

***Chmury
WTF !!! ;-)***



Spis treści

- 3 Powstawanie chmur
 - 4 Konwekcja
 - 5 Konwergencja
 - 6 Wznoszenie powietrza wymuszone topografią terenu
 - 7 Wznoszenie powietrza przez fronty atmosferyczne
- 8 Wpływ równowagi atmosfery na rodzaj chmur
- 9 Inwersje temperatur
- 10 Budowa chmur
- 11 Międzynarodowa klasyfikacja chmur
- 13 Wysokość występowania pięter chmur
 - Piętro chmur wysokich
 - 14 Cirrus (Ci)
 - 27 Cirrostratus (Cs)
 - 34 Cirrocumulus (Cc)
 - Piętro chmur średnich
 - 41 Altostratus (As)
 - 50 Altocumulus (Ac)
 - Piętro chmur niskich
 - 68 Stratus (St)
 - 73 Stratocumulus (Sc)
 - 83 Cumulus (Cu)
 - Chmury budowy pionowej
 - 93 Cumulus congestus (Cu con)
 - 98 Cumulonimbus (Cb)
 - 107 Nimbostratus (Ns)
- 112 Zjawiska szczególne
- 113 Formy opadów z różnych chmur
- 114 Genetyczna klasyfikacja chmur
- 115 Podsumowanie

POWSTAWANIE CHMUR

- Głównym czynnikiem powstawania chmur jest unoszenie się powietrza. W związku z tym równowaga jaka panuje w atmosferze ma zasadniczy wpływ na to jaki rodzaj chmur powstanie. Pionowy ruch powietrza na większe wysokości może być spowodowany przez różne zjawiska w atmosferze:
 - konwekcja (występująca w atmosferze chwiejnej),
 - napływ powietrza nad dany region,
 - wznoszenie powietrza związane z frontami atmosferycznymi,
 - wznoszenie powietrza, które jest wymuszone ze względu na topografię terenu (np. przeszkody górskie).

Konwekcja

Jest związana z prądami wstępującymi, czyli pionowym ruchem powietrza ku górze.

Gdy promienie słońca ogrzewają grunt, to bąble nagrzanego powietrza zaczynają się wznosić, wtenczas zaczynają się rozrzedzać i mieszać z otaczającym wyżej położonym powietrzem i tracą zdolność do dalszego wznoszenia się. Jeżeli zdolność do wznoszenia się jest wystarczająco duża, aby dalej unosić bąble, docierają one na pewną wysokość, na której dochodzi do przesylenia, kondensacji i powstaje chmura składająca się z małych kropelek wody.

Jeżeli powyżej podstawy chmury istnieje stabilna warstwa powietrza, to dalszy wzrost pionowy chmury jest ograniczony i wtenczas powstają zaledwie mało groźne chmury rodzaju cumulus. Jednak, gdy powyżej podstawy chmur warstwa powietrza jest niestabilna, to prawdopodobnie nastąpi rozbudowa chmury w górę i powstanie deszczowej i często burzowej chmury cumulonimbus.



Konwekcja

Jest związana z prądami wstępującymi, czyli pionowym ruchem powietrza ku górze.

Gdy promienie słońca ogrzewają grunt, to bąble nagrzanego powietrza zaczynają się wznosić, wtenczas zaczynają się rozrzedzać i mieszać z otaczającym wyżej położonym powietrzem i tracą zdolność do dalszego wznoszenia się. Jeżeli zdolność do wznoszenia się jest wystarczająco duża, aby dalej unosić bąble, docierają one na pewną wysokość, na której dochodzi do przesylenia, kondensacji i powstaje chmura składająca się z małych kropelek wody.

Jeżeli powyżej podstawy chmury istnieje stabilna warstwa powietrza, to dalszy wzrost pionowy chmury jest ograniczony i wtenczas powstają zaledwie mało groźne chmury rodzaju cumulus. Jednak, gdy powyżej podstawy chmur warstwa powietrza jest niestabilna, to prawdopodobnie nastąpi rozbudowa chmury w górę i powstanie deszczowej i często burzowej chmury cumulonimbus.



Konwergencja

- Przy poziomym napływie powietrza nad dany obszar, powietrze tam zalegające jest wypychane do góry. Proces ten, jeśli zachodzi na dużą skalę jest wstanie wynieść do góry warstwę powietrza szeroką nawet na setki kilometrów.



Wznoszenie powietrza wymuszone topografią terenu

Wznoszenie powietrze wymuszone topografią terenu (np. góry) jest zaczątkiem do powstawania chmur orograficznych. Podobnie, masa powietrza napotykając po drodze jakieś wzniesienie, zaczyna się unosić coraz wyżej, przez co chłodzi się. Jeśli dojdzie do kondensacji pary wodnej, to powstanie chmura.



Wznoszenie powietrza przez fronty atmosferyczne

- **Front chłodny** - napływająca chłodna i bardziej gęstsza masa powietrza, zaczyna wypychać ku górze wilgotną i ciepłą masę powietrza. Na pewnej wysokości dochodzi do kondensacji i powstają chmury. Z uwagi na strome zbocze frontu chłodnego, powstają silne prądy unoszące powietrze, a to prowadzi do powstawania chmur dających przelotne opady i gwałtowne burze.
- **Front ciepły** - napływające ciepłe i rzadsze powietrze, zaczyna unosić się do góry po chłodniejszym powietrzu. Wznosząc, zaczyna się ochładzać, dochodzi do kondensacji i powstają chmury. Zbocze frontu ciepłego nie jest tak strome jak frontu chłodnego, poza tym front ciepły przemieszcza się wolniej i to powoduje, że prądy wznoszące powietrze nie są tak silne. Opady mają zazwyczaj charakter ciągły.

Wpływ równowagi atmosfery na rodzaj chmur

Wyróżnia się trzy stany równowagi atmosfery:

- **1. Stan równowagi stałej (atmosfera stabilna)**
występuje kiedy aktualny gradient termiczny jest mniejszy od $0,5 \text{ st. C} / 100 \text{ m}$ wzniesienia. W takich warunkach powietrze suche i wilgotne, stanie się ostatecznie chłodniejsze od otoczenia i zacznie opadać (brak warunków do konwekcji).
- Czynniki powodującymi taki stan mogą być:
 - - ochłodzenie z wypromieniowania, występuje podczas spokojnych i bezchmurnych nocy, kiedy powietrze przy gruncie ochładza się szybciej niż warstwy powyżej (na skutek wypromieniowania ciepła) i w rezultacie chłodniejsze powietrze zalega przy gruncie.
 - - napływające zimne powietrze (chłodna adwekcja przy gruncie)
 - - ciepłe powietrze napływa na wyższe warstwy atmosfery i powoduje podwyższenie temperatury na większych wysokościach (ciepła adwekcja w górnych warstwach)
- **2. Stan równowagi względnej**
występuje gdy aktualny gradient termiczny jest pośredni między $1 \text{ st. C} / 100 \text{ m}$, a $0,5 \text{ st. C} / 100 \text{ m}$). Z takim stanem atmosfery mamy najczęściej do czynienia. Wnoszenie nienasyconego powietrza w tym stanie przeważnie spowodowane jest frontem atmosferycznym lub topografią terenu (np. góry). Jeśli powietrze to jest dostatecznie wilgotne, to na pewnym poziomie wysokości staje się nasycone i dochodzi do kondensacji, powstają chmury (opady). Taki proces często powoduje letnie burze i opady.
- **3. Stan równowagi chwiejnej (atmosfera niestabilna)**
występuje jeśli aktualny gradient termiczny jest większy od $1 \text{ st. C} / 100 \text{ m}$, (tzn. spadek temperatury wynosi np. $1,2 \text{ st. C} / 100 \text{ m}$). Powietrze w tym stanie atmosfery będzie się stale unosić w górę, gdyż zawsze będzie cieplejsze od otoczenia. Taki stan atmosfery najczęściej ma miejsce w warstwie atmosfery przy powierzchni ziemi w upalny i słoneczny dzień.
- Czynniki powodującymi taki stan mogą być:
 - - ogrzewanie powietrza od gruntu
 - - napływ ciepłego powietrza nad dany obszar (ciepła adwekcja przy gruncie)
 - - napływ chłodnego powietrza w górne warstwy atmosfery (chłodna adwekcja w wyższych warstwach)

Inwersje temperatur (termiczne)

- Jest to zjawisko meteorologiczne polegające na wzroście temperatury powietrza wraz z wysokością, gdzie w normalnych warunkach pogodowych powietrze które jest cieplejsze w dolnej warstwie troposfery, na skutek wznoszenia, ochładza się średnio od 0,6 do 1 °C na każde 100 metrów. Rozróżniamy kilka rodzajów inwersji:
- - inwersja adwekcyjna – powstaje masy cieplejszego powietrza dostają się nad powietrze chłodniejsze. W wyniku tego powstaje zmiana temperatury.
- - inwersja turbulencyjna – wywołana jest zawirowaniami powietrza i jego mieszaniem się mas. Czynnikiem zawirowania mogą być nierówności terenowe lub silny wiatr.
- - inwersja radiacyjna – powstaje nocami przy bezchmurnej i stabilnej pogodzie. Nagrzany za dnia grunt oddaje ciepło do troposfery, co wywołuje jego szybkie wychłodzenie. W warstwie bliższej powierzchni, powietrze staje się wtedy chłodniejsze niż znajdujące się ponad nim powietrze uprzednio ogrzane.
- - inwersja osiadania – występuje podczas wyżowej i mroźnej pogody. Powstaje na skutek sprężania powietrza (wzrost temperatury) przemieszczającego się (osiadającego) w dół. Dzięki temu cieplejsze masy powietrza zalegają w średniej warstwie troposfery, a pod spodem jest powietrze chłodniejsze.
- - inwersja frontowa – występuje we frontach atmosferycznych, zwłaszcza we froncie ciepłym, kiedy masa ciepłego powietrza wślizguje się ponad chłodniejsze

Budowa chmur

Chmury są skupieniem bardzo drobnych kropelek wody i kryształków lodu.

- *Chmury ciepłe* — zbudowane wyłącznie z kropeł wody.
- *Chmury lodowe* — zbudowane wyłącznie z kryształków lodu.
- *Chmury budowy mieszanej.*

Międzynarodowa klasyfikacja chmur.

Chmury dzielą się na cztery zasadnicze grupy:

Chmury wysokie - ciro

Chmury średnie - alto

Chmury niskie - strato

Chmury budowy pionowej

W obrębie każdego piętra wyróżnia się następujące rodzaje chmur:

- *Kłębiaste (-cumulus)*
- *Warstwowe (-stratus)*
- *Deszczowe (-nimbus)*
- *Pierzaste (-cirrus)*

Wysokość występowania pięter chmur

Strefa klimatyczna	Chmury niskie	Chmury średnie	Chmury wysokie
Strefa równikowa	0 – 3 km	2 – 8 km	6 – 18 km
Strefa umiarkowana	0 – 2,5 km	2,5 – 7 km	5 – 13 km
Strefa polarna	0 – 2 km	2 – 4 km	3 – 8 km

Piętro chmur wysokich – powyżej 5 km do tropopauzy

Cirrus (Ci) – chmura pierzasta, zbudowana wyłącznie z kryształków lodu, o bardzo małej gęstości, w postaci włókien, włosów i pasm.

Istotne gatunki i odmiany:

- **-uncinus** (unc) – pasma zakończone haczykiem
- **-radiatus** (ra) – pasma zbiegające się do jednego punktu horyzontu (zbliżający się front ciepły)
- **-vertebratus** (ve) – chmura podobna do szkieletu ryby



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus uncinus - przykłady



Cirrus radiatus - przykłady



Cirrus radiatus - przykłady



Cirrus radiatus - przykłady



Cirrus vertebratus - przykłady



Cirrus vertebratus - przykłady



*Piętro chmur wysokich
– powyżej 5 km do tropopauzy*

Cirrostratus (Cs) – chmura warstwowo-pierzasta, zbudowana wyłącznie z kryształków lodu, o nieco większej gęstości niż Ci w postaci jednolitej zasłony, przez którą widoczne jest Słońce i występuje cień. Niekiedy zajmuje część nieboskłonu i zazwyczaj stopniowo przechodzi w As. Gatunki i odmiany tej chmury są nieistotne prognostycznie.



Cirrostratus - przykłady



Cirrostratus - przykłady



Cirrostratus - przykłady



Cirrostratus - przykłady



Cirrostratus - przykłady



Cirrostratus - przykłady



*Piętro chmur wysokich
– powyżej 5 km do tropopauzy*

Cirrocumulus (Cc) – chmura kłębiasto-pierzasta, zbudowana z lodu, występująca w postaci płata baranków, kłąbków, łusek czy soczewek.

Gatunki:

- *-stratiformis* (str) – przejawiająca tendencję do uwarstwiania się
- *-lenticularis* (len) – soczewkowata
- *-castelanus* (cas) – wieżyczkowata
- *-floccus* (flo) - skłębiona



Cirrocumulus (str) – przykłady



Cirrocumulus (str) – przykłady



Cirrocumulus (str) – przykłady



Cirrocumulus (flo) – przykłady



Cirrocumulus (flo) – przykłady



Cirrocumulus (flo) – przykłady



*Piętro chmur średnich
– od 2500 m do 7000 m*

Altostratus (As) – chmura średnia, warstwowa, w postaci rozległego płata lub ciągłej warstwy, stopniowo zmieniająca swoją grubość, przez którą widoczne jest Słońce lecz nie występuje cień. Często występuje w kilku warstwach. Jeśli występują opady, to nie dochodzą do ziemi (latem), zimą może padać słaby śnieg. Nie wyróżnia się gatunków.

Altostratus (As) – przykłady



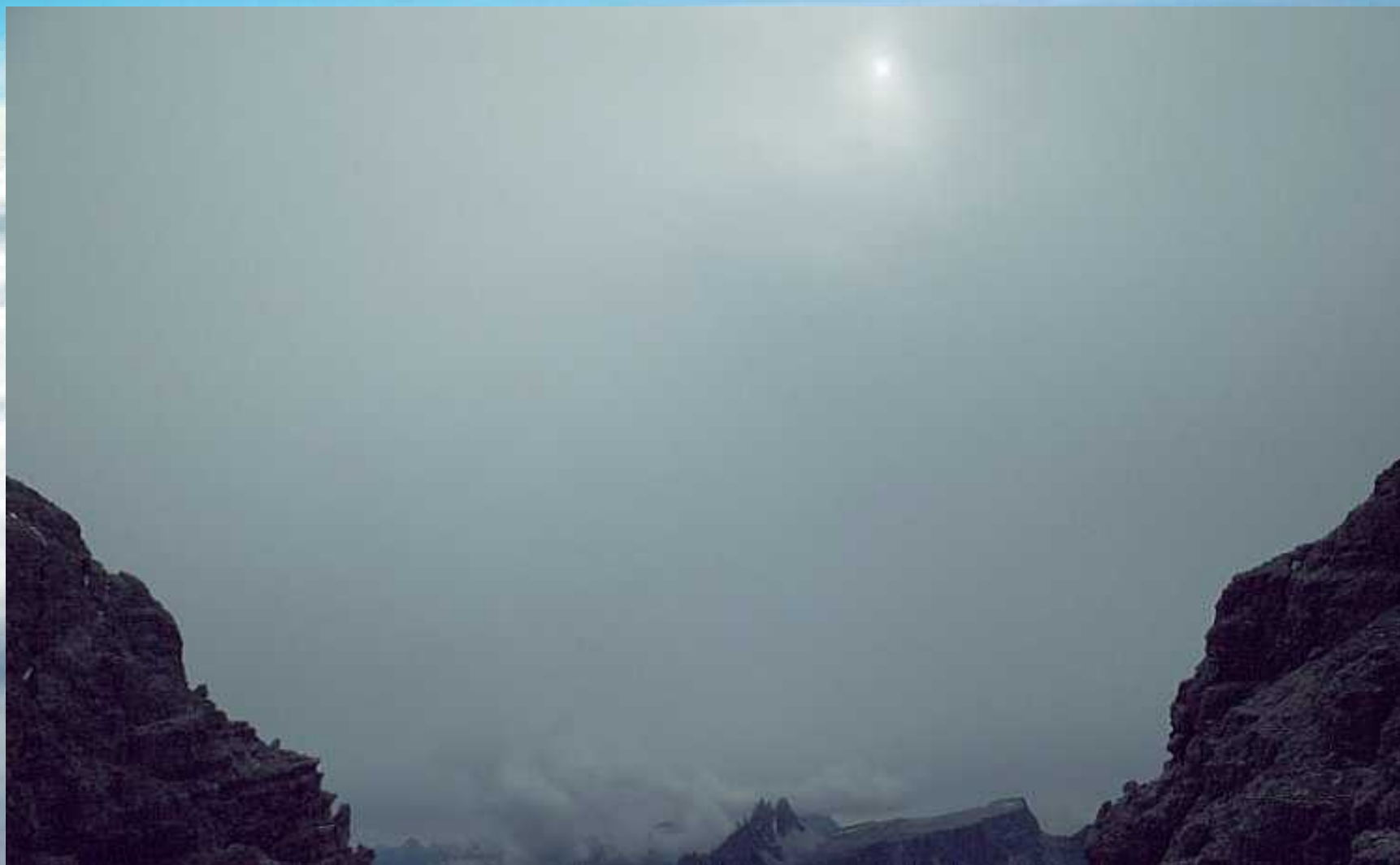
Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Altostratus (As) – przykłady



Piętro chmur średnich – od 2500 m do 7000 m

Alto cumulus (Ac) – chmura średnia kłębiasta, często w postaci soczewek, płata baranków, wieżyczek, bardzo malowniczo wyglądająca na niebie. Słońce prześwieca lub prześwituje między zgrubieniami chmury. Opady z tej chmury niekiedy występują, ale wyparowują przed osiągnięciem powierzchni ziemi.

Gatunki:

- *-stratiformis* (str) – przejawiająca tendencję do uwarstwiania się
- *-lenticularis* (len) – soczewkowata
- *-castelanus* (cas) – wieżyczkowata
- *-floccus* (flo) – skłębiona

Niekiedy występują dwie warstwy chmur średnich – niżej Ac, wyżej As.



Alto cumulus (str) – przykłady



Alto cumulus (str) – przykłady



Alto cumulus (str) – przykłady



Alto cumululus (str) – przykłady



Alto cumulus (len) – przykłady



Alto cumulus (len) – przykłady



Alto cumulus (len) – przykłady



Alto cumulus (len) – przykłady



Alto cumulus (len) – przykłady



Alto cumulus (cas) – przykłady



Alto cumulus (cas) – przykłady



Alto cumulus (cas) – przykłady



Alto cumulus (cas) – przykłady



Alto cumulus (flo) – przykłady



Alto cumulus (flo) – przykłady



Alto cumulus (flo) – przykłady



Alto cumulus (flo) – przykłady



Stratus (St) – chmura warstwowa zaczynająca się blisko powierzchni ziemi (70-300 m), zbudowana z drobnych kropelek wody, nie dająca opadów poza słabą mżawką lub śniegiem ziarnistym. Przez cienką chmurę St widoczna jest okresami tarcza Słońca.

Gatunki:

- *-nebulosus* (neb) – nieprzejrzysta
- *-fractus* (fra) – postrzępiona, złej pogody

Stratus (neb) – przykłady



Stratus (neb) – przykłady



Stratus (neb) – przykłady



Stratus (neb) – przykłady



Piętro chmur niskich – od ziemi do 2500 m

Stratocumulus (Sc) – chmura kłębiasto-warstwowa, podstawa zwykle od 300 do 800 m, z reguły dolna granica płaska, górna nieco skłębiona, nie daje istotnych opadów. Prześwieca lub prześwituje między zgrubieniami chmury.

Gatunki:

- *-stratiformis (str)* – w postaci rozległego płata chmur
- *-lenticularis (len)* – w postaci soczewek
- *-castelanus (cas)* – z górnej granicy wznoszą się wieżyczki chmur

Stratocumulus (str) – przykłady



Stratocumulus (str) – przykłady



Stratocumulus (str) – przykłady



Stratocumulus (str) – przykłady



Stratocumulus (len) – przykłady



Stratocumulus (len) – przykłady



Stratocumulus (len) – przykłady



Stratocumulus (len) – przykłady



Stratocumulus (cas) – przykłady



Piętro chmur niskich – od ziemi do 2500 m

Cumulus (Cu) – chmura kłębiasta, podstawa zwykle od 600 do 1500 m, podstawa płaska, występują oddzielnie lub w postaci szlaków, wałów ale zawsze pomiędzy nimi brak chmur.

Gatunki nie dające opadów:

- *-fractus* (fra) – postrzępiona w początkowej fazie rozwoju
- *-humilis* (hum) – o niewielkim rozwoju pionowym, chmura pięknej pogody
- *-mediocris* (med) – o umiarkowanym rozwoju pionowym, w kształcie kalafiora, niekiedy spłaszczona od góry

Cumulus (fra) – przykłady



Cumulus (fra) – przykłady



Cumulus (fra) – przykłady



Cumulus (hum) – przykłady



Cumulus (hum) – przykłady



Cumulus (hum) – przykłady



Cumulus (med) – przykłady



Cumulus (med) – przykłady



Cumulus (med) – przykłady



Chmury o budowie pionowej

Cumulus (Cu) – gatunek congestus (con) – chmura kłębiasta, podstawa zwykle od 400 m do 800 m, dolna granica z wybrzuszeniami w stronę ziemi, występują oddzielnie lub w postaci wałów o długości rzędu dziesiątek km i małej szerokości (2-5 km) ale zawsze pomiędzy nimi jest czyste niebo. Górna granica na wysokości 6-8 km ma kalafiorowate wybrzuszenia. Mogą występować opady przelotne o niezbyt dużej intensywności.



Cumulus (con) – przykłady



Cumulus (con) – przykłady



Cumulus (con) – przykłady



Cumulus (con) – przykłady



Chmury o budowie pionowej

Cumulonimbus (Cb) – chmura kłębiasto-deszczowa, podstawa 300-800 m, górna granica pod tropopauzą (9-12 km). Często występuje kowadło. Występują opady przelotne, grad i zwykle burza o dużej intensywności.

Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Cumulonimbus (Cb) – przykłady



Nimbostratus (Ns) – chmura warstwowo-deszczowa, o podstawie 200-800 m, często rozmytej na skutek opadów deszczu lub śniegu. Chmura o znacznej grubości rzędu kilku kilometrów, w górnej części przechodzi w As i Cs. Ciemna, całkowicie przesłania Słońce, daje zazwyczaj jednostajne opady deszczu lub śniegu o umiarkowanej intensywności, często trwające ponad dobę.

Nimbostratus (Ns) – przykłady



Nimbostratus (Ns) – przykłady



Nimbostratus (Ns) – przykłady



Nimbostratus (Ns) – przykłady



Zjawiska szczególne

- *virga (vir)* – opad nie dochodzący do powierzchni ziemi
- *mamma (mam)* – wypukłości dolnej granicy chmur
- *pileus (pil)* – cienka płaska chmura nad rozwijającym się Cu, świadczy o istnieniu inwersji
- *arcus (arc)* – łuk burzowy, kołnierz z chmur Cu przed intensywną chmurą Cb
- *tuba (tub)* – lej wychodzący spod chmury Cb, początek trąby powietrznej

Formy opadów występujące z różnych chmur

1 – słabe; 2 – umiarkowane; 3 – silne;

hydrometeory	Rodzaje chmur					
	As	Ns	Sc	St	Cu	Cb
deszcz	1	2	1		1	3
mżawka			1	2		
śnieg	1	3				3
grad						3
krupy śnieżne			2		2	3
śnieg ziarnisty				2		
ziarna lodowe	1	2				3
słupki lodowe				1		

Genetyczna klasyfikacja chmur

- Chmury ruchów wstępujących (frontowe)
Ns, As, Cs
- Chmury konwekcji (chwiejnych mas powietrza)
Cu, Cb, Ac, Cc
- Chmury stałych mas powietrza
St, Sc
- Chmury orograficzne (falowe)
c, Sc, Cs

Podsumowanie

Jest to materiał poglądowy do szkolenia paralotniowego i nie zawiera komentarzy, które są bardzo istotne, gdyż, oprócz wyjaśnienia zasad zjawisk występujących w powietrzu, dotyczą sygnalizowania przez „chmury” zjawisk niebezpiecznych dla pilotów statków powietrznych, zwłaszcza tak niewielkich jakimi są paralotnie.

Prosimy potraktować to jako materiał poglądowy !!!

Bezpiecznych lotów

Andrzej „Bąbel” Walczak
Szkoła paralotniowa „Fly 2 Live”
Wielkopolski Klub Paralotniowy „fly 2 live – live 2 fly”