

Curs ATCO Basic Training - Rating Training

Modulul 4

4.6. ORAJUL ȘI NORUL ORAJOS

4.6.1. Introducere

Orajul este cauzat de norul Cumulonimbus și este una din cele mai spectaculoase și energice manifestări naturale. Este recomandat să se evite zborul în imediata vecinătate a unui nor orajos, datorită faptului că prezintă o serie de pericole pentru aviație.

4.6.2. Condiții de formare

Condițiile inițiale de formare a norilor Cumulonimbus sunt următoarele:

- a) cantitate suficientă de aer umed pe o mare grosime a atmosferei;
- b) un gradient termic vertical mai mare decât gradientul adiabatic al aerului umed saturat până la altitudini ridicate - instabilitate;
- c) un mecanism inițial de ridicare pentru a forța aerul să urce până la un nivel de la care urcarea să se facă pe baza energiei proprii.

În timp ce se dezvoltă, un nor cumuliform antrenează o parte din aerul înconjurător. Dacă umiditatea relativă a aerului antrenat este scăzută, se poate produce o evaporare rapidă a picăturilor noroase, împiedicându-se formarea norului convectiv. Prima condiție (a) cere deci, ca aerul antrenat să păstreze o umezeală suficientă în timpul dezvoltării noului cumuliform.

Cea de-a doua condiție (b) implică existența unui gradient termic vertical astfel încât atmosfera să fie în instabilitate selectivă pe o mare grosime. Pentru ca să se declanșeze instabilitatea puternică trebuie mai întâi ca aerul să se satureze.

Trebuie de asemenea să existe un mecanism de ridicare (c) pentru a se provoca destinderea adiabatică și răcirea. Ascendența orografică, ridicarea frontală, convergența, insolația pot produce acest efect necesar.

Tipuri de oraje

Se pot distinge două tipuri de oraje:

- ⇒ oraje în interiorul masei de aer;
- ⇒ oraje frontale

În general, orajele din interiorul maselor de aer sunt împrăștiate și pot fi ocolite. În schimb, orajele frontale se întind, de cele mai multe ori pe o linie mai mult sau mai puțin continuă de câteva sute de kilometri.

Orajele din interiorul masei de aer sunt adeseori de origine convectivă. Dacă sunt datorate unei insolații intense a suprafeței terestre, mai sunt numite și oraje termice. Încălzirea suplimentară a stratului de jos accentuează gradientul termic vertical al atmosferei și declanșează formarea inițială a norului. Pentru ca dezvoltarea să se continue, trebuie să existe o masă de aer în stagnare, umedă și instabilă. Relieful produce adeseori efectul mecanic de ridicare care antrenează dezvoltarea orajelor din interiorul masei de aer. Acestea din urmă se pot forma la trecerea aerului peste dealuri și munți sau chiar la trecerea lor de către un curent de aer maritim.

Orajul frontal se produce cel mai adesea atunci când o masă de aer rece forțează un aer cald, umed și instabil să se ridice. Fronturile reci se întind pe sute de kilometri și nu este posibil să fie ocolite. Orajele de front cald sunt mai rare.

În anumite cazuri, aerul poate să ascensioneze începând de la o distanță de 100-300 km în fața unui front rece. Acești curenți ascendenți se pot concretiza prin formarea unei linii continue de oraje, numită *linie de gren*, paralelă cu linia formată de orajele frontului rece. Activitatea frontului rece slăbește în general de-a lungul perioadei cele mai active a liniei de gren, adică de după amiază până la miezul nopții. Liniile de gren sunt însoțite adeseori de grindină și rafale distrugătoare. Tornadele sunt adeseori asimilate liniilor de gren violente.

4.6.2. Pericole pentru aeronautica

Norii și precipitațiile, altele decât grindina, nu sunt în general considerate ca fiind cele mai periculoase pentru aeronautică la nivelele de zbor. Totuși, rapoartele de la aeronave au semnalat concentrații neobișnuite de mari de precipitații sub formă lichidă la altitudini mult deasupra nivelului izotermei de 0 °C. Aceste precipitații pot fi suficient de intense pentru a crea o problemă serioasă avioanelor supersonice, datorită eroziunii și a presiunilor de impact pe care le provoacă.

Instrumentele pot de asemenea da erori în interiorul și în apropierea unui oraj, se pot produce variații rapide ale presiunii mai ales în cazul ploilor puternice. Altimetrul barometric și variometrul, pot la rândul lor, să dea indicații false într-o zonă de turbulență prin perturbarea parțială a funcționării tubului Pitot care poate determina o afișare a valorii vitezei, inferioară a vitezei reale.

În general, principalele pericole pe care le prezintă norul orajos pentru aviație sunt următoarele:

- ⇒ givrajul aeronavei;
- ⇒ turbulența aeronavei;
- ⇒ grindina;
- ⇒ descărcările electrice.

4.6.3. Formarea și structura norului cumulonimbus

De obicei, un ansamblu orajos este format printr-o asociere de mai mulți nori convectivi, decât dintr-un singur nor Cumulonimbus. Un nor individual dintr-o astfel de asociere este numit celulă orajoasă.



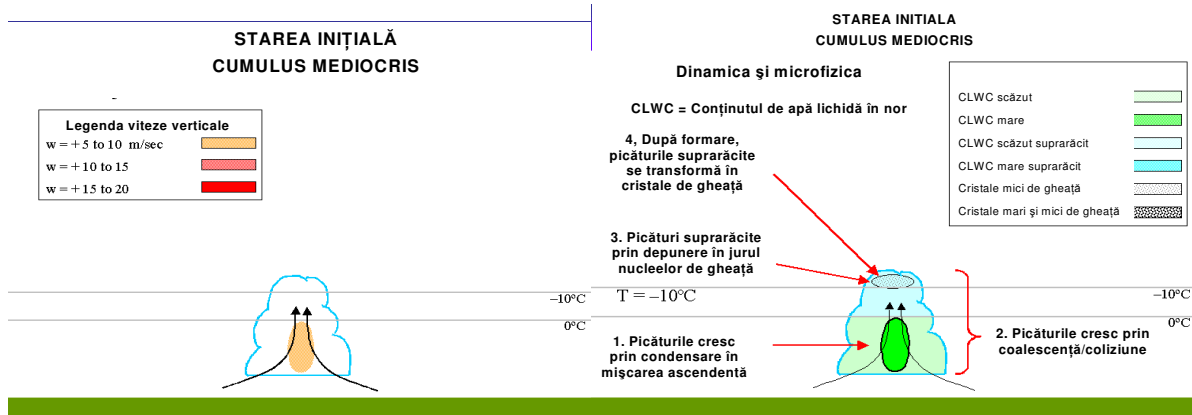
Nor cumulonimbus

Fiecare celulă se comportă independent și își încheie ciclul de viață independent de celulele adiacente. Ciclul complet se întinde pe o perioadă a cărei durată este de aproximativ o oră și se poate împărți în trei faze în funcție de predominanța mișcărilor verticale: *faza de dezvoltare*, *faza de maturitate* și *faza de disipare*.

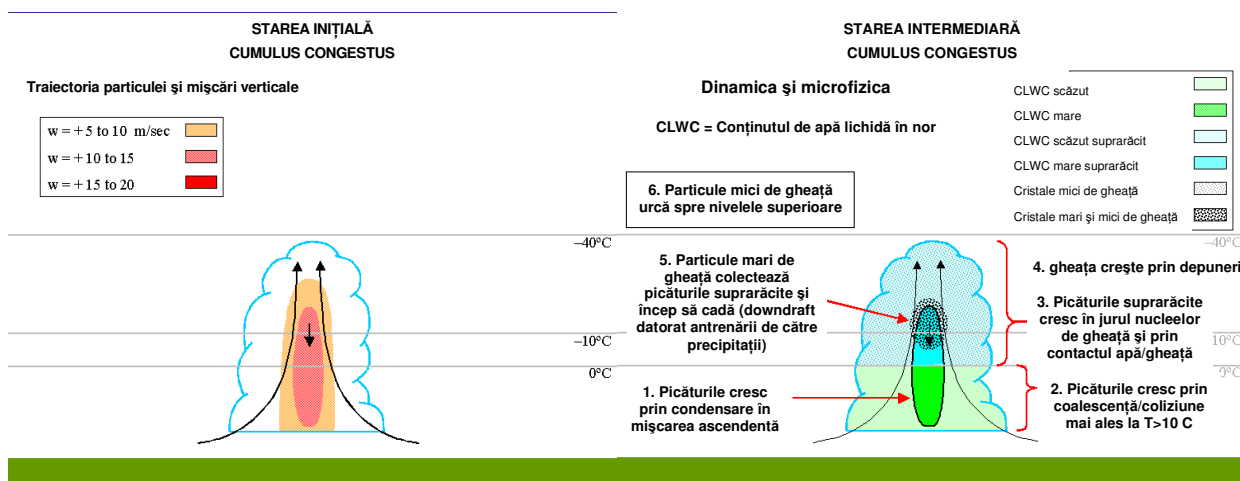
Cea mai intensă activitate se manifestă în timpul primelor două faze care pot dura 30 – 40 minute. După perioada activă, precipitațiile pot persista, dar având în general intensitatea în diminuare. Un oraj de dimensiuni mari este format dintr-o aglomerare de celule și este dificil de localizat fiecare unitate în parte și de a-i urmări dezvoltarea.

Atunci când curenții descendenți reci proveniți din celulele aflate în faza de maturitate și de disipare se etalează deasupra solului, este posibil să se creeze o convergență suficientă în regiunile adiacente pentru a se declanșa în părțile laterale formarea de noi celule.

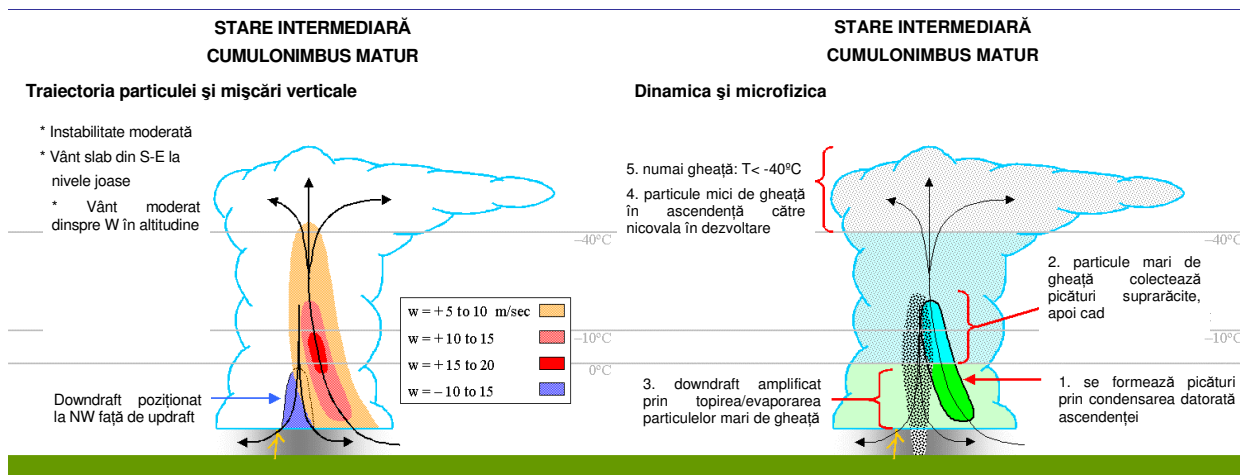
Câteodată, o celulă existentă, aflată în faza de disipare se poate regenera în cursul unui astfel de proces. Rezultă de aici că o nouă celulă activă se poate dezvolta în interiorul păturilor etalate ale unui nor orajos care se afla într-un stadiu avansat de dezintegrare.



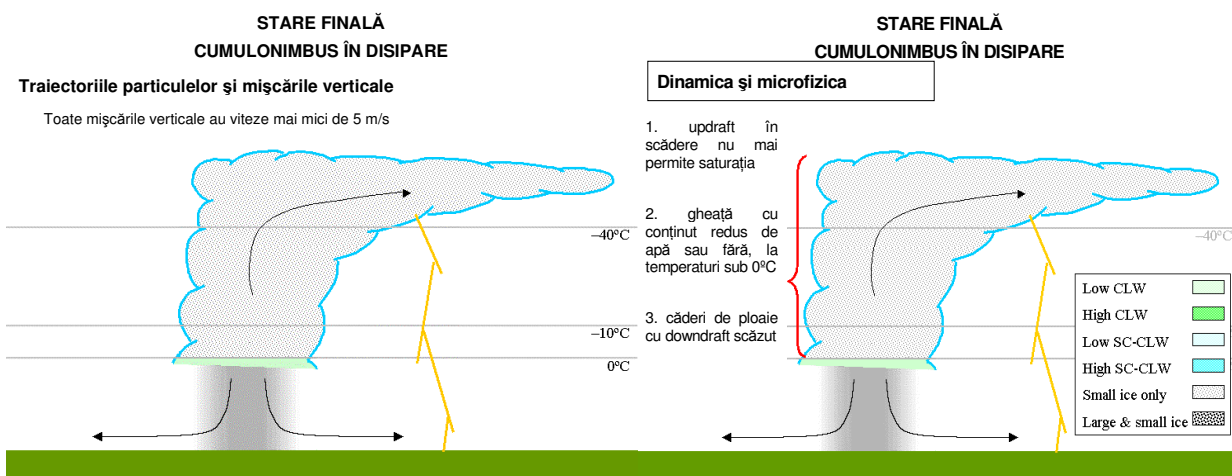
Formarea norului cumulonimbus – stadiul cumulus mediocris



Formarea norului cumulonimbus – stadiul cumulus congestus



Formarea norului cumulonimbus – stadiul cumulonimbus matur



Formarea norului cumulonimbus – stadiul cumulonimbus in disipare

4.6.4. Miscările aerului în norul cumulonimbus.

În general, curenții verticali se intensifică progresând spre partea de sus din interiorul unui nor Cumulus decât sub nor sau în jurul bazei, precum și în apropierea vârfului.

În același timp, există și cazuri particulare. O turbulență puternică sau violentă poate însoți ploile puternice care cad din părțile norului de sub bază (arcus, mamma), producând curenți descendenți puternici și o turbulență la exteriorul norului.

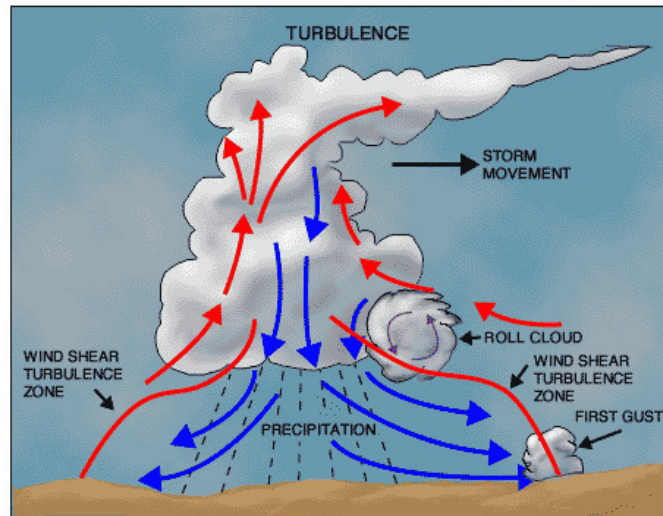
Ciclul unui oraj durează în jur de o oră. Putem distinge trei faze, în funcție de viteza și direcția curenților verticali. În cursul fazei de dezvoltare se extind în masa norilor curenți ascendenți puternici. În faza de maturitate care urmează, cad picături de apă sau particule de gheață din partea de jos a norului. Rezultă încetinirea prin frecare a hidrometeorilor în cursul căderii și curenții ascendenți se transformă în curenți descendenți în anumite părți ale norului. În final, în cursul fazei de disipare, curenții ascendenți dispar complet. Intensitatea turbulenței variază considerabil, cea mai puternică se situează, de obicei, la începutul fazei de maturitate. Deși există curenți descendenți, apăruți datorită căderii hidrometeorilor, curenții ascendenți persistă și ating, adeseori, intensitatea maximă în partea de sus a norului.

Curenții descendenți nu sunt în general foarte puternici și sunt mai puternici în partea de jos a norului Cumulonimbus. Aerul descendent este forțat să se extindă orizontal în apropierea suprafeței terestre, creind adeseori fenomene violente (gren).

În regiunile extratropicale, cele mai violente oraje însoțesc fronturile reci și linii de gren. De asemenea, intensitatea unei astfel de activități variază în timp și spațiu. Există de asemenea o variație diurnă care se traduce printr-o mai puternică activitate orojoasă către sfârșitul după - amiezei și începutul serii.

Asociat cu norul CB se disting următoarele miscari principale:

- ⇒ mult în fata norului CB apar suprafețe de inversiune, numite suprafețe de subsidență, sub care se etalează nori SC și AC.
- ⇒ înaintea apariției norului CB la stație, mișcarea sinoptică a aerului se combină cu advecția de aer cald și, adeseori, vântul rezultat este calm sau foarte slab dar, oricum, suflă către CB.
- ⇒ În partea anterioară a norului și la trecerea frontului rece, există o mișcare ascendentă, care este mai violentă la apropierea suprafeței de discontinuitate. În acest caz sunt frecvente mișcări ascendente de 10 - 20 m/s și acestea se pot combina cu turbulențe cu axa verticală care, atunci când ating solul, provoacă trombe și tornade. În partea superioară, curentul ascendent cald se etalează în nicovală după ce a pierdut prin condensare o mare parte din vaporii săi de apă.
- ⇒ În urma discontinuității, există un curent descendent, în general moderat, pe o arie extinsă. În apropierea suprafeței frontale (în apropierea celor două mase de aer care se deplasează în direcții contrare) apare o turbulență foarte puternică ce se manifestă prin turbulențe cu axa orizontală și provoacă, la sol, vijelii și, la altitudini joase, *Arcus* care însoțesc uneori norii CB. Precipitațiile, sub forma de averse încep întotdeauna brusc la trecerea frontului (acesta este momentul în care se observă și vijeliile).



Turbulenta asociata norului cumulonimbus in disipare

4.6.5. Vijelia

Vijelia este fenomenul caracterizat prin intensificarea brusca si de scurta durata a vitezei vantului si prin schimbarea directiei acestuia. Schimbarea si intensificarea vantului sunt insotite de variatii ale parametrilor meteorologici, dupa cum urmeaza:

- ⇒ un salt brusc de presiune, urmat de o scadere lanta si progresiva, iar dupa trecerea vijeliei, o crestere mai lenta;
- ⇒ scadere brusca de temperatura, precedata de o crestere anormala cu cateva ore mai inainte, care insoteste scaderea presiunii. La sfarsitul vijeliei, scaderea temperaturii este mai lenta si, de obicei, se produce o reancalzire;
- ⇒ cresterea brusca a umezelii relative, datorata in parte scaderii temperaturii;

De obicei, vijeliile sunt asociate cu trecerea fronturilor reci si se produc in zone cu o dezvoltare maxima a instabilitatii convective. Elementul esential al formarii este existenta a doi curenti convergenti, cu temperaturi si umiditati diferite. Intensitatea vijeliei creste cu cresterea contrastului termic si a saltului vantului, care este legat de saltul de presiune.

4.6.6. Tromba

Tromba este un vartej, cu ax vertical, de dimensiuni orizontale mici (20 - 100 m deasupra marii si 200 - 1000 m deasupra uscatului), in care viteza miscarii turbionare poate depasi 500 km/h, iar viteza verticala 40 - 50 m/s. Forta centrifuga determina o scadere puternica de presiune in centrul vartejului, determinand o aspirare. Din acest motiv tromba are aspectul unui con negru, sinuos, care se intinde de la sol pana la baza norului. Rarefierea aerului determina si o scadere considerabila a aerului. Trombele se dezvoltă din vartejurile de nori (*arcus*) de la baza unui CB.

4.6.7. Orajul

Orajul poate fi definit ca fiind un complex de fenomene care insotesc procesul in cadrul caruia norii convectivi ating o etapa necesara a dezvoltarii pe verticala, iar conditiile existente determina aparitia si manifestarea in decursul unui interval oarecare de timp a descincarilor electrice intre nori si suprafata subiacenta, sau intre norii invecinati. Deci, orajul este caracterizat de aparitia unuia sau mai multor fulgere urmate de tunete.

O definitie mai completa este: *complex de nori insotit de fulgere si tunete sau numai de tunete.*



Oraje

Norii CB orajosi sau nu, se intalnesc fie in mase de aer omogene, fie asociati cu suprafete de discontinuitate.

In cazul maselor de aer omogene, orajele, daca se produc, se numesc:

- ⇒ **convective** atunci cand sunt datorate instabilitatii care rezulta fie din incalzirea suprafetei terestre prin insolatie, fie datorita trecerii unei mase de aer rece peste o suprafata relativ mai calda.
- ⇒ **orografice** atunci cand se declanseaza datorita reliefului terestru intr-o masa de aer putin stabila.
- ⇒ Orajele **frontale** sunt asociate suprafetelor de discontinuitate si insotesc liniile de CB asociate unui front rece sau se dezvoltă la altitudine medie, in timpul sezonului cald, in masa de AS sau NS care insoteste un front cald sau se dezvoltă in apropierea unui front stationar sau cvasistationar.
- ⇒ Uneori, orajele apar in sectorul cald al unei perturbatii depresionare intre 100 si 500 km in fata frontului rece. In acest caz, se numesc oraje **prefrontale**.

Cauza principala a aparitiei orajelor consta in faptul ca, curentii convectivi determina separarea sarcinilor electrice de semn contrar existente in norul convectiv, care se acumuleaza langa varf (sarcini pozitive) si langa baza norului (sarcini negative). In acest sens, varful norului este incarcat pozitiv iar baza este incarcata negativ.

In timpul descarcarilor electrice, apare neutralizarea acestor sarcini. Sarcinile electrice sunt generate si separate cu o intensitate care depinde de dezvoltarea norului pe inaltime.

Descarcarea electrica ce apare in interiorul aceluiasi nor sau intre nori diferiti se numeste *fulger*. Daca descarcarea se produce intre suprafata subiacenta si nor, aceasta se va numi *trasnet*.

4.6.7.1 Variatia elementelor meteorologice la trecerea orajului.

In cazul in care trecerea orajului nu este insotita de vijelii, variatiile elementelor meteorologice sunt slabe, dupa cum urmeaza:

- ⇒ **Presiunea atmosferica:** Inainte de aparitia orajului presiunea scade, mai accentuat in apropierea norului orajos. In momentul producerii orajului, presiunea creste rapid, dupa care urmeaza imediat o scadere si apoi o oscilatie neregulata. Dupa trecerea orajului, presiunea ramane aproximativ constanta, dar mai mare decat cea dinaintea orajului.

- ⇒ **Temperatura:** Inainte de aparitia norului orajos, temperatura aerului este ridicata, iar o data cu aparitia primelor rafale si a picaturilor de ploaie, incepe sa scada.
- ⇒ **Umezeala relativa:** Inainte de aparitia orajului, umezeala este scazuta; in timpul producerii fenomenului, aceasta creste din cauza evaporarii ploii si a scaderii temperaturii, iar dupa trecerea lui, scade din nou.
- ⇒ **Vantul:** Inainte de aparitia norului orajos vantul slabeste pana ajunge aproape calm. La trecerea norului, el isi schimba directia si isi mareste intensitatea. Dupa trecerea orajului, directia revine la cea initiala.

4.6.8. Grindina

Este definita ca fiind precipitatia solida, sub forma de particule de gheata, fie transparente fie partial sau total opace, de forma in general sferica, conica sau neregulata, cu un diametru intre 5 si 50 mm, care cade din norii CB.

Grindina se formeaza ca rezultat al inghetarii si cresterii ulterioare a unor picaturi mari, supraracite, care, desi ating dimensiunea picaturilor de ploaie, nu se desprind din nor inainte de a ingheta. Transportul in sus al acestor picaturi inghetate de catre curentii ascendenti, combinat cu caderea acestora, determina captarea de alte picaturi de apa supraracita, ceea ce face ca dimensiunile particolelor de gheata sa creasca prin depunerea de noi straturi de gheata. La un moment dat, aceste particule de gheata ating asemenea dimensiuni incat curentii ascendenti nu mai pot sa le sustina, deci vor cade sub forma de grindina sau mazariche.



Grindina

De multe ori, grindina este constituita din straturi alternative de gheata limpede si opaca (in general 5 straturi, putand ajunge pana la 20)

- ⇒ *Grindina limpede (transparenta):* se formeaza in portiunile inferioare ale norului, unde temperaturile sunt doar cu putin sub punctul de inghet, iar continutul de apa este foarte ridicat.
- ⇒ *Grindina cu aspect opac:* se formeaza in portiunile superioare ale norului orajos, unde continutul de apa lichida este scazut si temperaturile cu mult sub punctul de inghet.

Marimea boabelor de grindina este proportionala cu viteza curentului ascendent. Se pot determina corelatii intre vitezele de sustinere ale ghetii si dimensiunile acesteia:

- $\Phi = 25 \text{ mm}$ $v = 22 \text{ m/s}$
- $\Phi = 50 \text{ mm}$ $v = 31 \text{ m/s}$
- $\Phi = 75 \text{ mm}$ $v = 40 \text{ m/s}$

Structura celor mai mari tipuri de particule de grindină lasă să se presupună că ar exista două posibilități. Pe de-o parte, alternanța dintre straturile de gheață opacă și limpede în marea majoritate a particulelor de grindină ar putea indica că aceste trec prin faze succesive de desublimare și coalescență. Pe de altă parte, picăturile pot întâlni în cursul traversării întâmplătoare a norilor atât curenți ascendenți cât și descendenți. În general, este probabil să existe simultan ambele posibilități.