

Projekt vývoje režimu slunečních pozorování s observatoří ALMA úspěšně dokončen

Na přelomu roku 2016/2017 byl po více než dvou letech vývoje schválen a zařazen do programu standardních vědeckých pozorování observatoře [ALMA](#) její speciální režim určený pro pozorování Slunce – tzv. *ALMA Solar Observing Mode*. Na tomto úspěchu se významně podíleli i pracovníci [Českého uzlu Evropského regionálního centra ALMA](#) (*European ALMA Regional Center – Czech node*, zkr. EU-ARC.CZ) – [Národní výzkumné infrastruktury](#), reprezentující účast ČR v projektu ALMA, která sídlí na [Astronomickém ústavu AV ČR v Ondřejově](#). Z důvodu jedinečné expertizy českého uzlu v oblasti slunečních radiových pozorování v rámci celé evropské sítě EU ARC jeho **pracovníci** v tomto celosvětovém úsilí o uskutečnění vědeckého výzkumu **v oblasti sluneční fyziky** s observatoří ALMA **vedli a zastupovali celou evropskou účast**. Tři z celkem devatenácti členů mezinárodního *Solar ALMA Development Team* (kromě českého uzlu EU ARC se zúčastnili pracovníci z [ESO](#), severoamerické NRAO, a japonské NAOJ a samozřejmě z observatoře ALMA) jsou pracovníci českého ALMA uzlu. Někteří další výzkumníci z tohoto týmu pak s českým uzlem ARC externě spolupracovali v rámci projektu *Solar Research with ALMA*, jehož řešení svěřilo ESO právě ondřejovskému pracovišti EU-ARC.CZ.

Na cestě k realizaci vědeckého studia Slunce s teleskopy ALMA museli vývojáři z mezinárodního týmu překonat řadu překážek a navrhnout řešení pro „zvláštnosti“, kterými se Slunce liší od jiných cílů výzkumu observatoře – především nesouměřitelně vyšší jas v oblasti milimetrových vln oproti srovnávacím objektům (tzv. kalibrátorům), které ALMA pozoruje spolu s vědeckým cílem v rámci jednoho časového bloku, nebo například fakt, že Slunce se má v důsledku oběhu (a rotace) Země mezi hvězdami svůj vlastní pohyb, který se navíc ještě sčítá s pohybem cílových objektů (např. filamentů nebo skvrn) na Slunci samotném v rámci složité dynamiky sluneční atmosféry, jejímiž hlavními složkami jsou diferenciální rotace a meridionální cirkulace. Nicméně, všechny problémy se týmu podařilo postupně překonat a navržená řešení otestovat přímo na místě na ALMA OSF v Chile v rámci testovacích pozorovacích kampaní, dvou z nichž (v prosinci 2014 a 2015) se zúčastnili i pracovníci českého uzlu (obr. 1). Ti se, vedle testování a on-line zpracování dat z kampaní přímo na místě, podíleli i na optimalizaci parametrů pozorování pro seznam jednotlivých vědeckých cílů (tzv. *science cases* – např. protuberance, skvrny, klidná chromosféra, atd.) a simulacích očekávaných výstupů pozorování.

Nejvíce ceněným příspěvkem českého týmu je ovšem vývoj speciálního software – *Solar Ephemeris Generator* (autorem je pracovník českého ARC uzlu Dr. I. Skokič), nástroje, který s nejlepší znalostí dynamiky zvoleného cílového objektu na Slunci spočte (a uloží ve standardním vstupním formátu pro ALMA) předpověď jeho nebeských souřadnic (tzv. efemeridu) s odpovídající přesností na dva dny dopředu. [Tento SW](#) nejen že vyžívají sluneční fyzici z celého světa pro přípravu svých pozorování s ALMA, ale pro svoji uživatelskou přívětivost a přesnost výsledků ho začali pro pozorování Slunce využívat i jiné radiové observatoře, např. americká *Very Large Array* (VLA).

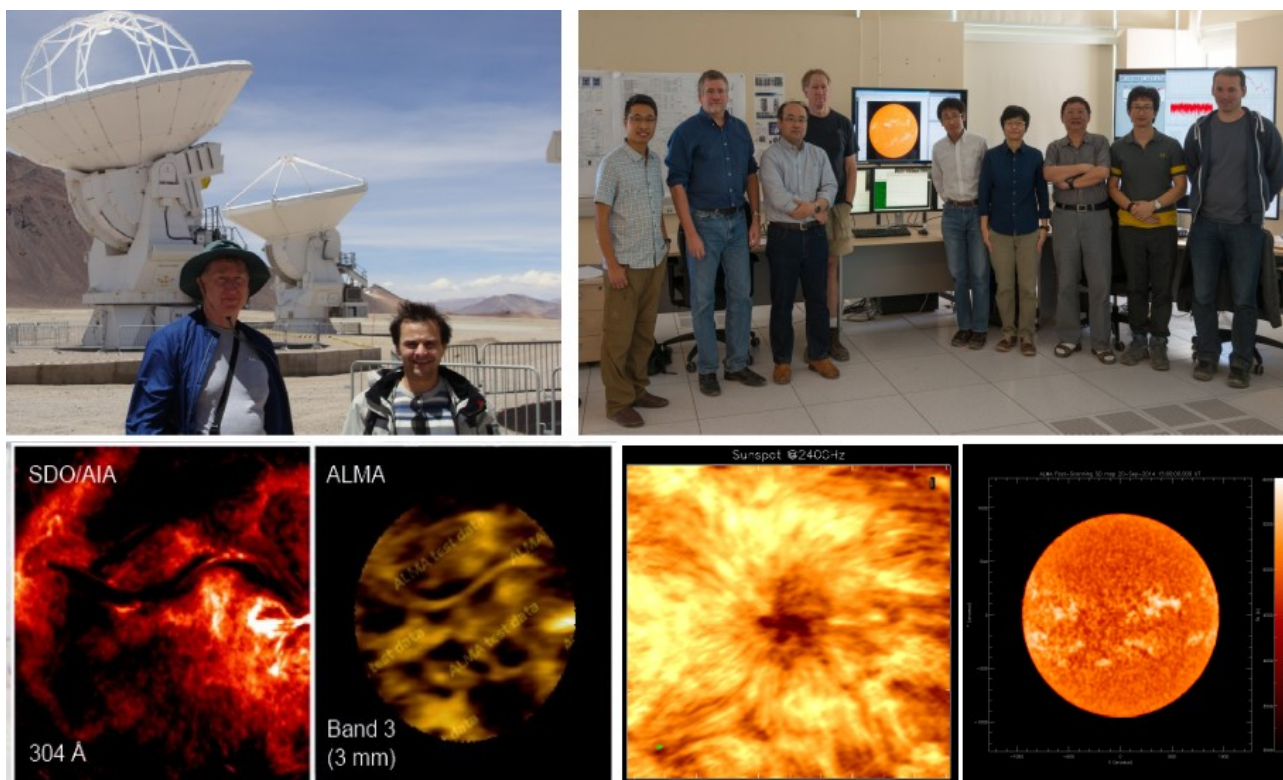
U příležitosti tohoto úspěchu vydala observatoř ALMA společně se svými hlavními partnery – ESO, NRAO a NAOJ – v lednu 2017 tiskovou zprávu, která byla (jako ostatně všechny TZ ESO) přeložena i do češtiny a najdete ji zde: <https://www.eso.org/public/czechrepublic/news/eso1703/>. V poznámkách pod TZ naleznete i jmenovité poděkování členům *Solar ALMA Development Team*, včetně pracovníků českého uzlu EU ARC.

Přestože byl sluneční režim observatoře ALMA přichystán pro pozorování již na přelomu let 2016/2017, práce pro mezinárodní vývojový tým tím zdaleka neskončila. V průběhu celého roku 2017 jeho členové pracovali na vyprecizování navržených a odzkoušených postupů pro pozorování různých vědeckých cílů na Slunci a jejich sepsání do podrobné dokumentace, tak aby je mohli využívat všichni sluneční fyzici. Metodika slunečních pozorování byla pak publikována jednak ve formě výzkumných zpráv, které český uzel EU ARC vypracoval pro ESO, dále jako dokumenty tzv. *ALMA Memo Series* a také jako dva rozsáhlé články publikované na konci roku 2017 v časopise [Solar Physics](#). Zároveň probíhal vývoj procedur pro post-processing napozorovaných dat (kalibrace a interferometrická syntéza obrazu), opět specifický pro Slunce, a třibení kritérií zaručené kvality výsledného produktu observatoře ALMA – tzv. *Quality Assurance level 2/QA2* pro získané interferometrické obrazy objektů na Slunci. Tyto postupy byly po vzájemné koordinaci českého uzlu EU ARC s jejich protějšky v severoamerickém NA ARC (sídlícím na NRAO) a

východoasijském EA ARC (hostovaným observatoří NAOJ) schváleny observatoří ALMA k použití a **na podzim roku 2017** získali vedoucí schválených vědeckých projektů (tzv. *PIs*) z řad světové astronomické veřejnosti a jejich týmy své **první vědecky využitelné obrazy Slunce z observatoře ALMA**. Český uzel EU ARC jakožto evropský leader slunečního výzkumu s observatoří ALMA zpracovával data všech projektů navržených evropskými slunečními fyziky, k tomu ještě projekt ze zemí mimo celosvětovou síť *ALMA Regional Centers* (ARCs).

Na konci roku 2017 pak v centrále ESO v Garchingu proběhlo závěrečné hodnocení projektu *Solar Research with ALMA*, jehož řešení svěřilo ESO českému uzlu a v jehož rámci pracovníci EU-ARC.CZ na vývoji *Solar Observing Mode* pracovali. Vzhledem k dosaženým výsledkům byl projekt a celkový přínos evropské astronomie pod vedením českého uzlu k vývoji slunečních pozorování s observatoří ALMA oponentním panelem vysoce hodnocen a **projekt *Solar Research with ALMA* k 31.12.2017 úspěšně uzavřen**. Stručné shrnutí několika let vývoje režimu observatoře ALMA umožňující pozorování Slunce z pera členů mezinárodního *ALMA Solar Observing Mode Development Team* přinese příští vydání časopisu [ESO Messenger](#).

Poznamenejme, že i přes tento přelom vývoj slunečního pozorovacího modu observatoře ALMA i nadále pokračuje a český uzel EU ARC je u toho. Pro další pozorovací cykly se připravuje rozšíření možností pozorování (např. spektroskopie, měření polarizace) a rozvíjejí se i procedury pro zpracování slunečních dat (např. tzv. *time-domain imaging* vyvíjený přímo na českém uzlu). Kromě toho, pracovníci českého uzlu díky zkušenostem získaným během testovacích kampaní byli pozváni na observatoř ALMA i jako experti pro první vědecká pozorování Cyklu 4, kdy pracovali v pozici *Astronomer on Duty*. Český uzel EU ARC si tak vydobyl pozici expertního centra v dané oblasti výzkumu a z tohoto důvodu jsou mu svěřeny ke zpracování (kalibrace a interferometrická syntéza) i ke všeobecné podpoře (pomoc s přípravou návrhů pozorování, kontrola tzv. *Scheduling Blocks*) všechny projekty evropského výzkumu s observatoří ALMA i v následujících pozorovacích cyklech.



Obr. 1: Solar ALMA Observing Campaigns – pozorování pro ověření procedur slunečního pozorovacího režimu v letech 2014 and 2015: Zúčastnění pracovníci z mezinárodního Solar ALMA Development Team (nahore) a vzorky získaných testovacích (tzv. science verification/SV) dat: Interferometrický obrázek filamentu na frekvenci 100 GHz a jeho srovnání s daty přístroje AIA na sondě Solar Dynamic Observatory/SDO (první dva panely vlevo dole). Interferometrický detailní pohled na sluneční skvrnu na frekvenci 240GHz (třetí panel dole). Celodisková mapa Slunce získaná metodou rychlého skenování jednou anténou na frekvenci 100 GHz (zcela vpravo dole).

Další čtení – veřejně přístupné odkazy

Bárta, M.: *Sluneční radioastronomie v éře ALMA*. Populárně naučný text určený původně pro projekt pozorovanislunce.eu Hvězdárny ve Valašském Meziříčí
http://wave.asu.cas.cz/barta/pub/czech/slunecni_radioastronomie, viz též
<http://pozorovanislunce.eu/odborne-clanky.html>

Bárta, M.; Skokić, I.; Brajša, R. & Czech ARC Node Team: *Solar research with ALMA: Czech node of European ARC as your user-support infrastructure*
[http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-data_query?
bibcode=2017simi.conf..127B&db_key=AST&link_type=ARTICLE](http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-data_query?bibcode=2017simi.conf..127B&db_key=AST&link_type=ARTICLE)

Shimojo, M. et al. (2017): *Observing the Sun with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA): High-Resolution Interferometric Imaging* (vyšlo v Solar Physics, vol. 292, id. 87)
<https://arxiv.org/abs/1704.03236>

White, S. et al. (2017): *Observing the Sun with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA): Fast-Scan Single-Dish Mapping* (vyšlo v Solar Physics, vol. 292, id. 88)
<https://arxiv.org/abs/1705.04766>

Bárta, M.: *Introduction to Radio Astronomy* – lecture notes. Prezentace přednášek a doplňující studijní materiály k semestrálnímu kursu *Úvod do radioastronomie*, přednášenému na MFF UK.
<http://wave.asu.cas.cz/barta/lectures/radioastronomy>

Solar ALMA Development Team / ALMA Observatory: Data z testovacích *Science Verification* kampaní v letech 2014 a 2015:
<https://almascience.eso.org/alma-data/science-verification>