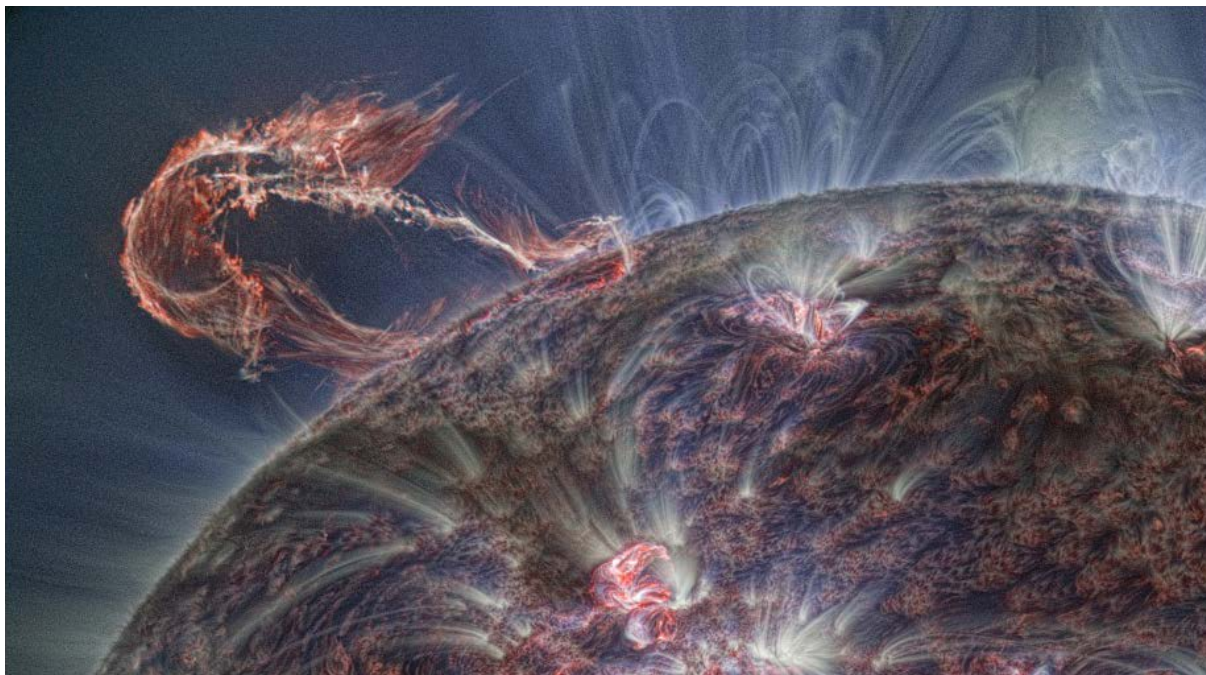


Jak je Slunce aktivní?



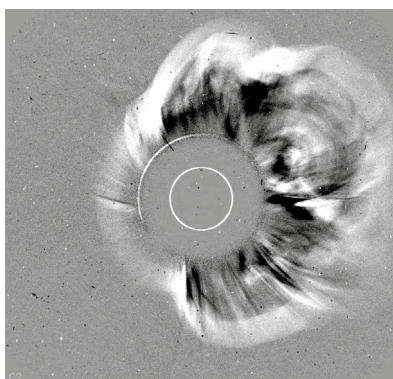
© 2015 Miloslav Druckmüller

Úvod

Jedním z projevů sluneční aktivity, které mají souvislost s existencí slunečních skvrn, je uvolnění velkého množství materiálu sluneční korony do okolního prostoru.

Vztah mezi počtem slunečních skvrn a pozorováním sluneční aktivity

Dnes víme, že sluneční aktivita ovlivňuje například elektrické rozvodné sítě nebo kosmické technologie (satelity v okolí Země nebo kosmické lodě s lidskou posádkou). V okolí slunečních skvrn dochází k takzvaným výronům koronální hmoty (anglicky Coronal Mass Ejection, zkratka CME), což pozorujeme jako velké výbuchy na Sunci - viz úvodní video [1]. Při CME dochází k uvolnění slunečního plazmatu velkou rychlostí (řádově desítky až tisíce km/s, průměrná rychlost je cca 490 km/s) do kosmického prostoru. Velmi zajímavý typ erupcí jsou tak zvané halo CME (slovo halo znamená světelný kruh nebo prstenec), které se šíří přibližně podél osy Slunce - Země a připomínají tak rozpínající se bublinu, jsou větší než samotné Slunce a postupně se zvětšují (Obr. 1).



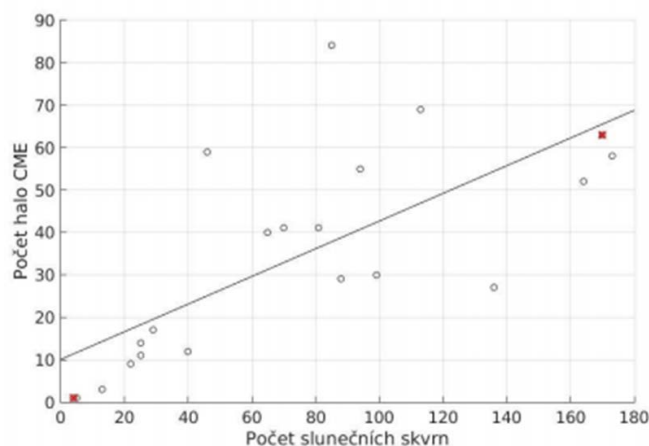
Obr. 1 Zdroj NASA - Halo CME, které připomíná rozpínající se bublinu. Bílý kroužek uprostřed znázorňuje velikost Slunce. Sluneční erupce se pohybuje směrem k Zemi a na fotografii jsou vidět její okraje. Velikost halo CME se postupně zvětšuje [3].

Zadání 1

Sonda SOHO je Sluneční a heliosférická observatoř, která spolu se Zemí obíhá Slunce. Nachází se ve vzdálenosti 1,5 mil. km od Země v bodě, kde se vyrovnává gravitační působení Země a Slunce (Lagrangeův bod L1). Pomocí ní je možné pozorovat halo CME a zjišťovat jejich počet [3]. V tabulce 1 je v prvním sloupci rok, v druhém sloupci uvedeno průměrné množství slunečních skvrn v daném roce a ve třetím sloupci je počet pozorování halo CME v daném roce. Pomocí dat v tabulce doplňte do grafu (Obr. 2) body, které odpovídají vztahu mezi počtem slunečních skvrn a pozorovaných halo CME. V obrázku jsou již naznačené dva body pro roky 2003 a 2006. V tabulce chybí počet halo CME pro roky 2001 a 2008. Pokuste jejich počet pomocí vytvořeného grafu odhadnout. Zkuste si všimnout, zda počet halo CME nějakým způsobem souvisí s počtem slunečních skvrn. Až budete mít hotovo, tak navzájem porovnejte svoje odhady v jednotlivých skupinách a zkuste vysvětlit svůj postup řešení a kroky, které k odhadu vedly. Svůj odhad na závěr zkontrolujte s pozorováním, které má k dispozici učitel.

Učitel nechá žáky samostatně pracovat, případně jim může během řešení trochu napovědět a dopomoci, pokud nemají nápad, jak úlohu řešit. Řešení úkolu prozradí poté, co jednotlivé skupiny ukážou své výsledky a diskutují, jak ke svým výsledkům došli. Učitel by měl pochválit všechny postupy, které vedou ke smysluplnému výsledku. Vzhledem k tomu, že jde o reálná data, u kterých je prakticky nemožné odhadnout přesné hodnoty, by učitel měl vysvětlit, že nejde přímo o „uhodnutí“ správných výsledků, ale o nalezení postupu, který umožňuje dobrou předpověď.

Rok	Počet slunečních skvrn	Počet pozorovaných CME
1997	29	17
1998	88	29
1999	136	27
2000	173	58
2001	170	63
2002	164	52
2003	99	30
2004	65	40
2005	46	59
2006	25	14
2007	13	3
2008	4	1
2009	5	1
2010	25	11
2011	81	41
2012	85	84
2013	94	55
2014	113	69
2015	70	41
2016	40	12
2017	22	9



Tab. 1 – počet slunečních skvrn a počet pozorovaných halo CME v daných letech.

Obr. 2 – Doplnění počtu halo CME z tabulky 1. Jsou předvyplněné dvě hodnoty z roku 2003 a 2006. *Dokreslené body z tabulky (šedá kolečka). Roky 2001 a 2008, u kterých studenti odhadují počet CME, jsou zakresleny červenými křížky. Plnou červenou čarou je znázorněna regresní přímka popsaná jako $\text{haloCME} = 0,33 \cdot \text{počet slunečních skvrn} + 10$. Pearsonův korelační koeficient je 0,71.*

Poznámka: Data poměrně dobře korelují pro nízké hodnoty slunečních skvrn, zatímco pro vyšší hodnoty je rozptýl vyšší. Pearsonův korelační koeficient 0,71 dovoluje odhadnout počet halo CME na základě počtu slunečních skvrn, ale je nutné mít na zřeteli, že odhad bude pouze přibližný.

Odhad počtu halo CME pro rok 2001 je:

60

Pro rok 2008 je:

5

Pozorovaný počet halo CME pro rok 2001 je:

63

Pro rok 2008 je:

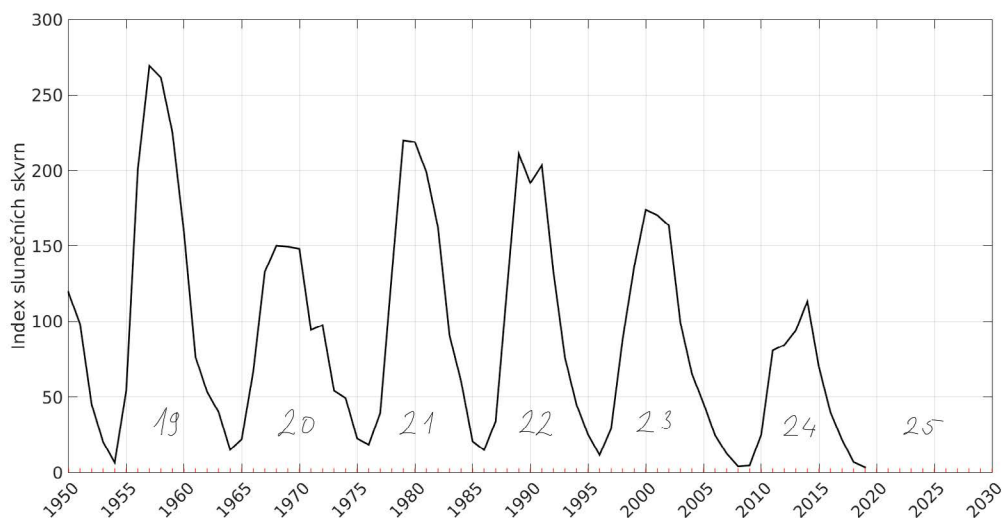
1

Napište, jakým způsobem jste počet halo CME odhadli a zda se váš odhad shoduje s pozorováním:

Počet halo CME pro rok 2001 jsme odhadli podle toho, že hodnoty CME pro počet slunečních skvrn 160–180 se pohybují v intervalu 50–70. Počet halo CME pro rok 2008 bude pravděpodobně velmi nízký, protože se zdá, že mezi počtem halo CME a počtem slunečních skvrn v intervalu 0–40 existuje přímá úměrnost. (další možný postup je proložit data regresní křivkou a odečíst y-hodnotu z této křivky).

Zadání 2

Použijte hodnoty počtu slunečních skvrn pro roky 2022 a 2025, které jste odhadli v pracovním listu První badatel a pomocí vytvořeného grafu (Obr. 2) odhadněte počet halo CME. Pokud jste tuto aktivitu neabsolvovali, zkuste odhadnout počet slunečních skvrn pro období 2020-2030 a dokreslit je do Obr. 3.



Obr. 3 - Odhad sluneční aktivity pro 25. sluneční cyklus - pro roky 2021 a 2025. **Obrázek z Aktivity 4 - První badatel, pokud ji studenti neabsolvují.**

Odhad počtu slunečních skvrn pro rok 2022:

10

Odhad počtu slunečních skvrn pro rok 2025:

50

Odhad počtu halo CME pro rok 2022:

5

Odhad počtu halo CME pro rok 2025:

15

Opět porovnejte své odhady mezi jednotlivými skupinami a proberte, co vás k vašemu odhadu vedlo. Pokud budete mít odlišná čísla, tak si buďte jisti, že správné řešení neznají ani vědci, kteří se o předpověď také pokoušejí. Správné řešení budeme znát až za několik let.

Při odhadu budoucí sluneční aktivity je možné si všimnout, že perioda slunečního cyklu je přibližně 11 let a sluneční aktivita poslední sluneční cykly (od roku 1990) klesá, takže je možné očekávat maximum v roce 2025, kdy číslo slunečních skvrn dosáhne cca 50-70 a další minimum bude okolo roku 2030.

Zadání 3 - vztah mezi dvěma veličinami - korelace

V předchozích úkolech jsme využili toho, že dvě veličiny (počet slunečních skvrn a počet halo CME pro daný rok) spolu nějakým způsobem souvisí – chování jedné veličiny souvisí s chováním druhé veličiny. **Takové veličiny nazýváme korelované.** Příkladem korelovaných veličin je teplota vzduchu a počet prodaných zmrzlin (ve dnech, kdy je vysoká teplota, se prodá více zmrzliny a naopak, pokud je nízká teplota, prodá se zmrzliny málo).

Zkuste vymyslet příklad veličin, které jsou dobře korelované. Můžete najít i příklad pro **antikorelaci**, kdy při vzrůstu jedné veličiny druhá veličina klesá. Pokud dvě veličiny spolu nijak nesouvisí, jsou **nekorelované**.

Následující příklady jsou psány z pohledu studentů, co by asi mohli odpovědět, nejde o vědecky prokázanou korelaci. Studenti mohou přijít s rozmanitými příklady, které se zdají na první pohled bláznivé, ale je důležité je nechat uvedené příklady vysvětlit.

Příkladem korelovaných veličin je:

Počet odtrénovaných hodin vs. výkon nebo vytrvalost sportovce; délka dne (světla) vs. pozitivní naladění člověka; délka přípravy studentů na zkoušku vs. jejich úspěšnost; hmotnost činky, kterou je vzpěrač schopen zvednout vs. hmotnost vzpěrače...

Příkladem antikorelovaných veličin je:

Množství přijatého vitamínu C vs. doba, kdy je člověk nemocný; množství peněz investovaných státem do sportovních klubů a dalších organizací vs. počet teenagerů, kteří konzumují drogy; cena výrobku vs. množství prodaných výrobků...

Příkladem nekorelovaných veličin je:

Výška člověka vs. jeho inteligence; velikost jablek v daném roce vs. počet dopravních nehod v daném roce; počet prodaných televizorů a počet snědených hamburgerů (samozřejmě o tom je možné diskutovat v závěrečném zhodnocení – zda se do obou veličin nějak náhodou nepromítá třeba ekonomická situace lidí apod.)

Na závěr je potřeba zmínit jednu důležitou věc: korelace není kauzalita. Jinými slovy, to, že nacházíme mezi dvěma veličinami třeba i vysoký korelační koeficient, ještě neznamená, že jedna veličina ovlivňuje druhou [4]. V literatuře jsou často popisovány veličiny, které vykazují korelaci (například zmíněný počet čápů a počet narozených dětí), ale ve skutečnosti nemají žádnou souvislost. V případě námi nalezené korelace mezi počtem slunečních skvrn a počtem halo CME však skutečně můžeme rozumně předpokládat, že počet slunečních skvrn přímo souvisí s počtem (halo) CME událostí.

Vysvětlivky:

Plazma: Jedna ze čtyř základních forem hmoty (pevná látka, kapalina, plyn, plazma). Je to směs elektricky nabitých částic, tedy iontů, elektronů a případně neutrálních částic. Vzhledem k tomu, že plazma je elektricky nabitá, tak je ovlivňováno magnetickým polem v okolí slunečních skvrn.

Korona: Jasné a horké okolí Slunce, které sahá do vzdálenosti mnoha milionů kilometrů. Korona je složena z elektricky nabitých částic, zejména vodíkových a heliových jader a elektronů, je to tedy plazma. Je dobře pozorovatelná při úplném zatmění Slunce. Teplota korony dosahuje několika milionů stupňů Celsia, což je mnohem vyšší teplota než je povrch Slunce. Mechanismus ohřevu není úplně objasněn [5].

CME (Coronal Mass Ejection) - Výron koronální hmoty: Uvolnění velkého množství sluneční hmoty, která se pak šíří prostorem a může například ovlivňovat zemské magnetické pole a pozemské i kosmické technologie.

Odkazy:

[1] Detailní pohled na CME z roku 2012 <https://youtu.be/GrnGi-q6iWc>

[2] Seznam Halo CME pozorovaných pomocí Sluneční observatoře SOHO https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/halo/halo.html

[3] Foto halo CME <https://www.spaceweatherlive.com/en/news/view/126/20150621-m20-andm26-solar-flares-with-full-halo-cme>

[4] O dětech, čápech a kauzalitě, http://www.cs.cas.cz/hanka/POKROKY/4_17/dvorak.pdf

[5] Problém koronálního ohřevu <https://phys.org/news/2016-12-mystery-coronal.html>