

Ohrozí nás Slunce v roce 2013, tedy rok po konci světa?

Krátká odpověď: Ne více než kdy jindy.

Vztah Slunce—Země

Slunce je nejvýznamnějším tělesem Sluneční soustavy. Ovlivňuje ji nejen gravitačním působením, ale i jevy spojenými se slunečním magnetismem.

Sluneční aktivita – soubor jevů spojených s časově proměnným magnetickým polem. *Sluneční skvrny* (oblasti silného magnetického pole ve fotosféře s potlačeným transportem tepla z nitra), *fakule* (jemné struktury jednotlivých magnetických silotubic zprůhledňující oblast povrchu pro teplejší plazma hlouběji), *protuberance* (smyčky magnetického pole v chromosféře a koróně vyplněné plazmatem), *erupce* (náhlé uvolnění energie při změně konfigurace magnetického pole), *koronální výron hmoty* (horké plazma vyvržené do meziplanetárního prostoru).

Erupce začíná v koróně přepojením magnetického pole do stabilnější konfigurace, volná energie (rozdíl mezi potenciální energií magnetického pole ve staré konfiguraci a v nové konfiguraci) se uvolní ve formě tvrdého (rentgenové, gama) záření a částicových svazků. Dojde-li k erupci v protuberanci vyplněné plazmatem, svrchní část tohoto plazmatu je vyvržena do meziplanetárního prostoru ve formě *koronálního výronu*.

Síla erupce se stanovuje např. měřením toku rentgenového záření v pásu 1–8 Å, škála je logaritmická s posloupností A, B, C, M, X (kde X značí zářivý tok ve zmíněném spektrálním pásu více než 0,0001 W/m². Jemnější dělení (opět logaritmicky) se popisuje číslem, kdy A10=B0. Při erupci třídy X0 je tedy změřen desetkrát větší zářivý tok v zmíněném spektrálním pásu než při erupci M0, při erupci X20 stokrát větší než při X0 apod.

Scénář eruptivní události:

1. *Vysokoenergetické elektromagnetické záření*
 - ❑ UV, RTG a gama
 - ❑ Ionizuje atmosféru, poruchy komunikací a GPS
 - ❑ Osm a půl minuty po erupci
2. *Protonová bouře*
 - ❑ Nebezpečná pro astronauty, zvyšuje radiační nebezpečí pro piloty atd.
 - ❑ Diferenciální nabíjení družic
 - ❑ 23 minut až dvě hodiny
3. *Koronální výron hmoty*
 - ❑ Poruchy magnetosféry
 - ❑ Výpadky družic, výpadky sítí
 - ❑ 20 hodin až tři dny

Sluneční cyklus – sluneční magnetické pole periodicky zeslabuje a zesiluje a mění dlouhodobý charakter s periodou délky přibližně 11 let (správná perioda je 2×11 let, vezme-li se v úvahu polarita magnetických polí). S jedenáctiletou periodou se dlouhodobě (statisticky) mění četnost a intenzita všech projevů

sluneční aktivity. Kromě jedenáctiletého cyklu je aktivita proměnná na nejrůznějších časových škálách od hodin po (zřejmě) tisíciletí.

Sluneční vítr – neustálý proud částic od Slunce způsobený vysokou teplotou v koróně. V čase se mění, rozlišujeme tři složky: *pomalý* (rychlost cca 300 km/s) vycházející z oblastí se silným (uzavřeným) magnetickým polem, *rychlý* (rychlost cca 700 km/s) vycházející z oblastí koronálních děr (otevřené magnetické pole) a *magnetické oblaky* jako pozůstatky vyvržených koronálních výronů hmoty (s rychlostí až 2500 km/s, významně vyšší hustotou plazmatu a často s vlastním magnetickým polem, které ovlivňuje magnetosférický dešťník).

Kosmické počasí – nová disciplína monitorující stav (především parametry meziplanetárního plazmatu) v okolí Země. Sluneční aktivita, zejména pak nalétající magnetické oblaky, je nejdůležitějším faktorem měnícím kosmické počasí. Využívá pozemské pozorovací sítě, analytických metod (helioseismologie), předpovědních metod a in-situ měření z kosmických družic. Země je před přímým účinkem nabitých slunečních částic chráněna magnetosférou a atmosférou.

Dopady zvýšené sluneční aktivity na Zemi

- **Polární záře** – neškodný jev způsobený vybuzením molekul v zemské atmosféře srážkami s částicemi přicházejícími od Slunce. Atomy v molekulách dusíku a kyslíku přecházejí zpět do základního stavu a vyzařují viditelné záření na charakteristických vlnových délkách, nejvíce v červené a zelené oblasti. Běžně se vyskytují v polárních oblastech, v období zvýšené aktivity mnohem jižněji. V minulém cyklu pozorovány 11krát z ČR, v roce 2011 spatřeny v ČR dvakrát.
- **Indukce elektrických proudů na dlouhých vedeních** – proudy o nízké frekvenci, elektrické transformátory je vnímají jako stejnosměrný proud zcela mimo operační rozsah, dojde k saturaci jádra transformátoru, jeho přehřátí až roztavení. Tyto proudy také destabilizují napětí a frekvenci v síti, vyvolávají proudové špičky poškozující důležité regulační prvky. Geomagnetické proudy urychlují korozi ropo- a plynovodů.
- **Poruchy rádiového spojení** ovlivňují kriticky letecký provoz.
- **Poruchy navigačních signálů** ovlivňují letecký a námořní provoz, ale např. i těžbu surovin z moře.
- **Poruchy elektroniky** – falešné signály.
- **Poškození kosmických družic** – degradace slunečních panelů, chyby elektroniky, diferenciální nabíjení (následné obloukové výboje).
- **Zvýšené radiační riziko** pro kosmonauty (zejména při plánovaných meziplanetárních letech by to byl problém), piloty a letušky (v období zvýšené aktivity dostávají zvýšené dávky záření opakovaně).

Historické události (výběr)

1. 9. 1859 – První historicky pozorovaná sluneční erupce (pozoroval Richard Carrington). Následující dva dny silná geomagnetická bouře poškozující telegrafní sítě (sršící jiskry z vedení, požáry telegrafních přístrojů, náhodné zprávy posílané po vedení byť odpojeného od zdroje napájení). Polární záře pozorovány až v Karibiku, ve Skalistých horách byly tak jasné, že horníci vstávali

a připravovali si snídani v domnění, že už je ráno. Bylo možné ve svitu polárních září číst noviny. Důsledky pro Zemi byly větší shodou okolností (série koronálních výronů hmoty, kdy předchozí „vyčistil“ meziplanetární prostor a další výron za ní následující tak mohl letět rychleji, od Slunce k Zemi za 18 hodin, normální je dvojnásobek).

13. 5. 1921 – geomagnetická bouře vyřadila městskou železnici v New Yorku, zřejmě od telegrafu vyhořela kontrolní věž této železnice. Kompletní výpadek telegrafů na východě USA. Rozsáhlé poruchy komunikační sítě ve Švédsku. Poruchy a poškození transkontinentálních podmořských kabelů.

13. 3. 1989 – rozsáhlá geomagnetická bouře po sérii erupcí. Neřízený překotný kolaps energetické sítě v Québecu (Kanada). Na výpadku se podepsalo kamenné geologické podloží, proto indukované proudy se nemohly uzemnit a sílily na 735kV vedení. Kompletní výpadek trval 9 hodin (lokálně několik dní), celkové přímé škody v Québecu 6 milionů dolarů. Vyhořelý vstupní (500kV) transformátor jaderné elektrárny v New Jersey. Dva poškozené 400kV transformátory ve Velké Británii.

Pozn.: Postižená síť Hydro-Québec zažila mnohem horší výpadek v lednu 1998 jako důsledek extrémního zimního počasí.

14. 7. 2000 – erupce třídy X5 zahltla měřicí přístroje na kosmických družicích (přestože byly navrženy, aby v takové situaci normálně pozorovaly). Rozplývající se koronální výron hmoty byl detekován i přístroji na sondách Voyager 1 a 2 na okraji Sluneční soustavy.

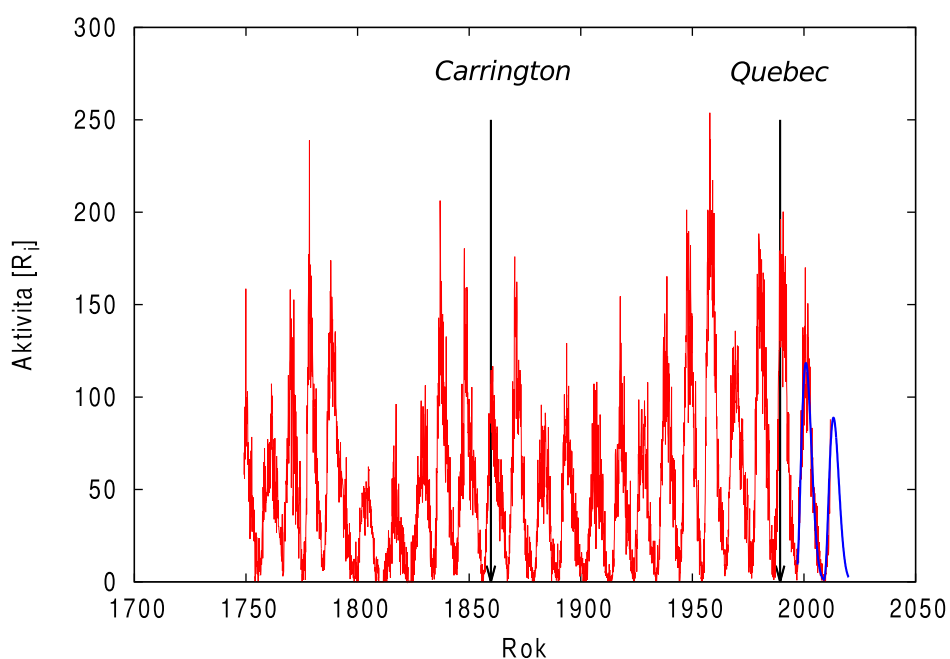
4. 11. 2003 – zatím nejsilnější zaznamenaná erupce přístrojové éry (X28, posléze překlasifikována na X45, obojí jsou odhady neboť měřicí přístroje byly beznadějně saturevané). Došlo k ní za okrajem slunečního disku, takže událost neměla významný dopad na Zemi. Odhaduje se, že kdyby k ní došlo poblíž středu slunečního disku, způsobila by zřejmě rozsáhlé škody a byla zřejmě srovnatelná s Carringtonovou událostí (1859).

Čeho se bojíme?

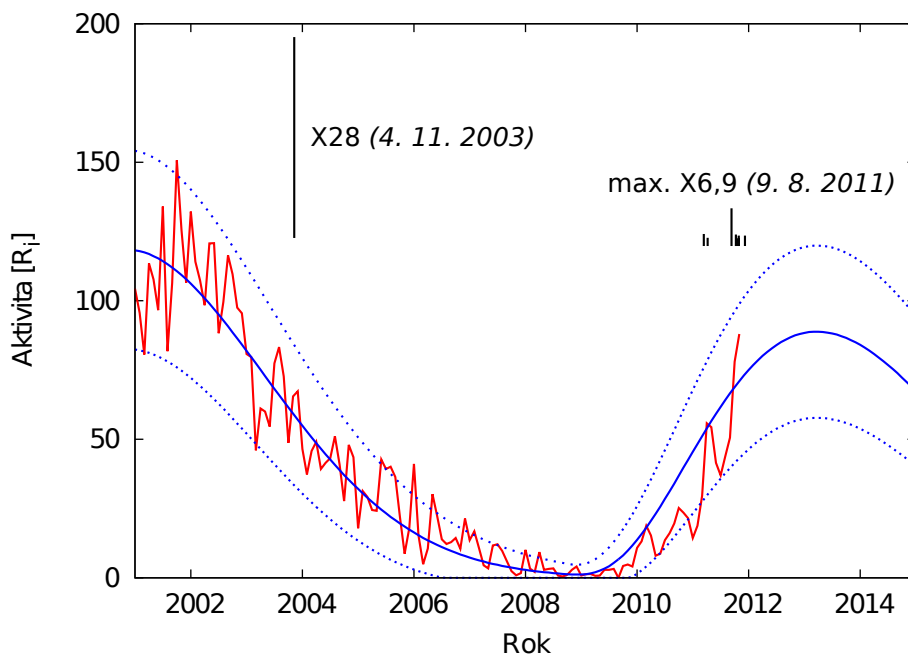
- *Rozpad energetických sítí*
 - Sítě běží téměř na maximu kapacity.
 - Firmy mají jen malé marginy na posilování a zabezpečování (technologie je dostupná!).
 - Vážné poškození by se napravovalo roky (velké transformátory jsou zakázková výroba, jeden se vyrábí cca rok).
 - Výpadek elektřiny je následován výpadkem dodávek vody, paliva, atd.
- *Rozpad komunikací*
 - Komunikační družice lze chránit proti sluneční aktivitě pouze omezeně, jedinou spolehlivou ochranou je flotila náhradních družic připravených k vypuštění.
 - Kolaps bezhotovostního obchodu a s ním spojená ekonomická krize.
 - Kolaps mezinárodního obchodu.
- *Kolaps dopravy*
 - Bez elektrické energie nefungují čerpací stanice, v důsledku problém se zásobováním.

Výhled do roku 2012 a 2013

Dlouhodobá předpověď očekává příchod maxima sluneční aktivity v květnu až červnu 2013. Maximum není jediným okamžikem, úroveň aktivity bude velmi podobná přibližně rok až dva před a po maximu. Dlouhodobá úroveň aktivity se očekává významně nižší než v předchozím cyklu (v roce 2000). Nelze vyloučit události významně vybočující z průměru, ale stejně tak je nelze předpovědět. Velmi významné události nejsou striktně vázány na období maxima aktivity (Carringtonova erupce dva roky před maximem, výpadek v Québecu dva roky před maximem, událost X28/X45 tři roky po maximu). Tedy tvrzení, že v květnu 2013 dojde na Slunci k velmi velké erupci je založeno na věštění z kávové sedliny. Případné dopady lze zmírnit použitím protipatření (i proto vznikl obor kosmického počasí).



Relativní číslo slunečních skvrn – míra sluneční aktivity – dosahuje dlouhodobě podobných hodnot. Na tomto grafu (červeně) je dobře patrná přibližně jedenáctiletá perioda. Modrou čarou je znázorněna předpověď úrovně aktivity (včetně porovnání modelu s pozorováním v předchozím cyklu). Naznačen je okamžik, kdy došlo ke dvěma významným událostem s dopadem na lidstvo.



Detail předchozího obrázku. Tečkovanými čarami je naznačen očekávaný rozptyl hodnot relativního čísla od průměru. Svislými čarami jsou naznačeny doposud zaznamenané erupce v novém slunečním cyklu (délka čáry odpovídá hodnocení na škále, ta je však logaritmická) v porovnání s doposud nejmohutnější přístrojově zaznamenanou erupcí.

Připravil: Michal Švanda, michal@astronomie.cz