

Jsou koronální tornáda skutečně víry ve sluneční atmosféře?

31.10.2023 - | Astronomický ústav AV ČR

Pojem „tornádo“ se ve sluneční fyzice objevuje již delší dobu a je používán pro více typů jevů. V každém případě jsou tyto objekty spojovány s očekávaným rotačním pohybem podél určité osy.

„Tornáda“ tak nalezneme jak ve fotosféře, kde jsou takto nazývány vírové struktury v prostředí konvektivních buněk, tak v chromosféře, a také v koróně, kde tvoří zcela zvláštní druh protuberancí.

Protuberance jsou útvary dobře známé všem pozorovatelům Slunce. Oblaka relativně chladného plazmatu (s teplotami v řádu deseti tisíc stupňů) vypínající se vysoko do horké koróny jsou nad slunečním povrchem držena ve strukturách magnetického pole, které jim poskytují podporu proti jinak neúprosné gravitaci. Protuberance mají celou řadu tvarů a podob. Pokud je pozorujeme proti slunečnímu disku, jsou z důvodu rozptylu záření tmavší, a terminologicky mluvíme o filamentech. A právě v protuberancích byly poprvé zaznamenány útvary, které zdánlivě připomínaly pozemská tornáda. Vertikální sloupky, které budily dojem rotačního pohybu kolem svislé osy, poprvé pozoroval páter Secchi na konci 19. století. Termín „tornádo“, přesněji „tornádová protuberance“, však poprvé použil Edison Pettit o téměř padesát let později pro útvary sledované ve vodíkové čáře $H\alpha$ pro zjevnou podobnost s ničivým vírem. Další pozorování následovala. Po určité přestávce se četnost „tornád“ spatřených ve sluneční atmosféře zvýšila s vypuštěním pozorovacích kombajnů, zejména se zprovozněním přístroje AIA (Atmospheric Imaging Assembly) na palubě sondy SDO (Solar Dynamics Observatory). Zde vykryštalizovaly dva typy „tornád“. „Klasická“ tornáda, vertikální sloupky se zdáním rotace kolem svislé osy, podpořené ať už sledováním struktur nebo zjevně dvojitými signály dopplerovských rychlostí podél svislé osy. A dále pak horizontální tornáda, která by odpovídala pozorováním rotujícího plazmatu kolem osy směřující k pozorovateli. Rotační pohyb je pak okem dobře patrný ze sekvence snímků.

Studiem tornádových protuberancí se mimo jiné zabýval mezinárodní tým sestavený z celé řady mezinárodních špiček oboru při švýcarském Mezinárodním institutu pro kosmické vědy (International Space Science Institute, ISSI). Mezi účastníky byli zastoupeni i odborníci ASU, mezi nimi i Stanislav Gunár. Ten se také stal hlavním autorem přehledového článku, který se velmi zevrubně a kriticky zabýval dílčími studii vírových struktur v protuberancích.

Autoři v článku shrnují historická i současná pozorování tornádových protuberancí. Kompilace dostupných exemplářů pak umožňuje vzájemné porovnání nejen jejich vlastností, ale především posouzení případných omezení daných přístrojovou technikou a metodikou a strategií pozorování, která mohou mít společného jmenovatele, jenž pak může vést autory jednotlivých odborných článků stejným směrem na scestí. Autoři poukazují na celou řadu problémů plynoucích především z faktu, že protuberance pozorujeme v průmětu do dvojrozměrné roviny, přičemž jde ovšem zjevně o částečně průhledné trojrozměrné struktury, které se v průmětu překrývají. Některé práce tak jednoznačně poukazují na to, že zdánlivý rotační pohyb může být optickým klamem způsobeným kombinací překryvu struktur a jejich značného prostorového rozsahu podél zorného paprsku. Velmi protažené přísně horizontální (vztaženo vůči lokálnímu gravitačnímu poli Slunce, které je z pohledu vzdáleného pozorovatele zakřivené) útvary pak mohou při pohledu téměř podél budit dojem zkroucení. Odtud je už jen kousek k modelu spirály a tornádo je na světě.

Další nejednoznačnosti pak často plynou z omezení daných použitými pozorovacími přístroji.

Například zdánlivě zřejmý indikátor rotačního pohybu, kdy sloupec protuberance vykazuje na jedné straně od osy modrý dopplerovský posuv a na druhé červený, se významně změní, pokud není správně určena nulová pozice spektrální čáry. Přitom její určení je pro chromosférické a koronální struktury velmi obtížné a často se k tomuto úkolu přistupuje spíše heuristicky než exaktně. Autoři i ukazují, že minimálně v jednom případě je zdánlivý rotační pohyb přímým přístrojovým efektem.

Závěr článku je vcelku jednoznačný. Domnělá tornáda v protuberancích mají často mnohem jednodušší vysvětlení, které je výsledkem speciálního postavení víceméně běžné protuberance, zkreslené projekcí objemové struktury do plochy. Tornádové protuberance se tedy pravděpodobně neliší od jiných typů protuberancí a rozsáhlý tým dospěl k závěru, že neexistuje důvod pro vymezení této speciální kategorie se zavádějícím názvem a analogií se zničujícím jevem v pozemské atmosféře. Přehledový článek tak ukazuje, že v některých případech je velmi užitečný určitý odstup a nadhled, který může ve výsledku i revidovat jinak neprůstředné závěry dílčích prací. Pokud jsou však posuzovány v kontextu, celkový pohled na problematiku se může změnit, a to výrazně.

S. Gunár a kol., *On the Physical Nature of the so-Called Prominence Tornadoes*, Space Science Reviews 219 (2023) 33

<https://www.asu.cas.cz/articles/2160/19/na-cem-pracujeme-jsou-koronalni-tornada-skutecne-viry-ve-s-lunecni-atmosfere>