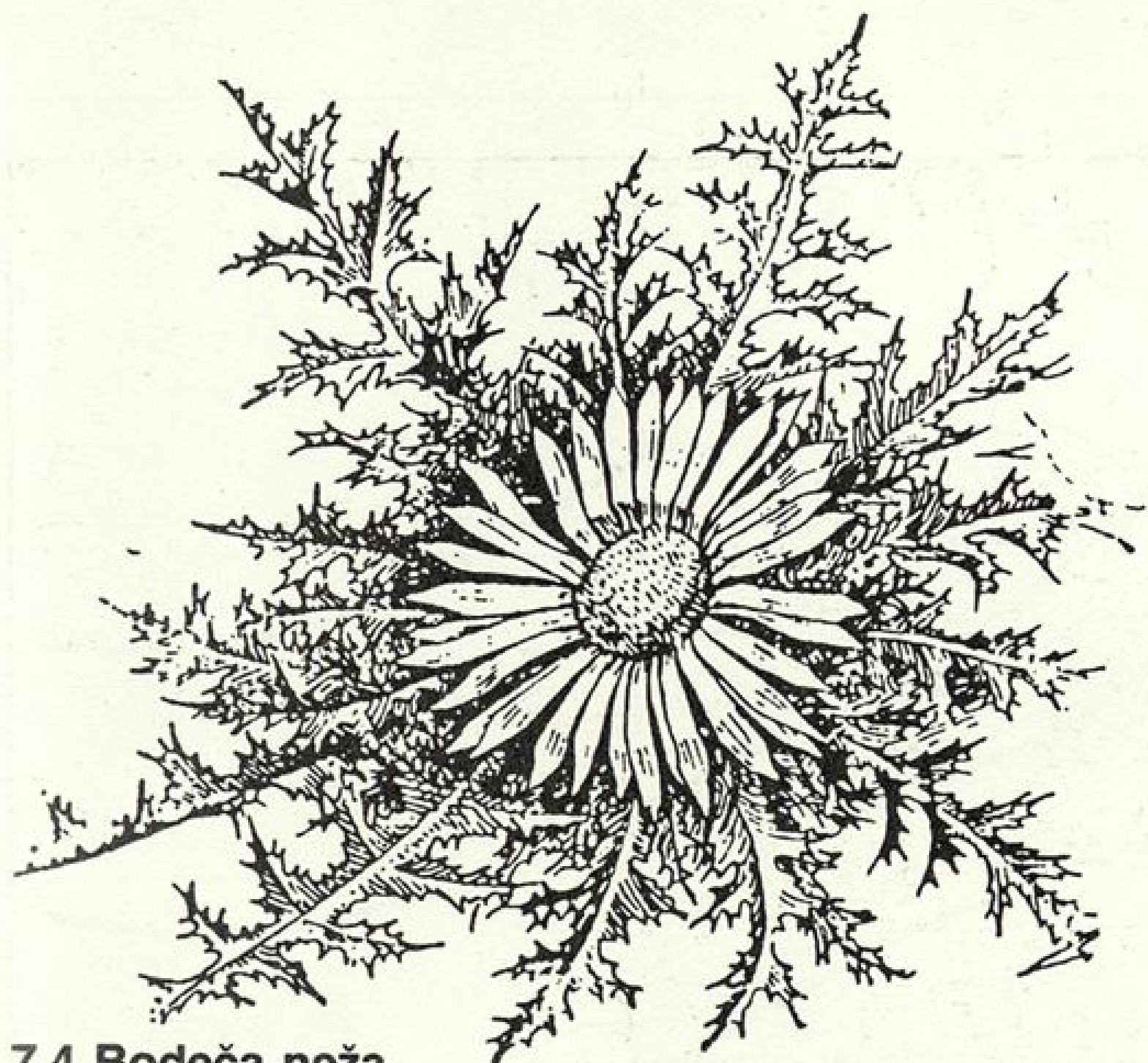
od kod v splošnem sploh piha; po gibanju večine oblakov pa lahko sklepamo kakšni so splošni vetrovi nad deželo in v kateri smeri je center nizkega zračnega pritiska. Ta je na desni, če gledamo proti splošnim vetrovom – slika 7.2. To velja le približno, vendar v grobem dovolj dobro za oceno, in je v skladu z ravnotežjem sil, ki smo si ga ogledali na sliki 1.9.

Hitrost vetra podajamo navadno v metrih na sekundo (m/s) pri čemer je 1 m/s enako 3,6 km/h ali 10 m/s je enako 36 km/h, kar si je mogoče bolje predstavljati. Približno pa določamo hitrost vetra po učinkih, ki jih povzročajo na morskem površini ali na drevju oz. na kopnem z Beaufortovo (izg. boforovo) skalo po tabeli (str. 59).

Poseben problem je določanje vetra pri majhnih hitrostih – pod 1 m/s. Tedaj vetra v običajnem pomenu besede ni in vlada t. i. calma ali »brezvetrje«; čeprav zares zrak v naravi nikoli povsem ne miruje. Počasna gibanja zraka, npr. ponoči ali v kotlinskih jezerih hladnega zraka, so posledica spuščanja hladnejšega zraka ob pobočjih ali dviganja zraka nad toplejšim mestom, stekanje zraka zato proti mestu ipd. Toda tudi ta gibanja so pomembna predvsem v zvezi s širjenjem onesnaženja v zraku, z nastankom ali dvigom megle itd., a o tem pozneje.

V skladu z gibanjem zraka v ciklonu v nasprotni smeri urinih kazalcev in z dejstvom, da prihaja večina ciklonov od zahoda in gredo severno od

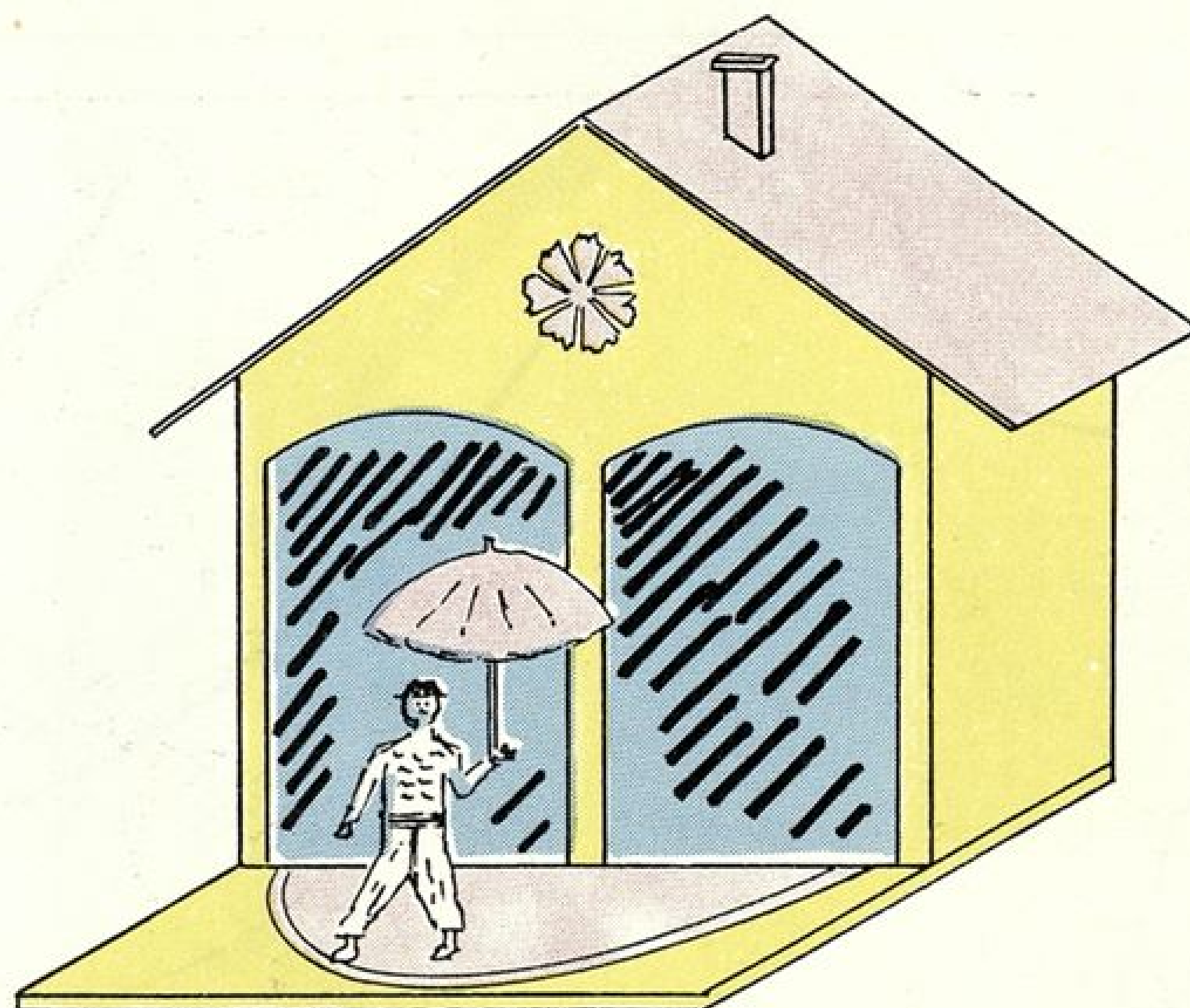




7.4 Bodeča neža

nas, se pred poslabšanjem vremena pri nas navadno pojavijo okrepljeni jugozahodni vetrovi – slika 7.3. Ti prinašajo poleti prijetno tople večere, ko kar verjeti ne moremo, da bo naslednji dan deževalo. Pozimi pa nastopijo ob tem odjuge.

Pogosto je zrak, ki priteka z jugozahodnimi vetrovi, vlažen in absolutna pa tudi relativna vloga se povečata. Kamen, ki je od prej hladen, se orosi, bodeči neži se zunanja stran listov raztegne in cvet se zapre, lasje se malo podaljšajo. Zadnje pokaže na higrometru na las višjo relativno vlogo, pri domači »vremenski hišici« pa potegne Micko notri in pripelje Janeza z marelo



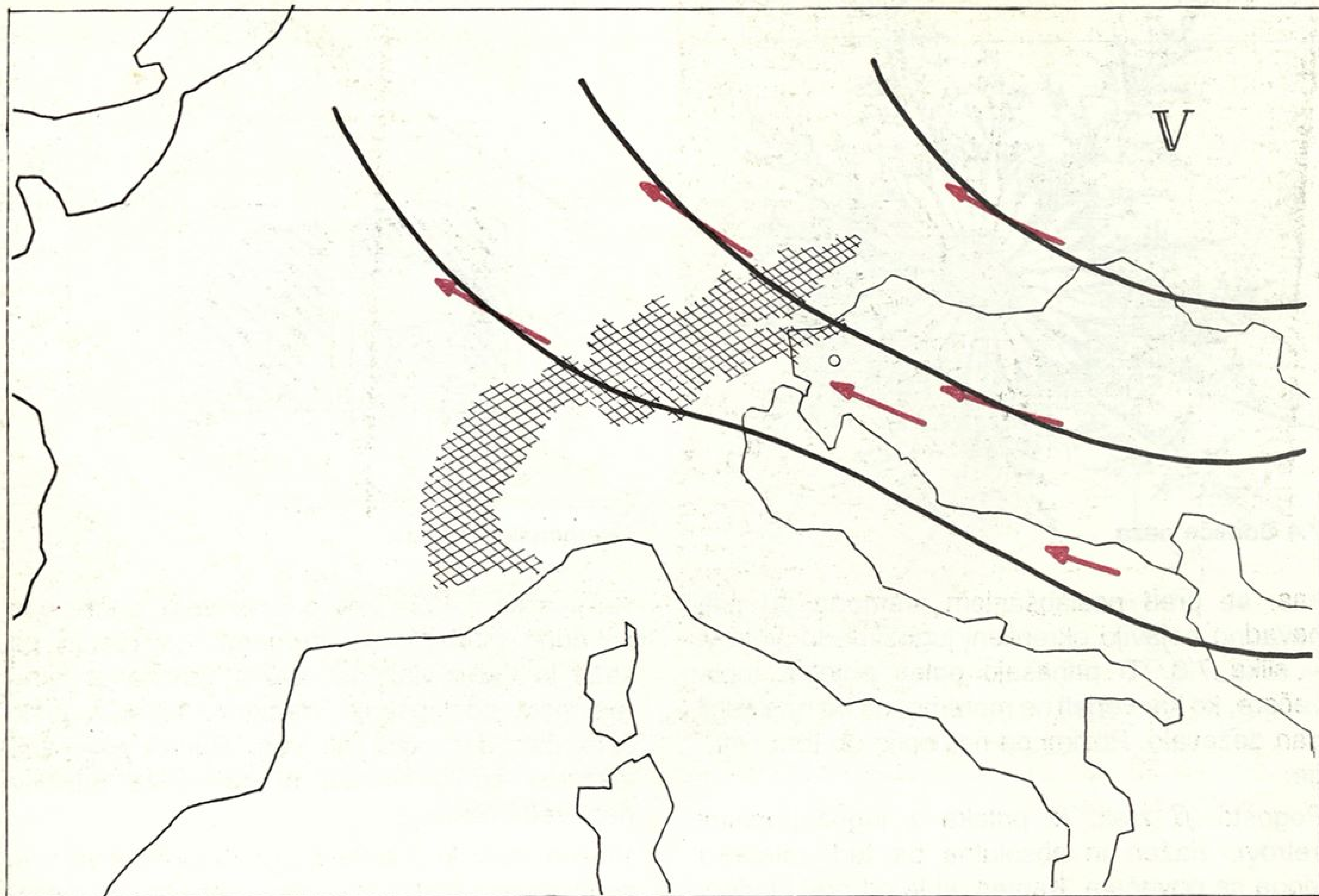
»vremenska hišica«

ven – slika 7.4. Za vse to ljudje vejo, da prinese navadno poslabšanje vremena – v resnici pa kaže le večjo vlažnost zraka. Večinoma temu res sledi poslabšanje vremena, toda pogosto šele čez dan, dva ali več. Samo povečana vlažnost zraka seveda ni dovolj za pravilno napoved vremena.

Vlažen zrak, ki priteka z jugozahodnimi vetrovi, se mora pretakati čez gorske grebene. Pri dvigalju se ohlaja in na višinah, kjer se ohladi pod rosišče, se pojavijo oblačne kape na hribih ali lečasti oblaki višje nad njimi. Ob nadaljnjem dotoku še vlažnejšega zraka in nastopu spredaj opisanih procesov, se pojavijo na privetrni strani

Bf	Učinek na morju	Učinek na kopnem	Približno	
			km/h	m/s
0	gladko morje	listje se ne zgane	pod 0,5	pod 2
1	drobni valčki	listje migota	1	4
2	zmerni valčki (1 dm)	listje šelesti	2	7
3	posamezne bele grive	majhne vejice se gibljejo	4	14
4	precej belih griv	večje veje se gibljejo	6	22
5	grive čez in čez	manjša debla se gibljejo	8	30
6	morje se »zakadi«	veter tuli okrog vogalov	11	40
7	morje se »kadi«	drevesa se majejo	14	50
8	vsa gladina v »dimu«	veje se lomijo	18	65
9	viharno morje	opeko odnaša s streh	22	80
10	močan vihar (višina valov čez 3 m)	veter ruje pos. drevesa	27	100





**7.6 Jugovzhodni vetrovi nad nami ob razširitvi anticiklona iznad vzhodne Evrope**

večjih gorskih pregrad t. i. orografske padavine; pri čemer piha na zavetrni strani bolj ali manj izrazit fen. Tudi oblačne kape na hribih ali lečasti oblaki nad njimi so lahko zato znanilci bližajočega se ciklona in poslabšanja vremena – slika 7.5. Zrak, ki se ob pobočjih dviga, se, kot vemo, močno ohlaja. Zato se ob začetku vetrov in pritekanja toplejšega zraka v deželo na grebenih (npr. na Kredarici) pojavi začasno znižanje temperature. To nas v takih primerih ne sme zavesti v misel, da že priteka hladnejši zrak.

Glede na to, da je sekundarni Genovski ciklon, ki nam pogosto prinaša več dni trajajoče slabo vreme, jugozahodno od nas, se ob njegovem nastanku ali poglobljanju krepijo nad nami jugovzhodni vetrovi. Tudi ti torej navadno ne obetajo nič dobrega (razen če si dežja že želimo). Redko se pojavijo jugovzhodni vetrovi lepega vremena. To je ob razširitvi anticiklona iznad vzhodne

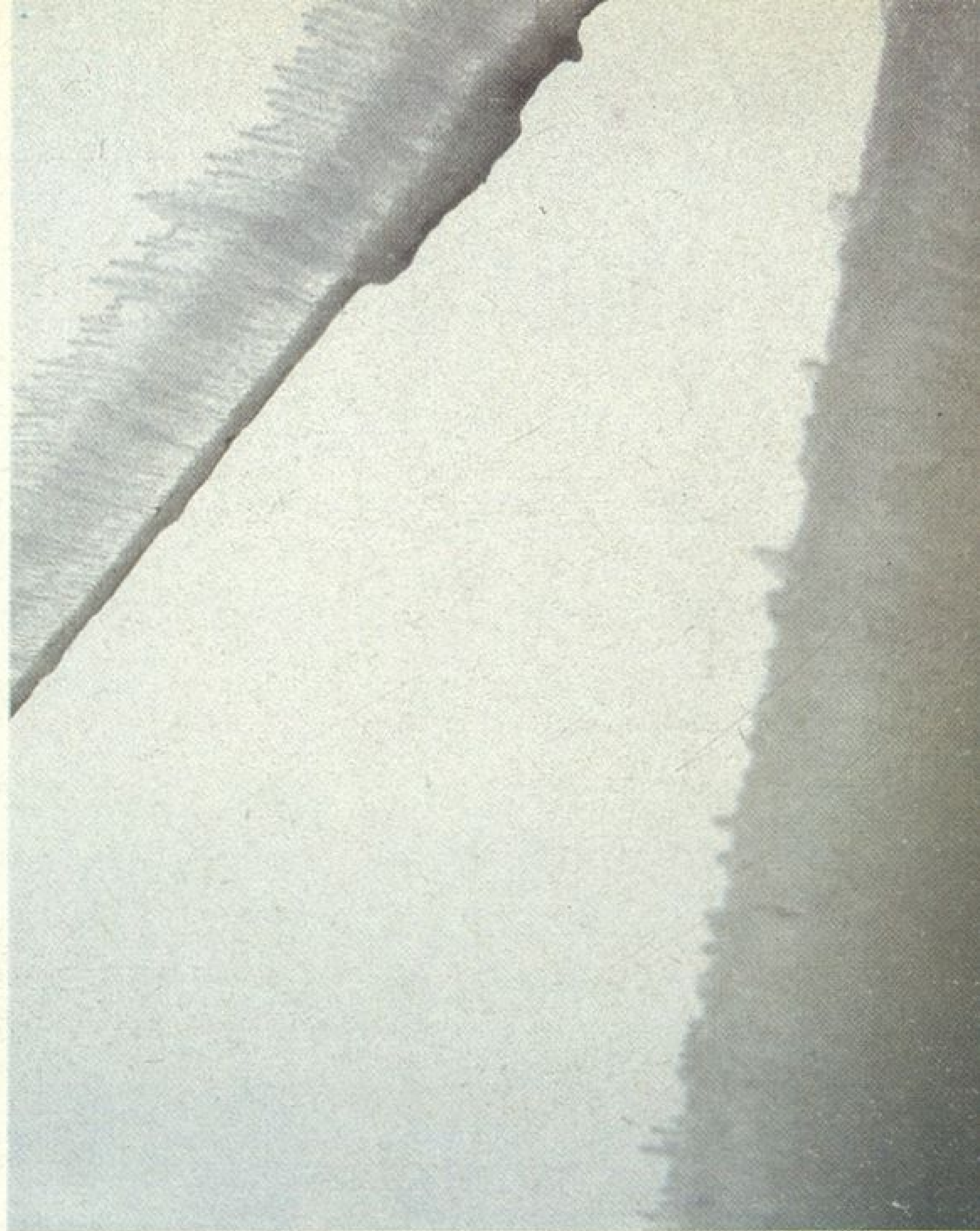
Evrope proti nam, kar pa je precej redko – slika 7.6. Večinoma torej velja, da so pri nas južni, jugozahodni in jugovzhodni vetrovi znanilci bližajočega se ciklona in poslabšanja vremena, kar je v skladu s spoznanji v poglavjih 4 in 6. V toplem predelu ciklona med obema frontama oz. na južni strani ciklona, so vetrovi navadno zahodni in razmeroma topli. To nam da poleti soparne dni, pozimi pa značilne odjuge, ob katerih je lahko vreme prehodno tudi prav lepo, a zagotovo ne traja dolgo.

Za hladno fronto in odhajajočim ciklonom se pojavijo severni, severozahodni ali severovzhodni vetrovi – slika 7.7. Ti so pri nas navadno hladni in razmeroma suhi. Zrak se pri pretoku čez Alpe na našo stran pogosto še dodatno osuši – fenizira, a je kljub dodatnemu delnemu ogretju, še hladen. Je pa razmeroma suh in vidnost v njem je velika; ljudje pravijo, da je zrak





8.9a Mehko ivje

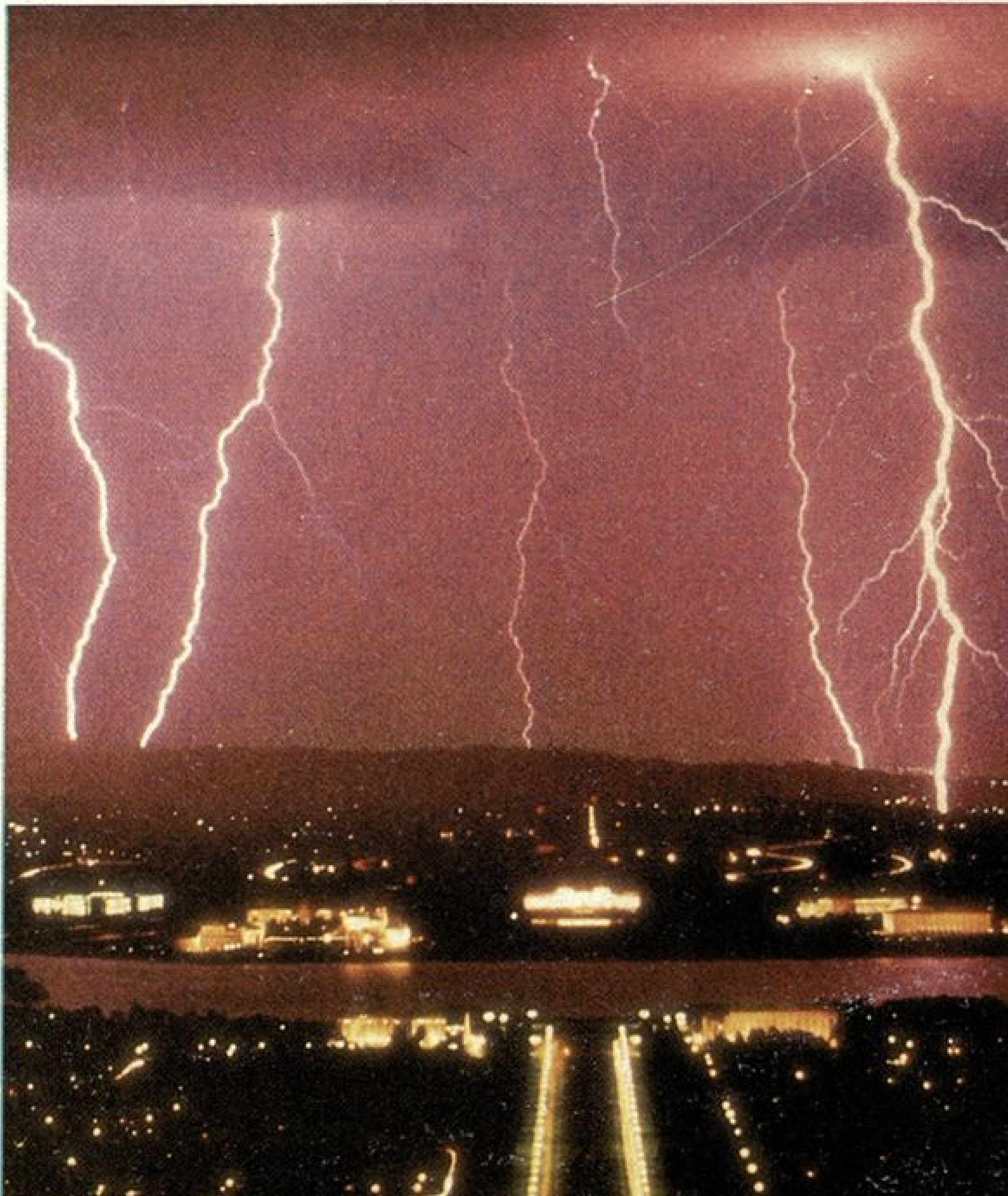


8.9b Trdo ivje

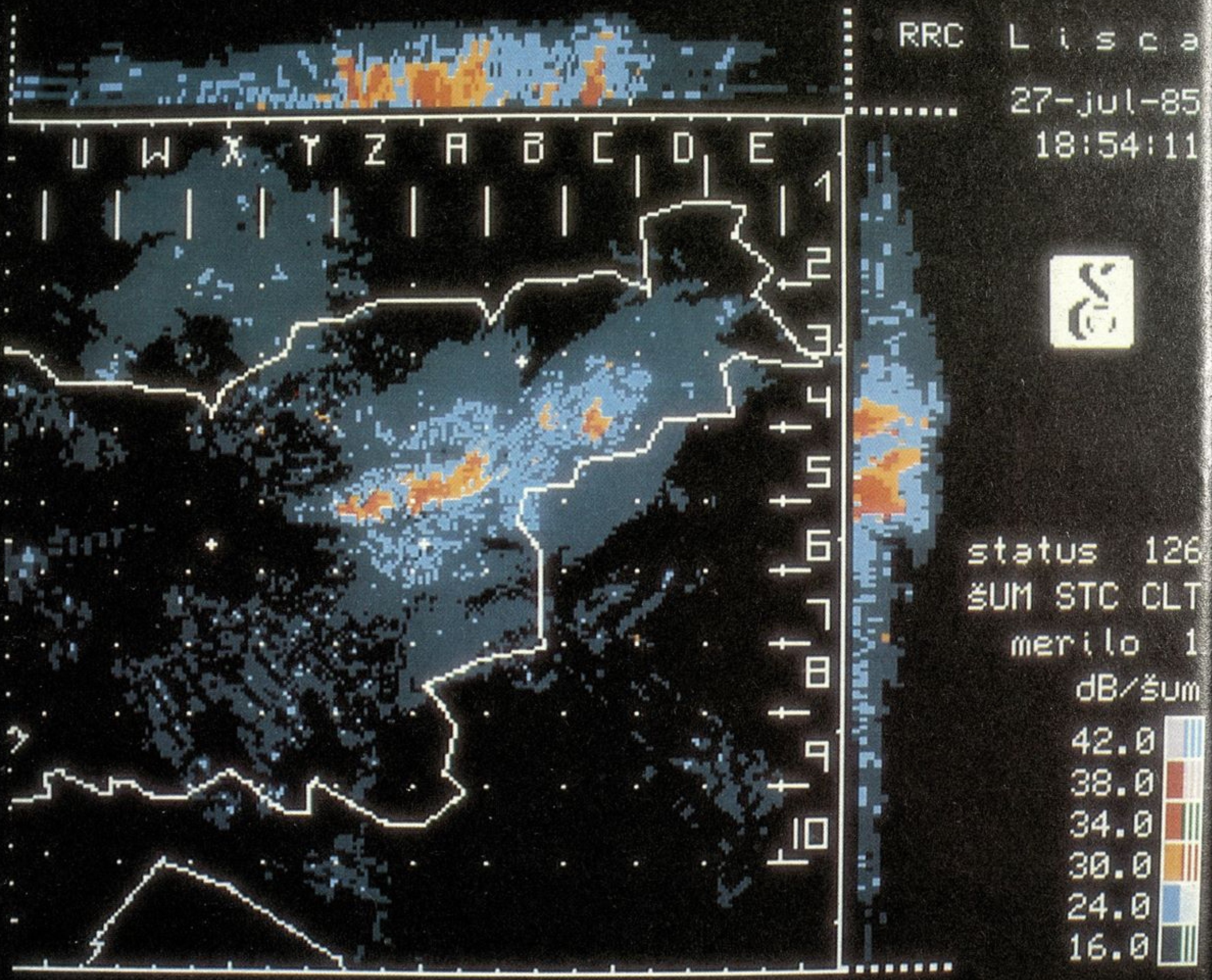
8.8 Slana na travi



8.12 Blisk je vidni del strele







8.14 Radarski posnetek področij z verjetnimi za-  
metki toče nad Slovenijo





**9.12 Oblačno morje nad večino Slovenije**

**11p**

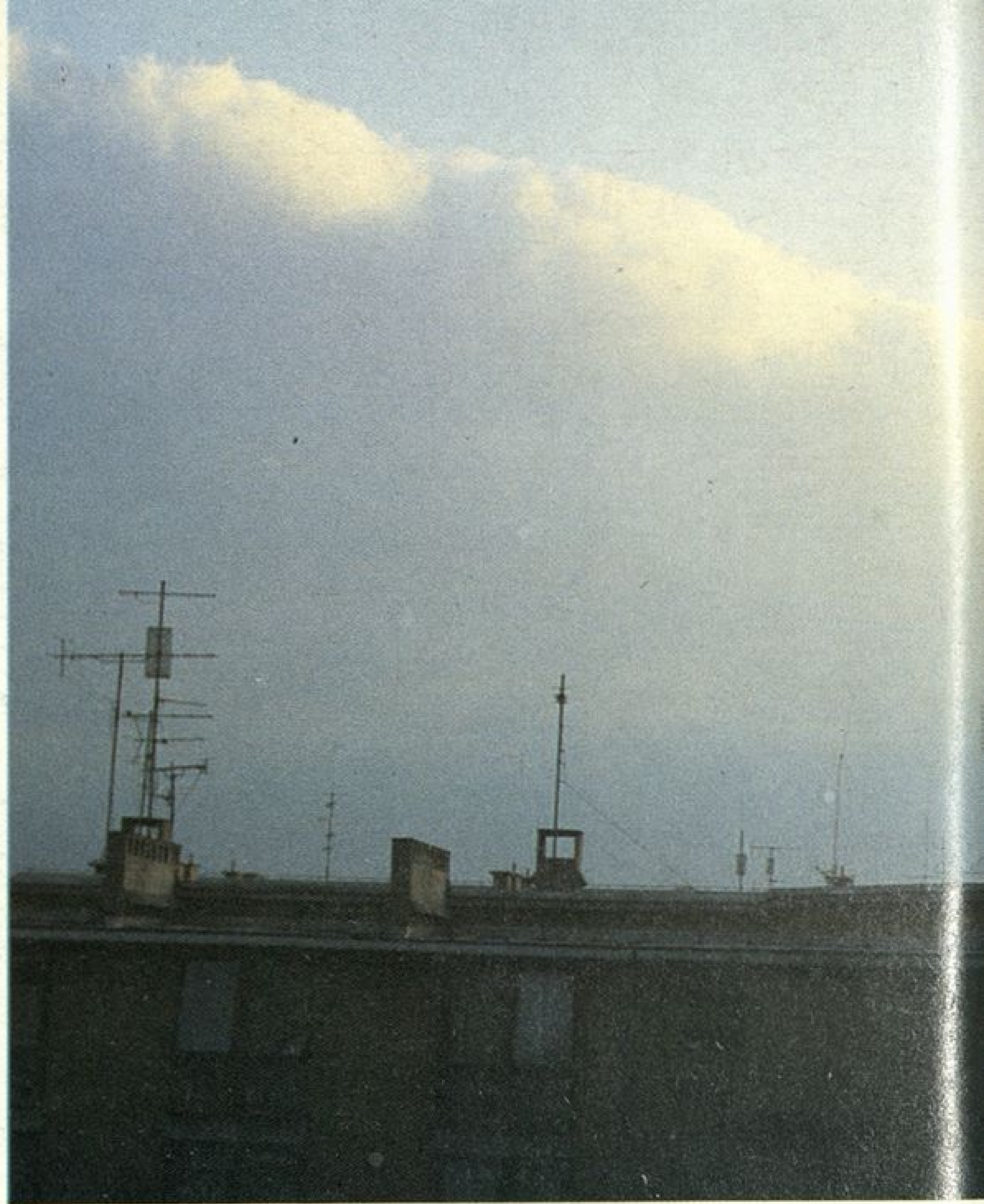
**9.14 Razkrajanje dvignjene megle dopoldne nad Ljubljanskim barjem**







Požled



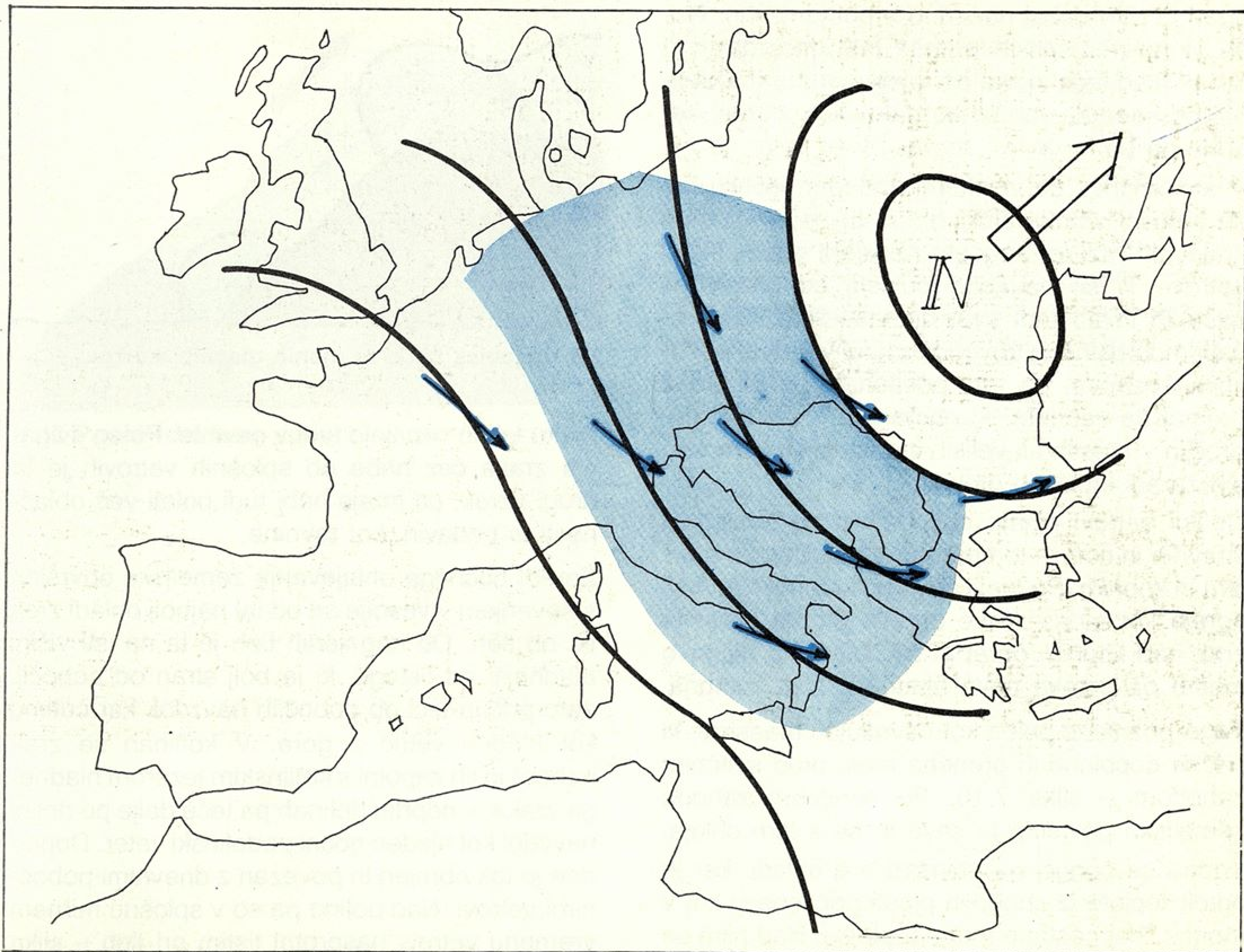
Fronta prihaja

12p

Računanje delčka prognoze







### 7.7 Območje severnih in severozahodnih vetrov v zaledju odhajajočega ciklona

umit, čeprav je lahko zaradi prehoda prek industrijskih območij severozahodne Evrope z različnimi plini še kar precej onesnažen.

Najbolj značilna po spredaj omenjenih lastnostih je burja, ki se pojavlja predvsem v primorskih predelih. Grebeni, ki ločujejo sorazmerno tople primorski zrak od hladnega v zaledju, omogočajo, da se hladen in gostejši zrak, ki priteka od severa, kot slap prelije pod toplejšega in redkejšega obmorskega. S spuščanjem poveča hitrost, izjemoma celo kar do 50 m/s oz. 180 km/h.

Na zgornji meji hladnega zraka nastanejo razna valovanja, zato se hladen zrak v valovih oz. paketih prelije in se delno kotali čez grebene, kar ustvarja glavne sunke burje – slika 7.8. Vpliv trenja ustvarja dodatne vrtnice različnih velikosti,

kar vse povzroči, da je burja res zelo sunkovit, hladen in suh veter (v katerem se pršut ravno prav osuši).

Seveda povzroča burja, zlasti zaradi sunkovitosti, težave morskemu in cestnemu prometu pa tudi v letalskem prometu je že bila vzrok nesreč. Zelo močna burja odkriva strehe, lomi električne drogove, dela zamete, prevrača kamione itd. Burja lomi proti njej rastle veje dreves, zato so drevesa tam deformirana – slika 7.9, tako, da ima pokrajina svojevrsten videz: nagnjena drevesa, ograje proti burji, strehe brez napuščev itd. Ker dviga burja v zrak slan pršec iz morja, so na otokih cela območja, ki so obrnjena proti burji, skoraj brez rastlinja in nenaseljena. Gorje, če te v majhnem čolnu zaloti burja na morju, kjer



udari včasih dokaj nenadno s polno močjo. No, če je iz vremenskih poročil razvidno, da ni v bližini hladnega zraka oz. njegovega približevanja od severa, smo lahko dokaj brezskrbni, ker burje ne bo.

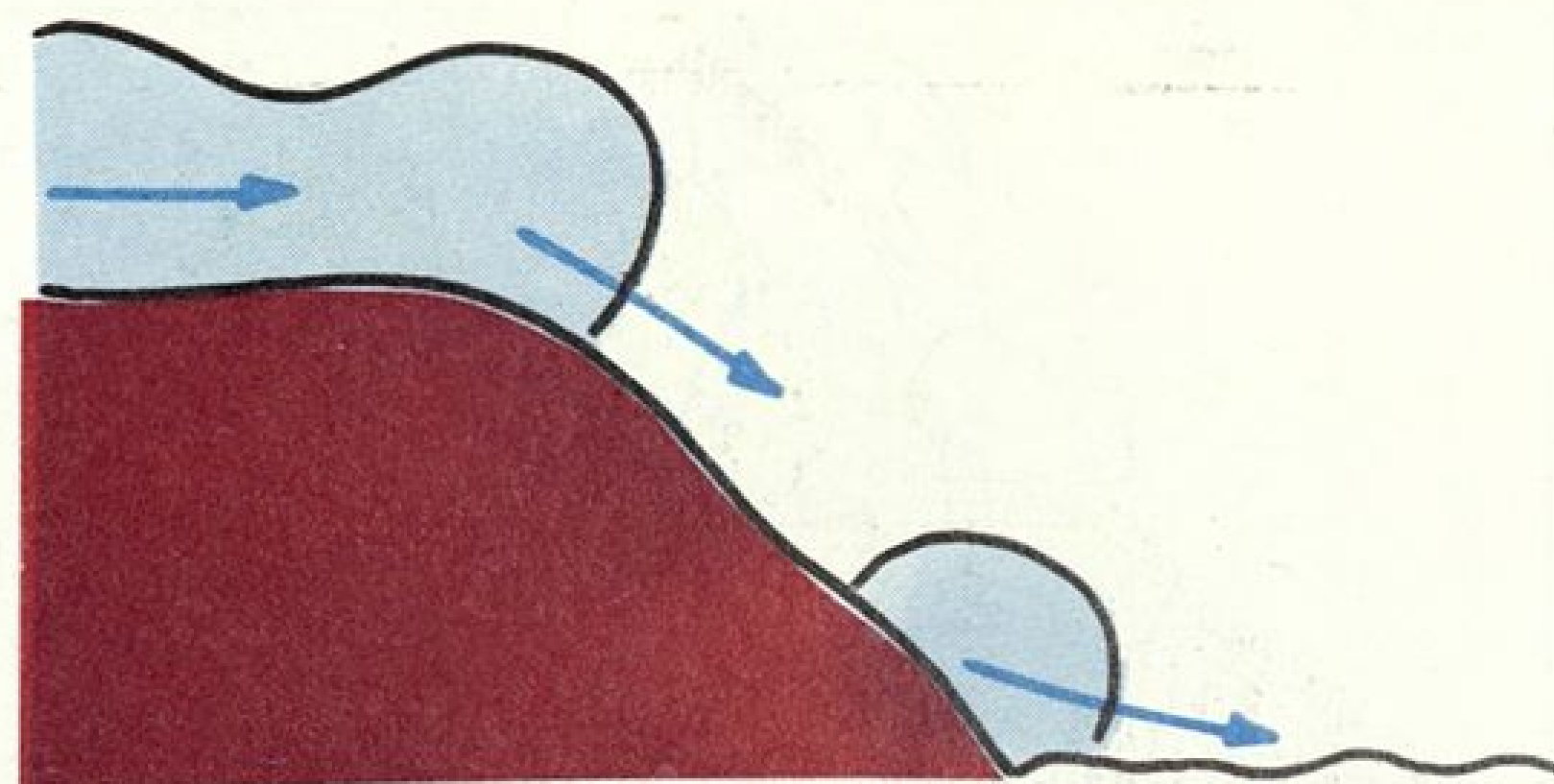
V anticiklonih, ob visokem zračnem pritisku, ko so splošni vetrovi šibki (pogl. 5), pa se zaradi krajevnih razmer pogosto razvijejo razni lokalni vetrovi. Ti so navadno odvisni od dnevnega časa in imajo tudi svoj dnevni cikel. Mednje štejemo obalne vetrove, pobočne vetrove, podolinske vetrove, pa tudi počasna gibanja zraka (komaj še vetrove), ki nastanejo v urbanih področjih v mestih ali velikih industrijskih kompleksih zaradi toplotnih otokov.

Obalni vetrovi pihajo ob obali in so posledica dnevnih in nočnih temperaturnih razlik med morjem in kopnim. Podnevi se kopno na površini bolj ogreje kot morje, ki se ogreva globlje. Zato je zrak nad kopnim ogret in se dviga, na njegovo mesto pa priteka malo hladnejši zrak z morja.

Tega poznamo poleti kot osvežujoč maestral, ki prične dopoldne in preneha malo pred sončnim zahodom – slika 7.10. Po sončnem zahodu zemeljska površina le seva in se s tem ohlaja. Kopno se ponoči na površini bolj ohladi, ker je pritok toplote iz spodnjih plasti počasnejši kot v morju. Zdaj postane morje toplejše. Nad njim se zrak dviga, tega pa nadomesti hladnejši zrak s kopna; ta vetrič je ob naših obalah znan kot burin.

Podobno nastajajo ob južnih obalah Azije monsoni, le da ne v dnevnem, ampak letnem ciklusu in so seveda močnejši, trajnejši in mnogo obsežnejši.

Ljudem, ki živijo v močno razgibanem reliefu, in planincem so poznani pobočni vetrovi, ki jih štejejo med znanilce lepega vremena, čeprav so zares le njegova posledica. Podnevi se prisojna pobočja bolj ogrejejo kot osojna in od njih tudi zrak tik nad njimi. Ta je redkejši in teče ob pobočjih navzgor, kar čutimo kot tople sapice iz dolin – slika 7.11. Če je zrak bolj suh, kaj več ni opaziti. Če pa je precej vlažen, se pri nadaljnjem dvigu zraka nad grebene pojavijo kopasti oblaki ali oblaki, ki se ob zelo vlažnem in labilnem

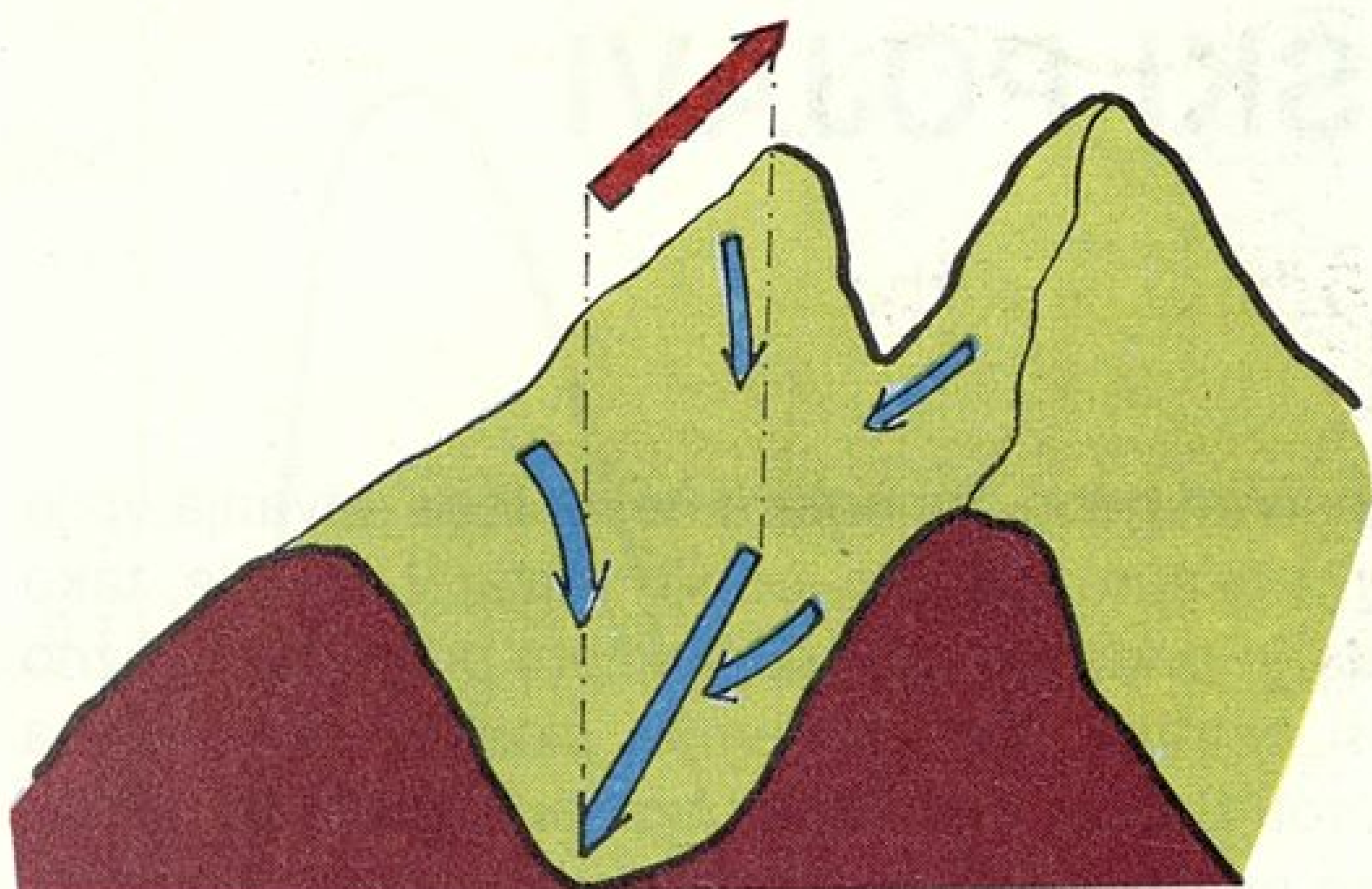


7.8 Nastanek burje in njenih glavnih sunkov

zraku lahko razvijejo tudi v nevihte. Poleg dvigavanja zraka čez hribe ob splošnih vetrovih je to drugi vzrok, da imajo hribi tudi poleti več oblačnosti in padavin, kot ravnine.

Zaradi nočnega ohlajevanja zemeljske površine s sevanjem v vesolje se od tal najbolj ohladi zrak tik ob tleh. Ob nagnjenih tleh je ta na isti višini hladnejši od tistega, ki je bolj stran od pobočij, zato prične teči ob pobočjih navzdol, kar čutimo kot hladen vetrič z gora. V kotlinah se zrak nabere in jih zapolni s kotlinskim jezerom hladnega zraka; v odprtih dolinah pa teče dalje po dolini navzdol kot hladen nočni podolinski veter. Dopoldne je tok obrnjen in povezan z dnevnimi pobočnimi vetrovi. Nad dolino pa so v splošno mirnem vremenu vetrovi nasprotni tistim pri tleh – slika 7.11. Nasprotni vetrovi v višinah se pojavljajo tudi pri drugih, prej opisanih lokanih vetrovih. Fen smo si ogledali že v 4. poglavju (slika 4.6), burjo pa malo prej. Nekakšna kombinacija obeh je t. i. karavanška burja, ki nastane tedaj, ko pihajo v ustreznem polju pritiska nad nami močni splošni severni ali severozahodni vetrovi, ki se pri tleh okrepijo oz. sežejo do tal z močnimi sunki. Ti močni vrtinci v krogih ali pasovih podirajo drevje, odkrivajo strehe ipd. K sreči se pojavljajo redko – enkrat na deset ali več let. V višinah okrog 9 km pihajo tudi nad nami pogosto zelo močni vetrovi, včasih s hitrostmi nad 500 km/h. Toda bliže tal so v splošnem šibkejši, pri nas, ki smo v odvetrju Alp, pa še toliko bolj. Zato so pri nas v nižinah v povprečju hitrosti vetrov pod 3 m/s (ca. 10 km/h), kar je pol toliko, kot nad ravninami zahodne Evrope. Ker je razpo-





7.12 Podolinski veter ponoči

ložljiva moč vetra, ki jo je mogoče izkoristiti za pretvorbo v uporabne oblike energije, sorazmerna tretji potenci hitrosti vetra, imamo pri nas 8-krat manj možnosti za izrabo energije vetra. Ker jo celo tam, kjer je imajo mnogo več, le malo izkoriščajo (saj je tudi velika večina mlinov na veter opuščena), pri nas v nižinah res ni izgledov, da bi lahko vetrovno oz. eolsko energijo donosno izkoriščali. V primerih močnih vetrov ob burji ali ob nevihtah pa so vetrovi preveč sunkoviti in delajo le škodo.



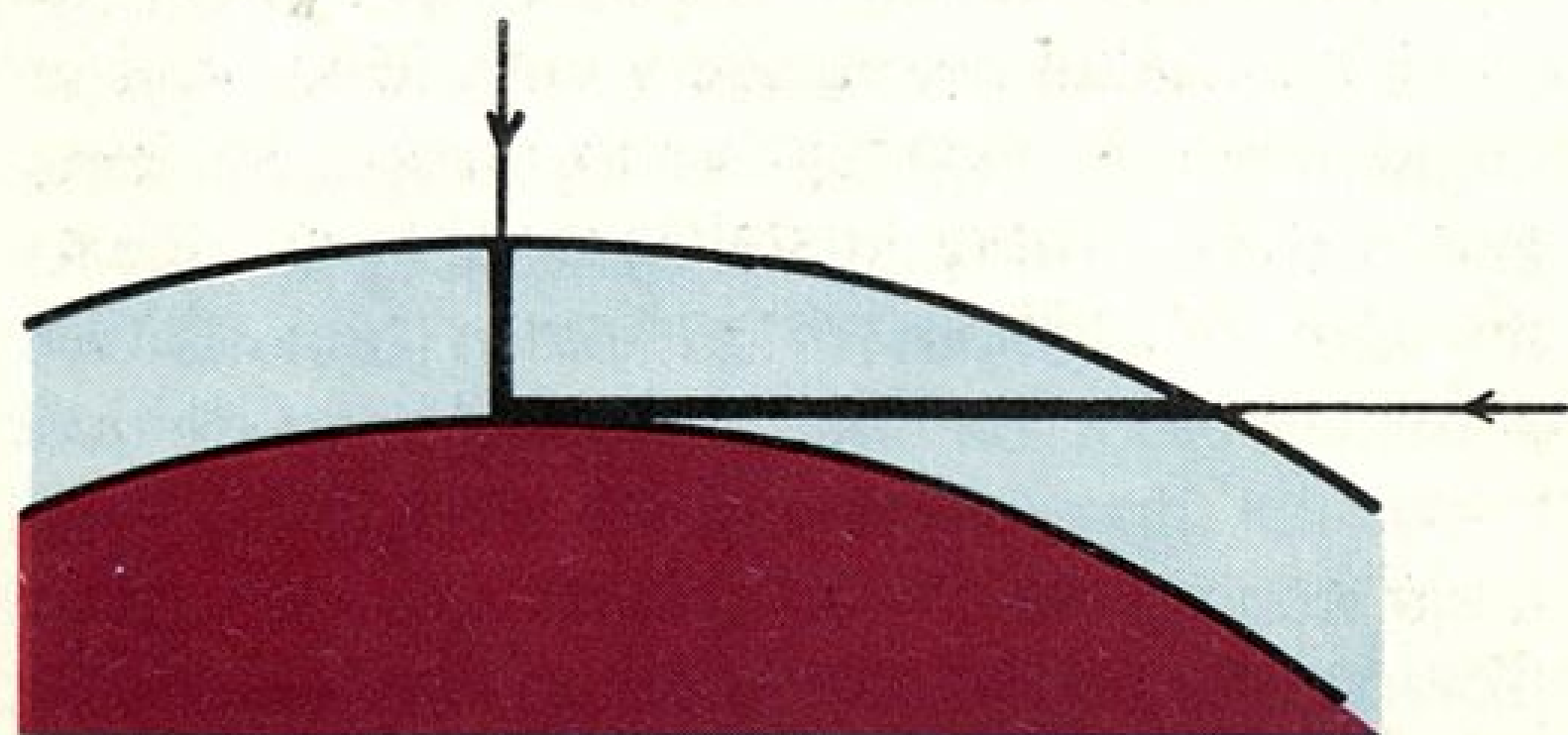
## 8. KRAJEVNI VREMENSKI POJAVI

Vreme v nekem kraju in ob nekem času je skupek atmosferskih pojavov v tistem kraju in času. Ker jih je lahko veliko in se vsi spreminjajo, je tudi vreme, natančno vzeto, skoraj vsak hip malo drugačno. Če ni drugih pojavov, je pa jasno nebo s katerega podnevi sije sonce in obseva in ogreva tla.

Trajanje in jakost sončnega obsevanja pri tleh sta že količini, ki vplivata na vreme in klimo nekega kraja. Oba sta seveda močno odvisna od oblačnosti in vrste oblakov, od megle, od onesnaženja zraka in drugega.

Vrste oblakov smo si že ogledali (pogl. 4) in vemo, da prosojni cirrusi skoraj ne vplivajo na trajanje in le malo na jakost sočnega obsevanja, medtem ko npr. debeli stratokumuli nanje vplivajo dokaj močno in do tal ne pride skozi nič direktne svetlobe. Seveda je pod njimi svetlo, ker se svetloba odbija od kapljice do kapljice in se kot razpršena (difuzna) ter močno oslABLJENA prebije do tal.

Nad najvišjimi oblaki, to je približno 10 km visoko nad nami, čez dan vedno sije sonce; če lahko posije do, tal pa je, kot rečeno, odvisno od raznih pojavov v troposferi. Jakost sončnega obsevanja na vrhu atmosfere je okrog  $1400 \text{ W/m}^2$ . To je gostota energijskega toka, ki jo lahko prestreže in uporabi le satelit, če ima proti soncu obrnjene sprejemne površine. Do tal pa je pride že v čistem zraku znatno manj. Tudi ob povsem



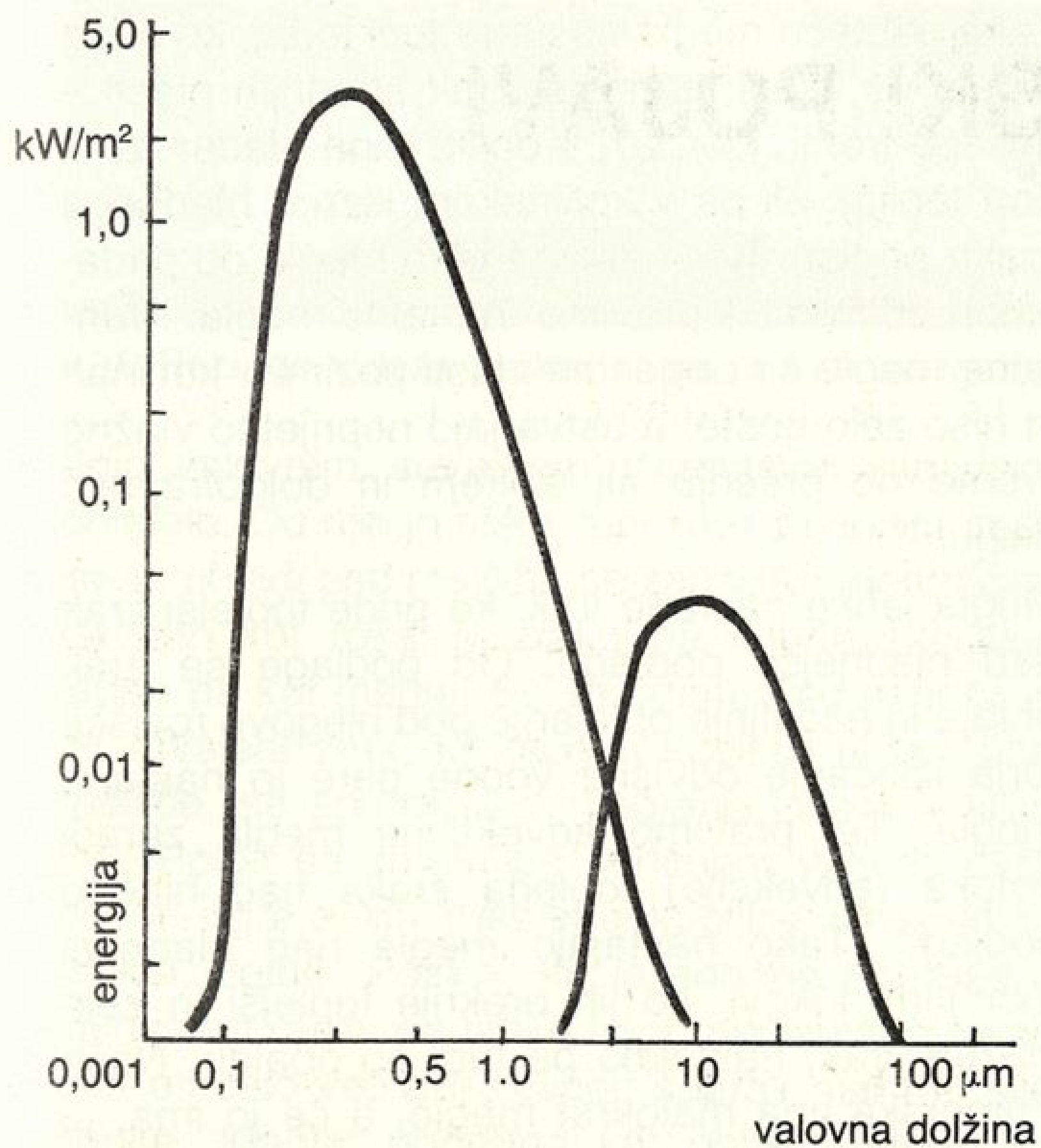
8.1 Daljša pot sončnih žarkov skozi atmosfero pri »nizkem« soncu

jasnem nebu atmosfera nekaj tega sevanja vpije in nekaj razprši oz. odbije nazaj v vesolje, tako da je pride do tal v najboljšem primeru približno tri četrtine. Če sprejemna ploskev ni obrnjena proti Soncu, ampak je nagnjena glede na žarke, se enako širok snop svetlobe razporedi na večjo površino in jakost obsevanja na enoto površine je znatno manjša (primerjaj sliko 2.1). Koliko energije dobi ob jasnem nebu vodoravna površina tal je zato odvisno še od »višine sonca« oz. nagiba sončnih žarkov glede na tla. Nagib je tudi opoldne odvisen od letnega časa, zjutraj in zvečer pa še od dnevnega časa in je tedaj sploh zelo majhen. Poleg tega je tedaj tudi pot žarkov skozi atmosfero mnogokrat daljša kot opoldne in je zato sevanje, ki pride do tal, močno oslABLJENO tudi če ni oblakov – slika 8.1.

Oblaki odbijajo in razpršujejo kar 60–90 % nanje vpadle sončne svetlobe. To pomeni, da pride skozi debele oblake le 10 % sevanja v obliki razpršene svetlobe. Nekaj malega vpijajo atmosfera in vodne kapljice, večina pa se odbije nazaj v vesolje in je za Zemljo izgubljena. V povprečju pa je 6/10 zemeljske površine pokrite z oblaki ali meglo, zato se velik del na Zemljo vpadlega sončevega sevanja takoj vrne v vesolje.

Sonce seva elektromagnetne valove različnih valovnih dolžin in ima največ energije v valovnih dolžinah med  $0,1$  in  $3,0 \mu\text{m}$  (mikrometri). Temu delu sončnega sevanja pravimo v meteorologiji tudi kratkovalno sevanje. Razporeditev jakosti sevanja pa je približno v skladu s Planckovo razporeditvijo – slika 8.2. Od tega je vidna svetloba le sorazmerno ozek pas med  $0,4 \mu\text{m}$  (vijolična) in  $0,8 \mu\text{m}$  (rdeča) z največjo jakostjo v zeleni barvi ( $0,5 \mu\text{m}$ ). Tem valovnim dolžinam v vrhu jakosti sončevega spektra se je prilagodilo naše oko v času razvoja; so pa posledica visokih temperatur »površine« Sonca, ki seva pri  $6000^\circ\text{C}$ . Tla in atmosfera pa imajo znatno nižje





8.2 Planckova razporeditev jakosti sončevega in terestičnega sevanja

temperature (v grobem med  $-50$  in  $+50^{\circ}\text{C}$ ) in sevata manj močno, toda daljše valovne dolžine – od  $3$  do  $100\ \mu\text{m}$ . Zato pravimo temu sevanju dolgovalovno ali terestično sevanje. Za naše oko je to terestično sevanje nevidno, čutimo ga kot toploto, posebno pa občutimo razliko, če smo malo oblečeni v prostoru s hladnimi ali toplimi stenami ob enaki temperaturi zraka.

Podnevi dobiva proti Soncu obrnjeni del Zemlje energijo, ki je večinoma večja od izgube, ki nastaja zaradi dolgovalovnega sevanja v vesolje. Tla in zrak nad njimi se zato podnevi ogrevajo in dopoldne temperatura tal in zraka ob jasnem vremenu hitro narašča – slika 8.3. Tla so najtoplejša opoldne, zrak na višini  $2\ \text{m}$  nad njimi, kjer ga merimo, pa šele kako uro ali dve pozneje. Popoldne začne izsevanje prevladovati nad obsevanjem in temperature začnejo padati. Po sončnem zahodu osenčeni del Zemlje samo še oddaja toploto s terestičnim sevanjem in se hladi vse do novega sončnega vzhoda. Zato je tik pred njim navadno najhladneje. Tedaj se najpogosteje pojavijo (ali pa so najmočnejši) rosa, megla, slana in drugi pojavi, ki so odvisni od

relativno nizkih temperatur. Po sončnem vzhodu pa se začnejo temperature navadno spet dvigati. Če izgladimo dnevni in letni cikel in tvorimo večletna povprečja se izkaže, da dobi Zemlja kot planet prav toliko energije od Sonca, kot je sama izseva v vesolje. In gorje, če ne bi bilo tako, saj bi se v stoletjih spekli ali pa bi nas prekril led. Že majhne spremembe v prepustnosti atmosfere (npr. zaradi povečanega onesnaževanja zraka) grozijo, da se bo sedanje ravnotežje malo premaknilo in povzročilo klimatske spremembe, ki so lahko za človeštvo katastrofalne. Izračunali so, da bi npr. splošna ohladitev v zmernih geografskih širinah, v povprečju le za nekaj stopinj, povzročila ledene dobe in bi naše alpske doline spet zapolnil led. Otoplitev za nekaj stopinj v polarnih območjih pa bi lahko stalila del arktičnega in antarktičnega ledu in morja bi se dvignila za več metrov – za  $65\ \text{m}$ , če bi se stalil ves led. Kaj bi to pomenilo za obmorska mesta in nižine ob obalah, si je komaj mogoče v celoti predstavljati.

Megle poznamo več vrst in tudi na različne načine jo lahko razvrstimo; najkoristnejša je razvrstitev po njenem nastanku. V glavnem je za nastanek megle potrebno, da se vodna para zgosti oz. kondenzira v drobne kapljice. Ko jih je toliko, da nam z razpršitvijo svetlobe zmanjšajo vidnost pod  $1\ \text{km}$ , pravimo, da je megla (npr. slika 8.4). Včasih je seveda zelo gosta in izjemoma pade vidnost na borih  $5\ \text{m}$ , kar celo cestni promet skoraj ustavi.

Kondenzacija vodne pare se navadno zgodi pri  $100\%$  relativni vlagi na zelo drobnih kondenzacijskih jedrih – velikih komaj tisočinko milimetra. Teh je v naravi vedno dovolj; saj jih je celo v čistem zraku nad oceani okrog  $200$  v kubičnem centimetru, v onesnaženem mestnem zraku pa jih je lahko nekaj deset tisoč v  $\text{cm}^3$ . Med njimi je mnogo takih, ki »vlečejo vodo nase«, so torej higroskopna (drobni kristalčki soli, hlapi raznih kislin ipd.). Na njih se prične kondenzacija že pri relativni vlagi pod  $80\%$ , torej že precej prej, kot je zrak z vlago nasičen. Megle morda še ni, je pa meglica ali zameglenost z vidnostjo med  $1$  in  $10\ \text{km}$  in včasih mrč z vidnostjo med  $10$  in  $25\ \text{km}$ . Podobno kot v oblaku, so tudi kapljice v megli



dokaj drobne: večinoma med stotinko in desetinko milimetra. Zato posameznih navadno sploh ne vidimo, pač pa le splošno belino zaradi sipanja svetlobe na njih, če jih je dovolj. Kadar se megla gosti, je kapljic vedno več in sprva je zanemarljiv učinek, da postajajo nekatere prav počasi tudi večje. Šele en dan ali več dni stare megle imajo več velikih kapljic s premerom nad 0,5 mm. Te »velike kaplje«, ki že padajo, se pogosto tvorijo na svojevrsten način, podobno kot padavinske (pogl. 4).

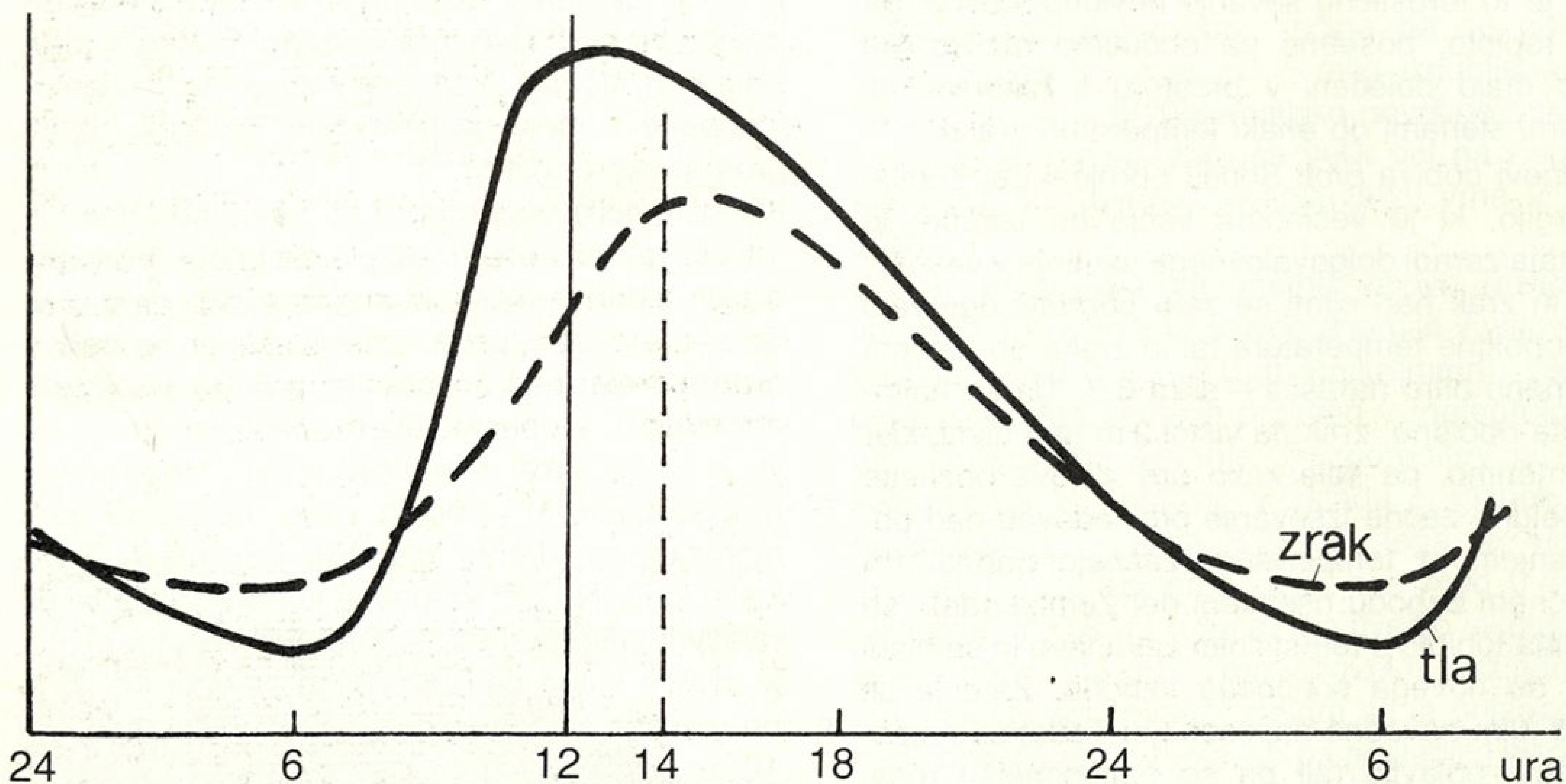
Megla nastane na dva osnovno različna načina: 1. ko se zraku dodaja vse več vodne pare, ki je ne more sprejeti in 2. ko se vlažen zrak ohladi še naprej pod rosišče (temperatura pri kateri je nasičen) in mora vlago oz. vodno paro izločiti. Poglejmo si nekaj primerov.

Kadar leži nad sorazmerno toplo vodo precej hladnejši zrak, nastane t. i. puhteča megla. V mrzlih jutrih se iz jezer in nekaterih rek kar kadi. Tudi po poletni plohi se razgreta tla »kadijo« – slika 8.5. Kaj se pravzaprav dogaja? Iz tople vodne ali mokre površine izdatno izhlapeva voda, vodne pare pa hladnejši zrak ne more sprejeti, ker je nasičen. Odvišna vodna para se na kondenzacijskih jedrih takoj spet zgosti v drobne vodne kapljice, ki tvorijo meglo.

Taka puhteča megla nastane tudi tedaj, ko pada topel dež skozi hladnejši zrak spodnjih plasti – npr. ob fronti, kjer leži v obliki klina hladen zrak pod toplim, ali pa v kotlinskem jezeru hladnega zraka pri tleh. Ker nastane taka megla ob padavinah ob fronti, ji pravimo frontalna megla. Frontalne megle so pogostne zlasti pozimi v kotlinah in niso zelo goste, a ustvarjajo neprijetno vlažno vreme ob pršenju ali šibkem in dolgotrajnem dežju.

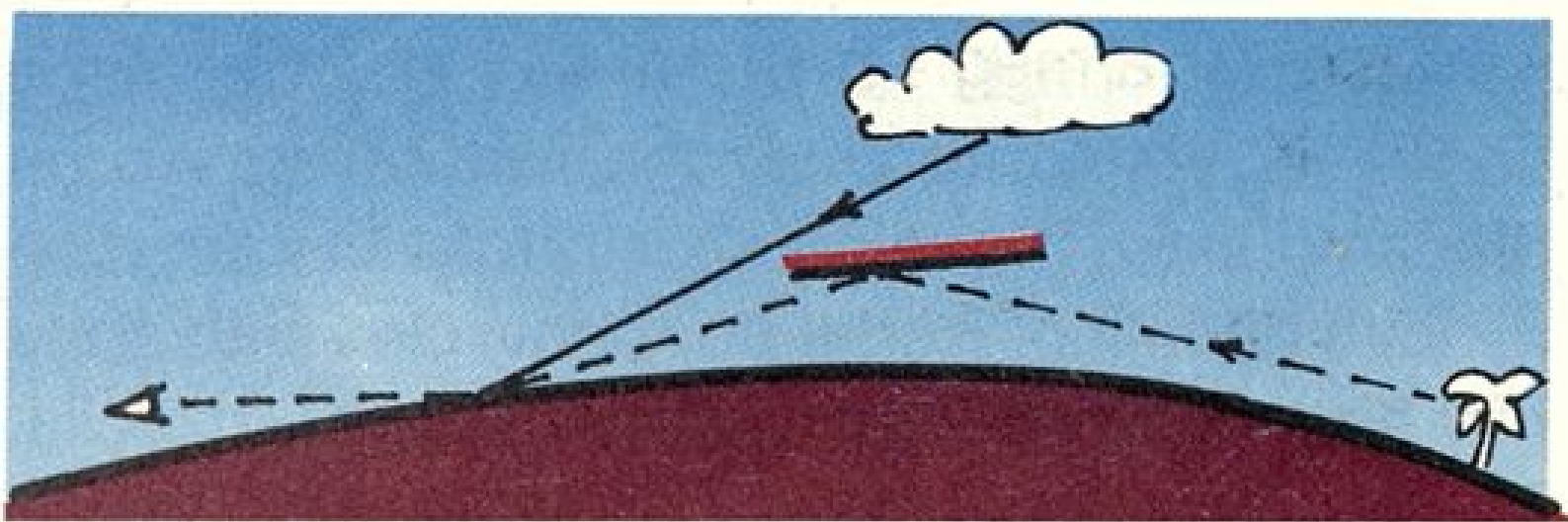
Megla lahko nastane tudi, ko pride toplejši zrak nad hladnejšo podlago. Od podlage se zrak ohlaja in nadaljnje ohlajanje pod njegovo rosišče terja izločanje odvišne vodne pare in nastane megla. Tej pravimo advektivna megla zaradi dotoka (advekcije) toplega zraka nad hladno podlago. Tako nastajajo megle nad hladnimi morskimi tokovi, ko jih prekrije toplejši in zelo vlažen zrak; nastajajo pa tudi ob obalah. Naša Primorska ima malokrat meglo, a če jo ima, je to navadno tedaj, ko se ob premiku toplega in vlažnega zraka iznad morja na kopno, ta nad hladnejšim kopnim ohladi pod rosišče. Taki rečemo tudi obalna megla, ki lahko včasih seže tudi precej daleč v notranjost.

Večinoma pa je megla v nižinah in kotlinah Slovenije t. i. radiacijska megla. Ponoči se tla z



8.3 Povprečni dnevni potek temperature tal in zraka nad njimi





**8.10 Razlaga videza mokre ceste in fate morgane**

dolgovalovnim sevanjem (terestično radiacijo) ohlajajo. Od njih in nekaj tudi sam se ohlaja zrak, ko se ohladi pod rosišče, se začne kondenzacija: na tleh kot rosa, v zraku na kondenzacijskih jedrih pa kot megla. Ko se celoten od pobočij in tal ohlajeni zrak, ki zapolni kotlino, ohladi pod rosišče, se spremeni v megleno jezero – slika 8.6. Poleti se kmalu po sončnem vzhodu zrak dovolj ogreje, da meglene kapljice izhlapijo in megla izgine. Pozimi, ko je sončne energije v splošnem malo, pa lahko taka megla vztraja ves dan ali celo več dni skupaj, čeprav nad njo sije sonce. Megla, podobno kot oblaki, odbija do 90 % sončnega sevanja nazaj v vesolje. Preostalih 10 %, ki se v megli in na tleh vpijejo in porabijo za ogrevanje, pa je premalo za razkroj megle.

Padavine in njihov najvažnejši način nastanka ter druge njihove značilnosti smo si pogledali že v poglavju o frontah (4. pogl.). Količino padavin podajamo v milimetrih, kar je enakovredno litrom vode na kvadratni meter. Količina padavin v goratih predelih je težko pravilno določljiva, saj veter, ki je v gorah navadno močnejši, nosi kapljice in snežinke ter jih odlaga v zavetrjih. Količino padavin določamo navadno le pri izpodnebni padavinah oz. t. i. padavinah slabega vremena.

Pogosto imenujemo roso, slano in ivje padavine lepega vremena. Rosa nastane s kondenzacijo vodne pare na rastlinah in predmetih. Ponoči se trava, krošnje dreves, strehe avtomobilov ipd. najbolj ohladijo, ker nimajo dobre zveze s tlemi in ne dobivajo toplote iz spodnjih plasti tal. Ko se zaradi terestičnega sevanja trave ohladijo pod rosišče in od teh tudi zrak tik ob njih, se odvečna vodna para izloča in zbira v večje kaplje, ki jih vidimo kot roso – slika 8.7.

Kadar je temperatura rosišča zraka nad tlemi

pod ničlo in se temperatura trav zniža pod rosišče, vodna para sublimira v drobne ledene kristalčke. Mnogim skupaj pravimo slana – slika 8.8. Slana je vsekakor dokaz, da se je ponoči temperatura zraka tik pri tleh znižala pod  $0^{\circ}\text{C}$ , pozeba pa nastane navadno šele tedaj, ko je znižanje še nekaj stopinj pod ničlo.

Pri temperaturi pod ničlo so meglene kapljice podhlajene. Ko podhlajena kapljica zadene ob vejico ali žico, v hipu primrzne nanjo. Rekli smo že, da se zrak v naravi vedno nekoliko giblje, zato je navadno na eni strani vejice ivja več: s primrzovanjem kapljic, ki jih nosi veter, raste ivje proti vetru in je navadno belo in krhko – slika 8.9. Kadar pa so kaplje večje in se delno razležejo, preden zmrznejo, nastane trdnejše in prosojno t. i. trdo ivje.

Snežinke, ki padejo na dovolj hladna tla, se ne stalijo in se naberejo v snežno odejo, ki ji pogosto rečemo kar sneg. Novi sneg, je tisti, ki je zapadel v zadnjih 24 urah, onemu od prej pa pravimo stari sneg. Višino snežne odeje merimo v centimetrih, ločeno za novi in stari sneg posebej. Sneg pa se pod lastno težo useda in stari sneg ima navadno precej večjo gostoto, kot novi. Gostoto snega pogosto podajamo kar v razmerju glede na vodo, ki bi jo dal, če bi se stalil. Suh pršič ima gostoto  $\frac{1}{30}$ , kar pomeni, da da 30 cm pršiča komaj 1 cm vode; za zelo moker sneg velja  $\frac{1}{2}$ , torej že 2 cm mokrega snega dasta 1 cm vode. Gostota snega je pomembna pri določanju obremenitve streh, zalog vode itd.

Pri določanju nevarnosti plazov pa je pomembnejša notranja struktura snega, ki odloča o tem, kako trdno so posamezne plasti snega med seboj povezane. Struktura snega pa se stalno spreminja in ni preprosto določljiva.

Snežna odeja vsebuje polno zraka, ki se ne more gibati, zato je podobno kot volna ali drugi izolacijski materiali zelo slab prevodnik toplote. Pri temperaturah pod  $0^{\circ}\text{C}$ , ko se ne tali, ščiti tla oz. zemljo in posevke na njej pred premočno ohladitvijo. Sneg pa tudi odbija do 80 % sončnega obsevanja, zato se temperature pri tleh tedaj ne dvignejo veliko. V jasnih nočeh pa se površina snega z dolgovalovnim sevanjem močno ohladi



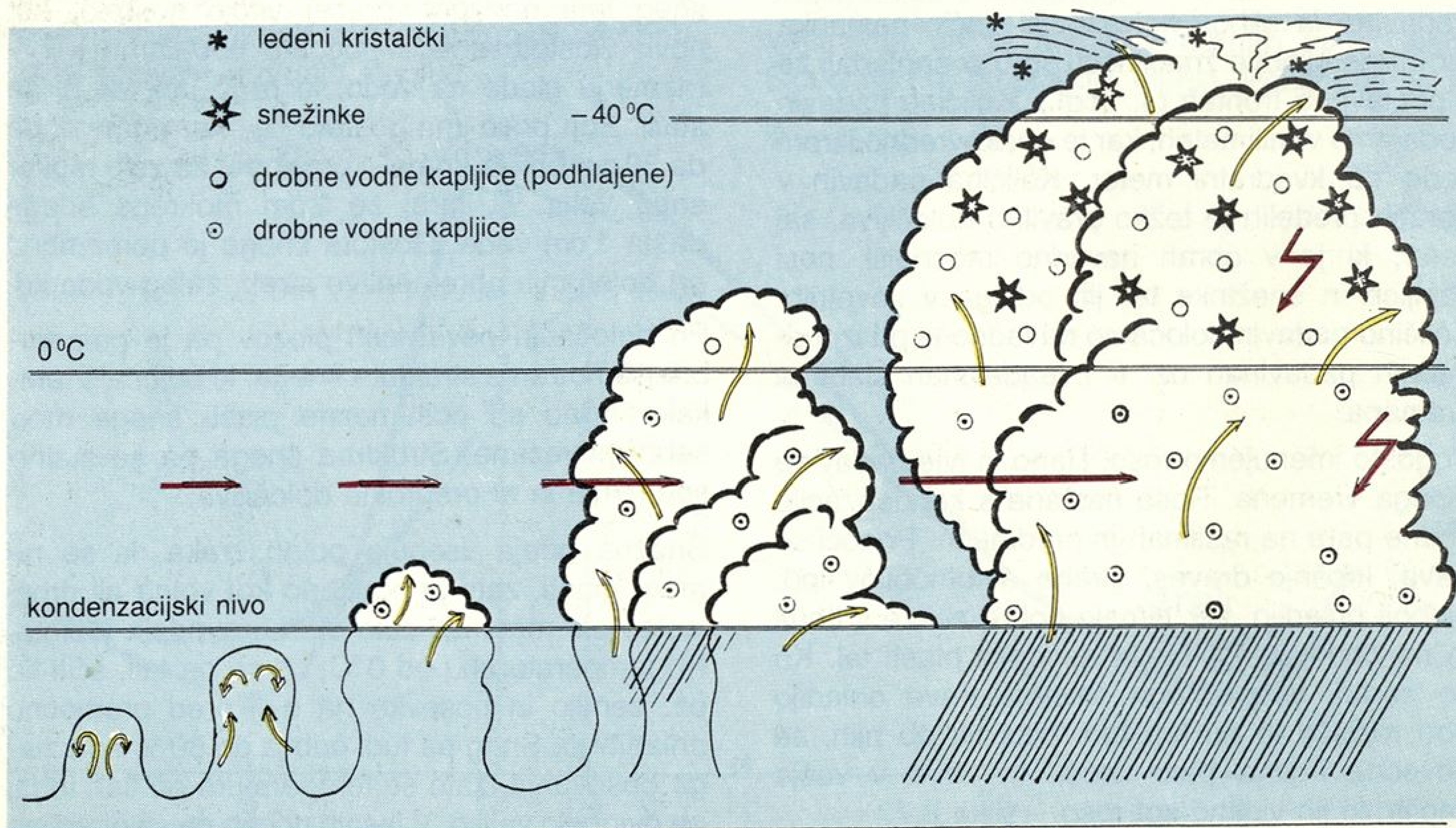
in od nje tudi zrak nad snegom. Zato so jasne in mirne zimske noči zelo mrzle. Slane na snegu navadno niti ne opazimo, razen če se kaže v obliki velikih ploščic, ki se v soncu močno lesketajo. Taki slani ali ivju na snegu pravimo srež. Snežna odeja lahko pokriva vsa tla ali pa le del tal. S tem imamo dani že dve različni oznaki stanja tal, kar je tudi važen meteorološki podatek. Tla so lahko še suha, vlažna, mokra, zmrznjena, pokrita s poledico itd. Ti podatki so pomembni za nekatere presoje vpliva tal na bodoče vreme; pomembne pa so tudi za nekatere veje gospodarstva, za naknadno določanje vzrokov nekaterih prometnih nesreč itd.

V atmosferi opazimo pogosto zanimive optične pojave, ki nas tudi opozarjajo na nekatere pomembne lastnosti ozračja nad nami. Podrobnejše opise teh pojavov najdemo v čtivu, ki ga priporočamo za branje in je navedeno na koncu te knjige. Mavrica npr. nas opozarja na to, da pred nami dežuje, za nami pa sije sonce. Hálo ali krog okrog sonca nas opozarja na to, da v višinah priteka toplejši in vlažnejši zrak. Ta ustvarja tenke cirrusne oblake, ki jih brez hála

pogosto še opazili ne bi. Venec ali krog okrog sonca je prazaprav zmazana lisa sonca, ko ga gledamo skozi prosojne altostratusne in nam daje njihovo debelino. Kadar se robovi cirrusnih oblakov barvno spreminjajo, nastaja pojav – irizacija. Z vrhov vidimo na megli pod seboj svojo senco in okrog glave barvne kroge, kar imenujemo glorijs. Vsi ti barvni pojavi nastanejo zaradi loma, razklona in odboja svetlobe na kapljah, kapljicah ali kristačkih. Ledeni kristalčki, ki se svetlikajo v zraku in dajejo, če gledamo proti soncu, videz svetlobnega stebra, opozarjajo na zelo nizke temperature zraka.

Kadar se nam ob sončnem vremenu zdi v daljavi cesta mokra, vemo, da je tik nad cesto zrak močno segret, zato je redkejši kot malo višje in nastaja preprosta oblika fate morgane. Zaradi uklona in totalnega odboja svetlobe vidimo na cesti v daljavi sliko neba, podobno kot jo sicer vidimo bliže na mokri cesti oz. na luži – slika 8.10.

Najbolj grozeč vremenski pojav pri nas je nevihta. Meteorološki opazovalec zabeleži nevihto že, če dežuje in vmes zagrmí. V splošnem pa je



8.11 Nastanek nevihte v hladnem zraku nad toplo podlago

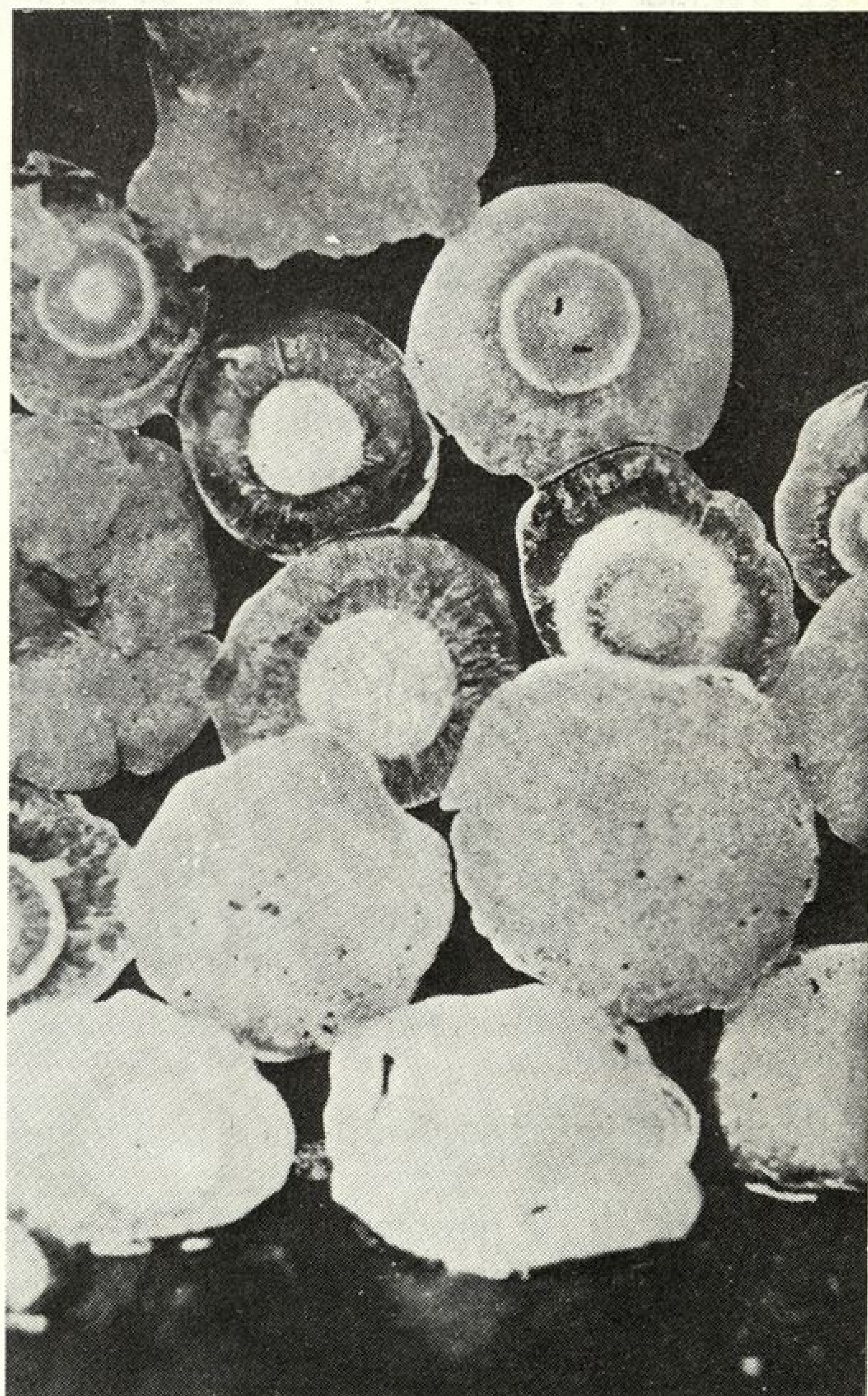


nevihta skupek pojavov, ki nastanejo z oblakom cumulonimbus in v njem. To so plohe, bliski, grom, piš oz. viharni vetrovi, včasih pa tudi toča in tornado.

Nevihte lahko nastanejo, če sta izpolnjena dva glavna pogoja: če je v zraku dovolj vlage in če je atmosfera labilna, to je, če temperatura dovolj močno pada z višino. Tedaj je zrak, ki se dviga in ohlaja, še naprej toplejši od okolice, dviganje se nadaljuje, ob kondenzaciji pa dobi dvigajoči se zrak še dodatno toploto in nevihtni obak kar zakipi v nebo tja do vrha troposfere (nad nami približno 10 km visoko). Ker naprej zaradi tamkajšnje inverzije ne more, se nevihtni oblak zgoraj pahljačasto razširi in dobi, ko ga gledamo od strani, obliko nakovala. Na teh višinah pa se zagotovo ohladi tudi pod  $-40^{\circ}\text{C}$ , ko tudi podhlajene kapljice zmrznejo. Dobimo ledene kristalčke, ki jih navpični tokovi v oblaku zanesejo med kapljice ter se na račun kapljic debelijo in tako tvorijo osnove padavin.

Nevihte v zmernih širinah nastanejo največkrat ob hladni fronti. Lahko pa nastanejo tudi pred njo ali še daleč za njo, saj priteče s hladno fronto, zlasti poleti, hladen zrak nad toplo podlago, kar povzroči navpična mešanja oz. konvekcijo. Pri hladni fronti, ki je pogosto pas neviht, je posamezne težko ločiti eno od druge; posamezne nevihte pred fronto ali za njo pa imajo značilen razvoj, ki traja eno do dve uri, in je prikazan na sliki 8.11. Dviganje zraka ob nastajanju nevihte v oblaku vleče zrak pri tleh pod oblak in veter piha proti nevihti; nakar nastane kratek premor oz. mir. Ko pa zadeva dozori in nastanejo veliki padavinski delci – zrnca, kaplje ali celo toča, udari z njimi proti tlam z višin hladen zrak z značilnim pišem ali viharjem. Zdaj piha pri tleh od nevihte proč.

Navpična gibanja velikih hitrosti, trenja med zračnimi delci, nastanek padavin in njihove pretvorbe ipd. ustvarijo močna električna polja. Razelektritev, ki ji pravimo strela in jo vidimo kot blisk in slišimo kot grmenje, je značilen in samo nevihtni pojav. Večina strel udari med oblaki ali deli nevihtnih oblakov, včasih pa tudi med oblakom in tlemi. Iz oblaka strela išče pot najmanjšega upora oz. pot, kjer je zrak najbolj ioniziran (že



8.13 Prerez zrn toče

razdeljen na pozitivne in negativne naboje) in zato bolje električno prevoden. Zato je strela navadno cikcakasta in razvejena. Po istem kanalu gre navadno nato v obeh smereh še nekaj razelektritev, toda vse skupaj traja manj kot desetinko sekunde, kar vidimo kot blisk – slika 8.12. Električni tok v strelji doseže jakost do stotisoč amperov in ni čudno, da lahko povzroči znatno škodo, zažge ali ubije. Samo v ZDA npr. ubije strela na leto čez 100 ljudi, poškoduje pa jih več kot 2500.

Preden udari strela, nas na močna električna polja v atmosferi opozarjajo dvignjeni lasje, prasketanje ipd., včasih pa se na kovinskih konicah kažejo celo plamenčki (Elijev ogenj). Tedaj je skrajni čas, da si poiščemo zavetje ali ležemo v



kako vdolbino proč od dreves, vrhov ali grebenov. V stavbah z vodovodno in drugo napeljavo, kjer smo kot v nekakšnih kletkah, pa smo pred strelo varni.

Zrak v kanalu strele zažari, se raztegne ter trenutek nato spet skrči. To da rezek pok, če strela udari blizu. Če pa se zvočni val odbija od tal in od plasti raznih gostot v atmosferi, se na daleč sliši značilno grmenje in bobnenje. To se širi s hitrostjo zvoka (ca. 330 m/s), kar pomeni, da lahko po merjenju časa med bliskom in gromom približno ugotovimo oddaljenost bliska od nas – vsake tri sekunde je 1 km.

Električna polja prepredajo atmosfero tudi ob lepem vremenu, le da niso močna. V povprečju je atmosfera glede na tla pozitivna in jakost električnega polja je okrog 130 V/m (voltov na meter). Sorazmerno suh in neioniziran zrak je dober izolator, saj prenese jakost polj do 3 milijone V/m; če je ioniziran pa manj. Vsekakor pa so razlike v napetostih na razdaljah strele ogromne.

Poseben, tudi samo nevihtni pojav je toča. Vemo že, da so zametki padavin navadno ledena zrnca (pogl. 4). V nevihtnih oblakih, ki imajo močne navpične tokove pa pogosto potujejo taka zrnca večkrat navzgor in navzdol. Nanje primrzujejo kapljice in jih debelijo. Ko zaidejo v spuščajoče se tokove ali pa postanejo pretežka, izpadejo v obliki zrn toče. Ta merijo v premeru večinoma pod 1 cm, včasih pa 6 cm in celo več. Prerez točinega zrna je podoben prerezu čebule in kaže, kolikokrat je potovalo zrno v oblaku navzgor in navzdol – slika 8.13.

Znano je, da povzroča toča veliko škodo. Obram-

ba proti toči sega več kot stoletja nazaj, a je še zdaj malo uspešna, če sploh je. Načelno oz. v grobem nastanek toče dandanes še kar dobro poznamo in sodobni namen obrambe je dober: vnesimo v oblak, kjer se začne delati toča, snov, ki bo ustvarila veliko število ledenih zrn (npr. srebrov ali svinčev jodid). Naravna in umetna zrna se zaradi množične konkurence ne bodo mogla močno odebeliti in namesto razmeroma maloštevilnih debelih zrn toče, bo nastala velika množica drobnih, ki se bodo do tal morda celo stalila in bo padal le dež. Glavna težava praktične obrambe pa je v tem, da je treba vnesti v oblak na pravo mesto, ob pravem času zadostno količino snovi, ki bo povzročila nastanek ledenih zrn. To pa je kljub pomoči posebnega radarja in raket ali topov težko doseči. Če je smola, lahko s tem točo povzročimo, namesto da bi jo preprečili – slika 8.14. Zato Svetovna meteorološka organizacija sicer priporoča nadaljnja raziskovanja na tem področju, a odsvetuje operativno obrambo, ker njen uspeh še ni dokazan.

Oglejmo si še energijo, ki se pretvarja pri izhlapevanju in kondenzaciji. Za ogretje enega litra ali kg vode za  $^{\circ}\text{C}$  je potrebno okoli 4200 J, za izhlapevitev enake količine vode pa 2.500.000 J – torej kar 600-krat toliko. To energijo odnese s seboj vodna para. Ko se para spet zgosti v vodne kapljice (kondenzira), se enaka količina energije sprosti. Iz količine izpadle vode (padavin) lahko izračunamo, da se v enem samem nevihtnem oblaku v eni uri sprosti toliko energije, kot jo da JE Krško v pol meseca polnega obratovanja. Vz dolž ene same hladne fronte pa lahko nastane na tisoče neviht; zato se očitno z energijo, ki jo proizvajamo, vremena ne da spreminjati.



# 9. ZNAČILNOSTI VREMENA V SLOVENIJI

Slovenija meri v smeri vzhod-zahod le 250 km in v smeri sever-jug komaj 170 km. Zato je glede na velike vremenske sisteme, ki merijo nekaj tisoč kilometrov, velika le kot fižol na krožniku. Kljub temu pa se na tako majhnem območju kak velik vremenski sistem zelo različno odraža. Spomnimo se na to, kolikokrat ima naša Primorska sončno, medtem ko je v večini ostale Slovenije oblačno in dež; drugič pa je obratno in ima le Primorska padavine.

Značilnosti vremena v Sloveniji si je mogoče ogledati z različnih vidikov. Ker je dejavnikov mnogo, bi prinesel pregled z vidika vsakega od njih mnoga ponavljanja, čemur se skušamo izogniti. Na vreme vplivajo npr. veliki vremenski sistemi, letni čas, dnevni čas, topografske in orografske značilnosti posameznih področij itd. Lahko pa bi izbrali posebej vsak element ali pojav (npr. vlago, padavine) in si ogledali, kako je ob različnih drugih pogojih glede teh pojavov po Sloveniji. Uporabili bomo nekaj kombinacij. Tridesetletni povprečki iz zadnjih desetletij, skupaj z ekstremnimi vrednostmi in najvažnejšimi statističnimi količinami, ki jih je mogoče izračunati iz dolgih nizov podatkov, dajo vpogled v okvirno sliko klimatskih razmer nekega kraja ali področja. Taka slika je potrebna pri odločitvah gospodarskih investicij za dejavnosti, ki bodo tam delovale desetletje ali več. V zvezi z vremenom pa nas klimatski podatki opozarjajo na možne meje (ekstremi), na pogostnost nastopanja vrednosti v izbranih razredih ali pogostnosti pojavljanja nekih pojavov. Zato so v klimatskih podatkih zajete značilnosti vremena v nekem kraju ali področju, le da jih je treba včasih primerno izluščiti oz. povezati s posamičnimi dogajanjem v atmosferi. V tem okviru bomo dovolj kratko in povezano prišli do glavnih spoznanj o navedenih povezavah dogajanj in do slike o bistvenih klimatskih potezah Slovenije kot celote in njenih področij – npr. slika 9.1.

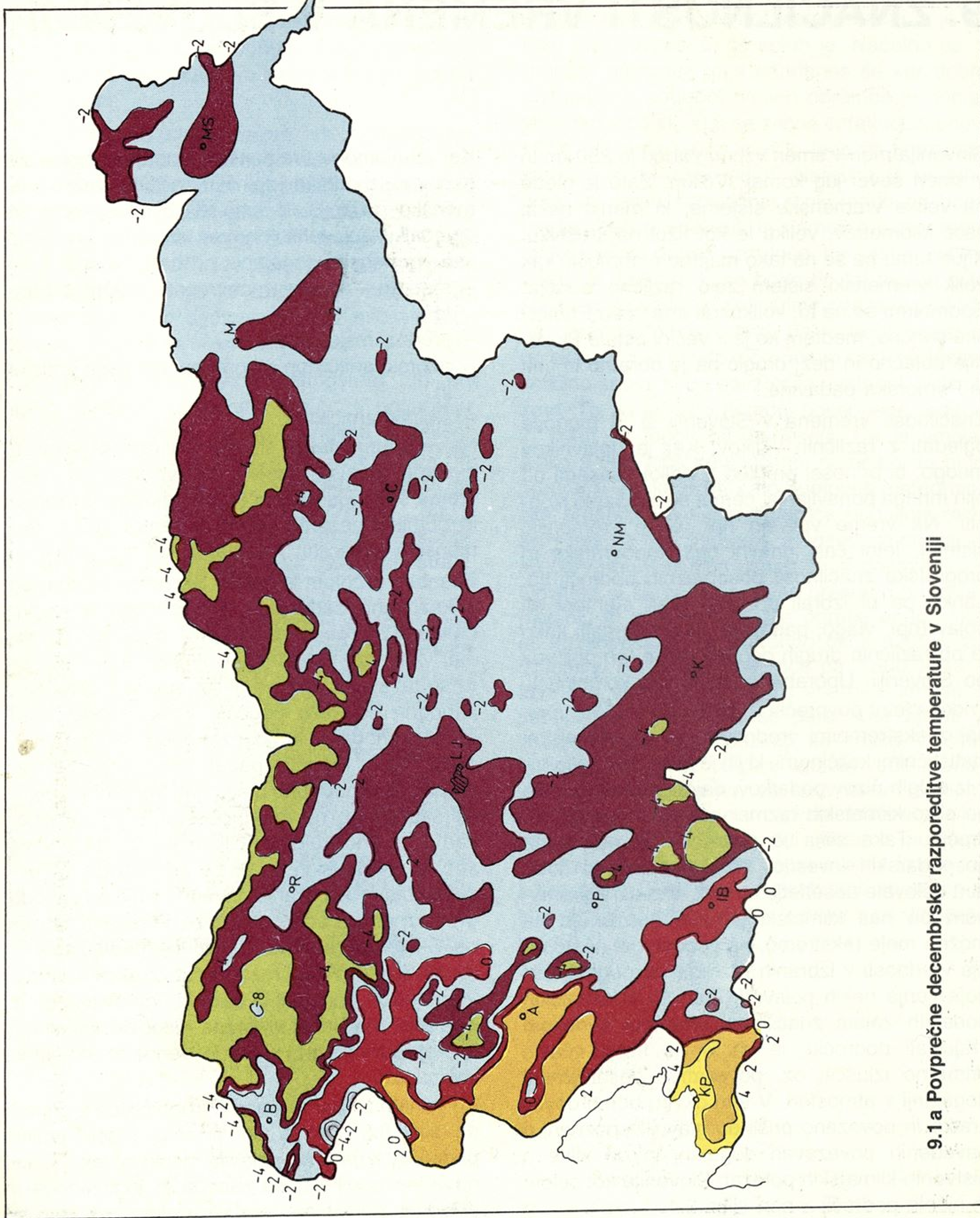
Ker izhajamo iz vremenskih dogajanj, bomo za osnovno izhodišče vzeli štiri značilne velike vremenske situacije, ki smo si jih na splošno že ogledali. Vanje lahko namreč vključimo praktično vsa vremenska dogajanja pri nas. To so:

- srednje – in severnoevropski cikloni s frontami,
- sredozemski ciklon,
- azorski anticiklon ali greben visokega pritiska in
- sibirski anticiklon.

Največji atmosferski sistemi – ultradolgi valovi in blokade tu niso opisani, ker vplivajo na naše vreme šele posredno, čeprav odločajo o razvoju in pomikih naštetih velikih sistemov oz. o vremenskih situacijah nad nami, kot tudi pravimo. Poseben problem je delitev Slovenije za potrebe prikazovanja sedanjega ali bodočega vremena. Lahko bi bila geometrijsko preprosta, npr: osrednja, vzhodna, zahodna ipd. – slika 9.2. Toda že tu so težave, saj južne ni oz. spada v osrednjo, zahodna pa kaže pogosto velike razlike med severozahodno in jugozahodno (Primorsko). Tako res ni mogoče podati splošne razdelitve, ampak je to potrebno prilagajati trenutni vremenski situaciji oz. razvoju procesov, ki jih obravnavamo ali pričakujemo. Glede na to, da prihaja večina vremenskih sistemov od zahoda, se poslabšanja in izboljšanja navadno širijo od zahoda proti vzhodu, a so v posameznih predelih zahodne Slovenije različna. Lahko pa pridejo tudi iz drugih smeri. Velika raznolikost vzrokov in samih vremenskih dogajanj je osnova ugotovitve, da je največja značilnost vremena njegova nestalnost in nepredvidljivost, ki pa jo vendarle skušamo premagati.

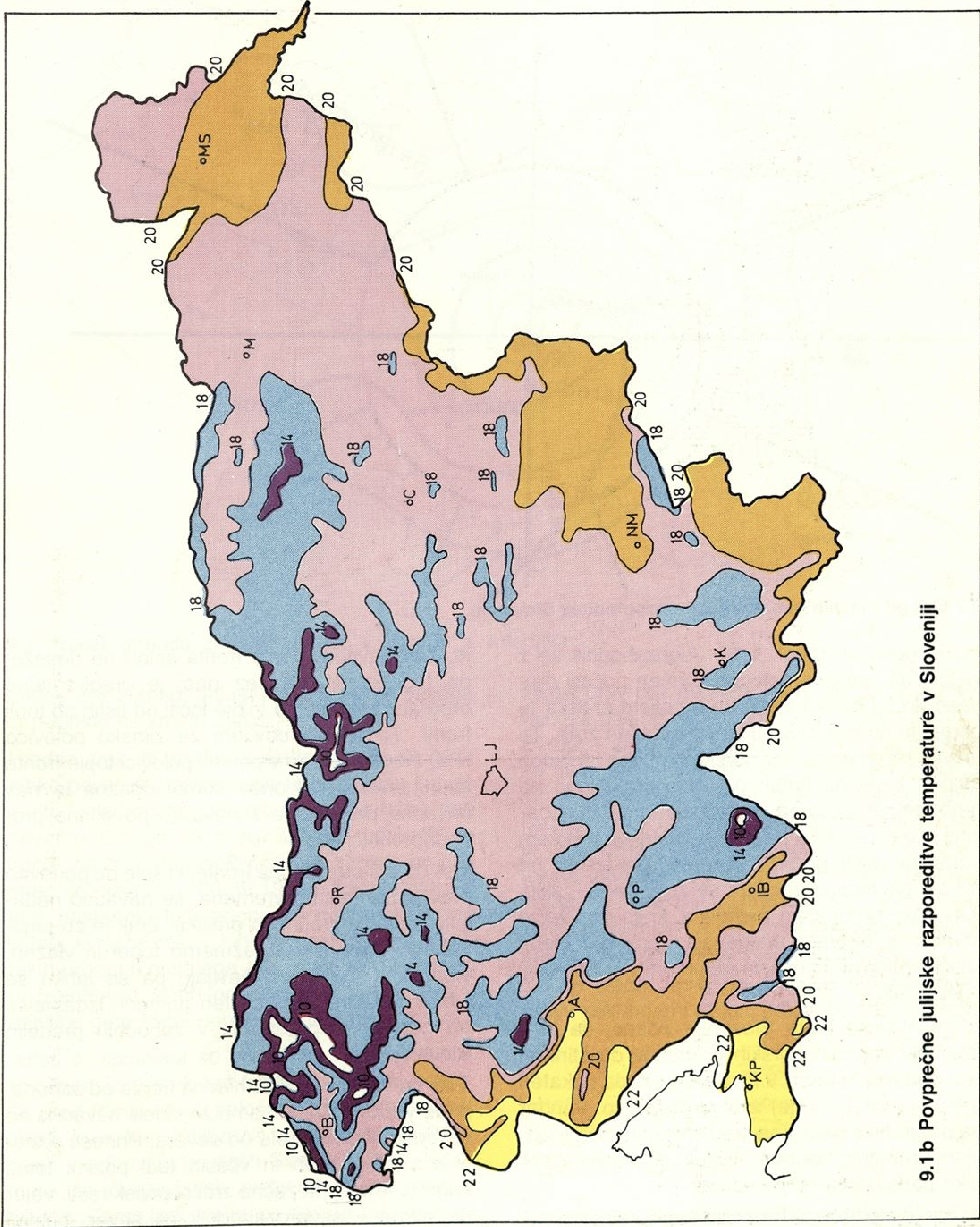
Ko prihaja z Atlantika nad Evropo ciklon – primer na sliki 9.3, začne tudi pri nas zračni pritisk padati in kmalu se pojavijo visoki oblaki. Ti se navadno pomikajo od zahoda in jugozahoda v skladu s položajem višinske doline, s katero je





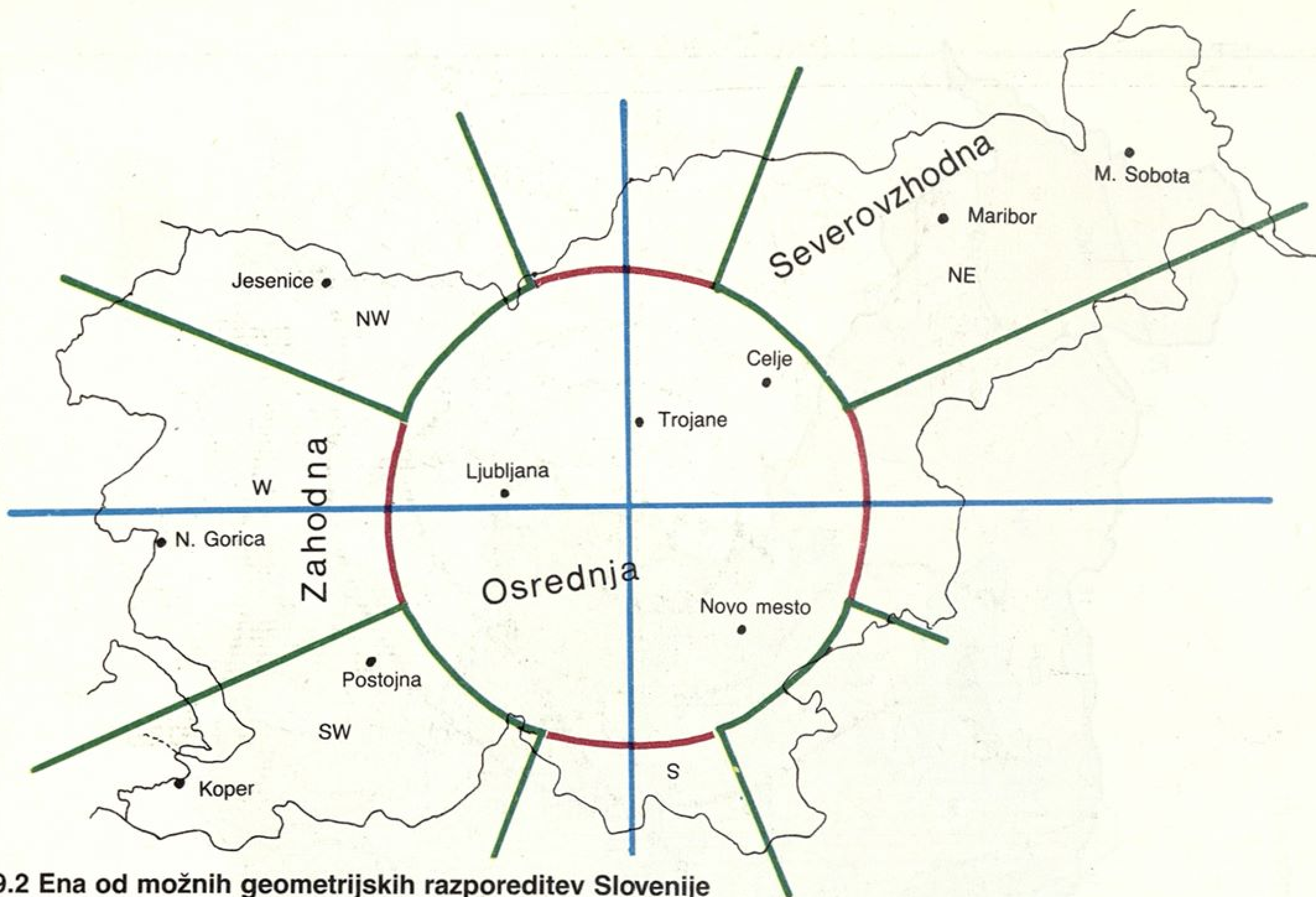
9.1a Povprečne decembrske razporeditve temperature v Sloveniji





9.1b Povprečne julijske razporeditve temperature v Sloveniji





9.2 Ena od možnih geometrijskih razporeditev Slovenije

ciklon povezan (pogl. 1–3). Jugozahtodnik se z večjim ali manjšim odklonom smeri počasi prenese do tal oz. se v skladu s poljem pritiska tu okrepi in dovaja iz Sredozemlja vlažen zrak. Ta ustvari ob dviganju čez gorske grebene navadno najprej kape na hribih oz. oblačne obloge na grebenih, pogosto pa se začnejo tam tudi padavine. Te orografske padavine nastajajo v širšem območju višjih gorskih pregrad, predvsem na njihovi privetni strani, kjer se zrak dviga – slika 9.4. Take orografske padavine, ki jih nad večjo ravnino ni, bistveno prispevajo k povprečni letni količini padavin in njihovi razporeditvi v Sloveniji – slika 9.5.

Iz padavinske karte Slovenije vidimo, da je v območju najvišjih gorskih grebenov do štirikrat več padavin kot npr. v Prekmurju in da nekateri grebeni (npr. Pohorje) izrazito izstopajo. Vendar pa orografske padavine pred splošnim poslabšanjem vremena, kot bomo videli, niso edini vzrok take padavinske razporeditve.

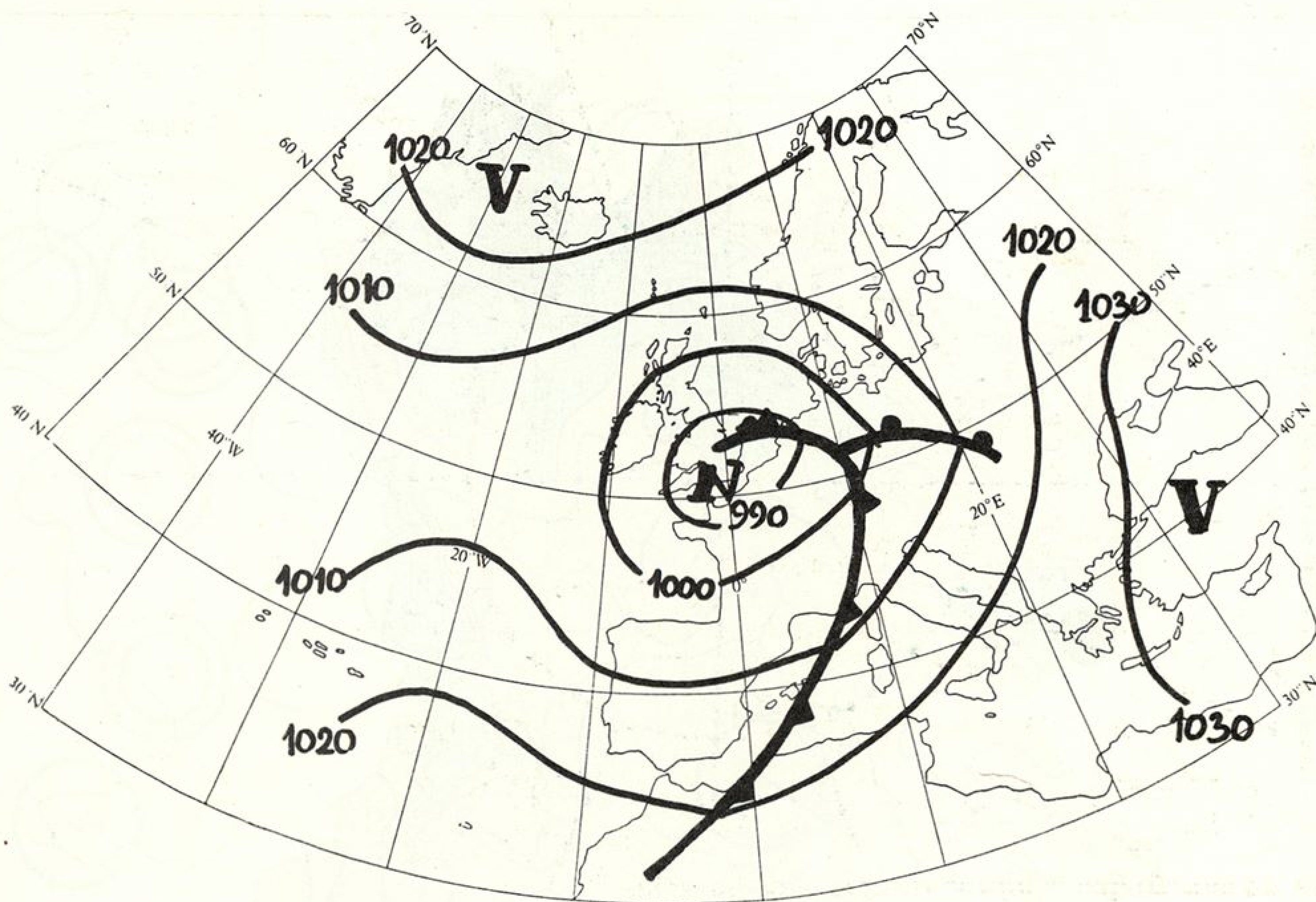
Kadar je središče ciklona nad Anglijo ali severne-

je, nas navadno topla fronta sploh ne doseže; pa tudi kadar gre čez nas, je predfrontalne orografske padavine težko ločiti od tistih ob topli fronti. To velja predvsem za zimsko polovico leta, medtem ko so v poletni polovici tople fronte takih severnih ciklonov komaj opazne in nas navadno preidejo le z nekoliko povečano predhodno oblačnostjo.

Vse do prihoda hladne fronte, ki šele da ponovno pravo spremembo vremena, se navadno nadaljuje padanje zračnega pritiska. Zrak je ob jugozahodnih vetrovih sorazmerno topel in vlažen, vidnost je majhna, pojavljajo pa se lahko še šibke padavine, ki so v teh primerih izdatnejše ob gorskih pregradah in v zahodnih predelih Slovenije.

Tudi če se Alpam bliža hladna fronta od zahoda, pride v Slovenijo, kot smo že videli, navadno od severozahoda ali celo od severa. Prinese padavine v obliki ploh in včasih tudi pozimi tedaj zagrmí. Kmalu pa začne zračni pritisk rasti, veter se obrne v severozahodnik ali sever, pozimi





### 9.3 Primer prihoda zrelega ciklona v Evropo z Atlantika

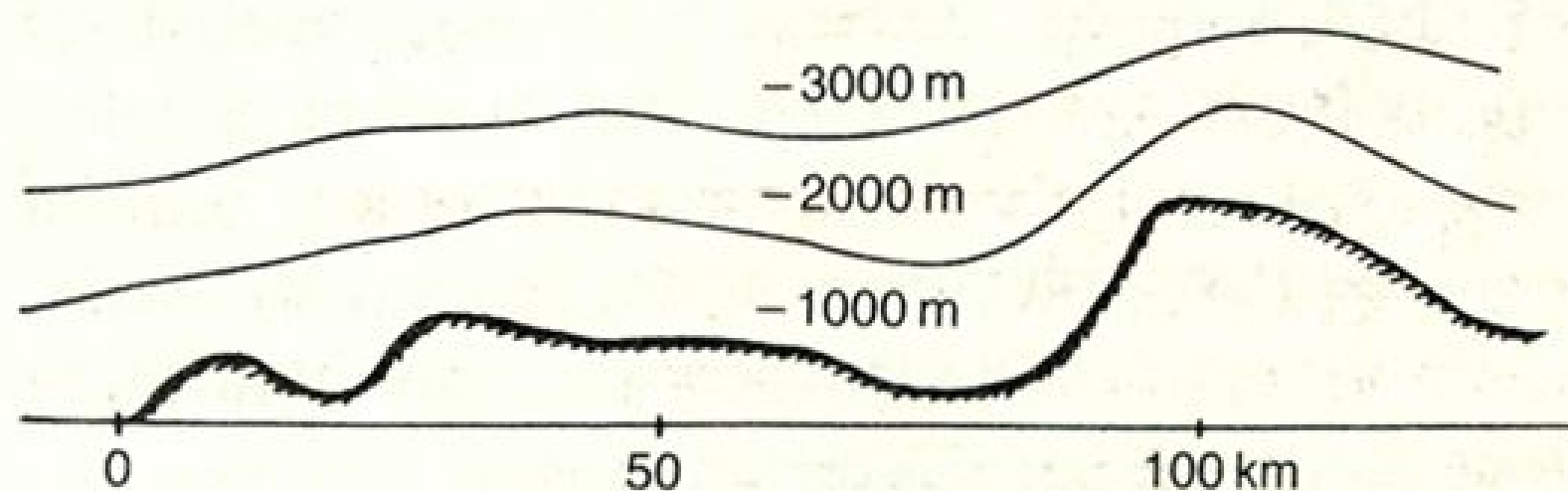
preide dež v sneg, ohladi se, vidnost se poveča in pogosto se kmalu zjasni.

Hladen zrak, ki prodira s hladno fronto na čelu, lahko povzroči zlasti spomladi, ko pri nas že vse cveti, zelo močne ohladitve, ker je blizu nad severno Evropo še sneg. V takih primerih se zgodi, da še v drugi polovici maja zapade pri nas sneg do nižin (npr. 20. 5. 1969 – fotografija). Pri tem nastanejo tudi pogoji za nastanek pozne slane, ki seže celo v junij. V naših gorah pa ob takih prodorih hladnega zraka tudi avgusta sneg ni izjemen in je pri pripravah na daljše ture v najvišje gore treba upoštevati tudi to možnost.

Poleti in spomladi so pojavi ob hladni fronti v splošnem izrazitejši kot pozimi in v pozni jeseni. Že pred fronto se ob splošnem dviganju zračnih plasti in s tem labilizaciji atmosfere, pojavijo, zlasti v hribovitih predelih Slovenije, kjer pripomore še dviganje ob grebenih, predfrontalne nevihte. Te so tudi posledica dotoka zelo vlažnega zraka iznad severnega Jadrana in so krive,

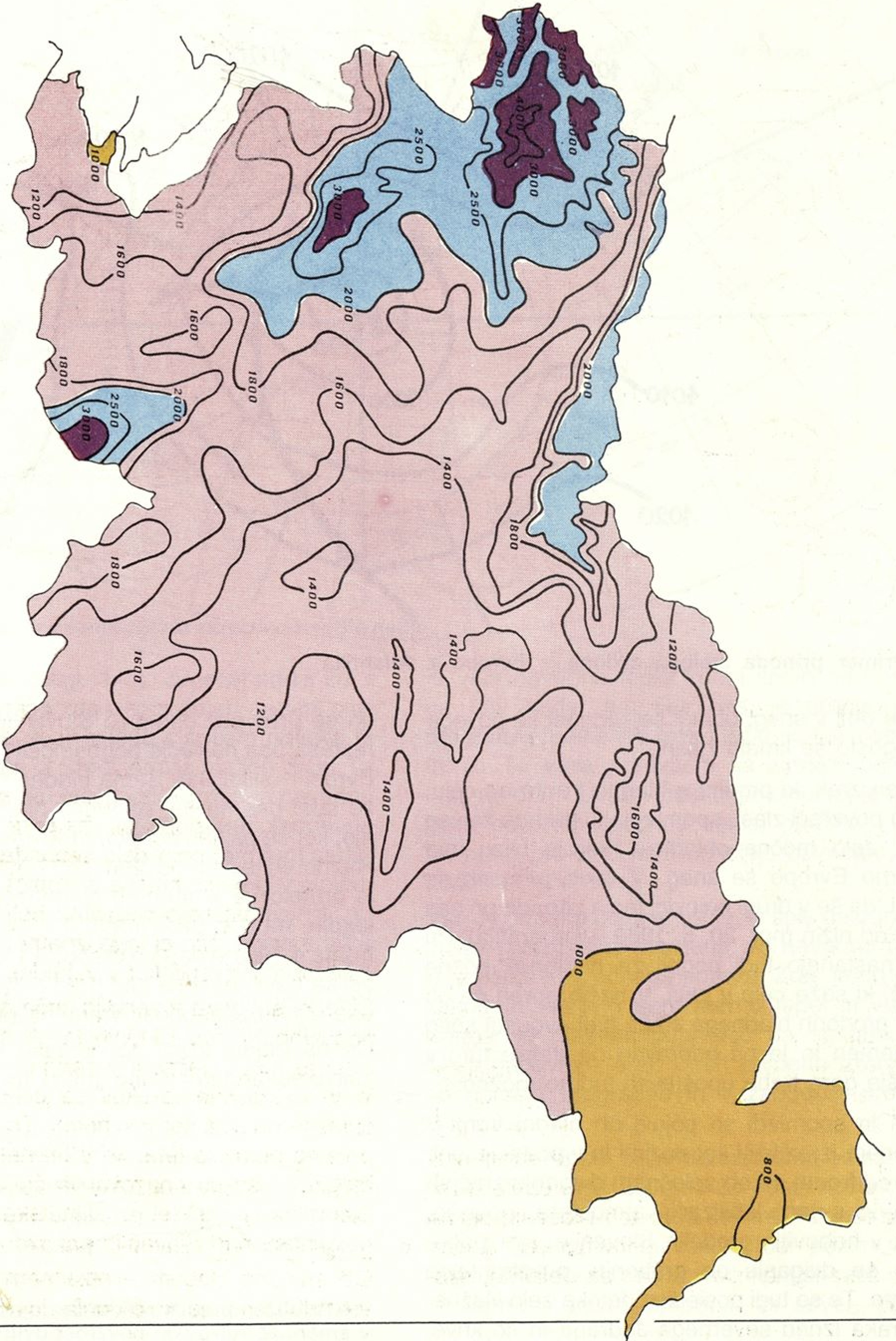
da se prav čez osrednjo Slovenijo proti Dunaju razteza pas največje pogostnosti nevihtnih dni v Evropi – slika 9.6. Sama hladna fronta je poleti že tako pas neviht; pa tudi v hladnem zraku za njo, ker se pri tleh ogreva, rade nastajajo nevihte. Razporeditev t.i. nevihtnosti (števila krajev, kjer je grmelo) je v dneh ob hladni fronti v Sloveniji takole: na dan pred fronto 1,2, na dan prehoda fronte 4,7 in na dan po prehodu 1,3. Razmeroma velika nevihtnost na dan pred prihodom fronte je ena izmed posebnosti vremena pri nas.

Če na hladni fronti ne nastane v Genovskem zalivu sekundarni ciklon, pritisk po prehodu fron-



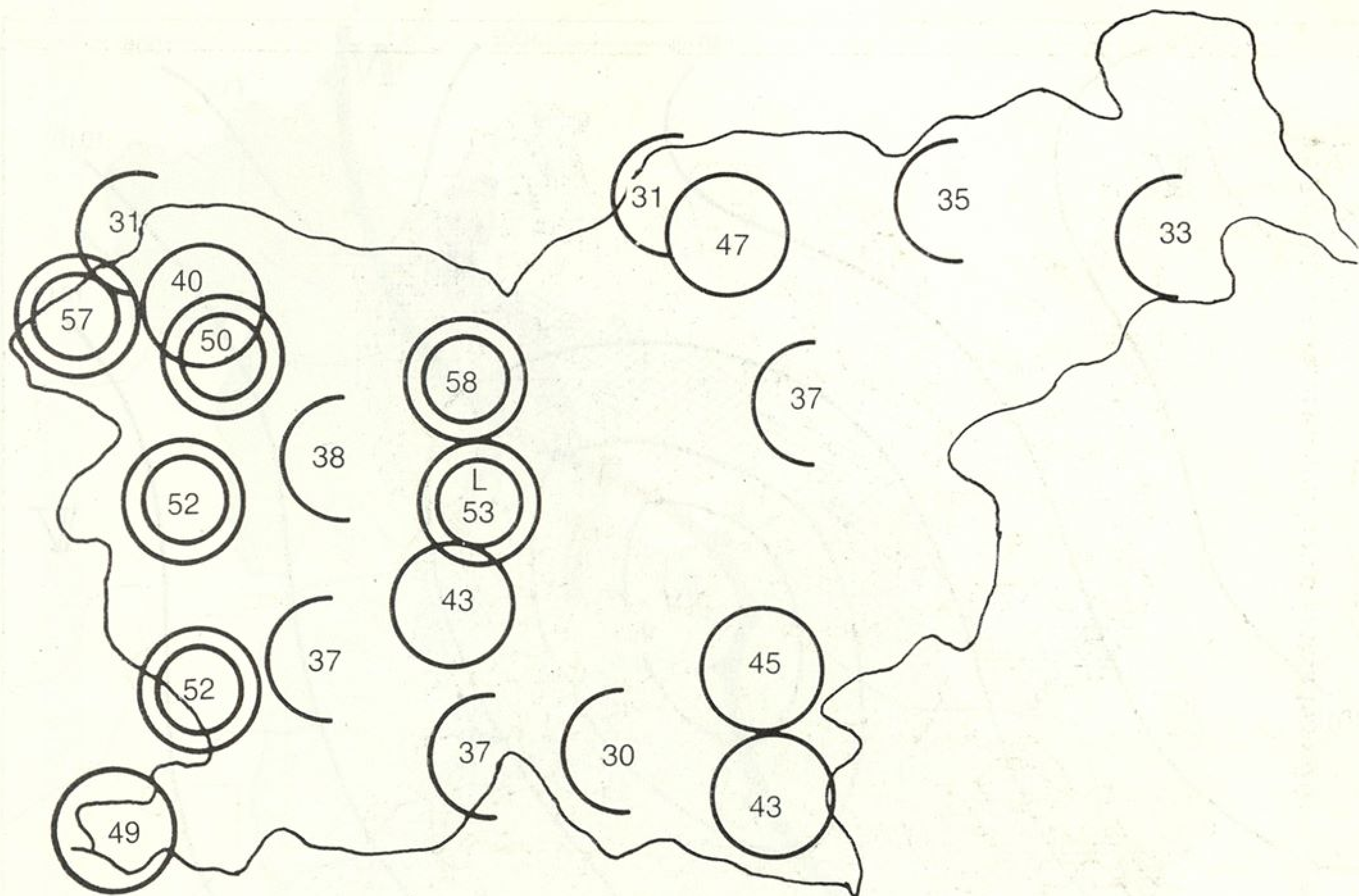
9.4 Približen presek reliefa čez osrednjo Slovenijo v smeri JZ vetrov, ki povzroči dviganje zraka





9.5 Padavinska karta Slovenije za obdobje 1956-75





9.6 Povprečno letno število dni z nevihtami za obdobje 1971–80

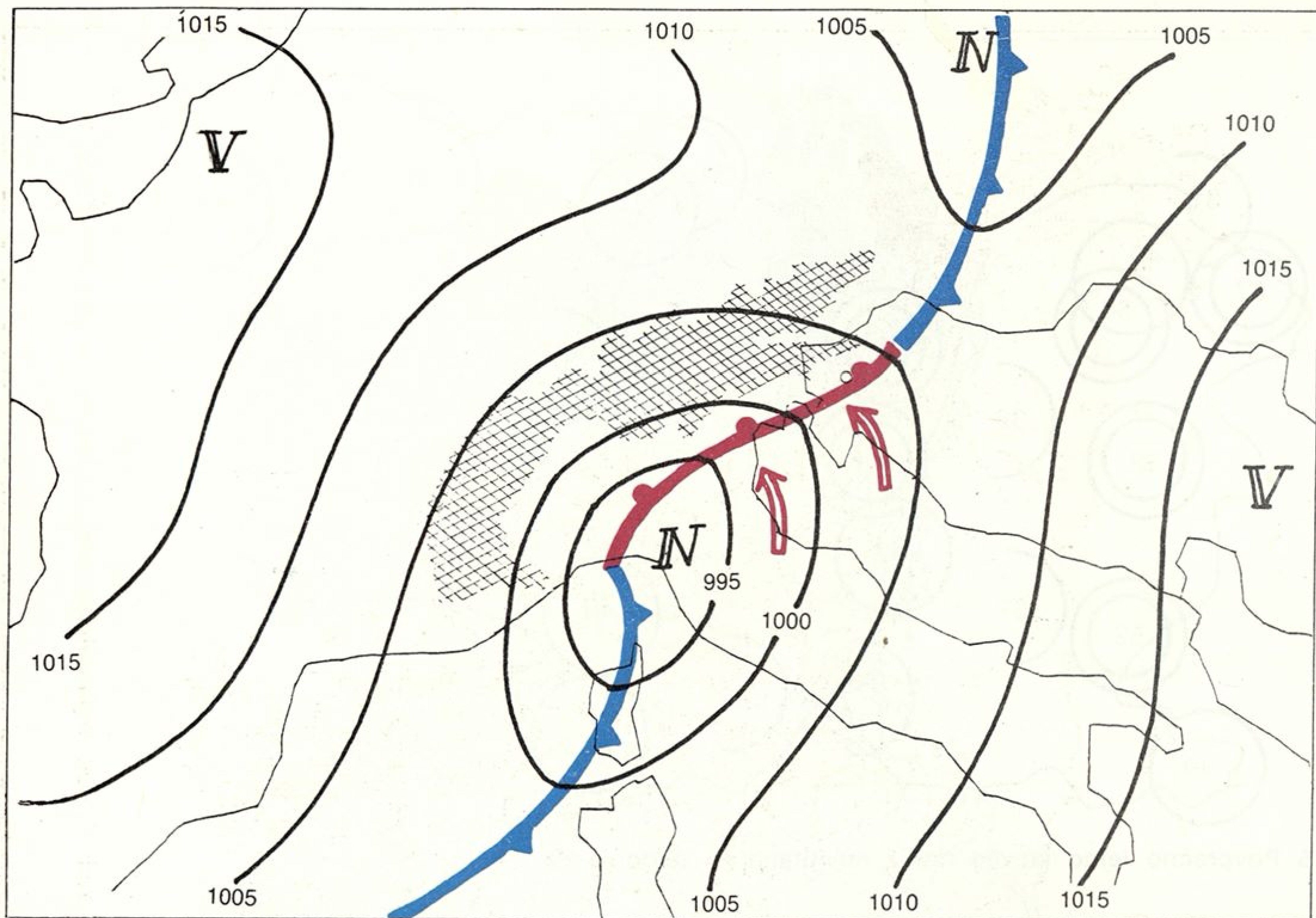
te hitro raste. Gradi se anticiklon in potek vremena v Sloveniji je tak, kot si ga bomo ogledali v zvezi z anticikloni pri nas.

Že v 6. poglavju smo si ogledali nastanek sekundarnega ciklona na hladni fronti, ko ta zadene ob Alpe – še primer slika 9.7. Ker je ta sekundarni ciklon navadno sorazmerno majhen, vpliva znatno močnejše na zahodno, kot na vzhodno Slovenijo, ki je včasih že zunaj njegovega neposrednega vpliva. Veliko večja količina padavin v zahodni Sloveniji je, poleg razlik zaradi razgibanosti reliefa, v veliki meri tudi posledica bližine Genovskemu ciklonu in padavinskim območjem, ki jih ustvarja. Kroženje zraka okrog Genovskega ciklona daje pri nas jugovzhodne ali celo vzhodne vlažne vetrove. Zdaj so vzhodne strani grebenov privetrne in s tem področja dviganja zraka in padavin. Letni čas se pri teh procesih pozna le toliko, da je pozimi takih primerov več; dnevni čas pa, kadar je vse čez in čez oblačno, skoraj nič.

Splošno dviganje zraka v območju ciklona poveča labilnost ozračja. Zlasti nad našimi območji, kamor priteka iz Sredozemlja vlažen zrak, so izpolnjeni vsi pogoji za nastanek neviht in ploh, ki se zato rade pojavljajo že pred fronto. Ko pa fronta na vzhodnem delu sekundarnega ciklona spremeni tip (iz hladne v toplo) in se ustavi (pogl. 6), postanejo padavine bolj enakomerne, dolgotrajne in zaradi tega izdatne; toda spet bolj v zahodni Sloveniji kot v vzhodni.

Oblačni sistemi zavzemajo širša območja kakor padavine in to v ciklonih in ob samih frontah. Zato je tudi oblačnost v zahodni Sloveniji, kjer je več dodatnih vzrokov za dviganje zraka, v splošnem večja kot v vzhodni. To velja zlasti za poletno polovico leta, ko v nižinah ni dvignjene megle, ki se po opazovanjih šteje v oblačnost. Sicer pa je 30-letna klimatska razporeditev oblačnosti nad Slovenijo prikazana na sliki 9.8. Ob splošno slabem – oblačnem in deževnem vremenu, kot je v ciklonih in ob frontah, se





### 9.7 Še en primer Genovskega ciklona

navadno vpliv letnega in dnevnega časa ne poznata veliko. Vendar pa na hladnih frontah poleti vedno nastanejo nevihte, medtem ko so pozimi izjemne. Tiste poletne hladne fronte, ki nas preidejo čez dan, imajo več neviht, kot tiste, ki nas preidejo ponoči. Vse drugače velik in odločilen vpliv letnega in dnevnega časa na vreme pa je v anticiklonih.

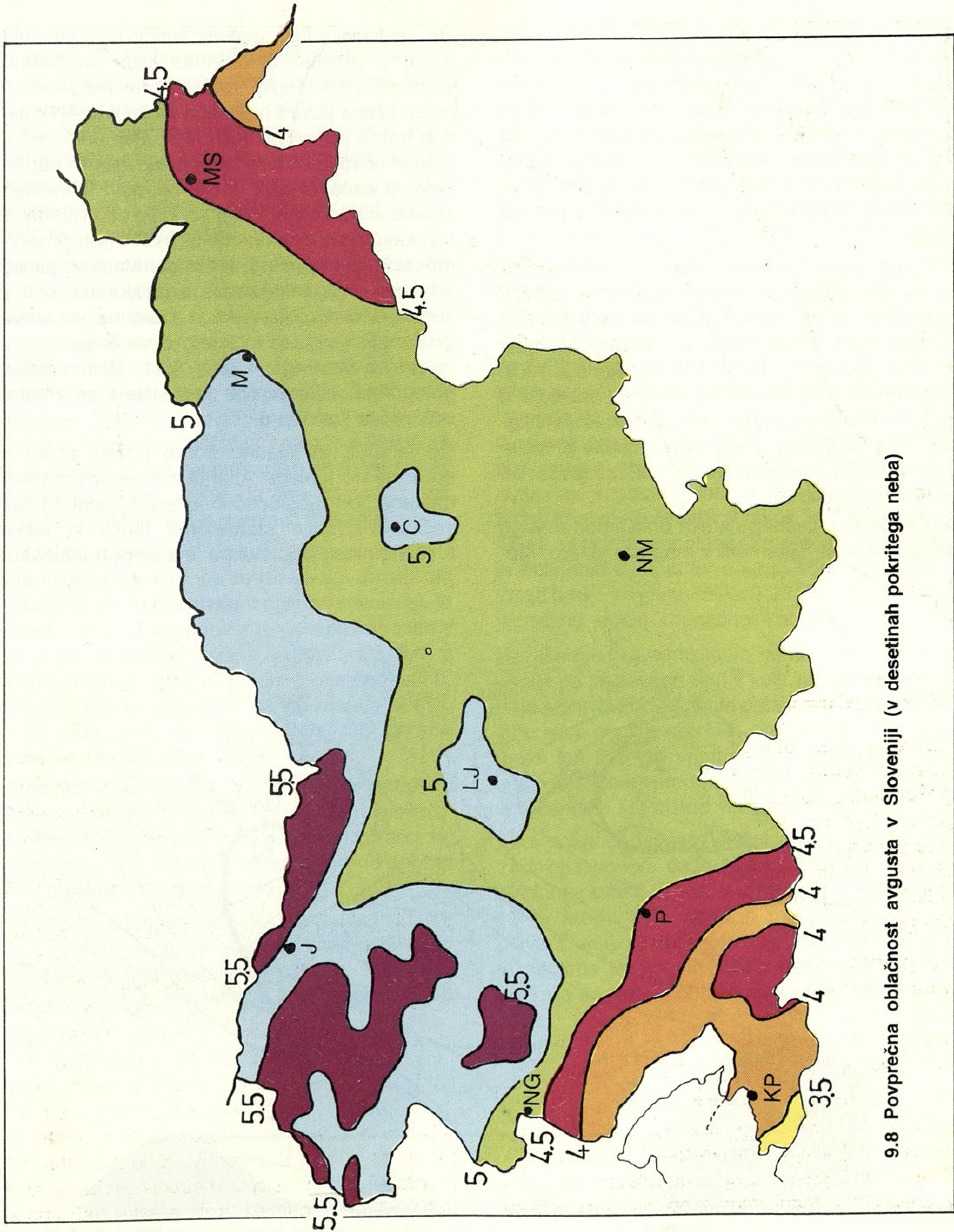
Po prehodu hladne fronte in njenem odmiku proti jugovzhodu se največkrat za odhajajočim ciklonom razraste k nam Azorski anticiklon – severno okrog Alp – slika 9.9. Pri tem vetrovi, razen burje, zelo kmalu oslabijo.

V jeseni, ko so noči dolge in se tla izdatneje ohladijo, je ozračje bolj stabilno in se tudi po dnevi ne pojavljajo vertikalni tokovi in konvekcija. K stabilnosti prispeva splošno spuščanje zraka v anticiklonu, tedaj imamo ob visokem pritisku

jasno in mirno vreme tudi v gorah in je za izlete in ture najugodnejše. Ker je tedaj še sorazmerno toplo, je za taka obdobja udomačen izraz »babje poletje«, ki seže s presledki včasih celo daleč v oktober.

Pozno v jeseni in pozimi, ko so tla že precej hladna, je stabilnost atmosfere v anticiklonih splošna in velika. Po prehodu frontalnih motenj, se nebo kmalu zjasni, kar omogoča v dolgih nočeh s terestičnim sevanjem nadaljnje ohlajevanje tal in zraka pri tleh. Ob pobočjih ohlajeni zrak zapolni naše nižine in kotline in v notranjosti Slovenije (oz. v vsej Sloveniji razen Primorske) nastanejo številna jezera hladnega zraka. Nizko nad njimi leži malo toplejši zrak, kar pomeni, da v prehodni plasti temperatura z višino raste, to pa je temperaturna inverzija, ki je zelo stabilna in preprečuje navpično mešanje zraka – slika 9.10. Hladen kotlinski zrak je tako tudi zgoraj





9.8 Povprečna oblačnost avgusta v Sloveniji (v desetinah pokritega neba)



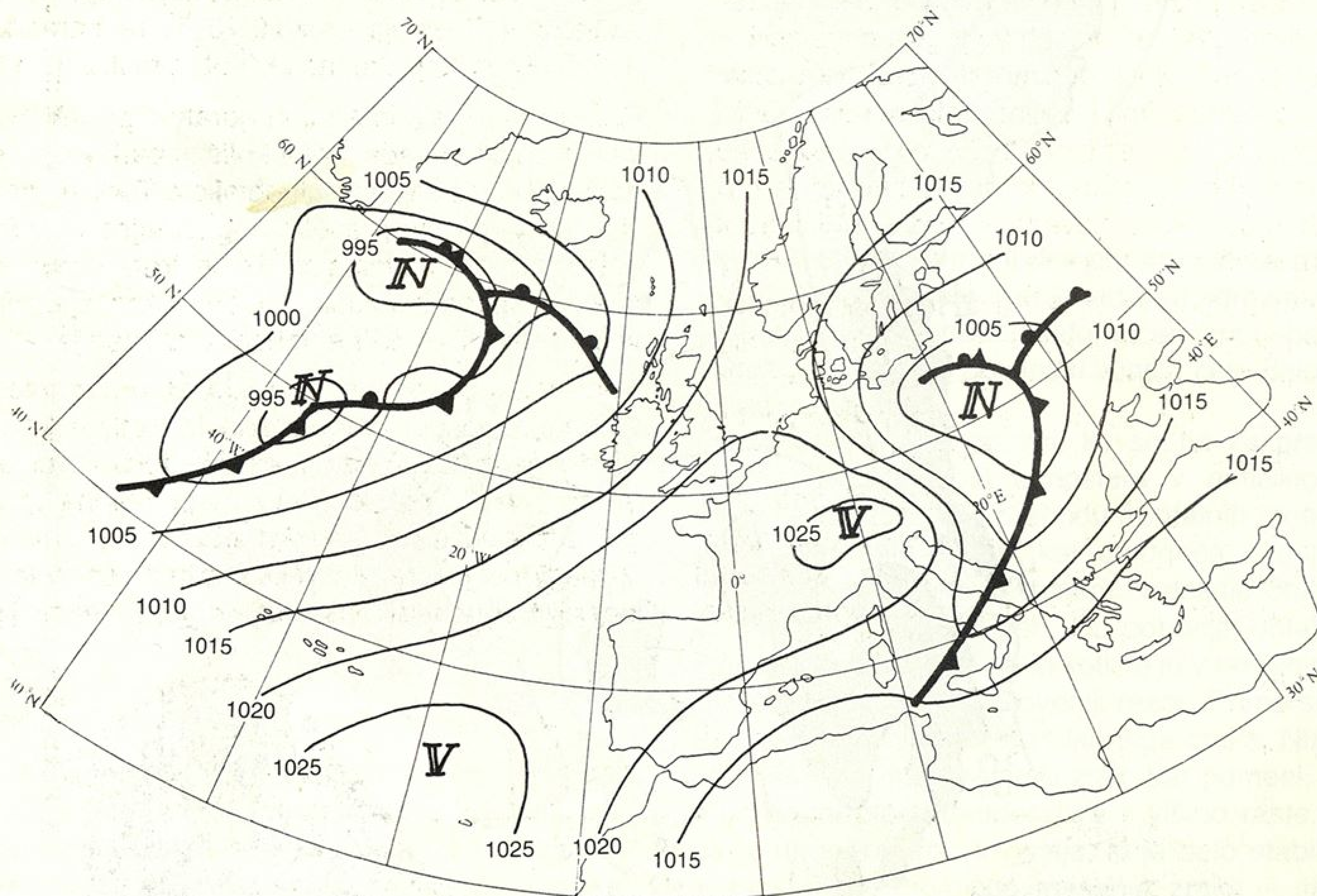
zaprt in ima sorazmerno majhen volumen. Zato že razmeroma majhne količine škodljivih primesti, ki pridejo v zrak, povzročajo visoke koncentracije in veliko onesnaženost zraka – večjo, kot je v velikih industrijskih področjih in mestih ravninske Evrope, čeprav so tam emisije desetkrat večje. Tam je tudi vreme bolj spremenljivo kot pri nas; toda njegove spremembe kažejo več reda.

Globina jezer hladnega zraka je odvisna od višine okolišnjih grebenov oz. sedel in je največkrat med 80 in 150 m nad dnem (npr. Pivška, Cerkljanska in Idrijska 80 m, Novomeška, Mežiška in Mislinjska 120, Celjska 140, Ljubljanska 200). Vodoravne razdalje oz. velikosti pa odločajo o volumnu hladne kotlinske atmosfere. Računi kažejo, da so emisije onesnaženja zraka v večini naših kotlin nekajkrat večje kot bi, glede na volumen, smele biti.

Ko se jezero hladnega zraka ohladi pod rosišče tega zraka, se spremeni v megleno jezero. Me-

gla podnevi odbije večino sončevega sevanja nazaj v vesolje. Zato lahko kljub sončnemu vremenu nad meglo taka vlažna, meglena in onesnažena jezera hladnega zraka v naših kotlinah trajajo pozimi po več dni skupaj. Šele močni vetrovi novega ciklona premešajo zrak in odpihnejo onesnaženega; toda obenem prinesejo oblake in padavine. Tako se je že zgodilo, da je bilo kako zimo v nekaterih kotlinah v treh zimskih mesecih komaj nekaj ur sonca. Medtem pa so se kraji v višjih legah ob anticiklonu kopali v zimskem soncu. To se kaže tudi na januarski razporeditvi trajanja in energije sončnega obsevanja za Slovenijo – slika 9.11. Očitno imajo poleg Primorske pozimi tudi višje lege znatno več sonca kot nižine.

Če je zrak za hladno fronto pozimi prišel s sorazmerno toplega Atlantika in je bolj vlažen, nastane pod subsidenčno inverzijo (pogl. 5) čez večino Slovenije razmeroma tanka in nizka oblačna plast, ki jo vidimo le z visokih vrhov kot



9.9 Primer razširitve Azorskega anticiklona nad Evropo pozimi



megleno ali oblačno morje – slika 9.12. Zato se je ob dvignjeni megli dobro povprašati, kako visoko se moramo dvigniti, da bomo za konec tedna prišli vsaj malo na sonce. Kotlinska dvignjena megla sega manj kot dvesto metrov nad dnom; zgornja meja oblačnega morja pa je višja in lahko bolj različna – navadno je med 800 in 2000 m nadmorske višine.

Primorski je v takih primerih z meglo in navadno tudi z oblačnostjo prizanešeno. Tja dol nad morje se namreč zrak pri severnih vetrovih pomalem spušča. Spoznali smo že, da že zelo majhne hitrosti spuščanja zraka – nekaj cm/s, v pol dneva zrak dovolj ogrejejo, da lahko vanj izhlapijo oblačne kapljice in nebo se zjasni. Poleg splošnega spuščanja zraka v anticiklonih je spuščanje zraka na primorsko stran grebenov (fenizacija) glavni vzrok, da ima Primorska več lepega vremena, kot notranjost Slovenije.

Oblačnih in meglenih pojavov pa pri nas tudi v notranjosti pozimi ni, če se razširi k nam sibirski anticiklon. Zrak, ki priteka v njegovi cirkulaciji, je mrzel in suh. Z vzhodnimi (ali severovzhodnimi oz. jugovzhodnimi) mrzlimi vetrovi vdira tudi v nižine in kotline ter jih čisti. To je sončno, suho, a mrzlo zimsko vreme, ki ga ne marajo le tisti, ki jih rado zebe. Seveda je tedaj tudi poraba energije za ogrevanje velika.

Spomladi in poleti pa je vreme v anticiklonih nad Slovenijo precej drugačno kot pozimi. V nekaterih učinkih so odražanja v nižinah in v gorah zdaj obrnjena – npr. sonca imajo zdaj nižine znatno več, oblakov in megle pa manj.

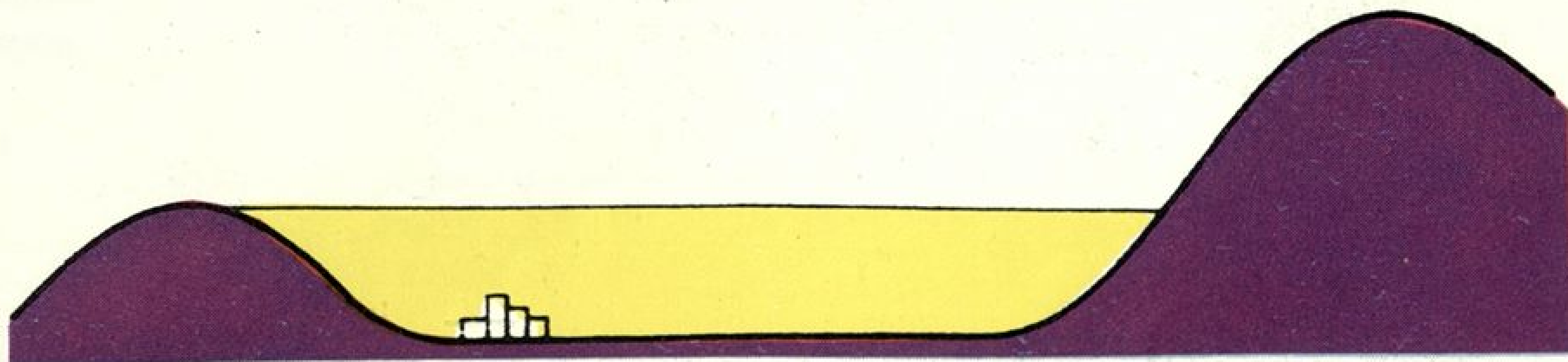
Ob širjenju poletnega anticiklona za hladno fronto, s katero je prišel hladen zrak nad toplo podlago, se pojavi labilnost ozračja. Frontalna oblačnost se je odmaknila in v dopoldanskih

urah nastopi močno ogrevanje tal – zlasti prisojnih pobočij. Razvijejo se vertikalni tokovi in konvekcija. Če je vlažnost zraka pri tleh majhna in je temperatura v višinah razmeroma visoka, bodo nastali le sploščeni kopasti oblački – cumulusi lepega vremena, in še teh bo malo. Če pa je obratno: zrak pri tleh vlažen in so temperature v višinah nizke, so, kot že vemo, izpolnjeni vsi pogoji za nastanek neviht.

Z izdatnim navpičnim mešanjem zraka ob sproščanju kondenzacijske toplote v nevihtah, se zgornje zračne plasti ogrevajo. Zato je drugi dan že bolje, tretji dan pa neviht navadno ni več, zlasti če se obenem ustvari močna subsidenčna inverzija, ki razvoj oblakov v večje višine zaustavi. Toda prisojna pobočja in pretakanje zraka čez gorske grebene še prožijo konvekcijo in ustvarjajo kopaste oblake, ki ovijajo planine tudi tedaj, ko nad ravninami oblakov že dolgo ni več. To pa se pozna na poletni razporeditvi oblačnosti in poletnem trajanju ter energiji sončnega obsevanja prek Slovenije – slika 9.13. Ta razporeditev je očitno dokaj drugačna kot zimska (9.11).

Razlike med ravninskimi in goratimi predeli Slovenije pa so seveda tudi v količini padavin, ki jih dajo plohe iz konvektivnih oblakov. Tudi te padavine so v goratih predelih pogostnejše in izdatnejše kot nad ravninami. To je tretji vzrok, da imajo naši gorati predeli zahodne Slovenije toliko več padavin kot nižine vzhodne Slovenije.

Tudi poleti ob jasnem anticiklonalnem vremenu zapolnijo ponoči naše doline in kotline jezera hladnega zraka. Toda v krajših poletnih nočeh so ta jezera tudi relativno manj hladna in so plitva. Četudi se ob visoki vlagi zraka spremenijo v meglena jezera, jih veliko izdatnejša poletna energija sončnega obsevanja ogreje – najbolj pa



9.10 Presek kotlinskega jezera hladnega zraka s 30-krat povečanimi višinami



tla. Mešanje zraka seže vse višje, megla se dvigne v kosme in kmalu povsem izgine – slika 9.14. Jutranja megla v kotlinah nas opozarja na večjo vlažnost zraka in na večjo verjetnost opoldanske povečane konvektivne oblačnosti ali celo popoldanskih neviht, predvsem v hribovitih predelih Slovenije.

Prikazali smo glavna dogajanja v atmosferi, posebej v ozračju nad nami ter njihove vzroke in posledice. Spoznali smo, da se razmere v ozračju stalno spreminjajo in z njimi vreme. Vendar pa se bolj v grobem stvari le približno ponavljajo. V odvisnosti od geografske lege, topografije in orografije, v nekaterih krajih izstopajo takšne, v drugih pa drugačne značilnosti.

Za dovolj dolgo dobo, npr. 30 let, pa nam skupek raznih značilnosti predstavlja klimo posameznega kraja ali področja. Tu so potrebni drugačni

pristopi in veljajo statistične zakonitosti, v katere se ne bomo spuščali. Nekaj klimatskih značilnosti oz. razporeditev količin in povprečne pogostosti pojavov v Sloveniji smo prikazali na ustreznih kartah. Te so primerno izglajene in ne kažejo tako velike raznolikosti, ki tudi v klimatskih razmerah dejansko vlada v Sloveniji. Zato dodajamo v tabeli izbrane splošno pomembnejše klimatske podatke za nekatere kraje Slovenije. O veliki raznolikosti se lahko prepriča vsak sam. Nekateri podatki utegnejo biti marsikomu ne le zanimivi, ampak tudi koristni. Seveda pa se je treba pri gospodarskih, zlasti investicijskih odločitvah, opreti na mnogo izčrpnjše podatke, ki so zbrani v meteoroloških arhivih in so prek računalnika dokaj hitro dostopni. Podatki navadno potrebujejo tudi ustrezen komentar, ker sicer prav lahko pride do njihove napačne uporabe, kar pa je lahko še slabše kot nič.



Tabela 9.1. Nekaj klimatskih podatkov – povprečnih vrednosti – za nekatere kraje Slovenije

	Srednja letna T	Srednja julijska T	Srednja decemb. T	Najvišja T v obdobju	Najnižja T v obdobju	Štev. dni s $T < 0^{\circ}\text{C}$ na leto
Celje	9,1	19,1	-0,1	36,8	-28,6	20,6
Črnomelj	10,2	20,1	0,9	38,0	-26,3	18,4
Kredarica	-1,8	5,7	-6,8	21,6	-28,3	161,4
Ljubljana	9,7	19,8	0,3	37,1	-23,3	21,0
Maribor	9,5	19,5	0,2	39,2	-22,8	21,6
Murska Sobota	9,1	19,1	-0,3	37,2	-28,6	25,9
Nova Gorica*	11,8	20,8	3,8	34,8	-13,1	0,9
Novo mesto	9,4	19,3	0,3	37,5	-25,6	21,3
Planica	5,7	15,7	-3,6	36,1	-26,4	34,8
Portorož**	13,6	22,8	6,5	35,4	-12,8	1,0

\* od 1976 dalje

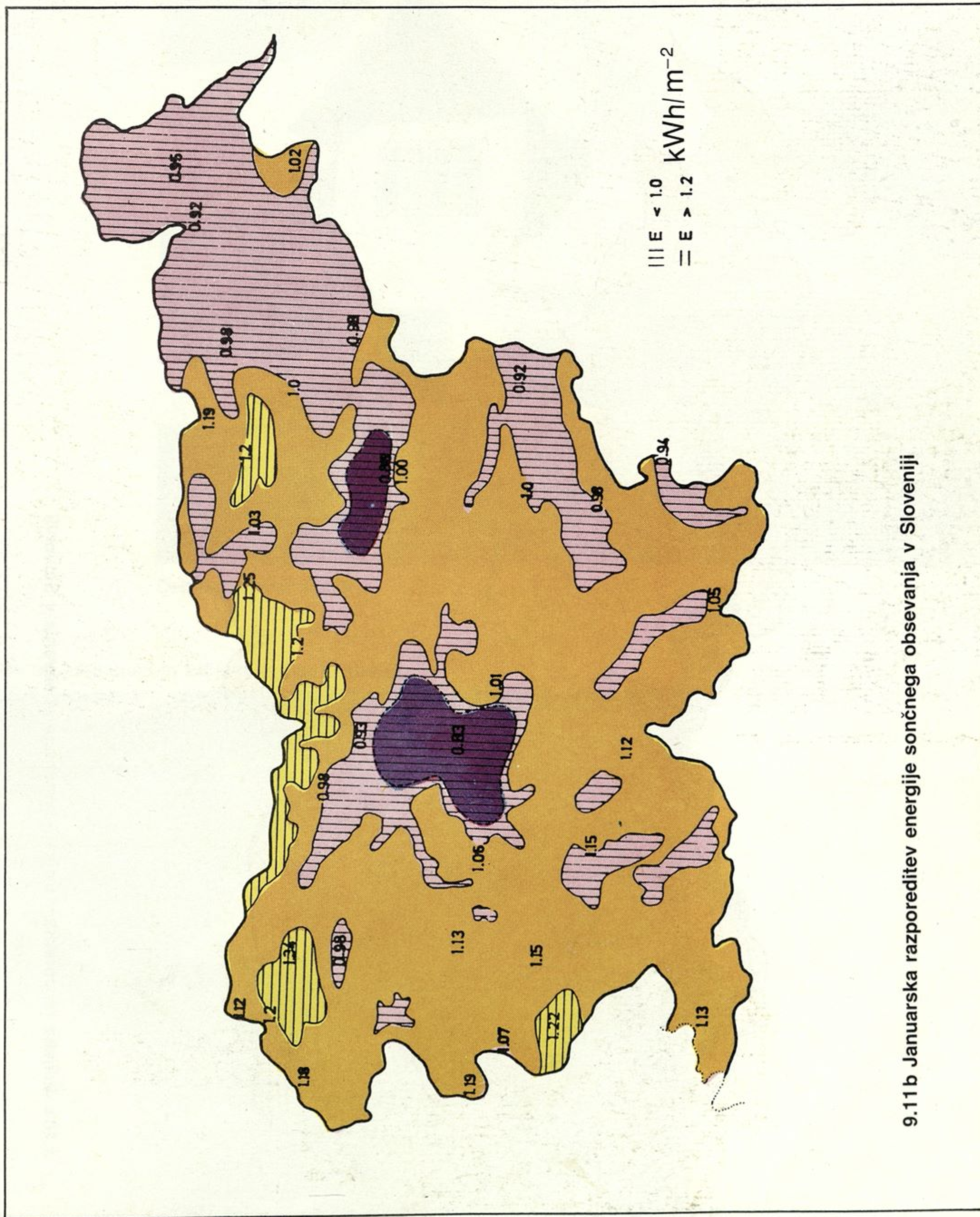
\*\* do 1975 Koper

	Štev. dni s $T > 25^{\circ}$	Srednja letna kol. padavin	Štev. dni z več kot 1 mm/dan	Štev. dni s snežno odejo	Maksim. višina snež. odeje	Štev. ur sonč. obs. na leto
Celje	58,5	1141,8	107,1	52,3	73	1666,5
Črnomelj	73,6	1267,1	116,4	53,7	76	-
Kredarica	0	1959,1	145,3	261,4	690	1691,7
Ljubljana	59,8	1407,5	115,7	59,7	95	1680,6
Maribor	53,4	1038,9	100,9	54,6	68	1793,4
Murska Sobota	54,3	807,0	93,7	43,9	53	1809,1
Nova Gorica	76,9	1561,7	109,2	4,7	24	1953,6
Novo mesto	58,2	1129,8	109,4	61,6	103	1807,1
Planica	20,9	1611,7	117,4	128,3	190	1762,1
Portorož	71,2	1043,1	92,1	2,0	21	2260,9









9.11 b Januarska razporeditev energije sončnega obsevanja v Sloveniji





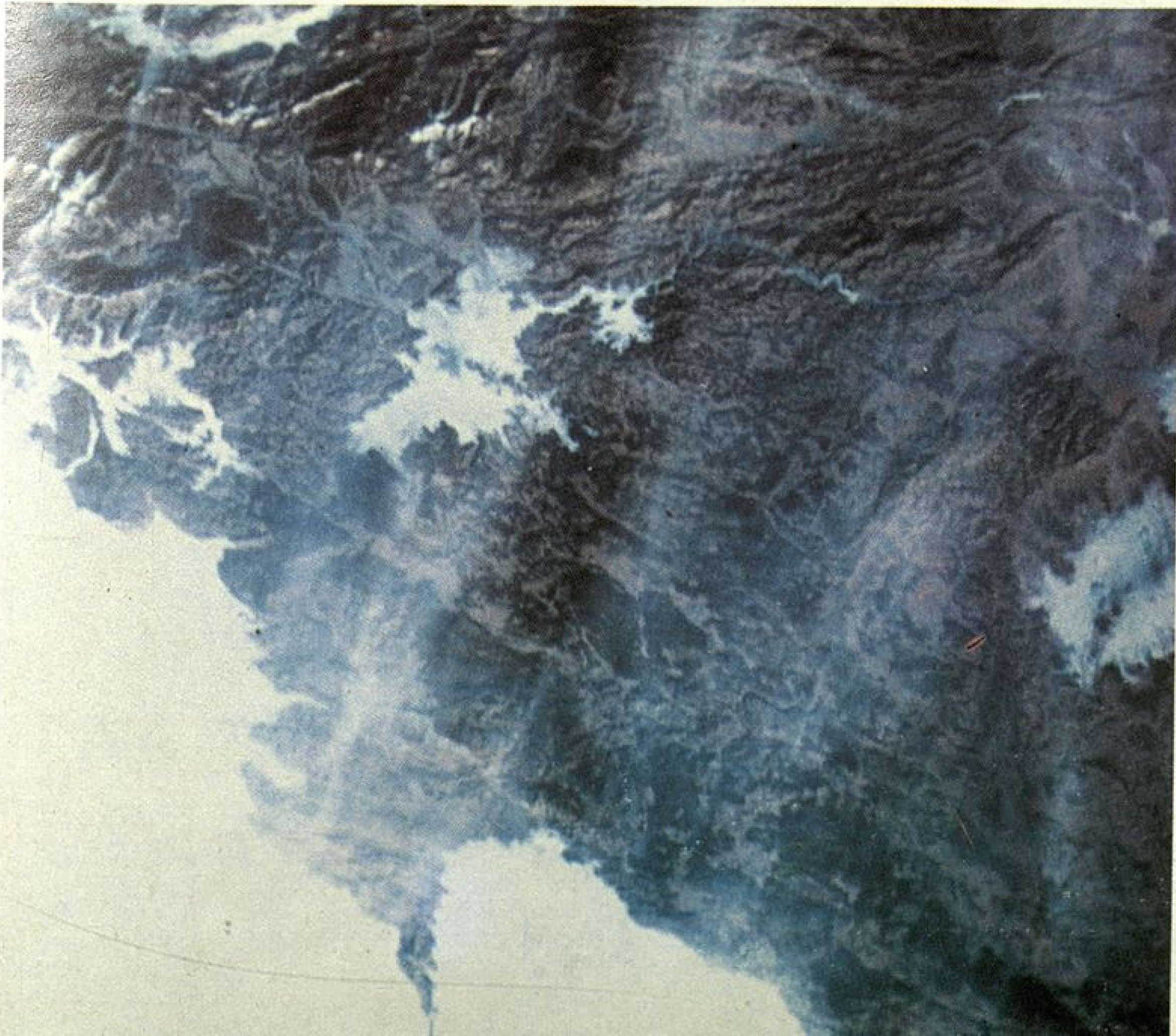




Debela snežna odeja

13p

Megla v Ljubljanski in Litijski kotlini iz satelita







10.4 Vremenski radar na Lisci



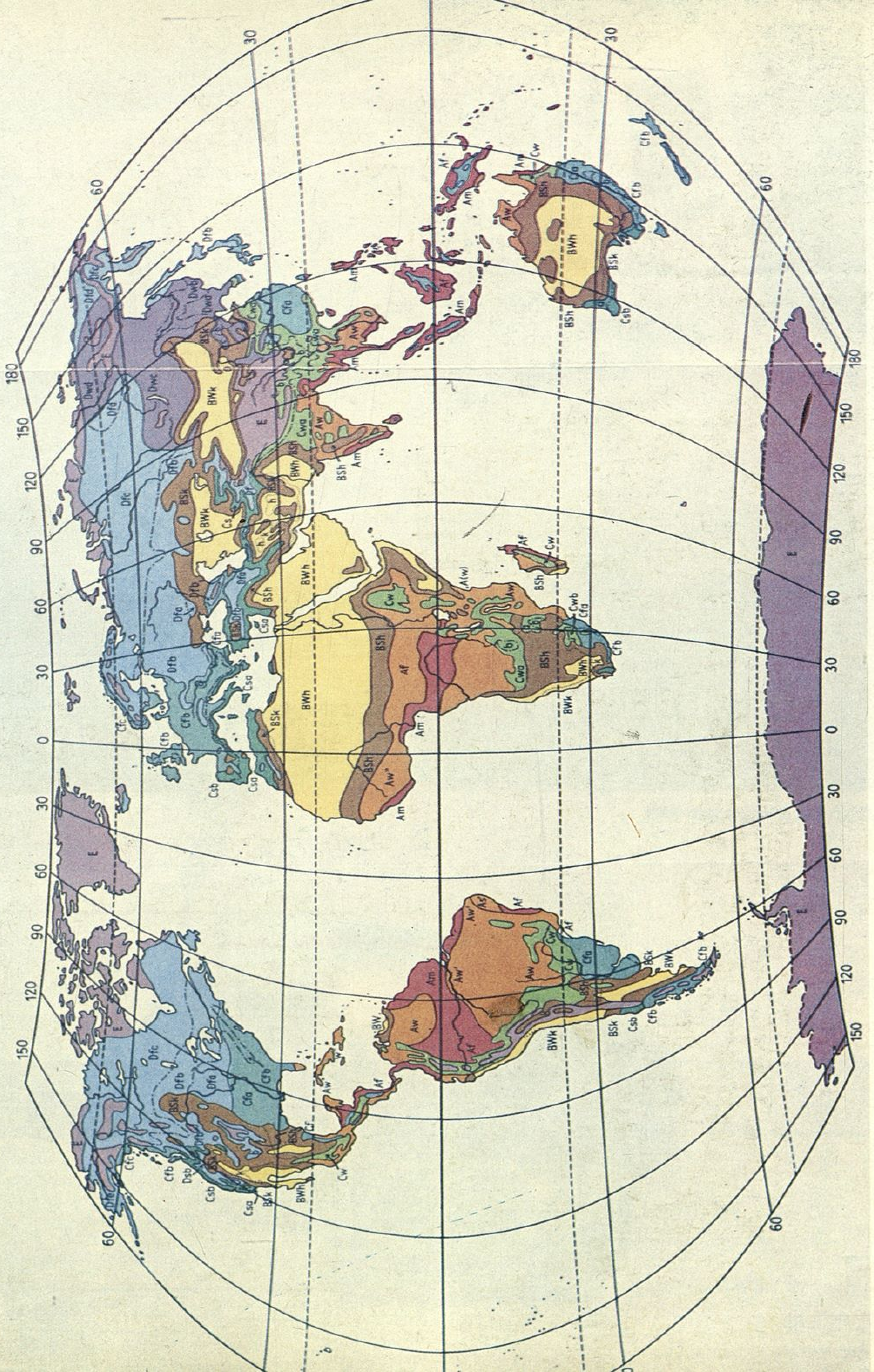
10.1b Vremenski radar – antena

14p

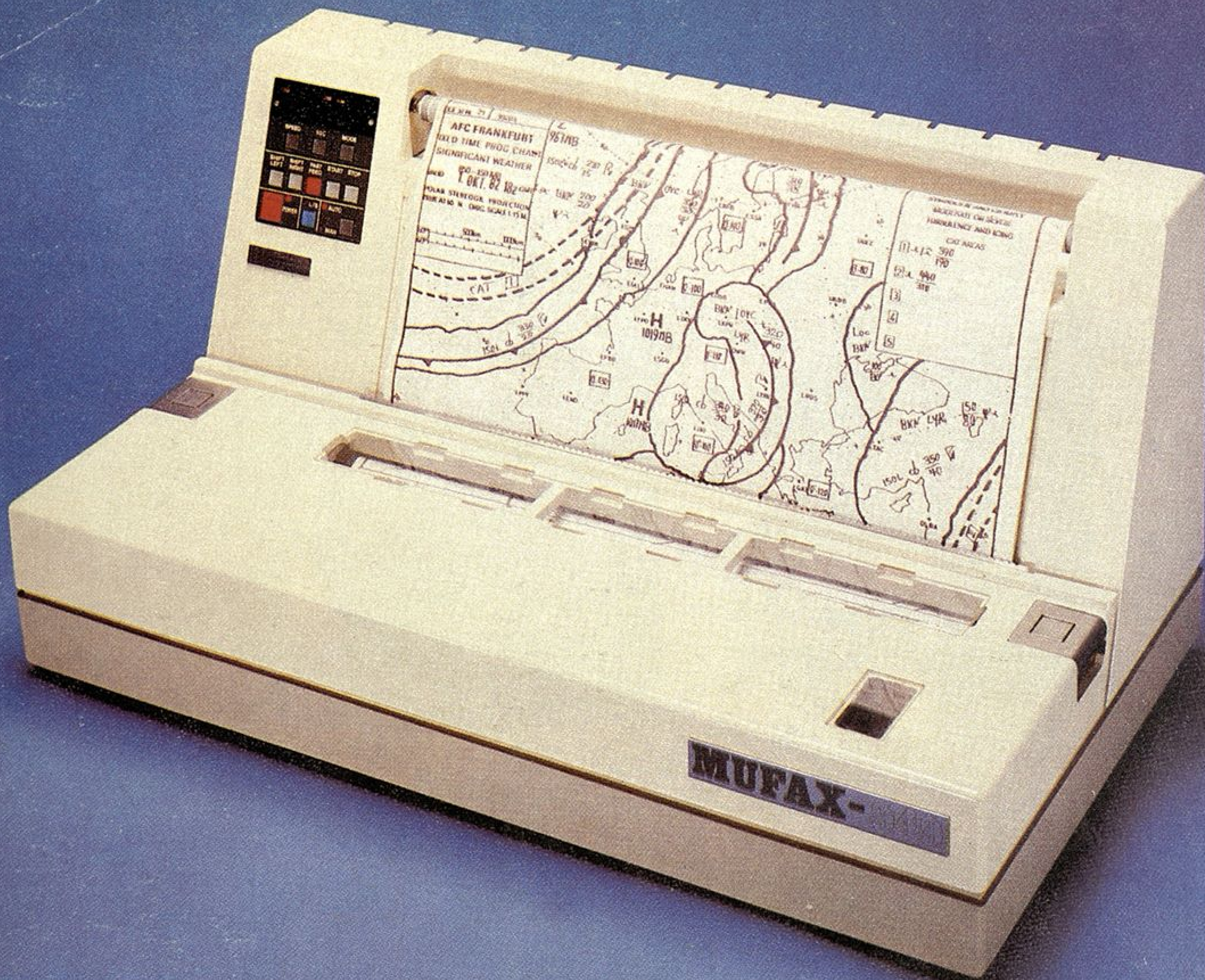
10.1a Vremenski radar – sprejemnik







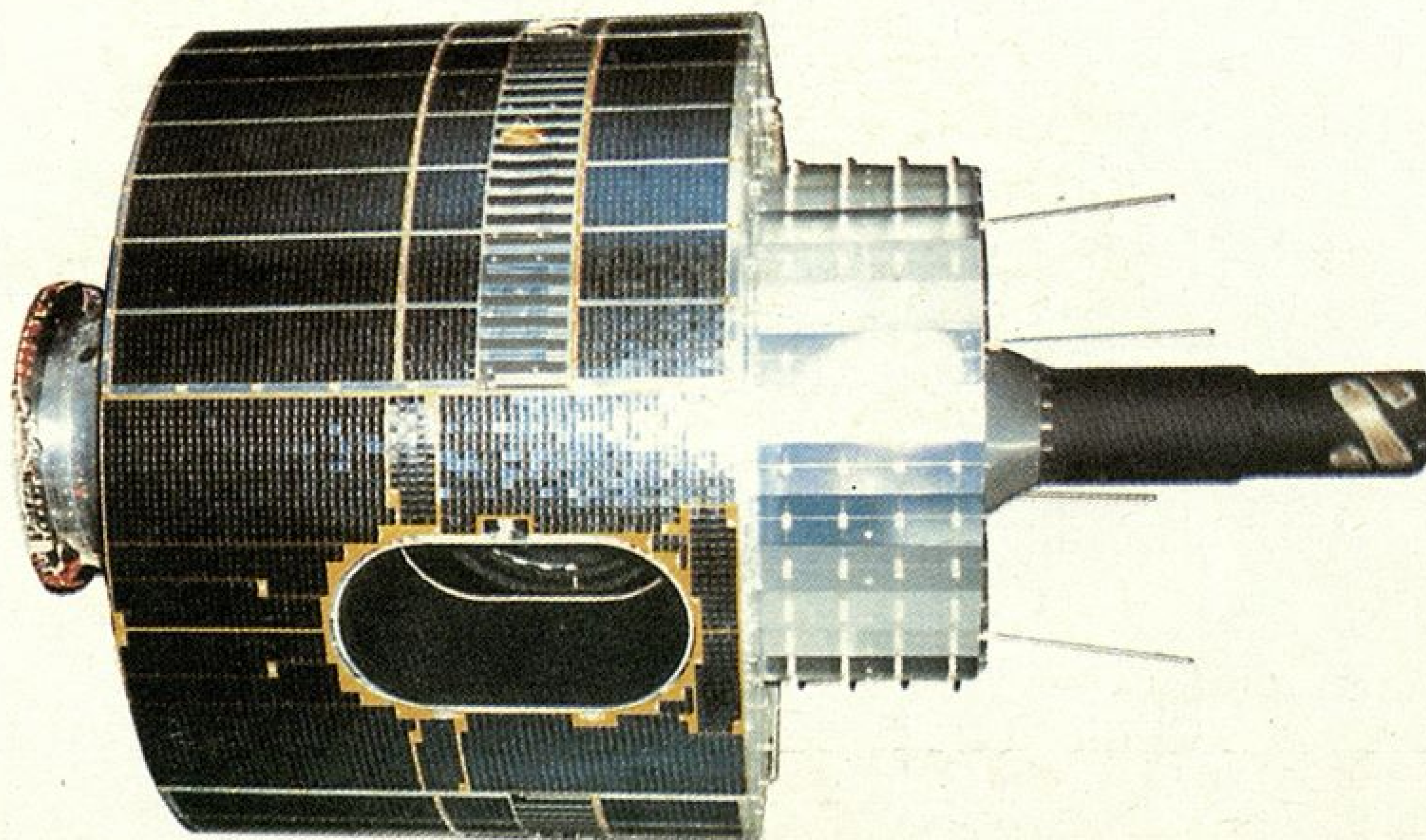




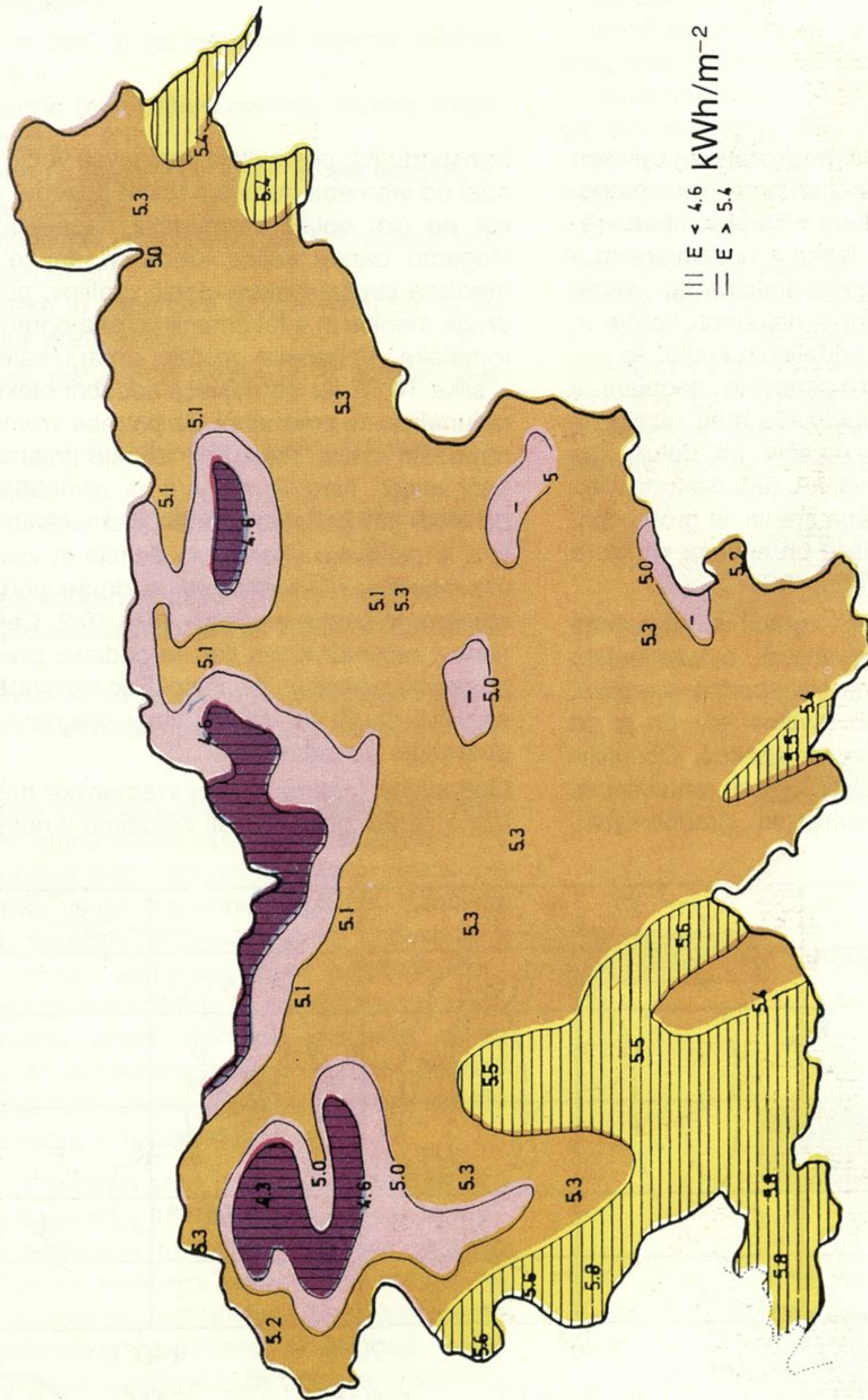
16p

Sprejemnik vremenskih kart

Vremenski satelit







9.13b Julijska razporeditev energije sončnega obsevanja v Sloveniji



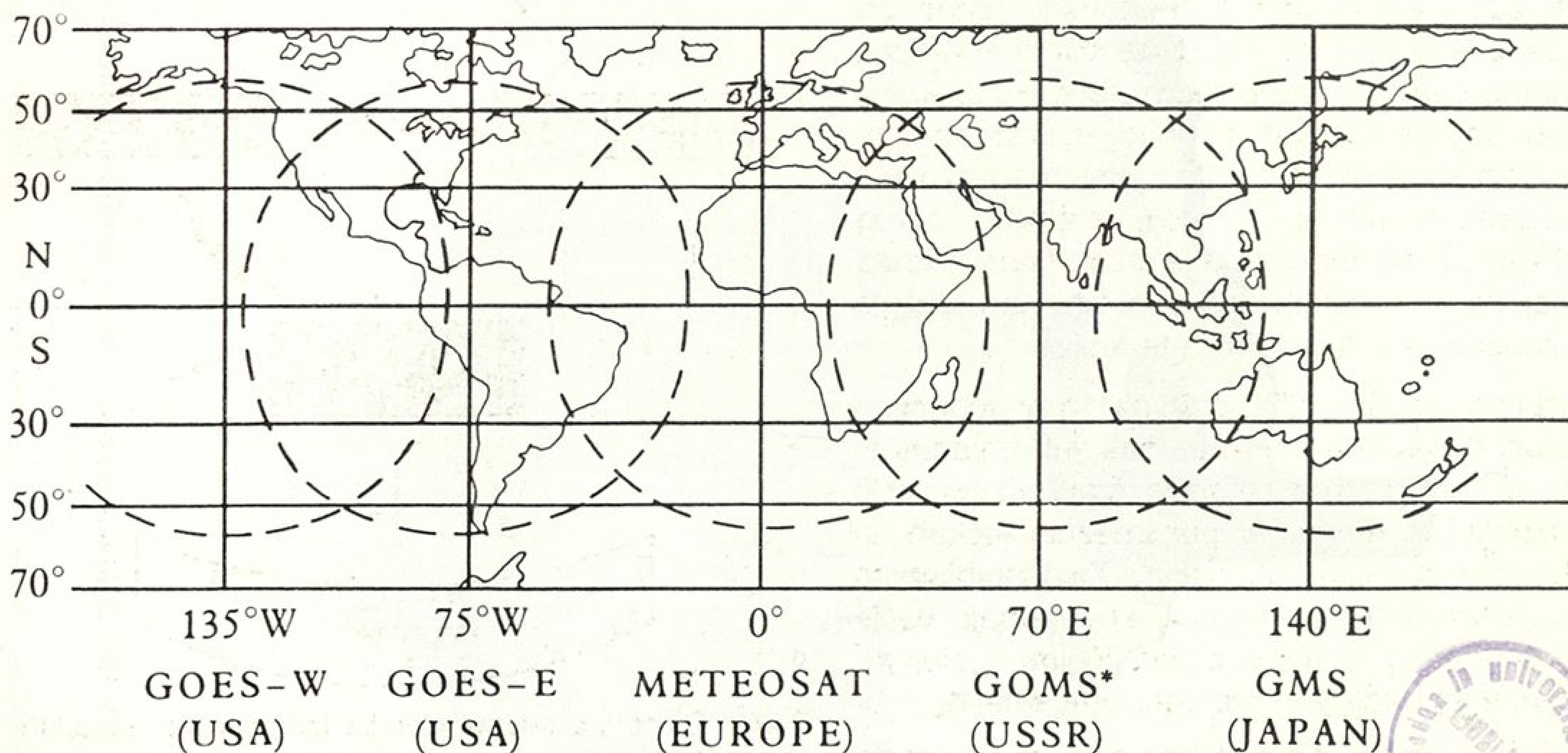
# 10. NAPOVEDOVANJE VREMENA

Človek je bil vedno vsestransko precej odvisen od vremena, predvsem zaradi preskrbe s hrano. Kmalu je ugotovil, da vlada v spremembah vremena velik nered in da lahko z opazovanjem v enem kraju le redko ugane kakšno bo vreme naslednje dni. Šele meritve nekaterih količin in hkratna opazovanja na oddaljenih krajih, so prispevale k razumevanju osnovnih dogajanj v atmosferi in pokazale povezave med različnimi vplivi. Na dogajanja v ozračju pa deluje res nešteto vplivov, zato je vsaka, tudi najsodobnejša predstava vremenskega stanja, le grob približek. Približek kot izhodišče pa seveda ne more dati povsem natančnih napovedi.

Kljub temu, da si je človek zgradil varna zavetja z ogrevanjem in ohlajevanjem, ovlaževanjem ipd., da ima klimatizirana transportna sredstva, da je vzgojil odpornejše rastline itd., pa je od vremena še bolj odvisen, kot nekoč. Občutljivi gospodarski mehanizmi ekonomske rentabilnosti v pridelavi hrane, v energetiki, gradbeništvu,

transportu itd. postavljajo ljudi v vse večjo odvisnost od vremena in terjajo razne posege, vsekakor pa čim boljše vremenske napovedi. V to vlagamo danes veliko sredstev, saj je poleg množice strokovnjakov raznih profilov, potrebna draga merilna in telekomunikacijska oprema (avtomatske vremenske postaje, radarji, sateliti idr. – slika 10.1), ter so največji sodobni elektronski računalniki še premajhni. Za potrebe vremenskih napovedi stalno obkrožajo Zemljo polarno-orbitalni sateliti. Nad ekvatorjem na višini 36 000 km pa lebdi pet geostacionarnih vremenskih satelitov, ki pokrivajo skoraj vso Zemljo in vsake pol ure pošiljajo slike oblakov in druge podatke v sprejemne centre na tleh – slika 10.2. Centri oz. njihovi računalniki na tleh te podatke predelajo, popravijo projekcijo itd. in pošljejo rezultate nazaj satelitu, da jih ta, zdaj v vlogi relejne postaje, posreduje uporabnikom.

Operativne (neamaterske) vremenske napovedi lahko zaradi preglednosti združimo v razne sku-



10.2 Območja vidnih polj geostacionarnih vremenskih satelitov



pine. To je možno na več načinov; tu jih bomo združili tako, da bomo s tem že prikazali njihov obseg in pomen.

Glede na čas, ki ga napoved zajema, delimo napovedi v:

- nekajurne (npr. prihod nevihte, razkroj megle na letališču),
- dnevne (kratkoročne), eno- ali dvodnevne, ki so najbolj znane,
- nekajdnevne (srednjeročne), kot izgledi vremena do pet dni,
- tedenske in sezonske (dolgoročne) pa so še na stopnji preučevanj.

Glede na način dela ločujemo v grobem dve metodi:

- klasična ali subjektivna, z grafičnimi pripomočki in presojo,
- numerična ali objektivna, po modelih z računalniki.

Glede na porabnike lahko ločimo dve skupini:

- splošne, za objavo v javnih sredstvih obveščanja in
- posebne, ki so izdelane in prilagojene posameznim porabnikom oz. njihovim posebnim potrebam.

Statistične vrednosti mnogih meteoroloških količin sicer lahko nudijo oporo pri nekaterih stopnjah izdelave prognoze oz. napovedi, vendar pa je osnova vsake sodobne napovedi vremena trenutno dejansko stanje atmosfere in dosedanja razvoj dogajanj v njej nad dovolj velikim območjem zemeljske površine. Za nekajurne napovedi je navadno dovolj območje premera okrog 100 km, za dvodnevne pa je že koristno poznati dogajanja nad celotno poloblo, kot nam kažejo že spoznanja s 1. poglavja te knjige.

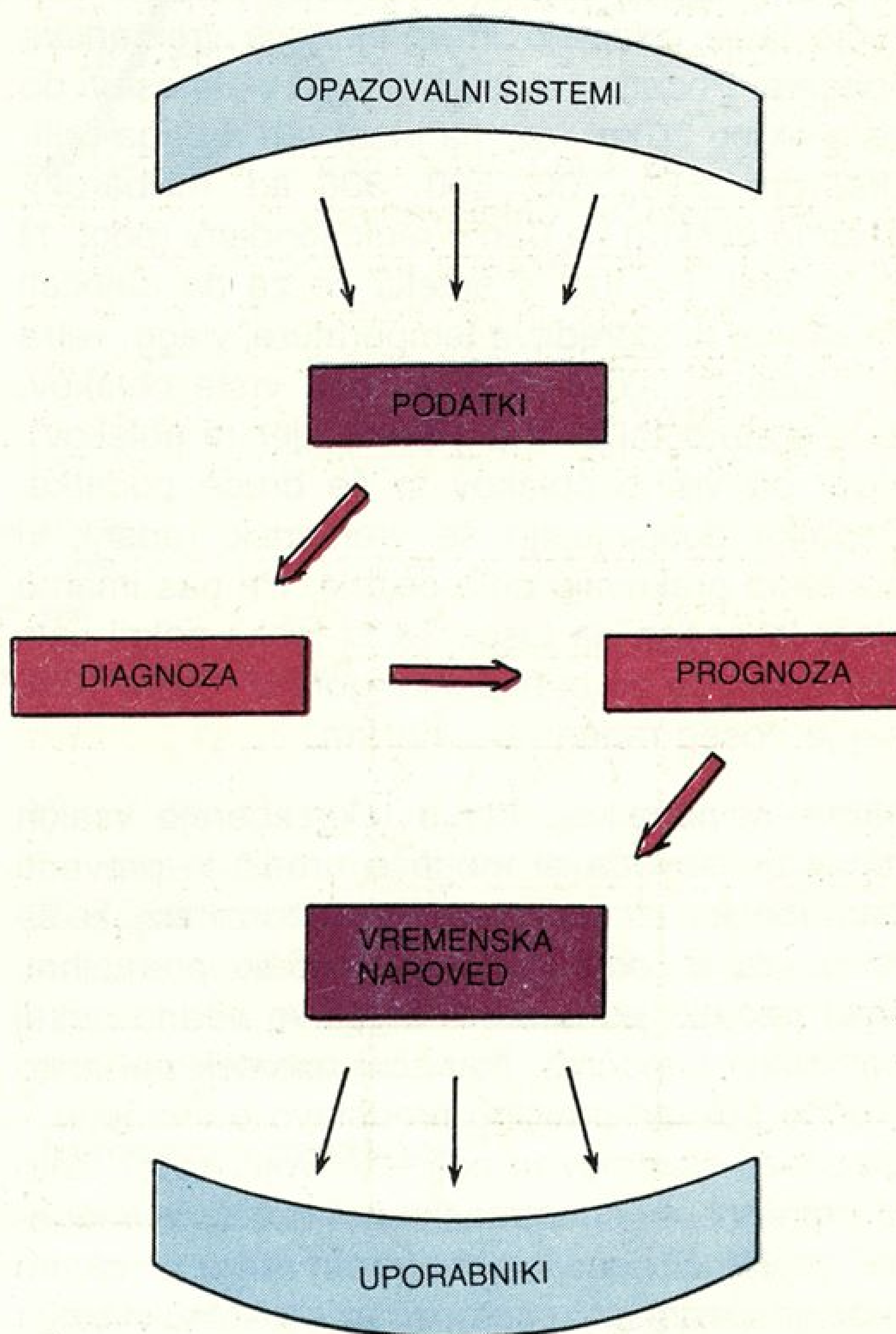
Potrebno splošno sliko o stanju in dosedanem razvoju dogajanj v atmosferi nad velikim območjem, si ustvarimo na osnovi številnih hkratnih opazovanj in merjenj v posameznih točkah na tleh in navzgor skozi atmosfero. Te dopolnjujemo s t.i. daljinskimi opazovanji, ki zajemajo večje površine in jih izvajamo z akustičnimi in elektromagnetnimi radarji in vremenskimi sateliti.

Okvirno gledano ima sodobna operativna pot do

dnevne vremenske napovedi naslednje stopnje (slika 10.3):

- zbiranje in ureditev podatkov,
- določitev polj in vremenskih sistemov z dolgo življenjsko dobo (diagnoza stanja),
- prognoza polj in velikih sistemov (tudi njihovega razvoja in pomikov),
- odražanje prognoziranih polj in velikih sistemov v posameznih krajih ali območjih (napoved vremena).

Tako govorimo navadno o prognozi stanj v atmosferi nad velikim območjem in o napovedi vremena oz. vremenski napovedi za manjša območja ali posamezne kraje; oboje v časovnem intervalu, ki je s prognozo ali napovedjo zajet. Poglejmo si posamezne stopnje izdelave vremenske napovedi nekoliko podrobneje.



10.3 Osnovna shema poteka izdelave vremenskih napovedi



## Zbiranje in urejanje podatkov

Na našem planetu je najbolje organizirano in usklajeno mednarodno sodelovanje prav na področju meteorologije. Vseh 154 članic Svetovne meteorološke organizacije (kot posebne agencije Združenih narodov) s sedežem v Genevi, skrbi, da so na vsej Zemlji opazovanja usklajena s sprejetimi standardi. Izvajajo se na enak način, ob istih časih in se enako kodirajo in izmenjujejo po določenem redu čez vso Zemljo. Najpozneje uro in pol po glavnem opazovalnem terminu, ki je vsake tri ure začeni ob 00 po Greenwichu, je mogoče dobiti vremenske podatke iz katerekoli opazovalne postaje (ki je vključena v svetovno meteorološko bdenje) na našem planetu.

Opazovalnih meteoroloških postaj je že na kopnem blizu desetisoč; na morjih so dodatno posebne ladje, boje in ploščadi, pa tudi vse večje ladje oddajajo in sprejemajo vremenske podatke. Podatke na višjih nivojih v atmosferi do višin okrog 30 km (oz. na ploskvah nižjega pritiska, npr. 850, 700, 500, 300 itd. milibarov), dobimo dvakrat na dan z radiosondami (pogl. 1) in iz letal. Pa tudi s sateliti se že da določati vertikalne razporeditve temperature, vlage, vetra itd. Sateliti dajo tudi oblačnost, vrste oblakov, temperaturo tal in morij (tam, kjer ni oblakov), sicer pa višino oblakov in še druge podatke. Podatke dopolnjujejo še vremenski radarji, ki ponekod prekrivajo cele dežele. Pri nas imamo sicer le enega na Lisci. Ta bi lahko pokril celo Slovenijo, če ne bi bila tako gorata – slika 10.4, saj je doseg radarja do 400 km.

Milijonov podatkov, ki se tako zberejo vsakih nekaj ur, seveda ni mogoče urediti in preveriti drugače kot z elektronskimi računalniki, ki že samo za to delo postanejo kmalu premajhni. Med podatki je namreč zagotovo vedno nekaj odstotkov napačnih. Napačni podatek pa lahko močno pokvari pravilno predstavo o vremenu – diagnozo sistemov in polj – v svoji okolici. Zato je potrebna mnogostranska kontrola in primerjava vsakega podatka. Najprej, ali je v okviru možnih vrednosti in nato, ali se smiselno vklaplja v polja vodoravnih in navpičnih razporeditev posameznih in tudi soodvisnih količin. Lahko bi

rekli, da je vsak podatek na različne načine vsaj desetkrat preverjen.

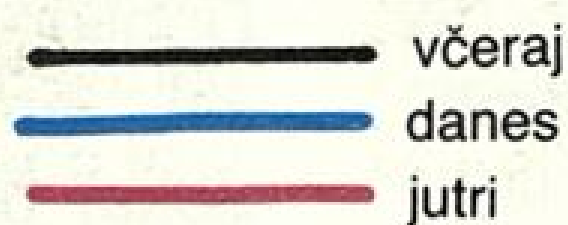
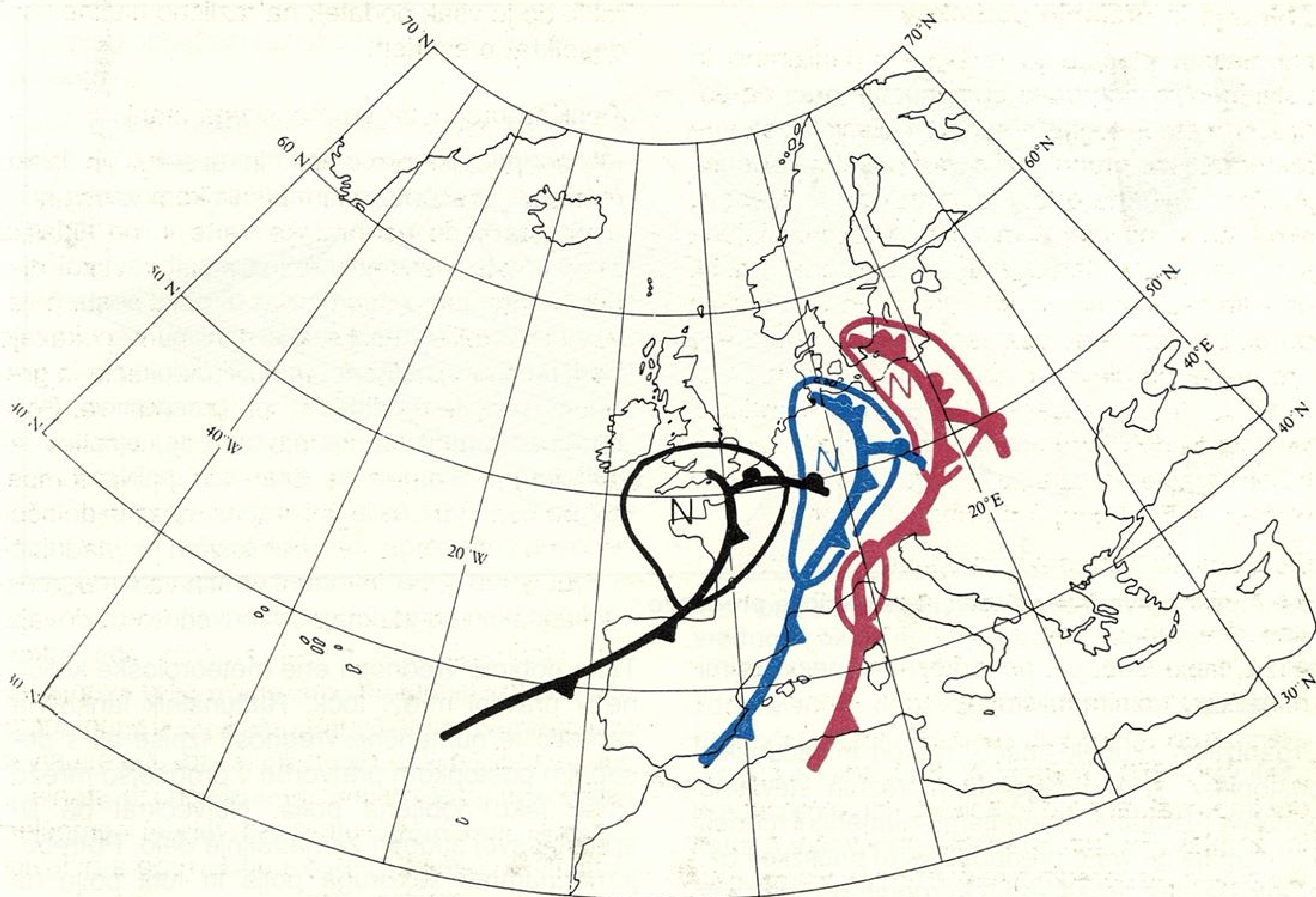
## Klasična prognoza vremenskega stanja

Ko so podatki preverjeni in urejeni, jih lahko ročno ali z računalniškim pisalnikom vnesemo v poenostavljene geografske karte in po klasični metodi ročno izrišemo razna polja: pritiska, njegovih sprememb, temperature, oblačnosti, pojavov itd. Polja pritiska pri tleh nam pokažejo barične tvorbe: ciklone, anticiklone, sedla in grebene – in s tem približne splošne vetrove. Polja sprememb pritiska kažejo razvoj (krepitev ali slabitev) in premike baričnih tvorb; polja temperature pomagajo ločevati zračne mase in določati lego front itd. Polja v višinah kažejo prevladujoče vetrove, nastanek in razvoj velikih valov, področja stekanja in raztekanja zraka, področja dovajanja hladnejših ali toplejših zračnih mas, jakost vetrovnih striženj itd. Na osnovi poznavanja dogajanj v atmosferi si prognostik po klasični metodi (pa tudi, ko dobi računalniške rezultate) ustvari sliko vremenske situacije – diagnozo stanja in razvoja velikih sistemov nad velikim območjem Zemljine površine – npr. nad Evropo s polovico Atlantika in severno Afriko.

Tako dobljeni veliki vremenski sistemi (npr. ultradolgi valovi, cikloni, anticikloni, fronte) imajo navadno več dni trajajočo življenjsko dobo. Zato se v enem ali dveh dneh le delno spremenijo in razmeroma malo premaknejo – za nekaj sto kilometrov. Na osnovi dosedanjega razvoja in pomika se nato po klasični metodi s presojo določa bodoča lega in jakost teh sistemov – slika 10.5. To se prikaže na t.i. prognostični karti stanja za naslednji dan oz. za čas prognoze.

Tako smo dobili na klasičen način določeno sliko bodočega vremenskega stanja – subjektivno prognozo makrovremenskega stanja. Zdaj pa je treba ugotoviti, kakšno vreme bodo dali ti sistemi v raznih, sorazmerno majhnih območjih oz. v posameznih krajih. Pri tem pa je treba npr. za naslednji dan še določiti časovni potek oz. spreminjanje vremena. Tudi tu lahko priskočijo na pomoč računalniki. Klasična metoda, ki pri tem delu še vedno prevladuje, sloni na izkušnjah





### 10.5 Dosedanji razvoj in pomik sistemov ter prognoza po klasični metodi

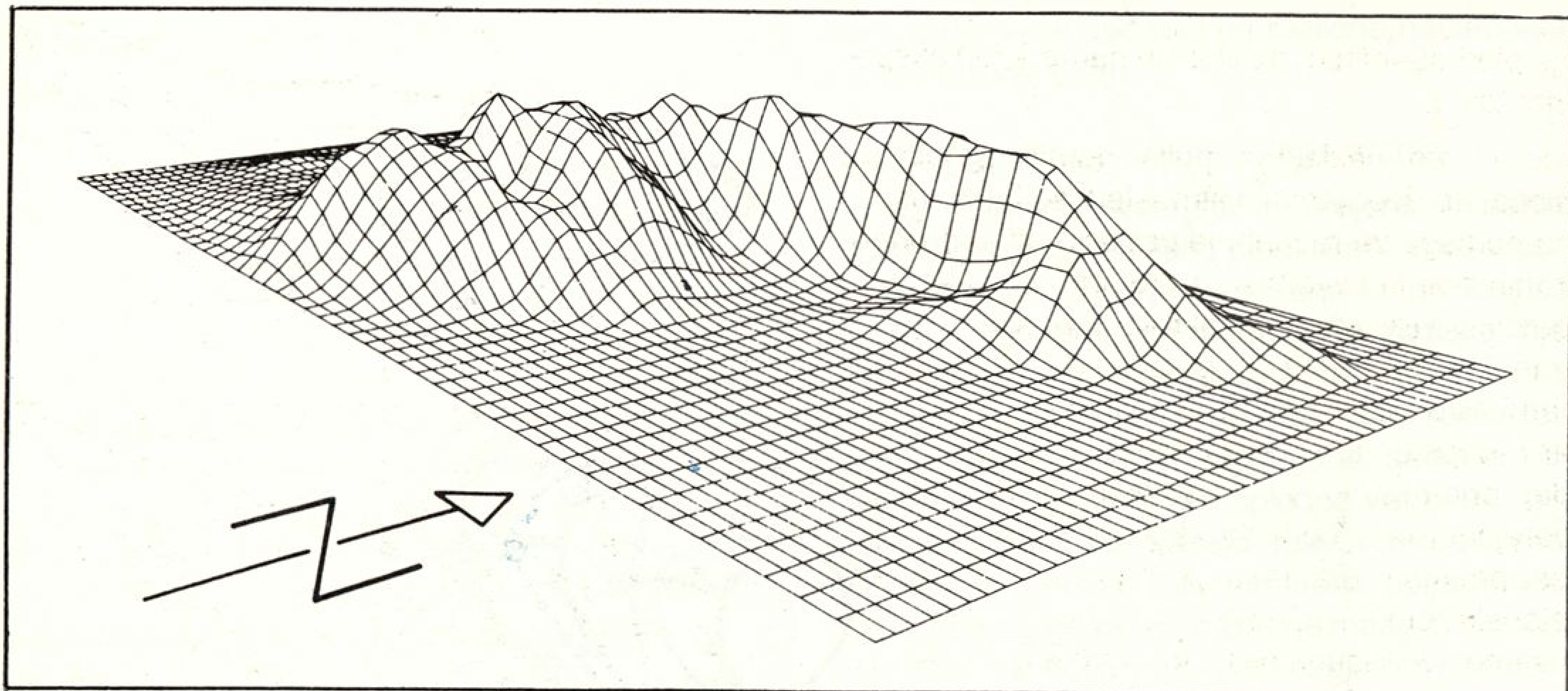
napovedovalca. Primer: če prognoza makrovremenskega stanja predvideva, da nas bo popoldne prešla hladna fronta, je od mnogih pogojev (ki smo si jih ogledali spredaj) odvisno, ali nas bo prešla skoraj neopazno le s povečano oblačnostjo, ali bo povzročila obilne padavine z nevihtami, močnimi vetrovi in ohlaiditvami, ali pa bo povzročila celo sneženje do nižin. To sta bila dva ekstrema, vmes pa je še mnogo možnosti, ki so odvisne od vzajemnega sodelovanja mnogih količin in dogajanj. Že pri povsem pravilni prognozi makrovremenskega stanja in polj je sama napoved vremena težak in poseben pro-

blem. Pri klasični metodi je napoved močno odvisna od znanja in izkušenj napovedovalca. Res ima navadno naša Primorska lepše vreme kot preostala Slovenija, toda mnogokrat je obratno, in treba je ugotoviti, kako bo v nekem oz. v tem konkretnem primeru.

#### Numerična prognoza

Numerična prognoza se imenuje tudi objektivna prognoza, ker gre proces prognoziranja po vnaprej točno določenem redu, reševanje sistema enačb pa je številčno oz. numerično. Tu se uporabljajo najnovejši matematični postopki za





**10.6 Alpe v pravilni mreži točk za numerično prognozo**

delo z diskretnimi oz. posameznimi, nezveznimi vrednostmi raznih količin.

Organiziran skupek enačb, metod in računskih postopkov, ki privedejo do ustreznih številčno podanih rezultatov, imenujemo numerični model. Ta vsebuje še vrsto predpostavk in približkov oz. poenostavitev ter začetnih in robnih pogojev, da lahko računalnik po predpisanem redu (algoritmu) rešuje sistem enačb tako dolgo, da pride do željenega prognostičnega časa. Poglejmo te stvari v nadaljnjem še konkretnije oz. podrobneje.

Opazovalne meteorološke postaje so po zemeljski površini raztresene zelo neenakomerno. Reševanje diferencialnih enačb prek njihove pretvorbe v končne razlike pa terja vrednosti v pravilni mreži točk – slika 10.6. Vrednosti v pravilni razporeditvi je iz nepravilne mogoče dobiti tako, da skozi vrednosti na postajah položimo neko zamišljeno ploskev višjega reda (npr. paraboloid), ki se vrednostim čimbolje prilega, nato pa poiščemo vrednosti te ploskve nad točko pravilne mreže, ki leži nekje blizu središča upoštevanih postaj – slika 10.7. Tudi ta matematični in računalniški postopek je lahko precej zahteven, terja natančen delni model in obsežno računanje, ki ga dovolj hitro zmorejo le največji računalniki.

Tako dobimo vrednosti ene meteorološke količine v pravilni mreži točk. Računalnik lahko na zahtevo te numerične vrednosti izpiše ali s posebnim postopkom pretvorbe v drobnejšo mrežo izriše tako dobljena polja. Največkrat pa jih spravi v svoj spomin za nadaljnje delo. Potrebujemo namreč še druga polja in tudi polja na različnih višinah oz. nivojih, zato se tak postopek večkrat ponovi.

Dobljena polja so zaradi majhnih napak v podatkih, interpolacije in dela s končnimi razlikami dokaj dobra, a nikoli povsem natančna, predvsem pa so med seboj še neusklajena. To pa lahko povzroči pozneje pri računanju bodočega stanja nepremostljive težave. Zato je treba vsa dobljena polja istih količin na raznih nivojih in polja raznih količin na istih nivojih vse križem uskladiti.

Fizikalne zakone, ki vladajo npr. med vetrovi in poljem pritiska oz. nagibi pritiskovih ploskev, med temperaturo in nagibom pritiskovih ploskev, med kondenzacijo in sproščanjem toplote, med sproščanjem toplote in spremembo temperature zraka in spet vplivom te na nagib pritiskovih ploskev itd. – kar smo si posamič načelno ogledali spredaj – je treba zapisati v taki obliki, da lahko računalnik dela in polja uskladi. Tudi tak delni model za usklajevanje polj ni preprost



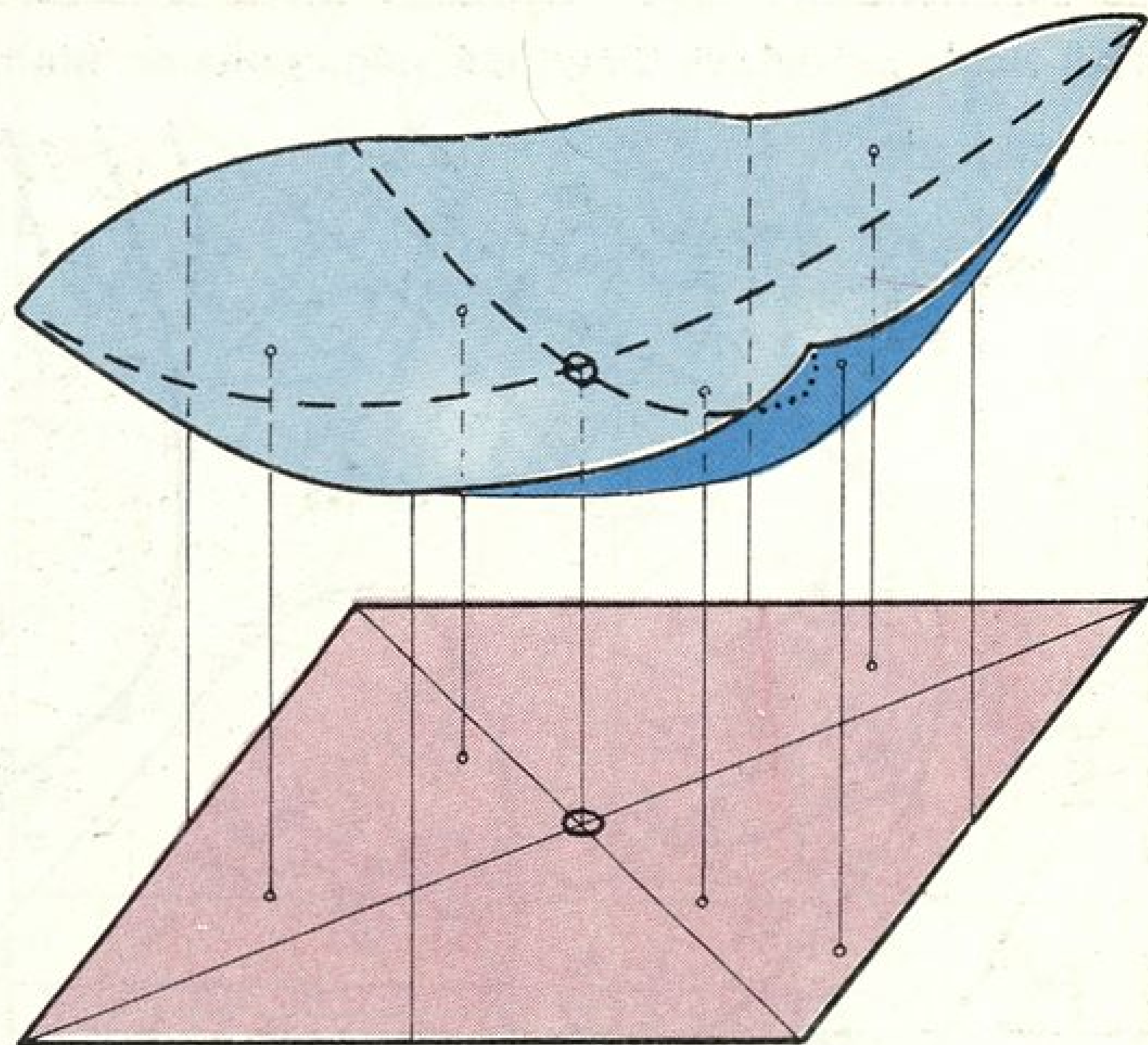
in je plod obsežnih raziskav in numeričnih eksperimentov.

Šele dobro usklajena polja raznih količin, ki odločajo o dogajanjih v atmosferi, so lahko ustrezna podlaga za računanje bodočih, to je prognoziranih polj in sistemov. Tako smo prišli šele do ugotovitve (diagnoze) makrovremenskega stanja atmosfere v času opazovanja, npr. pred nekaj urami nad velikim delom Zemljine površine oz. kar nad poloblo. Po tako dobljeni diagnozi lahko zdaj primerjamo in presojujemo, koliko je bila včerajšnja (ali predvčerajšnja) prognoza za danes pravilna. Za take primerjave si nekatera dejanska polja izrišemo – slika 10.8 – ali pa vse pustimo v računalniku in sprožimo poseben program za računske primerjave v mreži točk in za izračun veljavnosti prognoze po neki objektivni metodi.

Diagnoza je poznano začetno stanje in izhodišče s katerega začne po postavljenem numeričnem modelu računalnik zdaj računati bodoča stanja atmosfere. V sistemu enačb za prognostični numerični model nastopajo spremembe (natančneje odvodi) meteoroloških količin s časom.

Ovrednotenje teh sprememb v posameznih časovnih korakih, pri čemer je prejšnji osnova naslednjemu, nas privede do prognostičnih rezultatov. Že majhna začetna napaka pa lahko vse hitreje narašča, zato so v sistem enačb in v računske postopke vključena usklajevanja, dušenja in približevalne (iterativne) operacije. Te račune nekako krmilijo, dušijo prevelik razrast motenj, vendar dovoljujejo razvoj sistemov, ki se skladajo z dogajanjem v naravi. Računa za ca. 8000 mrežnih točk severne poloble na npr. 16 nivojih in v časovnih korakih po nekaj minut, zahtevajo za 72-urno prognozo več milijard računskih operacij, ki jih v doglednem času zmorejo le največji sodobni računalniki – večji, kot so potrebni za vesoljske raziskave.

Glede na to je tudi študij meteorologije na univerzi čisto nekaj drugega, kot le spoznavanje oblakov in merjenja temperature – čeprav je tudi to treba znati. Prvi dve leti študija se je treba dobro spoznati z višjo matematiko, računalništvom in zakoni fizike; v nadaljnjem pa je treba



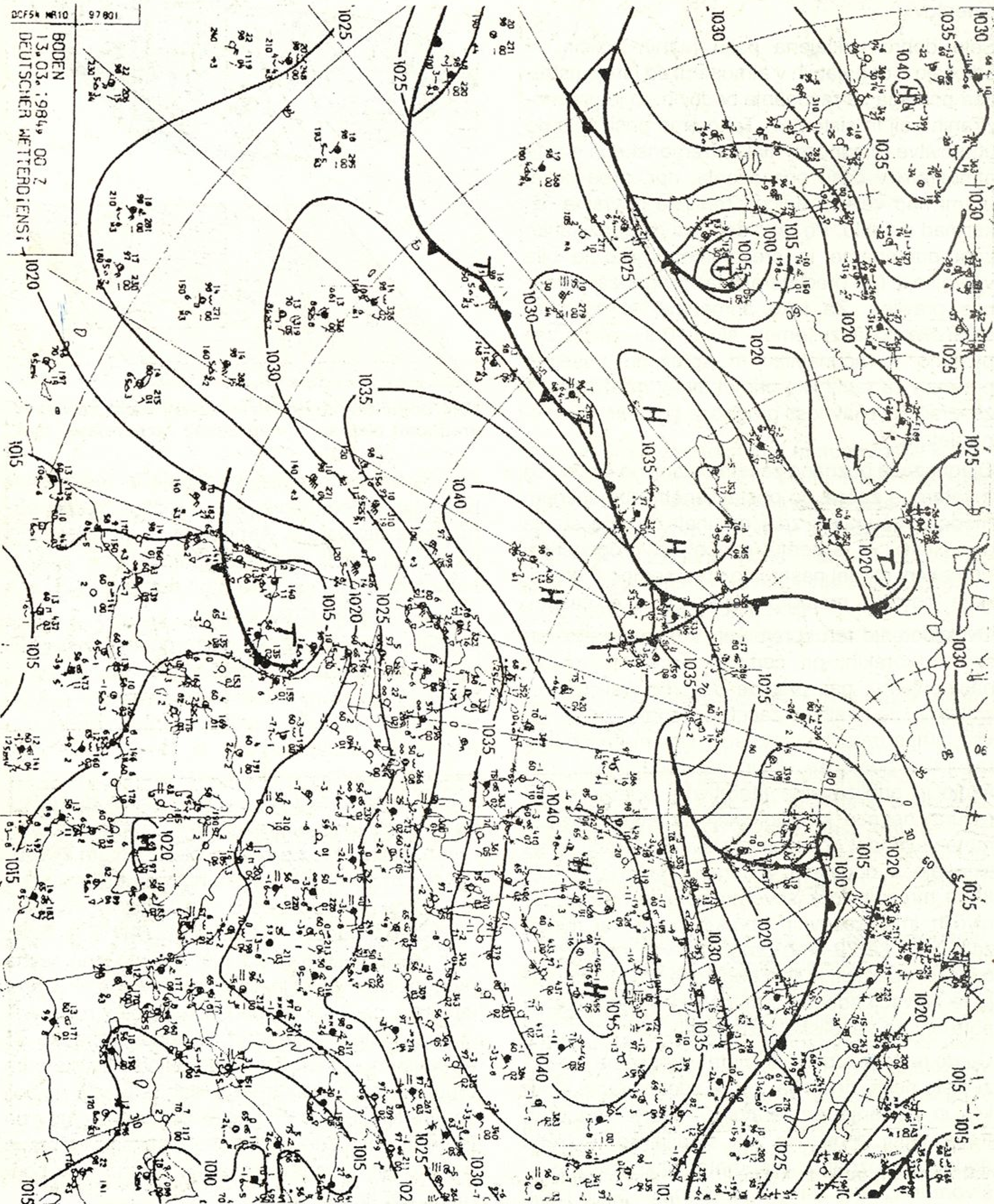
**10.7 Določitev vrednosti v izbrani točki na osnovi vrednosti okolišnjih, nepravilno razporejenih točk**

zduževati in dopolnjevati znanje in metode na področju meteorologije, ki je s tega vidika posebna fizika atmosfere. Atmosfera je predstavljena predvsem s polji in sistemi diferencialnih enačb, katerih reševanje je večinoma numerično in terja veliko znanja in iznajdljivosti.

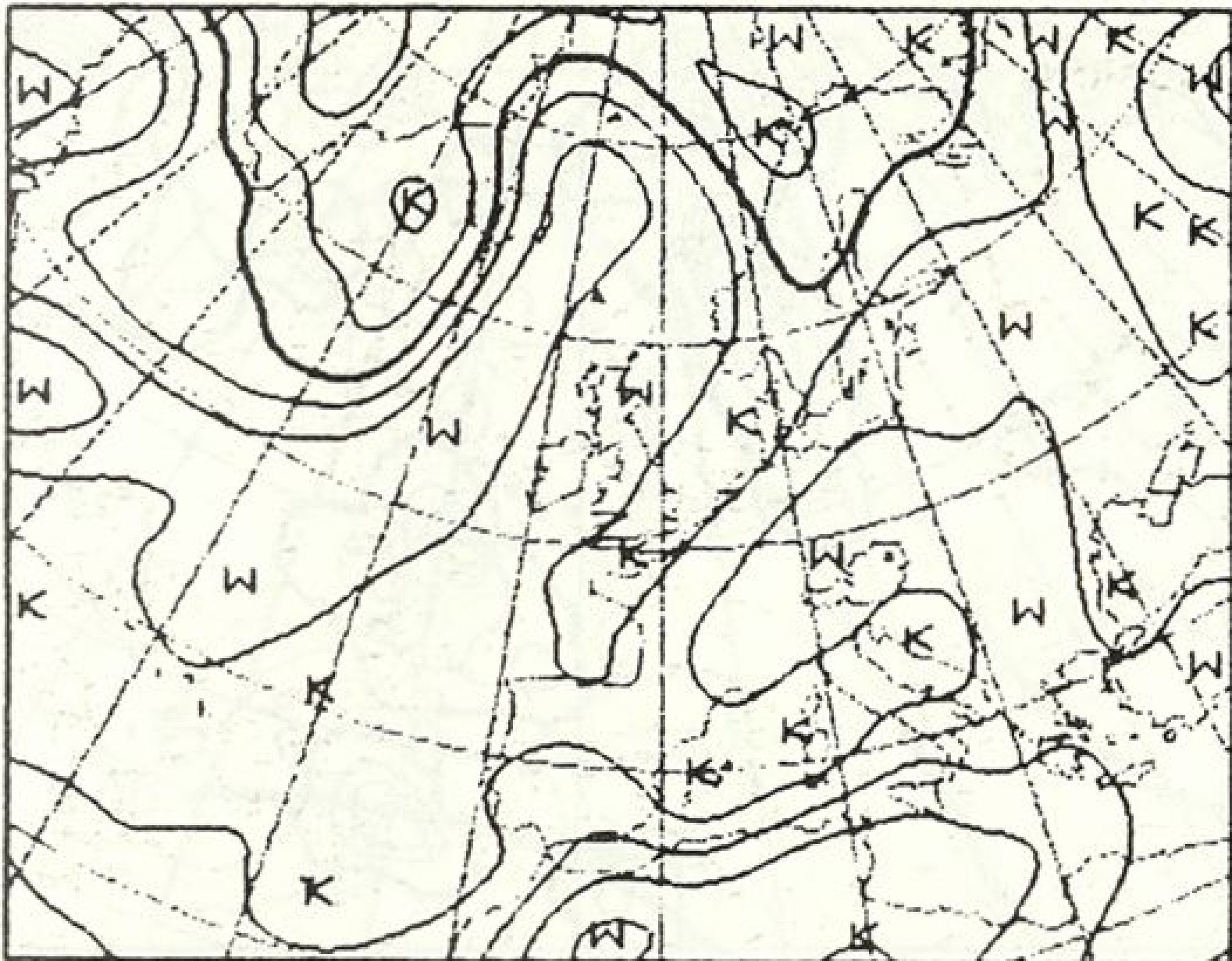
S takim znanjem in na opisan način računajo in presojujejo meteorologi prognozirana polja mnogih, tudi izvedenih količin, po programu pa jih računalnik izriše, ko pride do naslednjega prognostičnega časa, npr. 24, 48, do 72 ur ali celo več dni vnaprej. Veliki meteorološki centri na svetu imajo vsak svoj model in malo drugačen način dela, ter svoje rezultate oz. prognoze prek računalniških zvez pošiljajo interesentom ali svojim odjemalcem. Slovenska meteorološka služba je vezana predvsem na Evropski center za srednjeročne prognoze v Readingu (Anglija), čigar član je Jugoslavija. Od njega dobivamo razna prognozirana polja in količine – slika 10.9. Sprejemamo pa tudi prognostična polja nekaterih drugih centrov (Frankfurt, Moskva) in redko so ta povsem enaka. Treba se je odločiti, katerim prognoziranim poljem je v dani situaciji najbolj verjeti. Na osnovi prognoze polj in sistemov pa je treba nato izdelati napoved, kakšno vreme je pričakovati na majhnem, a tako raznolikem področju, kot je Slovenija.



# 10.8 Način predstave diagnostičnega polja oz. stanja atmosfere

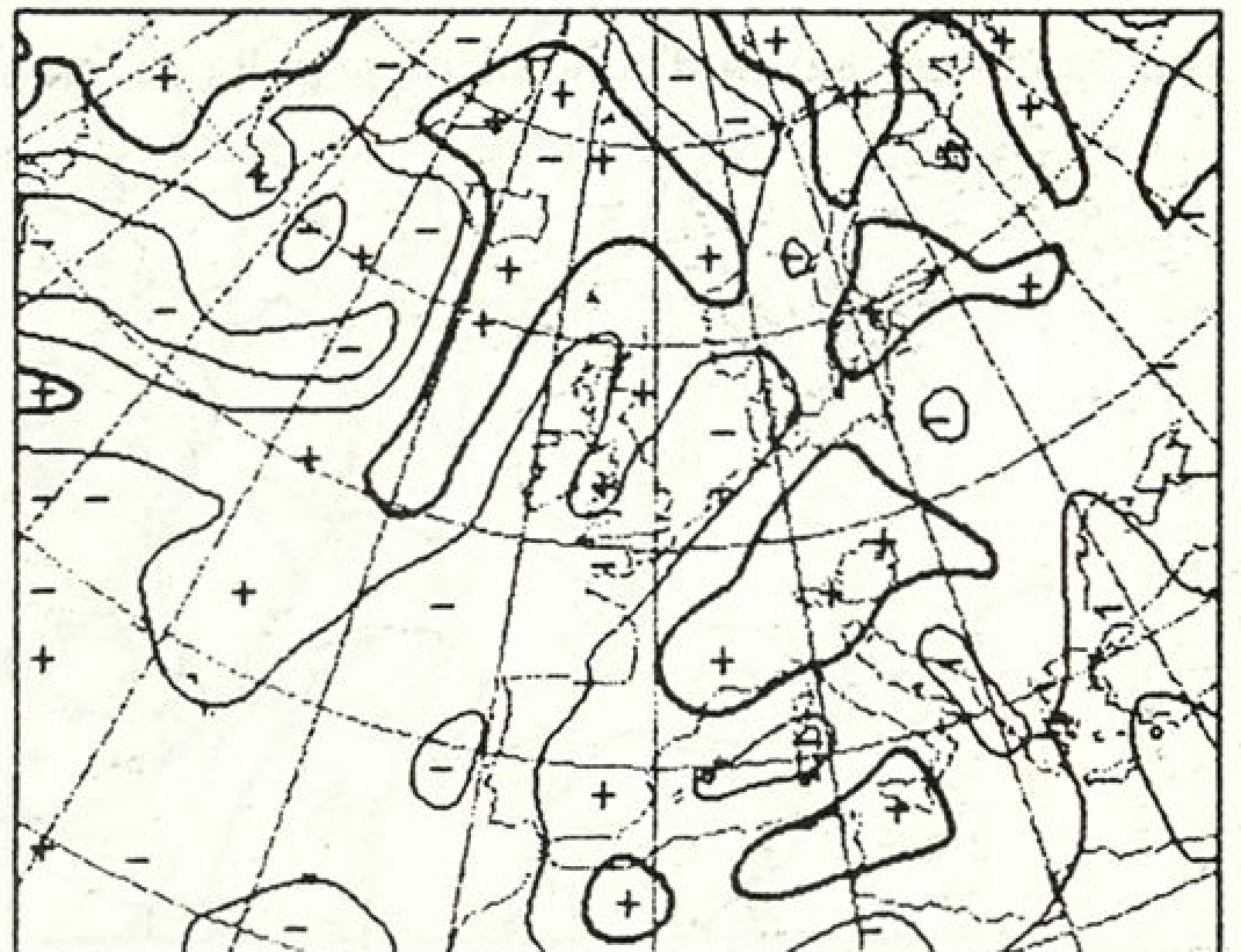






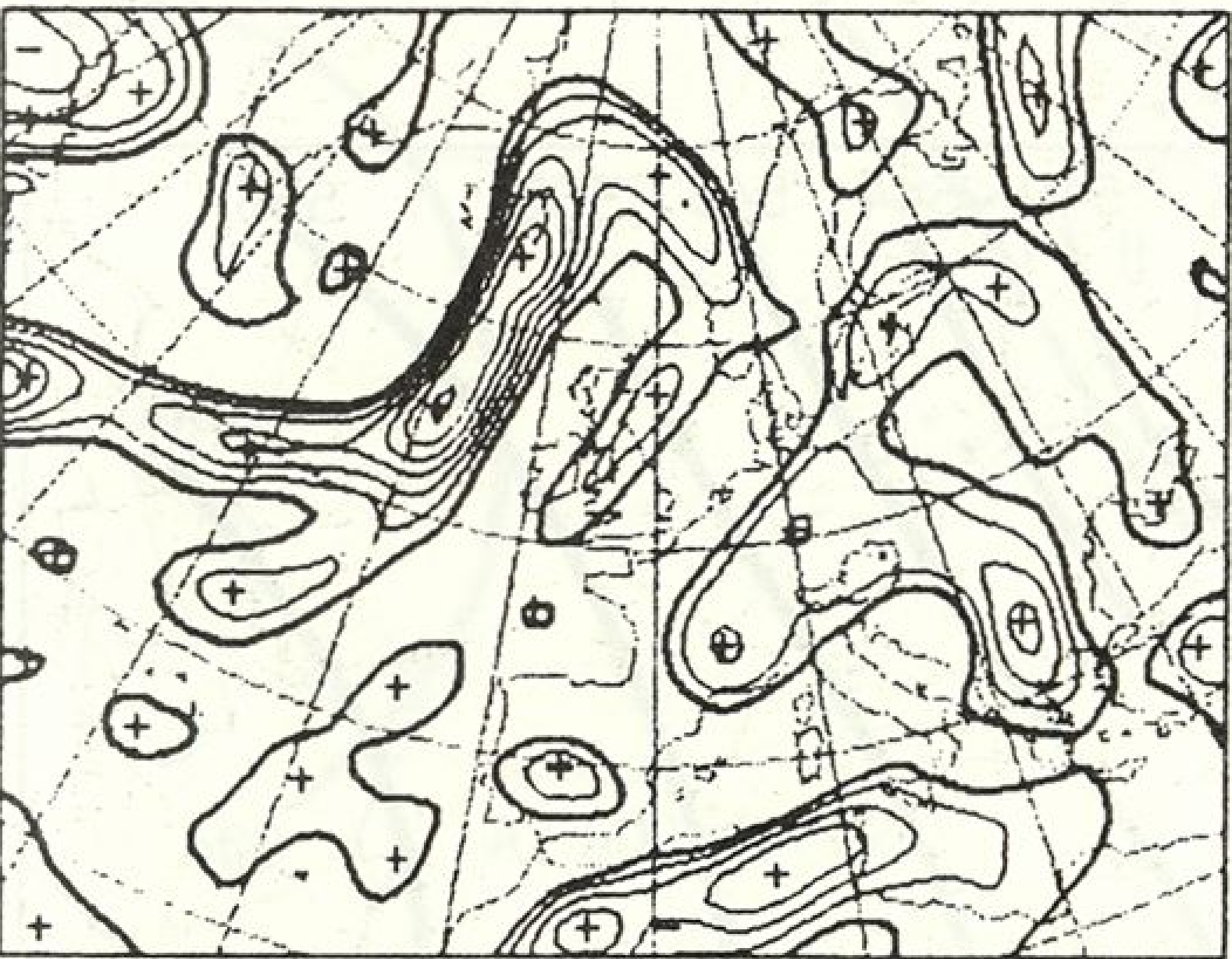
aeqRTP-TEMP [273/5]

FR, 10.08.1984, 12Z



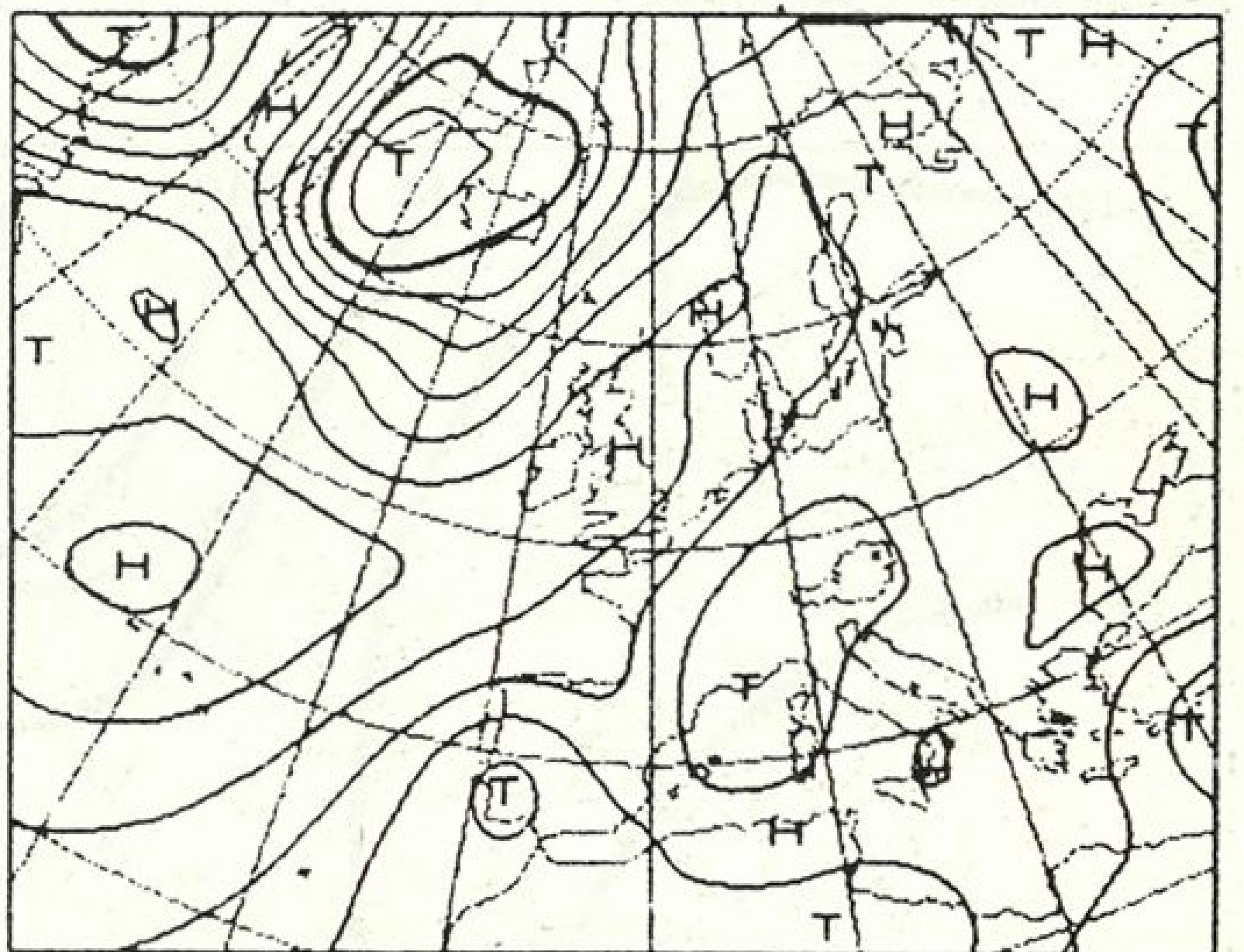
aeqFIX [80/30]

FR, 10.08.1984, 12Z



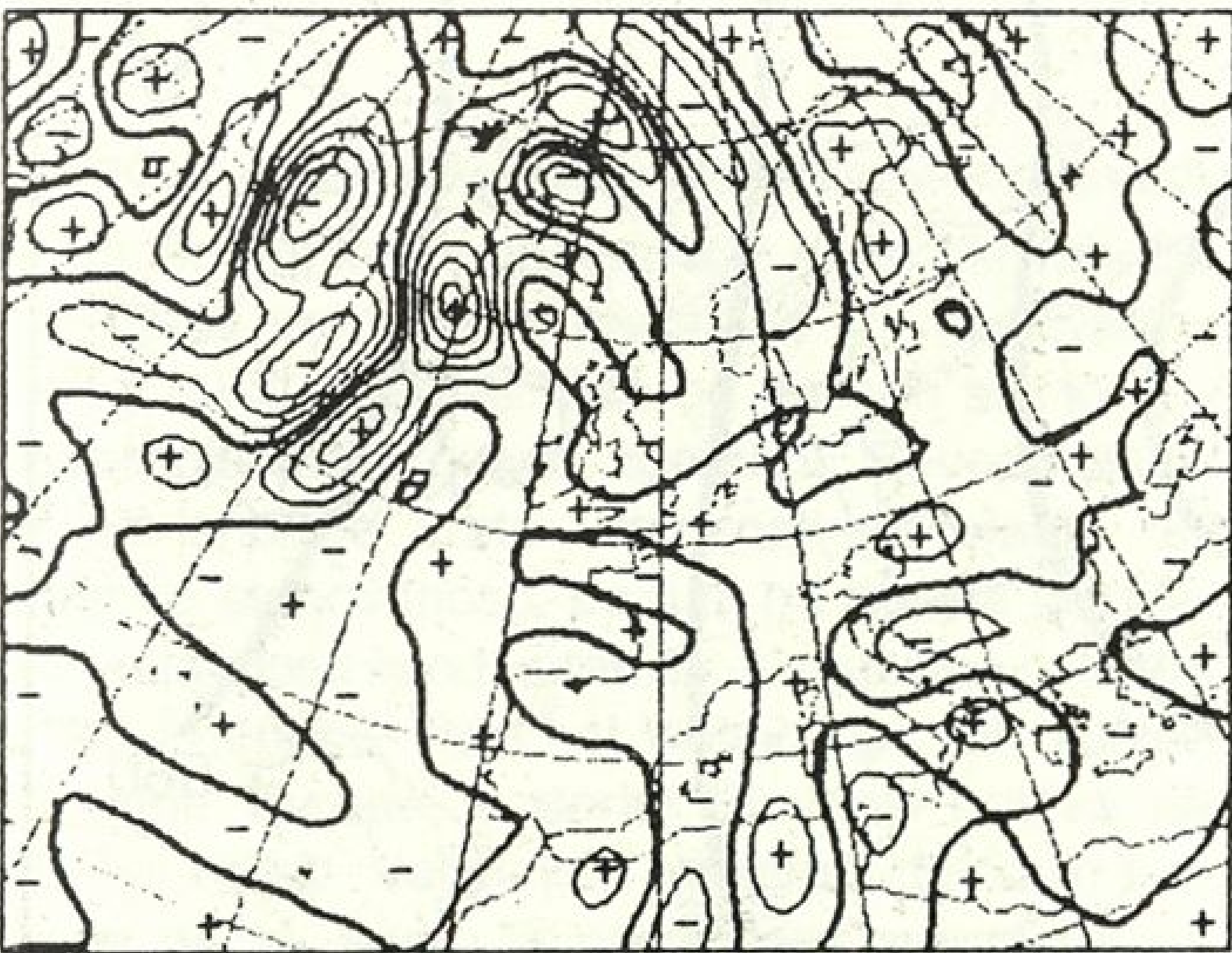
TFP [000/5]

FR, 10.08.1984, 12Z



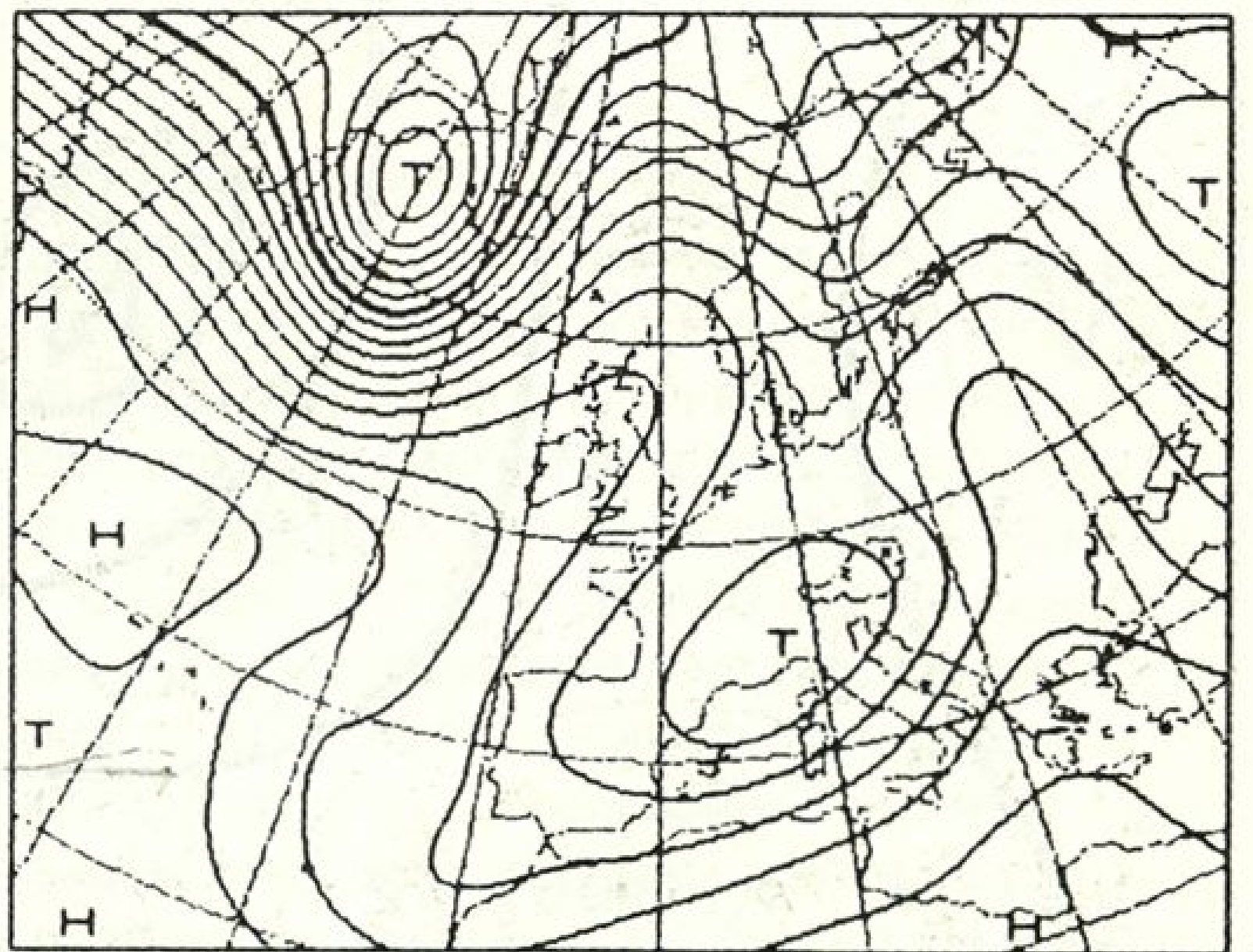
H1000 [000/4]

FR, 10.08.1984, 12Z



ETAadv 500 [000/1]

FR, 10.08.1984, 12Z

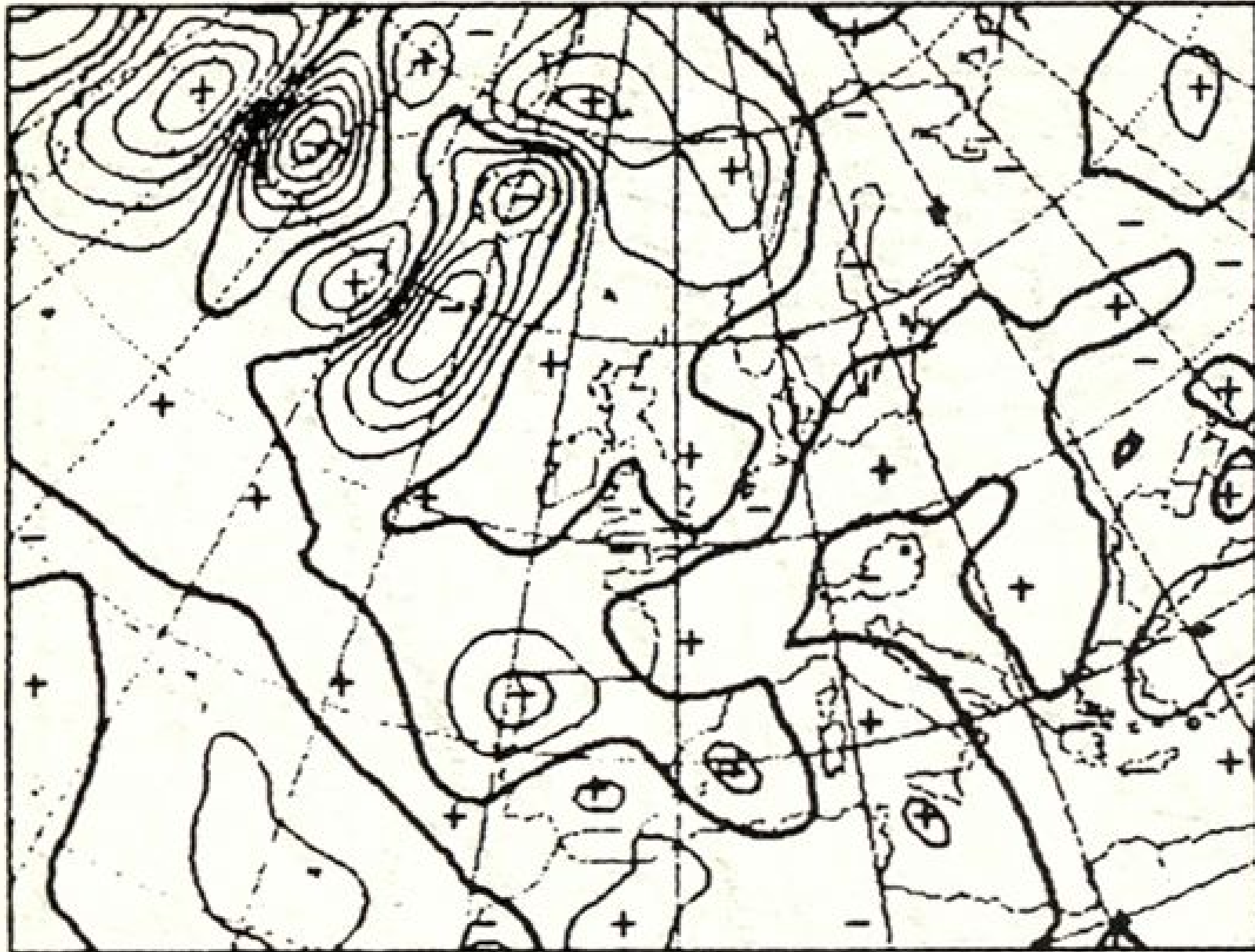


ATP500 [552/4]

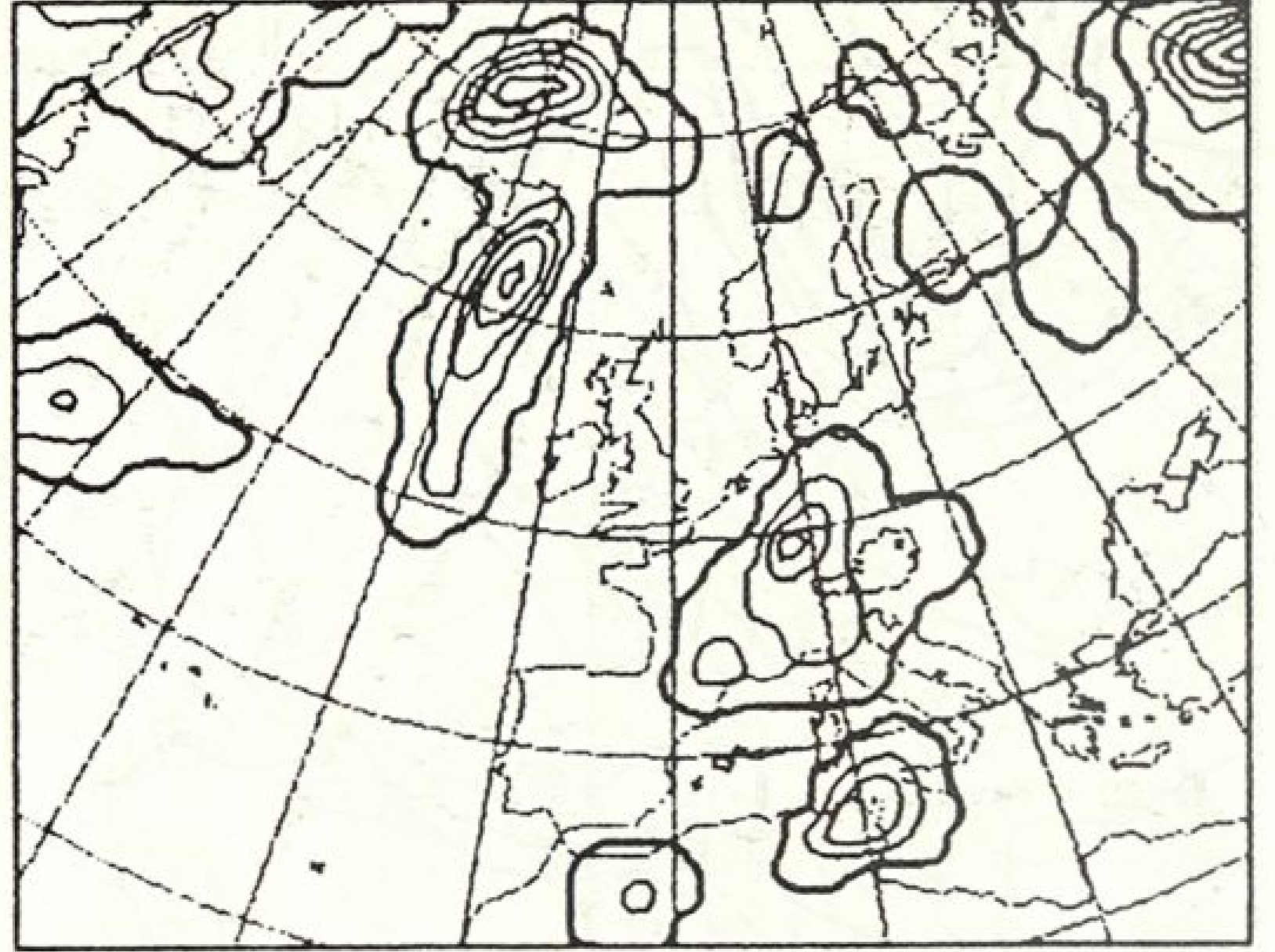
FR, 10.08.1984, 12Z

10.9 Nekatera polja in karte, ki jih dnevno dobivamo iz Evropskega centra za srednjeročne prognoze



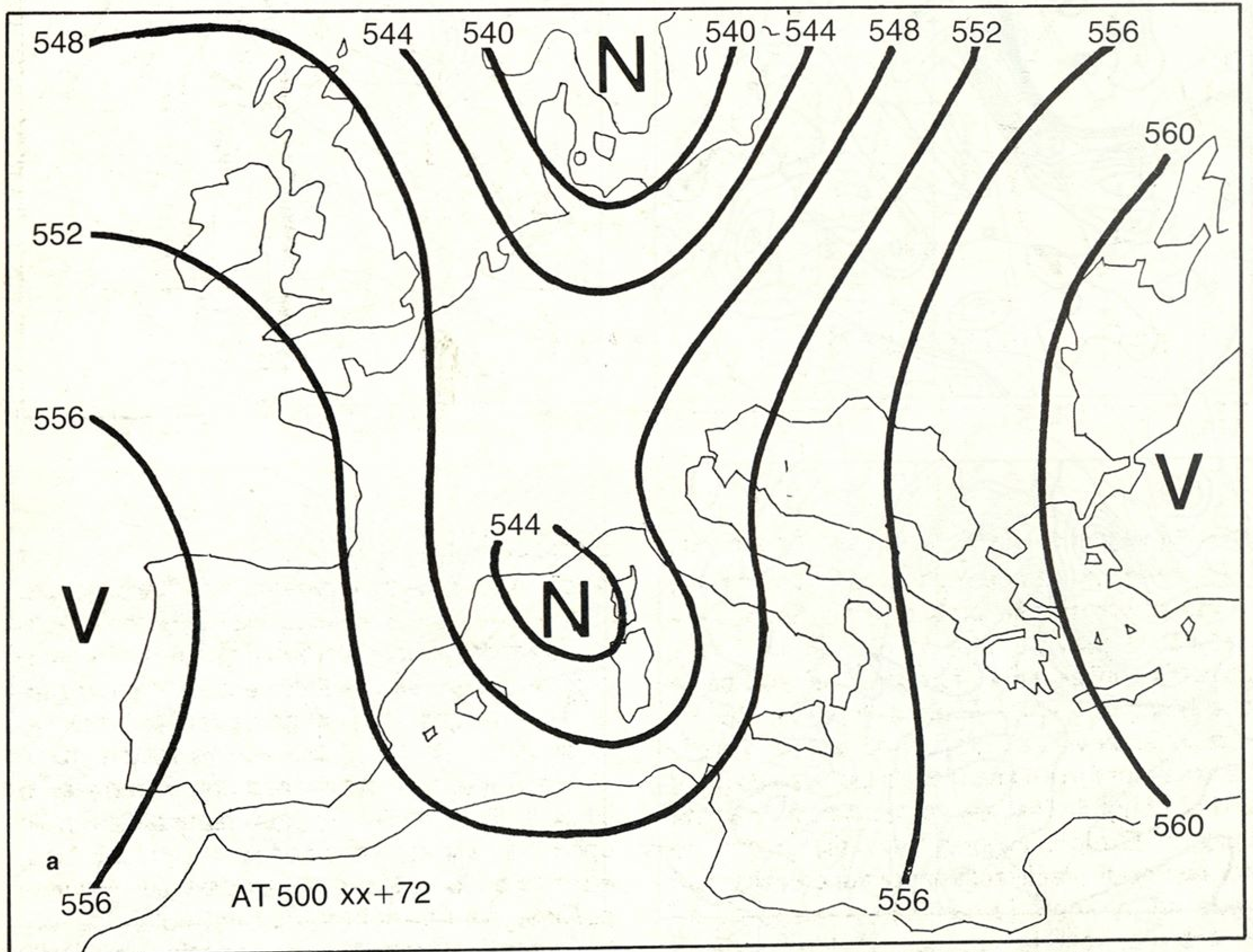


TEMPadv [000/2] FR, 10.08.1984, 12Z



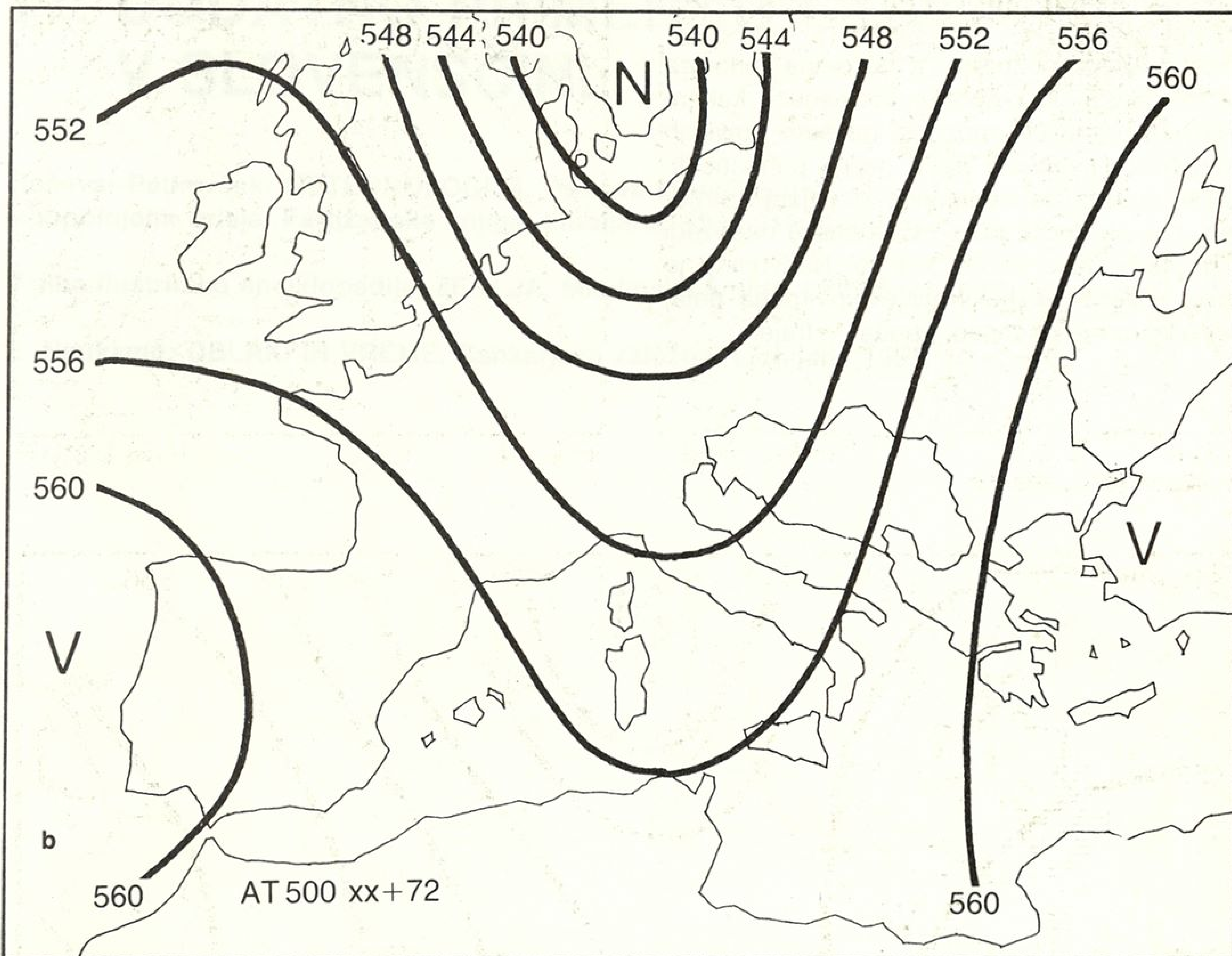
RR 06-19 [001/4] FR, 10.08.1984, 12Z

Nadaljevanje s strani 95



10.10 Dve dokaj različni numerični prognozi iz dveh svetovnih prognostičnih centrov (a, b)





10.10b

povečali veljavnost naših vremenskih napovedi. V splošnem, kot je ugotovljeno po raznih merilih, so danes vremenske prognoze oz. napovedi v okrog 80 % pravilne. Dve od desetih sta torej v povprečju pričakovano zgrešeni. Seveda pa je to odvisno od vrste vremenskega stanja oz. njegove stanovitnosti, pa tudi od načina določanja veljavnosti in od kriterijev, ki tudi niso povsem enaki in enotni. Taki kot veljajo npr. za ravnine zahodne Evrope, v gorati Sloveniji gotovo ne morejo veljati. Veljavnost napovedi določajo tudi glede na to, komu je namenjena oz. glede na uporabnika. Tako je npr. majhna ploha dežja za elektrogospodarstvo nepomembna, za spravilo

### Napoved vremena

Izdelava napovedi vremena za Slovenijo oz. Jugoslavijo na osnovi prognoziranih polj in količin je zazdaj pretežno prepuščena našim vremeoslovcem oz. napovedovalcem, njihovemu znanju in izkušnjam. Tudi tu pa že tečejo raziskave in priprave, da bi s statističnimi metodami te »izkušnje« oz. povezave med polji in vremenom izluščili, jih shranili v spomin računalnika in jih uporabili vsaj kot pripomoček. Pri presoji tega, kako se bodo bodoči sistemi odražali v vremenu posameznih krajev in v relativno dolgi dobi prihodnjega dne (ali dni), so vsi taki pripomočki dobrodošli in bodo nedvomno za nekaj odstotkov



sena ali veliko turistično prireditev pa je lahko usodna.

Nikoli povsem poznana, a ogromna množica raznih vplivov, ki odloča o vremenu v kakem kraju, žal izključuje možnost povsem pravih vremenskih napovedi še v daljnji prihodnosti. Bolj ko spoznaváš zapletenost dogajanj v atmosferi, bolj se čudiš, da so vremenske napovedi sploh lahko tako dobre, kot so. Nedvomno je vanje vloženi veliko sredstev in trdega dela; napredek pa je počasen, vendar vztrajen.



# 11. DODATNO PRIMERNO ČTIVO V SLOVENŠČINI:

Hočevar-Petkovšek: METEOROLOGIJA, Osnove in aplikacije,  
izpopolnjena izdaja, Partizanska knjiga, Ljubljana, 1984 219 strani

Velika ilustrirana enciklopedija, ZEMLJA, Mladinska knjiga, Ljubljana, 1982, 271 strani

E. Neukamp: OBLAKI IN VREME, Cankarjeva založba, Ljubljana 1987, 80 strani



# KJE JE KAJ?

(p = barvna priloga)

anticiklon 37, 80  
atmosfera 3p, 10

babje poletje 78  
babje pšeno 32  
Beaufortova skala 59  
blisk 9p, 69 X  
blokada 47  
brezvetrje 58  
burja 36, 53, 61 X  
ciklon 23, 32, 74  
    sredozemski 48, 51, 55, 77  
    tropski 27  
    višinski 40, 48

dež 32, 68 X  
dolina 13, 47  
dviganje zraka 20, 26, 30, 69

elektrika atm. 69, 70  
Elijev ogenj 70  
energija 25, 70  
    sončna 17, 47, 64, 85, 87  
    vetra 63  
fata morgana 68 X  
fen 33 X  
fronta  
    polarna 17, 22, 50  
    topla 24, 29  
    hladna 24, 29, 51, 74  
frontogeneza 19, 27

glorija 68  
gradient  
    pritiska 12, 24  
    temperature 10, 19, 47  
greben 13, 39, 47  
grmenje 69, 70 X

halo 68 X  
hitrost vetra 11, 28, 59  
hurrican 27 X

inverzija 40, 42, 44, 78 ✓  
irizacija 68  
ivje 9p, 67  
izobara 23, 29

jakost  
    vetra 57  
    padavin 32  
    obsevanja 5p, 64  
jedro  
    kondenzacija 65  
    odcepljeno 47  
jezero hlad. zraka 80  
jug, jugo 53

kaplja 32  
kapljica 32, 66  
klima 15p, 71, 82  
klimatske spremembe 65  
kondenzacija 4, 65  
konvekcija 42, 44, 45, 81  
kroženje zraka 23, 38, 58

labilnost 30, 42, 47, 69  
ledeni  
    kristalčki 32, 68  
    možje 21, 75  
maestral 62  
mavrica 68 X  
megla 8p, 13p, 36, 65 X  
megleno  
    jezero 8p, 36, 44, 67, 81  
    morje 11p, 42, 81  
monsun 62

navpični tokovi 17, 20, 38, 40  
nevihta 30, 33, 44, 69, 75, 77 X



numerična prognoza 91

občutljivost na vreme 35

oblaki 20, 30, 35 ✓

oblačnost 79

odboj 64

odjuga 58, 60

odklon vetra 11, 12, 39

onesnaženje zraka 42, 46, 80

opazovanja 1p, 9, 88, 90

padavine 30, 32, 67, 74, 76

ploha 33

poledica 36 ✓

poti ciklonov 27, 54

pritislovna ploskev 12, 15, 24

prognoza 12p, 88

pršenje 32

radar 10p, 14p, 88

radiosonda 10

rosa 8p, 67 ✓

rosišče 66 ✓

sevanje 62, 64

sončno 64

terestično 65

sile 12, 25, 38, 57

slana 67 ✓

smer vetra 12, 16, 57

sneženje 32, 67 ✓

snežna odeja 13p, 67, 75

sodra 32 ✓

sončno obsevanje 17, 62, 64, 84, 86

soparno 60

srež 68

spušcanje zraka 20, 33, 39, 40, 58, 81

stabilnost 40

stanje tal 68

strela 69 ✓

sublimacija 32, 67

subsidenca 40, 41

subtropi 37, 39

sunkovitost vetra 36, 57, 61

svetloba 64

tajfun 27 ✓

temperatura zraka 3p, 65, 72

toča 69, 70 ✓

toplota 48

tornado 28 ✓

trenje 25, 29

troposfera 3p, 10

valovi 13, 14, 25

veter 23, 29, 57 ✓

lokalni 46, 62

obalni 6p, 62

planetarni 9, 11, 13

pobočni 6p, 62

viharni 57, 62, 69

višinski 24, 51

vetrovni stržen 11, 19

vetrovno striženje 11, 18, 29, 57

vidnost 60, 65

vlažnost zraka 20, 58

vodna para 20, 32

vpoj, absorpcija 64

vreme 26, 33, 48, 64, 71, 88

vremenska, -i

hišica 1p, 5p

karta 15, 16, 90, 94

napoved 88, 97

pojavi 64

satelit 16p, 46, 88

vtinci 6, 23, 57

zamegljenost 65

zračne mase 17, 75

zračni pritisk 12, 23, 33

žled, požled 12p, 36









5.10.86

*Zdravko Petkovšek – Miran Trontelj*  
**SKICE VREMENA**

*Izdala in založila: Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije*

*Za založbo: Gorazd Marinček*

*Naklada: 2000 izvodov*

*Lektor: Darinka Petkovšek*

*Tisk: Tiskarna »Jože Moškrič«*

*Realizacija: Paralele Ljubljana*

© ZOTKS 1987











Narodna in univerzitetna knjižnica  
v Ljubljani

377985