

ESO

Evropská
jižní
observatoř

Nové obzory astronomie





ESO a astronomie

Astronomie je nejstarší přírodní vědou. Pohled na majestátní pás Mléčné dráhy, který se za tmavé bezmračné noci táhne oblohou, inspiroval generace lidí všech historických epoch a kultur stejně, jako inspiruje nás.

Dnešní astronomie patří k nejrychleji se rozvíjejícím oborům vědy. Využívá vyspělé a sofistikované technologie ke studiu objektů na samém okraji pozorovatelného vesmíru, k detekci planet okolo jiných hvězd a k neuvěřitelně podrobnému výzkumu dalších nebeských těles. Možná, že už můžeme začít formulovat odpověď na některé základní otázky, které si lidstvo klade: Odkud jsme se vzali? Existuje někde jinde ve vesmíru život? Jak vznikly hvězdy a planety? Jak se vyvíjejí galaxie? Z čeho je vesmír?

Evropská jižní observatoř (ESO) je jednou z nejvýznamnějších mezinárodních astronomických organizací světa. Uskutěčňuje ambiciózní program zaměřený na návrh, konstrukci a provoz nejvýkon-

nějších pozemních zařízení pro pozorování vesmíru. Za tímto účelem ESO intenzivně spolupracuje s vědeckou komunitou a průmyslem a v některých případech i s jinými společnostmi po celém světě.

Pozorovací návrhy pro využití přístrojů ESO asi tři až pětkrát — a někdy i vícekrát — převyšují množství reálně existujícího pozorovacího času na dalekohledech. Tato poptávka je jedním z důvodů, proč je dnes ESO nejproduktivnější pozemní observatoř světa. Každý den jsou v průměru zveřejněny až tři odborné články založené na datech z ESO. Tyto články popisují některé z nejúžasnějších astronomických objevů. Aby k těmto objevům docházelo i v budoucnosti, věnuje se ESO snad největšímu astronomickému pozorovatelskému projektu v historii, stavbě Extrémně velkého dalekohledu.

Xavier Barcons
Generální ředitel ESO



ESO/S. Gilardi (www.eso.org/~sgilardi)

Část oblohy mezi souhvězdími
Střelce (Sagittarius) a Štíra (Scorpius).



ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Na Paranalu se hvězdy zdají doslova
na dosah.

ESO/J. Girardi

Vybrané události z historie ESO



5. říjen 1962

Zakládající členské státy Belgie, Francie, Holandsko, Německo a Švédsko podepsaly dohodu o ESO.



6. listopad 1963

Chile bylo vybráno jako cílová země pro vybudování pozorovacího stanoviště ESO a byla podepsána dohoda (*Convenio*, známá též jako *Acuerdo*) mezi Chile a ESO.



30. listopad 1966

Začátek pozorování prvního dalekohledu ESO v Chile, 1metrového dalekohledu na observatoři La Silla.



23. březen 1989

Začátek pozorování pro dalekohled NTT (New Technology Telescope).



25. květen 1998

Začátek pozorování pro první ze čtyř hlavních dalekohledů VLT (UT1 — Antu).



17. březen 2001

VLTi, interferometr VLT, uveden do provozu.



8. červenec 2011

První snímky z přehlídkového dalekohledu VST (VLT Survey Telescope).



30. září 2011

ALMA začala svá první pozorování, zároveň byl publikován první snímek.



5. říjen 2012

ESO slaví své padesáté výročí.

Infráčervený snímek mlhoviny Carina pořízený kamerou HAWK-I na dalekohledu VLT.



7. listopad 1976

Začátek pozorování pro 3,6metrový dalekohled ESO.



5. květen 1981

Inaugurace ústředí ESO v Garchingu (Německo).



22. červenec 1983

Začátek pozorování pro 2,2metrový dalekohled MPG/ESO.



11. únor 2003

Do provozu uveden spektrograf HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher) na 3,6m dalekohledu, observatoř La Silla.



14. červenec 2005

Začátek pozorování submilimetrového radioteleskopu APEX (Atacama Pathfinder Experiment).



11. prosinec 2009

VISTA, průkopnický infračervený přehlídkový dalekohled, začíná pozorovat.



19. červen 2014

Slavnostní zahájení stavebních prací na dalekohledu ELT (Extremely Large Telescope).



26. květen 2017

Slavnostní položení základního kamene ELT za účasti prezidentky Chile Michelle Bachelet Jeria.



Budoucnost

Terabyty astronomických dat tečou k astronomům v členských státech ESO a rodí se nové objevy...

Stanoviště ESO

Severní část Chile, částečně pokrytá pouští Atacama, je známá svou mimořádně čistou a temnou noční oblohou, která nabízí úchvatný pohled na střed naší Galaxie a obě Magellanova oblaka.

Náhorní planina Chajnantor

Planina Chajnantor v nadmořské výšce 5 000 m je jedním z nejvýše položených astronomických stanovišť na světě. Nachází se zde soustava radioteleskopů ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), společný projekt ESO, severní Ameriky a východní Asie ve spolupráci s Chilskou republikou. Také je zde 12metrový radioteleskop APEX pozorující v oblasti milimetrových a submilimetrových vlnových délek.

Cerro Paranal

Ve vzdálenosti 130 km jižně od chilského města Antofagasta a 12 km od pobřeží Tichého oceánu se v nadmořské výšce 2 600 m nachází jedno z nejsušších míst na Zemi, hora Paranal. Je domovem komplexu dalekohledů VLT (Very Large Telescope) — čtyř základních dalekohledů se zrcadly o průměru 8,2 metru a čtyř pomocných dalekohledů o průměru 1,8 metru. Společně tvoří interferometr VLTI. Na Paranalu jsou rovněž umístěny dva výkonné přehlídkové dalekohledy VST a VISTA.

Cerro Armazones

Na hoře Armazones, 23 km od observatoře Paranal, probíhá stavba 39metrového dalekohledu ELT (Extremely Large Telescope). S observatoří Paranal bude v budoucnu sdílet provozní systémy.

Vítacura, Santiago de Chile, Chile

Kanceláře ESO v Santiagu jsou aktivním centrem pro vzdělávání nové generace astronomů a centrem podpory spolupráce mezi evropskými a chilskými vědci.

Oblast intenzivní tvorby hvězd Gum 15.
Snímek byl pořízen 2,2metrovým
dalekohledem MPG/ESO.

La Silla

První observatoř ESO byla postavena asi 600 km severně od hlavního města Santiago de Chile na hoře La Silla v nadmořské výšce 2 400 m. V současnosti je vybavena řadou dalekohledů pro viditelnou oblast spektra, největší z nich má průměr primárního zrcadla 3,6 m. K tomuto dalekohledu je dnes připojen nejuspěšnější lovec exoplanet na světě, spektrograf HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher).

Ústředí, Garching, Německo

Ústředí ESO sídlí v Garchingu u Mnichova (Německo) a je vědeckým, technickým a administrativním centrem ESO. Nachází se zde technické zázemí, ve kterém je vyvíjena, stavěna, testována a zdokonalována většina nejmodernějších přístrojů ESO. Také je tu umístěn jeden z největších počítačových archivů s astronomickými daty na světě a planetárium a návštěvnické centrum ESO Supernova.

Významné vědecké úspěchy ESO

Deset největších astronomických objevů ESO

1 | Hvězdy obíhající supermasivní černou díru v Mléčné dráze

Několik významných dalekohledů ESO dlouhodobě a detailně sledovalo bezprostřední okolí supermasivní černé díry ve středu naší Galaxie.



2 | Zrychlená expanze vesmíru

Dva nezávislé vědecké týmy použily pozorování vzdálených supernov, včetně dat získaných pomocí dalekohledů ESO na observatořích La Silla a Paranal, a ukázaly, že expanze vesmíru se v současnosti zrychluje. Za tento objev byla v roce 2011 udělena Nobelova cena za fyziku.



3 | Nalezena planeta v obyvatelné zóně u nejbližší hvězdy, Proximy Centauri

Dlouho hledaná planeta označená jako Proxima b obíhá svou chladnou mateřskou hvězdou s periodou 11 dní. Její teplota umožňuje existenci tekuté vody na jejím povrchu. Tento „kamenný svět“ je jen o trochu hmotnější než naše Země a je nejbližší exoplanetou – a také může být nejbližším možným útočištěm pro život mimo Sluneční soustavu.



ESO/M. Kommesser

5 | První snímek exoplanety

Dalekohled VLT pořídil vůbec první snímek planety mimo Sluneční soustavu. Planeta je pětikrát hmotnější než Jupiter a obíhá kolem ne zcela typické hvězdy – kolem hnědého trpaslíka – ve vzdálenosti 55krát větší než je vzdálenost Země od Slunce.



4 | Revoluční snímek ALMA odhaluje vznik planet

V roce 2014 radioteleskop ALMA odhalil pozoruhodné detaily procesu formování planetární soustavy. Snímky v oblasti submilimetrových vlnových délek systému okolo hvězdy HL Tauri jsou vůbec nejostřejšími, jaké kdy byly pořízeny. Ukázaly, jak vznikající planety nasbírávají prach a plyn v protoplanetárním disku.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



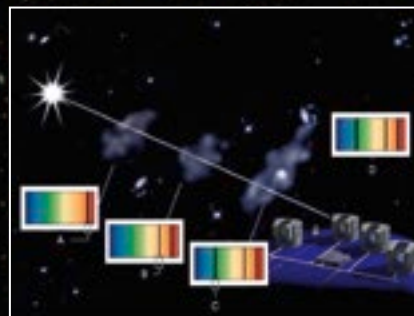
6 | Nejstarší hvězda v Galaxii

Pomocí dalekohledu ESO/VLT astronomové určili věk nejstarší známé hvězdy v naší Galaxii. Při svém stáří 13,2 miliardy roků musela hvězda vzniknout v nejranější epizodě tvorby hvězd, která v mladém vesmíru proběhla. V jedné hvězdě z doby vzniku naší Galaxie se rovněž podařilo detekovat uran a použít jej k nezávislému odhadu stáří Mléčné dráhy.



7 | Přímé měření vlastností atmosféry exoplanety

Pomocí dalekohledu VLT byla poprvé provedena analýza složení atmosféry exoplanety typu super-Země. Planeta známá pod označením GJ 1214b byla pozorována při přechodu přes disk své mateřské hvězdy. Část světla hvězdy přitom prošla atmosférou planety. Zdá se, že atmosféra planety GJ 14214b je tvořena buď vodními parami, nebo mráky.



8 | Měření kosmické teploty

Pomocí dalekohledu VLT byly detekovány molekuly oxidu uhelnatého v galaxii vzdálené téměř 11 miliard světelných let, což je pozorování, na které se čekalo 25 let. Astronomové díky němu získali nejpřesnější měření teploty vesmíru v takto vzdáleném období jeho vývoje.

9 | Rekordní planetární systém

S pomocí pozemních a vesmírných dalekohledů, včetně dalekohledu ESO/VLT, astronomové našli planetární systém skládající se ze sedmi planet podobných Zemi. Systém je vzdálený jen 40 světelných let. Hvězdy obíhají kolem velmi chladného hvězdného trpaslíka s označením TRAPPIST-1. Tři z těchto planet se nacházejí zároveň v obyvatelné zóně, což dále zvyšuje šanci na možný mimozemský život na těchto planetách.



10 | Záblesky záření gama a jejich spojitost se supernovami a splýváním neutronových hvězd

Dalekohledy ESO pomohly vyřešit letitou kosmickou záhadu, když poskytly důležitý důkaz o tom, že dlouhotrvající záblesky záření gama mají spojitost s explozemi hmotných hvězd v samotném závěru jejich života. Navíc se pomocí dalekohledů na observatoři La Silla poprvé podařilo pozorovat viditelné světlo doprovázející krátkodobý gama záblesk. Na základě těchto měření bylo možné ukázat, že nejpravděpodobnější příčinou jejich vzniku je přibližování a následná srážka a splynutí vzájemně se obíhající dvojice neutronových hvězd.

Snímek hlubokého vesmíru pořízený 2,2metrovým dalekohledem MPG/ESO s pomocí kamery WFI (Wide Field Imager). Dalekohled se nachází na observatoři La Silla.

Velký dalekohled VLT

Skupina teleskopů, která tvoří dalekohled VLT (Very Large Telescope), je na začátku třetího tisíciletí hlavním přístrojem evropské optické astronomie. VLT je nejmodernější přístroj pro viditelnou a infračervenou oblast spektra na světě. Skládá se ze čtyř hlavních dalekohledů (UT, Unit Telescopes), každý s primárním zrcadlem o průměru 8,2 m, a čtyř pohyblivých pomocných dalekohledů (AT, Auxiliary Telescopes) se zrcadly o průměru 1,8 m. Všechny lze navíc kombinovat a použít dohromady jako interferometr. Hlavní dalekohledy systému jsou tak výkonné, že umožňují pořídit snímky nebeských objektů čtyř miliardkrát slabších, než by dokázalo spatřit neozbrojené lidské oko.

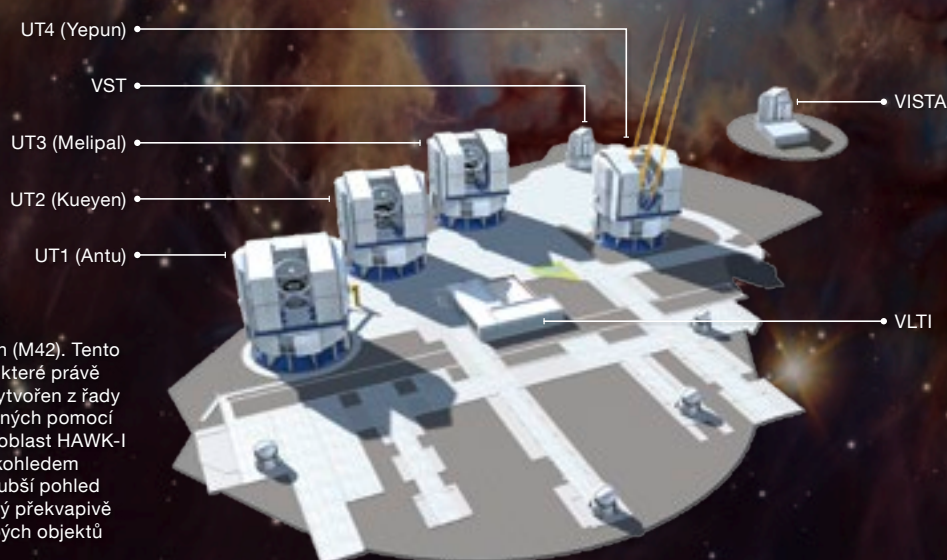
Vývoj přístrojového vybavení pro VLT je tím nejambicióznějším programem, jaký byl kdy realizován v rámci jedné observatoře. Zahrnuje kamery, spektrografy a další zobrazovací zařízení, která pokrývají široký rozsah vlnových délek od ultrafialové (0,3 μm) do střední infračervené (20 μm) oblasti spektra.

Hlavní dalekohledy VLT jsou umístěny v kompaktních klimatizovaných kopolích, které se otáčejí synchronně s dalekohledy. Tím se minimalizují vlivy vnitřního prostředí na celkové pozorovací podmínky, jako například turbulence vzduchu v tubusu dalekohledu, ke kterým dochází právě v důsledku změn teploty a proudění vzduchu.

První z hlavních dalekohledů systému VLT začal s rutinním vědeckým pozorováním 1. dubna 1999. Od té doby se dalekohledy VLT výrazně zapsaly do historie pozorovací astronomie. Staly se nejproduktivnější pozemní observatoří na světě. Na základě pozorování získaných pomocí VLT je v recenzovaných vědeckých časopisech publikováno v průměru více než jeden a půl článku denně.

Na observatoři ESO Paranal pracují také národní teleskopy NGTS (Next-Generation Transit Survey) a SPECULOOS (Search for habitable Planets EClipsing ULtra-cOOl Stars).

Název	VLT
Stanoviště	Cerro Paranal
Nadmořská výška	2 635 m
Oblast vlnových délek	Ultrafialová/viditelná/infračervená
Přístroje/metody	Interferometrie se 4 teleskopy (maximální základna 130 m); 3 jsou vybaveny adaptivní optikou
Optická konstrukce	Reflektor, Ritchey-Chrétien
Průměr primárního zrcadla	8,2 m
Montáž	Alt-azimutální
První světlo	Květen 1998 – září 2000



Mlhovina v souhvězdí Orion (M42). Tento působivý záběr oblasti, ve které právě vznikají nové hvězdy, byl vytvořen z řady jednotlivých snímků pořízených pomocí kamery pro infračervenou oblast HAWK-I pracující ve spojení s dalekohledem ESO/VLT. Jedná se o nejhlubší pohled do nitra této mlhoviny, který překvapivě odhalil velké množství slabých objektů planetární hmotnosti.



ESO/H., Dress et al.



Y. Beaulieu (LCO)/ESO

Vnitřek kopule čtvrtého hlavního dalekohledu VLT. Snímek zachycuje teleskop při pozorování centra Galaxie. V činnosti je zařízení LGS (Laser Guide Star) vytvářející pomocí laseru umělou referenční hvězdu pro systém adaptivní optiky.



ESO/G. Hudepohl (atacamaphoto.com)

Na tomto leteckém záběru zapadá Slunce za horizont Tichého oceánu a osvětluje hlavní plošinu observatoře Paranal, obklopenou působivou scénérií chilské pouště Atacama.

Adaptivní optika

Turbulence v zemské atmosféře způsobují poblikávání hvězd a zkreslují obrazy kosmických objektů. Aby se astronomové ESO tohoto nepříjemného efektu alespoň částečně zbavili, využívají technologii známou jako adaptivní optika.

Sofistikovaná deformovatelná zrcadla dokáží s pomocí počítačů v reálném čase měnit svůj tvar takovým způsobem, že rozmazání způsobené turbulencemi v zemské atmosféře vykompenzují. Výsledné obrazy jsou téměř tak ostré, jako by byly pořízeny z vesmíru.

Činnost systému adaptivní optiky vyžaduje přítomnost poměrně jasné referenční hvězdy, která se musí na obloze nacházet jen nedaleko od pozorovaného objektu. Referenční hvězda se používá k měření charakteristik rozmazání obrazu, které má systém vykompenzovat.

Protože vhodné skutečné hvězdy nejsou vždy k dispozici, astronomové vytvářejí umělé tak, že svítí výkonným laserovým paprskem do vrstvy zemské atmosféry ve výšce 90 kilometrů.

ESO hraje významnou roli ve vývoji systémů adaptivní optiky i technologie laserem vytvářených umělých referenčních hvězd. Spolupracuje v tomto směru s evropskými institucemi i průmyslovými podniky. Zařízení ESO využívající adaptivní optiku dosáhla pozoruhodných vědeckých výsledků. Mezi nimi je první přímé pozorování exoplanety (viz str. 8) nebo detailní průzkum okolí černé díry v centru Galaxie (viz str. 8).

V současnosti se na dalekohledech systému VLT instaluje nová generace adaptivní optiky. Využívá většího počtu umělých referenčních hvězd a implementuje pokročilé nástroje adaptivní optiky jako například hledače planet. Zároveň je vyvíjen ještě modernější systém, navržený tak, aby splňoval požadavky pro budoucí dalekohled ELT. Využití většího počtu referenčních hvězd je klíčem k získání širšího plně korigovaného zorného pole, a to je cíl, který bude mít značný význam pro budoucí vědecký úspěch dalekohledů VLT i ELT.

Čtyřpaprskový systém LGS na observatoři Paranal při pozorování mlhoviny *Carina*.

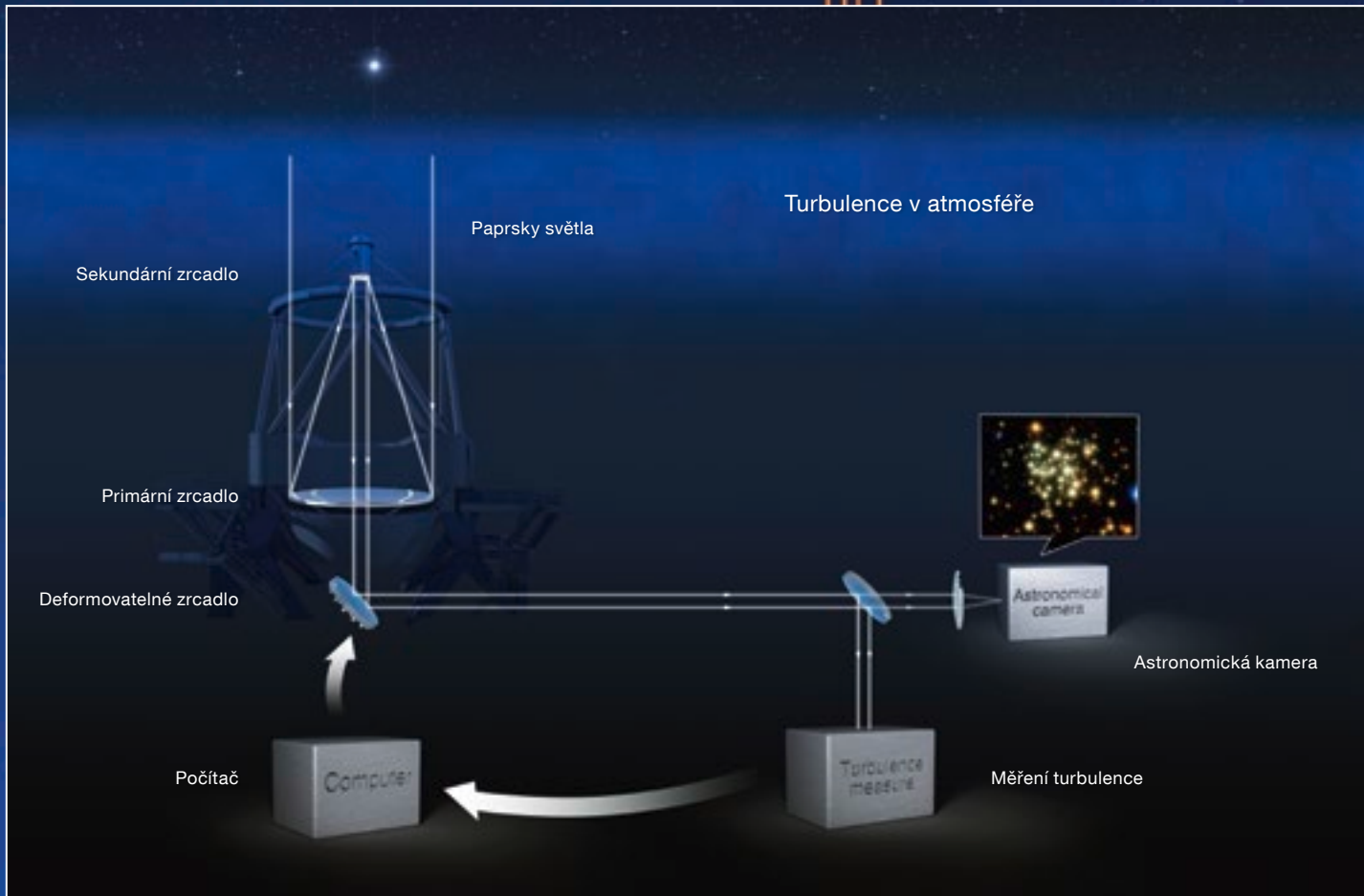
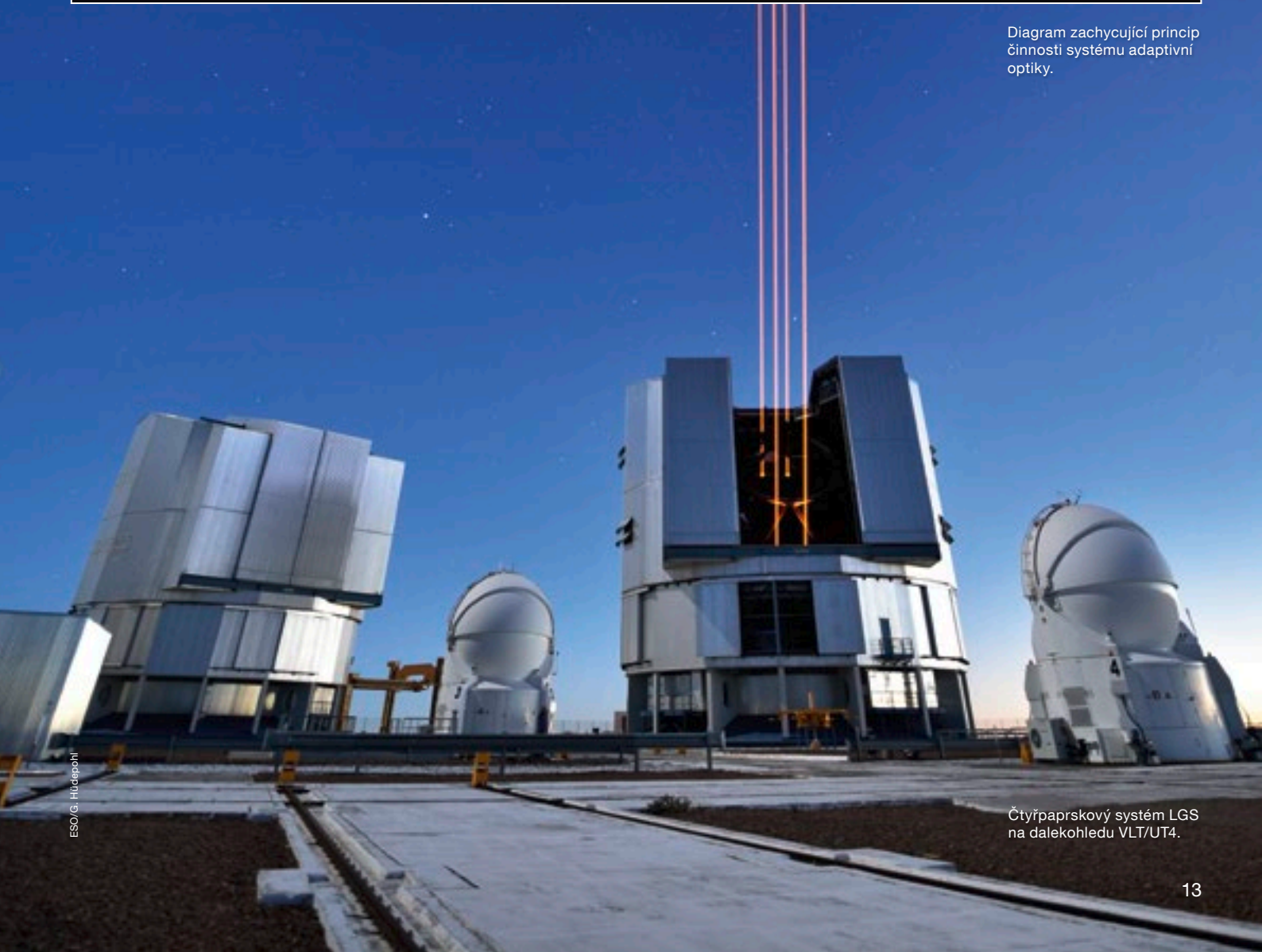


Diagram zachycující princip činnosti systému adaptivní optiky.



Čtyřpaprskový systém LGS na dalekohledu VLT/UT4.

Interferometr VLTI

Dalekohledy systému VLT lze zkombinovat do obřího interferometru VLTI, který astronomům umožňuje pozorovat až 16krát jemnější detaily, než dokáží zobrazit teleskopy samostatně. Pomocí VLTI můžeme spatřit útvary na povrchu některých hvězd nebo studovat okolí černých děr v centrech blízkých galaxií.

Světelné paprsky přicházející z jednotlivých dalekohledů jsou ve VLTI zkombinovány složitým systémem zrcadel ukrytých v podzemních tunelech. Optické dráhy paprsků ze všech použitých dalekohledů musí být na vzdálenost sto i více metrů shodné s přesností lepší než jedna tisícina milimetru. S tímto 130metrovým „virtuálním teleskopem“ dosahuje VLTI prostorového rozlišení, se kterým by bylo možné pozorovat hlavičku šroubku na Mezinárodní vesmírné stanici ISS, která se pohybuje po oběžné dráze ve výšce 400 km nad Zemí. Ačkoliv je možné

ve VLTI kombinovat paprsky získané pomocí čtveřice hlavních dalekohledů VLT, po většinu času tyto teleskopy pracují nezávisle a jsou pro interferometrická pozorování využívány pouze v omezeném počtu nocí.

Aby astronomové mohli těžit z výkonu VLTI každou noc, mají k dispozici čtyři menší pomocné dalekohledy. Ty jsou umístěny na kolejnicích a přesouvají se mezi přesně definovanými pozorovacími stanovišti, odkud jsou světelné paprsky přivedeny do VLTI.

Pomocné dalekohledy jsou velmi neobvyklé konstrukce: ve svých ultrakompaktních kopulích jsou plně soběstačné, vozí si svou vlastní elektroniku, ventilaci, hydraulická zařízení a chladicí systém. Mají dokonce své vlastní transportéry, které je zvedají a přesunují z místa na místo.

Název	Auxiliary Telescopes
Stanoviště	Cerro Paranal
Nadmořská výška	2 635 m
Oblast vlnových délek	Viditelná/infračervená
Přístroje/metody	Interferometrie s pomocí 4 menších dalekohledů (maximální základna 200 m)
Optická konstrukce	Reflektor, Ritchey-Chrétien s Coudé optickou cestou
Průměr primárního zrcadla	1,82 m
Montáž	Alt-azimutální
První světlo	Leden 2004 – prosinec 2006



Panoramatický pohled do tunelu interferometru VLTI.



Přehlídkové dalekohledy

Na observatoři ESO Paranal jsou umístěny také další dva dalekohledy: VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy) a VST (VLT Survey Telescope). Jedná se o nejvýkonnější přehlídkové teleskopy světa, které výrazně zvyšují objevitelský potenciál observatoře Paranal.

Mnoho zajímavých astronomických objektů — od slabých hnědých trpaslíků v naší Galaxii až po nejvzdálenější kvazary — se pozoruje velmi obtížně. Pomocí největších teleskopů je možné sledovat v jednom okamžiku jen velmi malou část oblohy. Ale dalekohledy VISTA i VST jsou navrženy tak, aby rychle a s velkým dosahem fotografovaly rozsáhlé oblasti. Produkují ohromné archívy obrazového materiálu a katalogy objektů, které budou astronomové využívat i v příštích desetiletích.

VISTA má hlavní zrcadlo o průměru 4,1 m. Je to nejvýkonnější přehlídkový dalekohled na světě pracující v blízké infračervené oblasti. Srdcem dalekohledu VISTA je třítunová kamera s šestnácti detektory citlivými na infračervené záření, které mají dohromady 67 milionů pixelů. Má největší rozsah ze všech astronomických kamer v blízké infračervené oblasti.

VST je moderní 2,6m dalekohled vybavený kamerou OmegaCAM, monstrem s 268 miliony pixelů a zorným polem velkým jako čtyři měsíční úplňky. Doplňuje dalekohled VISTA a pozoruje oblohu ve viditelném světle.

Název	VISTA
Stanoviště	Nedaleko Cerro Paranal
Nadmořská výška	2 518 m
Oblast vlnových délek	Infračervená
Přístroje/metody	Kamera VIRCAM (67 megapixelů); zorné pole 1,65° × 1,65°
Optická konstrukce	Reflektor, modifikovaný Ritchey-Chrétien s korekčními čočkami v kameře
Průměr primárního zrcadla	4,1 m
Montáž	Alt-azimutální, vidlicová
První světlo	11. prosince 2009

Název	VST
Stanoviště	Cerro Paranal
Nadmořská výška	2 635 m
Oblast vlnových délek	Ultrafialová/viditelná/blízká infračervená
Přístroje/metody	Kamera OmegaCAM (268 megapixelů); zorné pole 1° × 1°
Optická konstrukce	Reflektor, modifikovaný Ritchey-Chrétien s korektory
Průměr primárního zrcadla	2,61 m
Montáž	Alt-azimutální, vidlicová
První světlo	8. června 2011

Širokoúhlý pohled na mlhovinu M42 v souhvězdí Orion, která se nachází asi 1 350 světelných let od Země. Snímek byl pořízen dalekohledem VISTA na observatoři ESO/Paranal v Chile.



Pohled z kopule dalekohledu VST s Mléčnou dráhou zářící v nadhlavníku.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)



Budova ukrývající dalekohled VISTA.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ELT

Extrémně velké dalekohledy jsou jednou z nejvyšších priorit pozemní astronomie. Vedou k významnému rozvoji astrofyzikálních poznatků, mají umožnit např. podrobné studium planet obíhajících kolem jiných hvězd, prvních objektů ve vesmíru, supermasivních černých děr a rozdělení a podstaty temné hmoty a temné energie, které tvoří větší část vesmíru.

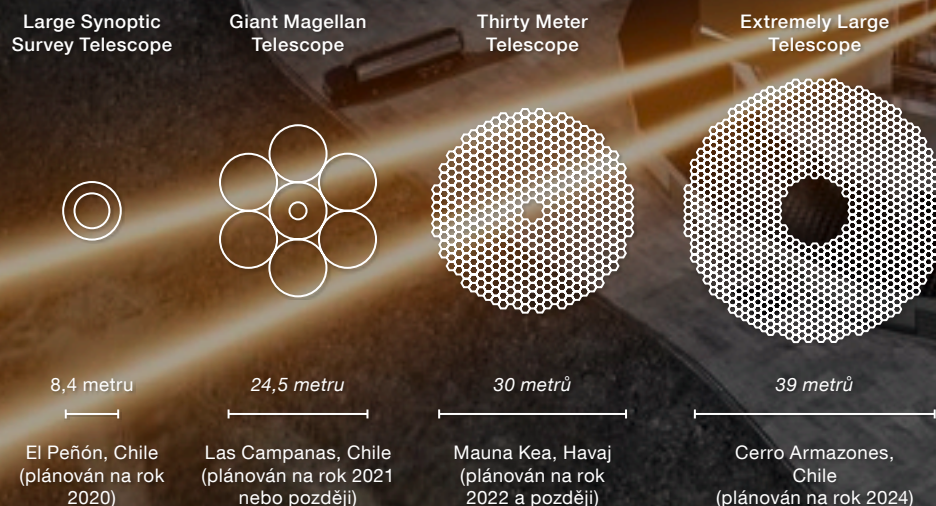
Revoluční dalekohled ELT (Extremely Large Telescope) bude mít hlavní zrcadlo o průměru 39 metrů se sběrnou plochou téměř 1000 metrů čtverečních, díky kterému bude největším dalekohledem na světě. ELT bude větší než všechny v současnosti pracující velké optické výzkumné teleskopy dohromady a soustředí asi 15krát více světla než dnešní největší dalekohled. Jeho adaptivní optika poskytne 15krát ostřejší obrazy než Hubbleův kosmický dalekohled (NASA/ESA). ELT bude mít inova-

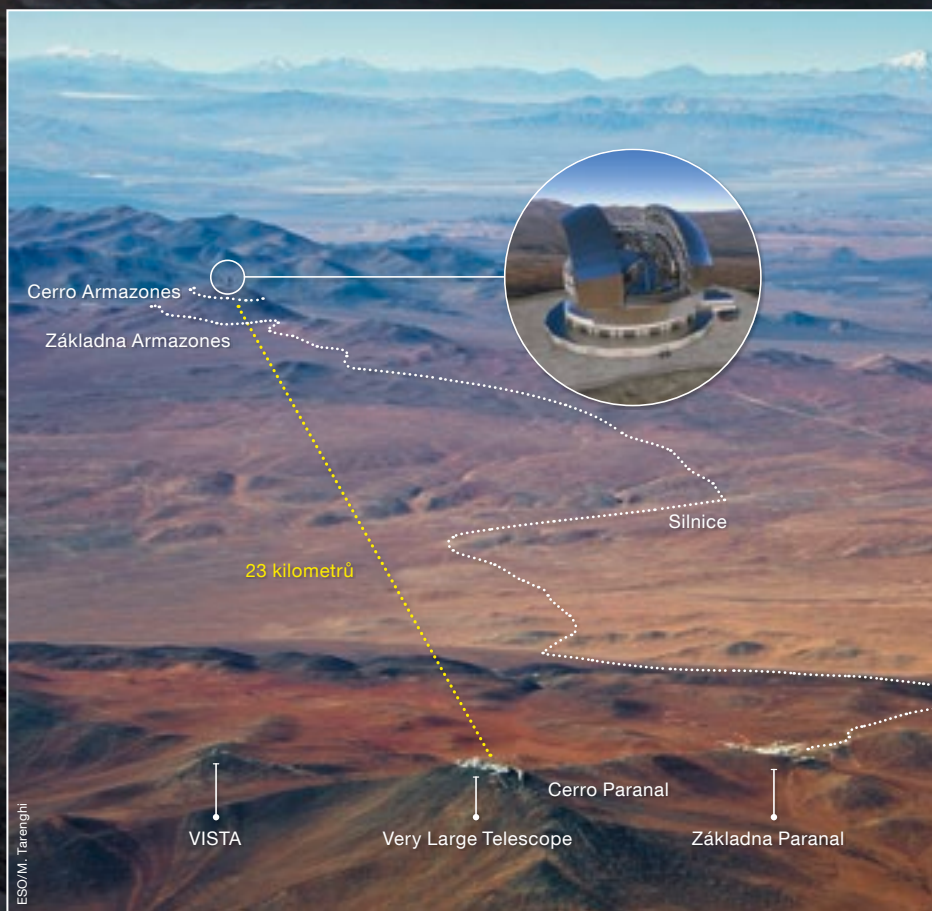
ktivní pětizrcadlovou optickou konstrukci a primární zrcadlo vytvořené ze 798 hexagonálních segmentů s průměrem 1,4 metru a tloušťce pouhých 5 centimetrů.

Očekává se, že pozorování s ELT začnou v roce 2024. Dalekohled se pokusí řešit největší vědecké výzvy naší doby. Zaměří se na studium planet podobných Zemi, obíhajících v obyvatelných zónách kolem jiných hvězd, a pokusí se hledat mimozemský život — jeden ze svatých grálů moderní pozorovací astronomie. Bude se zabývat hvězdnou archeologií a studovat staré hvězdy a hvězdné populace v blízkých galaxiích. Stejně tak bude důležitým způsobem přispívat ke kosmologii: Zaměří se na studium prvních hvězd a galaxií a bude zkoumat povahu temné hmoty a temné energie. Astronomové také očekávají, že z pozorování ELT vyvstanou nové a nepředvídané otázky.

Název	ELT
Stanoviště	Cerro Armazones
Nadmořská výška	3 046 m
Oblast vlnových délek	Optická/blízká infračervená
Přístroje/metody	Vestavěná adaptivní optika s 2,6m deformovatelným zrcadlem a až 8 laserů vytvářejících umělé referenční hvězdy
Optická konstrukce	Pětizrcadlová
Průměr primárního zrcadla	39 metrů
Montáž	Alt-azimutální
První světlo	V roce 2024

Srovnání velikosti primárních zrcadel budovaných obřích optických dalekohledů.





Nahoře: srovnání kopule dalekohledu ELT s ostatními v současnosti budovanými velkými pozemními dalekohledy.

Dole: mapa oblasti v severním Chile zobrazuje umístění observatoří ESO Paranal a Cerro Armazones a silnice mezi nimi.

Umělecká představa ukazuje noční pohled na dalekohled ELT na Cerro Armazones v severním Chile.

ALMA

Vysoko na náhorní plošině Chajnantor v chilských Andách provozuje ESO se svými partnery největší astronomický projekt na světě, soustavu radioteleskopů ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array). ALMA je moderní radiová observatoř, která zkoumá světlo z nejchladnějších objektů ve vesmíru.

Observatoř tvoří 66 velmi přesných antén. Hlavní soustava, která pracuje společně jako jeden dalekohled, se skládá z padesáti 12metrových antén. Dále je zde kompaktní soustava skládající se ze čtyř 12metrových a dvanácti 7metrových antén.

ALMA zkoumá vesmír v milimetrových a submilimetrových vlnových délkách s nebyvalou citlivostí a rozlišením — její rozlišovací schopnost je desetkrát větší než u Hubbleova kosmického dalekohledu (NASA/ESA). Vlnové délky, které ALMA měří, leží mezi infračerveným světlem a radiovými vlnami elektromagnetického spektra. Takové záření přichází např. z obrovských chladných oblaků v mezihvězdném prostoru a z některých nejstarších a nejvzdálenějších galaxií ve vesmíru. Tyto objekty jsou ve viditelném oboru spektra často temné a neprůhledné, ale v oblasti milimetrových a submilimetrových vlnových délek intenzivně září.

ALMA studuje stavební kameny hvězd, planetárních systémů, galaxií a samotného života, což astronomům umožňuje řešit některé ze základních otázek o našem kosmickém původu.

Protože milimetrové a submilimetrové záření je silně absorbováno vodními parami v atmosféře Země, byla ALMA postavena na náhorní plošině Chajnantor v severním Chile v nadmořské výšce 5000 metrů. Místo bylo zvoleno záměrně nejen pro svou nadmořskou výšku, ale také kvůli extrémně suchému prostředí. Společně zajišťují jedny z nejlepších pozorovacích podmínek na Zemi.

ALMA je společným projektem ESO, NSF (National Science Foundation, USA) a NINS (National Institutes of Natural Sciences, Japonsko) ve spolupráci s Chilskou republikou. Projekt je financován ESO v zastoupení svých členských států, dále NSF ve spolupráci s kanadskou NRC (National Research Council) a tchajwanskou NSC (National Science Council) a NINS ve spolupráci s tchajwanskou AS (Academia Sinica) a korejským KASI (Korea Astronomy and Space Science Institute).

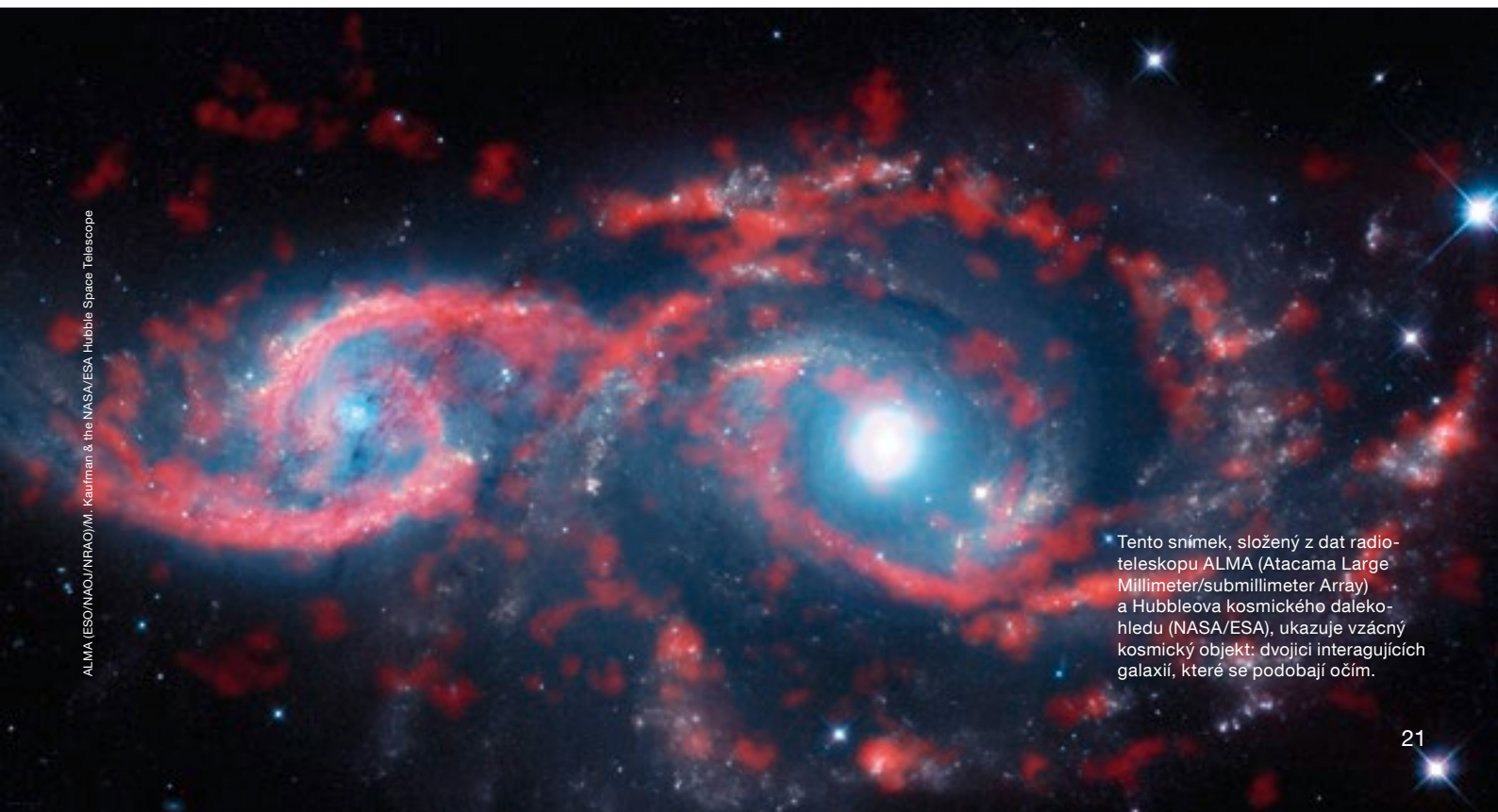
Název	ALMA
Stanoviště	Chajnantor
Nadmořská výška	4 576–5 044 m
Oblast vlnových délek	Submilimetrová
Přístroje/metody	Interferometrie na vzdálenosti od 150 metrů až do 16 kilometrů
Optická konstrukce	Cassegrain
Průměr primárního zrcadla	54 × 12 metrů; 12 × 7 metrů
Montáž	Alt-azimutální
První světlo	30. září 2011

Několik antén radioteleskopu ALMA s centrální oblastí Mléčné dráhy.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), J. Bally/H. Drass et al.

Hvězdné výbuchy bývají nejčastěji spojovány se supernovami, což jsou velkolepé konce života hvězd. Ale nová pozorování mlhoviny v Orionu radioteleskopem ALMA ukazují výbuchy pocházející i z opačné fáze života hvězd, z doby jejich vzniku.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. Kaufman & the NASA/ESA Hubble Space Telescope

Tento snímek, složený z dat radioteleskopu ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) a Hubbleova kosmického dalekohledu (NASA/ESA), ukazuje vzácný kosmický objekt: dvojici interagujících galaxií, které se podobají očím.

APEX

APEX, neboli Atacama Pathfinder Experiment, je další přístroj pro milimetrovou a submilimetrovou astronomii, který rovněž stojí na plošině Chajnantor. Tento dvanáctimetrový dalekohled je založen na prototypu antény ALMA a pracuje nedaleko ní. APEX pozoroval již řadu let před spuštěním observatoře ALMA a nyní stále více času věnuje důležitým přehlídkám oblohy.

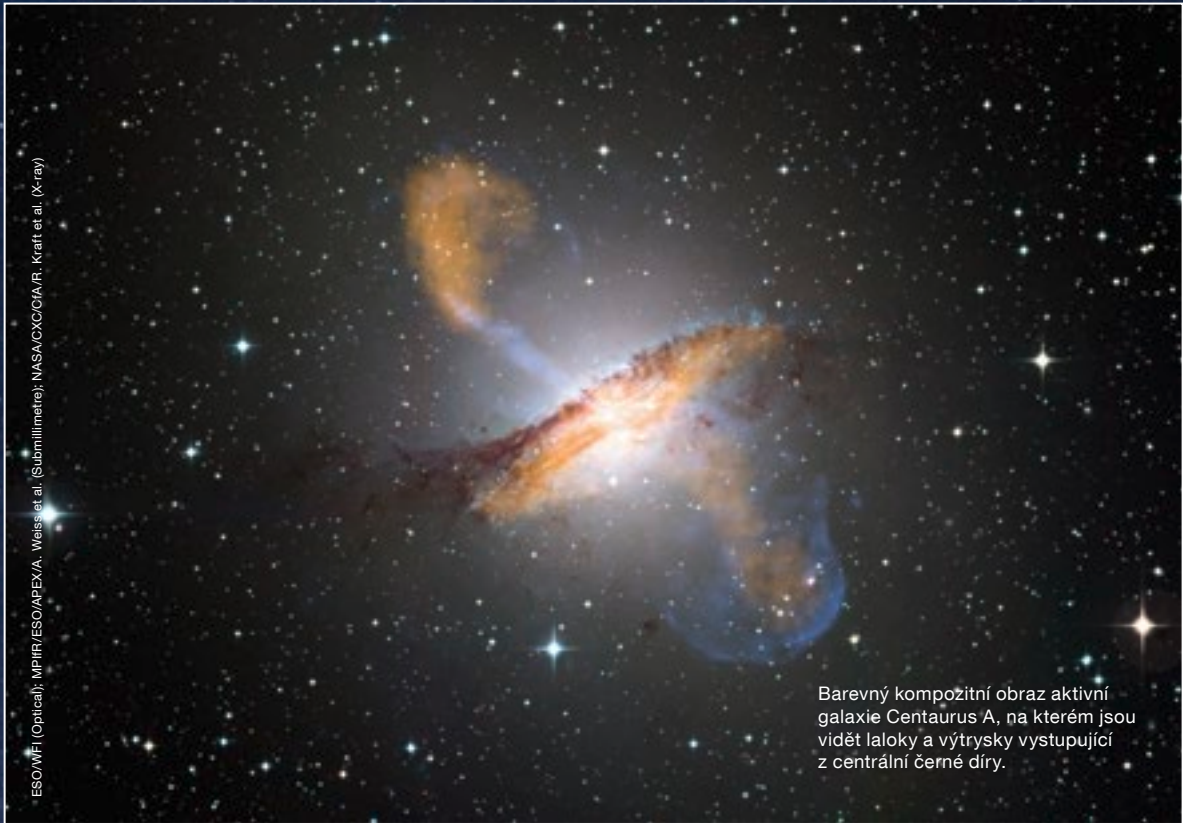
Stejně jako ALMA je radioteleskop APEX navržen tak, aby pozoroval na vlnových délkách v submilimetrové oblasti, které jsou klíčem ke zkoumání nejchladnějších, nejprašnějších a nejvzdálenějších objektů ve vesmíru. V průběhu let zkoumal divoké mládí dnešních největ-

ších galaxií, studoval hmotu, kterou supermasivní černá díra roztrhala na kousky, a poprvé pozoroval molekuly peroxidu vodíku v mezihvězdném prostoru. APEX se také využívá ke studiu podmínek uvnitř molekulárních oblaků, jako jsou ty v mlhovině v Orionu nebo v „pilířích stvoření“ v Orlií mlhovině. Tato pozorování nám umožňují porozumět světu kosmických kolébek plných plynu a prachu, ve kterých se rodí nové hvězdy.

Projekt APEX je výsledkem spolupráce mezi ústavem Maxe Plancka pro radioastronomii (Německo), observatoří v Onsale (Švédsko) a ESO. O provoz radioteleskopu se stará ESO.

Název	APEX
Stanoviště	Chajnantor
Nadmořská výška	5 050 m
Oblast vlnových délek	Submilimetrová oblast
Optická konstrukce	Cassegrain
Průměr primárního zrcadla	12 m
Montáž	Alt-azimutální
První světlo	14. července 2005

Radioteleskop APEX (Atacama Pathfinder Experiment) vzhlíží k nebi během jasné měsíční noci na náhorní plošině Chajnantor, jednom z nejsušších a nejvýše položených míst na světě.



ESO/WFI (Optical); MPIR/ESO/AFEX/A. Weiss et al. (Submillimetre); NASA/CXOC/AVR. Kraft et al. (X-ray)

Barevný kompozitní obraz aktivní galaxie Centaurus A, na kterém jsou vidět laloky a výtrysky vystupující z centrální černé díry.



ESO/Digitized Sky Survey 2

Dramatický snímek kosmických oblaků v souhvězdí Orionu odhaluje něco, co připomíná ohnivou stuhu na obloze.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

La Silla

La Silla je od roku 1960 základnou ESO. ESO zde stále provozuje dva z nejlepších dalekohledů čtyřmetrové třídy, které La Sillu udržují na předních příčkách vědecky nejproduktivnějších observatoří na světě.

První z těchto dalekohledů, 3,58metrový dalekohled NTT (New Technology Telescope), znamenal průlom v návrhu dalekohledů. Jednalo se o první dalekohled na světě, u něhož byl tvar hlavního zrcadla řízen počítačem (tzv. aktivní optika). Tato technologie, vyvinutá v ESO, se v současnosti používá rovněž na VLT a většině dalších velkých teleskopů světa.

Druhý dalekohled ESO o průměru 3,6 m pracuje na La Sille od roku 1977. Po zásadních změnách zůstává na předních příčkách mezi čtyřmetrovými dalekohledy na jižní polokouli. Je domovem nejvýznamnějšího lovce exoplanet na světě: spektrografu HARPS, který se chlubí bezkonkurenční přesností.

Mnoho členských států ESO, včetně České republiky, využívá infrastrukturu observatoře La Silla pro své národní projekty, ke kterým patří např. švýcarský 1,2m dalekohled Leonharda Eulera, 2,2m dalekohled MPG/ESO nebo dánský 1,54m dalekohled. Dalekohledy REM (Rapid Eye Mount) a TAROT (Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires) se věnují pozorování optických dosvitů záblesků gama. TRAPPIST (TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope), ExTrA (Exoplanets in Transits and their Atmospheres) a MASCARA (The Multi-site All-Sky CameRA) jsou dalekohledy určené pro hledání exoplanet. Je zde i BlackGEM, který hledá optické protějšky zdrojů gravitačních vln a dalekohled TBT (Test-Bed Telescope) — společný projekt ESO a ESA — na systematické pozorování umělých a přírodních blízkozemních objektů.



Trojbarevný kompozitní snímek Orlí mlhoviny (Messier 16 / NGC 6611) vytvořený z dat pořízených kamerou WFI na 2,2m dalekohledu MPG/ESO na observatoři La Silla.



Siluetu kopule 3,6m dalekohledu ESO s noční oblohou v pozadí na observatoři La Silla.

CTA

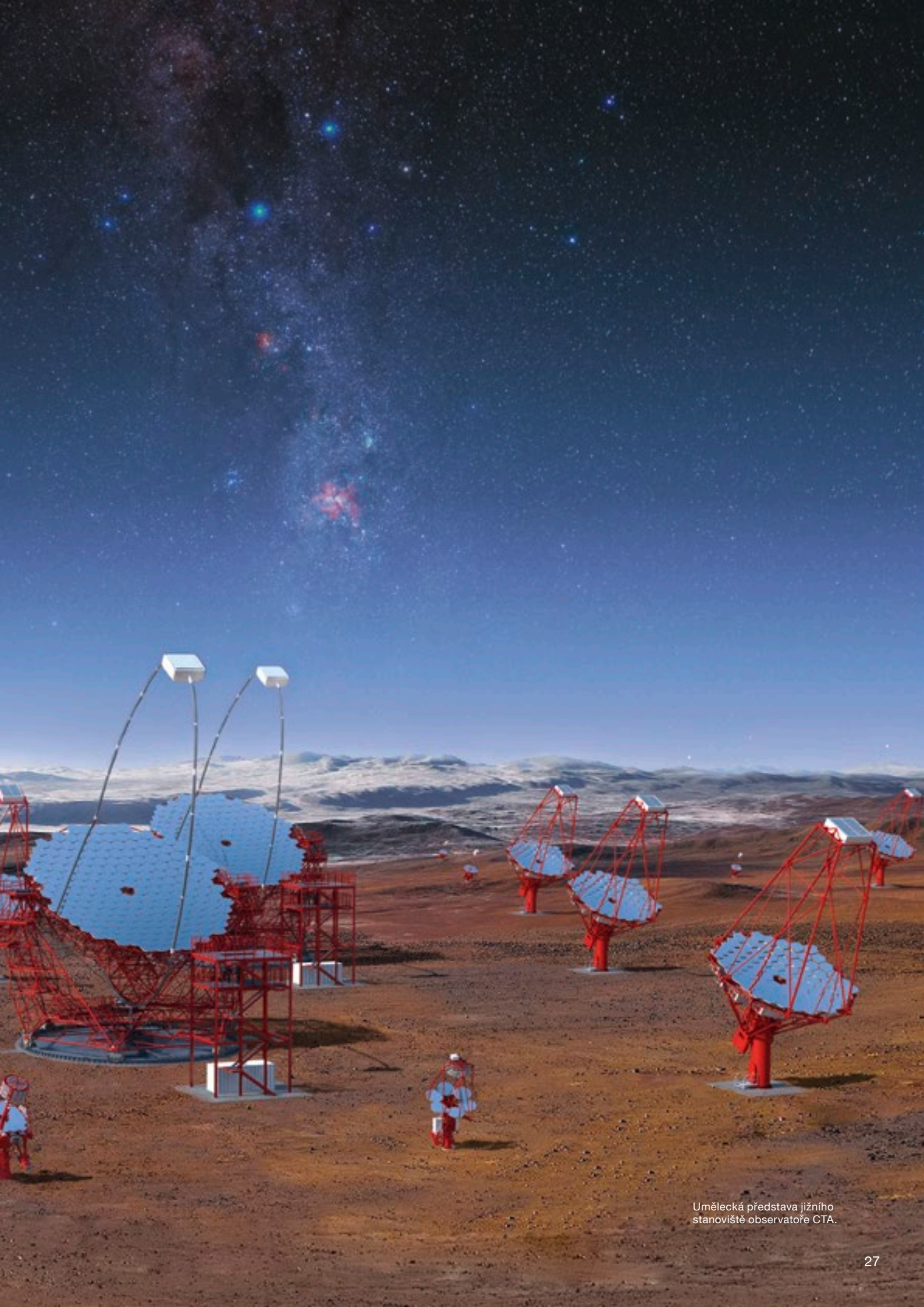
CTA (Cherenkov Telescope Array) je pozemní observatoř nové generace určená pro astronomii velmi vysokých energií, v oblasti záření gama. Předpokládá se, že na observatoři ESO/Paranal bude umístěna její jižní část, kde bude využívat již existující infrastrukturu ESO.

Observatoř CTA by měla mít přibližně 118 dalekohledů, z nichž větší část — 99 — by měla být umístěna na jižním stanovišti, které je jen asi deset kilometrů jihovýchodně od VLT. ESO by mělo tuto jižní část provozovat a získat tak pro vědce ze svých členských států 10 % pozorovacího času jak na jižní, tak i na severní části CTA. Severní část je umístěna na ostrově La Palma (Kanárské ostrovy). Kromě toho bude 10 % času jižní soustavy rezervováno pro chilské vědecké instituce.

CTA slouží široké astrofyzikální komunitě. V projektu se v současnosti angažuje přes 1350 vědců a techniků z pěti kontinentů, 32 zemí a z více než 210 výzkumných ústavů.

CTA, se svou velkou sběrnou plochou a širokým pokrytím oblohy, bude největší a nejcitlivější zařízení na světě určené pro pozorování vysokoenergetické části elektromagnetického spektra. Bude detekovat gama záření s nevídanou přesností a bude 10krát citlivější než dnes existující přístroje.

Záření gama pochází z některých velmi horkých a energetických objektů ve vesmíru, jako jsou supermasivní černé díry a supernovy. Kvůli zemské atmosféře nemohou paprsky gama dopadnout až na povrch Země, ale zrcadla soustavy CTA a její vysokorychlostní kamery zachytí krátkodobé záblesky charakteristicky modrého Cherenkovova záření, které vzniká, když gama záření interaguje s atmosférou. Zjištění, ve kterém kosmickém objektu záření vzniklo, pomůže astronomům ve studiu extrémních a divokých událostí spojených s vesmírem vysokých energií.



Umělecká představa jižního stanoviště observatoře CTA.

ESO & Chile

První dohoda mezi chilskou vládou a ESO byla podepsána 6. listopadu 1963. Znamenala počátek více než padesátiletého úspěšného a významného kulturního spojení mezi Chile a Evropou. ESO je zapojeno do blízké a plodné spolupráce s Chile na mnoha úrovních, včetně vládní, univerzitní, vědecké a průmyslové.

Během této spolupráce se chilské vědecké, technologické a inženýrské schopnosti rozvíjely v souladu s pokroky v astronomii a astronomické technologii v členských státech ESO. Tento pokrok udělal z chilských vědců a techniků cenné partnery ESO.

ESO přispívá k rozvoji astronomie v Chile přes fondy řízené jednak společnou komisí mezi ESO a vládou Chile a dále komisí ALMA CONICYT,

které financují širokou škálu aktivit ve vědě, astrotechnologii a vzdělání. Chilská astronomická komunita má také přednostní přístup k určité části pozorovacího času na dalekohledech ESO.

Navíc ESO provádí různé regionální a místní programy v oblastech Coquimbo a Antofagasta, kde jsou umístěny observatoře. ESO také v těchto oblastech podporuje národní programy ochrany přírody (včetně ochrany tmavé oblohy) a kulturního dědictví.

Spolupráce mezi Chile a ESO se ukázala nejenom pevná a dlouhodobá, ale také pružná. Nejdůležitější ze všeho je, že toto spojení otevírá vzrušující cestu do budoucnosti — k užítku Chile i členských států ESO a k pokroku vědy a techniky.

Laguna Miñiques leží vysoko na andském Altiplanu poblíž hranic s Argentinou, asi 80 kilometrů jižně od radioteleskopu ALMA. Návštěvníci míjejí toto krásné jezero, když jedou po silnici 23 do Argentiny.

Od myšlenky k publikovanému článku aneb Tok dat

Provoz dalekohledů ESO tvoří hladký proces, který začíná, když astronomové podají návrh na pozorovací projekt, který se dotýká určitých vědeckých témat. Pozorovací návrhy jsou ohodnoceny experty z astronomické komunity a schválené projekty jsou převedeny do podrobného popisu pozorování, které je zapotřebí provést.

Pozorování jsou potom provedena na dalekohledech ESO. Výzkumné týmy mají získaná data okamžitě k dispozici přes archív ESO. Vědci ESO navíc používají vědecká pozorování a jejich připojená kalibrační data ke sledování kvality dat a detailního chování jednotlivých přístrojů, aby se zajistilo, že fungování přístrojů je vždy v rámci specifikací. Celý proces spoléhá na neustálý přenos ohromného množství dat mezi observatořemi v Chile a ředitelstvím ESO v Garchingu (Německo).

Všechna pořízená vědecká a kalibrační data jsou uložena ve vědeckém archívu ESO. V něm jsou uschovány úplné záznamy všech pozorování od začátku pozorování na Paranal dalekohledem VLT, interferometrem VLTI a přehlídkovými dalekohledy VISTA a VST. Obsahuje také

data z dalekohledů na observatoři La Silla a radioteleskopu APEX na planině Chajnantor. Data v archívu se zpravidla stávají veřejnými po jednom roce od jejich pořízení, díky čemuž je mohou používat i další vědci.

V tradičním způsobu pozorování, kterému se v astronomické hantýrce říká návštěvnícký mód, astronomové cestují k dalekohledu, kde provádějí pozorování sami s pomocí místního personálu. Tento způsob umožňuje astronomům okamžitě přizpůsobit svou pozorovací strategii atmosférickým podmínkám a výsledkům, které byly zrovna pořízeny. Ale ne každá noc má požadované pozorovací podmínky.

ESO vyvinulo alternativní způsob, zvaný servisní pozorování. Každé pozorování, které se má provést, má předem určené pozorovací podmínky, které musí být splněny, aby pozorování bylo úspěšné a mělo smysl. Na základě těchto požadovaných podmínek jsou pozorování flexibilně zařazována do rozvrhu dalekohledu a prováděna pozorovateli ESO. Servisní způsob pozorování má mnoho výhod a asi 60–70 % uživatelů VLT mu dává přednost před tradiční metodou.



Datové centrum v ředitelství ESO v Garchingu u Mnichova (Německo), kde se archivují a distribuují data z dalekohledů ESO.

Partnerství

Podpora spolupráce v astronomii je jedním ze základních cílů ESO. Evropská jižní observatoř hrála rozhodující roli ve vytvoření společného evropského prostoru pro astronomii a astrofyziku.

Každý rok tisíce astronomů z členských zemí i odjinud provádějí výzkum pomocí dat pořízených na observatořích ESO. Astronomové často vytvářejí mezinárodní výzkumné týmy, jejichž členové pochází z několika zemí.

ESO má rozsáhlý program pro studenty a mladé vědecké pracovníky. Zkušenější vědci z členských států i odjinud mohou pracovat jako hostující vědci na pracovištích ESO, čímž přispívají k mobilitě evropských vědeckých pracovníků. Kromě toho ESO udržuje program mezinárodních konferencí věnovaných aktuálním astronomickým a technologickým tématům a poskytuje podporu mezinárodnímu časopisu *Astronomy & Astrophysics*.

Evropský průmysl hraje důležitou roli v projektech ESO. Těsná spolupráce s velkým počtem evropských high-tech firem poskytuje astronomům stále lepší dalekohledy a další přístroje. Programů ESO se aktivně účastní mnoho komerčních partnerů ze všech členských států a z Chile.

V oblasti technologického rozvoje ESO pěstuje těsné vztahy s mnoha výzkumnými skupinami ve vědeckých ústavech v členských státech i jinde. Astronomové členských států ESO se tím pádem účastní plánování a realizace vědeckých zařízení pro současné dalekohledy, ať už v ESO nebo jinde, a také pro dalekohledy plánované. Vývoj přístrojů nabízí mnoho možností pro národní centra excelence a přitahuje mladé vědce a techniky.

Práce v ESO

Chtěli byste pracovat ve stimulujícím mezinárodním prostředí na čele technologie? V ESO najdete vstřícné, mezinárodní a multikulturální pracovní prostředí, kde respekt a spolupráce mají prvořadý význam a kde se cení všechny individuální i týmové příspěvky. Ať už se připojíte k našim technickým, vědeckým nebo podpůrným týmům, budete součástí různorodého a talentovaného kolektivu a budete přispívat k nejnáročnějším astronomickým projektům. Bližší informace na jobs.eso.org a www.linkedin.com/company/european-southern-observatory.



Zaměstnanci a účastníci konference v ESO.

Vzdělávání a popularizace

Cílené investice do vzdělávání a popularizace umožňují ESO sdílet s veřejností a médií jak obecně astronomii a astrofyziku, tak výsledky z nejdůležitějších pozemských observatoří na světě. Široký rozsah volně přístupných popularizačních produktů, které ESO vytváří, zahrnuje obrázky, videa a tiskové materiály.

Planetárium a návštěvnické centrum ESO Supernova umístěné v ústředí ESO v Německu je první open-source planetárium na světě a zároveň moderní volně přístupné astronomické centrum

pro veřejnost. Interaktivní astronomické výstavy a další aktivity, které sdílejí fascinující svět astronomie a ESO, zanechávají v návštěvnických úžas nad vesmírem, ve kterém žijeme. Studenti a učitelé zde najdou výukové programy, které neobvyklým způsobem doplňují školní výuku.

Ve spojení s ESO Supernovou vyrábí ESO volně přístupné pořady pro jiná planetária, inovativní a autentické open-source vědecké vizualizace, a stojí také za prvním systémem distribuce dat v reálném čase pro planetária na celém světě.

Zůstaňte ve spojení

ESO se aktivně a různorodě účastní života na sociálních médiích, kde na různých platformách — Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Flickr, YouTube a LinkedIn — oslovuje stovky miliónů lidí ročně. Zůstaňte s námi ve spojení a dozvíte se o nejnovějších objevech, podíváte se na úžasné obrázky pořízené dalekohledy ESO a nahlédnete do každodenního provozu na našich moderních observatořích. Týdně a měsíčně rozepisuje ESO zpravodaje s fascinujícími obrázky vesmíru, posledními vědeckými výsledky z dalekohledů ESO a s novinkami ohledně organizace.



www.eso.org



Ústředí ESO
Karl-Schwarzschild-Str. 2, 85748 Garching u Mnichova, Německo
Tel: +49 89 320 06-0 | Fax: +49 89 320 23 62 | E-mail: information@eso.org



09.2017 – Čeština