

URAGANI

La formazione degli Uragani è dovuta fondamentalmente alla forte evaporazione di vaste superfici come quelle degli oceani, per effetto del riscaldamento solare, ed al moto rotatorio della Terra.

La rotazione della Terra imprime alle masse ascensionali di vapore sia un'accelerazione centrifuga che una orizzontale di Coriolis.

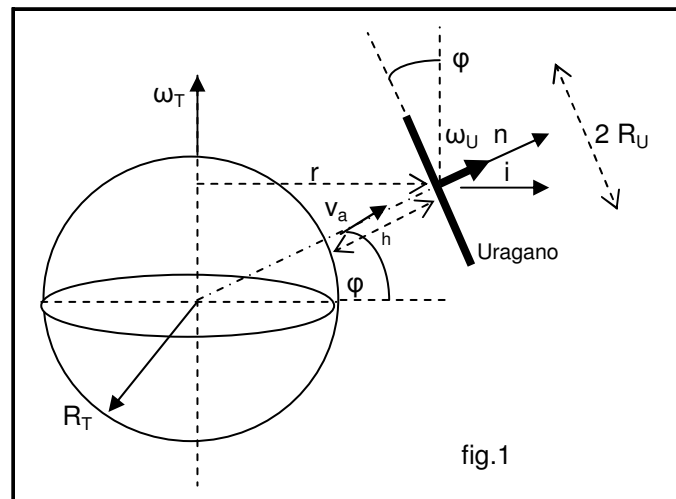
Detta $\vec{\omega}_T$ la velocità angolare della Terra, R_T il suo raggio ed \hat{i} il versore normale all'asse di rotazione, l'accelerazione centrifuga è, vedi fig.1,:

$$a_c = \omega_T^2 r \hat{i} \quad (1.)$$

mentre quella di Coriolis è:

$$a_{Coriolis} = 2 \vec{v} \times \vec{\omega}_T \quad (2.)$$

dove \vec{v} è la velocità ascensionale v_a della massa d'aria od anche, come vedremo in seguito, la velocità radiale $v_{U,r}$ dell'Uragano.



La velocità ascensionale dell'aria v_a , dovuta alle differenze di densità nelle masse d'aria a contatto con la superficie del mare a temperatura T_m e ad alta quota a temperatura T_{aq} , è calcolabile con la seguente espressione:

$$v_a = \frac{1}{2} \sqrt{2gh \frac{\rho_{aq} - \rho_m}{\bar{\rho}}} \cong \frac{1}{2} \sqrt{2gh \frac{T_{aq} - T_m}{\bar{T}}} \quad (3.)$$

dove $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità, $h \cong 2000 \text{ m}$ la quota delle masse d'aria a densità ρ_{aq} , ρ_m la densità delle masse d'aria alla superficie del mare, $\bar{\rho}$ e \bar{T} rispettivamente la densità e la temperatura media delle masse d'aria.

Ipotizzando per le temperature assolute i seguenti valori:

$$\begin{aligned}
 T_{aq} &= 273^\circ K \\
 T_m &= 300^\circ K \\
 \bar{T} &= \frac{300 + 273}{2} = 286.5^\circ K
 \end{aligned}
 \tag{4.}$$

abbiamo:

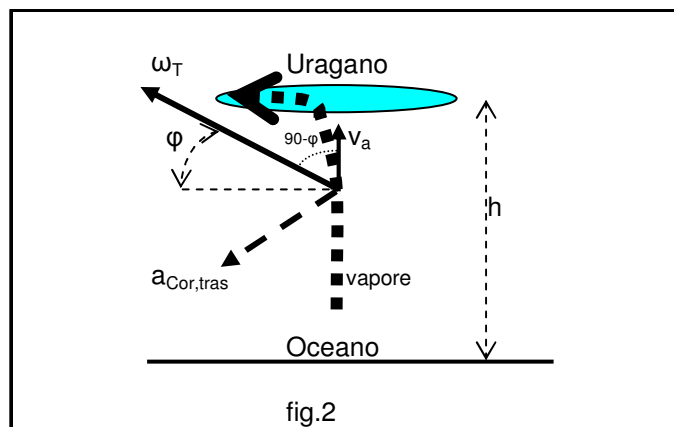
$$v_a = \frac{1}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 2000 \cdot \frac{300 - 273}{286.5}} = 30 \text{ m/s} = 110 \text{ km/h}
 \tag{5.}$$

essendo trascurabile il contributo alla velocità ascensionale dell'accelerazione centrifuga che è dell'ordine di:

$$v_{a,centrifuga} \cong 2 \text{ m/s}
 \tag{6.}$$

Con riferimento alla fig.2, ipotizzando una quota dell'Uragano $h = 5000 \text{ m}$, abbiamo un tempo ascensionale t_a uguale a:

$$t_a = \frac{h}{v_a} = \frac{2000}{30} = 66 \text{ s}
 \tag{7.}$$



La velocità orizzontale di traslazione della corrente ascensionale è, utilizzando la (2.) e con riferimento alla fig.2,:

$$v_{a,t} = a_{Cor,tras} \cdot t_a = 2 v_a \omega_T \sin(90 - \varphi) \cdot \frac{h}{v_a} = 2 \omega_T \cos \varphi h = 2 \cdot 7.3 \cdot 10^{-5} \cdot \cos 15^\circ \cdot 5000 = 1 \text{ m/s} = 3 \text{ km/h}
 \tag{8.}$$

essendo $\omega_T = 7.3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$ la velocità angolare della Terra e $\varphi = 15^\circ$ la latitudine ipotizzata della zona in cui si sviluppa l'Uragano.

Ma in prossimità della zona di accumulo di vapore (massa dell'Uragano) la corrente ascensionale devia in direzione orizzontale per cui la velocità di traslazione dell'uragano è:

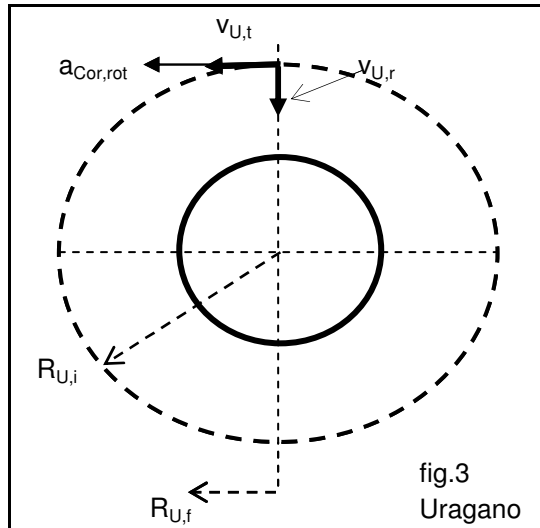
$$v_U \cong v_a
 \tag{9.}$$

Per conoscere la velocità angolare dell'Uragano ω_U procediamo come segue.

La fig.3 rappresenta, in pianta, l'evoluzione dell'Uragano il quale, per azione di forze elettriche attrattive, si contrae dalla fase iniziale con raggio $R_{U,i}$ a quella finale con raggio $R_{U,f}$ (raggio

medio $\overline{R_U} = \frac{R_{U,i} + R_{U,f}}{2}$) in un intervallo di tempo $t_{i,f}$ e con una velocità radiale

$$v_{U,r} = \frac{R_{U,i} - R_{U,f}}{t_{i,f}} . \quad (10.)$$



Durante tale evoluzione si sviluppa la seguente accelerazione di Coriolis:

$$a_{Coriolis,rot} = 2 v_{U,r} \omega_T \text{ sen } \varphi \quad (11.)$$

che imprime un moto rotatorio all'Uragano la cui velocità angolare è:

$$\omega_U = \frac{a_{Coriolis,rot} \cdot t_{i,f}}{\overline{R_U}} = 2 \frac{R_{U,i} - R_{U,f}}{t_{i,f}} \omega_T \text{ sen } \varphi \cdot t_{i,f} \cdot \frac{2}{R_{U,i} + R_{U,f}} = 4 \omega_T \text{ sen } \varphi \cdot \frac{R_{U,i} - R_{U,f}}{R_{U,i} + R_{U,f}} \quad (12.)$$

Ponendo $R_{U,i} = 3R_{U,f}$ abbiamo $\frac{R_{U,i} - R_{U,f}}{R_{U,i} + R_{U,f}} = \frac{1}{2}$ per cui la (12.) diviene:

$$\omega_U = 2 \omega_T \text{ sen } \varphi = 4 \cdot 10^{-5} \text{ rad / s} \quad (12'.)$$

e la velocità rotatoria dell'Uragano è:

$$v_{U,t} = \omega_U \cdot R_{U,f} = 70 \text{ km / h} \quad (13.)$$

In tabella 1 sono riassunti i valori delle grandezze sopra riportate.

Tabella 1				
$T_{terra} =$	86400	s		
$\omega_{Terra} = \omega_T =$	7,3E-05	rad/s		
$R_{Terra} = R_T =$	6378000	m		
$v_{Uragano} = v_U =$	3	km/h	1	m/s
$R_{uragano, iniziale} = R_{U,i} =$	1200	km	1200000	m
$R_{uragano, finale} = R_{U,f} =$	600	km	600000	m
$R_{uragano, medio} = R_{U,m} =$	900	km	900000	m
tempo da $R_{U,i}$ a $R_{U,f} = t_{if} =$	4	giorni	345600	s
$H_{uragano} = H_U =$	5	km	5000	m
$a_{Coriolis, tras} = 2 \omega_T v_a \text{sen}(90-\varphi) =$	7E-03	m/s ²		
$a_{Coriolis, rot} = 2 \omega_T v_{U,r} \text{sen}\varphi =$	7E-05	m/s ²		
$\mu_{aria} = \mu_a =$	2E-05	kgm ⁻¹ s ⁻¹		
$\rho_{aria} = \rho_a =$	1,29	kg/m ³		
$T_{mare} =$	300,	°K		
$T_{a,1000} =$	273,	°K		
$T_{media} =$	286,5	°K		
$\varphi =$,26	rad	15	gradi
$\text{sen } \varphi =$,26			
$\text{cos}\varphi =$,97			
$\omega_U = 2 \omega_T \text{sen}\varphi =$	4E-05	rad/s		
$v_{Uragano, tangenziale} = v_{U,t} = \omega_U R_{U,f} =$	81	km/h	23	m/s
$t_a = H_U/v_a =$	104	s		
$v_{ascensionale} = v_a = 0.5(2gH(T_{mare} - T_{a,1000})/T_{media})^{0.5}$	173	km/h	48	m/s
$v_{a,t} = 2 \omega_T \text{cos}\varphi H_U =$	3	km/h	1	m/s
$v_{U,r} = (R_{U,i} - R_{U,f})/t_{i,f} =$	6	km/h	1,7	m/s
$v_{ascensionale, centrifuga, max} = \omega_T^2 R_T H_U/v_a =$	13	km/h	3,5	m/s