

K pozorování zatmění Slunce nad USA využili vědci i letadlo NASA

Letošní expedice mezinárodního vědeckého týmu Solar Wind Sherpas za zatměním Slunce do USA a Mexika byla v mnoha ohledech výjimečná. Podařilo se dokončit pozorování jedenáctiletého slunečního cyklu. Poprvé k pozorování zatmění využili speciální letadlo NASA, schopné létat ve výškách kolem dvaceti kilometrů. Vznikla řada krásných a vědecky hodnotných snímků sluneční koróny, které poslouží astrofyzikům z Havajské univerzity k výzkumu Slunce. A ještě nikdy na expedici nevyrazilo tolik brněnských studentů jako letos. Výsledky patnácté expedice za zatměním Slunce dnes představili odborníci z Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně na tiskové konferenci.

Slova „vzácný přírodní úkaz“ ani zdaleka nevystihují atmosféru, která panuje při úplném zatmění Slunce. Když se celý sluneční kotouč na pár minut schová za Měsíc, svět se zešeří a při pohledu na oblohu nastává dechberoucí podívaná. Při ní Slunce pozorovateli odhalí svoji sluneční korónu, která je viditelná pouhým okem pouze během úplného zatmění.

Letos šel pás měsíčního stínu přes Severní Ameriku, úplné zatmění zde nastalo 8. dubna. Nemohl u toho chybět ani mezinárodní vědecký tým z Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně a Astronomického institutu Havajské univerzity. Z pozorování vzniklo celkem 5 TB dat, která se po týdnech práce matematika Miloslava Druckmüllera proměnila v jedinečné fotografie letošního úplného zatmění Slunce.

Pozorování ve vzduchu i na zemi

Velkou novinkou letošního pozorování bylo využití letounu NASA, která provozuje v texaském Houstonu speciální program zaměřený na výzkum ve vysokých výškách. K tomu slouží tři letouny WB-57, schopné létat ve výšce kolem dvaceti kilometrů. Na palubu jednoho z nich letos vědci umístili své přístroje.

„Jsou to nesmírně zajímavá letadla. Jsou podobné špionážním letounům typu U-2. NASA je dnes využívá například pro výzkum hurikánů. Pro nás je jejich využití výhodné v tom, že létají až nad mraky. Běžné dopravní letadlo, které letí v deseti kilometrech, stále může potkat oblačnost, která by mohla pozorování zatmění zhatit. S letadlem WB-57 máme stoprocentně jisté pozorovací

podmínky,“ vysvětluje Druckmüller, který sesbíraná data zpracovává pomocí vlastního softwaru a matematicky přesnými metodami dokáže po sesazení desítek až stovek obrazů získat výsledné unikátní snímky.

Možnost speciální letoun využít dostali vědci poměrně narychlo, přesto se jim podařilo připravit potřebné přístroje i software a letadlo se dvěma piloty tak mohlo 8. dubna z Houstonu vzlétnout. „Software vytvořil student pátého ročníku Matěj Štarha, dnes už úspěšný absolvent studia na VUT. Ještě den před zatměním na dálku řešil technické problémy s přenosem obrazu, nakonec se ukázalo, že byl problém v USB kabelu, který je citlivý na velmi nízkou teplotu, která ve velkých výškách panuje. I tento problém se povedlo vyřešit a pozorování z letounu bylo úspěšné, právě i díky Matějovi,“ chválí Druckmüller.

Výzkumný česko-americký tým má díky vydařenému testu letadlo přislíbeno i pro tři následující zatmění. „V Brně budeme pracovat hlavně na vývoji softwaru a částečně hardwaru, američtí kolegové mají nelehký úkol zajistit financování. Každý rok bude potřeba kolem milionu dolarů,“ dodává Druckmüller. Už samotný fakt, že měli možnost letoun využít, dokazuje, že tým patří mezi světovou špičku. „Stojí za námi naše úspěchy a mnoho let práce. Máme unikátní aparaturu na pozorování těžkých iontů ve sluneční koróně a jsme jediní na světě, kteří z pozorování zatmění přinášejí podobné výsledky. Na to v NASA slyšeli a zdálo se jim rozumné, umožnit nám využití letounu pro naše pozorování,“ říká Druckmüller s tím, že zpracování dat z paluby letadla přijde na řadu ve druhé polovině letošního roku.

Počasí si s expedicí pohrálo

Zatímco na palubě WB-57 se mohli spolehnout na oblohu bez mráčku, na zemi je úspěch pozorování závislý na rozmarech počasí. Proto se expedice snaží obsadit několik pozorovacích míst a zvýšit tím šanci, že alespoň někde uspějí. A ačkoliv jsou letošní výsledky expedice dobré, počasí nedalo výzkumníkům nic zadarmo.

V texaském Kerrville pozorování zcela zhatila zatažená obloha. Naopak v Sims v Arkansasu panovaly po celé 4 minuty a 17 sekund zatmění ideální podmínky. Na těchto dvou pozorovacích místech přiložili ruce k dílu i čtyři studenti z Fakulty strojního inženýrství. Zatím na žádnou expedici jich nevyrazilo tolik.

„Zařadit do týmu studenty bylo velmi přínosné. Nejen že jsou po odborné stránce zdatní, však za sebou mají roky technického studia na naší fakultě, ale byla radost je sledovat přímo při práci v terénu. Při expedicích se řeší řada věcí za pochodu, improvizuje se. Právě invence, energie a hmatatelný pocit odpovědnosti byl u nejmladších členů týmu neuvěřitelně silný,“ říká výzkumnice Jana Hoderová, která byla na pozorovacím místě v Sims společně se studenty Matějem Štarhou, Václavem Širokým a Jakubem Moravcem. „Uvolněnou a tvůrčí atmosféru v české části týmu obdivovala i Shadia Habbal z Havajské univerzity, která je vedoucí celého projektu Solar Wind Sherpas a která se svými kolegy byla s námi v Sims. Byla překvapená, že každý proaktivně hledá to nejlepší řešení, že nemusí nikoho explicitně úkolovat a jen spokojeně sledovala, jak vše hladce běží,“ dodává Hoderová.

Největší boj svedla osádka v mexickém Torreónu, kde byla předpověď počasí natolik špatná, že se tamní skupina dále rozdělila a část odjela zkusit štěstí k městu Canatlán. I tam nakonec panovaly náročné podmínky: vítr vířil prach, boural stany a cloumal s aparaturou. Jeden z pozorovacích systémů v Canatlánu nakonec zázračně přežil vichřici a díky tomu tým získal alespoň jeden širokoúhlý obraz zatmění.

„Bylo to prakticky poprvé, kdy jsme se rozhodli pevné stanoviště, které se běžně připravuje tři dny, přesunout na jiné pozorovací místo s vědomím, že bude vše potřeba připravit za necelý jeden den,“ říká výzkumník Pavel Štarha s tím, že s ohledem na pesimistickou předpověď počasí jim nic jiného nezbývalo. „Bylo potřeba přeostrřit všech 14 objektivů, což se bez viditelného slunečního disku těžko provádí, a nebyla jistota, že se to časově zvládne. Z hlediska oblačnosti byla předpověď pro Canatlán podstatně lepší a to se nakonec i potvrdilo. Nicméně povětrnostní podmínky byly extrémně náročné, komplikovaly celou přípravu pozorovacích aparatur i samotné pozorování. I v těchto podmínkách se našemu čtyřčlennému týmu ve složení já, Aneta Zatočilová, Amálie Štarhová a Zuzana Druckmüllerová podařilo úspěšně přesunout i takto velké pozorovacího stanoviště na jiné vhodnější místo pouhý jeden den před zatměním. Za úspěchem celého přesunu stojí zejména obětavost všech členů týmu, kteří byli schopni pracovat až do fyzického a psychického vyčerpání,“ popisuje Pavel Štarha.

Oranžová kometa

Zpracované snímky z expedice přináší další nové poznatky o Slunci a vesmíru. „Velmi zajímavá je zachycená kometa, která míří ke Slunci. To není nic výjimečného, podobných komet, které průlet

kolem horkého Slunce nepřežijí a vypaří se, je hodně. Co je na našem snímku pozoruhodné, že kometa není bílá, ale oranžová,” říká Druckmüller.

Vysvětlení spočívá v částicích, které kometa spolu s vodou, která tvoří její typický bílý chvost, vypouští do prostoru. „Musí jít o částice příliš malé na to, aby na ně působilo gravitační pole, ale působí na ně tlak záření. Podle nás jde o svítící neutrální sodík, který, jak se kometa blíží ke Slunci, je uvolňován ve větším množství a kometa tím „zoranžoví“. Pro laika to můžeme připodobnit barvě, jakou svítily staré sodíkové pouliční lampy,” vysvětluje Druckmüller.

V Simsu se podařilo získat obrazy iontů železa ve sluneční koróně. „Pozorujeme devětkrát, desetkrát a třináctkrát ionizované železo. Letošní obrazy můžeme srovnat s loňským pozorováním v Austrálii. A zajímavé je, že ačkoliv se nyní nacházíme v maximu sluneční činnosti, letos bylo Slunce neuvěřitelně klidné. Zároveň můžeme z pozorování celého jedenáctiletého slunečního cyklu říci, že zatímco na snímcích magnetického pole Slunce je vývoj cyklu na první pohled patrný, složení pozorovaných iontů v koróně se příliš nemění,” popisuje Druckmüller.

Posledním významným zjištěním je dominantní iont železa ve sluneční koróně, kterým je desetkrát ionizované železo. „Bez ohledu na fázi slunečního cyklu je iont Fe XI absolutně nejčastější. Toto zjištění je v dokonalém souladu s pozorováními kosmické sondy Ulysses. Zmíněný iont má největší pravděpodobnost vzniku při teplotě asi 1 100 000 Kelvinů, z čehož vyplývá, že to je nejčastější teplota, která se vyskytuje ve sluneční koróně,” uzavírá Druckmüller.

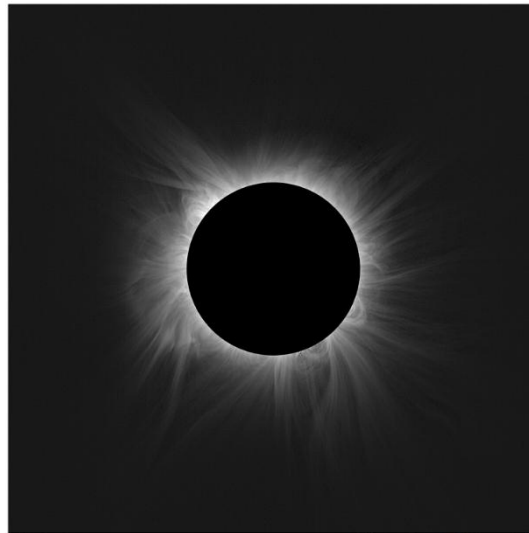
Mediakit – snímky úplného zatmění Slunce



Širokoúhlý obraz sluneční koróny pořízený 8. 4. 2024 v Mexiku, ve státě Durango nedaleko města Canatlán. Malý oranžový objekt v levé části obrázku je kometa SOHO 5008, která za několik málo hodin zanikla v blízkosti Slunce.

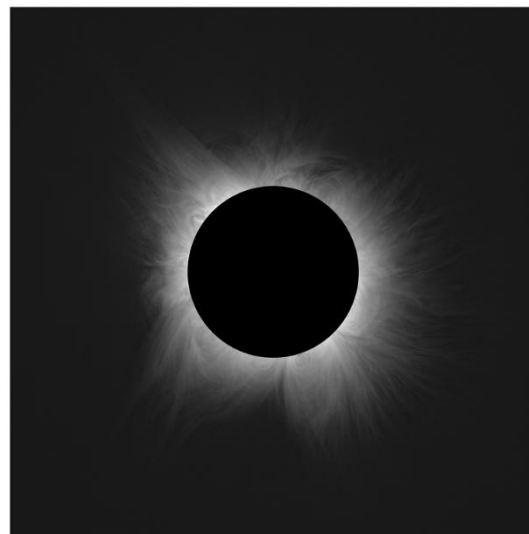


Obraz sluneční koróny pořízený 8. 4. 2024 v USA, ve státě Arkansas nedaleko města Sims. Malý oranžový objekt v levé části obrázku je kometa SOHO 5008, která za několik málo hodin zanikla v blízkosti Slunce.



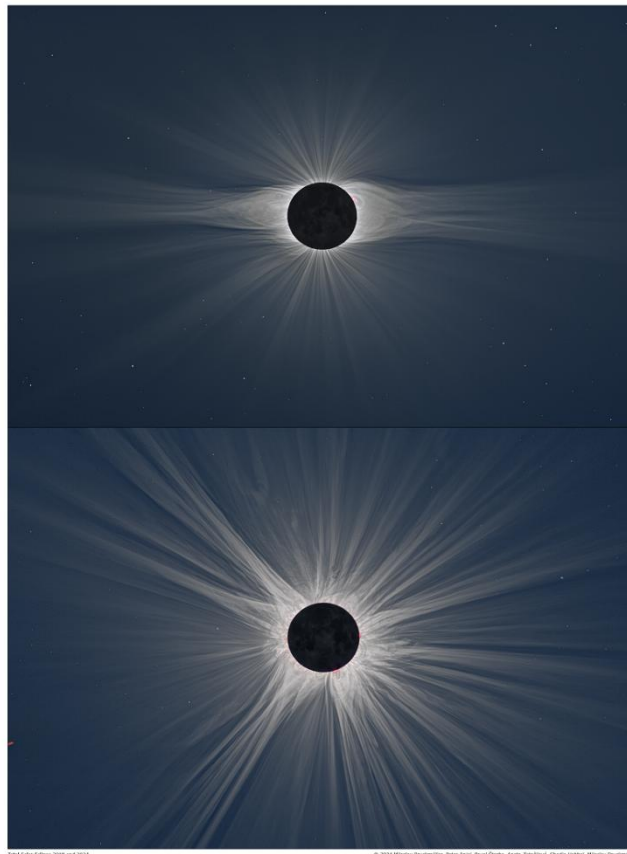
Total Solar Eclipse 2024 Fe XI, 789.2 nm © 2024 Matěj Štarha, Shadia Hobbal, Milošlav Druckmüller

Unikátní obraz záření desetkrát ionizovaného železa ve sluneční koróně pořízený 8. 4. 2024 v USA, ve státě Arkansas nedaleko města Sims. Společný tým FSI VUT v Brně a University of Hawaii je jediným na světě, který je schopen podobné obrazy vytvořit.



Total Solar Eclipse 2024 Fe XIV, 530.3 nm © 2024 Petr Štarha, Jana Haderová, Shadia Hobbal, Milošlav Druckmüller

Unikátní obraz záření třináctkrát ionizovaného železa ve sluneční koróně pořízený 8. 4. 2024 v USA, ve státě Arkansas nedaleko města Sims. Společný tým FSI VUT v Brně a University of Hawaii je jediným na světě, který je schopen podobné obrazy vytvořit.



Srovnání sluneční koróny v období blízko minima (nahore) sluneční činnosti a maxima (dole). Horní obraz byl pořízen v Chile v roce 2019, dolní v USA v roce 2024.

Mediakit – úplné zatmění Slunce

The Solar Wind Sherpas je mezinárodní tým vědců, kteří cestují po světě, aby pozorovali a sbírali data o úplných zatměních Slunce. Tým, který se jmenuje příhodně vzhledem k obrovskému množství vybavení, které si s sebou vozí na každé (obvykle vzdálené) pozorovací místo, vede Shadia Habbal z Astronomického institutu v Honolulu na Havaji. Doposud Solar Wind Sherpas uskutečnili 15 expedic za zatměním, mimo jiné do Indie (1995), Sýrie (1999), Libye (2006), Číny (2008), Arktidy (2015), Indonésie (2016) či Austrálie (2023).

Tým je jedním z mála na světě, který využil diagnostický potenciál pozorování koronálních emisních čar na více vlnových délkách, což vedlo k řadě objevů a úspěšných vědeckých publikací. Výzkumníci se věnují i zkoumání neviditelných “barev” sluneční koróny. Se svými kamerami dovybavenými speciálními filtry a vlastní konstrukcí spektrometru pozorují chování prvků, které ztratily většinu svých elektronů a vyzařují světlo ve velmi specifických barvách. Mezi nejdominantnější prvky patří například vodík, helium, železo, nikl, kyslík, uhlík a vápník. Každý z nich v sobě skrývá tajemství horké koróny, která uniká ze Slunce a utváří sluneční vítr.

K **úplnému zatmění Slunce** letos došlo 8. dubna 2024 a viditelné bylo především v USA, Mexiku, Kanadě a také ve střední části Tichého oceánu.

Účastníků expedice z Česka je letos 12, z toho 9 za Fakultu strojního inženýrství VUT v Brně (mezi nimi 4 studenti).

Získáním dat začíná další náročná etapa, a to zpracování. Zde leží veškerá tíha na profesorovi Miloslavu Druckmüllerovi. Softwaru, které vyvíjí od roku 1999, dokáže matematicky přesnými metodami ze získaných dat vytěžit maximum. Díky detailům, které jsou po sesazení desítek až stovek obrazů vidět, mohou astrofyzikové z Havajské univerzity získat nové informace o sluneční koróně. Hrubou představu o tom, co znamená sesazování obrazů, si lze udělat z odhadu letošní expedice: pokud se vydaří počasí a pozorování bude úspěšné, dovezou vědci odhadem 5 TB dat!

Zatmění Slunce je astronomický jev, který nastane, když Měsíc vstoupí mezi Zemi a Slunce, takže jej částečně nebo zcela zakryje. Taková situace může nastat, jen pokud je Měsíc v novu. Průměr Slunce, který je 400krát větší než průměr Měsíce a 400krát vzdálenější od Země než Měsíc, umožňuje, že se Slunce, Měsíc a Země každých 12 až 18 měsíců nacházejí na jedné přímce. Stín široký asi sto kilometrů i za dne zatemní Zemi, teplota klesne o několik stupňů. Kolem Měsíce zakrývajícího Slunce je vidět záře sluneční koróny, na obloze se objeví hvězdy i některé planety.

Pás totality je pás povrchu Země, ze kterého lze pozorovat úplné zatmění Slunce. Díky velikosti Měsíce a jeho vzdálenosti od Země se jeho šířka pohybuje od 112 do 270 km.

Pro pozorování volí výzkumníci místa, kde je co největší šance na dobré počasí. I jediný mráček v čase zatmění může zhatit celou expedici. Proto je pozorovacích míst pokud možno vždy více.

Bílé světlo vidíme během úplného zatmění na vlastní oči na potemnělé obloze. Jde o fotony odražené od volných elektronů, které se pohybují podél siločar magnetického pole Slunce, které je vlastně obřím magnetem. Následující pokus ze základní školy si jistě vybaví každý: vezmeme magnet, položíme na něj papír a na něj nasypeme kovové piliny. Piliny se automaticky seřadí tak, že na papíru vykreslí oblouky, které spojují severní a jižní pól magnetu a tím nám vizualizují magnetické pole. Při zatmění Slunce hrají roli pilin právě elektrony, které jsou díky svému zápornému náboji nuceny kopírovat siločáry magnetického pole naší denní hvězdy.

Minulé úplné zatmění Slunce bylo pozorovatelné 20. dubna 2023 z Austrálie, kde se českým vědcům pozorování velmi zdařilo. A to i přesto, že úkaz tehdy trval pouhých 64 sec.

Nejbližší úplné zatmění Slunce pozorovatelné v Evropě bude 12. srpna 2026 a půjde jej pozorovat ve Španělsku nebo na nejzápadnějších výběžcích Islandu. Česká republika se dočká až 7. října 2135.

Více o Solar Wind Sherpas najdete na <https://project.ifa.hawaii.edu/solarwindsherpas/>

Snímky sluneční koróny od Miloslava Druckmüllera najdete na <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/>