

OHROŽENÍ ZEMĚ Z VESMÍRU

JANA HRABALOVÁ



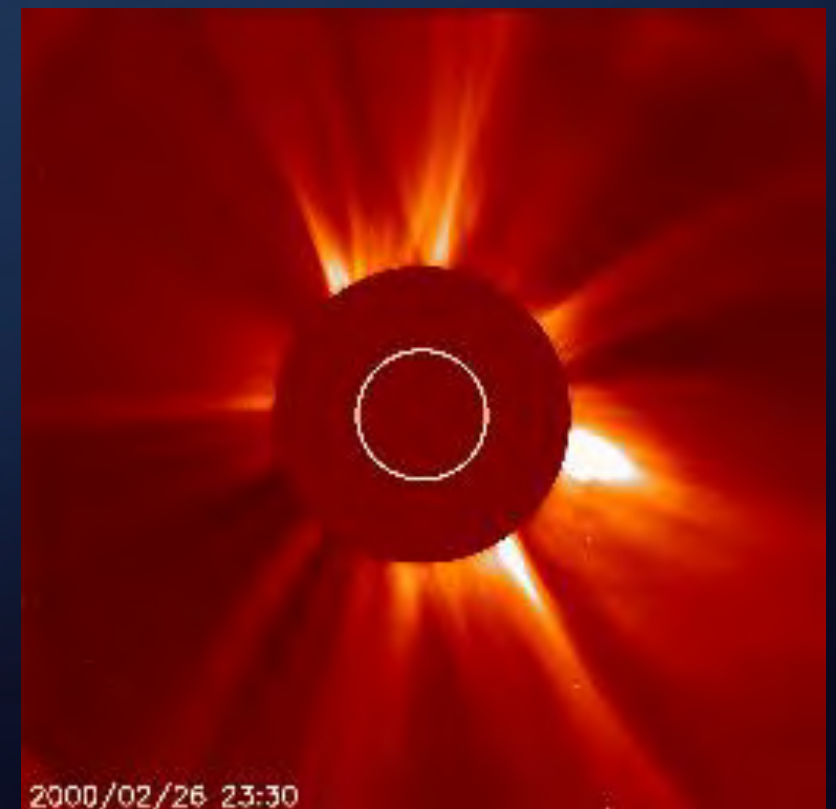


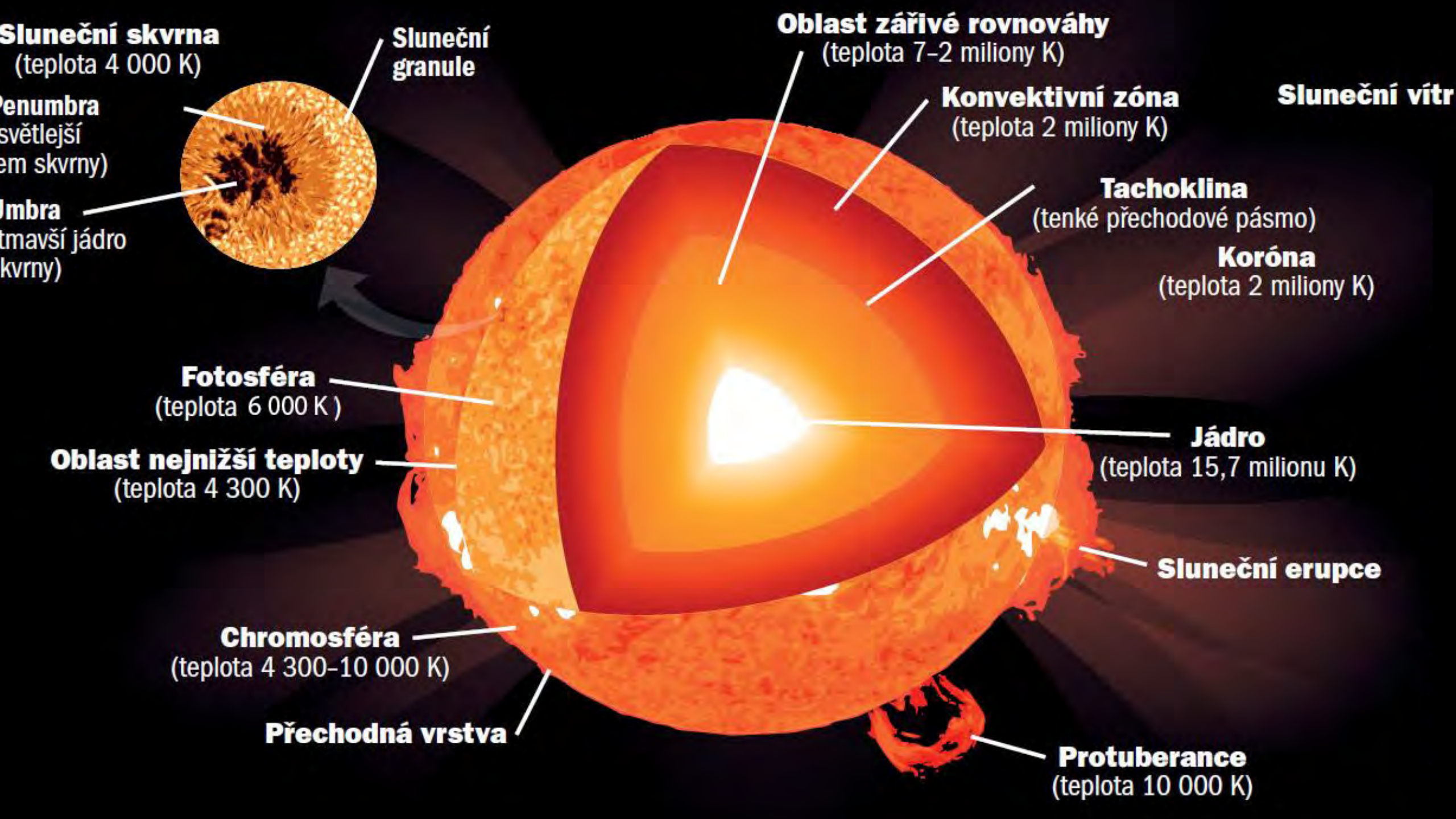
- **Výron koronální hmoty**
- **Kosmické záření**
- **Dopady asteroidů a komet**
- **Útok mimozemšťanů ☺**



VÝRON KORONÁLNÍ HMOTY

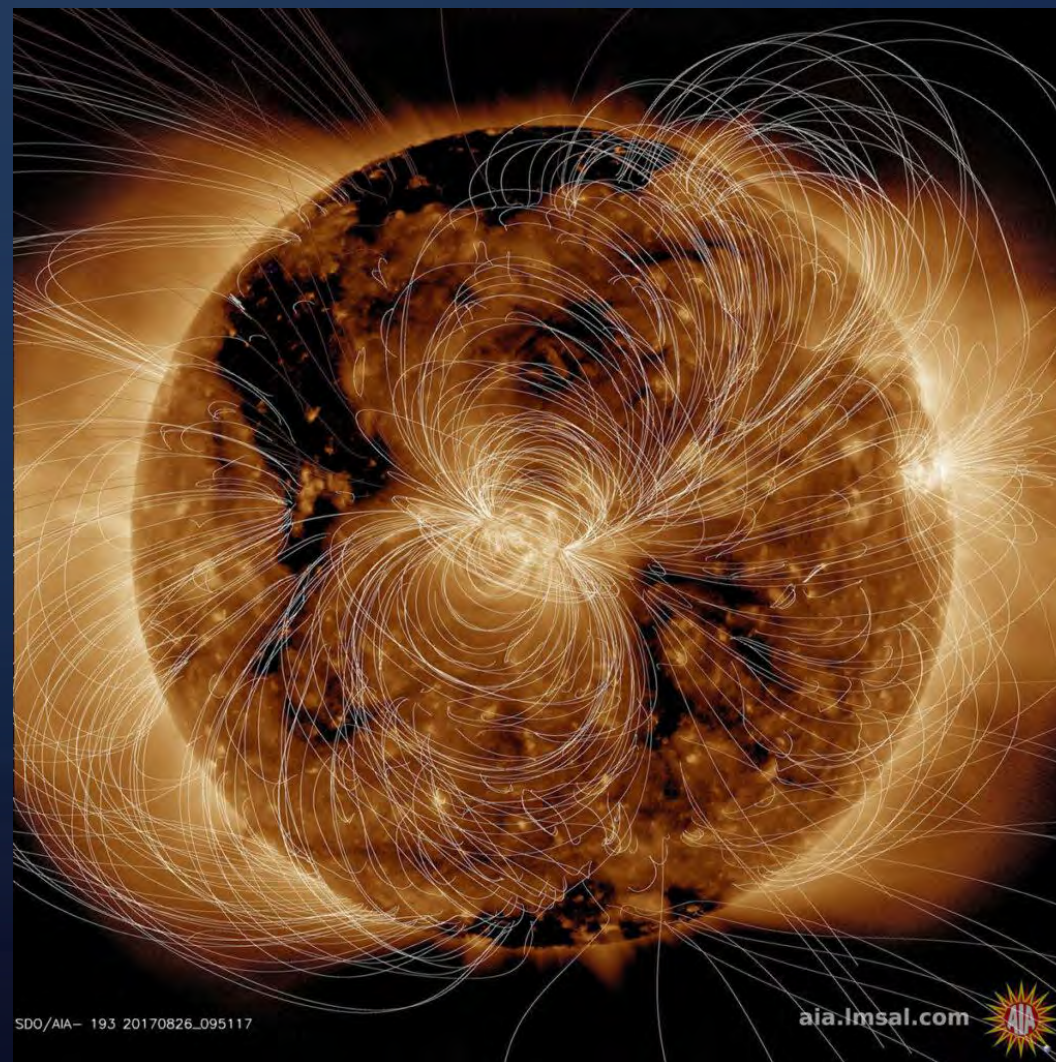
- CME (coronal mass ejection)
- Původce – Slunce

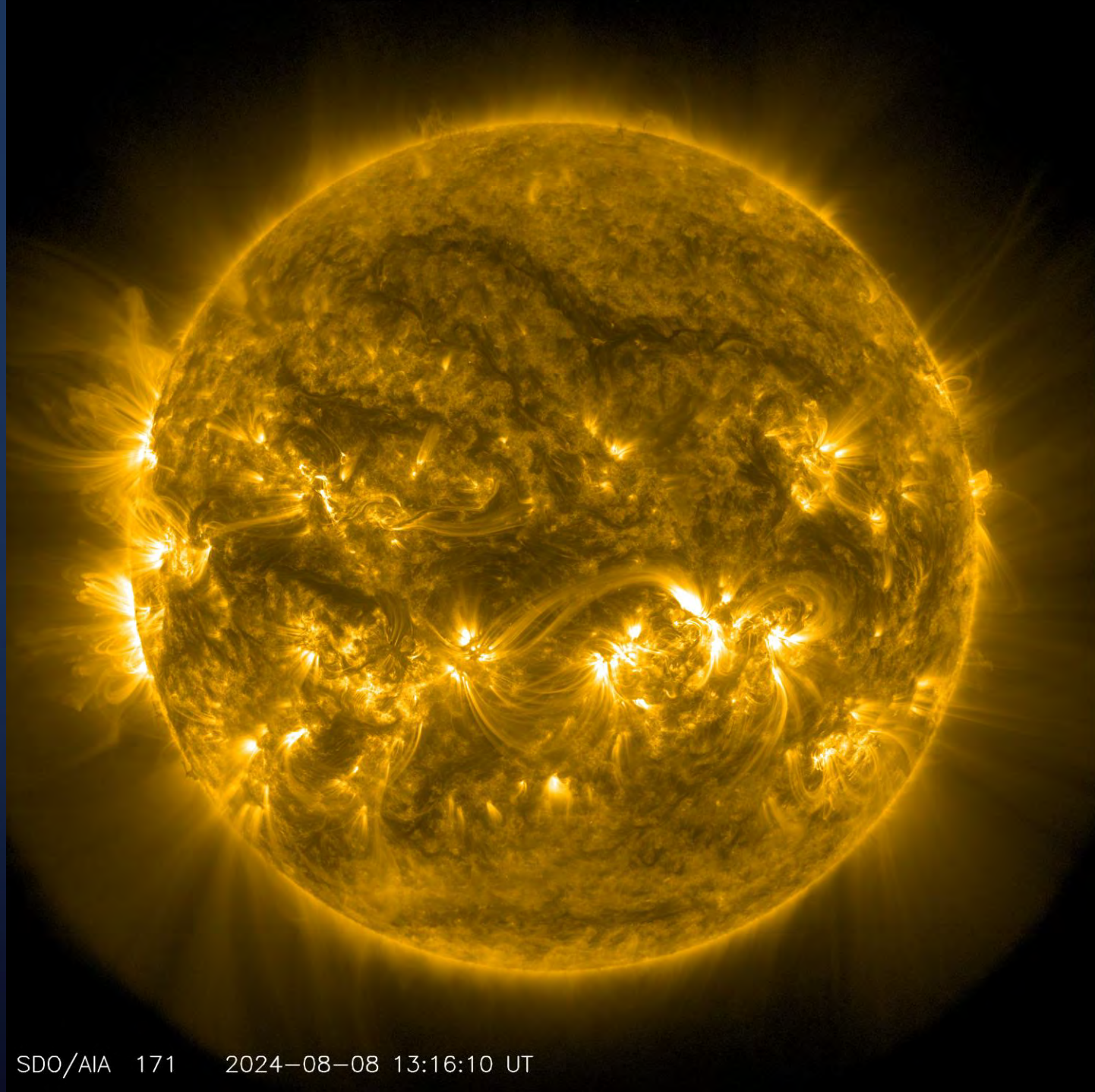




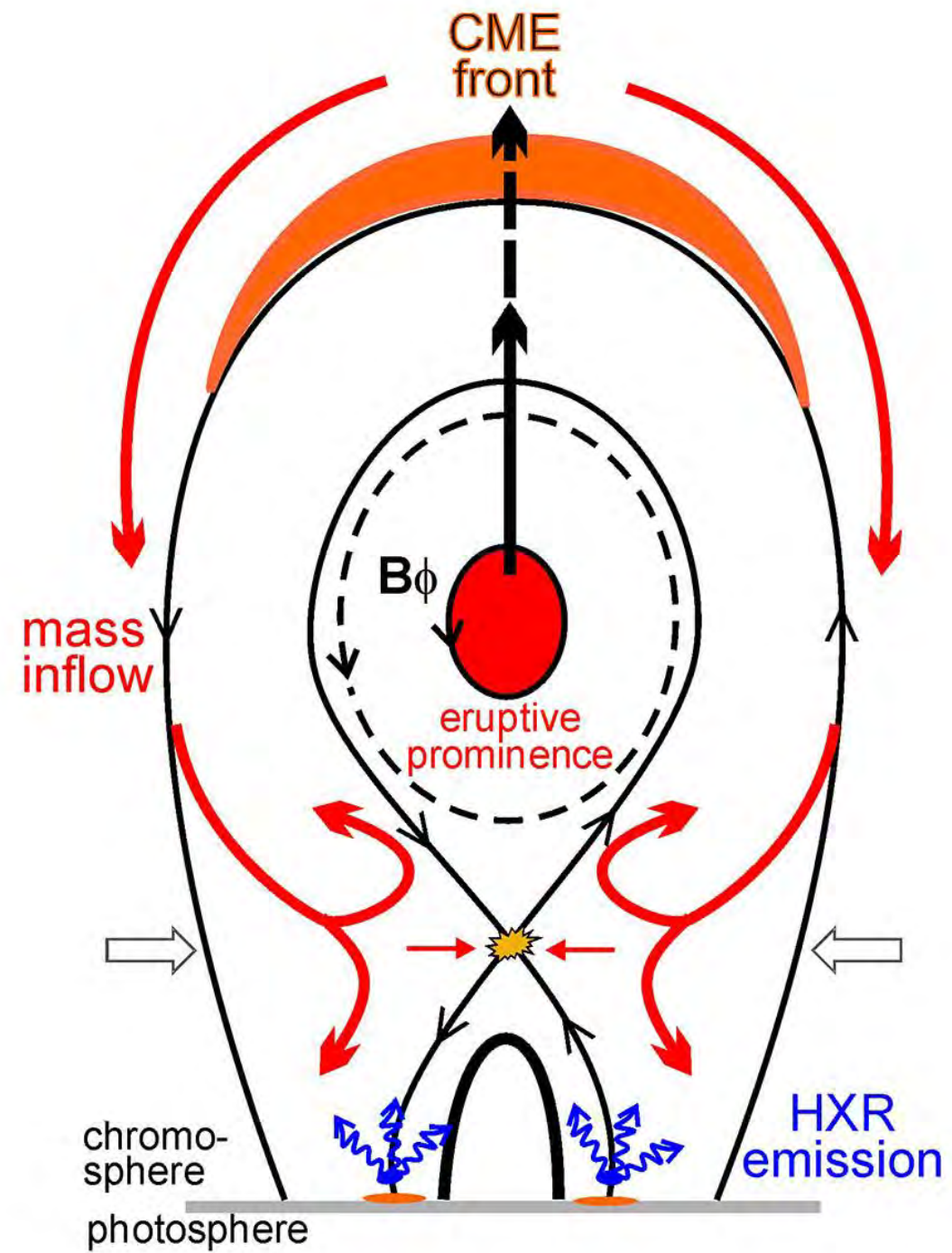
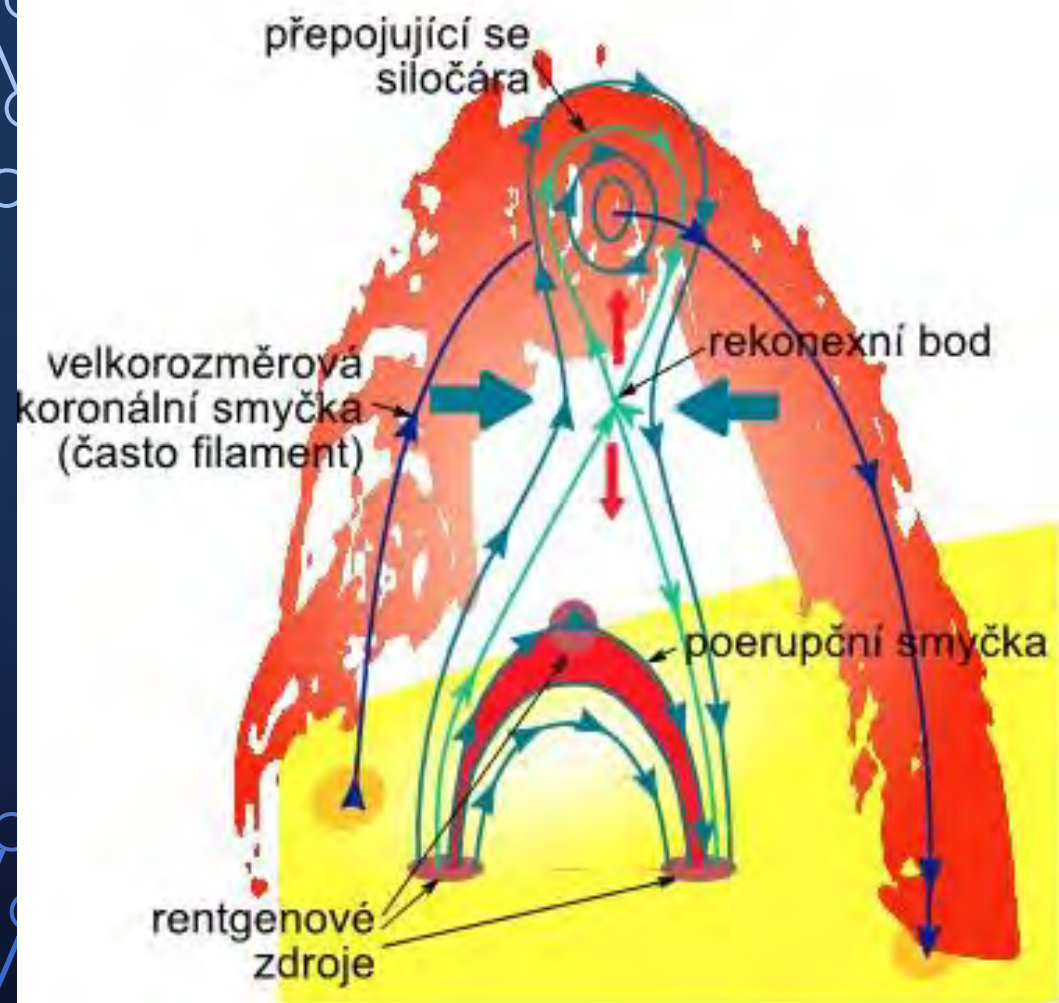


- Vzniká **destrukcí lokálních magnetických polí Slunce.**





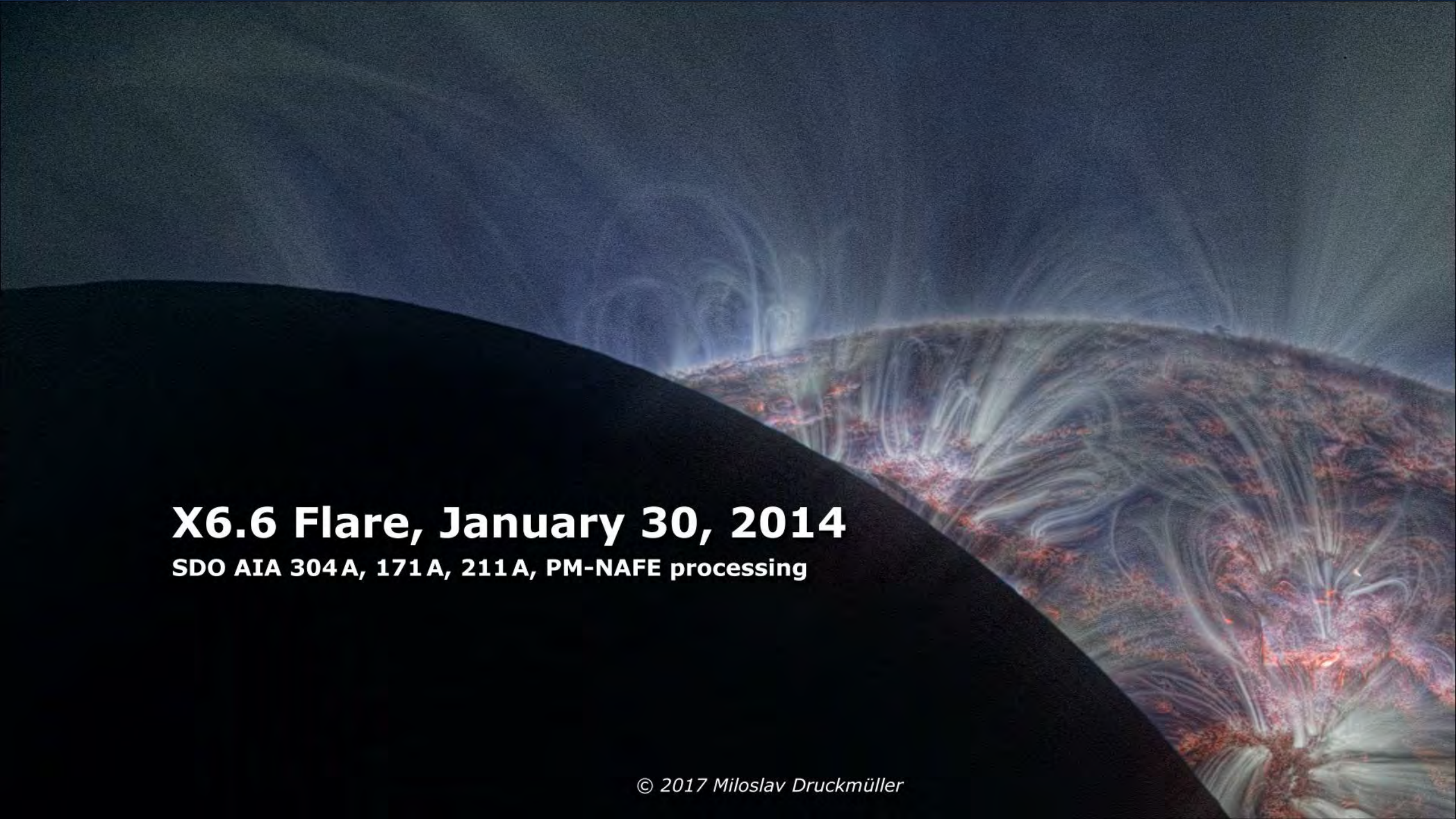
SDO/AIA 171 2024-08-08 13:16:10 UT



M7.6 and M5.5 Flares, July 23, 2016

SDO AIA 304 Å, 171 Å, 211 Å, PM-NAFE processing





X6.6 Flare, January 30, 2014

SDO AIA 304 A, 171 A, 211 A, PM-NAFE processing



- **Vzniká destrukcí lokálních magnetických polí Slunce.**

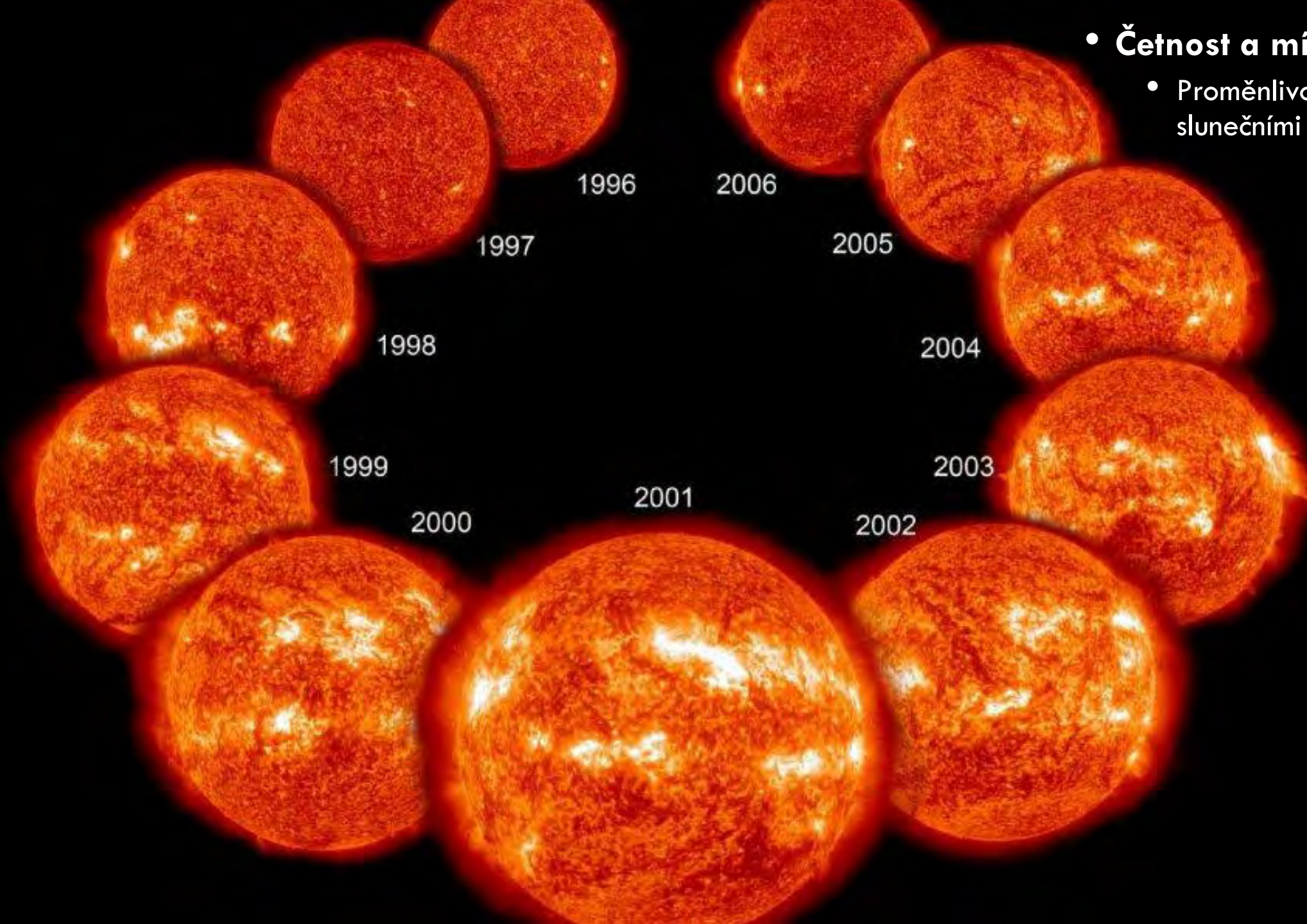
- Sluneční erupce
- Eruptivní protuberance

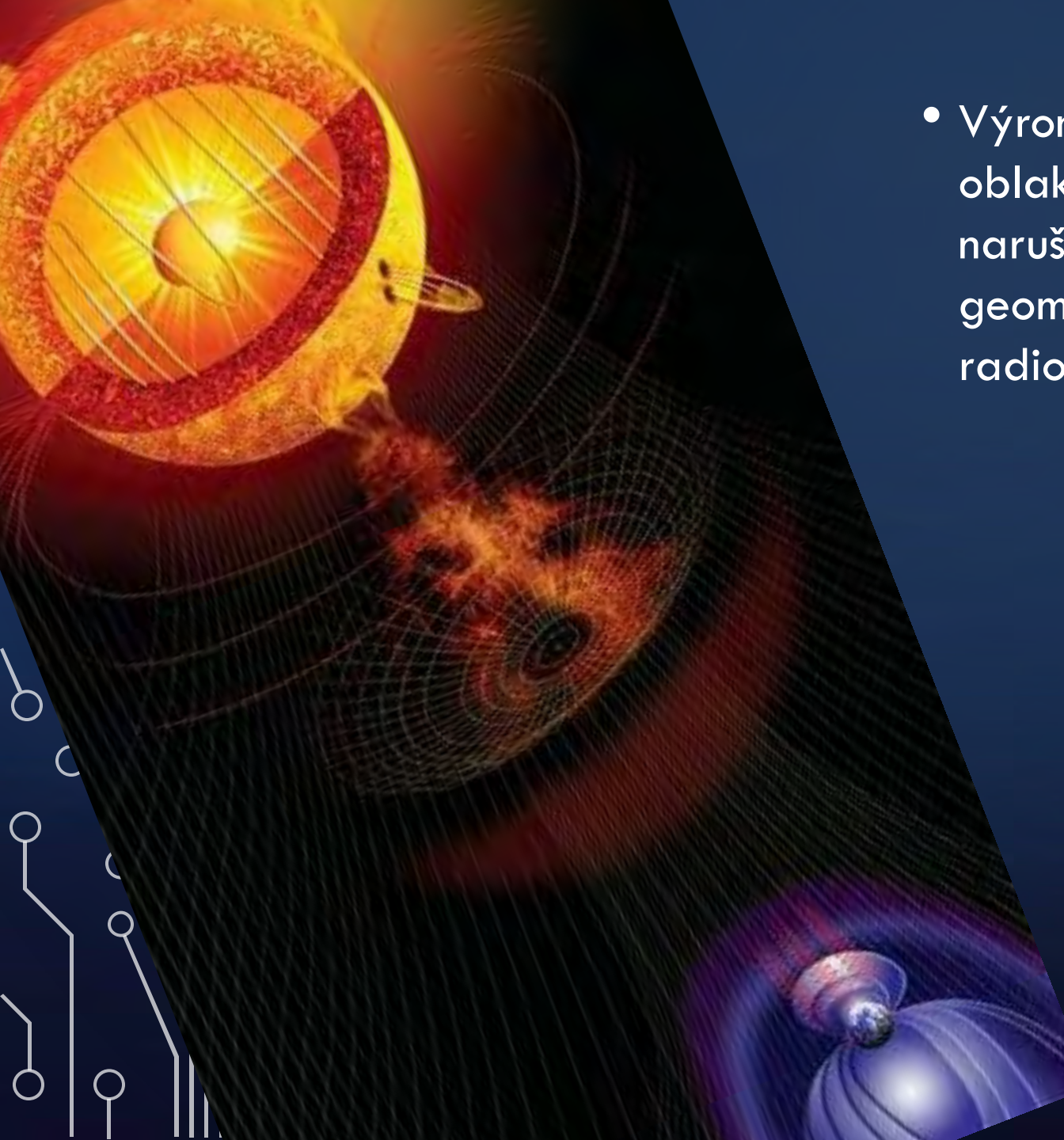
- **Hodnoty:**

- rychlost plazmového oblaku: 400 - 6000 km/s
- Odnáší: 10^{12} - 10^{13} kg
- kinetická energie: 10^{23} - 10^{25} J

- **Četnost a místo vzniku CME**

- Proměnlivost s cyklem slunečními aktivity



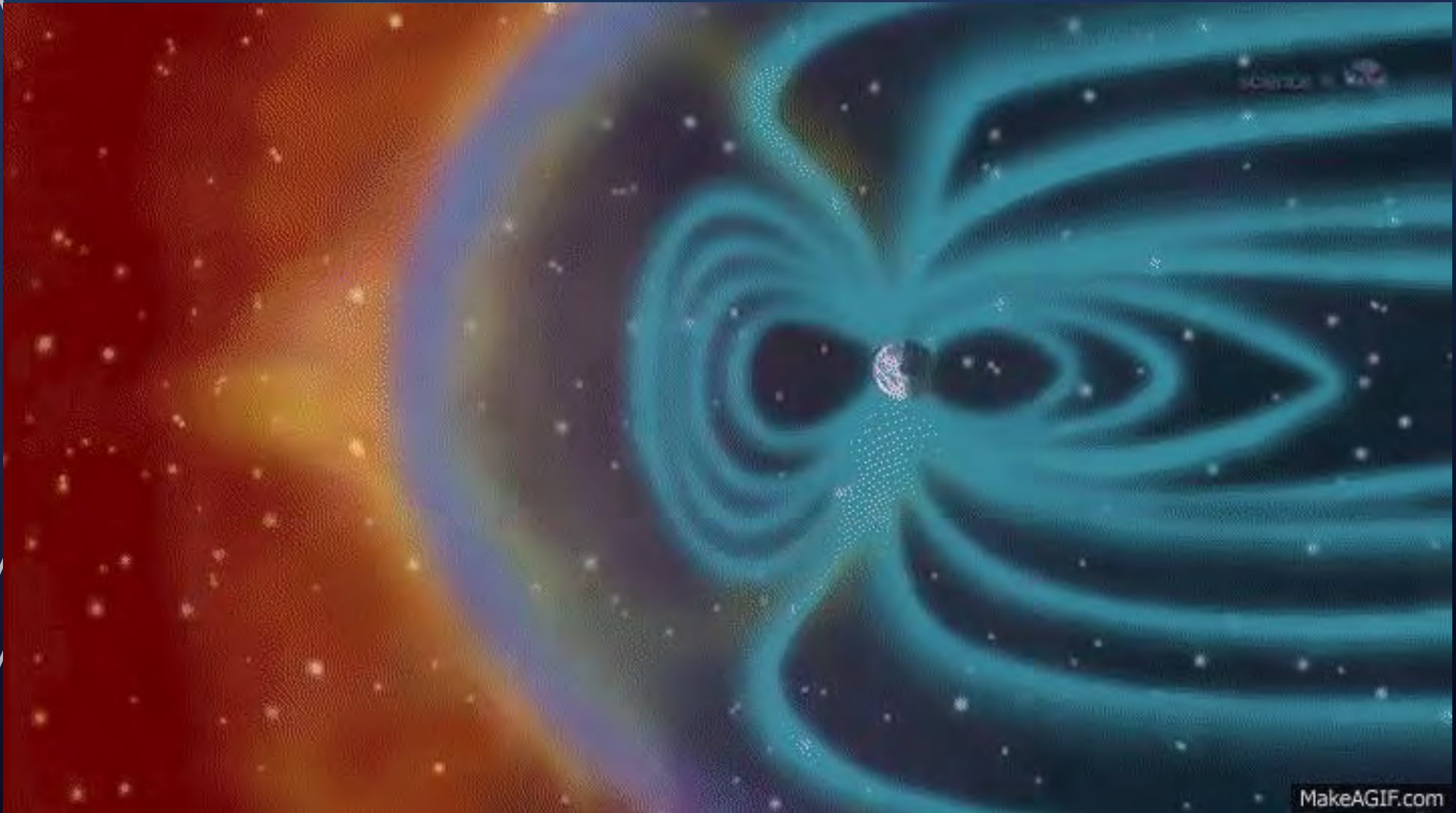


- Výron koronální hmoty > expanze plazmoidu > oblak se rozšíří a obklopí Zemi (až 36h) > narušení Zemské magnetosféry > geomagnetické bouře > polární záře, rušení radiového signálu, výpadky proudu

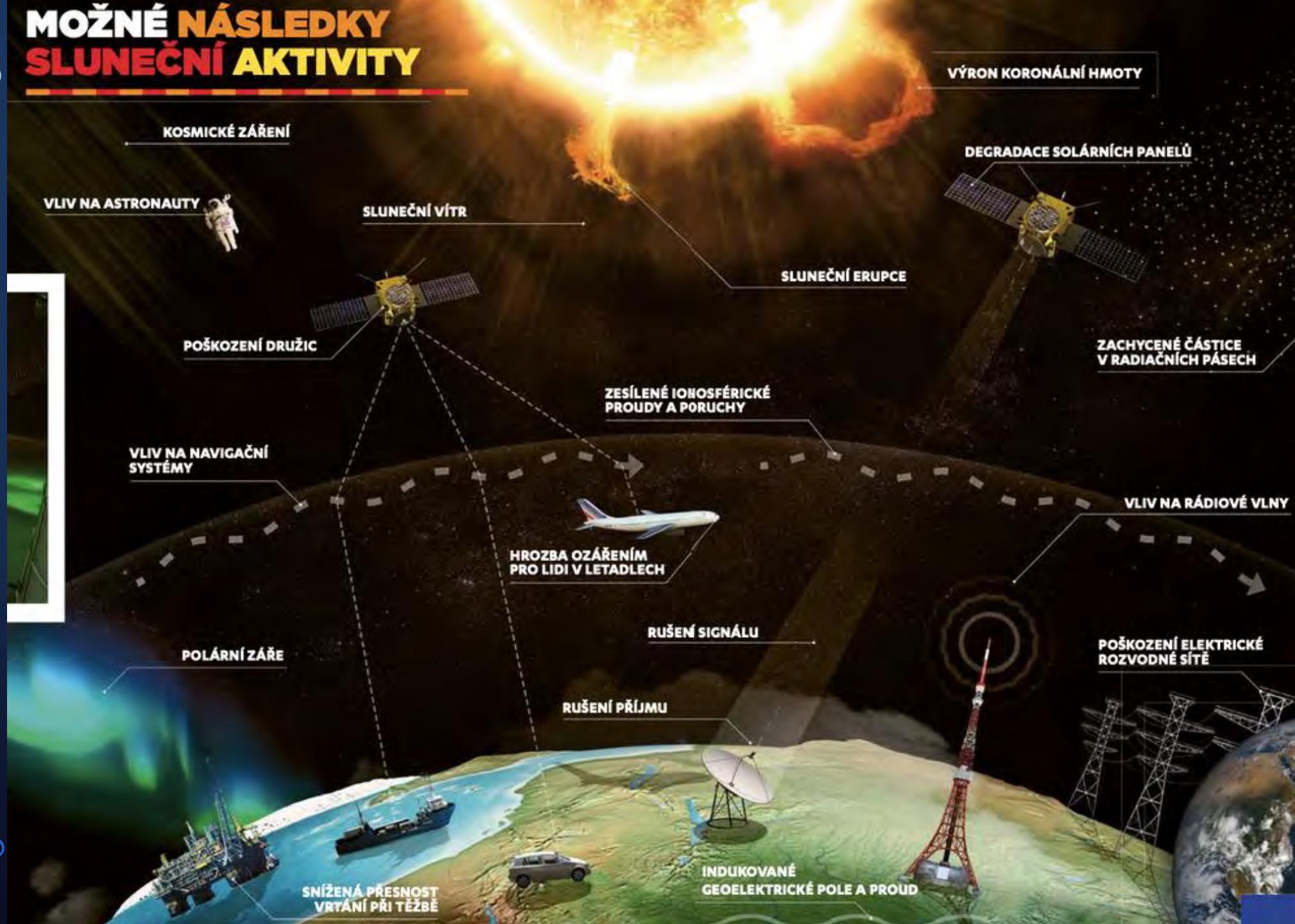


- **geomagnetické bouře**

- Magnetosféra Země je při nárazu plazmy z CME extrémně stlačena > dochází ke změně magnetické indukce magnetického pole Země > vznik indukovaných elektrických polí a jím odpovídajících elektromotorických napětí
- Určení síly: G-stupnice (G1 – G5)

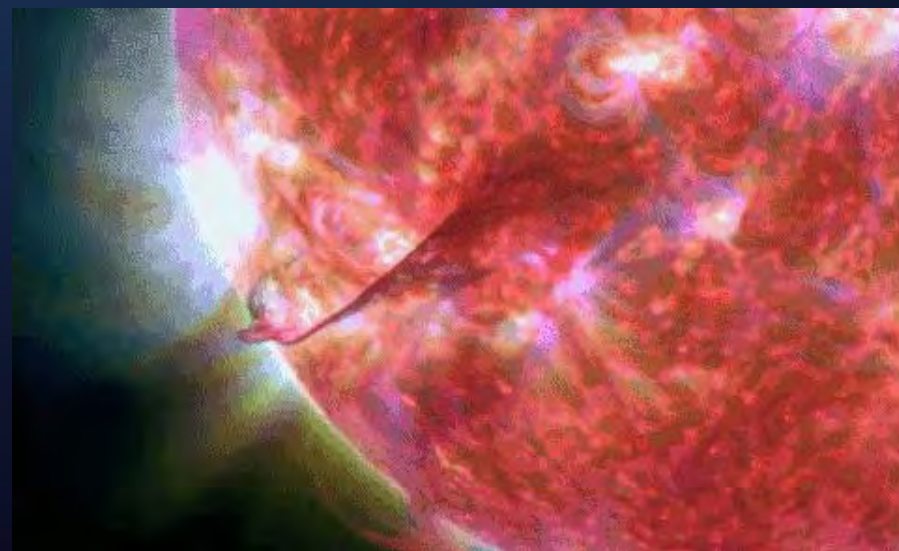


MOŽNÉ NÁSLEDKY SLUNEČNÍ AKTIVITY





- Jak nás CME ovlivňuje?
 - Radiační nebezpečí pro člověka
 - Poškození satelitního hardwaru
 - Narušení navigačního systému
 - Narušení komunikace
 - Narušení elektrických soustav



MOŽNÉ NÁSLEDKY SLUNEČNÍ AKTIVITY



Vlivy						
Stupeň	Závažnost	Energetická soustava	Kosmická zařízení	Ostatní vlivy	Průměrná frekvence	Dní během 24. solárního cyklu
G1	Malá	Může docházet ke slabým výkyvům elektrické sítě.	Možný malý dopad na provoz satelitů.	Stěhovaví živočichové jsou postiženi, polární záře jsou běžně viditelné ve vysokých zeměpisných šířkách.	1 700 za cyklus (900 dní za cyklus)	256
G2	Mírná	Napájecí soustavy ve vysokých zeměpisných šířkách mohou zaznamenávat přepětí, dlouhotrvající bouře mohou způsobit poškození transformátorů.	Kosmická zařízení mohou vyžadovat nápravná opatření od pozemního řízení, možné změny v předpovězené oběžné dráze.	Šíření rádiových signálů v pásmu krátkých vln se může ve vyšších zeměpisných šířkách zhoršovat, zvířata mohou být podrážděná, polární záře může být k vidění na 55. rovnoběžce, což odpovídá severu Německa a Polska .	600 za cyklus (360 dní za cyklus)	86
G3	Silná	Mohou být vyžadovány korekce napětí, některá ochranná zařízení mohou hlásit falešné poplachy.	Na satelitech může docházet k povrchovému přebíjení, u satelitů na nízké oběžné dráze se může zvýšit odpor a mohou se vyskytnout problémy s orientací vyžadující korekci.	Může docházet k výpadkům satelitní navigace a problémům s rádiovou komunikací v pásmech středních a dlouhých vln, výpadkům rádiové komunikace v pásmu krátkých vln, polární záře může být pozorována i na 50. rovnoběžce , což odpovídá jižnímu okraji Prahy , Říčanům či Kouřimi .	200 za cyklus (130 dní za cyklus)	18
G4	Velmi silná	Možné vážné problémy s řízením napětí, některé ochranné systémy mohou vyřadit klíčová zařízení ze sítě.	Může dojít k problémům s povrchovým přebíjením a problémům s dohledem, může docházet k problémům s orientací vyžadujícím nutné opravy.	Šíření signálu v pásmu krátkých vln může být sporadické, stav satelitní navigace se během hodin může zhoršovat, rádiová komunikace v pásmech středních a dlouhých vln může být narušena, polární záře může být pozorována z 45. rovnoběžky, což odpovídá jižní Francii , Chorvatsku , Srbsku , Rumunsku a Krymu .	100 za cyklus (60 dní za cyklus)	9
G5	Extrémní	Mohou nastat závažné problémy s řízením napětí a problémy s ochrannými zařízeními, některé systémy mohou zaznamenat úplný kolaps a výpadky proudu, transformátory mohou být poškozeny. Škody a výpadky mohou být i trvalé.	Může dojít k rozsáhlému povrchovému přebíjení, problémy s orientací a dohledem a výpadkům.	Šíření signálu v pásmu krátkých vln může být v rozsáhlých oblastech nemožné i v řádu dní, satelitní navigace se může po řadu dní potýkat s výpadky, rádiová komunikace v pásmech středních a dlouhých vln může být znemožněna po dobu několika hodin, některé komplikované elektrické přístroje mohou být trvale zničeny a může být nutná jejich úplná náhrada, polární záře může být viděna minimálně z 40. rovnoběžky, což odpovídá střednímu Španělsku , Řecku a Sardinii .	4 za cyklus (4 dny za cyklus)	0



• Poučení z minulosti (Nepřímá indikace):

- **12 400 - 12 399 př. n. l.** – událost Miyake - byla největší známou
- **7 176 př. n. l.** – z ledových jader a letokruhů stromů
- **5 410 př. n. l.**
- **5 259 př. n. l.** – z ledových jader a letokruhů stromů
- **660 př. n. l.**
- **774 - 775 n. l.** – extrémní sluneční protonová událost - první identifikovanou událostí Miyake
- **993 - 994 n. l.** – nárůst uhlíku-14 viditelný v letokruzích stromů, který byl použit k datování vikingských archeologických pozůstatků v L'Anse aux Meadows na Newfoundlandu do roku 1021.
- **1 052 n. l.** – nárůst uhlíku-14
- **1 279 n. l.** – nárůst uhlíku-14



• Poučení z minulosti:

- **1582 - březen** - geomagnetické bouře - dlouhotrvající silná a extrémní - polární záře
- **1730 - únor** - geomagnetické bouře
- **1770**
- **1806 - 21. prosince** - Alexander von Humboldt zaznamenal, že jeho kompas se během jasné polární záře stal naprosto nefunkčním.
- **1859 - 1. září** - Carringtonova událost - sluneční bouře - způsobila rozsáhlé narušení telegrafní služby.
- **1872** - bouře Chapman–Silverman
- **1882 - 17. listopad** - polární záře přerušila telegrafní službu.
- **1903 - říjen** - Extrémní bouře - rozsáhlé narušení telegrafních systémů
- **1909 - září** - geomagnetické bouře



• Poučení z minulosti:

- **1921 - 15. května** - Geomagnetická bouře - jedna z největších geomagnetických bouří, narušila telegrafní službu a poškodila elektrická zařízení na celém světě.
- **1938 - leden** - Fátimská bouře - geomagnetická bouře
- **1940 - březen** - superbouře (X35) - rušení komunikačních systémů USA
- **1972 - srpen** - velká sluneční erupce. Pokud by astronauti byli v té době ve vesmíru, mohla by dávka ozáření být život ohrožující.
- **1967 - květen** - výpadek polárních sledovacích radarů
- **1989 - březen** - geomagnetická bouře vyřadila energetickou síť ve velké části Québecu.
- **1991 - listopad** - polární záře byly viditelné v USA až po Texas.



• Poučení z minulosti:

- **2001 - duben** – první silná erupce během kosmického věku (X20)
- **2001** - jasné polární záře až v Texasu, Kalifornii a na Floridě.
- **2003 - říjen** - Helloweenská sluneční bouře - polární záře viditelná až v Texasu a středomořských zemích Evropy
- **2005** - intenzivní sluneční erupce
- **2012 - 23. července** - pozorována superbouře stejné třídy jako Carringtonova událost. Její trajektorie však minula Zemi.
- **2015 - březen** - Bouře na Den svatého Patrika - Největší geomagnetická bouře 24. slunečního cyklu.
- **2022 - únor** - selhání satelitů SpaceX Starlink Slabá geomagnetická bouře vedla k selhání a návratu 40 satelitů SpaceX Starlink.
- **2024 - květen (10.-12.)** – silná geomagnetická bouře (X5.8) – polární záře v ČR

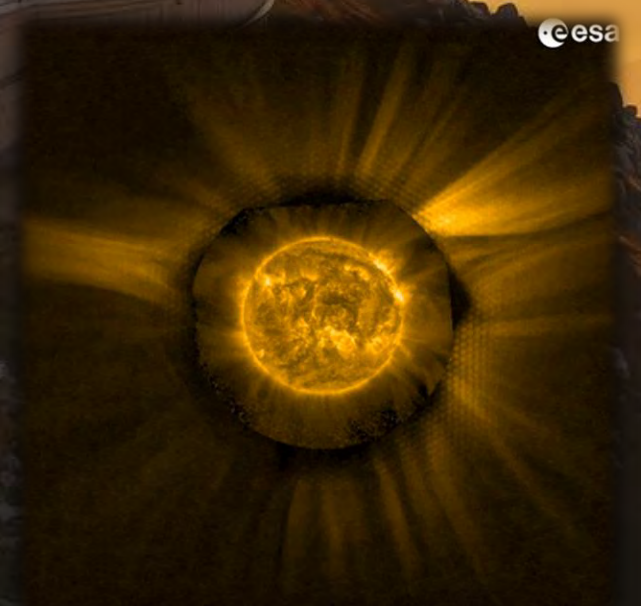
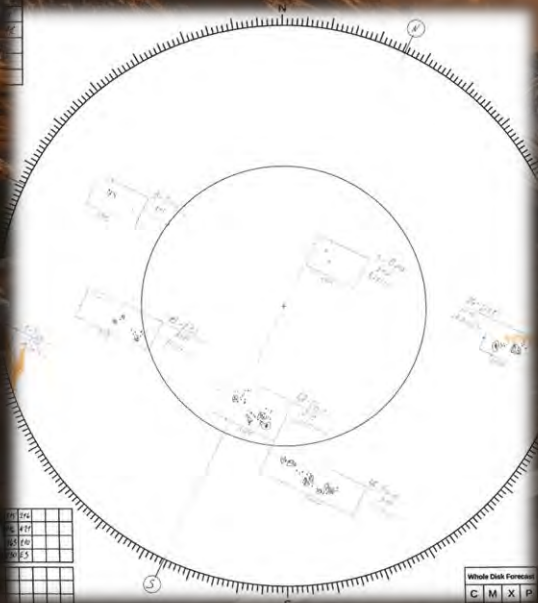
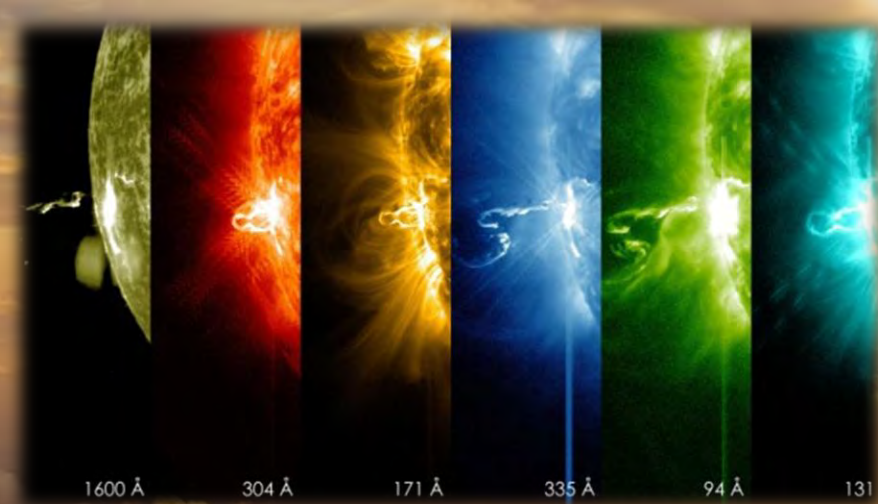
• Náhled do budoucnosti





- Jak se bránit?
 - Sledování a detekce
 - Ochrana infrastruktury
 - Obranné technologie

• Sledování a detekce





- Ochrana infrastruktury
 - Stínění a Faradayovy klece
 - Záložní systémy
 - Ochrana elektrických rozvodů





• Obranné technologie





- Výron koronální hmoty
- Kosmické záření
- Dopady asteroidů a komet
- Útok mimozemšťanů 😊



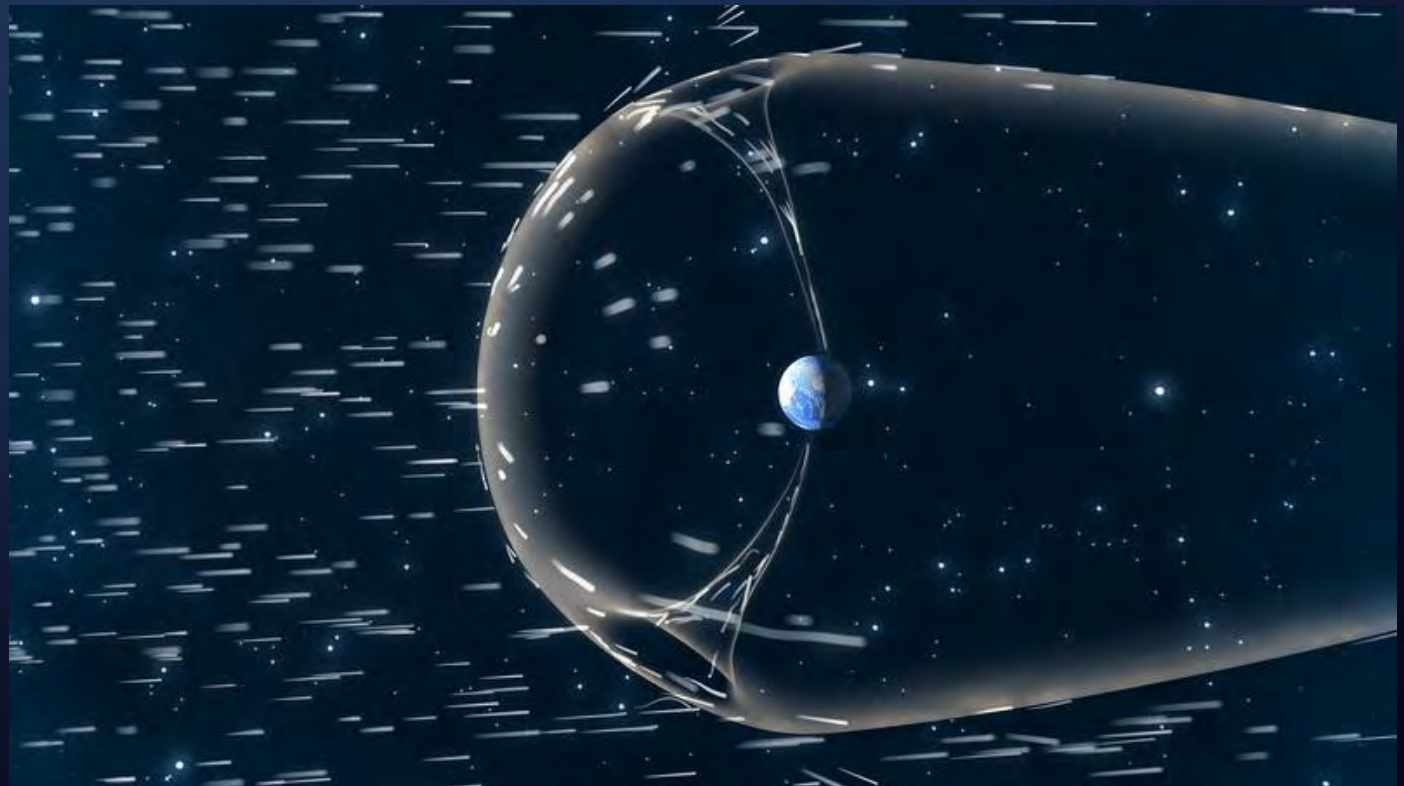
KOSMICKÉ ZÁŘNÍ

- proud vysokoenergetických částic pocházejících z vesmíru, které se pohybují vysokou rychlostí



• Původci kosmického záření

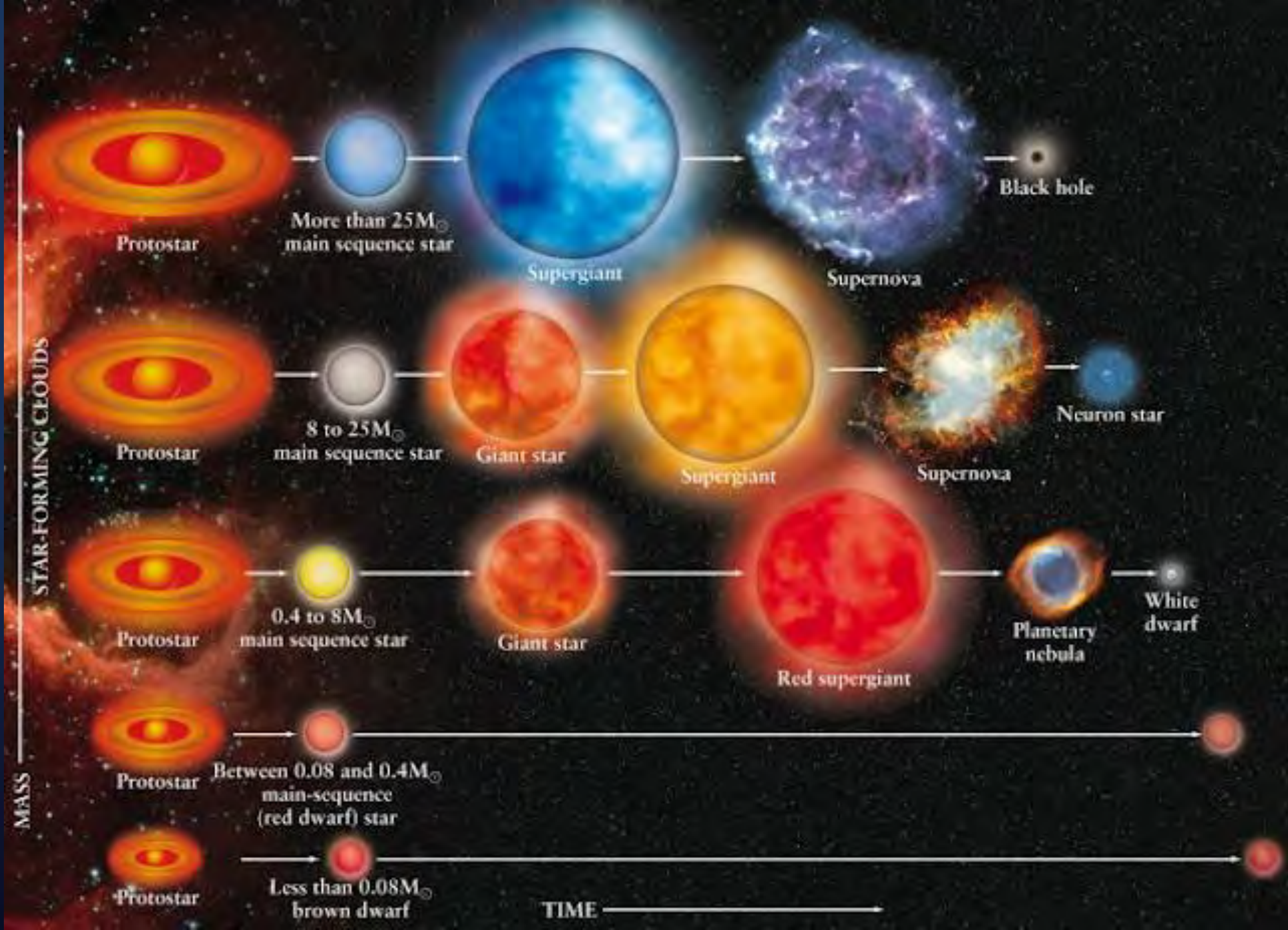
- Supernovy
- Pulzary
- Aktivní jádra galaxií
- Další neznámé



• Supernovy

- explozivní finální fáze života velmi hmotných hvězd
- Zažehnutí termonukleární exploze u *bílého trpaslíka*
- Záření: **rentgenové, gama, vysokoenergetické fotony**
- Četnost: 1-2/100 let





• V jakém případě nás supernova ohrozí?

- Ohrožení: vzdálenost 40 – 50 ly
- Vliv: vzdálenost do 300 ly
- Vážné narušení zemské atmosféry, ozonové vrstvy, vyvolání kyselých dešťů





- Jak by nás ohrozil výbuch supernovy?
 - Vážné narušení zemské atmosféry, ozonové vrstvy, vyvolání kyselých dešťů
 - Globální ochlazení (100% nárůst oblačnosti)
 - Genové mutace
 - Rakovina
 - Zhoršení produkce melatoninu (spánek)
 - Psychické problémy



- **Poučení z minulosti (nepřímá indikace):**

- **Ordovik** (455 mil. př.n.l.) - vymírání druhů – 60 % mořských bezobratlých
- **Devon** (372 mil. př.n.l.) - vymírání druhů – 70 % všech druhů





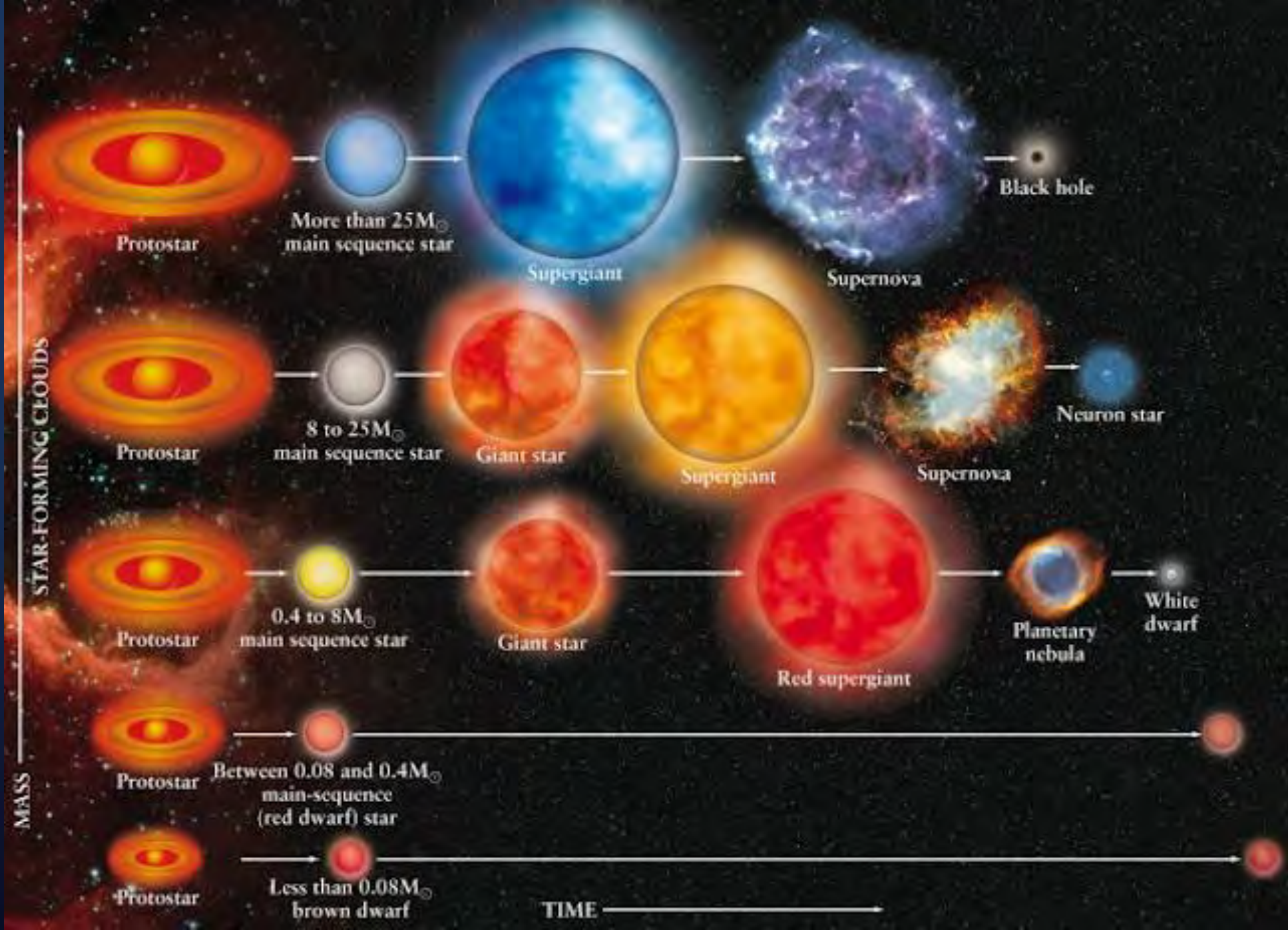
- **Které hvězdy by nás mohly ohrozit?**
 - **IK Pegasi** – 154 ly; binární systém s bílým trpaslíkem; kandidát *supernova typu Ia*
 - **Spica** – 255 ly, 11 $M_{\odot}$; binární systém; kandidát na *supernova typu II*
 - **Beatrix** – 245 ly, 8-9 $M_{\odot}$; kandidát na *supernova typu II*



• Pulzary

- Rotující neutronová hvězda která ve směru svých magnetických pólů vyzařuje elektromagnetické záření
- Záření: **rentgenové, gama, rádiové**





- V jakém případě nás pulsar ohrozí?
 - „paprsek“ by mířil k zemi
 - ve vzdálenosti do několika set ly





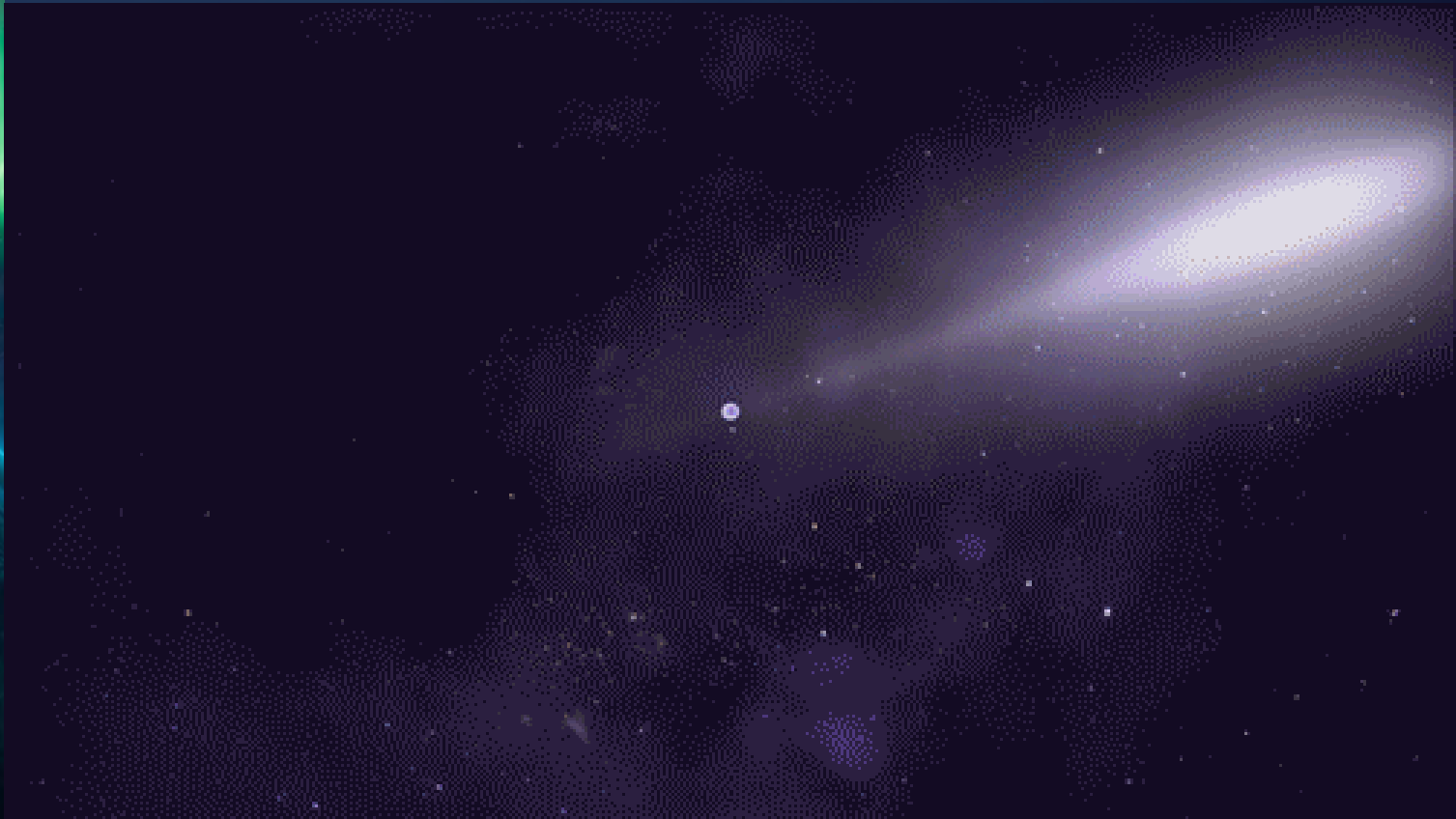
- Jak by náš ohrozil pulsar?
 - Záření gama, rentgenové
 - Vážné narušení zemské atmosféry, ozonové vrstvy, ovlivnění biosféry
 - Nabité částice
 - Poškození elektroniky, atmosféry





- **Ohrožuje nás nějaký pulsar?**

- **PSR J0108-1431** – 424 ly (280 ly); pozůstatek po výbuchu supernovy; nejstarší známý pulsar
- **PSR J0437-4715** – 510 ly; milisekundový pulsar;



• Aktivní jádra galaxií

- střed aktivní galaxie tvořený supermasivní černou dírou obklopenou obrovskými rotujícími mračny plynu a prachu
- Záření: **rentgenové, gama, rádiové, infračervené, ultrafialové**



- V jakém případě nás aktivní jádra galaxií ohrozí?

- Země musí být po směru vyzařování
- ve vzdálenosti desítky až tisíc ly





- Jak by náš ohrozila aktivní jádra galaxií?

- **Extrémní záření gama, rentgenové**

- Vážné narušení zemské atmosféry, ozonové vrstvy, ovlivnění biosféry - zvýšení dávky radiace

- **Relativistický výtrysk (jets)**

- Blazar - sterilizace planetárních systémů

- **Ultra-vysokoenergetické kosmické záření**

- narušení zemské atmosféry, poškození satelitů, ovlivnění biosféry



- **Známé aktivní jádra galaxií**

- **Centaurus A** – 10-13 mil ly; radio-galaxie; výrazný jaderný jet, silné rádiové i rentgenové záření
- **NGC 4945** – 11-12 mil ly; Seyfert 2 galaxie; blízko v rámci skupiny galaxií s Centaurus A.
- **NGC 3319** – 4,2 mil ly; galaxie s aktivním jádrem / kandidát na nižší aktivitu; méně známá
- **M87** – 54 mil ly; silný AGN, známý jet, supermasivní černá díra, rádiový výron.

• Náhled do budoucnosti





- Jak se bránit?
 - Sledování a detekce
 - Ochrana infrastruktury
 - Obranné technologie





- Výron koronální hmoty
- Kosmické záření
- **Dopady asteroidů a komet**
- Útok mimozemšťanů 😊

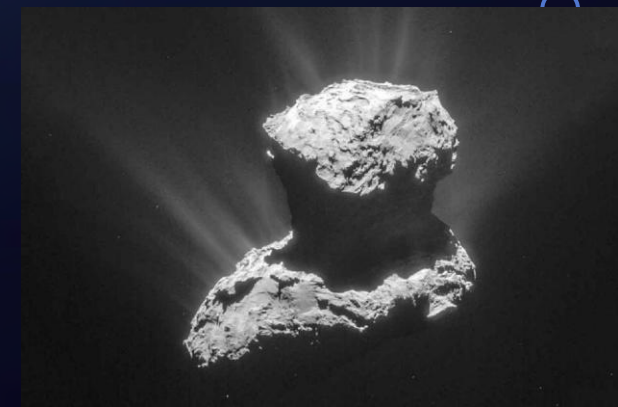
ASTEROIDY A KOMETY

- Meteoroid (Asteroid)

- těleso ve Sluneční soustavě s velikostí od několika milimetrů až po několik desítek metrů (až kilometrů)
- po dopadu > METEORIT

- Kometa („vlasatice“)

- křehké, nepravidelně tvarované objekty složené z prachu, ledu a zmrzlých plynů
- Velikost od 100 m – 200 km



BOLID

- Velmi jasný meteor
- z řeckého βολις, bolis - střela



BOLID



METEORIT

- kosmické těleso, které dopadlo na povrch Země, popřípadě jiné planety.
- Rychlost meteorů v atmosféře dosahuje obvykle od 11 do 72 km/s.
- Podle složení lze meteority dělit na železné, kamenoželezné a kamenné.
- Ve světové databázi meteoritů je momentálně přes 74 000 kusů.



JAK POZNAT METEORIT?

- Meteority mají složení odlišné od pozemských hornin (je železo-niklová slitina s příměsí vzácných kovů)
- Magnetický (na všech místech stejně)
- Těžký (má vysokou hustotu $>$ hmotnost; 3400 kg/m^3 - 8000 kg/m^3)
- Nemá ostré hrany (s výjimkou fragmentů)
- Nemá žádné dutinky, bublinky...
- Těsně po pádu - černou natavenou kůru, málokdy silnější než 1-2 mm.
- regmaglypty



DĚLENÍ METEORITŮ?

- **Železné (18%)** - *pozůstatky jader zárodků planet*
 - Mezosiderity
 - Siderity
- **Železokamenné (1%)** - *vznikal na rozhraní jádra a pláště planetky*
 - pallasity
- **Kamenné (81% všech pádů)** - *kosmický sediment*
 - **chondrity (82%)**
 - obyčejné (80%)
 - H (33%)
 - L (38%)
 - LL (9%)
 - uhlíkaté (4%)
 - enstatické (2%)
 - **achondrity (8%)**
 - aubrity
 - ureility



KDY NÁS OHROŽUJE METEORIT?

- původní těleso musí mít správné parametry - velikost, složení, úhel pod kterým do atmosféry vstupuje, rychlost...
- Často končí výbuchem a rozdělením tělesa na mnoho část
- Z tělesa se průletem atmosférou odpaří až 90 % původní hmoty
- Každý pád meteoritu je doprovázen světelnými a zvukovými jevy
- <https://neal.fun/asteroid-launcher/>





NÁSLEDKY DOPADU METEORITU

LOKÁLNÍ (těleso desítky metrů velké)

- **Obrovský kráter**
 - dopad uvolní obrovskou energii, srovnatelnou s tisíci až miliony atomových bomb.
- **Tlaková vlna**
 - ničivá exploze, která zničí vše v širokém okolí.
- **Požáry**
 - vyvolané žhavými úlomky a žářem.
- **Zemětřesení a sesuvy půdy**
 - otřesy mohou způsobit sekundární škody.
- **Tsunami**
 - pokud meteorit dopadne do oceánu, vzniknou gigantické vlny.



NÁSLEDKY DOPADU METEORITU

GLOBALNÍ (těleso kilometr velké)

- **Globální opar prachu a sazí**
 - částice vyvržené do atmosféry mohou na měsíce až roky zablokovat sluneční světlo.
- **Ochladnutí klimatu ("impaktní zima")**
 - fotosyntéza se zastaví, hynou rostliny a tím i živočichové.
- **Kolaps potravních řetězců**
 - hladomor, masové vymírání.
- **Chemické změny atmosféry**
 - vznik kyselých dešťů a zvýšené množství CO_2 z požárů.
- **Dlouhodobé oteplení**
 - po počátečním ochlazení může přebytek CO_2 vést k opačnému efektu.



PRO SROVNÁNÍ

- **Meteorit ~50 metrů (např. Čeljabinsk 2013 – 20 m)**
- **Dopadová energie:** stovky megatun TNT.
- **Následky:**
 - Lokální výbuch, tlaková vlna rozbije okna a zraní tisíce lidí.
 - Zničí celé město nebo část kraje.
 - Pokud dopadne do oceánu → lokální tsunami.
- **Globální efekt:** žádný, jen lokální katastrofa.

PRO SROVNÁNÍ

- **Meteorit ~500 metrů**
- **Dopadová energie:** desítky tisíc megatun TNT.
- **Následky:**
 - Kráter o průměru 5–10 km.
 - Zkáza regionu velikosti menšího státu.
 - Silné zemětřesení a tlaková vlna spálí/rozbije vše v okolí stovek kilometrů.
 - Tsunami (pokud do oceánu) vysoké i přes 100 m.
- **Globální efekt:** prach v atmosféře → ochlazení o několik stupňů, problémy v zemědělství, hladomory.





PRO SROVNÁNÍ

- **Meteorit** ~10 km (jako Chicxulub před 66 mil. lety)
- **Dopadová energie:** stovky milionů megatun TNT.
- **Následky:**
 - Kráter ~150–200 km široký.
 - Okamžitá destrukce na ploše tisíců km².
 - Obrovská globální tsunami.
 - Prach a saze z požárů zatemní nebe na měsíce → fotosyntéza se zastaví.
 - **Impaktní zima:** prudké ochlazení planety (desítky let).
 - Masové vymírání – zhroucení ekosystémů.
- **Globální efekt:** potenciální vyhynutí většiny života na Zemi, kolaps civilizace.

POUČENÍ Z MINULOSTI

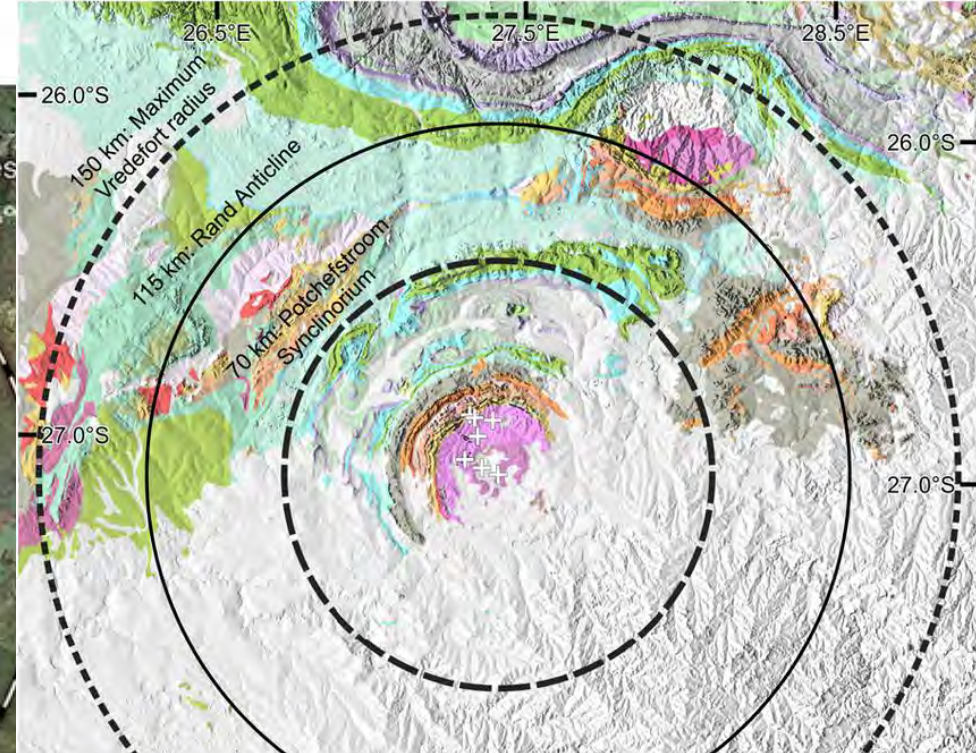
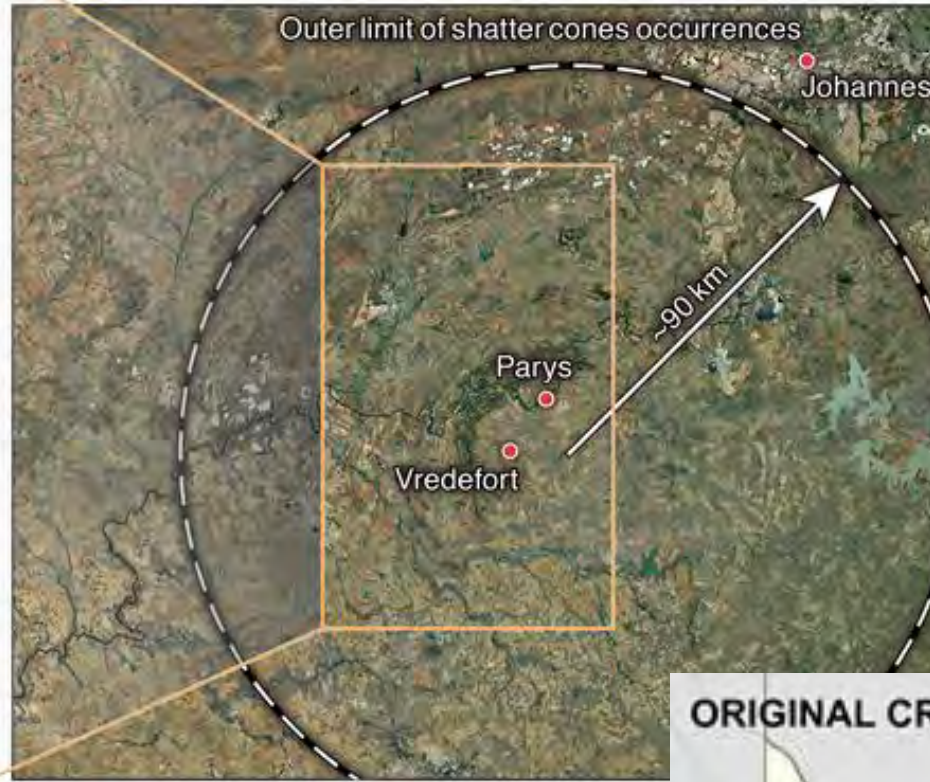
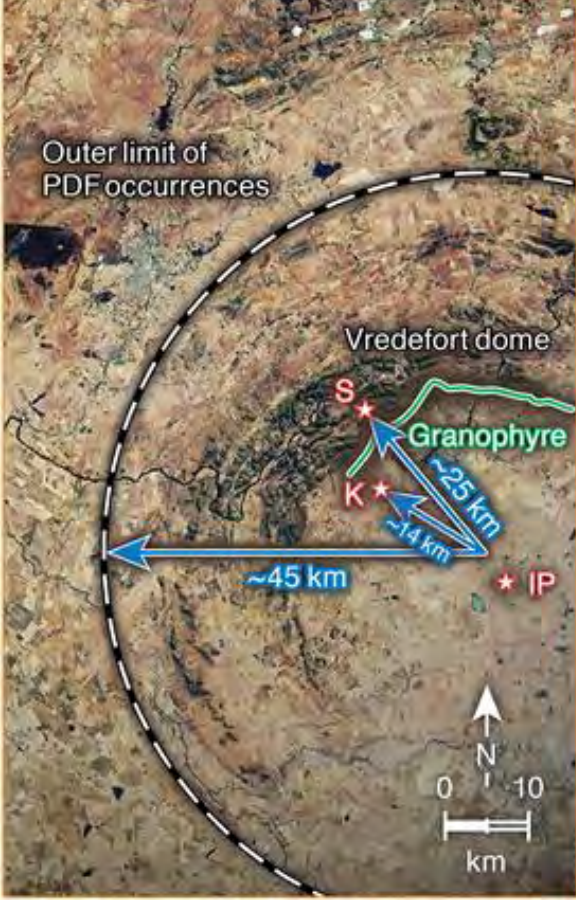
- **Suarjärvi** (Karelia, Rusko, před 2,4 mld. lety)
- **Velikost meteoritu:** 0,6 – 1,3 (3) km.
- **Kráter:** 16 km
- **Následky:**
 - Vyvržení prachu a aerosolu do atmosféry > ochlazení (krátkodobé)
 - Uvolnění skleníkových plynů > oteplení (dlouhodobé)



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Vredefort** (JAR, před 2,02 mld. lety - Prekambrium)
- **Velikost meteoritu:** 10–15 km.
- **Kráter:** původně až 300 km v průměru (největší známý na Zemi).
- **Následky:**
 - Katastrofální změny v tehdejší biosféře a atmosféře.
 - Pravděpodobně ovlivnil vývoj rané biosféry i geochemii oceánů.

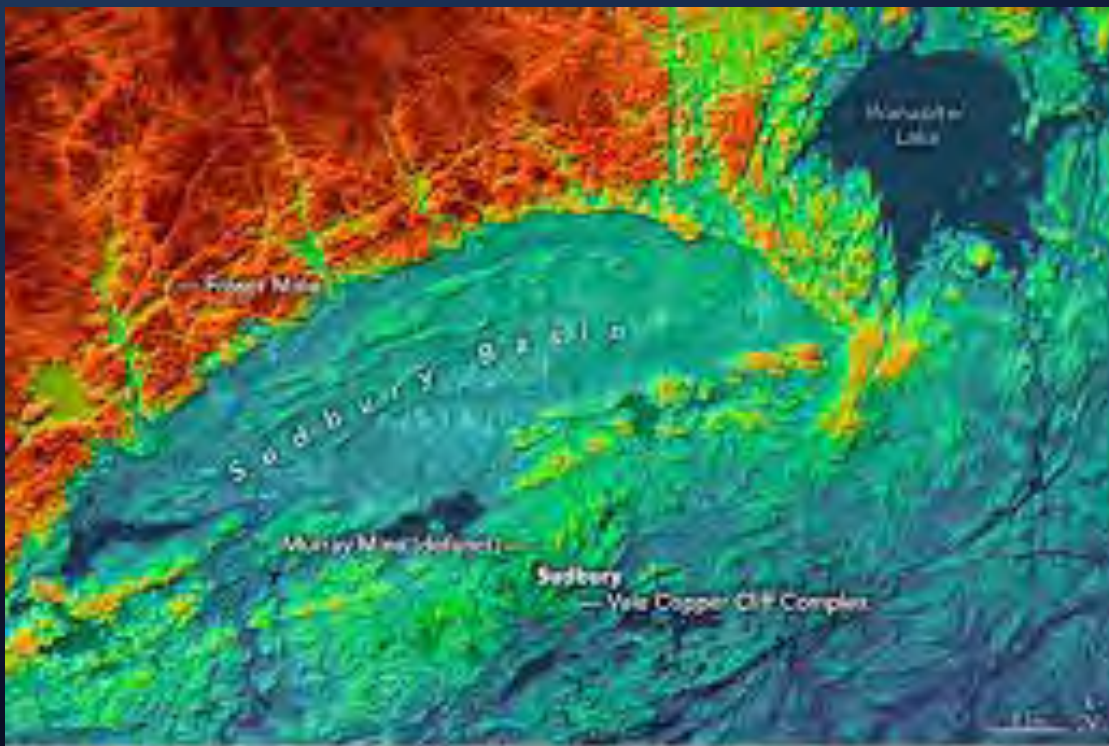




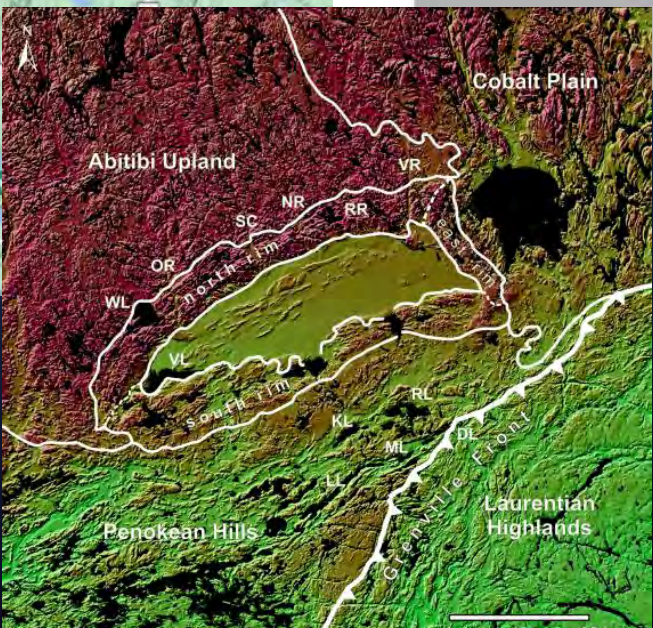
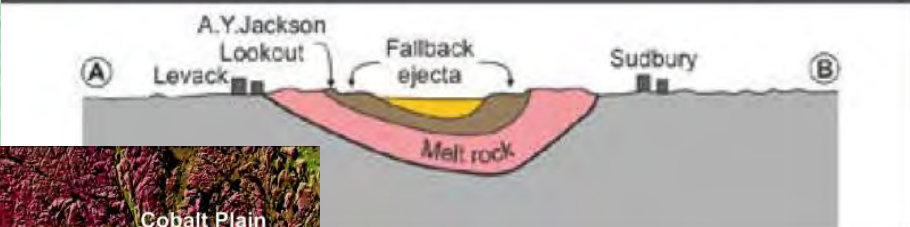
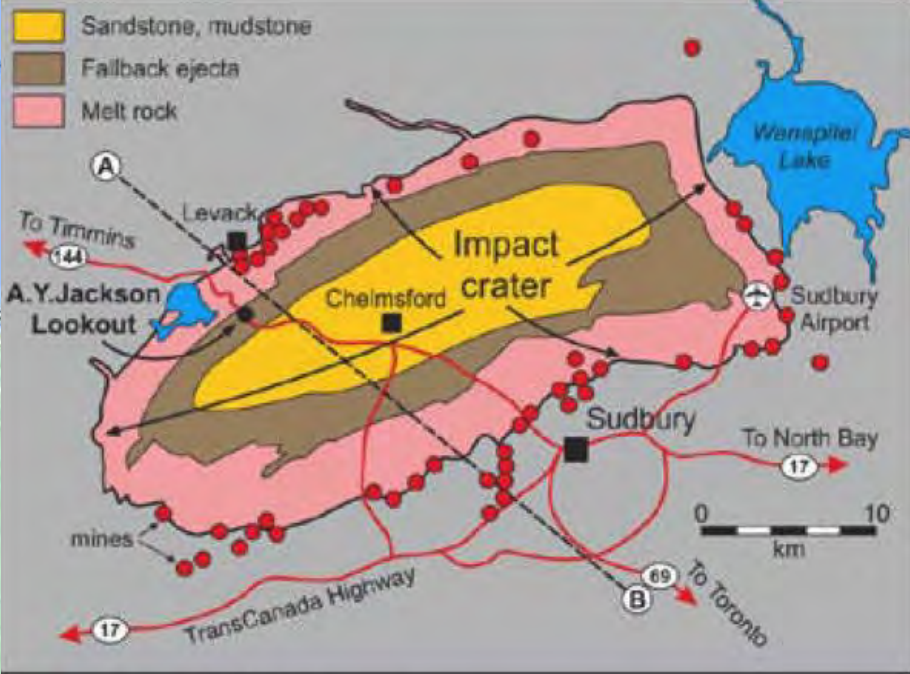
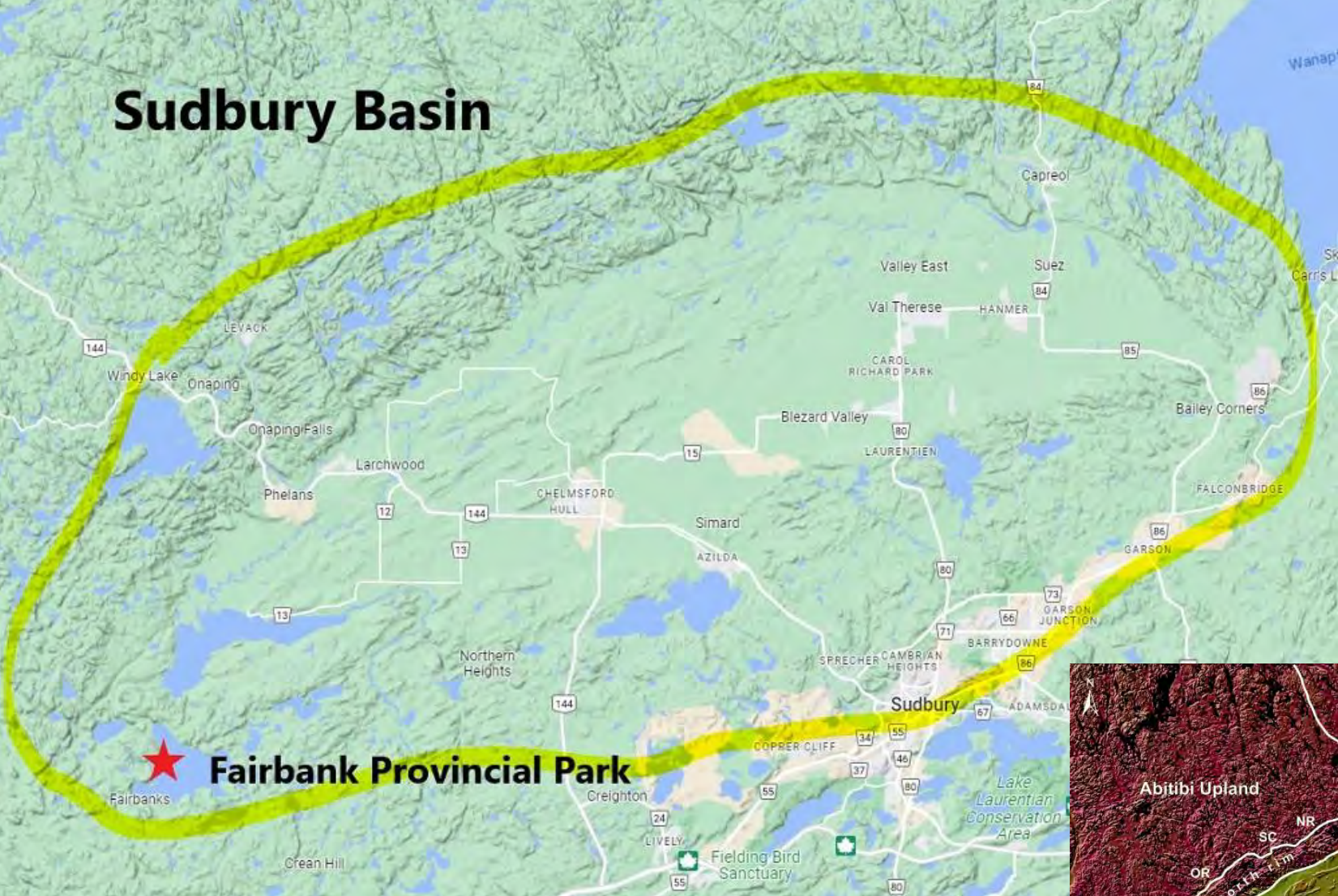
• Vredefort

POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Sudbury** (Kanada, před 1,85 mld. lety - Prekambrium)
- **Velikost meteoritu:** 10–15 km.
- **Kráter:** ~250 km.
- **Následky:**
 - Obrovský výron magmatu → vznik ložisek niklu, mědi a platiny, které těžíme dodnes.
 - Úlomky odlétli až 800 km od dopadu
- Dnes výrazně deformovaný geologickými procesy



Sudbury Basin

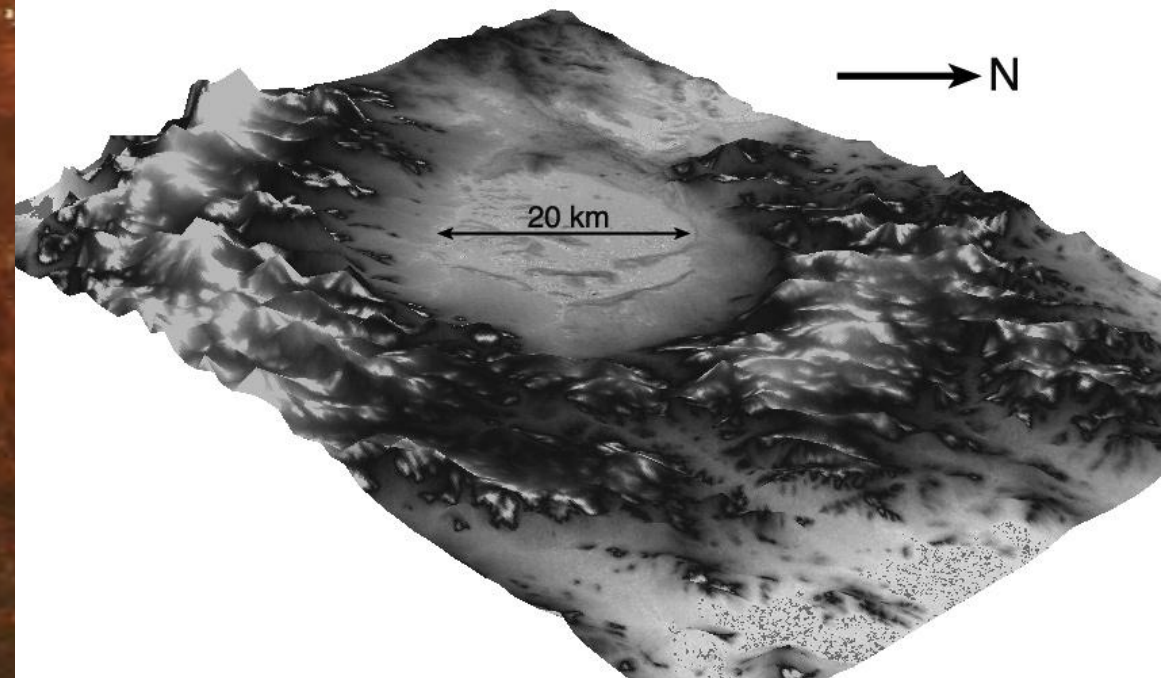
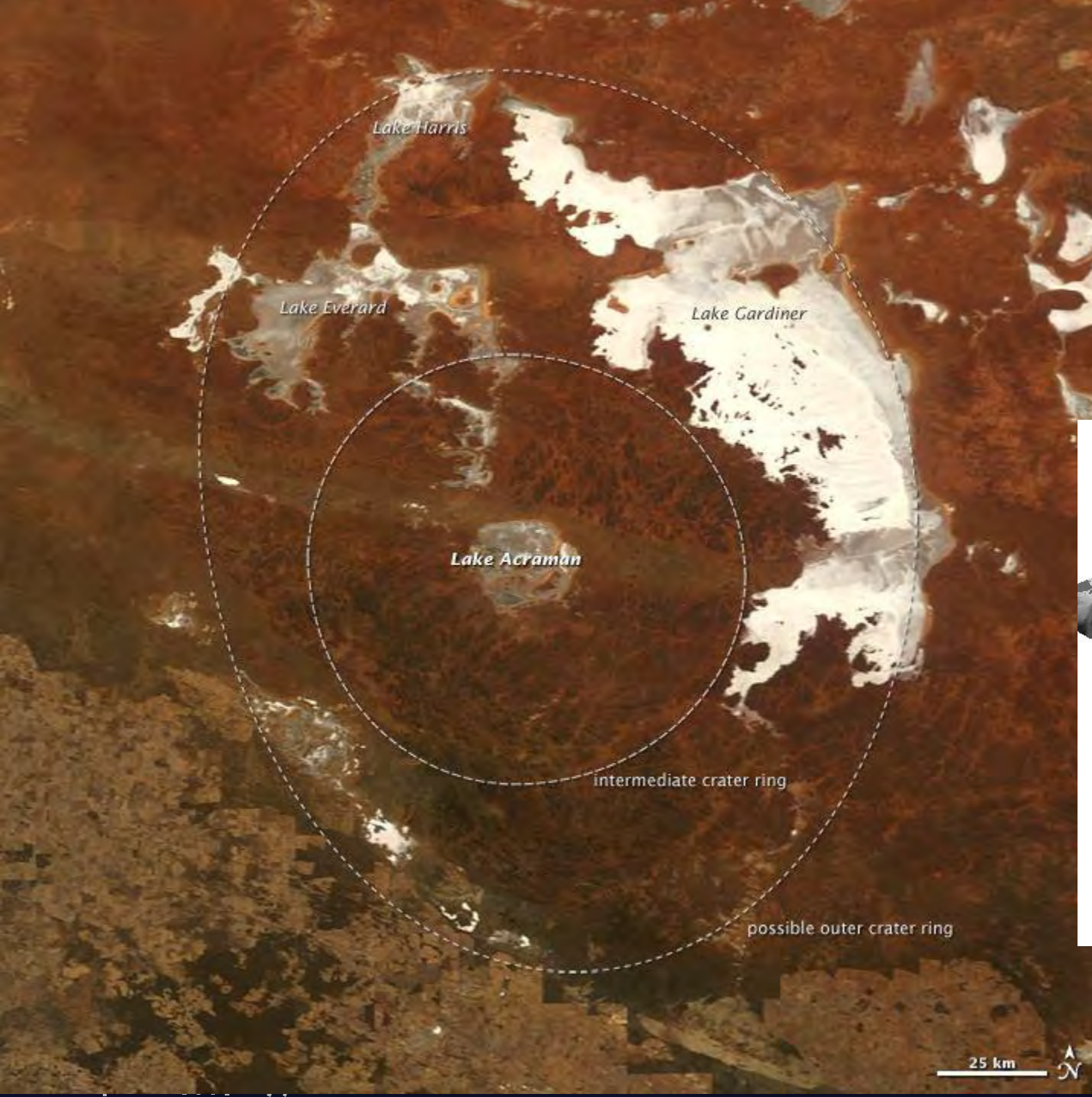


• Sudbury

POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Acraman** (Jižní Austrálie, před 580 mil. lety - ediakara)
- **Velikost meteoritu:** 4 km.
- **Kráter:** 35-90 (150) km
- **Následky:**
 - Vyvržený materiál způsobil změny klimatu.
 - Změny patrné ve fosilních mikroorganismech
 - Vyvržená hornina až 300 km daleko





• **Acraman**

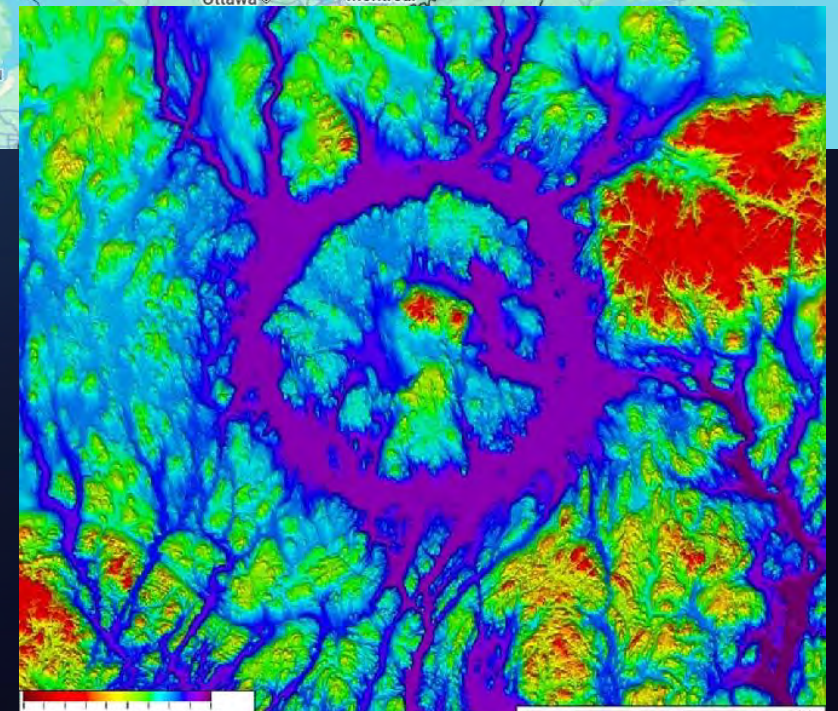
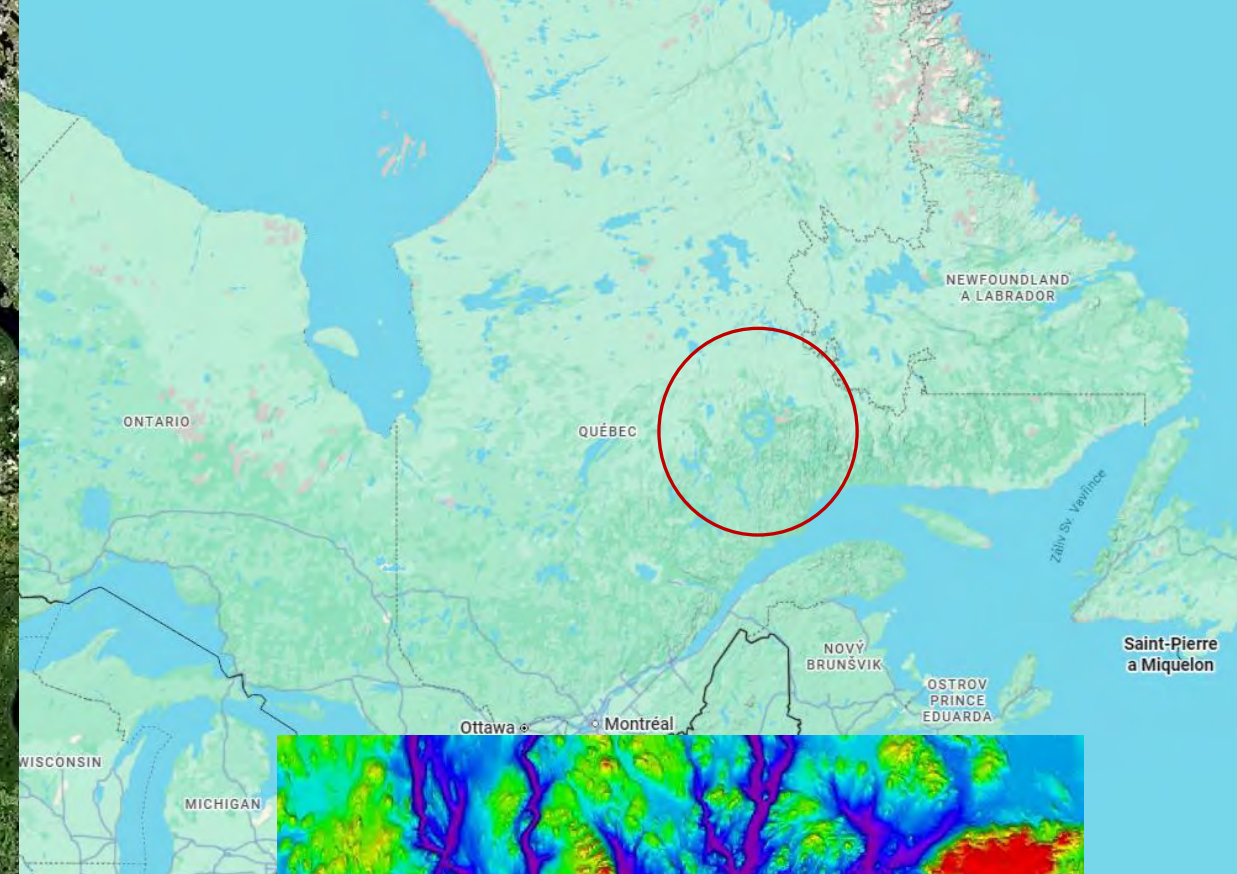
POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Manicouagan Reservoir** (Quebec, Kanada, před 214 mil. lety – Trias)
- **Velikost meteoritu:** 5 - 10 km.
- **Kráter:** 70 - 100 km
- **Následky:**
 - Regionální požáry a výpary
 - Krátkodobé klimatické efekty: prach a aerosoly mohly na několik měsíců snížit sluneční záření v regionu
 - Ekosystémové dopady: v regionu pravděpodobně zanikla část suchozemských i vodních organismů





• Manicouagan Reservoir



- Manicouagan Reservoir

Aug 21, 1964

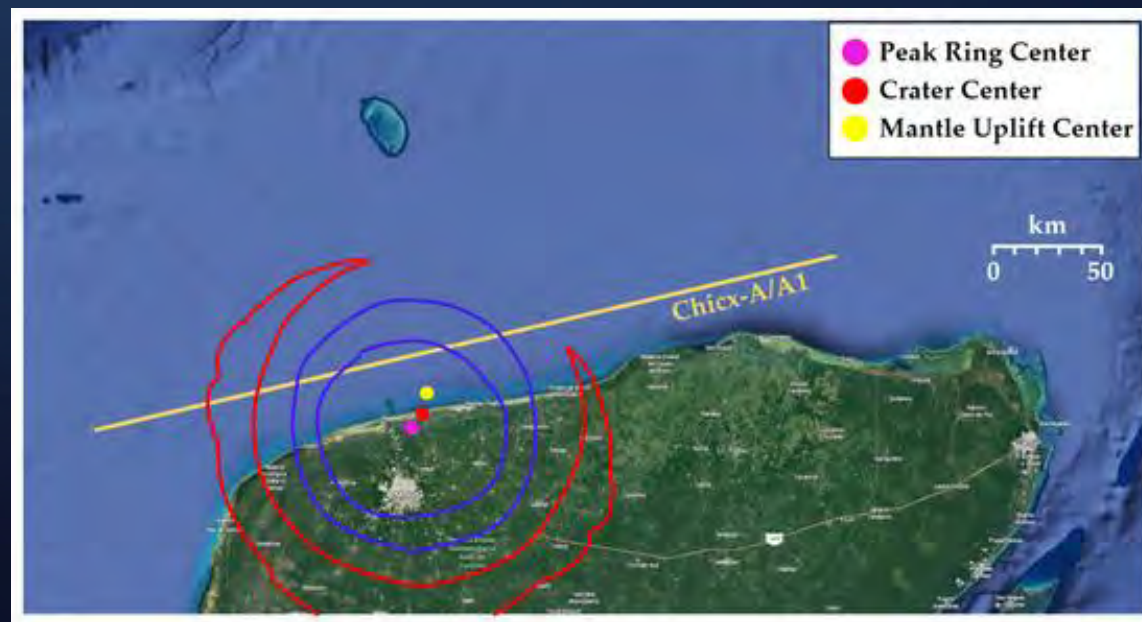
Project Argon declassified

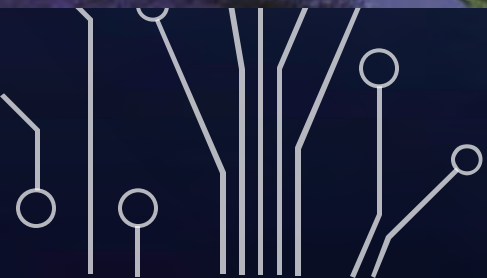
Sep 12, 2024

Landsat 8, false color infrared

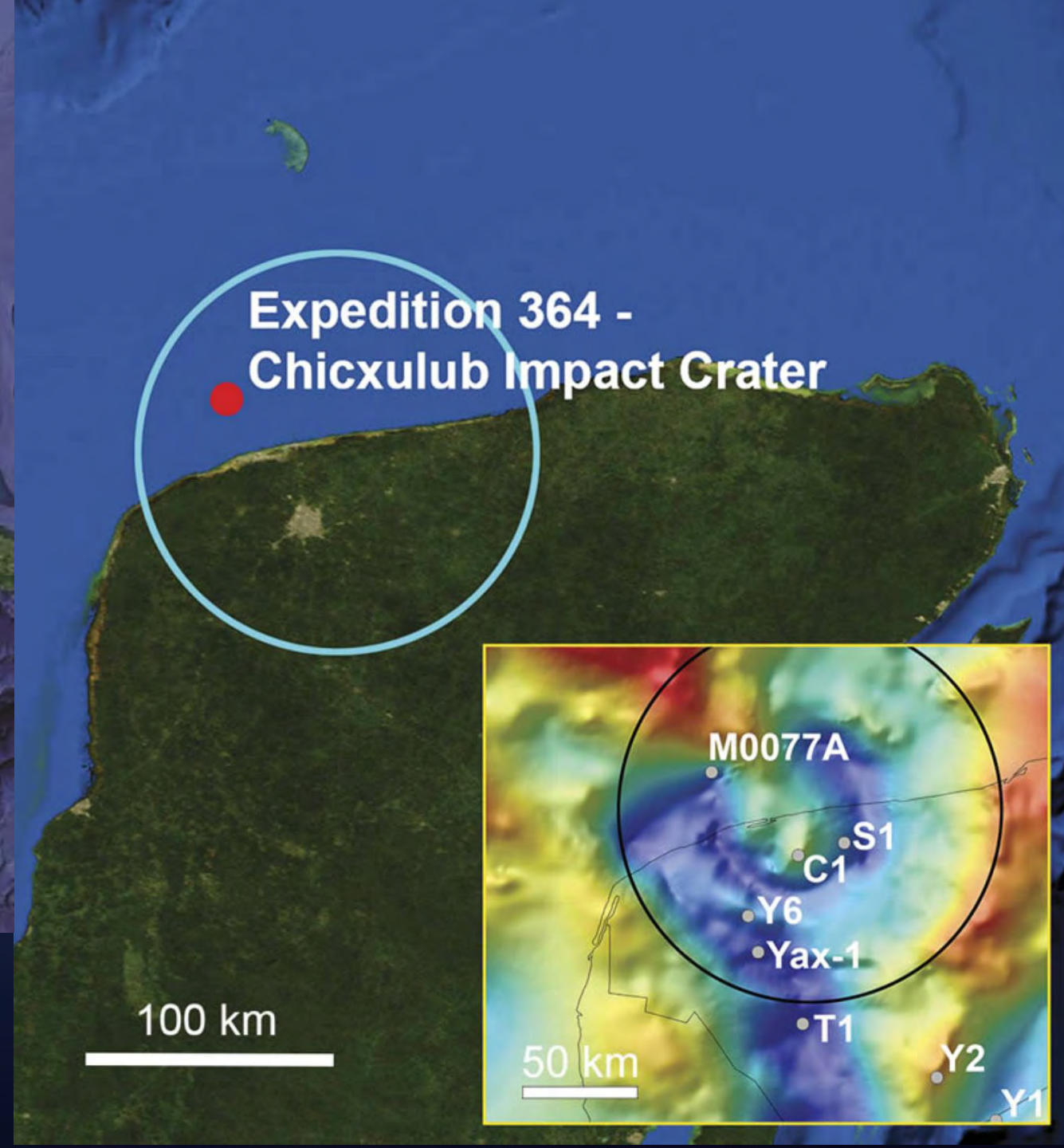
POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Chicxulub** (Mexiko, před 66 mil. lety - eocén)
- **Velikost meteoritu:** ~ 10 km.
- **Kráter:** ~180 km široký, 20 km hluboký.
- **Následky:**
 - Globální požáry a tsunami.
 - „Impaktní zima“ – slunce zakryto prachem a sazemí na roky.
 - Vyhnulo ~75 % druhů včetně dinosaurů.





• **Chicxulub**



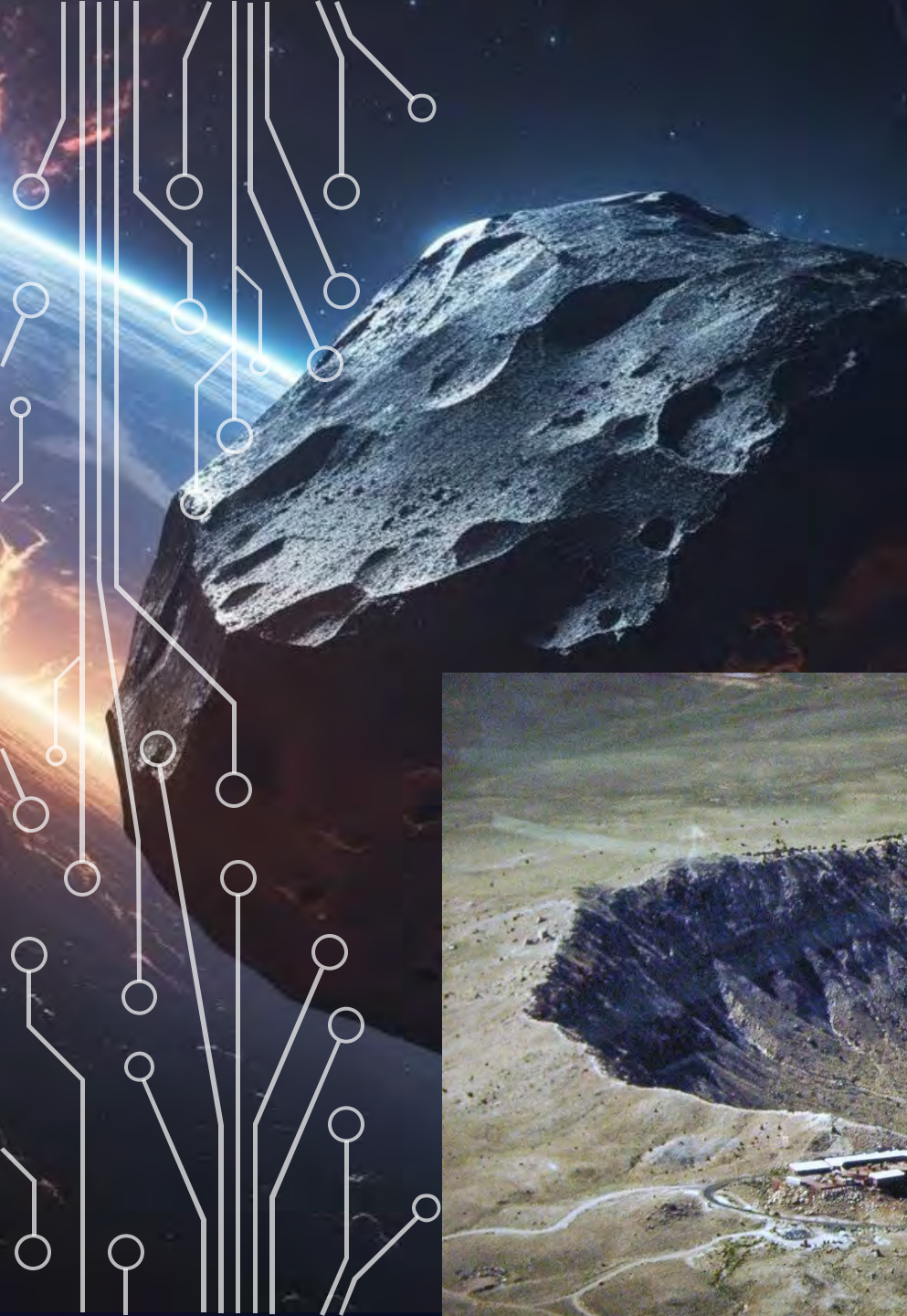
POUČENÍ Z MINULOSTI

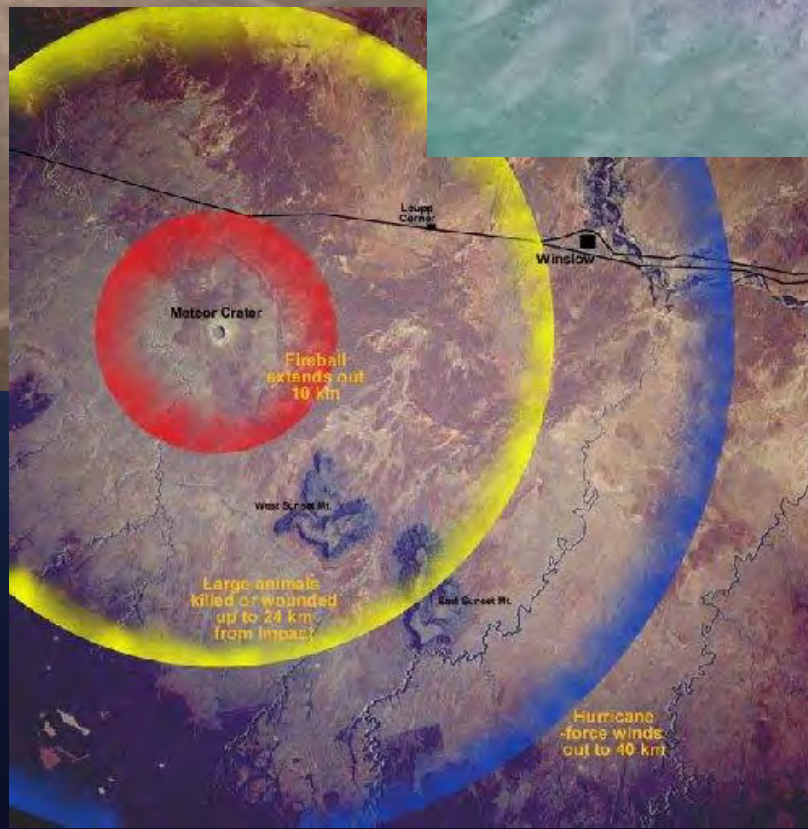
- **Popigai** (Sibiř, Rusko, před 35 mil. Lety - eocén)
- **Velikost meteoritu:** 8 km.
- **Kráter:** 100 km
- **Následky:**
 - Vyvržený materiál způsobil změny klimatu.
 - Vznik velkých ložisek tzv. impaktních diamantů.



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Barringerův kráter** (Arizona, USA, před 50 tis. lety)
- **Velikost meteoritu:** 50 m (železný).
- **Kráter:** 1,2 km x 170 m
- **Následky:**
 - Lokální destrukce, ale žádný globální vliv.
 - Kráter je dnes velmi dobře zachovaný.





- **Barringerův kráter**

POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Tunguzka událost** (Sibiř, Rusko, 1908/06/30)
- **Velikost meteoritu (komety):** 50 – 80 m.
- **Kráter:** bez kráteru,



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Tunguzka událost** (Sibiř, Rusko, 1908/06/30)
- **Následky:**
 - Exploze ve výšce ~5–10 km nad povrchem.
 - Zploštila les na ploše 2000 km²
 - **Energie výbuchu:** 10–15 megatun TNT
 - **Tlaková vlna:** mohla odpovídat zemětřesení síly 5,0 richtera.
 - **Požáry:** v oblasti došlo k rozsáhlým lesním požárům.



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Tunguzka událost** (Sibiř, Rusko, 1908/06/30)
- **Pozorování a svědectví**
 - **Svědkové:** místní Evenkové a ruští usedlíci popsali ohnivou kouli, oslňující světlo a hromový třesk.
 - **Atmosférické jevy:** po celé Evropě a Asii byly hlášeny „světlé noci“ – jasná obloha umožňovala číst noviny i po půlnoci. To způsobily prachové a ledové částice rozptýlené v horní atmosféře.



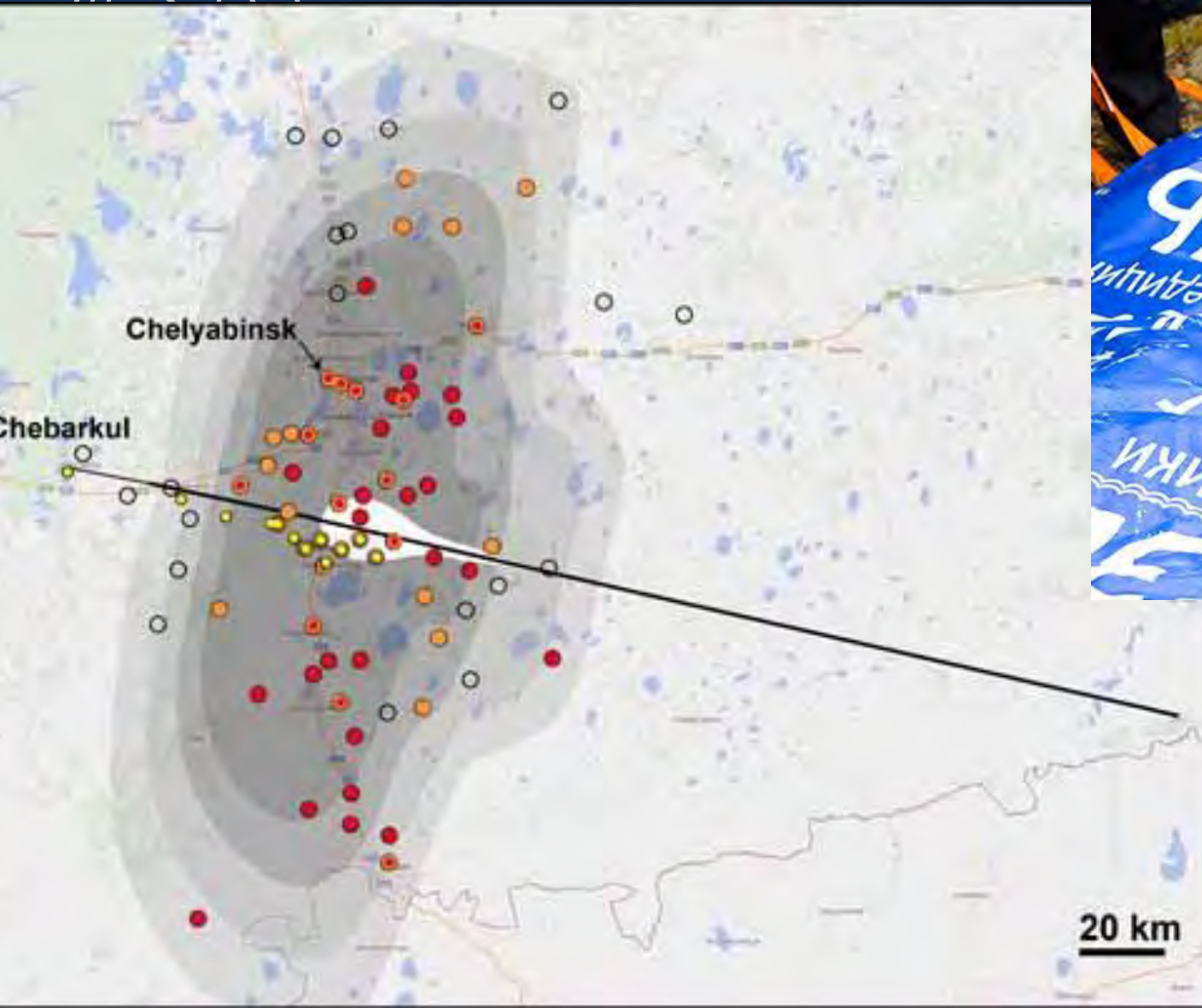


• Tunguzka událost



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Čeljabinský meteorit** (Rusko, 15. února 2013)
- **Velikost meteoritu:** 18–20 m
- **Hmotnost:** ~13 000 tun.
- **Rychlost vstupu do atmosféry:** ~19 km/s ($\approx 70\,000$ km/h).
- **Energie výbuchu:** asi 500 kilotun TNT (30× více než atomová bomba v Hirošimě).
- **Typ:** chondrit (kamenný meteorit).
- **Kráter:** bez kráteru – výbuch v atmosféře
- **Následky:**
 - Zranění: více než 1 500 lidí (hlavně pořezání od rozbitých oken).
 - Materiální škody: přes 7 000 budov poškozeno.
 - **Globální efekt:** žádný, šlo o čistě lokální jev



- Čeljabinský meteorit



- **Čeljabinský meteorit**

- <https://www.youtube.com/watch?v=≡dpmXyJrs7iU>



POUČENÍ Z MINULOSTI

- **Meteorit Morávka** (ČR, 6. května 2000, 11:50)
- **Velikost tělesa:** ~1 metr.
- **Hmotnost před vstupem do atmosféry:** asi 1 500 kg.
- **Rychlost při vstupu:** ~22 km/s.
- **Typ:** obyčejný chondrit (kamenný meteorit)
- **Kráter:** bez kráteru, rozpad v atmosféře
- **Následky:**
 - Fragmenty: našlo se 6 úlomků meteoritu, celková hmotnost kolem 1,4 kg.
 - Největší kus (~214 g) byl nalezen u obce Morávka, podle ní dostal meteorit jméno.
 - Škody: žádné významné – šlo o poměrně malý meteorit, rozpadlý vysoko v atmosféře.
- Díky kamerám Evropské bolidové sítě bylo možné přesně určit dráhu tělesa i místo, kde fragmenty dopadly.

Morávka1



Morávka2



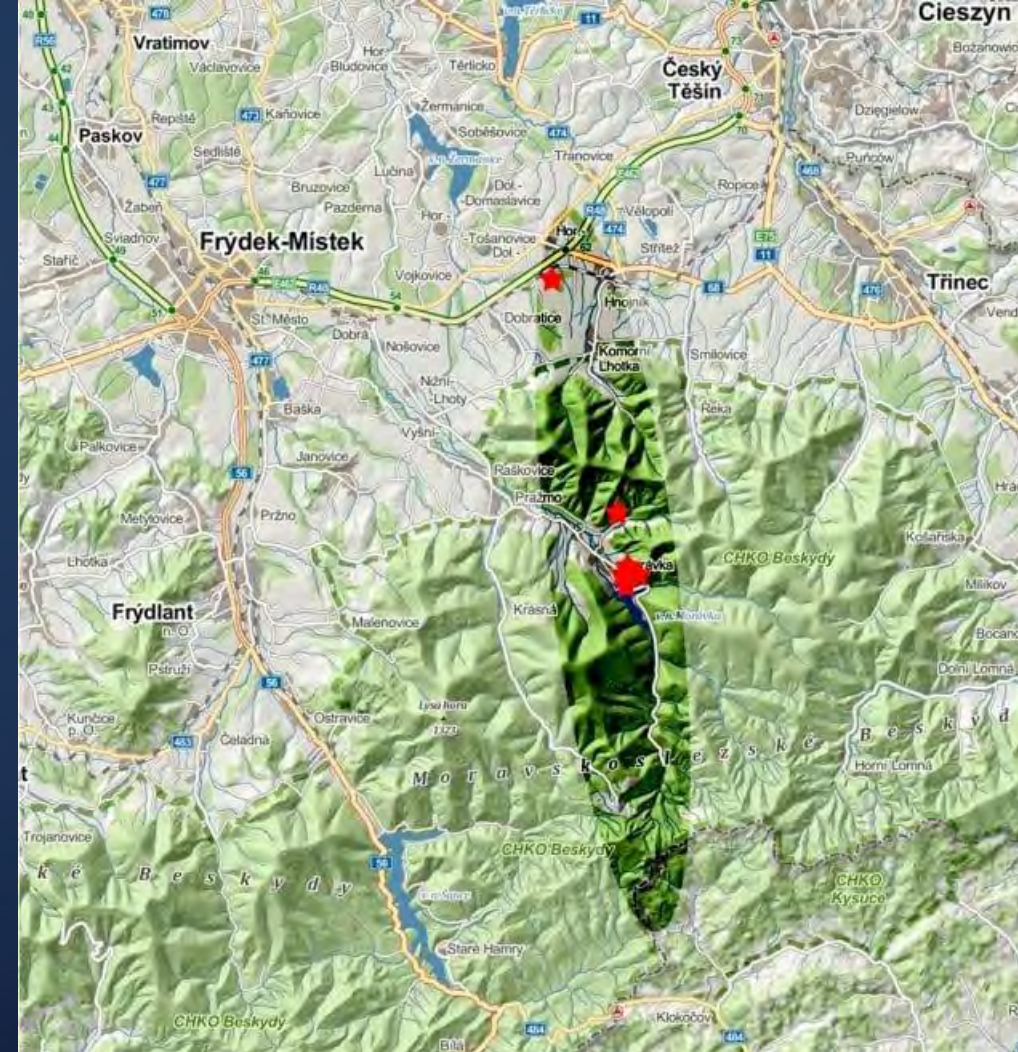
Morávka3



Morávka4



Morávka5



• Meteorit Morávka

- <https://www.youtube.com/watch?v=IsTSgSwyirM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=rcNr96YrpkU>

BOLIDOVÁ SÍŤ

- Bolidová síť je soustava bolidových kamer určená k fotografické registraci meteorů a bolidů na větším území. Jednotlivé kamery jsou v síti rozmístěny tak, aby souvisle pokrývaly sledované území.
- Zdeněk Ceplecha z Observatoře Ondřejov (7.4.1959 - Příbram)
- **Výsledky:** Meteority s rodokmenem (40-50ks) - meteorit se známou dráhou ve Sluneční soustavě před jeho dopadem na Zemi
- *Evropská bolidová síť* – budovat ji začal Zdeněk Ceplecha koncem 50. let 20. století a funguje dodnes
- *Australská bolidová síť* – autorem návrhu bolidové sítě je Pavel Spurný; začala se budovat v roce 2001
- *Americká bolidová síť* – fungovala do začátku 21. století na území Spojených států a Kanady



JAK SE BRÁNIT?

- Sledování a detekce
- Obranné technologie

SLEDOVÁNÍ A DETEKCE

- **Pozemní teleskopy**

- **Pan-STARRS** (Havaj, USA)
- **Catalina Sky Survey** (Arizona, USA)
- **ATLAS** (Havaj + Chile + Jihoafrická republika)
- Další menší observatoře po celém světě.

- **Družice a vesmírné mise**

- **NEOWISE (NASA)**: infračervený teleskop na oběžné dráze, hledá tělesa blízko Země (NEO = Near-Earth Objects).
- **DRM (Double Asteroid Redirect Mission, NASA)**: testovala možnost změnit dráhu asteroidu nárazem (mise DART v roce 2022).
- **NEO Surveyor** (NASA, plán startu ~2028).

- **Databáze a sledovací centra**

- **NASA – CNEOS** (Center for Near-Earth Object Studies): počítá dráhy a rizika srážek.
- **ESA – Planetary Defence Office**: evropský systém pro sledování NEO.
- **Minor Planet Center (MPC)**: centrální databáze všech objevených asteroidů a komet.



SLEDOVÁNÍ A DETEKCE

- **Limity sledování**

- **Velké asteroidy (>1 km):** známe téměř všechny, riziko překvapení je malé.
- **Střední (100–500 m):** známe většinu, ale ne všechny.
- **Menší (<50 m):** ty jsou nejzákladnější – často se objeví až při průletu kolem Země (např. Čeljabinsk 2013 nikdo předem nezachytil).



OBRANNÉ TECHNOLOGIE

- Metody odklonění asteroidu
 - Kinetický nárazník ("kosmická kulečnicková koule")
 - Gravitační traktor
 - Jaderný výbuch
 - Odpařování laserem nebo solární koncentrací



KINETICKÝ NÁRAZNÍK

- Metody odklonění asteroidu

- Sonda narazí do asteroidu vysokou rychlostí, aby nepatrně změnila jeho dráhu.
- Pokud víme o hrozbě roky až desetiletí dopředu, i malá změna stačí, aby asteroid minul Zemi.
- Ověřeno v praxi: mise DART (NASA, 2022) trefila měsíc asteroidu Dimorphos a změnila jeho oběžnou dobu o 32 minut.



MOŽNÉ HROZBY

Název / označení	Velikost / průměr	Poznámky o dráze / riziku
(99942) Apophis	cca 340 m	Bude velmi blízko Zemi v roce 2029 — bude viditelný okem. V současnosti není potvrzené riziko dopadu nejméně na dalších 100 let.
(29075) 1950 DA	přibližně 1,3 km	Jeden z větších známých nebezpečných objektů. Oběžná dráha ho posouvá poměrně blízko k Zemi.
(7482) 1994 PC1	cca 1,1–1,3 km	Velký asteroid, dost velký, aby způsobil regionální katastrofu, pokud by došlo k dopadu. Sleduje se.
(12538) 1998 OH	~1,8–2,1 km	Jeden z největších PHA, známý již dlouhou dobu. Jeho oběžná dráha se dostává blízko Země.
(585310) 2017 YZ1	cca 250 m	Menší než ty největší, ale dost velký na to, aby způsobil značné škody, pokud by dopadl. Sleduje se jeho průlety.





- Výron koronální hmoty
- Kosmické záření
- Dopady asteroidů a komet
- **Útok mimozemšťanů ☺**



PRAVDĚPODOBNOST EXISTENCE

- Statistické úvahy – Drakeova rovnice

- $$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_{ii} \times f_c \times L$$

- N – předpokládaný výsledek, počet vyspělých inteligentních civilizací schopných mezihvězdné komunikace,
 - R^* – označení přírůstku počtu hvězd v Mléčné dráze za určité období (6 – 40; 10 za rok),
 - f_p – podíl hvězd, které (podobně jako Slunce) mají okolo sebe planetární systémy (0,1 – 0,5; 0,5),
 - n_e – průměrná hodnota počtu planet v planetárním systému, na kterých panují vhodné podmínky pro život (0,5 – 2,5; 2),
 - f_l – poměr z předchozích vhodných planet, na kterých se život skutečně vyvine (0,01 – 1; 1),
 - f_i – poměr z předchozího, kde život vznikl a rozvíjel se až k inteligentní formě života (10^{-7} – 1; 0,01),
 - f_c – podíl inteligentních forem života, které dosáhly schopnosti aktivní mezihvězdné komunikace (0,01 – 0,1; 0,01),
 - L – odhad délky existence inteligentní životní formy schopné mezihvězdné komunikace (100 – 10^9 ; 10000 let).



PRAVDĚPODOBNOST EXISTENCE

- **Exoplanety a obyvatelné zóny**

- Dnes známe více než 5 500 exoplanet a mnoho z nich je v tzv. obyvatelné zóně (kde by mohla být kapalná voda).
- Statistiky naznačují, že jen v Mléčné dráze mohou být miliardy planet podobných Zemi.

- **Extrémofilové**

- Život na Zemi přežívá v extrémních podmínkách: v horkých pramenech, v kyselinách, hluboko pod ledem, i v radioaktivním prostředí.
- To ukazuje, že život může být mnohem odolnější, než jsme si mysleli.



PRAVDĚPODOBNOST EXISTENCE

- **Hledání stop**

- Mars: hledají se stopy po minulém mikrobiálním životě.
- Europa (měsíc Jupitera) a Enceladus (měsíc Saturnu): mají podpovrchové oceány, kde by mohl být život.
- Exoplanety: spektroskopie atmosfér může odhalit biosignatury (např. kyslík, metan).

- **Odhady pravděpodobnosti**

- Konzervativní odhad: můžeme být jediní v Galaxii (pokud je vznik života extrémně vzácný).
- Optimističtější pohled: díky počtu obyvatelných planet je statisticky nepravděpodobné, že jsme jediní.
- Inteligentní život: je mnohem vzácnější než jednoduchý (bakterie, řasy).
- Mnozí astrobiologové se shodují, že jednoduchý mimozemský život je pravděpodobný, ale inteligentní civilizace jsou velkou neznámou.



FERMIHO PARADOX

- rozpor mezi vysokou pravděpodobností existence mimozemských civilizací a tím, že není jakýkoliv důkaz o kontaktu s nimi.
- Řešení:
 - mimozemšťané neexistují (každá civilizace je po nějaké době zničena)
 - mimozemšťané existují, ale dosud nedošlo ke kontaktu
 - je to příliš nákladné
 - je to příliš nebezpečné
 - to není fyzikálně možné
 - mezihvězdné cesty jsou velmi pomalé
 - mimozemšťané svého stupně rozvoje dosáhli teprve nedávno a nestihli nás kontaktovat
 - jsou příliš dalek
 - o lidstvu vůbec nevědí
 - nemají o nás zájem
 - komunikují pomocí signálů, které nedokážeme zachytit
 - mimozemšťané existují a část lidstva s nimi komunikuje



KARDAŠOVVA ŠKÁLA

- Stupnice pojednává o úrovni rozvoje dané civilizace
Každá z civilizací se může zařadit do tří typů; hlavním měřítkem je množství energie, které je schopná využít.

0,25	Římská říše	10^8 W
0,5	Svět v době průmyslové revoluce	10^{11} W
0,73	Současný svět	10^{13} W
1	Civilizace schopná využít veškeré zdroje své domovské planety	$4 \cdot 10^{16} \text{ W}$
2	Civilizace schopná využít veškeré zdroje své domovské hvězdy	$4 \cdot 10^{26} \text{ W}$
3	Civilizace schopná využít veškeré zdroje své domovské galaxie	$4 \cdot 10^{37} \text{ W}$
4	Teoretická - Civilizace schopná využít veškeré zdroje ve vesmíru.	$> 4 \cdot 10^{37} \text{ W}$

POKUSY O KONTAKT

- pasivní hledání - **SETI** - posloucháme signály z vesmíru
 - Projekt Ozma (1960)
 - Arecibo Observatory (od 1974)
 - Allen Telescope Array (od 2007)
- aktivní vysílání - **MEZI** - posíláme naše zprávy do vesmíru
 - Arecibská zpráva (1974)
 - Pioneer 10 a 11 (1972–1973)
 - Voyager 1 a 2 (1977) - Golden Record
 - Teen Age Message (2001)
 - Cosmic Call 1 a 2 (1999 a 2003)





- Výron koronální hmoty
- Kosmické záření
- Dopady asteroidů a komet
- Útok mimozemšťanů 😊



DĚKUJI ZA POZORNOST

