

# Astronomický ústav

*Akademie věd České republiky, v. v. i.*

## **Další meteorit s rodokmenem nalezený na základě dat pořízených Evropskou bolidovou sítí**

Tisková zpráva z 2. října 2018

V úterý 10. července krátce před půl dvanáctou místního času (SELČ) ozářil rozsáhlé území kolem středního toku Rýna, tedy kolem hranic Německa a Francie, především tedy regionů Bádenska-Württemberska, Porýní-Falci, Alsaska a Lotrinska, velmi jasný meteor – bolid. S výjimkou velké části Francie a menších oblastí Německa (především v JZ části) bylo sledování tohoto bolidu komplikováno poměrně rozsáhlou a kompaktní oblačností, která v té době pokrývala významnou část západní a střední Evropy. Proto tento bolid, který po krátkou dobu zářil ještě jasněji než Měsíc v úplňku, tentokrát neupoutal tak velkou pozornost, jako to obvykle u takto jasných bolidů bývá. Bylo to mimo jiné také proto, že dráha bolidu v atmosféře byla velmi strmá a tudíž i relativně krátká a to jak do délky, tak i do trvání celého jevu. Naštěstí se však nejen poblíž dráhy bolidu, ale i na našem území, především v západních Čechách, našla místa, kde bylo aspoň částečně jasno, což se záhy ukázalo jako rozhodující pro objasnění a popsání tohoto velmi vzácného přírodního úkazu.

Bolid byl totiž zaznamenán přístroji z české a německé části Evropské bolidové sítě (EN), kde v době přeletu bolidu bylo aspoň částečně jasno a díky těmto záznamům bylo možné tento bolid spolehlivě a i dostatečně přesně popsat a mimo jiné i předpovědět, že skončil pádem meteoritů a určit oblast, kde leží a jak by měly být velké. Velkým úspěchem tohoto mezinárodního vědeckého projektu je, že po vyhodnocení záznamů, které bylo ve velmi krátkém čase provedeno týmem pracovníků oddělení meziplanetární hmoty v Ondřejově a zaslání informace o pádové oblasti kam dopadly zbytky původního tělesa (meteoroidu) německým kolegům, tito přesně v předpovězené oblasti pro danou hmotnost meteority také našli. **Tím se tento případ řadí do velmi vzácné kategorie tzv. meteoritů s rodokmenem, protože nejen že jsme přesně určili, kde meteority dopadly, ale také jsme vypočítali, odkud k Zemi přiletěly.**

Bolid (dále označen jako EN100718) byl zachycen automatickými digitálními celooblohovými bolidovými kamerami na českých stanicích Přimda (viz obrázek 1) a Churáňov a snímky z těchto kamer umožnily předběžně určit nejen, kudy bolid letěl, ale především zjistit, že to byl případ, který s jistotou skončil pádem meteoritů. Tyto stanice jsou součástí Evropské bolidové sítě, která pokrývá území střední Evropy a jejíž centrum je v Astronomickém ústavu Akademie věd ČR v Ondřejově. Na přiloženém obrázku (obrázek 1) je pohled na bolid, jak ho velmi nízko, pouze 10.4°-0.8°(!) nad západním obzorem zaznamenala kamera na stanici Českého hydrometeorologického ústavu na Přimdě. Další zásadní informací, kterou nám poskytly naše přístroje, je podrobný průběh svícení bolidu s velmi vysokým časovým rozlišením (5000

vzorků/s) – viz obrázek 2. Tyto přesné fotometry jsou součástí bolidových kamer a kromě průběhu svícení bolidu zaznamenávají velmi přesně i čas jevu. **Ze všech těchto záznamů jsme během jednoho dne určili, kde se jev odehrál, jak probíhal, jak byl mohutný a že skončil pádem meteoritů. A to přesto, že bolid letěl daleko mimo naše území a naše kamery byly od něho velmi daleko** (od 365 do 420 km) a geometricky nepříliš vhodně. Od začátku ovšem bylo jasné, že by velmi pomohlo, kdyby se podařilo sehnat nějaký záznam bolidu z bližší vzdálenosti, který by naše závěry zpřesnil a také doplnil. Několik hodin po přeletu bolidu jsme tedy kontaktovali správce německé části Evropské bolidové sítě Dietera Heinleina, informovali jsme ho o významnosti bolidu a požádali jsme ho o data z kamer, které v Německu patří pod správu DLR (Německá kosmická agentura). Podobně jako v české části bolidové sítě tyto kamery zaznamenávají bolidy celooblohově, ale ve výrazně menším rozlišení a ve velké většině ještě na klasický film. Jak se později ukázalo, pouze jedna tato kamera v Německu a jedna ve Francii (digitální verze stejné kamery) bolid zaznamenaly tak, že jsou tyto záznamy použitelné pro další zpracování. Pro úplný popis bolidu se ukázal být velmi důležitý snímek ze stanice 78 Osenbach (Alsasko, Francie), kde je sice nejjasnější část bolidu za mraky a zcela chybí informace o konci bolidu, ale na tomto snímku jsou měřitelné časové značky (pravidelná přerušení světelné stopy bolidu způsobená rotující clonou), které jsou důležité pro určení rychlosti bolidu. Tento snímek byl navíc dostupný hned druhý den po přeletu bolidu a tak společně s českými stanicemi posloužil pro určení jak všech parametrů průletu meteoroidu atmosférou, tak i elementů jeho dráhy ve Sluneční soustavě a také pro modelování pádové oblasti meteoritů. Dodatečně po vyvolání filmu a jeho zaslání do Ondřejova byl použit ještě snímek ze stanice 87 Gernsbach, která byla nejbližší dráze bolidu (pouze 30 km daleko – vzdálenost po zemi), avšak podobně jako pro snímky z českých stanic tento snímek nešel použít pro určení rychlosti (zcela chyběly časové značky) a protože zde kromě bolidu téměř chyběly referenční hvězdy, tak šel jen velmi obtížně zredukovat. Přesto je to snímek, kde je bolid nejlépe vidět a nakonec posloužil pro finální určení výšky konce. Jak je vidět z obrázku 3, na obloze byl na tomto snímku z důvodu nepříliš dobrého počasí viditelný prakticky jen bolid. Kromě těchto záznamů jsme dostali ještě snímky z webových kamer z Karlsruhe a Oberwolfachu z Německa a ze Schafmattu ze Švýcarska. Bohužel se však při zpracování ukázalo, že tyto statické snímky nejdou použít pro nezávislé určení dráhy a tak nakonec nebyly pro finální výpočet použité. Celý úkaz byl tedy popsán výhradně ze záznamů z kamer Evropské bolidové sítě.

### **Co se tedy přesně odehrálo v úterý 10. července 2018 nad západním Německem?**

Přesně ve 21 hodin 29 minut a 48 sekund světového času (našeho času tedy o dvě hodiny více) vstoupil do zemské atmosféry nepříliš velký meteoroid o velikosti přibližně fotbalového míče a začal nejprve slabě svítit ve výšce 80 km. Díky velmi strmé dráze, jejíž sklon k zemskému povrchu byl necelých 80 stupňů, jeho jasnost velmi rychle vzrostla a v maximu dosáhla jasnosti -13.4 magnitudy (normováno na vzdálenost 100 km), tedy jasnosti převyšující jasnost Měsíce v úplňku. Průmět atmosférické dráhy je znázorněn na přiloženém obrázku a díky velkému sklonu dráhy je jen 13 km dlouhý (obrázek 4). Ve skutečnosti byla světelná dráha bolidu dlouhá 63 km a těleso jí uletělo za 4 pouhé sekundy. Celá tato událost se odehrála prakticky přesně nad německým městem Renchen v Bádensku-Württembersku. Těleso se při vstupu do atmosféry pohybovalo rychlostí necelých 20 km/s a postupně se v atmosféře brzdilo a také rozpadalo. Díky relativně malé vstupní rychlosti, strmé dráze, nezanedbatelně velké počáteční hmotě a dostatečné soudržnosti materiálu, přestal tento bolid svítit až pouhých 18 km nad zemí jen mírně na západ od města Renchen nedaleko řeky Rýn, která zde tvoří hranici mezi Německem a Francií. **Takto**

**hluboký průnik je u bolidů velmi vzácný, což dokresluje fakt, že za několik desítek let našich systematických pozorování jsme pozorovali takto malou koncovou výšku jen zcela výjimečně.** Navíc tento hluboký průnik jednoznačně znamená, že došlo k pádu meteoritů. Tento fakt v kombinaci s především jedním výrazným zjasněním, které jsme pozorovali na světelné dráze bolidu ve výšce 28 km a které reprezentuje významný rozpad původního meteoroidu, je zřejmé, že na zemský povrch dopadl větší počet úlomků z původního tělesa v širokém rozmezí hmotností od řádově gramů až po kilogramové meteority pocházející z terminální fáze letu. **Pádová oblast meteoritů všech velikostí leží výhradně na území Německa** právě v oblasti města Renchen (viz obrázek 5). Menší úlomky jsou ve východní části předpovězené pádové oblasti a jejich hmotnost vzrůstá směrem na západ až severozápad. Největší meteority by měly být v úzkém pásu západně od Renchenu. Posun oblasti dopadu meteoritů vzhledem k světelné dráze bolidu je způsoben prouděním vzduchu ve vyšších vrstvách atmosféry kudy prolétaly zbrzděné úlomky původního tělesa směrem k zemskému povrchu. Doba této temné fáze letu, kdy se zbytky původního tělesa pohybují již převážně jen rychlostí volného pádu, trvá pro koncový bod dráhy a přibližně kilogramový meteorit kolem 2 minut a pro malé desetigramové až gramové meteority z hlavního výbuchu dokonce 5 – 10 minut. Proto má výškové proudění v atmosféře tak významný vliv na výslednou polohu pádové oblasti meteoritů. A to i při tak strmé světelné dráze bolidu, která významně zmenšuje pádovou oblast, jako tomu bylo v tomto případě.

**Před srážkou se Zemí meteoroid obíhal Slunce po relativně málo výstředné dráze,** která je mírně skloněna k rovině ekliptiky, tj. rovině zemské dráhy. V přísluní se meteoroid dostal jen o málo blíže ke Slunci, než je dráha naší planety Země a nejdále od Slunce se pohyboval ve vnitřní oblasti hlavního pásu planetek. **Jednalo se tedy původem o malou část asteroidu typu Apollo pocházejícího z vnitřní části hlavního pásu planetek.**

### **Nálezy meteoritů podle předpovědi**

Krátce po potvrzení, že se jednalo o významný pád meteoritů, začaly první pokusy o jejich nalezení. Tuto snahu na německé straně koordinuje převážně kolega Dieter Heinlein, který na projektu Evropské bolidové sítě s námi dlouhodobě spolupracuje. První popis pádového pole spolu s nejvhodnější strategií hledání (vzhledem k předpokládaným počtům jednotlivých hmotnostních skupin meteoritů jsme se nejdříve soustředili na oblast malých meteoritů pocházejících z hlavního výbuchu) jsme poskytli kolegům v Německu v sobotu 14. 7. Prvního hledání, které proběhlo hned od neděle 15. 7. do úterý 17. 7., se účastnili dva členové německé části Evropské bolidové sítě Ralph Sporn a Martin Neuhofer. Jsou to velmi zkušený a spolehliví hledači, kteří se úspěšně podíleli na nalezení několika předchozích případů. Tyto první pokusy spíše sloužily k prozkoumání celé oblasti a vytipování vhodnějších míst pro následné systematické hledání. Na základě těchto zkušeností oba hledači pokračovali v systematickém prohledávání takových vhodnějších oblastí od následující neděle 22. 7. I přes velmi obtížné podmínky (především vysoká vegetace, vysoké teploty a nepřístupnost některých oblastí) bylo již v úterý 24. 7. kolem poledne jejich úsilí korunováno úspěchem, kdy se jim podařilo **nalézt první meteorit o hmotnosti 11.9 gramů** (viz obrázek 6). Tento malý meteorit byl z velké části pokrytý čerstvou černou kůrou a evidentně pochází z bolidu z 10. července. Místo nálezu a hmotnost meteoritu odpovídají velmi dobře předpovědi, která byla ještě postupně zpřesněna podrobnějším modelem větrného pole ve vyšších vrstvách atmosféry, který jsme získali následující týden po pádu. To zároveň umožnilo i zpřesnit polohu pádové oblasti buď pro hlavní kus, nebo v případě jeho rozpadu na samém konci dráhy, pro více větších přibližně několika set gramových až kilogramových meteoritů, které pocházejí z terminální fáze letu bolidu. K tomu již přispěl i

snímek ze stanice 87 Gernsbach, který se i přes značné obtíže podařilo zredukovat a zpřesnit tak údaje především o výšce konce bolidu. Z podrobného modelování fragmentace a velikosti jednotlivých fragmentů jsme dostali lepší obrázek o možném rozložení především větších meteoritů. Takto určenou oblast jsme poslali hledačům v terénu v pondělí 30. 7. v poledne. Ti opět v neděli zahájili třetí hledací kampaň, kterou měli opět naplánovanou do středy 1. 8. Jelikož se ukázalo, že oblast pro hlavní kus leží v hustém lese navíc s vysokým podrostem, tak pro úterní hledání zvolili strategii prohledat ta místa, která jsou přehledná a leží na nejpravděpodobnější linii, která by ovšem odpovídala tomu, že se hlavní kus přece jen ještě rozpadnul. To se zakrátko ukázalo jako velmi správná a šťastná volba. Na přehledné louce oba hledači našli **meteorit o hmotnosti 955 gramů**, který byl jen minimálně zabořený a který velmi přesně odpovídá předpovězenému místu pro danou hmotnost – viz obrázek 7. Velká většina jeho povrchu je opět pokryta černou kůrou, která nese stopy po dopadu do hlinité půdy. Malá část chybí (maximálně kolem 100 gramů) a musela se z něho oddělit během temné fáze letu, protože na lomu není patrné tepelné působení. Jak se ukázalo prakticky přesně o měsíc později v sobotu 1. září, tak tento předpoklad byl potvrzen dalším nálezem, kdy jiní hledači, kteří dostali informaci o pádovém poli od D. Heinleina později, našli na lesní cestě v místech, kam by nebylo možné, aby doletěly úlomky z vyšší fragmentace (např. hlavního výbuchu) několik malých úlomků, které s velkou pravděpodobností patřily původně k největšímu nalezenému meteoritu. Tyto **meteority vážící dohromady 20.6 gramů** našli Lukasz Smula, Magda Skirzewska a Thomas Kurz.

Během osmé hledací kampaně do pádové oblasti, po 26 vyčerpávajících dnech únavného hledání, se Ralphu Spornovi a Martinovi Neuhoferovi podařil další unikátní nález v neděli 30. září krátce po poledni. Nalezli malý **meteorit vážící 4.8 gramů** zachycený do ochranné sítě proti ptákům, která zakrývala jabloňový sad východně od Renchenu přesně v předpovězené oblasti pro danou hmotnost. Velmi kuriózní na tomto nálezu je skutečnost, že meteorit nedopadl na zemský povrch, ale byl nalezen 2.5 metrů nad zemí (viz obrázek 8).

Klasifikaci meteoritu provedli Dr. Addi Bischoff a jeho doktorand Markus Patzek z Ústavu pro Planetologii z univerzity v Münsteru v Německu a určili, že se jednalo o tzv. obyčejný chondrit typu L5-6. Jedná se o tzv. brekci, což znamená zjednodušeně meteorit složený z více druhů materiálu. Rovněž i ze složení vlastního meteoritu byl tedy jednoznačně potvrzen asteroidální původ tohoto tělesa. **Zatím neoficiální pojmenování meteoritu je Renchen.**

**Nálezem meteoritů se perfektně potvrdil celý scénář tohoto pádu, který jsme určili z analýzy záznamů, které pořídily přístroje v české a německé části Evropské bolidové sítě. Je to bezesporu jeden z největších úspěchů tohoto dlouhodobého mezinárodního experimentu, který byl založen v roce 1963 Dr. Zdeňkem Ceplechou. Evropská bolidová síť byla první takový experiment na světě a jako jediná zůstává takto dlouho v provozu.**

V současné době je známo zhruba 30 meteoritů s rodokmenem, tj. takových, jejichž dráha byla určena z přístrojových pozorování. Z toho ve více než polovině případů, včetně vůbec toho prvního – meteoritu Příbram ze 7. dubna 1959, se na výpočtu ať už zcela nebo významnou měrou podíleli pracovníci Astronomického ústavu AV ČR. Podle jejich výpočtů byly například nedávno nalezeny i meteority Ždár nad Sázavou z 9. prosince 2014, Hradec Králové ze 17. května 2016 a nebo Stubenberg v Německu ze 6. března 2016.

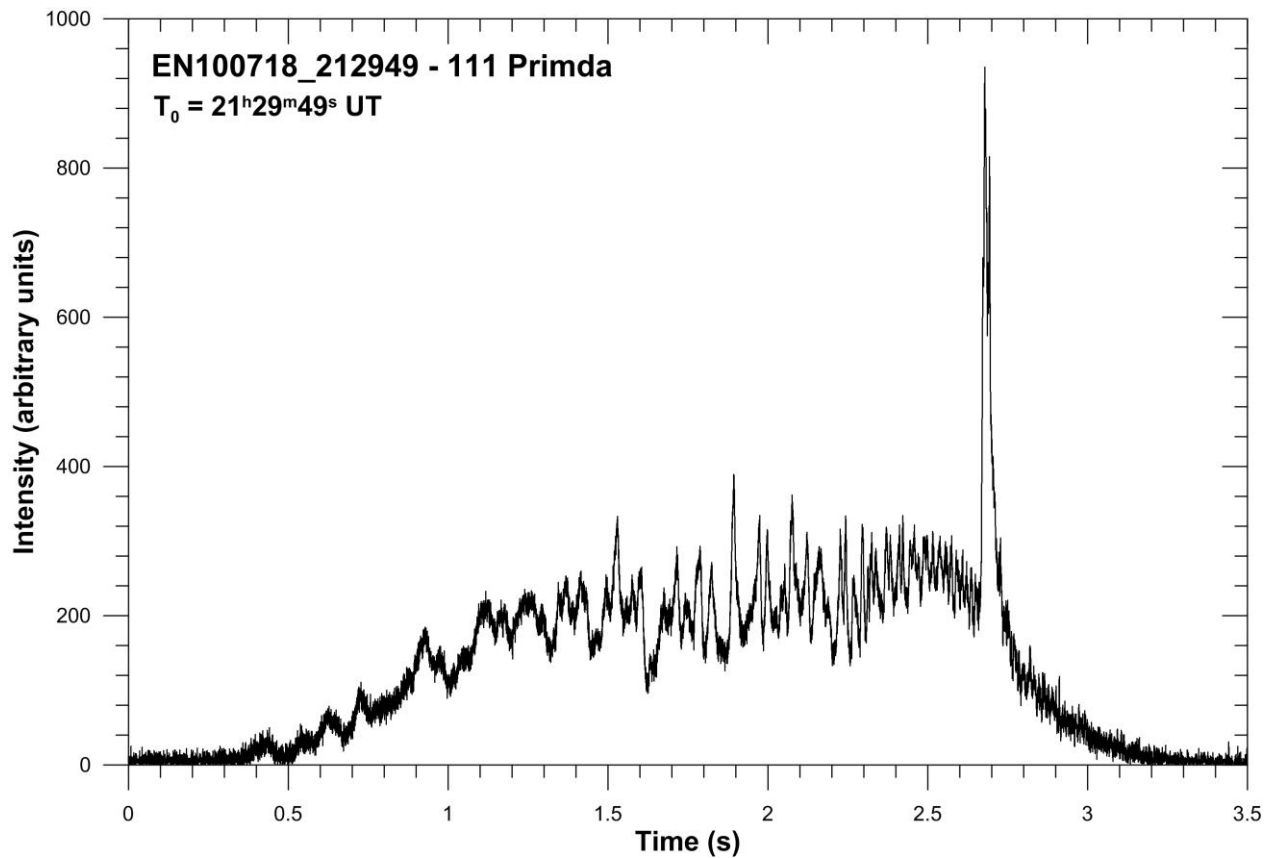
Poděkování: Děkujeme Dr. Radmile Brožkové z Českého hydrometeorologického ústavu a Dr. Gerdu Baumgartnerovi z Leibnizova ústavu fyziky atmosféry, Kühlungsborn, Německo, za poskytnutí modelů výškového větru. Rovněž tak poděkování patří Lukáši Smulovi (Polsko) za darování vzorků pro klasifikaci meteoritu.

RNDr. Pavel Spurný, CSc.  
vedoucí oddělení meziplanetární hmoty ASÚ AV ČR a koordinátor Evropské bolidové sítě  
pavel.spurny@asu.cas.cz, 607 729 608

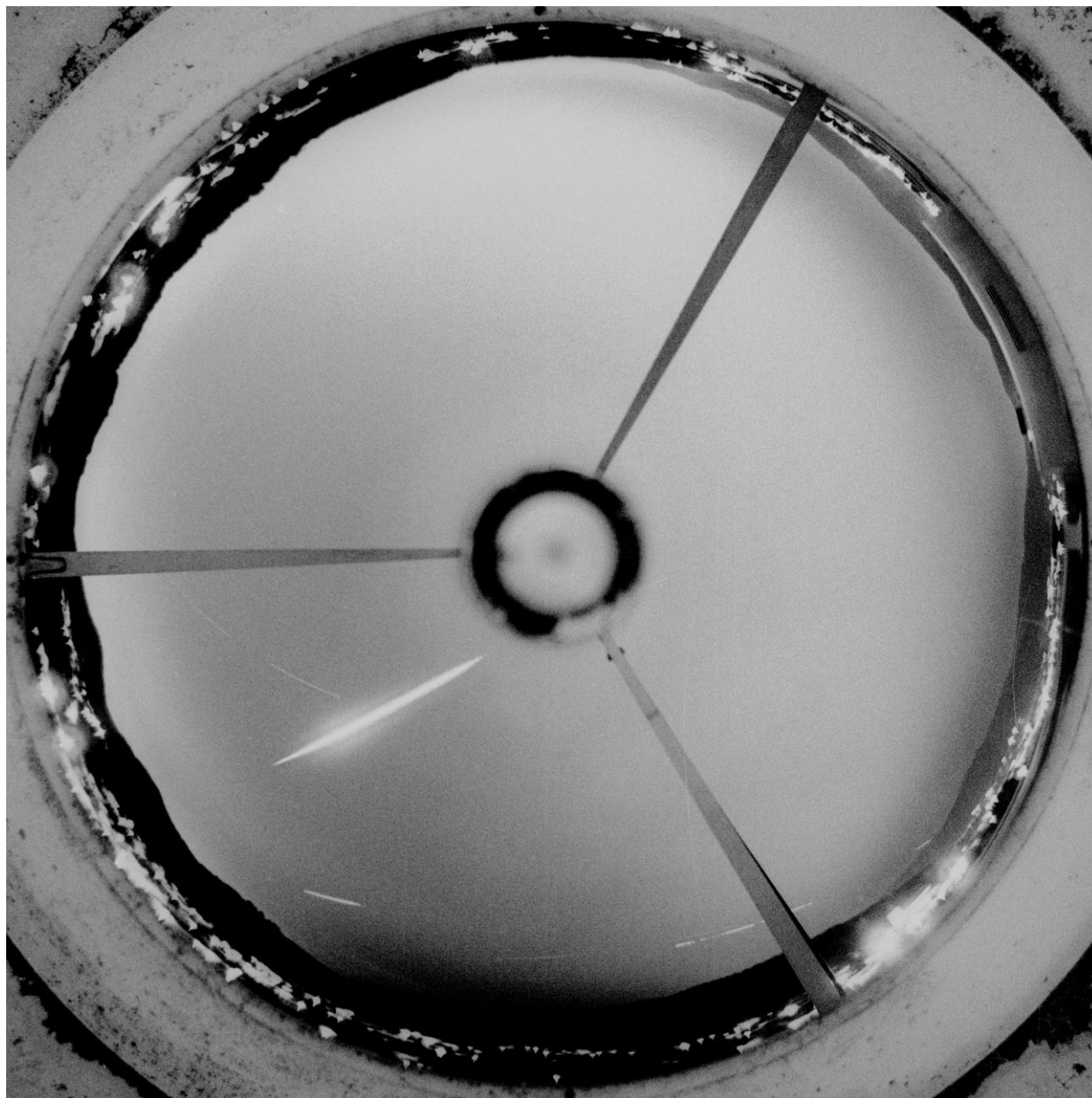
### **Přiložené obrázky:**



Obrázek 1. Výřez z celooblohového snímku bolidu z 10. července 2018 pořízeného automatickou digitální bolidovou kamerou české části Evropské bolidové sítě na stanici Českého hydrometeorologického ústavu na Přimdě. Bolid je velmi nízko nad západním obzorem. (foto: Astronomický ústav AV ČR).



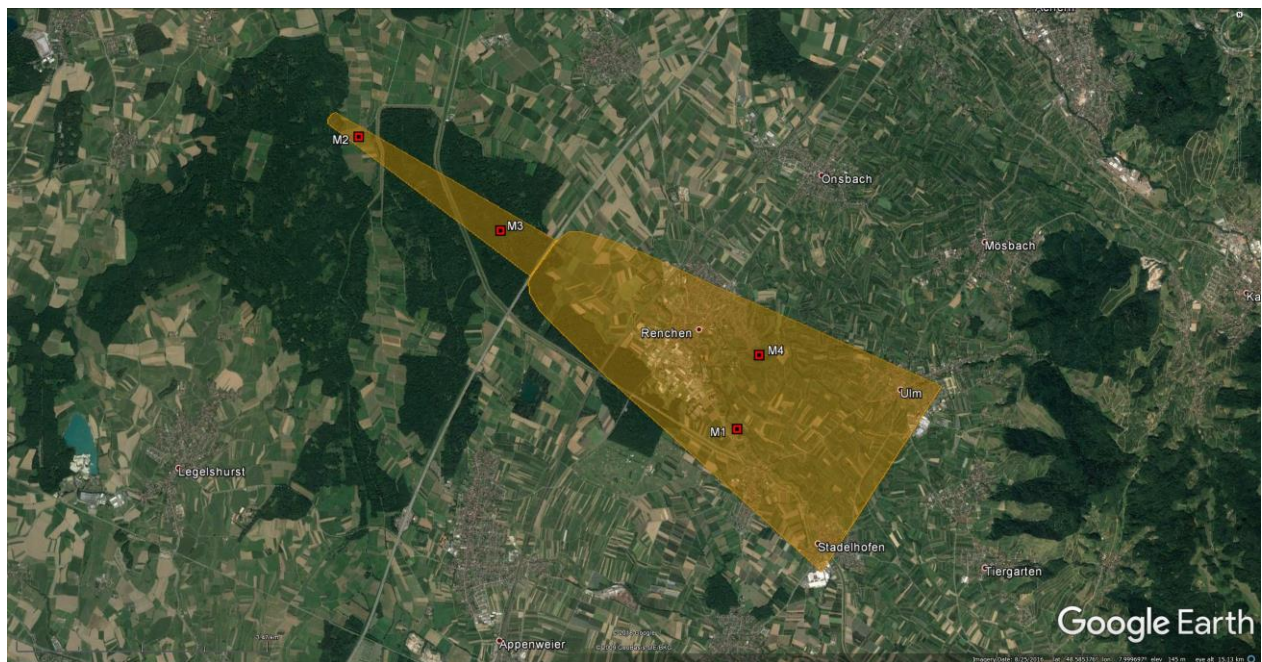
Obrázek 2. Světelná křivka bolidu EN100718 Renchen ze stanice Přimda pořízená radiometrem, který je součástí každé automatické bolidové kamery v české části Evropské bolidové sítě. Podrobná světelná křivka je kromě jiného důležitá pro kvantitativní popis průběhu fragmentace meteoroidu. (grafika: Astronomický ústav AV ČR).



Obrázek 3. Celooblohový snímek bolidu z 10. července 2018 pořízený zrcadlovou bolidovou kamerou německé části Evropské bolidové sítě na stanici 87 Gernsbach (foto: DLR, Německo).



Obrázek 4. Průmět atmosférické dráhy bolidu EN100718 na zemský povrch (žlutá šipka). Skutečná délka vyfotografované atmosférické dráhy 63 km a bolid jí uletěl za přibližně 4 s (grafika: Google/Astronomický ústav AV ČR).



Obrázek 5. Schematické znázornění pádové oblasti bolidu EN100718. Menší úlomky jsou ve východní části zvýrazněně pádové oblasti a jejich hmotnost vzrůstá směrem na západ až severozápad. Polohy nalezených meteoritů jsou vyznačeny body M1 (11.9 g), M2 (955g), M3 (20.6 g) a M4 (4.8 g). (grafika: Google/ Astronomický ústav AV ČR).





Obrázek 6. První meteorit Renchen (M1) o hmotnosti 11.9 g v nálezové pozici a s vloženým detailem. Meteorit byl nalezený necelé 2 týdny po pádu dne 24. července 2018 (foto: Ralph Sporn a Martin Neuhofer, Pavel Spurný)



Obrázek 7. Druhý a největší meteorit Renchen (M2) o hmotnosti 955 g nalezený dne 31. července 2018. Snímek byl pořízen těsně po nález a kromě meteoritu je vidět i menší jamka, kterou svým dopadem vytvořil. (foto: Ralph Sporn a Martin Neuhofer)



Obrázek 8. 30. září 2018 Ralph Sporn a Martin Neuhofer našli další meteorit (M4) o hmotnosti 4.8 g východně od města Renchen, jak je zachycený v síti zakrývající jabloňový sad. (foto: Ralph Sporn a Martin Neuhofer)