

S růstem výkonů v závěsném létání úzce souvisí i schopnost využít v maximální míře vhodných meteorologických podmínek. Abychom v tomto směru pomohli nejen těm „zkušeným“, ale i začínajícím pilotům závěsných kluzáků, chceme jim na stránkách L+K postupem času poskytovat některé zajímavé informace z pera renomovaného meteorologa **RNDr. Jiřího Förchtgotta**. Tentokrát to bude

## O KONVEKCI

Termické vzestupné proudy v ovzduší — v hantýrce vyznavačů leteckých sportů „termika“ — vykazují širokou škálu vlastností, rozměrů i podob. Vyskytují se v teplých částech dne i roku a některé příznivé vlastnosti se nabízejí k systematickému využívání a dosahování výkonů v bezmotorovém létání dříve až neuvěřitelných, a to stejně u pilotů kluzáků obyčejných jako závěsných.

V meteorologii se mluví o konvekci a konvektivních jevech — od bezoblačné konvekce až po bouřkové oblaky. Plachtaři si zvykli na viditelné stavy konvekce, oblaky Cu, Cu cong, Cb (kumuly, věžovité kumuly, kumulonimby), jako na relativně bezpečné vyznačení trasy vhodné pro přelet. Skutečností však zůstává, že každý Cu při přiletu do prostoru jeho působnosti se může projevit jinak, i když na první pohled z dálky je stejný, jako ty už prověřené „dobré“.

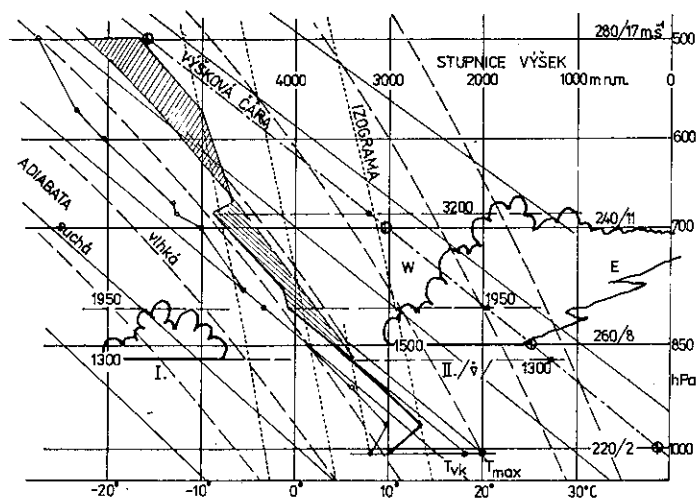
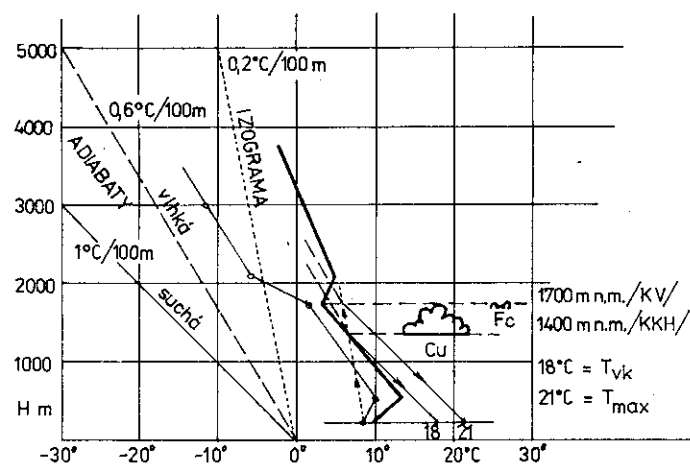
Rozdíly vyplývají ze „stáří“ každého jednotlivého kumulu — z jeho aktuálního **vývojového stadia** — ale také ze struktury vnučené **výškovým prouděním a vlhkostí vzduchu** v rámci vrstvy, ve které se tvoří vzestupné proudy i jejich nejvyšší viditelné vrcholky, Cu. Není tedy kumul jako kumul.

### Konvektivní vrstva

Vrstva s konvekcí, tj. vrstva s konvektivními vzestupnými proudy a s kupovitou oblačností, se označuje za „konvektivní vrstvu“ (KV). Hlavní charakteristiky konvekce, tj. výška KV, teplota volné konvekce ( $T_{vk}$  — teplota, při které se začínají tvořit proudy v celém rozsahu KV), konvektivně kondenzační hladina (KKH) — výška základny Cu (výška horní hranice Cu bývá totožná s výškou KV), se dají určit snadno z aktuálního aerologického výstupu (obr. 1).

Už z těchto hlavních výsledků, daných jen zběžným rozбором aerologického výstupu (zpráva TEMP) vyplývají obecné vlastnosti oblaků Cu pro daný den (tab.).

Obr. 1 — typický letní průběh křivky zvrstvení a způsob stanovení hlavních charakteristik konvekce (jednoduchý způsob)



Obr. 2 — křivka zvrstvení typická pro vývoj dvou odlišných intervalů konvekce (Störegram)

### Teplota vzduchu v přízemní vrstvě

Za typických letních dnů se často v rámci jediného dne mohou vyskytnout i dva nebo tři různé intervaly konvekce. Čekání na „druhý lepší“ interval se vyplatilo — i nevyplatilo — v minulosti mnoha plachtařům v rámci jejich soutěží.

Příčinou podobných podmínek je takový průběh křivky zvrstvení, který vymezuje nízkou KV již při malém zvýšení teploty přízemního vzduchu. Inverzní vrstva kolem 2000 m je tak vysoká, že brzdí další růst konvektivních oblaků na několik hodin, až přízemní teplota vystoupí — ještě před polednem — na hodnotu, při které konvektivní proudy prorůstají inverzí.

Až potom nadlehlá vrstva, instabilní pro nasycený vzduch, umožňuje další růst oblaků do přeháněk nebo bouřek (obr. 2).

Z tabulky je možno posoudit výhody i nevýhody „lepšího druhého“ intervalu, hlavně pokud jde o vzdálenost jednotlivých oblaků a zhoršující se poměr (%) mezi aktivní (+) a rozpadovou (—) plochou oblačné pokrývky konvektivního původu.

### Vývojová stadia jednotlivých oblaků

Každý viditelný konvektivní oblak je vrcholem konvektivního proudu, který má svůj původ nad teplejšími plochami zemského povrchu. Plně vyvinutý „fotogenický“ Cu nejčastěji znamená už odčerpaný hlavní objem teplého vzduchu od povrchu a tedy začátek konce vzestupného proudu z daného místa.

Začátek vývojového stadia Cu je na pohled nenápadný „vatovitý“ útvar, plošně nepravidelných tvarů. Jestliže v průběhu minuty se plocha s náznakem oblaku zřetelně zvětší a současně některá část plochy projeví trvalou tendenci vertikálně narůstat, jde o vrchol začínajícího stoupavého proudu, který právě dorůstá ke své KKH — a zřejmě bude ještě celé minuty zesilovat. Je to správná chvíle pro pokusy o navázání do příslušného konvektivního proudu s dobrou vyhlídkou na úspěch i v hladinách poměrně hluboko pod základnou Cu.

Toto první, **vývojové stadium** Cu, je typické aktivním narůstáním hmoty oblaku až k maximum, které je úměrné výšce KV. Jeho obvyklé trvání lze vyčíst z tabulky.

Přibližně stejně dlouho trvá druhé **stadium zralosti** oblaku Cu. Přívod teplého vzduchu jádrem vzestupného proudu trvá, i když tento proud už ztrácí kontakt s povrchovým zdrojem. Jde obvykle o doznívání proudu, který je patrný už jen v hladinách blíže základně oblaku.

Následuje třetí **stadium rozpadu** Cu. Vzestupný teplý proud zeslábnul a skončil, základna Cu původně hladká a tmavá začíná jevit chaotickou strukturu, aktivní květáková struktura vrcholových částí Cu rychle mizí. Opět převládají roztrhané, vatovité tvary, které se však rychle rozplývají a plocha jimi zasažená se zmenšuje.

První a třetí vývojové stadium Cu je tedy možné při rychlém posouzení zaměnit. Následek je pak opačný, než byl záměr: místo aktivního stoupání rozpad a zvýšené klesání. Není jiné rady, než věnovat minutu nebo dvě sledování tendence cárovitého útvaru.

V rámci celého dne může interval s konvekcí trvat 6—12 hodin. Trvání všech stadií vývoje Cu je závislé na velikosti zásoby teplého vzduchu od povrchu. Určitá vhodná plocha dodá za stejný čas

největší zásobu v údobí kolem 13.00 h SEČ, v intervalu po kulminaci slunce. Proto v údobí mezi 12.00 h až 14.00 SEČ bývá konvekce nejvýraznější, stejná plocha uvolňuje konvektivní proudy v krátkých periodách a s největší intenzitou.

Před tímto nejnepohodnějším údobím stejně jako po jeho uplynutí je intenzita slunečního záření postupně slabší, proto ani projevy konvekce nemohou být lepší (rovina). Perioda uvolňování teplého objemu vzduchu z aktivního prostoru se prodlužuje, projevy konvekce slábnou a jsou ze stejných zdrojů časově vzdálenější.

### Střih větru a deformace Cu

Konvektivní vrstva v celém rozsahu není nikdy absolutně klidná, vždy aspoň v některých částech ji ovlivňuje vítr určité rychlosti a směru. Změna směru nebo rychlosti větru se nazývá střih větru.

Každý vzestupný konvektivní proud čerpá energii ze vzlátku určitého objemu vzduchu, který se původně při povrchu dostatečně ohřál. Síla vzlaku působí proti síle gravitace, takže v klidné KV by následoval vzestupný pohyb v kolmém směru.

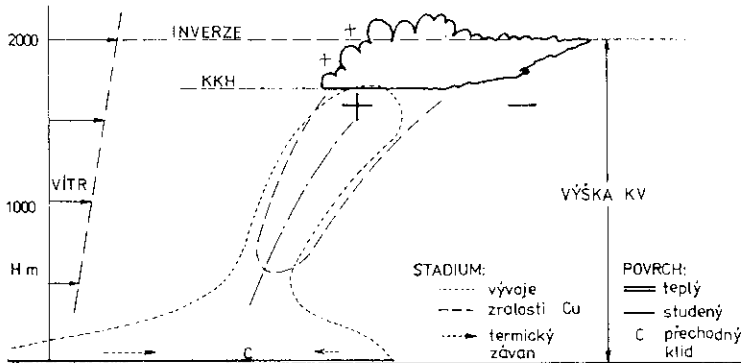
Vzduch v rámci KV se však téměř vždy pohybuje. Vzájemným působením výstupného proudu a horizontálního proudění v rámci KV se osa konvektivního proudu odchyluje od kolmice k povrchu a to tím víc, čím je větší horizontální složka proudění.

Z plachtařských pověr jedna tvrdí, že někdy „nosi náslunečná strana“ Cu, zatímco odvrácená strana je rozpadová. Jako momentální orientační údaj pro danou situaci a chvíli je označení „náslunečná strana“ vyhovující, ale nemá nic společného s příčinou koncentrovaného stoupání v dané části oblaku.

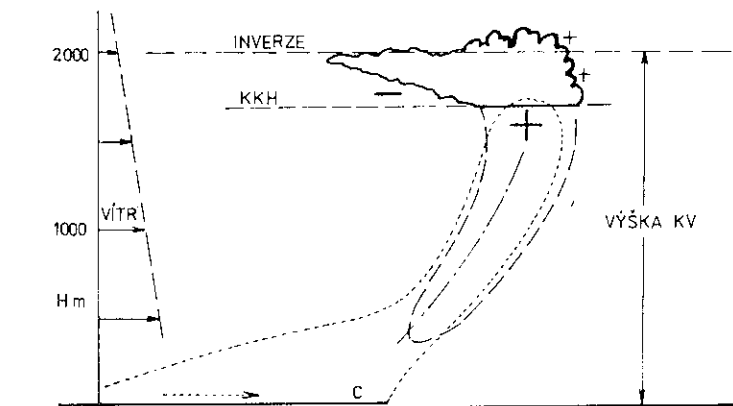
Vítr v rozsahu KV má obvykle stálý směr, ale často s výškou proměnlivou rychlost. **Zesilující vítr** ve vrstvě KV s oblaky Cu se projeví výše naznačenou deformací konvektivního proudu a také nesymetrickým rozdělením stoupání a klesání (+ a -) v prostoru Cu. Každý Cu pak bude vykazovat stoupání na své návětrné straně — a někdy i před aktivní návětrnou stěnou oblaku v těsně přilehlém bezoblačném prostoru — zatímco rozpad oblaku a klesání bude na opačné straně (obr. 3).

Při západním větru a poloze slunce odpoledne na západní straně obzoru by tedy byla aktivní právě ta „náslunečná strana“ Cu. Tytéž podmínky dopoledne by ovšem znamenaly opak. Uvedený stav je vizuálně evidentní tím, že při pohledu na východ vidíme všechny Cu z jejich návětrné strany, tedy jen krásně aktivní, kvěťákovité vrcholky. Pohled na západ současně budí

Obr. 3 — vítr zesilující s výškou a odpovídající deformace kumulu



Obr. 4 — vítr slábnoucí s výškou a příslušná deformace kumulu



Typické projevy nízké, střední a vysoké konvektivní vrstvy při střední vlhkosti vzduchu. Poslední sloupec obsahuje v procentech poměr aktivní (+) pasivní (-) oblačnosti konvektivního původu od chvíle vzniku prvního oblaku dané kategorie

Výška K V m	Typ oblaku	Prům. stoupání m/s	Původní jev	Vzdálenost jednotl. Cu (+) km	Trvání +/- min.	Plocha Cu: +/- %
≤ 2000	Cu	2	—	1—2	5/5	50/50
~ 3000	Cu cong	6	☉	5—10	30/30	25/75
> 5000	Cb	10	☉	30	60/60	5/95

právě opačný dojem — všechny oblaky jsou cárovité, rozpadové, spíše Fs nebo Fc než Cu.

Dost často se vyskytuje opačný případ — zesilování rychlosti větru v rozsahu KV a vrstvy s Cu. Deformace osy konvektivního proudu a nesymetričnost každého Cu bude rovněž opačná: závětrná strana Cu bude aktivní, návětrná rozpadová. Při výraznějším střihu větru ve vrstvě s Cu je opět možný výskyt stoupání i v bezoblačném prostoru přilehlém k aktivní stěně oblaku, tentokrát závětrné (obr. 4).

Je možný i složitější účinek proudění na deformaci konvektivních proudů a Cu při zesilování větru s výškou a při současně výraznější změně směru větru. Tato možnost však nebývá častá a projevuje se ne tak deformací jednotlivých oblaků jako spíše tendencí tvořit systém konvektivních oblaků ve tvaru souvislých, rovnoběžných řad Cu. Takový i jiné systémy konvektivní oblačnosti se výrazně uplatňují nad rovinami a nad mořem, náš hornatý terén není příznivý pro jejich vznik a trvání.

### Význam vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu v praxi posuzujeme podle teplotního deficitu, tj. rozdílu teploty a rosného bodu pro daný vzorek vzduchu. Rosný bod je teplota, při které by vzduch byl nasycen, jeho relativní vlhkost by byla 100%, teplotní deficit by měl hodnotu nula. Čím větší je hodnota deficitu, tím menší je relativní vlhkost.

Rozdělení vlhkosti vzduchu v rámci KV rozhoduje o všech charakteristikách konvektivních oblaků. Z praktického hlediska je výhodné rozlišovat tři stupně vlhkosti vzduchu: velká vlhkost — deficit 1 °C, střední vlhkost — deficit 5 °C, malá vlhkost — deficit 10 °C.

Větší vlhkost vzduchu v přizemní části KV značí malou výšku základny Cu, zmenšující se vlhkost při oteplování přizemní vrstvy odpovídá zvyšování základny Cu. Extrémně malá vlhkost pak může vyvolat bezoblačnou konvekci, beze stopy Cu v celém rozsahu KV.

Pro vývoj konvektivní oblačnosti je v rámci vyšší poloviny KV výhodná střední vlhkost vzduchu, protože neprodlužuje trvání pasivního rozpadového stadia Cu. Velká vlhkost v horní části KV podporuje po normálním začátku vývoje Cu přibývání dlouhotrvající rozpadové fáze oblaků a tím vzniká 7—8/8 ScSt. „Deka“ po 1—2 hodinách vývoje Cu pak může trvat řadu hodin, někdy i celý den. Zabraňuje oteplování povrchu nad teplotu blízkou dané  $T_{vk}$ , která bývá za popsaných podmínek současně denním maximem.

Stav vlhkosti vzduchu mezi zmíněnými hodnotami vyvolává střídání krátkých aktivních intervalů s delšími „přestávkami“, které vždy značí silný útlum konvekce. Známá je tzv. „polední přestávka“, která se často projevuje po vícehodinovém dopoledním vývoji Cu, když jejich množství k poledni přesáhlo 6/8 pokrytí oblohy.

### Závěr

Jak je zřejmé, různé stupně různých prvků mohou vyvolat v rámci stejné vysoké KV mnohé odchylky ve vývoji konvektivních Cu. Odchylky ne vždy a ne každému patrné mohou často vést k nesprávnému rozhodnutí a volbě taktiky letu.

V tomto pojednání se předpokládá normální, přirozený stav ovzduší, charakterizovaný — hlavně v létě — dobrou dohledností. Při dnešní skromnosti považujeme za „dobrou“ dohlednost alespoň 10 km ve všech směrech od místa pozorování. Dohlednost 100 km ovšem uplatnění výše uvedených závislostí brání nebude — naopak budou zřetelnější.

Denní dohlednost v některém směru < 10 km v letním období je neklamným příznakem působení anomálního průmyslového zdroje v okolí — bližším či vzdálenějším. Stěna zákalu, oddělující zřetelné pásmo lepší a horší dohlednosti, je nutně také předělem v kvalitě konvektivních jevů.

# OBLAČNÁ A BEZOBLAČNÁ KONVEKCE

RNDr. JIŘÍ FÖRCHTGOTT



Dotazy některých pilotů, stejně jako poměrně nedávné zkušenosti z provozu závěsných kluzáků, se staly podnětem k následujícímu příspěvku, který má doplnit popis mechanismu oblačné konvekce, uvést analogii bezoblačných vzestupných proudů a vyvodit některé pro praxi užitečné závěry.

## Mechanismus konvekce

Oblučná mikrokonvektivní vrstva (MKV) byla pro Cb již před časem popsána v L+K 62, 1986, č. 8. Pro lepší názornost je na obrázku 1 uvedeno vyznačení mechanismu nasyceného konvektivního proudu, jehož výsledkem je Cu až Cb. Větší část konvektivního proudu probíhá nad KKH, tedy ve viditelné podobě. Čárkovaně je vymezeno jádro s největší vzestupnou rychlostí  $w^x$ , oddělené od okolního vzduchu stěnou oblaku s rychlostí  $w$ .

Nejvýznamnější děj probíhá ve vrcholové části aktivního oblaku, která roste rychlostí  $w^R$  — značně menší, než jsou  $w$  a  $w^x$ . Příčinou náhlého snížení vzestupné rychlosti ve vrcholové části ( $w^R \ll w^x$ ) je struktura MKV. Intenzivním směřováním velmi teplého nasyceného vzduchu při vrcholu jádra s nadlehlým suchým a adiabaticky přidavně ochlazeným vzduchem (rozdíl teplot  $\geq 10^\circ\text{C}$ ) se likviduje velká část tepelné energie jádra a vzniklá směs se dosycuje vlhkostí z jádra.

Náhlé snížení vzestupné rychlosti vyvolává radiální rozšíření nejvyšší části nasycené směsi a tím se tvoří čerstvý nejvyšší okraj stěny oblaku. Děj pokračuje po dobu dodávání tepelného nasyceného vzduchu jádrem a vrchol se rychlostí  $w^R$  (závislou na jemných rozdílech gradientů křivky zvrstvení a vlhké adiabaty, odpovídající jádru oblaku) posouvá k horní hranici konvektivní vrstvy. Tam se  $w^R = 0$  a veškerá nasycená směs vznikající při vrcholu stále aktivního jádra se radiálně šíří do stran, vzniká známá kovadlina — incus — jako viditelný příznak skončení růstu Cb.

V hladinách, kde náhle klesá  $w^R \geq 1$  m/s se začínají uvolňovat srážky, vzniklé kondenzací a sublimací skoro celé zásoby vodní páry, rychle dopravované do vysokých hladin jádrem obalu. Po dobu trvání přísunu teplého nasyceného vzduchu jádrem trvá i „výroba“ srážek, které vypařávají koncentrovaně v určité oblasti v množství často katastrofálním. Předpověď doby a míst takových extrémů je tedy dobře možná, známe-li vydatné místní zdroje tepla.

V suché podobě musíme také rozlišovat jádro konvektivního proudu, jeho stěnu a jeho vrchol. Pro vrchol je opět typická

MKV, která zajišťuje směřování teplého a tentokrát suchého jádra s chladnějším nadlehlým vzduchem. Rozdíly teplot nejsou tak velké, jako nad vrcholem Cu — Cb, proto výška MKV na vrcholu bezoblačného vzestupného proudu bývá větší a také rychlost růstu ( $w^R$ ) je relativně větší. Vyrobená suchá směs tvoří nejvyšší část jádra vystoupit do vyšší hladiny stejně jako v případě oblačné MKV.

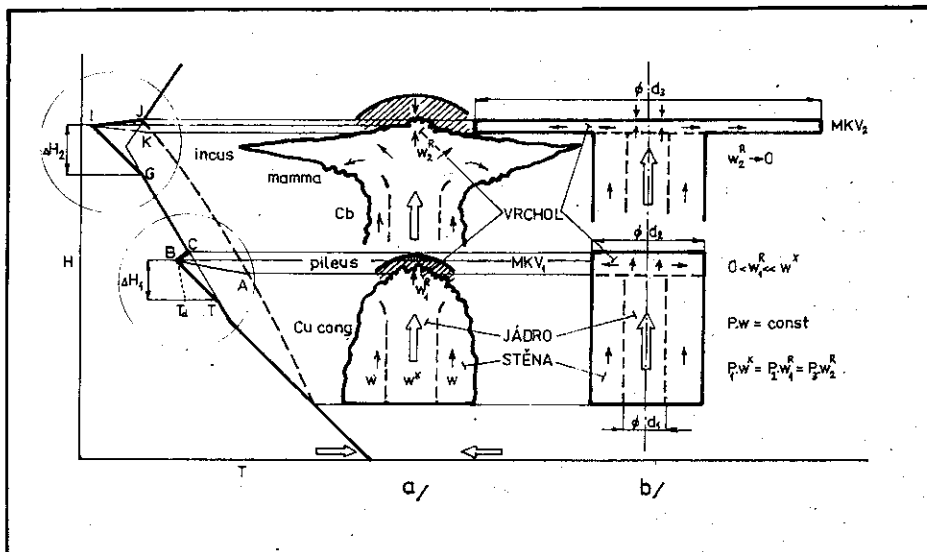
Závislost děje na průběhu křivky

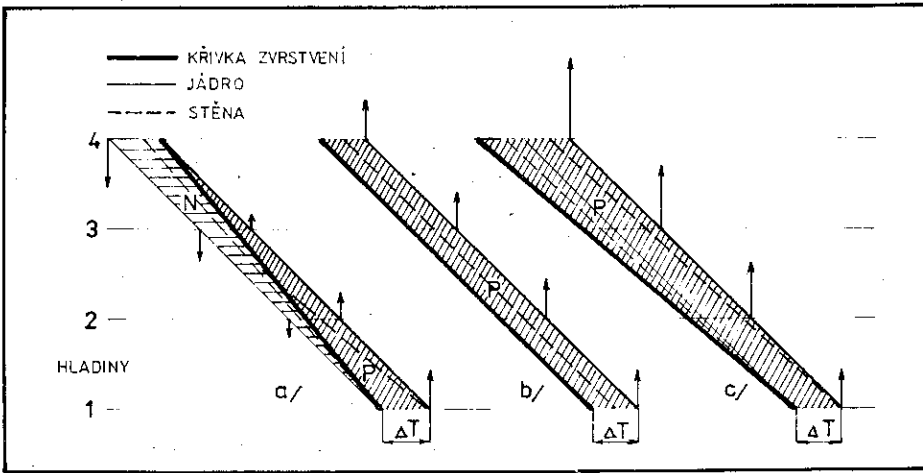
zvrstvení je evidentní z připojené tabulky.

Z uvedených charakteristik pro případ a) vyplývá, že vývoj konvektivních proudů vyžaduje velké přehřátí a velkou zásobu teplého vzduchu při zemi. Obojí předpokládá značně delší dobu trvání slunečního svitu, než je potřebné v opačném případě c), takže prakticky využitelný letový interval bude v a) kratší, vzestupné proudy s výškou budou zeslabovat. V případě c) tomu bude obráceně a případ b) je mezi oběma extrémů.

Křivka zvrstvení průběh	Změna teploty jádro/stěny	Vzestup. proud s výškou	Nutná zásoba tepla při zemi
a) stabilní	silné/slabé ochlazení	slábne	velká
b) suchoadiabat.	žádná/žádná	nemění se zesiluje	střední
c) instabilní	silné/slabé oteplení		malá

Obr. 1: Vnitřní struktura Cu cong-Cb vykazuje tři typické části — jádro, stěnu a vrchol. Vyšrafovaná část nad vrcholem značí suchoadiabaticky ochlazený objem vzduchu, nuceně zvednutý o  $\Delta H$ . Vzniká lokální dynamická deformace křivky zvrstvení (T-B-C, (G-I-J) a mimořádně velké rozdíly teplot, příznačné pro plynkou MKV (A-B-C, K-I-J) — viz a). Náhlé snížení vzestupné rychlosti z  $w^x$  na  $w^R$  v důsledku intenzivního směřování v MKV při nezměněné funkci jádra ( $\phi d_1$ ; průtoková plocha  $P_1$ ) vede v oblasti vrcholu k radiálnímu rozšíření nasycené směsi ( $\phi d_2$ ;  $P_2$ ). Tím se tvoří nejvyšší čerstvá část stěny oblaku a vrchol jádra se posouvá o rozměr MKV. Děj končí přerušením funkce jádra nebo dosažením horní hranice vysoké KV, kdy se analogicky vytvoří incus ( $\phi d_3$ ;  $P_3$ ). Závislost vzestupných rychlostí a průtokových ploch je uvedena při pravém okraji obrázku — viz b)





Obr. 2: Změny teploty v jádru a ve stěně bezoblačného vzestupného proudu mezi hladinami 1—4. Průběh křivky zvrstvení - a) stabilní, b) suchoadiabatický, c) instabilní. Záporné i kladné vztahové síly pro jádro jsou znázorněny šipkami, vyšrafované plochy negativní (N) a pozitivní (P) odpovídají změně tepelné energie a vzlaku v oblasti jádra (slabě plně) i stěny (slabě čárkovaně) v suchém konvektivním proudu

zprávy TEMP spočívá v možnosti určit podle zakresleného výstupu hladinu, která bude pro celý interval s konvekcí kritická z hlediska dobrých a méně dobrých podmínek stoupání. V příkladě na obr. 3 by šlo o hladinu 800 m n. m.: na ni dosahující vzestupné proudy jsou stále nebo zesilující s výškou až k horní hranici KV. Pod ní jsou vzestupné proudy slabé nebo rychle slábnoucí s výškou, efektivně překračující kritickou hladinu jenom nad mimořádně aktivními plochami povrchu.

Je samozřejmé, že míra kritičnosti zmíněné hladiny bude o poznání slabší v krátkém časovém intervalu kolem dosažení  $T_{max}$ , a to zvláště tehdy, kdy  $T_{max}$  bude značně vyšší, než potřebná  $T_{vk}$  ( $0 \geq 5^\circ C$ ). Při pohybu denních teplot jenom kolem  $T_{vk}$  se bude slabost konvekce pod kritickou hladinou projevovat velmi zřetelně. Z toho plyne taktický závěr — vážit si každého stoupání nebo i nulky až ve vrstvě blízké nad kritickou hladinou. V případě poklesu pod ní počítat s pracným a časově náročným hledáním místa pro opětné „vypracování se“, nebo i s nuceným přistáním.

### První interval konvekce

Považujeme za prvek konvekce izolovaný děj, který probíhá v rámci KV od chvíle, kdy byla při zemi překročena  $T_{vk}$ . Výška KV potom předurčuje výšku maximálně možných oblačných konvektivních útvarů (Cu, Cu cong a Cb) a s ní i jejich horizontální rozsah, povahu a intenzitu průvodních jevů (V, R) — viz L+K 62, 1986, č. 1 a 3. To vše za předpokladu průměrného množství tepla, akumulovaného již v aktivních částech přízemní vrstvy vzduchu v době překročení  $T_{vk}$ .

Tak jsme zvyklí uvažovat díky dlouhodo-

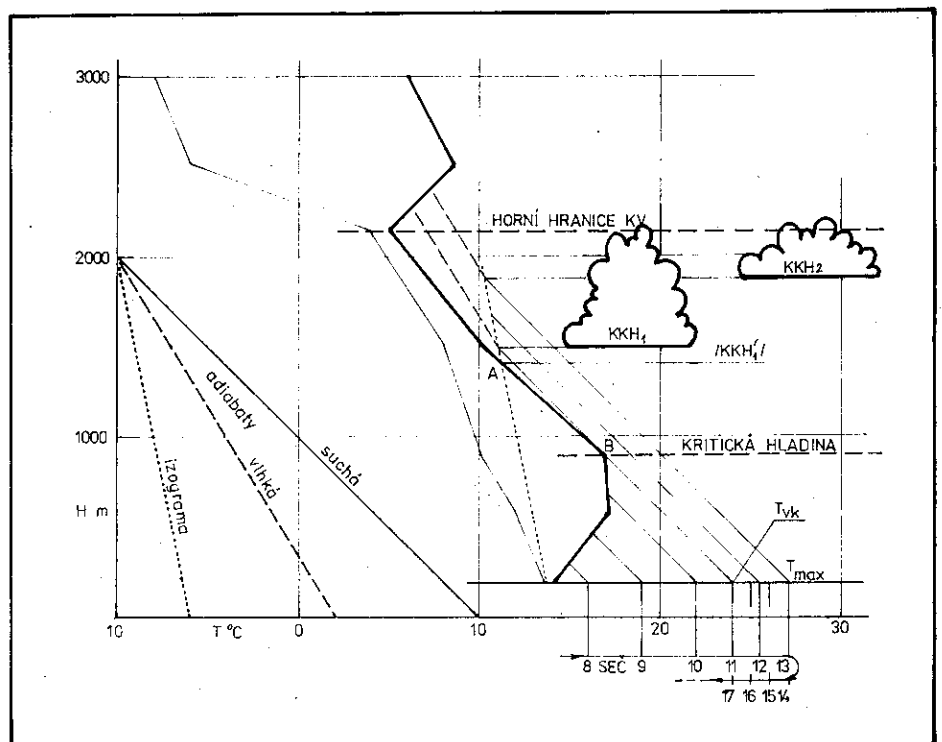
Výhoda normální konvekce v čistém ovzduší nad u nás běžným (tzn. různorodým) povrchem spočívá pro piloty ZK ve velké četnosti vzestupných proudů ve vrstvě 100—500 m nad povrchem. Je to vrstva plachtařsky málo využitelná pro malé průměry vzestupných proudů, které se při letových rychlostech 80 km/h a při velkých poloměrech kroužení jeví jako úzké a nárazovité. Závěsný kluzák při malém poloměru kroužení a malé rychlosti letu může snadněji využít jádrovou část konvektivního proudu i v těchto případech. Skončil-li stoupání v 500—600 m, je nejčastěji možné blízko navázat na jiný proud. I s větřným typem Šohaj bylo možné „krachovat“ v přízemní vrstvě mezi hladinami 500—200 m nad povrchem déle než 4 hodiny a uletět 70 km, a to v prvním intervalu konvekce zeslabené nečekaným nasouváním Cs teplé fronty.

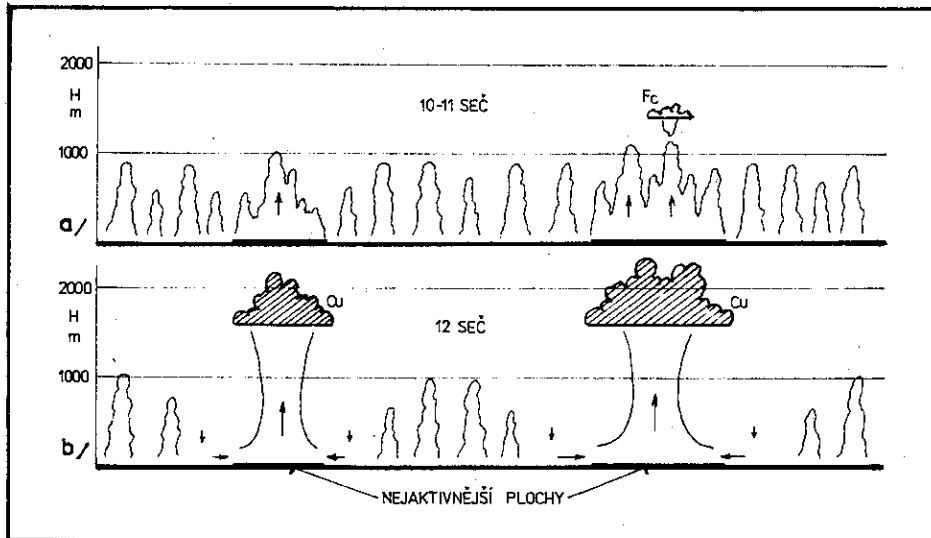
Hlavní charakteristikou takového způsobu letu je využívání každé nulky, ze které se ve 200 m a v denní době vždy vyklubal + 1 m/s. Trpělivost a vytrvalost jsou proto nezbytné pro využívání „zvýšeného přízemí“. Za normálních okolností, tedy bez Cs, zákalů a kouřů, se obvykle vyskytne brzo výraznější proud, který dovolí výstup do vyšších hladin.

### Typická letní křivka zvrstvení

Skutečný průběh křivky zvrstvení (pokud není v nízkých hladinách zakreslen „pravitkovou metodou“) obsahuje nejčastěji ve vrstvách k sobě přilehlých všechny tři na obr. 2 uvedené případy. Praktický význam přesného zakódování výsledků měření do

Obr. 3: Typická letní křivka zvrstvení z termínu OoZ. Velmi stabilní zvrstvení do hladiny 800 m, nad tím slabě instabilní, potom suchoadiabatický průběh — horní hranice KV. Častěji bývá nad bodem B průběh jenom suchoadiabatický nebo slabě stabilní ( $0,9^\circ C/100$  m apod.). Změna křivky zvrstvení v nejnižší části je označena časovými údaji 8,00 až 17,00 SEC. Od 8 do 11 h pomalu roste dosah bezoblačných proudů na 500—800 m n. m. Překročení  $T_{vk}$  odpovídá začátku 1. intervalu při základně Cu na ~1800 m a horní hranici 2200 m. Dosažením  $T_{max}$  se zvedá základna Cu na ~1800 m, horní hranice zůstává. Asi do 12 h platí za kritickou hladinu 800 m n. m., potom výrazné další oteplení její význam potlačuje





Obr. 4: Průřez konvektivní vrstvou ve chvíli dosažení  $T_{vk}$  (podle obr. 3 asi v 11 h). Typická je velká hustota bezoblačných proudů od povrchu až po  $KKH_1$ , kde se v následující půlhodině začínou tvořit Fc-Cu — viz a). Totéž po překročení  $T_{vk}$  (podle obr. 3 asi ve 12 h). Nad neaktivnějšími plochami povrchu se periodicky uvolňují silné vzestupné proudy s Cu nad  $KKH_1$ . Mezi nimi se stále vyskytuje množství slabších bezoblačných proudů, které končí pod úrovní  $KKH_1$ . Jejich hustota je však menší v blízkém okolí výrazných Cu, protože silnější proudy odčerpávají přízemní vzduch už i z blízkého okolí neaktivnějších ploch. Zesílují na úkor slabých

bým zkušenostem plachtařů, kteří své významné výkony — někdy i „otevření vrat hangáru“ — nejčastěji spojují s oblačnou konvekcí. Ale povrch země se začíná oteplovat hned po východu slunce, tedy o 4 až 7 hodin dříve, než je dosaženo  $T_{vk}$ . Už z této skutečnosti plyne, že bezoblačná podoba konvektivních proudů časově značně předchází „prvnímu intervalu konvekce“ — myšleno oblačné konvekce.

Měli bychom tedy sledovat vývoj konvektivních proudů už o pár hodin dříve, než se objeví první Fc — Cu. Podle čeho? Pozornost zasluhují teplota a vítr.

Přízemní teplota (2,5 m nad povrchem, ve stínu) je jedním z prvků, které objektivně určují dobu začátku konvektivních pohybů v přízemní vrstvě. Běžná předpověď teploty se týká nadmořské výšky dané aerologické stanice, ale platí v širším rozsahu výšek nad mořem, zvláště za klidové situace (vítr do 1000 m  $\geq 5$  m/s). Už také proto, že nadúdolní výšky bývají čistější z hlediska průmyslových zkaalů a tedy propustnější pro sluneční záření. Takže povrch a přilehlý vzduch horských plání se může ohřát i na vyšší teploty, než trvalým zákalem zastíněné nížiny — ostravské, brněnské, pražské, plzeňské atd. Bylo by proto vhodné pro účely zjištění místní závislosti na aktuální křivce zvrstvení měřit teplotu a její proměny (viz obr. 3).

Požadavek  $T_{vk}$  bude mít ve větší výšce nad mořem nižší hodnotu, tedy k vývoji oblačné konvekce z výše položených zdrojů dojde dříve než nad nížinou. Tyto podmínky je možné snadno vyčíst z příslušné křivky zvrstvení.

Vrstva ovzduší do 1000 m a jasné oblohy podléhá nejvíce účinkům insolace a radiace — ve dne oteplování, v noci ochlazování povrchu i vrstvy vzduchu nad ním. Proto právě jenom v této přízemní vrstvě se projevuje denní chod křivky zvrstvení teploty: ráno inverze, odpoledne přibližně suchoadiabatický gradient — za předpokladu normálního počasí s konvekcí.

Konvekce jsou ovšem všechny vertikální pohyby v rámci KV, tedy i ty, které nedosahují nad  $KKH$  a netvoří Cu. A je zřejmé, že velká většina konvektivních pohybů se týká právě nejnižší části KV

(řekněme spodní polovinu), a to v bezoblačné podobě (obr. 4).

V čistém a suchém ovzduší nebývají vzácné případy celodenního působení pouze bezoblačné (čisté) konvekce. Začátek působení je možné odhadnout mimo  $T_{vk}$  také podle změny charakteru větru. Z klidu nebo ze slabého rovnoměrného vánku rychlost větru náhle zesílí a současně se zvýší stupeň nárazovitosti (obr. 5).

V relativně čistém ovzduší na letišti Mošnov asi před čtvrtstoletím byl v srpnu klidný a velmi teplý den. Anemograf kolem 13.00 SEČ zaznamenal z klidu jediný náraz 17 m/s od jihu a potom opět následoval klid (obr. 6). Přechody byly plynulé, obloha byla jasná.

Nebyť Čmeláka s pilotem Karlem Matějkou, který byl právě po přistání při doběhu nečekaně zvednut znovu 2 m nad zem a posunut o 40 m doprava, kde podruhé přistál, byl by asi tento jev ušel pozornosti. Je to příklad silného konvektivního nárazu, který byl vyvolán náhlým uvolněním velkého množství přehřátého vzduchu z větší části plochy letiště. Impulsem mohl být nízký průlet Čmeláka při jeho přiblížení k místu přistání.

Tento příklad uvádím jako ukázkou nečekaně velké intenzity bezoblačné konvekce — nad betonem VPD by se byl nepochybně v tu chvíli uchytil kluzák nebo ZK pohodlně v 50 m nad povrchem.

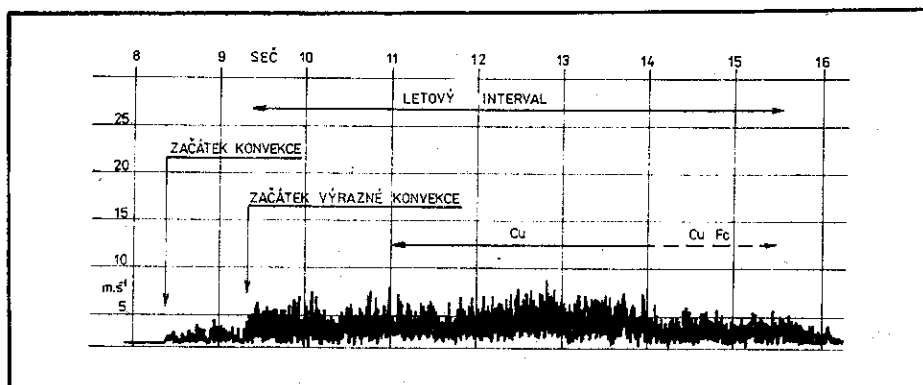
První fáze vývoje oblačné konvekce je vždy vizuálně téměř shodná — je typická vývojem Cu, které v prvních asi 2 hodinách odpovídají kumulům pěkného počasí = tzv. první interval. První interval Cu předchází v příznivé podobě i takovým typům konvekce, které se následně mohou změnit i v trvale nepříznivé podmínky. Je významný tím, že po jasném ránu obsahuje daleko převládající aktivní vývoj — velkou hustotu sice slabých, ale zato jen vzestupných proudů.

Výhoda prvního intervalu konvekce je tedy evidentní, určitou praxi vyžaduje pouze stanovení vhodné doby startu — ještě asi 30–60 minut před vznikem čítankových Cu. To platí podle dosavadní zkušenosti pro kluzáky, zatímco pro ZK se jeví vhodné posunout starty o 2 až 3 hodiny před začátek vývoje Cu, nebo 1 až 2 hodiny po konvektivním zesílení větru (obr. 5).

## Vlhkost vzduchu a další vývoj Cu

Další vývoj Cu v průběhu dne je závislý na výšce KV a na vlhkosti vzduchu v horní části KV. Při nízké KV a střední až malé vlhkosti vzduchu v horní polovině KV (teplotní deficit v mezích 4–9 °C) zůstává

Obr. 5: Schéma anemogramu, odpovídající aerologickému výstupu podle obr. 3. První trvalejší zesílení větru a rostoucí nárazovitost jsou příznakem začátku konvektivních pohybů v přízemní vrstvě. Oblačná konvekce začíná po dosažení  $T_{vk}$ , největší intenzita konvekce se projevuje největšími nárazy a jejich větší četností v intervalu kolem  $T_{max}$ , tedy mezi 12. až 14. h





## SYSTÉMY KONVEKTIVNÍ OBLAČNOSTI

RNDr. JIŘÍ FÖRCHTGOTT

Každý konvektivní proud — i jeho viditelný vrchol — kupovitě oblačí Cu, Cu Cong, Cb — se vyvíjí, trvá a doznívá v rozsahu aerologicky dané konvektivní vrstvy. U každého konvektivního proudu či oblaku rozlišujeme odpovídající tři vývojová stadia, odlišná stavem vertikálních proudů a jejich plošným rozmístěním. Z hlediska závěsného létání je znalost těchto „detailů“ rozhodující pro kvalitu možných výkonů — především přeletů.

K základním deformacím oblaků Cu působením zesilujícího či slábnoucího větru s výškou v rozsahu konvektivní vrstvy (viz L+K roč. 61, 1985, č. 1) se přiřazují účinky velké vlhkosti vzduchu v horní části konvektivní vrstvy, nebo výraznější stáčení směru větru v rozsahu konvektivní vrstvy. Také samotná výška konvektivní vrstvy rozhoduje o kvalitách konvektivní oblačnosti a průvodních jevů (obr. 1).

Současným působením více vlivů v určitém prostoru se vytvářejí oblačné systémy oblastního rozsahu, které mohou pro pozorovatele v pevném místě v některé fázi vývoje připomínat synoptickou frontu (podružnou frontu), ale ve skutečnosti jsou výsledkem čisté konvektivních dějů v rámci téže vzduchové hmoty — bez významných aerologických rozdílů před či za daným oblačným systémem.

Znalost a využití takových systémů může výrazně posunout výkony pilotů ZK. Proto těmto systémům a jejich aerologickým předpokladům, zjistitelným z každodenní rozhlasové „Zprávy o počasí“ (0830 SEČ), budeme věnovat následující řádky.

### Vlna konvektivní oblačnosti

Jestliže ze „Zprávy o počasí“, hlavně z aerologického výstupu Praha a Poprad, zjistíme výšku konvektivní vrstvy například 2000 m a v hladinách přes 1500 m, bude teplotní deficit  $\leq 1^\circ\text{C}$  (tedy velká vlhkost vzduchu), musíme uvážit prodloužené trvání rozpádové fáze každého oblaku — v extrému až na hodiny.

Po jasném ránu začne vývoj Cu stejně jako v případech běžně známých s celodenním výskytem Cu při množství 2—4/8. Asi po hodině od vzniku prvních Cu se začne projevovat slévání jednotlivých oblaků do vrstvy, která potom nad pevným místem jako souvislý ScSt trvá další 1 až 2 hodiny.

Oblačnost obvykle postupuje od západu k východu, rychlost větru ve spodní polovině konvektivní vrstvy je větší než v horní. V pásmu se souvislou vrstvou St je zastíněný povrch, teplota relativně nízká, vývoj konvekce je přerušen.

Když už se v pevném místě zlepšení ani nečeká, nastává náhlé vyjasnění, vzestup přízemních teplot a celý děj se od začátku

opakuje — při vyšší poloze Slunce a vyšší intenzitě insolace ve výraznější podobě. Za celý den se může vystřídání aktivních Cu, souvislého St a jasného pásma zopakovat 4× až 5×.

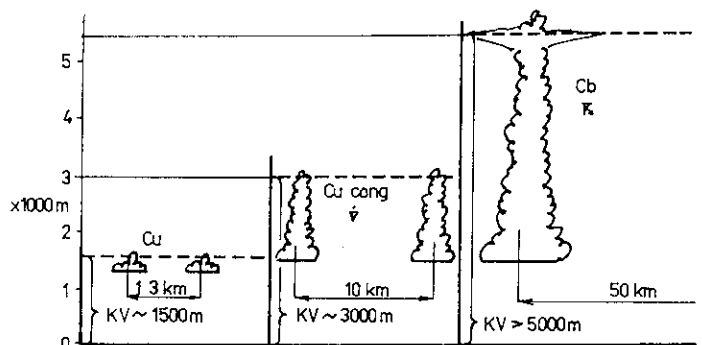
Výška konvektivní vrstvy  $\sim 3000$  m je podmínkou vzniku přeháněk v rámci rozpádové části oblačného systému, tj. v pásmu souvislé převážně vrstvitě oblačnosti. Výška KV  $> 5000$  m dovoluje předpoklad bouřek. To jsou případy, které by se mohly mylně považovat za podružnou frontu, nebo celou řadu po sobě následujících podružných front.

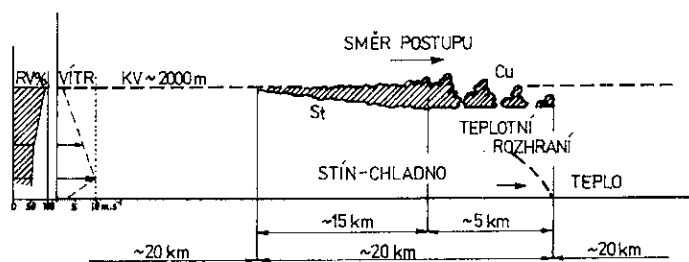
Schematické znázornění na obr. 2 představuje příčný řez oblačným systémem, který jako celek postupuje zleva doprava. Pokud trvají již uvedené podmínky, je popsán systém v denní době zcela soběstačný, když postupuje nad rovinou bez výrazných rozdílů v kvalitě povrchu a bez významných anomálních zdrojů tepla.

Příčný rozměr vlny konvektivní oblačnosti jsou desítky až stovky kilometrů. Šířka rozpádové pásma je tak velká, že obvykle není překonatelná ani pro plachtaře bez rizika vynuceného přistání. Aktivní pásmo se na své čelní straně stále obnovuje, mává šířku 5—10 km a postupuje ve směru výškového proudění. Podélný rozměr systému nad rovinou může být 30—60 km i více.

Praktické využití pro přelet spočívá v setrvání v aktivním pásmu Cu, kde je po celý den převaha aktivních oblačných útvarů.

Obr. 1 — výška konvektivní vrstvy a příslušné vlastnosti konvektivních oblaků





Obr. 2 — schéma oblačného systému, nazvaného vlna konvektivní oblačnosti. Systém v šířce desítek kilometrů na přední straně dorůstá, na zadní se rozpívá. Let a postup v rámci aktivního čelního pásma nabízí možnost vícehodinových přeletů v optimálních podmínkách

Rychlost postupu systému pak udává také rychlost případného přeletu, který je jenom otázkou vytrvalosti pilota.

Větší rychlosti je možné dosáhnout podélným průletem aktivního pásma. V jeho neaktivnější části před přechodem do rozpadu je možné předpokládat přímý let beze ztráty výšky po celé délce systému.

Obtížnější, ale přesto možné, je navázání na další podobný oblačný systém a tím zdvojnásobení či zvicenásobení délky přeletu.

### Řady konvektivní oblačnosti

Výška konvektivní vrstvy 2000—2500 m při normální vlhkosti vzduchu v celém rozsahu — deficit 3 až 8 °C — odpovídá přibližně stejnému trvání všech fází vývoje konvektivního oblaku. Za klidových podmínek nebo při slabém proudění v rámci konvektivní vrstvy se budou tvořit šachovitě izolované Cu s převahou aktivní fáze pouze v prvním intervalu vývoje po jasném ránu. V pozdějších hodinách bude podíl aktivní a rozpadové fáze ve výskytu konvektivní oblačnosti vyrovnány.

Přistoupí-li však k uvedeným podmínkám výrazná tendence stáčení větru s výškou, bude se již v prvním intervalu každý oblak protahovat do průměrného směru proudění. Postupně převládne výrazné řady Cu podle obr. 3.

Stáčení větru deformuje každý nově se tvořící oblak Cu tak, že stoupání se vyskytuje na jeho levé straně, klesání na pravé straně — s ohledem na průměrný směr větru. Vzniká šroubovitý pohyb, který protahuje oblak do tvaru válce s pásmem výrazného stoupání po levé aktivní straně.

Rozpad a klesání v pravém pásmu řady Cu vytváří zřetelnou teplotní diskontinuitu při zemi mezi chladnějším vzduchem ze zastíněného prostoru a teplejším z osluněného pásma vlevo od řady. Tím se podporuje samočinné uvolňování teplejšího vzduchu po levé straně systému, který tam obnovuje aktivní fázi oblaku po celou denní dobu trvání daných podmínek.

Jde vlastně o rozdělení vzesstupných proudů právě opačně, než

tomu bylo u „vlny konvektivní oblačnosti“. Společnou charakteristikou jsou dlouhá souvislá pásma stoupání i klesání. Jednotlivé řady jsou odděleny bezoblačnými mezerami bez významné konvekce.

Šířka mezer je závislá na výšce konvektivní vrstvy. Délky řad nad rovinou vykazují desítky až stovky kilometrů, často bývá možné z konce jedné řady navázat na začátek řady jiné.

Taktika letu je shodná s předešlým případem — držet se v pásmu stoupání, tentokrát po levé straně každé řady. Nedá-li se navázat na další řadu, vyplatí se vytrvat v aktivním pásmu bez pokusů o pronikání v příčném směru. Let doprava by znamenal průlet pásma s klesáním a potom asi přistání v bezoblačném pásmu daleko před aktivním pásmem další řady.

### Závěr

Oba popsané konvektivní oblačné systémy dovolují v extrému časově celodenní setrvání pilota ZK ve vzduchu. Bezpečným létáním v rámci aktivního pásma, které je u těchto systémů celodenním jevem, získá pilot přehled o stavu oblačnosti v okolí a tím i možnost výhodně navázat na další systém.

V našem horském proudění — v Čechách bývá za konvektivních situací jiné rozdělení větru s výškou i co do směru než na Moravě. Další rozdíly se týkají rozmezí Moravy a Slovenska.

V každém horském terénu samozřejmě dominují místní horské vlivy, které je tedy vždy nutno respektovat. Podobně oblasti anomálně ovlivněné — prašností a teplem — deformují přirozené stavy konvekce. Každé pásmo nebo oblast se špatnou dohledností si zaslouží třeba i delší oblet, nemá-li se riskovat přistání pro příliš slabou nebo žádnou konvekci.

Obr. 3 — schéma řady kumulů, konvektivního oblačného systému, který je typický pro průměrný stav vlhkosti vzduchu a pro výrazné stáčení větru v rámci konvektivní vrstvy

