

HURIKÁN

V televíznych správach i na prvých stranách novín sa často objavujú titulky typu: Južná Florida opäť postihnutá silným hurikánom. Alebo: V Indii spôsobil tajfún katastrofálne škody. Že ide o rozsiahle búrky majúce ničivý vplyv na ľudskú infraštruktúru, ako aj na okolitú vegetáciu, je všeobecne známe. Viete, aký je rozdiel medzi hurikánom a tajfúnom? Ako a kde takéto búrky vznikajú, aké sú rozsiahle a ako sa predpovedajú?

Ďaleko od Slovenska, kdesi v tropických oblastiach nad masami teplej vody, vznikajú *tropické cyklóny*. Pod týmto názvom sa skrýva búrkový systém charakterizovaný nízkym tlakom v jeho strede, veľmi silnými vetrami a výdatnými lejakmi často spôsobujúcimi záplavy. Ako každá búrka, aj tropický cyklón môže mať rôznu silu.

Najmenej silnou formou tropického cyklónu je *tropická depresia*. Je to búrkový systém, ktorý zvyčajne nemá špirálovitý tvar vyskytujúci sa u silnejších tropických búrok. Pri klasifikácii jednotlivých foriem tropického cyklónu sa používa pojem maximálny ustálený vietor. Ten sa meria v miestach najsilnejších vetrov. Podľa metodiky Svetovej meteorologickej organizácie sa rýchlosť ustáleného vetra meria 10 minút vo výške 10 metrov nad zemou. Týchto meraní sa urobí niekoľko a z nich sa vypočíta priemerná rýchlosť, ktorá sa potom nazýva rýchlosť ustáleného vetra. Počas tropickej depresie nesmie rýchlosť ustáleného vetra prevyšovať hodnotu 63 km/h. Nebýva špeciálne organizovaná. Pomenovanie „depresia“ získala kvôli svojmu nižšiemu tlaku.



Tropická depresia



*Špirálovitý tvar tropickej búrky
Emília*

Ak ustálený vietor počas tropického cyklónu dosahuje rýchlosť medzi 63 km/h a 118 km/h, ide o stredne silnú formu tropického cyklónu, ktorá sa nazýva *tropická búrka*. Je to organizovaný búrkový systém, v ktorom sa začína vyvíjať jeho typicky špirálovitý tvar.

Pri najsilnejšej forme tropického cyklónu je rýchlosť ustáleného vetra aspoň 118 km/h. Jej pomenovanie

sa v rôznych kútoch sveta líši. Ak vznikla v severovýchodnej časti Tichého oceánu alebo v severnej časti Atlantického oceánu, nazýva sa *hurikán*. Ak v severozápadnej časti Tichého oceánu, nazýva sa *tajfún*. Z meteorologickej stránky nie je žiaden rozdiel medzi tajfúnom a hurikánom. Na južnej pologuli sa napríklad pomenovanie hurikán alebo tajfún vôbec nepoužíva. Tropický cyklón tam nazývajú jednoducho „tropický cyklón“ a podľa jeho intenzity ho pomenovávajú ako mierny/prudký/intenzívny/veľmi intenzívny. Pôvod slova hurikán nie je celkom jasný. Je možné, že pochádza zo slova „hurucane“. V jazyku indiánskeho kmeňa Taino (Arawakovia) znamená „diabolský duch vetra“.

Iná alternatíva hovorí, že je odvodené z iného indiánskeho slova, konkrétne zo slova „Huracan“ – tak nazývali Mayovia svojho boha vetra, búrky a ohňa.

Najsilnejšia forma tropického cyklónu nadobúda tvar obrovského víru s charakteristickým stredom rotácie uprostred – takzvaným okom. V ňom prekvapivo panuje relatívny pokoj, bezoblačno a nízký tlak. Dokonca také nízky, že patrí medzi najnižšie tlaky vyskytujúce sa na zemskom povrchu pri hladine mora. Ak sa oko hurikánu nachádza nad vodnou plochou, jej hladina môže byť extrémne búrlivá. Oko vyzerá pri pohľade zhora zvyčajne ako kruh s priemerom od 3 do 370 kilometrov. V skutočnosti je to oblasť podobná valcu. Čím bližšie sa blížíme k stenám oka, tým sú búrky silnejšie. Tesne okolo nich rotujú najsilnejšie búrky s najvýdatnejšími zrážkami a najsilnejšími vetrami. U niektorých cyklónov sa stáva, že sa horné časti zvislej steny oka navrchu zakrivia. (Môžeme si to predstaviť, ako keď z konca valca vznikne jeho „zaoblením“ v hornej časti pologuľa.) Tento jav sa zvykne niekedy nazývať efekt štadiónu, pretože oko nadobudne tvar pripomínajúci futbalový štadión. Silný tropický cyklón rotuje na severnej pologuli proti smeru otáčania hodinových ručičiek, na južnej pologuli v smere ich otáčania. Klasifikáciu tropických cyklónov podľa veľkosti môžeme vidieť v nasledujúcej tabuľke:



Hurikán Daniel

| Veľkosť (priemer) | Typ tropického cyklónu |
|-----------------------|------------------------|
| Do 444 km | Veľmi malý |
| Od 444 km do 666 km | Malý |
| Od 666 km do 1332 km | Priemerný |
| Od 1332 km do 1776 km | Veľký |
| Od 1776 km | Veľmi veľký |

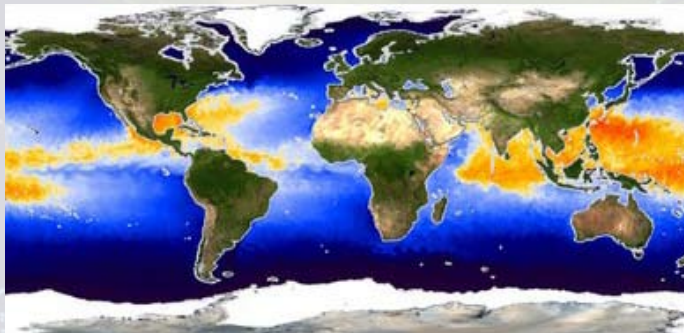
Slovensko sa rozprestiera na území približne 50 tisíc kilometrov štvorcových. Veľmi veľký tropický cyklón pokryje vyše 50-násobok tejto plochy – vyše 2,5 mil. kilometrov štvorcových. Inou možnosťou ako demonštrovať ich veľkosť, je pohľad na Zem. Na obrázku môžeme sledovať špirálovitý tvar hurikánu Andrew v Mexickom zálive v blízkosti Floridy.



*Hurikán Andrew
v Mexickom zálive*

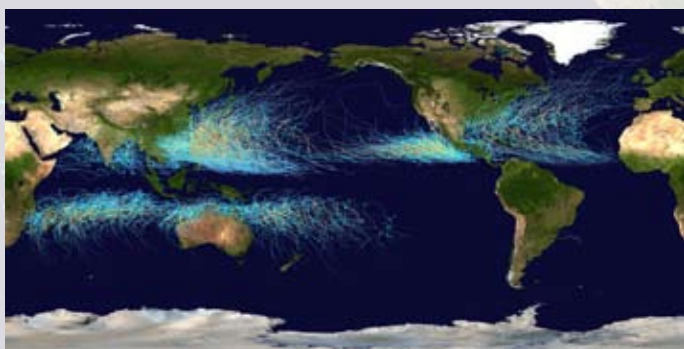
Najväčšie tropické cyklóny sa zvyčajne vyskytujú v severozápadnej časti Tichého oceánu, zatiaľ čo v Atlantickom oceáne sú približne dvakrát menšie. Najväčším dosiaľ zaznamenaným tropickým cyklónom bol tajfún Tip, ktorý sa v roku 1979 prehnal severozápadným Tichým oceánom, s priemerom vyše 2 000 kilometrov.

Ako presne vzniká tropický cyklón, sa zatiaľ presne nevie. Aby mohol vzniknúť, musia byť na to vhodné podmienky – dostatočne vysoká teplota vody, dostatočné klesanie teploty so vzrastajúcou výškou, vysoká vlhkosť vzduchu, malé vertikálne rozdiely v rýchlosti a smere vetra na pomerne krátke vzdialenosti, dostatočná vzdialenosť miesta jeho vzniku od rovníka a dostatočne nestabilné počasie. Splnenie všetkých týchto podmienok však vznik tropického cyklónu nezaručuje. Občas dochádza k jeho vzniku bez toho, aby boli všetky tieto podmienky naplnené. Najdôležitejším faktorom pri vzniku tropických cyklónov je dostatočne vysoká teplota vody. Tá musí dosahovať aspoň 27,8 °C aspoň do hĺbky 50 metrov. Táto teplota je relatívne vysoká – priemerná teplota morí a oceánov je 16,1 °C.



Farebné znázornenie oblastí, kde teplota vody presiahla hodnotu 27,8°C. (Merané v období od júna 2002 do septembra 2003.)

Ak sú rozdiely v rýchlosti a smeroch vetra výrazné, môžu narušiť štruktúru vznikajúceho tropického cyklónu, čím zastavia jeho vývoj. Miesto vzniku cyklónu musí byť aspoň 500 km od rovníka. Na vytvorenie a udržanie špirálovej štruktúry hurikánu je potrebná dostatočne veľká Coriolisova sila, ktorá je v oblasti rovníka slabá (preto sa v tejto oblasti tropické cyklóny nevyskytujú). Na obrázku nižšie sú vyznačené pohyby všetkých tropických cyklónov, ktoré vznikli v rokoch 1985 až 2005. V oblasti rovníka neboli žiadne tropické cyklóny zaznamenané. Vznikajú takmer výhradne v tropických oblastiach. To je aj dôvod, prečo sa tieto cyklóny volajú „tropické“.

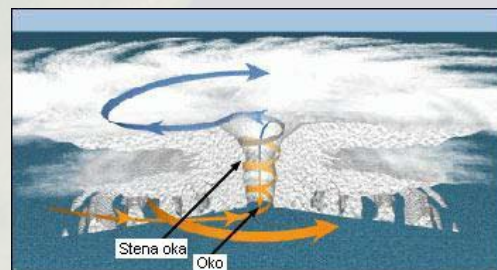


Proces vzniku cyklónu začína Slnko ohrievaním a odparovaním morskej vody. Pri povrchu mora vzniká vlhký zohriaty vzduch. Výrazný rozdiel teploty medzi ohriatym vzduchom pri hladine mora a chladnejšími vyššími časťami atmosféry spôsobuje vertikálne prúdenie – teplý vlhký vzduch stúpa nahor. Bez tohto teplotného rozdielu by bol vznik hurikánu nepravdepodobný. To je dôvod, prečo medzi vyššie uvedenými predpokladmi vzniku hurikánu bola uvedená podmienka dostatočne rýchlo klesajúcej teploty so vzrastajúcou výškou. Aj predpoklad dostatočnej teploty mora prispieva k tomuto rozdielu teplôt. Navyše sa teplejšia voda ľahšie vyparuje. Ako vlhký vzduch stúpa nahor do chladnejších vyššie položených častí atmosféry, ochladzuje sa. Vodná

para v ňom obsiahnutá postupne kondenzuje, čím sa uvoľňuje teplo. Toto uvoľnenie spôsobí jednak rýchlejšie vetry, jednak teplejší vzduch. Preto je ovzdušie v hurikáne teplejšie ako okolité. Rýchlejšie vetry urýchľujú vyparovanie morskej vody, čím zvyšujú vlhkosť vzduchu. Čím viac je vo vzduchu vodnej pary, tým viac tepla sa uvoľní pri jej kondenzácii vo vyššej vrstve atmosféry. Preto medzi vymenovanými vhodnými podmienkami na vznik hurikánu je i podmienka dostatočnej vlhkosti. Pomocou tejto pozitívnej spätnej väzby sa hurikán zväčšuje. Samozrejme, iba v prípade, že ostatné podmienky jeho rastu sú priaznivé. Hlavným zdrojom energie hurikánu je energia, ktorá sa uvoľní pri kondenzácii vodných pár vo vyšších častiach atmosféry. Dá sa povedať, že práve ona ho poháňa. Zemská rotácia k „pohonu“ silných tropických cyklónov v podstate neprispieva, je však zodpovedná za ich vírový tvar. Množstvo tepla uvoľňujúceho sa pri hurikáne je obrovské. Odhaduje sa, že počas tropického cyklónu sa uvoľní 50 až 200 exajoulov za deň. To je ekvivalentné 70-násobku dennej spotreby energie ľuďmi na celom svete.

Tropický cyklón čerpá energiu z más teplej vody – teplota vody sa po prechode hurikánu danou oblasťou výrazne zníži. Za primárny dôvod sú považované silné vetry, ktoré rozbúria more. Tým sa chladnejšia voda dostane bližšie k hladine. Ako druhý dôvod sa uvádzajú zrážky, pretože sú výrazne chladnejšie ako povrchová morská voda a spolu tvoria veľkú masu vody. Ako tretí dôvod sa uvádza zatienenie povrchu mora, nad ktorým je hurikán, búrkovými mračnami. Slnčné žiarenie sa k morskej hladine nedostane a nemôže ju ohrievať. Celkové ochladenie mora pôsobí ako negatívna spätná väzba spôsobujúca zoslabenie tropického cyklónu.

Na obrázku nižšie je zobrazené oko a jeho steny. Ohriaty vzduch stúpa nahor (žltá šípka špirálovito stúpajúca nahor). Rozpínaním a stúpaním teplého vlhkého vzduchu vzniká v strede rotácie nižší tlak, preto do oka prúdi okolitý vzduch (tenká žltá trochu stočená vodorovná šípka). Zemská rotácia spôsobuje rotáciu tropického cyklónu (hrubá vodorovná zakrivená žltá šípka).



Deštruktívna sila hurikánu pochádza z viacerých zdrojov. Medzi tie najvýznamnejšie patria silné búrky, ktoré sa špirálovito stáčajú do stredu rotácie hurikánu. Spôsobujú extrémne silný vietor. Napríklad v tajfúne Tip dosahovala ustálená rýchlosť vetrov hodnotu až 310 km/h. Rovnaká rýchlosť bola namieraná aj počas tajfúnu Keith v Tichom oceáne a hurikánov Kamila a Allen v Atlantickom oceáne. Nárazový vietor počas hurikánu Kamila dosahoval rýchlosť až 346 km/h.



Počas najsilnejších hurikánov dosahovali nárazy vetra rýchlosť vyše 340 km/h



Vietor môže ničiť majetok buď priamo svojou ohromnou silou, alebo tým, že rozbúri more a spôsobí záplavy. V pobrežných vodách dokáže vytvoriť vlny s výškou 10 metrov. Počas intenzív-

nych búrok sa okrem vetra vyskytuje aj veľmi silný dážď, ktorý je spolutvorcom rozsiahlych záplav, ktoré ohrozujú ľudské životy až do vzdialenosti 40 km od pobrežia. Ďalšou dôležitou príčinou výdatných záplav je zvýšenie hladiny mora v blízkosti stredu rotácie hurikánu až o 3 metre, ktoré je spôsobené vplyvom nízkeho atmosférického tlaku v jeho centre. Má na svedomí najväčší počet úmrtí spôsobených hurikánmi.

Tropický cyklón pôsobí najničivejšie v pobrežných oblastiach, pretože v nich je podstatne silnejší ako vo vnútrozemí, keďže vzniká iba nad veľkými množstvami teplej vody, z ktorej čerpá svoju silu. Preto keď sa tropický cyklón dostane do vnútrozemia, jeho sila sa značne zníži.

Odhaduje sa, že za posledných dvesto rokov cyklóny spôsobili smrť zhruba 1,9 mil. ľuďom. Najničivejším tropickým cyklónom v histórii ľudstva bol z hľadiska počtu ľudských obetí cyklón Bhola. V roku 1970 sa prehnal Bangladéšom a zabil viac ako 300 000 ľudí. Ďalšiu tragédiu spôsobil tajfún Nina v Číne v roku 1975. Extrémnym množstvom zrážok spôsobil na danom území najväčšie záplavy za posledných dvetisíc rokov. Následkom bolo roztrhnutie 62 čínskych priehrad. Pri tomto nešťastí zomrelo okolo 100 000 ľudí. Pobrežné oblasti juhovýchodnej Ázie sú územiami, kde bolo tropickými cyklónmi zabitých najviac ľudí. V tejto oblasti žije veľké množstvo obyvateľstva, navyše ide o ľudí chudobných, žijúcich vo veľmi biednych podmienkach. Veľké plochy stojatej vody umožnili vznik a šírenie rôznych infekcií prenášajúcich sa moskytmi. Tak to bolo aj u cyklónu Bhola – väčšina ľudí zomrela v blízkosti delty rieky Gangy. Hurikány v oblasti Atlantického oceánu sú menej smrtiace. Rekord v tejto oblasti drží Veľký hurikán z roku 1780, ktorý na Malých Antilách zabil zhruba 22 000 ľudí. Z hľadiska škôd na majetku bol najničivejším hurikán Katrina, ktorý v USA napáchal škody vo výške viac než 100 miliárd amerických dolárov. Umrelo pri ňom len 1 836 ľudí. Najdlhšie trvajúcim tropickým cyklónom sa stal hurikán Jan. V roku 1994 vydržal 31 dní.



Záplavy v New Orleans v USA spôsobené hurikánom Katrina

Počas svojho života sa hurikány pohybujú. Presúvajú sa nad morom alebo pevninou. Najdlhšiu vzdialenosť 12 500 km do svojho zániku prekonal tajfún Ofélia.

Najväčšie straty na ľudských životoch sa pri tropických cyklónoch vyskytujú vtedy, ak sú veľmi silné a obyvateľstvo postihnutých oblastí ich neočakáva. Práve kvôli varovaniu pred tropickými cyklónmi a šíreniu užitočných informácií o nich bolo Svetovou meteorologickou organizáciou zriadených 6 Regionálnych špecializovaných meteorologických centier (RSMC

– Regional Specialized Meteorological Centre). Každé z nich má na starosť inú oblasť, v ktorej vznikajú tropické cyklóny. Okrem nich boli zriadené ďalšie organizácie, napríklad Výstražné centrum pre tropické cyklóny, ktoré poskytuje informácie pre menšie regióny.



Regionálne špecializované meteorologické centrá spolu so 7 oblasťami, kde je vysoká pravdepodobnosť vzniku tropických cyklónov

Aktivita tropických cyklónov vrcholí koncom leta, ak sa na to dívame celosvetovo. V máji ich vzniká najmenej, v septembri najviac. Na severnej pologuli sa obdobie tropických cyklónov začína zhruba začiatkom júna a končí začiatkom decembra, avšak v jednotlivých oblastiach sa líši. Napríklad v severnom Indickom oceáne obdobie cyklónov začína v apríli a končí v decembri, zatiaľ čo v severnom Atlantickom oceáne začína začiatkom júna a končí koncom novembra. Na južnej pologuli začína cyklónová aktivita koncom októbra a končí v máji, pričom vrchol dosahuje v strede februára až začiatkom marca.

Ako zaujímavosť si môžeme uviesť snahu ľudí dostať hurikán pod kontrolu, presnejšie povedané zlikvidovať ho. V šesťdesiatych až sedemdesiatych rokoch minulého storočia rozbehla americká vláda projekt Besnenie búrky. Jeho cieľom bolo zoslabenie resp. zlikvidovanie hurikánu. Snažili sa to doceliť tak, že do búrkových oblakov v hurikáne „nasypali“ jodid strieborný, ktorý mal spôsobiť zníženie teploty v mrakoch a kolaps hurikánu. Tento princíp sa však neosvedčil. V roku 1947 po rovnakej snahe hurikán náhle zmenil svoj smer a neočakávane uderil na mestečko Savannah. Nakoniec sa od tohto projektu upustilo. Použitie jodidu strieborného síce malo ochladzujúci efekt, no celkové množstvo vody v hurikáne je také obrovské, že tento efekt bol zanedbateľný.

Iný prístup sa snažil znížiť teplotu vody v oblastiach s najvyššou pravdepodobnosťou vzniku tropických cyklónov dovlečením ľadovcov z polárnych do tropických oblastí. Tiež bolo navrhnuté pokryť hladinu oceánov látkou zabraňujúcou vyparovaniu vody, vysypanie veľkého množstva ľadu do oka vznikajúceho hurikánu alebo dokonca vhadzovanie suchého ľadu do hurikánu. (Suchý ľad je oxid uhličitý v pevnom skupenstve, ktorý pri teplote $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ začína sublimovať.) Všetky tieto prístupy mali spoločnú príčinu neúspechu: Rovnako ako v prípade rozprašovania jodidu strieborného by sa aj tieto metódy museli aplikovať v gigantických množstvách, aby boli účinné. Hurikán je príliš veľký na to, aby ho niekoľkými tonami ľadu či suchého ľadu mohli narušiť.

V súčasnosti je známe, že hurikán má i svoje pozitívne stránky. Zabezpečuje distribúciu tepla a energie na zemskom povrchu – z tropických oblastí do oblastí miernejšieho podnebia. Vo forme dažďa so sebou nesie životodarnú vodu, čím v mnohých oblastiach ukončuje obdobie sucha. Pomáha udržiavať rovnováhu v troposfére (najnižšej časti atmosféry), čím udržuje stabilnú teplotu a relatívne teplú klímu v globálnom meradle. Považuje sa preto za dôležitú súčasť cirkulačných procesov prebiehajúcich v atmosfére našej modrej planéty.

Alexander Molnár