

Možnosti pozorování „rázových vln“ v koronálních paprscích během úplných zatmění Slunce

Marcel Bělík a Eva Marková, Hvězdárna v Úpici

Abstrakt

Z pozorování šesti úplných zatmění Slunce (1994–2001) jsou sledovány možné rychlé změny ve struktuře dlouhých koronálních paprsků způsobené rázovými vlnami jako odezvy chromosférické aktivity. Je studována realita těchto jevů jako takových a reálná možnost jejich pozorování dosud námi používanými metodami.

ÚVOD

Během úplných slunečních zatmění nastává „patrně“ jedinečná příležitost pozorovat tak slabé jevy, jako jsou odezvy koronální hmoty na maloškálové dynamické mechanismy, které jsou jedním z „horkých“ kandidátů na zdroje ohřevu sluneční koróny a doplňování její hmoty. Tyto jevy jsou v současné době velmi těžko, pokud vůbec, přímo pozorovatelné díky svým malým rozměrům. Zdá se však, že pozorovatelné by mohly být jejich projevy v koróně. Velkou příležitostí jsou právě pozorování prováděná během úplných zatmění Slunce. Pracovníci hvězdárny v Úpici se během svých pozorování úplných zatmění Slunce mimo jiné na možnou detekci takovýchto jevů maloškálových energetických jevů v koróně zaměřují. V současné době se používá kombinace 2 strategií:

- porovnání snímků pořízených během zatmění ze vzájemně vzdálených míst (časový odstup řádově desítky minut)
- detekce na snímcích pořízených v rámci jednoho pozorovacího místa

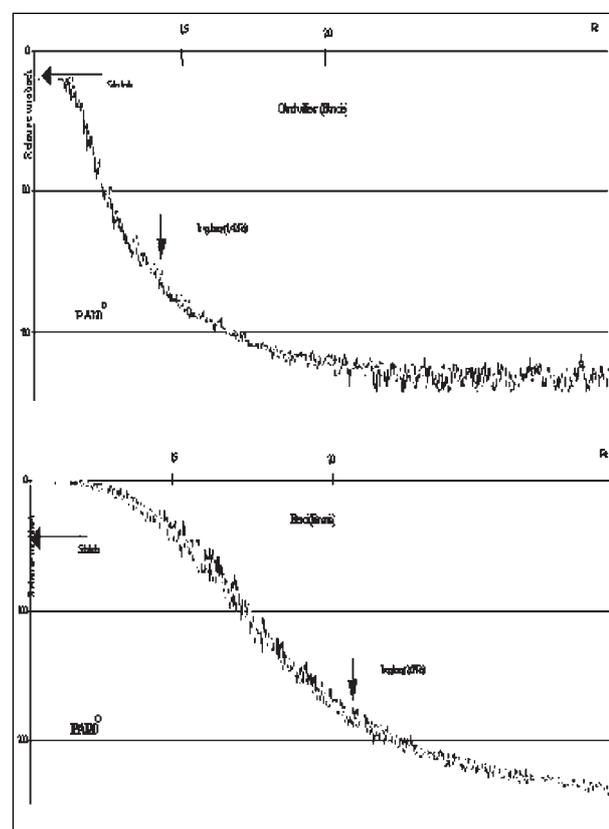
POROVNÁNÍ SNÍMKŮ POŘÍZENÝCH BĚHEM ZATMĚNÍ ZE VZÁJEMNĚ VZDÁLENÝCH MÍST

V našich studiích ze zatmění z let 1994 až 1999 jsme zjistili pravděpodobné kandidáty na koronální odezvy aktivních jevů v níže položených oblastech Slunce a zjistili pravděpodobnou rychlost šíření těchto vzruchů korónou.

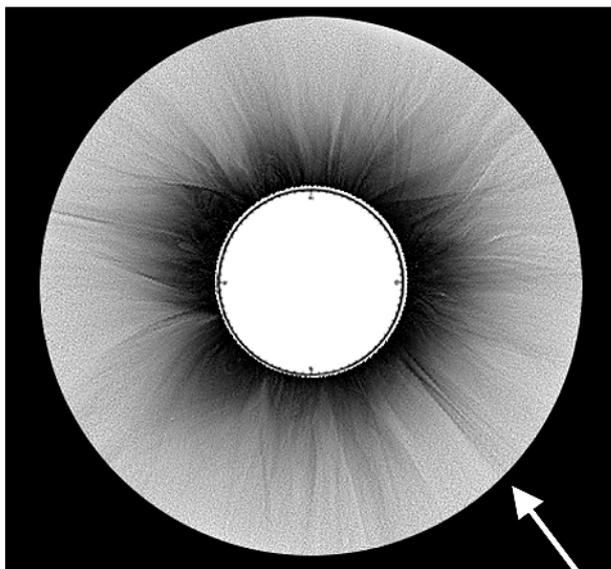
Ze získaných výsledků jsme zjistili, že se tyto rychlosti pohybují v rozsahu 50–200 km/s (Bělík a Marková, 2000).

Výsledky jsou ale zatíženy velkou chybou způsobenou zejména nejistotou v detekci těchto změn. Toto je důsledkem zejména malého odstupu užitečné informace od šumu, technických problémů s digitalizací snímků a jejich

zpracováním vůbec a v neposlední řadě i nesnadnou orientací v koronálních strukturách. Na obr. 1 je ukázán příklad takové detekce. Na dvou snímcích pořízených na vzájemně vzdálených stanovištích (Francie-Rumunsko) byly provedeny radiální řezy stejným přilbicovým paprskem. Na výsledných grafech byla detekována zjasnění – místa předpokládané odezvy (označena šipkou). Ze vzájemné vzdálenosti od Slunce a časové vzdálenosti snímků je možno určit rychlost pohybu zmíněné poruchy.



Obr. 1 Řezy paprsky z Francie a Rumunska (1999).



Obr. 2 Studovaná oblast nad pozičním úhlem 230°.

DETEKCE MOŽNÝCH PROJEVŮ NA SNÍMCÍCH POŘÍZENÝCH V RÁMCI JEDNOHO POZOROVACÍHO MÍSTA

Tato metody byla zatím aplikována pouze na snímky pořízené během úplného zatmění v Angole dalekohledem Mertz II ($f=1875$ mm, $D=100$ mm). Snímky formátu 6×7 cm byly digitalizovány na scanneru Nikon LS 8000 v rozlišení 4000 DPI v hloubce 16 bitů/kanál. Použitý film KODAK E-100 6×7. Tyto snímky byly velmi podrobně analyzovány jak z hlediska užitečného signálu, tak z hlediska šumu – zrna filmu.

Jeden pixel na digitalizovaných snímcích představuje 530 km na Slunci. Odhadovaná praktická rozlišovací schopnost je 1000 až 1500 km na Slunci.

V rámci zkoumání meze rozlišení našich snímků a případné detekovatelnosti slabých jevů jsme podrobili podrobnému zkoumání „šumové“ pozadí tvořené převážně digitalizovaným zrnem filmu.

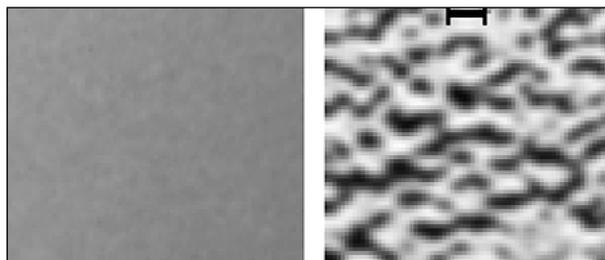
Byly vybrány 2 oblasti nad dlouhými úzkými koronálními paprcy v oblasti nad pozičním úhlem 230°, jedna o velikosti 75×72 pixel, druhá o velikosti 200×200 pixel.

Oblast 75×72 pixel:

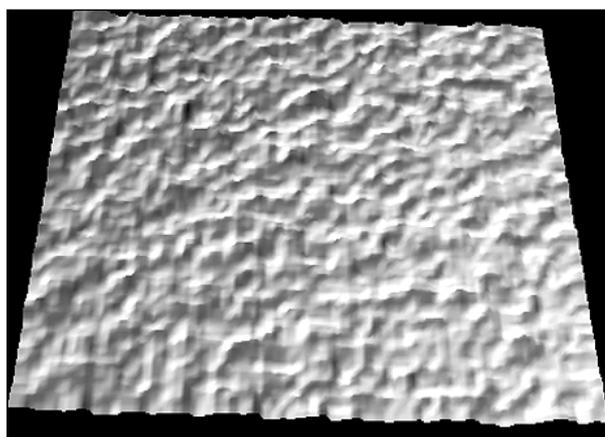
Na obr. 3 je vidět surový obraz ukazující zrna na snímku. Obr. 4 ukazuje tyto zrnové struktury ve zvýrazněné formě a na obr. 5 je možno vidět „prostorovou mapu“ oblasti zvýrazňující jednotlivá zrna. Úsečka na obr. 4 představuje 10 pixel. Na obr. 6 je pak možno vidět intenzitní profil provedený v radiálním směru paprsku, obr. 7 ukazuje směr tangenciální.

Oblast 200×200 pixel:

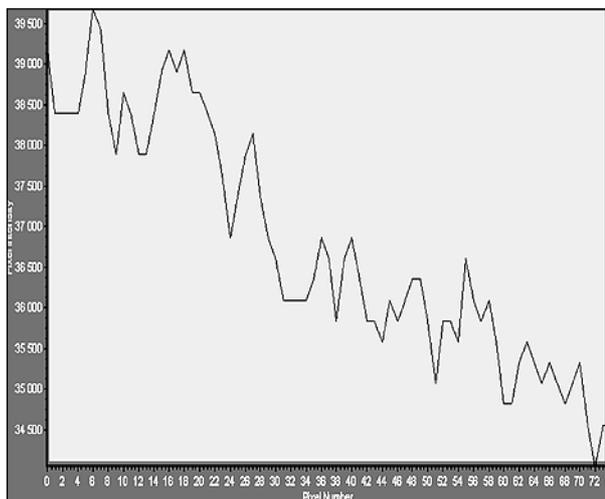
Totéž je možno pozorovat na obr. 8 až 12 pro oblast 200×200 pixel. Na obr. 12, představujícím směr tangenciální je možno pozorovat již tangenciální strukturu části zachyceného radiálního paprsku.



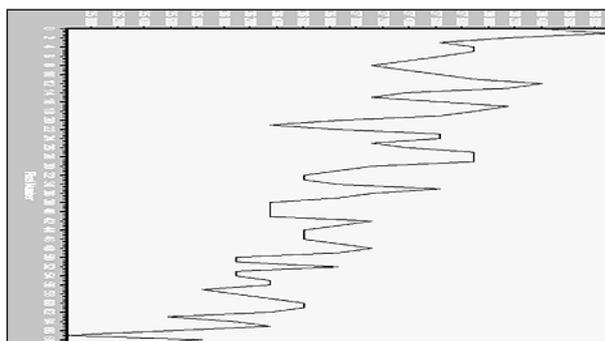
Obr. 3 a 4



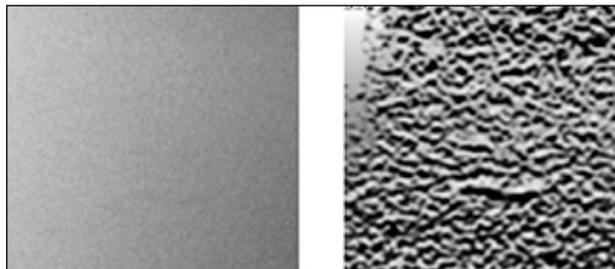
Obr. 5



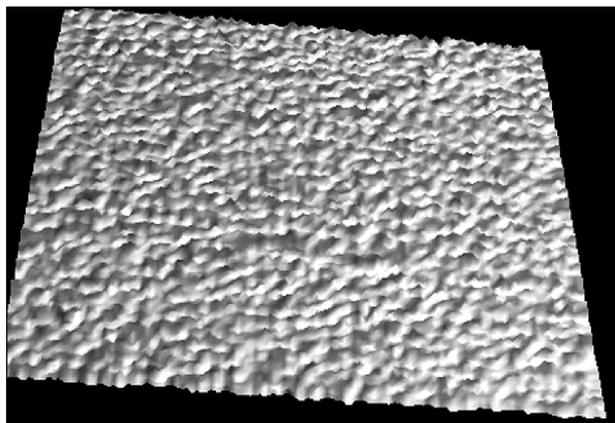
Obr. 6



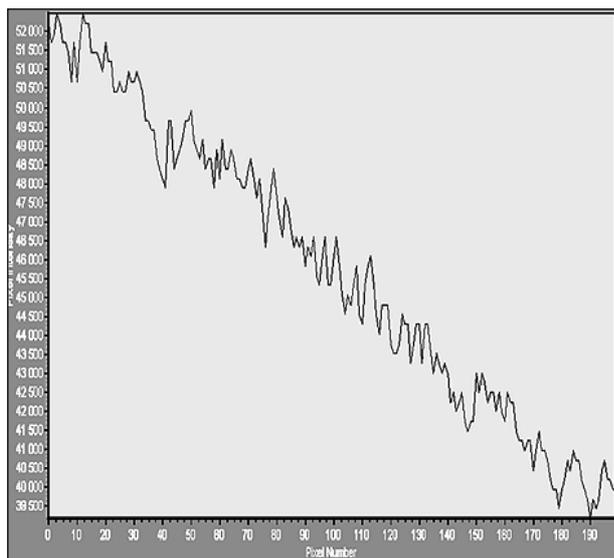
Obr. 7



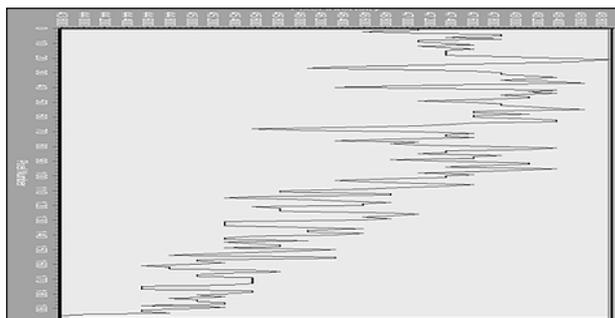
Obr. 8 a 9



Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12

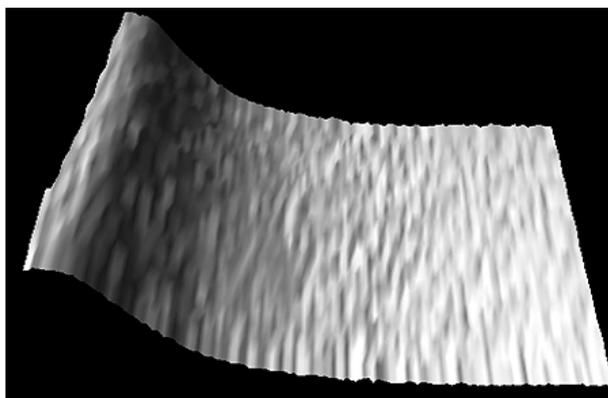


Obr. 13

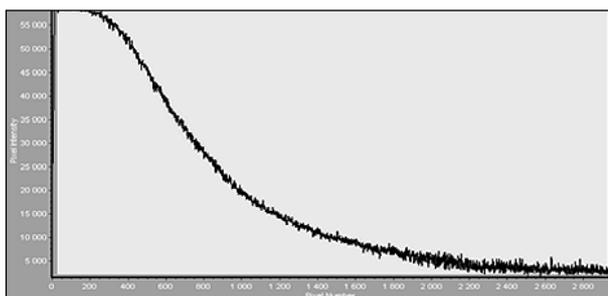
Oblast koronálních paprsků nad oblastí s pozičním úhlem 230°:

Pro studium možnosti detekce uvedených jevů byla vybrána oblast nad slunečním limbem v pozičním úhlu 230° (obr. 2, obr. 13). Tato oblast je poměrně málo aktivní a můžeme v ní rozeznat skupinu přímých nekřížících se radiálních paprsků.

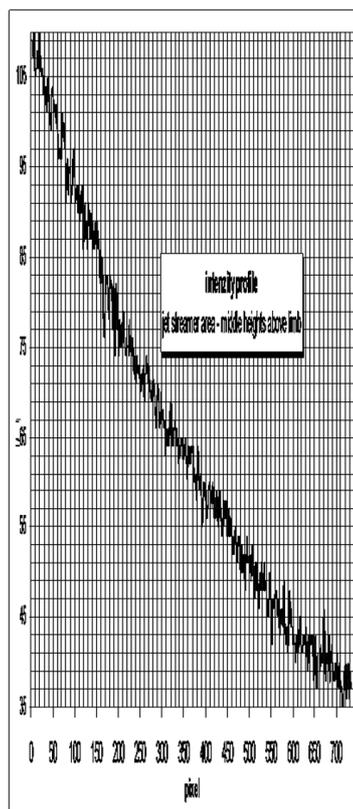
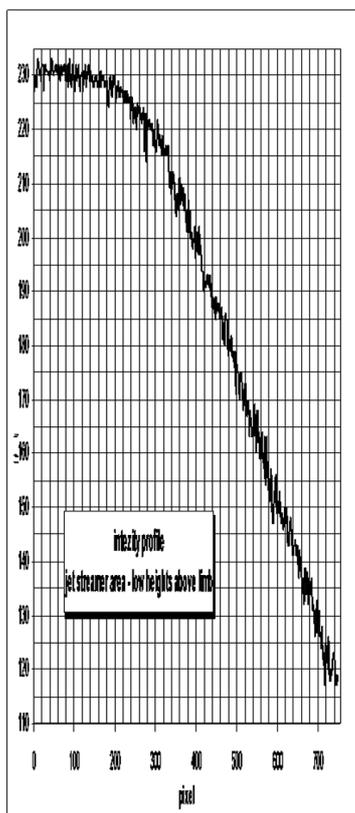
Obrázek byl analyzován z hlediska zjasnění, která byla softwarově zvýrazněna (obr. 14). Ukazuje se, že koróna má velmi komplikovaný „vlnový“ charakter zejména v tangenciálním směru. Domníváme se, že tyto „poruchy“ mohou být právě projevem maloškálové koronální aktivity. Dále byl proveden radiální řez vybranou oblastí (obr. 16), který vykazuje velmi charakteristický průběh poklesu jasu s mnoha nepravidelnostmi, odpovídajícími „vlnovému“ charakteru koróny na obr. 15. Na obr. 16, 17 a 18 vidíme zvětšené obrazy grafu poklesu jasu v radiálním směru oblasti: obr. 16 ukazuje oblast nízko nad limbem, obr. 17 ve střední části vybrané oblasti a obr. 18 oblast od Slunce nejvzdálenější. Ukazuje se, že amplituda



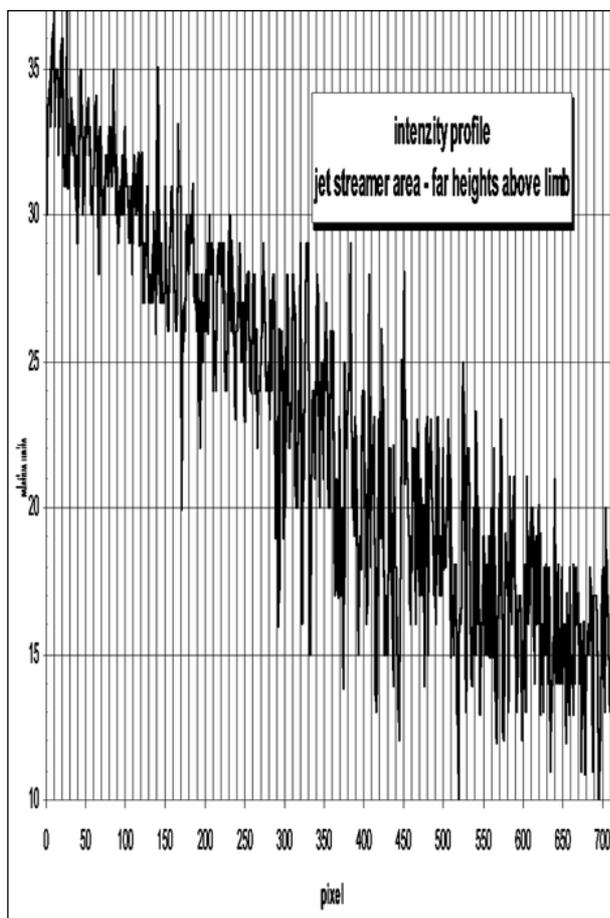
Obr. 14



Obr. 15



Obr. 16 a 17



Obr. 18

„poruch“ roste se vzdáleností od Slunce, což odpovídá růstu amplitudy vln při přechodu do oblastí plazmy s nižší hustotou a teplotou.

ZÁVĚR

Z předchozích měření vyplývá:

- Pozorované jevy v koróně jsou reálné, odlišného charakteru od „šumu“ způsobeného zrnem filmu či dalšími vlivy.
- Jevy mají periodický i „náhodný“ charakter.
- Amplituda signálu roste s rostoucí vzdáleností od Slunce (~ růstu amplitudy vln při přechodu do chladnějšího a řidšího prostředí).

Naše výsledky ukazují, že jsme schopni ve sluneční koróně registrovat přítomnost projevů maloškálových energetických jevů probíhajících v přechodové vrstvě fotosféra/chromosféra/koróna.

LITERATURA

Bělík, M. a Marková, E.: Comparison of Coronal Structures 11. 8. 1999 on the Long Observation Base; Proc. of the 1st Solar and Space Weather Euroconference „The Solar Cycle and Terrestrial Climate“, Santa Cruz de Tenerife 25–29 September 2000, ESA, SP-463 (December 2000), 587