Cumulonembi



Nubi convettive su Roma

Costantino Sigismondi

ROMA- PON Estate 2023

Abstract

From the end of May to the beginning of July, in Rome have been frequently seen the Cumulonimbus clouds formed in the surrounding mountains and plains. This situation has been usual before the Summer solstice, and in 2022 and 2023 has been observed and studied.

The roman area is vaste, and the South West sector of the city resulted out the precipitation of such local convective clouds systems. These rainfall up to 20 mm, have been severe storms within very narrow regions for about 20 minutes, with local strong katabatic winds, downdrafts, lasted a minute or so. The formation and evolution of such Cumulonimbus clouds formed in the Northern and Eastern sectors of the horizon as seen from the center of Rome (near the Vatican) has been observed and described from 25 May to 4 July 2023 within a special course on Atmospheric Physics, held at Galileo Ferraris Institute of Rome, fully dedicated to the Cumulonimbus clouds. The photos of the clouds observed in person, have been described, discussed and paralleled with satellite data registered from the meteoblue.com website.

A typical behaviour of a stormy Cumulonimbus, in the urban area of Rome, has been experienced and described in the following steps: overshooting in stratosphere and anvil's formation and expansion; formation of the shelf dark cloud and its expansion; rain's front following the shelf cloud, thunderstorm, lightnings under the towering cloud's passage (20 minutes of rainfall); downdraft winds with changing direction with the cloud passing exactly over (1 minute during strong rainfall); fresher air after the storm (10°C less, easily).



Un imponente Cumulonembo a Est di Roma il 4 luglio 2023 al tramonto, largo 50 km

0. Prefazione

I Cumulonembi sono le nubi più grandi; si sviluppano dal suolo fino alla stratosfera e determinano lo scambio di energia e di materia nella troposfera, che proprio da queste nubi convettive prende il suo nome.

Infatti troposfera significa sfera dei rimescolamenti, da tropos=svolta in greco, e i Cumulonembi sono le uniche nubi che cambiano quota anche molto velocemente, per il trasporto di calore per convezione. Le nubi salgono anche alla velocità di 1000 metri al minuto, come ho potuto misurare sulla Marmolada osservando da Asiago nel luglio 2022.

Si formano Cumulonembi anche nelle grandi perturbazioni atmosferiche, perché si vedono esplodere in stratosfera da satellite, oppure si sentono a terra come temporali e piogge torrenziali.

I Cumulonembi sono degli Uragani su scala più piccola, tra 10 e 50 km al massimo;

https://youtu.be/NIXmJzObCQ8 il 4 luglio 2023, 50 km

https://youtu.be/RY0cW6ky3e8 da satellite il 4 luglio 2023

la combinazione di più Cumulonembi dà luogo ad una Supercella, chiamata la Regina dei temporali (V. Levizzani, Piccolo Manuale di Cercatori di Nuvole, Il Saggiatore 2022) ma la loro Fisica è la stessa. Sono delle potenti macchine termiche che agiscono tra i 300 K del livello del mare e i 200 K della stratosfera, con efficienza teorica del 33%, tra i valori massimi che troviamo in Natura. La macchina trasforma energia termica in energia potenziale e poi cinetica, nel senso che solleva migliaia di tonnellate d'acqua per oltre 12 km e poi scarica pioggia, grandine e venti a terra nel downdraft. La grandine, addirittura, testimonia cicli multipli di salita e discesa del grano di ghiaccio dentro la nube, attraverso bucce di diversa consistenza, fino a dimensioni ragguardevoli di un arancio, come è accaduto nella pianura Padana.

Quando ci si trova sotto un Cumulonembo che sta scaricando a terra la sua energia si deve cercare subito un buon riparo dalla tempesta e dai fulmini, e attendere la fine della pioggia torrenziale. Se è isolato, come è capitato nella stagione immediatamente prima dell'estate astronomica 2023 a Roma, la pioggia torrenziale e la massima pericolosità si esaurisce in 20 minuti, durante i quali è imprudenza gratuita restare all'aperto.

Il libro nasce dall'esperienza diretta fatta con l'osservazione di queste nubi nell'orizzonte di Roma tra il 25 maggio ed il 16 giugno 2023, il periodo in cui abbiamo avuto il massimo numero di questi fenomeni nuvolosi. Alcuni li abbiamo visti anche da vicino, tre ci hanno raggiunti e costretti al riparo.

In questa stagione, ogni pomeriggio, a Roma, è piovuta acqua di montagna e non acqua evaporata dal mare, fino a 20 mm di precipitazione, ma solo a Nord Est di Monteverde.

Ogni scorcio della Città Eterna in questo periodo dell'anno è stato dominato dai Cumulonembi, e ciò ha motivato anche la visita ai Musei Capitolini dove c'è una raccolta di quadri di Caspar Van Wittel, vedutista che ha immortalato i Cumulonembi che c'erano nel Settecento, a anche ai Musei Vaticani e al Colosseo.

Gli appunti di questo corso PON Estate 2023, dedicato ai Cumulonembi sono raccolti in questo volume, corredato da referenze e risorse digitali (§ 17), al fine di introdurre alla Fisica dell'Atmosfera con un taglio fortemente sperimentale ed esperienziale.

Nella prima giornata del Corso abbiamo avuto forse l'incontro più ravvicinato di tutti: mentre andavamo a Villa Pamphilj l'incudine di un Cumulonembo ci ha raggiunti ed ha velato il Sole attorno già alle 16. Alle 17 eravamo al Laghetto del Giglio sotto un cielo di cumuli mammati con una parete lampeggiante di nubi a 3-4 km di distanza verso Nord.

Il cielo era diviso in due parti, col sereno a Sud-Ovest da 45° in giù. Alle 17:30 siamo entrati nella Chiesa di S. Maria Madre della Divina Provvidenza con il primo downdraft, ossia un vento gelido che testimoniava che il Cumulonembo stava scaricando a terra aria raffreddata nella stratosfera. A solo 1 km in linea d'aria, verso il Vaticano, è piovuto a dirotto per 20 minuti. Tra tutte le situazioni meteorologiche incontrate nei pomeriggi del Corso, questa è stata la più pericolosa. Finito il Corso ho sperimento, da sotto, un Cumulonembo in *downdraft*, il 13 giugno (§ 14) e la caratteristica principale di avviso è la velocità delle nubi che precedono il temporale. Osservarlo sì, ma solo in sicurezza: un fulmine ha colpito Monte Mario a 1 km da me, a quel punto sono entrato subito al coperto.

Roma, 30 novembre 2023 Costantino Sigismondi

1. Storia dell'Arte e Storia del Clima

Il cambiamento climatico può determinare lo spostamento delle zone di alta pressione su aree differenti dal "solito".

In realtà il clima è una media su trent'anni, e "il solito" ci è sempre meno noto, dal momento che la nostra memoria, in media, non è così lunga.

La memoria dei dati può essere più lunga, e al Collegio Romano, dal 1782, sono state registrate le temperature minime e massime giornaliere e la piovosità, con note meteorologiche.

https://it.readkong.com/page/1782-2018-ricostruzione-della-serie-storica-delle-9142738

Anche nei quadri dei pittori antichi possiamo farci un'idea delle condizioni climatiche, ad esempio dalla presenza di determinati alberi, e ciò vale anche per le poesie (Virgilio ad esempio parlava di Faggi in pianura padana, che normalmente sono più in alto).

A Roma i pittori venivano sia per raggiungere il centro culturale e religioso più importante del Mondo, sia per alcune particolarità della luce e delle nubi, che abbiamo imparato a conoscere proprio in questi ultimi giorni di maggio-giugno.

I grandi cumulonembi dominano le vedute paesaggistiche della città, che noi abbiamo anche visto di persona al Gianicolo e da Monte Verde, oltre che dal tetto della sede di via di Villa Pamphili.

Uno studio recente collega le esplosioni del Tambora e del Krakatoa durante il secolo XIX, con dei colori più rossi riportati dai pittori, sensibilissimi alla luce ambientale e alle sue tonalità.

https://www.fondazioneomd.it/single-post/2017/02/16/cieli-a-regola-darte

Per questo abbiamo programmato una visita ai musei Capitolini, dove abbiamo anche delle vedute di Roma di Caspar van Wittel, padre dell'architetto che restaurò s. Maria degli Angeli secondo il gusto dell'epoca del papa Benedetto XIV nel 1748-1750.



Caspar Van Wittel (1653-1756) Prati di Castello (Roma, Musei Capitolini)

https://it.wikipedia.org/wiki/Caspar_van_Wittel

Veduta dei Prati, che danno il nome all'omonimo quartiere di Roma, nella direzione dei Colli Albani, dove si formano molti Cumulonembi.

Il prof. Emmanuel Le Roy Ladurie, scomparso il 22 novembre 2023, è stato l'antesignano della storia sociale comparata col clima.

http://www.agrarialombardia.it/wp-content/uploads/2023/11/In-memoria-di-Emmanuel-Le-Roy-Ladurie.pdf

Un suo ricordo contemplando le vedute romane del Settecento, che ne testimoniano il clima e la presenza o meno dell'anticiclone delle Azzorre, è opportuno.

L'anticiclone delle Azzorre, che normalmente teneva banco durante tutta la stagione estiva, oggi deve "competere" con quello Africano, a cui sono associate tempeste di sabbia che ci oscurano il cielo.

Nel giugno-luglio 2020 ho fatto fatica a trovare, col cielo sereno, l'ombra dell'obelisco di san Pietro durante i transiti meridiani, a causa della sabbia che diffondeva la luce in cielo.



Nella foto-mosaico vedete la differenza tra giorni quasi sereni e giorni con la foschia.

Anche questi transiti sono una forma di arte, e i video che sto registrando ogni volta che è possibile sono testimoni di queste variazioni.

2. Il Cumulonembo in stile Pliniano

Il 25 maggio 2023 abbiamo fatto la conoscenza della più potente delle nubi convettive: il cumulonembo.

Eravamo giusto giusto nella fascia di separazione tra la zona dove si è abbattuto il nubifragio e quella dove è arrivato solo un po' di vento fresco e qualche goccia. A Roma-Prati che si trova 2 km a nord da Villa Pamphili, al di là della cupola di San Pietro, è piovuto forte per 20 almeno minuti, proprio alle 16:30, quando eravamo davanti a S. Maria Madre della Provvidenza.

Il cumulonembo è enorme, tranquillamente si estende per un centinaio di chilometri quadrati, ed arriva sempre fino alla stratosfera, che alla nostra latitudine è a 12 km circa. L'incudine, che è già alla tropopausa, sotto cui eravamo già a partire dalle 15:45, si può estendere per oltre cento chilometri. Sopra inizia la stratosfera, dove l'aria non può più salire.

Video ripreso dal satellite e registrato su youtube:

https://www.youtube.com/watch?v=fBRLDztMWGo



Quando -poco dopo l'uscita da scuola- vi ho mostrato quelle striature scure sotto la nube "spettinata", a fianco del cumulo bianchissimo, non vi ho detto tutta la verità... quelle striature erano precipitazione.

Si tratta di pioggia o ghiaccio, e ciò dipende dalla quota, lo zero termico oggi era a 3000-3250 m di quota (meteoblue).

Poteva essere anche ghiaccio (neve) che poi ad una quota inferiore tornava allo stato di vapore sublimando.

Sono effetti fisici veramente complicati, ma la Natura li sa realizzare senza dover risolvere nessuna equazione alla lavagna!

Abbiamo avuto l'occasione di contemplare un cumulonembo in azione senza subirne le conseguenze... nell'Agosto 2019, ero a Ostia, quando un cumulonembo ha esteso la sua incudine sul mare. Era un vero e proprio ***squall*** e la nube è scesa verso il mare con degli artigli scuri...il mare è diventato verde smeraldo, mentre normalmente è blu o comunque incolore.

C'era una differenza forte tra il cielo azzurro verso l'orizzonte marino e la nube che oscurava il Sole, proprio come ha fatto oggi appena eravamo dentro Villa Pamphili. Uscii dal mare, facevo il bagno, mentre cominciava a tirare un po' di vento fresco e a velarsi il Sole. Tempo di vestirmi e arrivare alla strada che ha iniziato a piovere. Piovve per una mezz'ora di santa ragione. Ci bagnammo tutti completamente, anche stando sotto la tettoia. Grandinava pure a tratti.

Col cumulonembo non si scherza. E' l'equivalente di molte migliaia di elefanti che sotto forma di acqua e vapore galleggiano nel cielo, con delle fortissime correnti ascensionali. Lo scorso anno le ho riprese durante un'ora dalla spiaggia di Ostia, per preparare questo corso... e ho valutato in 1000 m/minuto la velocità verticale delle nubi. Ho fatto delle riprese pure da Asiago, verso la Marmolada, ottenendo risultati simili.

L'energia solare di maggio giugno e luglio è più o meno la stessa...e se c'è umidità a disposizione solleva quelle nubi là.

Attorno a Roma, sui Colli Albani, c'era molta umidità a Maggio 2023 ha sempre piovuto, sulla Marmolada c'è il ghiacciaio, quindi un grande bacino di acqua, sia pure ghiacciata, e sugli Appennini pure c'è molta umidità... le montagne sono delle spugne, questo è il motivo della formazione di queste nubi colossali in questa stagione.

Avremo, dunque, pioggia tutti i pomeriggi esitivi? fino a quando non si installa l'anticiclone delle Azzorre, che dà il bel tempo a tutto il bacino mediterraneo d'Estate, la risposta è sì.

Che fare se vedete un cumulonembo? tenersi a debita distanza... e vedere se il vento ve lo porta lontano... come era il 25 maggio 2023, se no non vi avrei portati fuori allo sbaraglio, ma ricordare che l'incudine può andare anche in direzione opposta, come ha fatto oggi...e non si può mai sapere cosa può combinare. I cumuli mammati che si vedevano sopra le nostre teste villa Pamphili erano un altro segno di possibile pioggia...Il vento fresco che abbiamo percepito anche (vedete lo schema della struttura del cumulonembo).

Si chiama **nube convettiva** perché **trasporta il calore dal basso verso l'alto** mediante il trasporto di materia, cioè per convezione. Proprio ciò che accade dentro una pentola che bolle: l'acqua calda sale, arriva in superficie e poi riscende...

Questo fenomeno, che ieri abbiamo visto da dentro, in via di Donna Olimpia oscurata a notte, accade anche nelle stelle, ne riparleremo più avanti.

Perché ho detto in **stile Pliniano?**

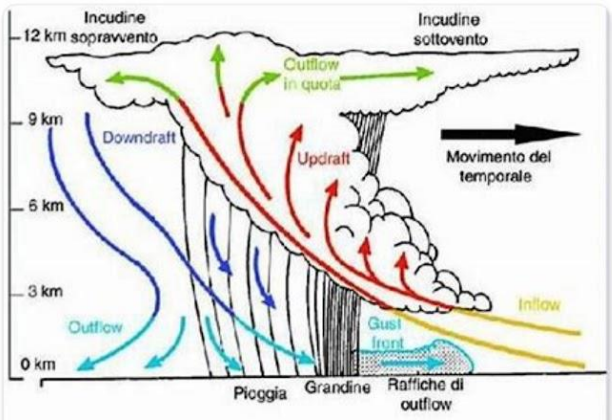
Plinio il vecchio fu il redattore della più grande enciclopedia dell'antichità, la Naturalis Historia in 36 volumi.

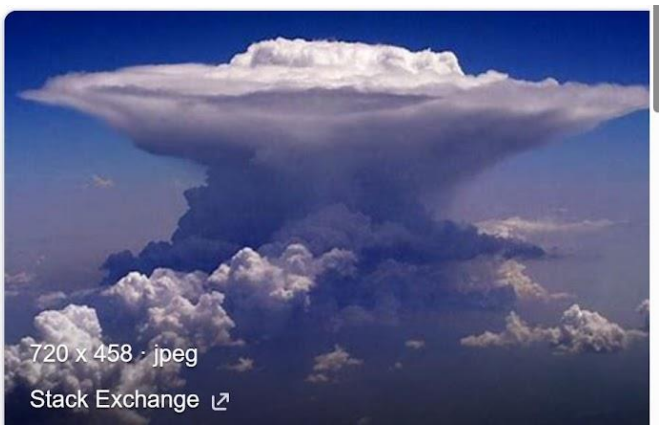
Plinio osservò da Stabia l'eruzione del Vesuvio del 79 d. C. e perse la vita per i gas.

Mi piace pensare a Plinio come un uomo che pur di capire il fenomeno si è spinto ai limiti... tuttavia la storia non è di imprudenza: Plinio era il comandante della flotta romana di stanza a Capo Miseno (https://it.wikipedia.org/wiki/Classis_Misenensis), ed era andato per aiutare la popolazione in fuga dall'eruzione.



Plinio Seniore: un grande scienziato e un grande uomo.





La struttura di un cumulonembo

3. Il primato delle Osservazioni sulle Previsioni

Possiamo avere i modelli meteo migliori, le idee più smart, che è la stessa cosa che dire "ho capito tutto"...e quindi formulare le previsioni su un fenomeno.

I dati osservativi, le misurazioni, il fatto reale è ontologicamente più pregnante del modello teorico. Sono parole filosofiche.

Intendo dire che la realtà fenomenica è sempre superiore all'idea che ci siamo fatti di essa.

La lunga osservazione sul tetto di scuola fatta il 29 maggio 2023 con il giro d'orizzonte a 360° ha permesso di capire più cose sul temporale a multicelle che si è sviluppato nel quadrante da Nord-Ovest a Nord-Est. Erano Cumulonembi e il tutto si muoveva verso Sud. A 90° dai cirri di stamattina- che andavano verso Est.

Le immagini da satellite lo confermavano.

La spirale di Ekman, sposta verso destra di 45° ciò che si muove sotto il "vento geostrofico", che è quello parallelo alle isobare, linee di uguale pressione.

Il risultato è che le isobare vengono tagliate a 45°.

Fin qui la teoria.

Osservazioni

Il cielo era nero pece da NW a NE, un **cumulus congestus** a Est si è spostato verso Sud-Est allontanandosi un po' da noi (vedete le foto delle 17:42 e 17:50). Era perciò alquanto probabile che l'intero temporale si spostasse nello stesso modo.





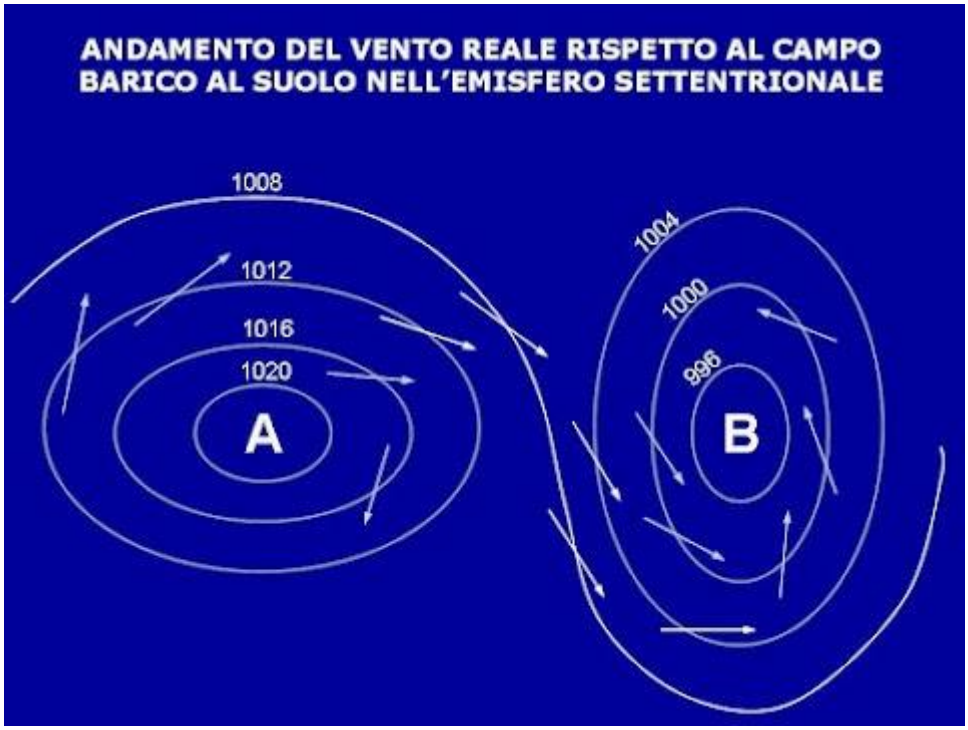
La direzione Sud Est è 45° da quella Est, che avevano le nubi stamattina.

Potrebbe tornare con la teoria di Ekman.

https://it.wikipedia.org/wiki/Spirale_di_Ekman

Una blandissima alta pressione era sopra l'Aquila 1013 mb, e a Roma erano 1023 mb, la figura del vento geostrofico direbbe che il vento dovrebbe andare lentamente proprio nella direzione opposta... Nord-Ovest...

Applicando la teoria del vento geostrofico ho ottenuto la direzione del vento verso Sud e la ho disegnata in figura (geostrofico).



Quel che conta, ai fini della comprensione di quanto stava accadendo, era capire se la pioggia ci avrebbe sommerso oppure risparmiato come giovedì scorso. La velocità di quel cumulus congestus, che era parte del sistema di cumulonembi che si è formato oggi attorno a Roma, ci dava una certa tranquilità che non ci stava venendo contro, ma anche la certezza che le strie di pioggia viste alle 18:45 a NW stavano puntando su di noi.



Conclusioni del 29 maggio, come il 25, abbiamo assistito alla formazione di cumulonembi e alla loro evoluzione fino alla formazione dell'incudine e al suo inoltrarsi sul mare Tirreno. Oggi l'incudine si è spezzata lasciando trapelare una ***gloria*** con il Sole (17:39).



L'oscurità verso NW-NE era dove pioveva abbondantemente. Sopra di noi per buona parte del pomeriggio il cielo è stato diviso in due: nuvole a NW-NE e sereno a SW-SE.

Visto che la situazione si è ripetuta quasi identica a 4 giorni prima, è ragionevole pensare che le condizioni locali di insolazione e umidità determinino la formazione e l'evoluzione di questi cumulonembi, e le gite a NW-NE nel tardo pomeriggio potranno essere bagnate anche nei giorni futuri, mentre le destinazioni **a SE-SW rispetto a via Fonteiana**/via di Villa Pamphili, **potranno restare all'asciutto**.

Provare per credere...

Fino a che non si installa l'anticiclone delle Azzorre questo tipo di tempo, instabile, con nubi convettive e temporali pomeridiani, potrebbe essere una costante dei prossimi giorni per i quartieri NW-NE di Monteverde.

L'insolazione sarà identica fino alla fine di luglio, l'umidità nel suolo tende a diminuire perché a ogni pioggia, ciò che non va nel terreno va nei fiumi che portano al mare l'acqua.



Cumulonembo rotto il 5 giugno 2023 dall'Ara Coeli alle 18:22; non si spinge più a Sud.

4. Calore latente, energia cinetica e adiabatiche

Mentre scrivo è il 31 maggio 2023, piove, è il rovescio pomeridiano. 10 minuti intensi alle 16:45 e poi pioggia normale. Un paio di tuoni fanno sentire i loro rimbombi.

E' stata la ripetizione dello schema dei giorni precedenti: evaporazione dalle montagne, da satellite si vede qui https://youtu.be/u71kIL1Ut-4 .

Ho misurato 7.5 mm al pluviometro, cioè 7.5 litri al metro quadrato di pioggia durante questa breve pioggia pomeridiana.

Ripassiamo il meccanismo, per vedere cosa abbiamo capito.

1) il Sole splende alto nel cielo e scalda rapidamente il suolo. Sulle montagne l'aria diventa umida, cioè le molecole di H2O si staccano dal suolo ed evaporano.

2) l'aria umida e calda sale rispetto all'aria secca e fredda, finché condensa, a quel momento noi la vediamo come nube

3) condensandosi il vapore in goccioline piccole, viene rilasciato il calore latente... ossia l'energia che il Sole aveva dato alle molecole per staccarsi tra loro e dal suolo.

4) questo calore continua a scaldare la bolla d'aria in salita, dove è avvenuta la condensazione, facendola salire ancora più velocemente

5) il processo avviene tanto rapidamente che non c'è scambio di calore con l'esterno della bolla (adiabatico, parola greca che piace ai fisici più nerd!)

6) la bolla calda sale e si espande, raffreddandosi -ma adiabaticamente- cioè senza riscaldare l'aria intorno, dove altre bolle si stanno espandendo e stanno salendo.

7) a 40°C sotto zero, le gocce d'acqua sopra fusa gelano istantaneamente, cedendo l'ultimo calore latente=nascosto, che rendeva le molecole mobili come nel fluido anziché cristallizzate come nel ghiaccio.

8) La bolla cessa di salire quando la sua temperatura eguaglia quella dell'atmosfera circostante, si forma la cupola del cumulonembo che tenta di sfondare nella stratosfera, ma non ci riesce. Siamo a 12 km di quota.

9) L'acqua contenuta al suo interno è sotto forma di cristalli di ghiaccio a -40 °C.

L'aspetto è quello di una nube bianca o di un velo se siamo sotto l'incudine.

10) Salita e discesa delle bolle d'aria possono avvenire in continuazione, e più volte. Si formano le gocce di pioggia o i chicchi di grandine. Questo processo è descritto nei libri o nei testi online, ma ci porta troppo lontano dallo scopo di capire il ruolo del calore latente.

Se abbiamo pioggia siamo passati da vapore=gas=invisibile a uno stato condensato in gocce liquide che libera 538 calorie per grammo, se abbiamo anche grandine sono state liberate altre 80 calorie per grammo d'acqua per passare al solido.

In altre parole ogni 18 grammi di grandine (una mole d'acqua come studiamo a chimica) abbiamo (538+80=618)x18= 11 124 calorie fornite dal Sole, incamerate nel vapor d'acqua (=gas invisibile) e rilasciate durante le varie fasi di condensazione nell'aria.

Il Sole in questo periodo dell'anno arriva a dare anche 900 W/m², cioè circa 200 calorie/m²/s. Una potenza enorme.

Basta un minuto di tempo per accumulare le 11 mila calorie su 1 m².

Questa stima veloce fa capire anche le tempistiche del fenomeno, e perché **si osservano i cumuli salire ad una velocità di 1000 metri al minuto**.

Un'ultima considerazione: **l'acqua per evaporare non ha bisogno di temperatura T= 100°C.**

Altrimenti quando pulite i pavimenti resterebbe sempre bagnato... è sufficiente un po' di circolazione d'aria non satura d'umidità...ma ogni grammo d'acqua evaporato deve ricevere, in un modo o in un altro, le sue 538 calorie per grammo, anche sotto forma di energia cinetica, cioè velocità dell'aria.

Ecco perché, col caldo, usate il ventaglio: l'energia cinetica dell'aria mossa fa evaporare il sudore sulla pelle...

Ho finito di scrivere ed è comparso il Sole. Giusto un'ora dopo l'inizio dello scroscio.

Stima statistica della precipitazione totale da un cumulonembo

7.5 litri al metro quadro per 100 km² fanno 750 milioni di litri, 750 mila tonnellate, quasi 200 mila elefanti... l'ordine di grandezza della massa dei cumulonembi! e queste masse erano in terra stamattina, l'energia del Sole le ha sollevate in cielo, fin quasi alla stratosfera, a 12 km di quota.

6. Misurazione da foto dell'altezza di un cumulonembo



Dobbiamo avere la nube davanti a noi, ad una certa distanza, con un riferimento di altezza. Queste condizioni erano quelle del 1 giugno alle ore 16:04 dal Fontanone del Gianicolo, guardando verso Monte Gennaro (vetta a destra della palma).

Monte Gennaro (1271 m) si erge di 70 pixel sopra la quota del palazzo del Quirinale, che è circa la stessa quota, 70 m, del punto da cui noi stavamo osservando, il Fontanone di Paolo V. La sommità del cumulonembo, che ombreggia completamente Monte Gennaro, dove piove, è a 641 pixel.

Fatta la proporzione (in cui assumiamo che il cumulonembo sia esattamente sopra la verticale di Monte Gennaro) otteniamo: 1200 m: 70 pixel = 10988 m: 641 pixel.

11 km è un valore attendibile per l'altezza del cumulonembo, di cui vedevamo la cupola svettare pochi istanti prima della foto, già nella stratosfera.



A destra della foto si vede già un'incudine che viene verso il Roma, e nella foto delle 16:49, da **piazza Navona**, l'incudine del cumulonembo sta arrivando sopra Roma. Verso le 18:30 l'incudine si era staccata dal cumulonembo e viaggiava verso il mare come era accaduto nei giorni precedenti, senza più minaccia di pioggia.

Ciò che è accaduto in tutte e tre le nostre osservazioni di cumulonembi (25, 29 maggio e 1 giugno 2023) formati sulle montagne, è che essi, arrivati in stratosfera "esplodono" in tutte le direzioni, e non solo dalla parte dove il vento (simulato da meteoblue, vedi video su youtube https://www.youtube.com/watch?v=PSu-_ygLQYw&authuser=0) le porterebbe. Quindi l'incudine si diffonde più o meno radialmente, mentre la pioggia segue i grandi cumuli e rimane sotto il cumulonembo.

In questo modo noi ci siamo sempre ritrovati sotto l'incudine, ma siamo stati risparmiati dalla pioggia.

Verso le 19 alla Mole Adriana abbiamo ricevuto il vento fresco della fine del temporale, proprio come ci era accaduto alle 17 del 29 maggio sul tetto della scuola, segno che le correnti discendenti erano arrivate fino a Roma.

https://www.youtube.com/watch?v=eld9vD-NE_g&authuser=0

I video da satellite ci servono a capire anche quale è il punto dove si è sviluppato il cumulonembo, per controllare che sia effettivamente sulla verticale di Monte Gennaro e non troppo più avanti verso Roma.

7. Onda d'urto del cumulonembo in stratosfera

Quando la nube arriva in stratosfera la sua ascensione viene bloccata e si disperde radialmente, come un esplosione.

La scena da satellite è proprio quella di un'esplosione.

Noi a terra ne vediamo l'onda d'urto, che delimita il "fungo" in stratosfera.

Certe volte, come il 3 giugno 2023, l'effetto è molto spettacolare.



Cumulonembo del 3 giugno 2023 visto dai **Musei Vaticani**, è in direzione Bracciano, sul cui Lago si è formato.

Video https://www.youtube.com/watch?v=o6m89BPH7ro da satellite del Cumulonembo fotografato.

8. Velocità del fulmine da un cumulonembo sui monti Tiburtini

Stavo filmando il tramonto riflesso da un grande cumulonembo, che mi ha accompagnato nel ritorno a casa il 5 giugno 2023.

Il dato che mi interessava era l'istante in cui il colore rosso della nube si spegneva, e quindi valutare l'istante in cui -dalla nube- non si vedeva più *l'arancia rossa rosseggiare sopra i sette colli* (canzone di Antonello Venditti).

Ciò è accaduto alle 20:53:14, che per Tivoli corrisponde ad avere il Sole 2° 50'=170' sotto l'orizzonte.



Poiché la depressione dell'orizzonte in minuti d'arco h[']=√ (h [m]) avremmo $(170')^2$=h[m], cioè h=28900 m. E' troppo. Si vede che il cumulonembo era più vicino di Tivoli. A Roma il Sole era già a -2°38'=158', h=25 km... anche questo risultato teorico è un po' troppo grande rispetto alla realtà.

Con buona pace dell'astronomia di posizione, forse la geometria o l'approssimazione della forma era troppo semplificata per l'altezza della nube. Comunque è una rifrazione superiore ai 2°, come abbiamo osservato questo inverno il 21 febbraio 2023 dalla webcam della scuola di Sci di Assergi sul Gran Sasso con la levata del Sole.



Ma veniamo al punto chiave: **nel filmato ho ripreso un fulmine colossale** ed il suo sviluppo temporale.

Con il primo lampo ha coperto circa 4 km in un solo fotogramma (1/30 s). Questo significa che viaggiava almeno a 120 km/s.

Più lento è il fulmine di ritorno, e più duraturo, fino ad 8 fotogrammi.

Probabilmente è dovuto alla ionizzazione delle molecole d'aria del fulmine, che alle densità della troposfera si ricombinano in 8/30 di secondo= 0.27 s, cioè in meno in 1/3 di secondo ripigliano il loro elettrone dalle molecole vicine, o si ricombinano con altre molecole, per esempio formando Ozono, O_3.

Nel video https://www.youtube.com/watch?v=kW9LhpXu-R0 avete l'esame dei fotogrammi con il fulmine e un "time lapse" dei 6 minuti di video complessivo.

9. La rifrazione dell'atmosfera terrestre e la quota delle nuvole

Quando il Sole ci appare all'orizzonte, alla levata del Sole, i suoi raggi fanno un percorso curvato dall'atmosfera.

Se non ci fosse l'atmosfera non lo vedremmo per ancora 3 minuti circa.

Per questo osservando e cronometrando la levata del Sole sull'orizzonte del mare possiamo misurare la rifrazione dell'atmosfera lungo una linea di vista tangente alla superficie della sfera terrestre.

Stamattina, 7 giugno 2023, ho ripreso la levata del Sole a Pescara con la webcam del terzo piano dell'edificio davanti allo stabilimento "La Prora".
https://www.youtube.com/watch?v=hGwh2GROE2Q

Guardate il video, è commentato con tutti i passaggi che scrivo qui.

Il Sole è spuntato alle 5:26:05.5

Senza atmosfera il lembo superiore del Sole sarebbe stato a 37.6' sotto l'orizzonte

L'altezza della webcam è 12 m, e la depressione geometrica dell'orizzonte 3.5' =radice quadrata(altezza in metri)

La rifrazione netta al livello del mare oggi è 34.1'

La temperatura dell'aria era 21°C, quella dell'acqua 17°C

La pressione atmosferica 1013 hPa, quella lungo la linea di vista oltre l'Adriatico, a Spalato, 1015 hPa

Cosa significa tutto ciò?

Poiché tutte le rette tangenti alla sfera terrestre si comportano allo stesso modo, se conosco la rifrazione netta al livello del mare ho un'idea molto precisa della rifrazione data da metà dell'atmosfera attraversabile da un raggio di luce.

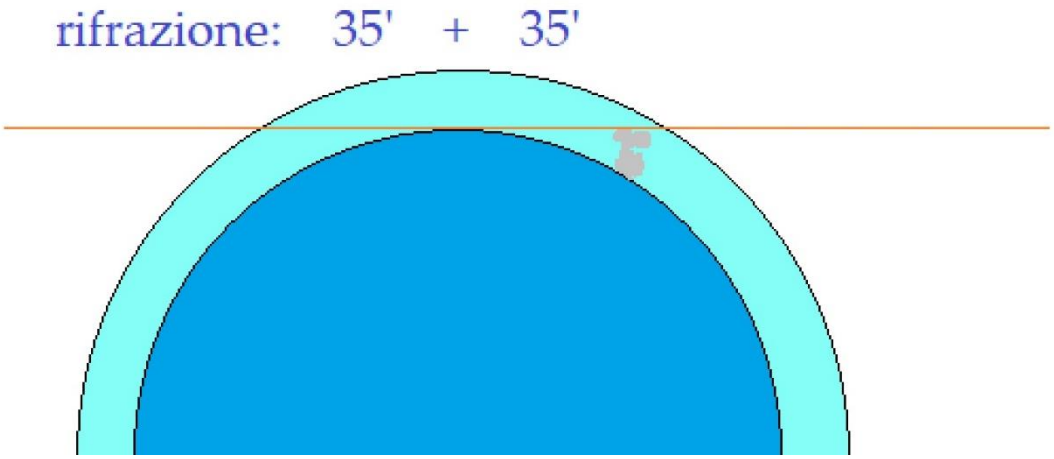
Quando vado ad osservare il tramonto del Sole riflesso da una nuvola che si innalza fino alla stratosfera, come l'altro giorno, posso dire con certezza che la rifrazione agente fino a là sopra non è superiore a 70'.

Siccome il Sole nel luogo sotto quella nube era circa 2°50'=170' sotto l'orizzontale, alle 20:53:14 del 5 giugno, la nube in foto è ancora illuminata dal Sole, possiamo vedere quale sia l'effetto dell'altitudine.

La formula da applicare è la seguente: radice quadrata(altezza in metri)=170' -70'=100' =almeno 10000 m di altezza sopra il livello del mare

Perché ho scritto "almeno"? perché i 70' sono quelli che darebbe tutta l'atmosfera, e per la nube anche in stratosfera ci sarebbe ancora un tratto di atmosfera da completare, perché non si trova nello spazio.

Lo schema che vi ho disegnato rappresenta la Terra, cerchio blu, e l'atmosfera, corona circolare celeste, con una nube e un raggio di Sole tangente alla sfera terrestre.



La rifrazione massima in atmosfera è quella ottenibile nella configurazione disegnata sopra. Poiché è pari a 35’ per il Sole al tramonto, con la luce che attraversa solo metà atmosfera, sarà doppia per tutto il percorso tangente alla superficie terrestre.

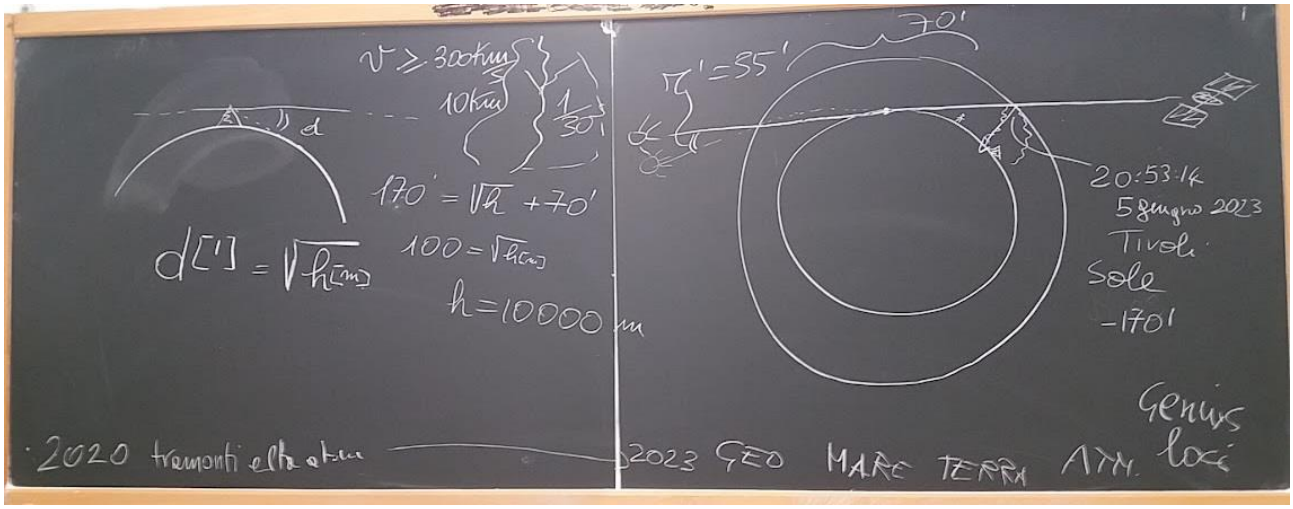
10. Nubi in stratosfera e spirale di Ekman

I bei cumulonembi del 7 giugno 2023, sono stati illuminati fino al tramonto.



Cumulonembo osservato dal **Palazzo Senatorio**, davanti al Foro Romano il 7 giugno.

Con il satellite consultabile con meteoblue abbiamo visto che il Cumulonembo stava sulla verticale di Riofreddo (Roma) e con google maps abbiamo trovato le coordinate 42.06° N e 13° E. Con Stellarium 0.20 si è calcolata la posizione del lembo superiore del Sole da Riofreddo alle 20:54:51 e ho trovato -2°40' =-160' sotto l'orizzonte geometrico.



Schema della rifrazione massima (70') del Sole che illumina le nubi in stratosfera.

Applicando l'equazione √(h)=160'-70'=90' ricavo per la stima dell'altezza della nube h =8100 m. Siccome 70' è la rifrazione massima di tutta l'atmosfera, questo di 90’ è un limite inferiore, ben compatibile con l'altezza della stratosfera sopra i 10 km.

Dalla ripresa da satellite notiamo che il Cumulonembo è spinto verso Est, mentre il cuneo si sviluppa ("si spettina") verso Sud Est.
https://www.youtube.com/watch?v=R9ozA0rMs0c&authuser=1



Cumulonembo e incudine del 7 giugno 2023 dall’**Isola Tiberina**

11. Onde nel cielo e sul fondo del mare

Le onde sulla superficie dell'acqua sono in movimento. Altre onde sembrano, invece, fisse, come quelle sulla sabbia del fondo marino, o sulla spiaggia sotto l'azione del vento, o come quelle in cielo formate dalle nubi.

In realtà *pantha rhei*, tutto si muove e anche in cielo e nel fondo del mare queste ondulazioni si muovono un granello alla volta o tutte insieme.



L'origine della forma di queste nubi deve essere simile a quelle onde fisse che vi ho appena richiamato alla memoria.

Per le onde nel fondo del mare sono le onde marine a produrre un continuo andirivieni dei granelli di sabbia, e la spaziatura tra le strie dipende dall'ampiezza del moto ondoso e dalla profondità; le strie si spostano lentamente.

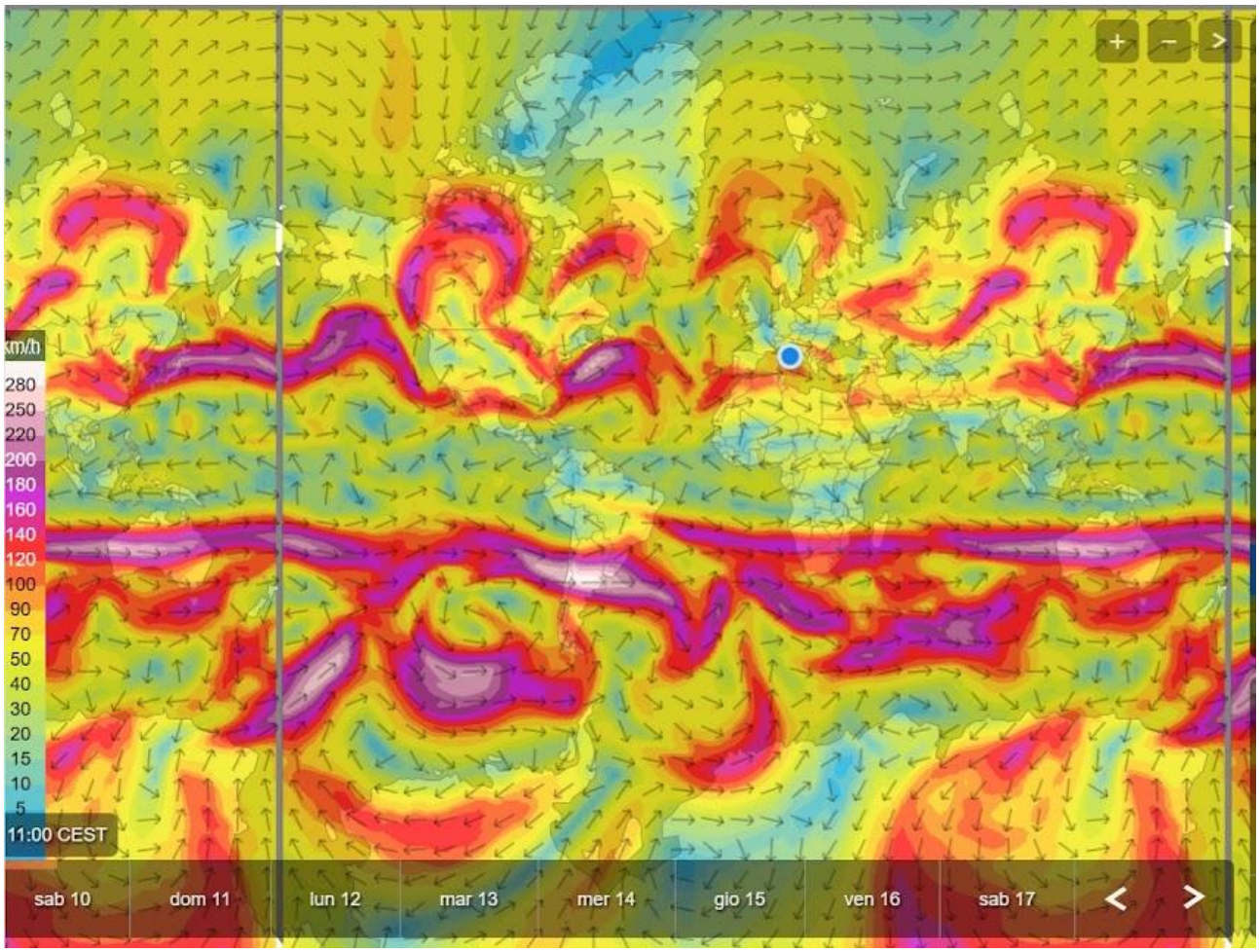
Per le onde sulla sabbia della spiaggia l'agente è il vento, che sposta uno ad uno i granelli facendoli salire sulla dunetta e cadere oltre: i granelli più pesanti cadono più vicino alla sommità e quelli più leggeri vanno più lontano.

Lo ho osservato in uno dei giorni di forte vento, quando se ti stendi sulla sabbia questa ti entra in ogni poro disponibile...

Quindi, per analogia, onde d'aria sono responsabili delle onde sulle nubi.

Noi non vediamo le onde d'aria, ma vediamo come le nubi vengono modellate da loro.

Le lunghezze d'onda passano dalle decine di metri fino alle migliaia di chilometri delle onde planetarie di Rossby https://it.wikipedia.org/wiki/Onda_di_Rossby



L'andamento del Jet Stream il 10 giugno 2023 su tutta la Terra.

Una di queste onde planetarie può decidere a far installare l'anticiclone delle Azzorre oppure quello Africano, perciò sono tenute d'occhio e tramite i loro movimenti si fanno previsioni di massima sul mese prossimo.

12. Overshooting di un Cumulonembo in troposfera

Tempistica di un temporale: L'11 giugno ho ripreso per un'ora le nubi da Ponte S. Angelo, finché mi sono arrivate sopra...dalle 17:47 alle 18:46

https://www.youtube.com/watch?v=DcIgsSOlvzw

il primo tuono alle 19:13

poi la pioggerella, poi torrenziale dalle 20 alle 20:30, poi solo qualche fulmine.

I cumulonembi non sono arrivati in stratosfera, erano bloccati al di sotto, a circa 8-9 km, visto che un aereo ci è passato sopra alle 18:21 andando verso Nord Est.

Mi sono messo a cercare in letteratura cosa impedisce da una nube di salire ulteriormente e ho trovato vari articoli dedicati all'***overshooting***, **lo sconfinamento in stratosfera, delle nubi.**

Gli eventi di overshooting sono più probabili dal tardo pomeriggio alla prima serata ora locale. Questo massimo tardo pomeriggio-prima serata è coerente con il noto ciclo diurno delle precipitazioni continentali della stagione calda.

Sebbene circa la metà degli overshoot raggiunga altitudini di 15 km o più, il numero di eventi di overshooting diminuisce esponenzialmente con l'altezza sopra la tropopausa; ed è raro osservare echi 6 km o più sopra la tropopausa (~321 eventi di superamento in 10 anni). Le cime di eco (lidar) più alte osservate in questo studio hanno raggiunto un'altitudine di 24 km. I picchi di eco elevati sono più probabili a luglio e agosto che a marzo, aprile, maggio o giugno, ma la tropopausa è anche più alta più tardi in estate. Il risultato netto è che più overshoot penetrano in profondità nella stratosfera a maggio e giugno https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017JD027718

Risulta che gli sconfinamenti avvengono più frequentemente di notte.

La tropopausa si trova tra i 10 e i 12 km di quota, più bassa in primavera, più alta d'estate. Quindi gli sconfinamenti in troposfera sono più probabili a maggio-giugno che dopo, per la nostra latitudine. Dai dati pubblicati sul sito di Meteosvizzera si vede che la tropopausa può scendere anche a 6 km.

https://www.meteosvizzera.admin.ch/clima/il-clima-della-svizzera/andamento-annuale-della-temperatura-delle-precipitazioni-e-del-soleggiamento/andamento-annuale-dell-altitudine-della-tropopausa.html

Che sia successo anche oggi sopra Roma? non credo, però se le nubi non salivano più di così c'era un andamento della temperatura-densità dell'aria che le bloccava...a 8 km.

Da Satellite si vede che le nubi non sconfinano ("esplodendo e spettinandosi" come al solito) nella stratosfera, eccetto una sulla Toscana senese. E' difficile capire perché quella è andata in overshooting e sopra Roma no, che invece di solito lo fa.

https://www.youtube.com/watch?v=tLI5Ps_ZQlI

Da Ostia, il 15 giugno 2022, ho ripreso in video questo tipo di nubi da una distanza molto maggiore, e si è vista l'incudine (raggiungimento della stratosfera) e l'overshooting (indicato dalla freccia in foto) della cupola del cumulonembo.



Overshoot a **Ostia** il 15 giugno 2023

https://www.youtube.com/watch?v=9dZIOVCNHBk video a Ostia

L'11 giugno 2023 sull'aeroporto dell'Urbe

METAR LIRU 111750Z VRB08KT 0800 +TSRA FEW010CB OVC020 22/19 Q1011

TSRA=ThunderStorm with RAin alle 19:50 CB=Broken Cumulonimbus, invece TCU=Towering CUmul(onimb)us alle 17:50

è possibile che il cielo e le sue meraviglie lo debbano studiare solo ... i militari?

dobbiamo a loro i METAR di tutti gli aeroporti, e le previsioni del tempo...

13. Sotto il cumulonembo: vento catabatico e temporale

Il 12 giugno 2023 non ci ha preso il cumulonembo sui colli Albani (Sud-Est), che abbiamo visto da lontano sopra Monte Verde, ma quello che veniva da Monte Gennaro (più a Nord Est). Arrivati davanti al Colosseo già gli strati più scuri si estendevano sotto i grandi cumuli torreggianti e bianchissimi. Quegli strati scuri hanno impiegato due ore a coprici e iniziare il temporale con tuoni e fulmini.

https://www.youtube.com/watch?v=ENXz915tT0Y



Le dimensioni dei "nostri" cumulonembi erano circa 25 km di diametro e 5 km d'altezza, arrivando -nella foto delle 15:53- ad almeno 6000 metri. Queste dimensioni le fornisco tenendo presente che monte Cavo, la vetta dei **Colli Albani**, è quasi 1000 m (960 m), e poi facendo le proporzioni con la nuvola che copriva completamente quei rilievi vulcanici.

La traiettoria del baricentro del cumulonembo, se sta proprio sopra di noi, determina l'intensità e la durata della pioggia.

Generalmente è tra 30 e 60 minuti, finché tutta la nube è passata.

Al centro l'intensità delle precipitazioni è verosimile che sia massima.

Stiamo osservando cumulonembi dal 25 maggio 2023. Si sono comportati più o meno nello stesso modo, con gli stessi orari, e con le stesse precipitazioni... non mi sembra che ci sia nulla di anomalo, ma sui giornali continuate a leggere bomba d'acqua e giugno anomalo. Se leggete l'articolo su Leggo ricordatevi che Palombara Sabina è sotto il Monte Gennaro.

È lo stesso monte davanti al quale ho ripreso il fulmine colossale l'altro giorno. Fa cumulonembi tutti i santi giorni...

Bomba d'acqua su Roma. Il maltempo continua a colpire la Capitale. Il temporale di oggi, 12 giugno, arriva da Palombara. Le cause? Probabilmente generato dal "***downdraft***" della cella su Tivoli, ovvero l'aria fredda discendente che si espande ai lati del temporale, incontrando aria calda e umida e generando nuove celle temporalesche anche in direzione contraria alla linea dei venti.

https://www.britannica.com/science/updraft

L'aria fredda del "***downdraft***" noi l'abbiamo sentita sulla piazza del Quirinale.

L'aria calda e umida l'abbiamo sentita benissimo sulla scalinata del Gesù mentre entravamo: le pietre scaldate dal Sole fino a quel momento, appena bagnate evaporavano subito l'acqua.

La linea dei venti l'abbiamo considerata osservando le bandiere che garrivano sul Palazzo del Quirinale e la direzione perpendicolare che prendevano le nubi. L'autore qui intendeva dire che il **vento catabatico** (***downdraft*** detto più elegantemente in greco)

https://it.wikipedia.org/wiki/Vento_catabatico scendeva in direzione radiale dalla sommità del cumulonembo, quindi verso Roma andava in un verso e dall'altro lato in altra direzione.



Overshooting: la foto delle 15:59:01 mostra -proprio sopra la Madonnina- una linea lievemente inclinata che mi sembra un fronte già in stratosfera; i venti tendevano a spostare i cunei verso destra, quindi quello era il fronte diretto verso di noi.

L'**Overshooting** è lo sconfinamento in stratosfera del cumulo.

Oggi abbiamo visto con chiarezza la nube a mensola scura, e leggendo la descrizione della Supercella https://it.wikipedia.org/wiki/Supercella , direi che la abbiamo vista proprio il giorno 25 maggio, lezione d'apertura, quando abbiamo camminato a circa 2-3 km da un muro di nubi lampeggianti, a Villa Pamphili: le caratteristiche erano tutte presenti, compresi i mammatocumuli.

Oggi era un cumulonembo singolo, eppure ha allagato Roma Nord.

Per concludere con una battuta:

La fuga nella Chiesa del Gesù è stata necessaria, perché quando si è sotto un cumulonembo... non ci sono né Santi né Madonne!

14. Passaggio di un Cumulonembo e nubifragio, il 13 giugno 2023

Le condizioni meteo del 13 giugno costituiscono un gran riassunto delle lezioni precedenti: la pressione atmosferica è bassa 1010 mb, e la formazione dei cumulonembi sta avvenendo ovunque: il video da satellite mostra diverse nubi esplodere (notate quella su Olbia in Sardegna che arriva fino a qua con la sua incudine e le due immediatamente a Nord di Roma, che arrivano qua con tutto il cumulonembo).



La shelf-cloud copre il Cupolone di S. Pietro

Da sotto si è sentito tuonare dalle 17, i tuoni sono arrivati più forti alle 17:30 ed erano a 4 km, la ***shelf-cloud*** nera è passata alle 17:50, lasciandosi dietro la parete della cella temporalesca che è arrivata alle 18 con fulmini molto vicini e fino a terra, pericolosi, e ha scaricato pioggia pesantemente fino alle 18:15, segue dalle 18:20-25 la quiete dopo la tempesta.

https://www.youtube.com/watch?v=LeN7yhgH66U

https://www.youtube.com/watch?v=P2uqoi8fIy8

https://www.youtube.com/watch?v=fvMjeIomTHU

https://www.youtube.com/watch?v=cFBL65JKU7g

Il tutto è documentato da video e qualche foto, ma al momento dell'intensificazione mi sono ritirato, per non rischiare di essere fulminato. L'inutilità dell'ombrello rispetto al riparo all'interno è evidente dal video della pioggia con downdraft, che riesce a

scompaginare qualunque ombrello...Ho già sperimentato cumulonembi in azione, da non aver voglia di ripetere gli errori...

La cosidetta "bomba d'acqua" è lo scarico del cumulonembo. Ho filmato da dietro i vetri la fase di nubifragio.



Piegatura della nube a mensola del Cumulonembo.

Morale della favola: quando ci sono in giro cumulonembi e capiamo che ci stanno venendo incontro dobbiamo sapere la loro tempistica. In queste settimane, quelli attorno a Roma, si sono mossi in modi simili. Quando la nube a mensola ci copre ci possono essere alcune gocce di pioggia, ma il guaio è quando passa l'ultima parte della nube a mensola, molto scura e arcuata. Ricordo perfettamente di averla vista a Ostia alcuni anni fa. Dopo dieci minuti venne giù il diluvio, da una zona di cielo non minacciosa come sembrava la nube nera che la precedeva, ma più chiara.

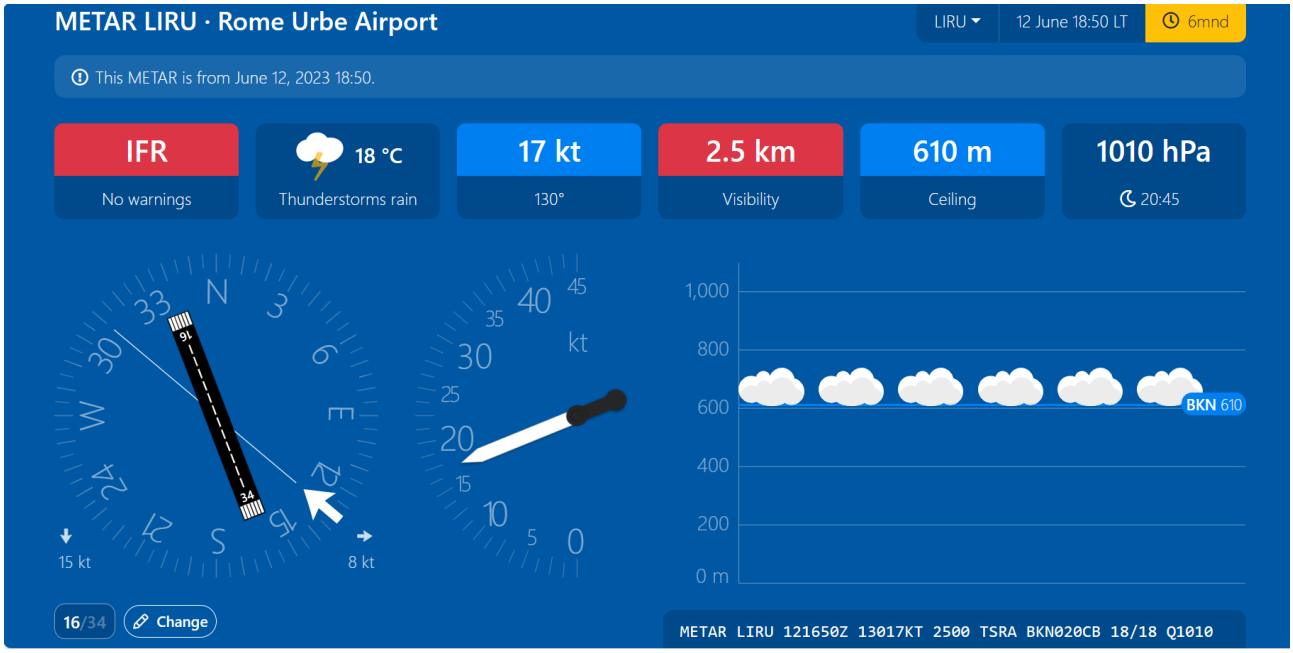
Tanto tuonò che piovve è un proverbio che vi ho ricordato il primo giorno a villa Pamphili, dove eravamo in vista della parete fulminante della cella temporalesca: i tuoni scuotendo l'aria favoriscono l'avvicinamento tra le goccioline nelle nubi e la loro caduta come pioggia, con un evento a cascata. A Lanciano avevo capito questo con i fuochi artificiali, i cui botti hanno indotto la pioggia da un sistema di nembostrati quiescenti.

Quindi conviene trovare un luogo sicuro nei 10-20 minuti prima della tempesta, e poi aspettare almeno mezz'ora che passi, sapendo che anche a san Francesco d'Assisi insieme a frate Leone fu chiusa la porta in faccia in una notte di tormenta.

Leggetevi il testo della Perfetta Letizia dai Fioretti di san Francesco e ditemi se non vi viene in mente qualcosa che è capitato pure a noi! Link in allegato.

Nella festa di sant'Antonio, francescano della prima ora anche lui, ci sta bene!

https://online.scuola.zanichelli.it/letterautori-files/volume-1/pdf-online/4-fioretti.pdf



https://metar-taf.com/metar/LIRU.20230612.1650

Il METAR dell'Aeroporto dell'Urbe il pomeriggio del 12 giugno 2023. L'avviso in codice CB riguarda il Cumulonembo, rotto a 610 m o 2000 piedi. Si è ripetuto il 13 giugno: https://metar-taf.com/metar/LIRU.20230613.1550 con 1009 hPa e CB.

15. La Termodinamica dei temporali: "effetto aria condizionata"

Il regime ciclico evaporazione-nubi-temporale viene interrotto dall'alta pressione, per lo meno per la città di Roma. In montagna questo fenomeno accade praticamente sempre, per questo raccomandano, oltre a considerare le previsioni generali -in montagna- di uscire presto la mattina e rientrare presto al pomeriggio, perché la formazione dei cumuli è favorita dalla bassa pressione atmosferica.

Aria condizionata con i temporali.

Prendiamo il giorno 10 giugno 2023 all'aeroporto di Ciampino LIRA tra le 13:50 (27°C) e le 18:50 (25°C) o le 19:50 (24°C). In quelle sei ore la temperatura è scesa di 3°C. Non c'è stato temporale.

Adesso prendiamo la stessa fascia oraria all'aeroporto dell'Urbe LIRU il giorno 11 giugno tra le 13:50 (29°C) e le 18:50 (18°C). La temperatura è scesa di 11°C.

Senza temporale sarebbe scesa di max 3°C, quindi l'aria -per effetto del temporale- si è raffrescata, tutta, di almeno 8°C.

Quanta energia ci vuole per rinfrescare di 8°C l'intero ambiente?

Certamente molta. Supponiamo che l'area interessata da questo cambiamento di temperatura sia stata 10 km quadrati per 1 km di altezza, cioè 10 km cubi. La capacità termica dell'aria è 0.25 cal/g/°C, e la densità è circa1 kg/metro cubo.

Passando ai km cubi abbiamo circa 20 miliardi di calorie, ossia 300 mila Kilowattora, per usare una unità di misura da bolletta della luce.

Tutta questa energia da dove viene? in ultima origine sempre dal Sole, e la fisica dell'acqua permette la realizzazione di un ciclo termodinamico tra suolo e stratosfera capace di trasferire queste energie e anche di più grandi, nel caso più grande degli uragani (vedi articolo di Kerry Emanuel, 2006). Le due sorgenti termiche sono la base a 27°C=300 K e la stratosfera 100°C più fredda (200 K).

https://pubs.aip.org/physicstoday/article/59/8/74/398244/Hurricanes-Tempests-in-a-greenhouse-Greenhouse

L'efficienza massima di questo motore termico è 1-2/3=33%, quindi l'energia presente in calore si può trasformare solo al 33% in energia meccanica, quindi in vento. Grazie alla fisica dell'acqua e alla turbolenza questa trasformazione non avviene al massimo teorico disponibile, come invece tende ad accadere su Marte, e i venti non raggiungono velocità allucinanti. Su Marte la densità atmosferica è 1/100 della nostra e quindi le energie in gioco

sono minori delle nostre, anche se le tempeste di polvere possono essere tranquillamente globali e durature.

Su Marte è lo sbilanciamento di temperatura tra due zone del pianeta, o tra due emisferi, che scatena la tempesta.

Sulla Terra è quando è forte il gradiente di temperatura tra la base dell'atmosfera e l'aria in quota (maggiore di 8°C al kilometro). Questo gradiente può essere misurato da palloni sonda, e forse ne abbiamo osservato uno passare proprio davanti al Sole il 12 maggio scorso alle 9:28.

Passi concettuali successivi: dobbiamo capire quanto sia l'energia a disposizione a partire dal gradiente stimato base-troposfera. Per ora sembra che quella di 20 miliardi di calorie possa essere l'energia ricavata, e quindi quella a disposizione sui 100 miliardi di calorie... vedremo se è vero.

Si deve continuare a studiare!

https://metar-taf.com/metar/LIRU.20230612.1150

https://metar-taf.com/metar/LIRU.20230612.1650

16. Era un Cumulonembo o no?



Sicuramente quello del 16 giugno nel tardo pomeriggio non è stato temporalesco, ma l'aspetto era quello di un'incudine già arrivata in stratosfera, sopra San Pietro.

Questi i dati meteo all'aeroporto dell'Urbe.

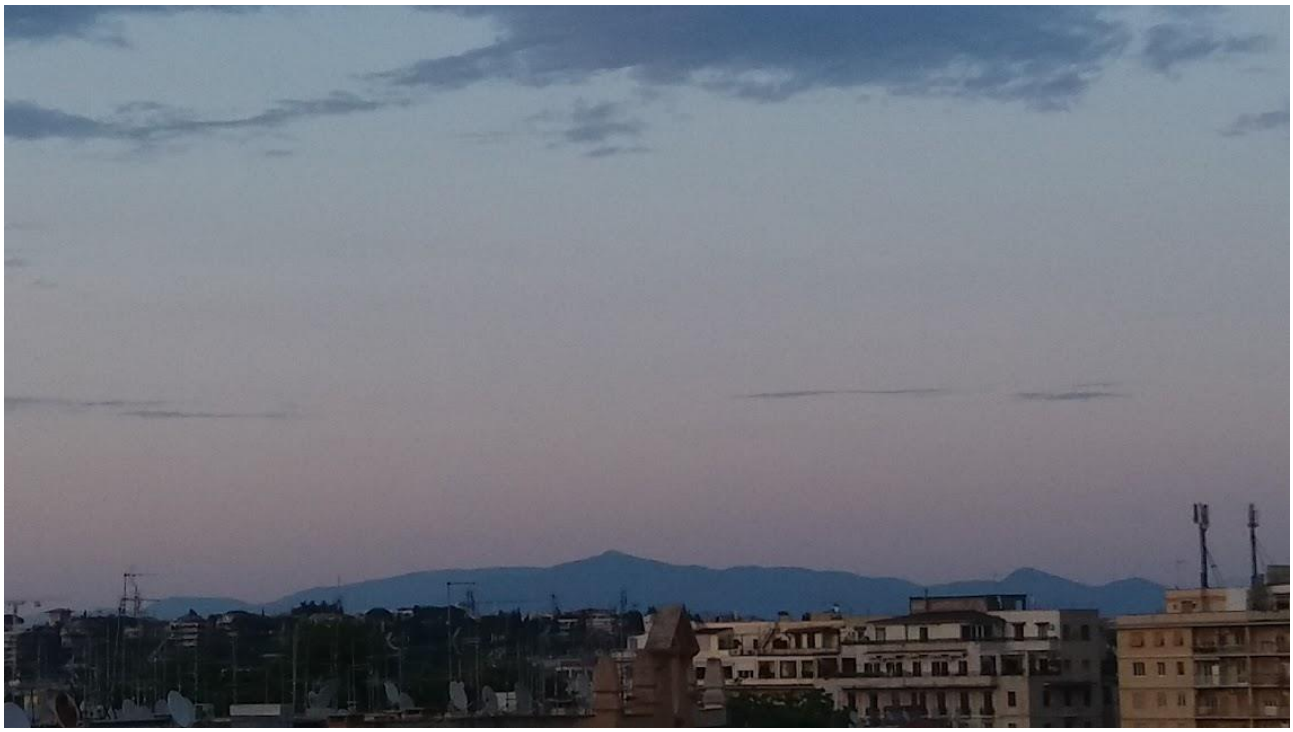
METAR LIRU 161750Z 32008KT CAVOK 26/11 Q1011

è un cumulonembo o no?

Sembrerebbe la sua incudine un po' spettinata, e da satellite c'è qualcosa di simile ad un'esplosione in stratosfera

Oggi, comunque, la situazione è stata molto più calma e l'umidità relativa è del 39%, molto bassa (26 °C di temperatura e 11°C di temperatura di rugiada).

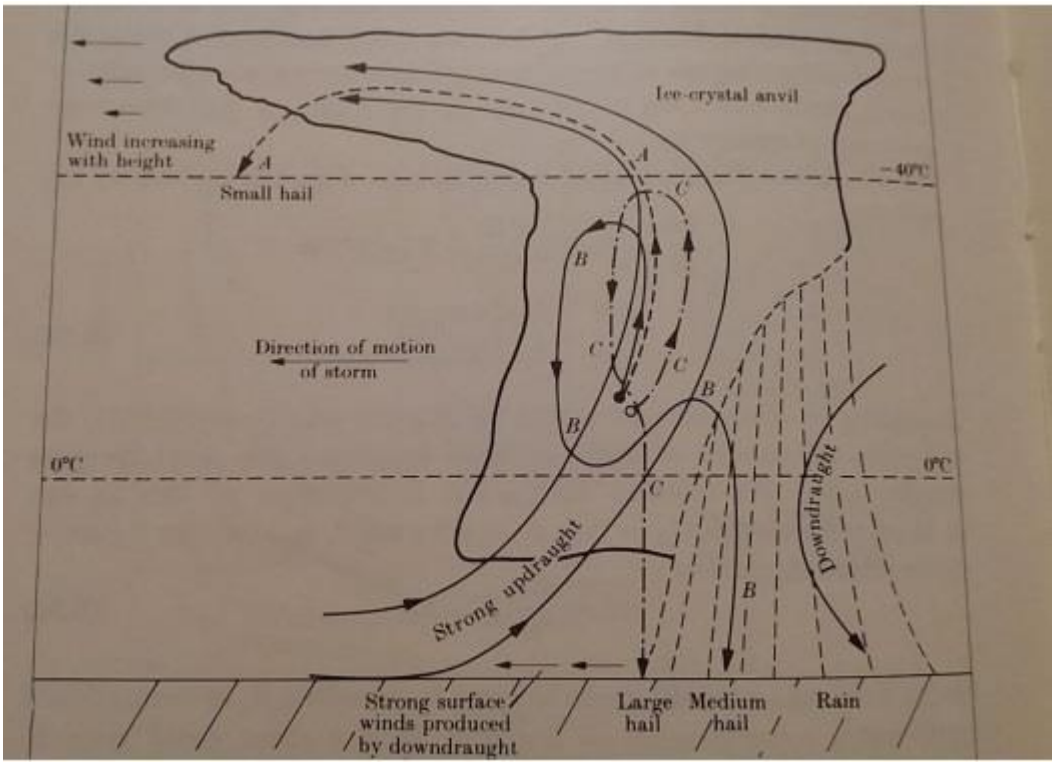
La visibilità questa sera era massima, con tutti i monti avvistabili (80 km almeno).



Monte Gennaro al tramonto del 16 giugno 2023.

Magari avessimo un'estate con questi valori di umidità...anche le punte di 28°C-30°C come oggi sarebbero perfettamente sopportabili, e anche temperature più alte.

17. Referenze Utili



Fisica della Nubi, B. J. Mason, Oxford (1971)

http://www.icra.it/gerbertus/2023/Gerb-19-2023-Mason-CloudsPhysics-181-296.pdf

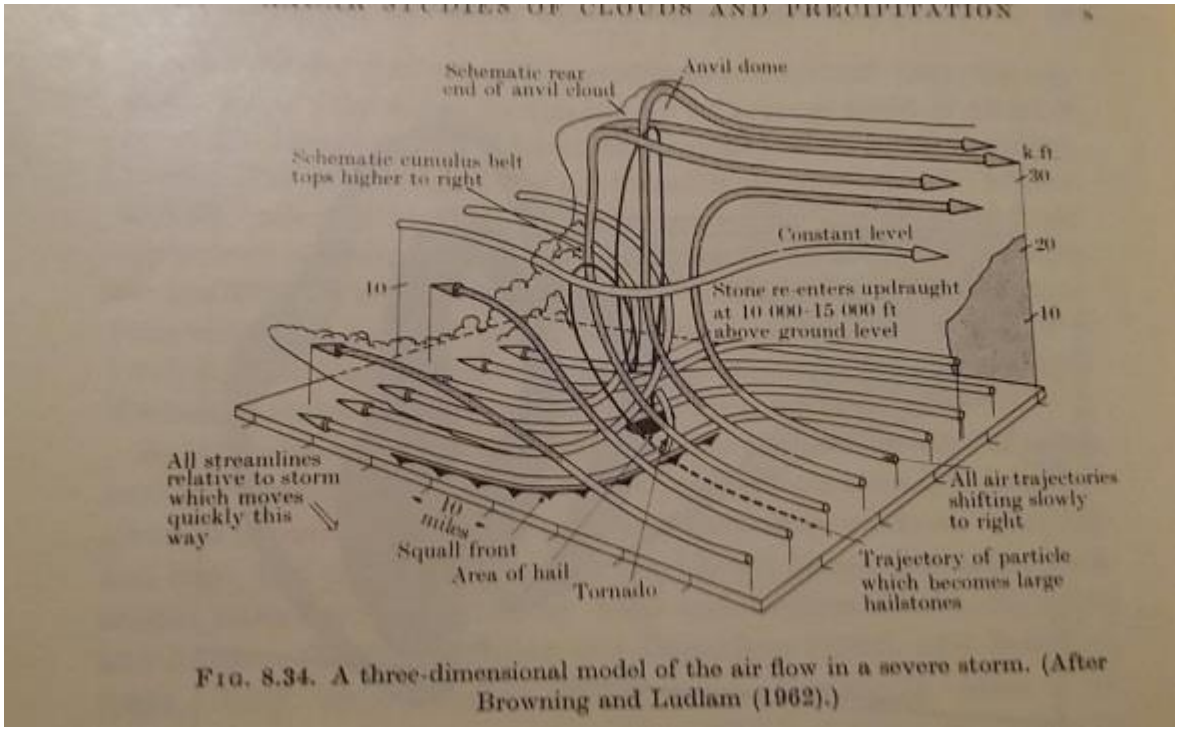
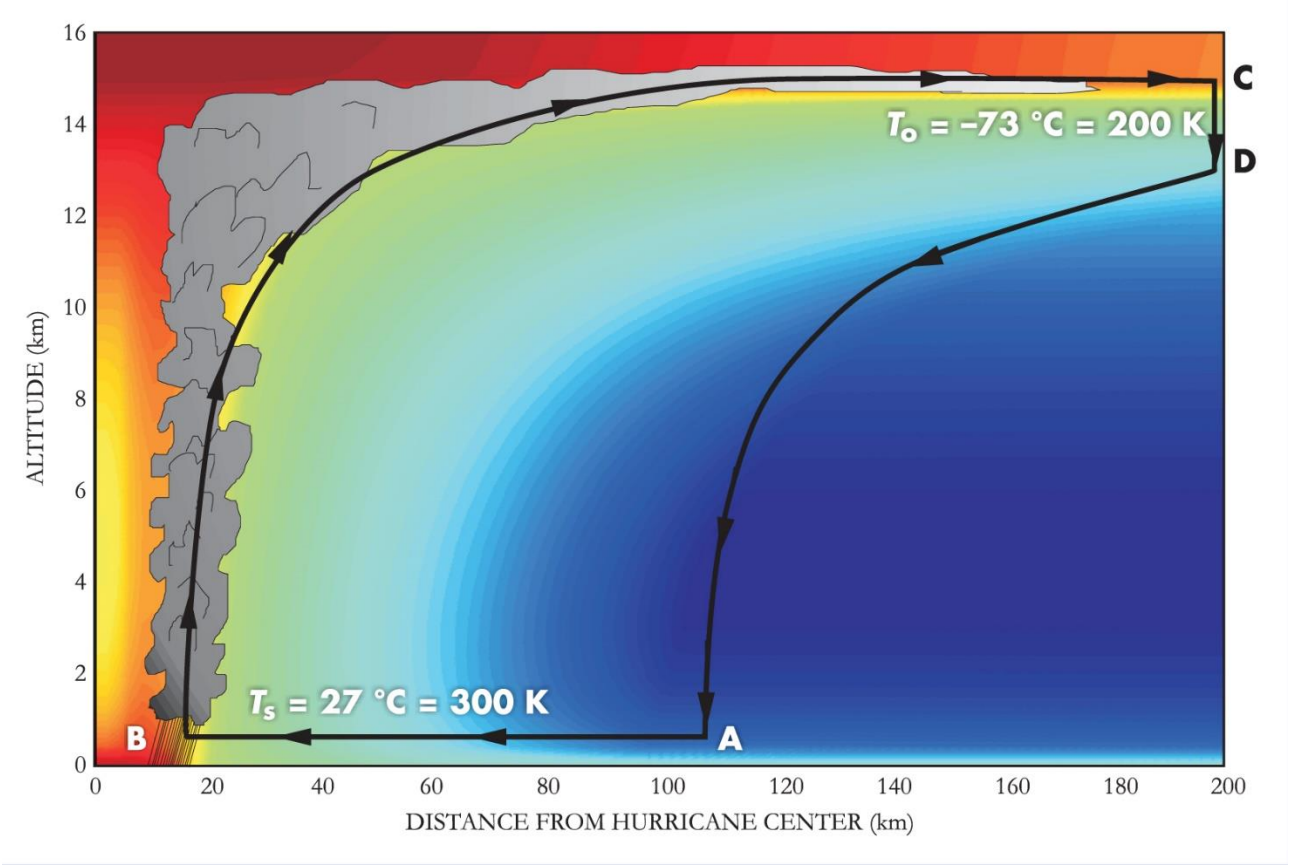


FIG. 8.34. A three-dimensional model of the air flow in a severe storm. (After Browning and Ludlam (1962).)

Fisica della Circolazione dell'Atmosfera, Palmén e Newton, Academic Press (1969).

http://www.icra.it/gerbertus/2023/Gerb-19-2023-PalmenNewton-ConvectiveClouds-127-180.pdf



Kerry Emanuel, *Uragani come Macchine Termiche*,

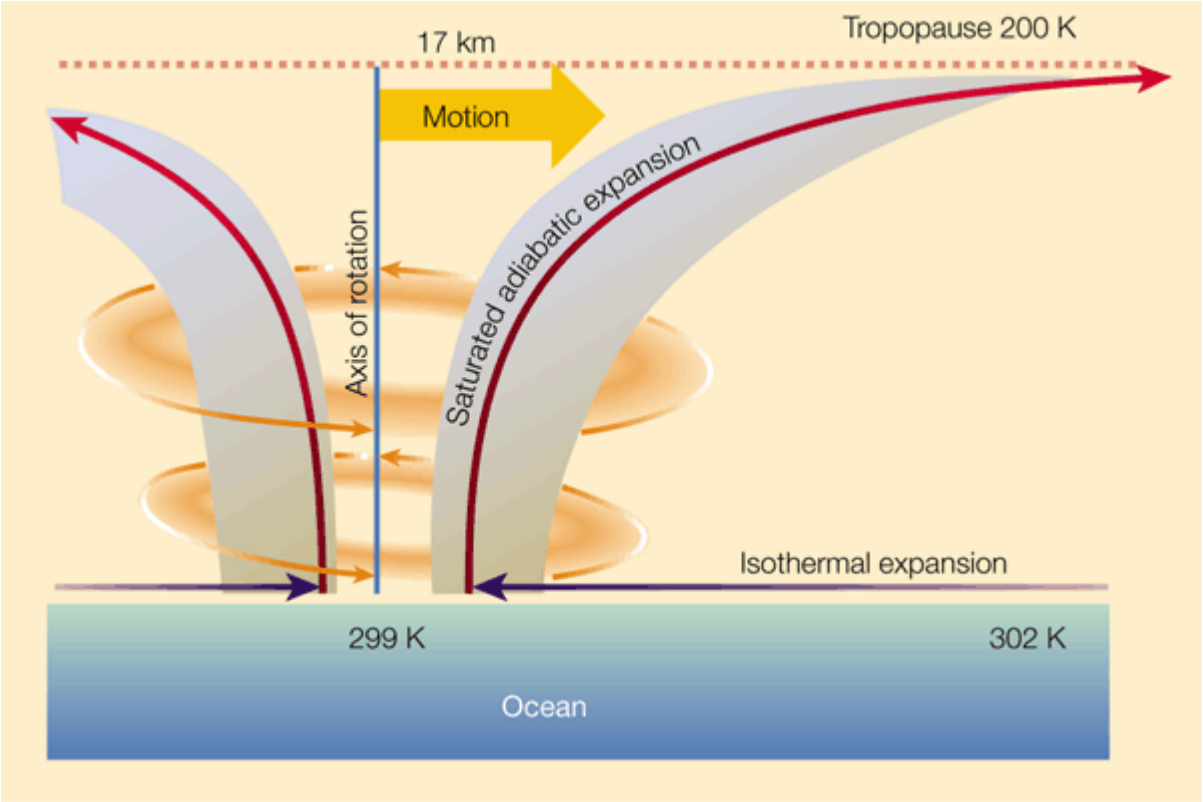
https://pubs.aip.org/physicstoday/article/59/8/74/398244/Hurricanes-Tempests-in-a-greenhouse-Greenhouse

Vincenzo Levizzani, Piccolo Manuale di Cercatori di Nuvole, Il Saggiatore 2022

https://www.ilsaggiatore.com/libro/piccolo-manuale-cercatori-di-nuvole

Sarah Zambelli e Susy Zanella, Il Nuvolario Atlante delle Nuvole, Nomos Edizioni 2020

https://www.libriebambini.it/2930/nuvolario-sarah-zambello/ realizzato ottimamente e adatto anche agli adulti interessati.



Struttura di un Uragano, che replica in grande ciò che accade in un Cumulonembo.

Sommario

Nessuna voce di sommario trovata.