

ESO

Eteläisellä pallonpuoliskolla
tähtitieteellistä tutkimusta
tekevä eurooppalainen järjestö

Löytöretki maailmankaikkeuteen



Sisällysluettelo

ESO lyhyesti	3
ESO ja tähtitiede	4
Oman maailmamme ymmärtäminen	7
Kosmisten salaisuuksien selvittäminen	8
Muiden maailmojen etsintä	9
Hyvin vanhat tähdet	9
ESOn henkilökuntaa: <i>Olivier Hainaut</i>	10
Linnunradan keskustan musta aukko	10
ESOn henkilökuntaa: <i>Carla Gil</i>	12
Gammapurkaukset	13
Eurooppalaisten tähtitieteilijöiden tukeminen	14
Paranal	16
ESOn henkilökuntaa: <i>Karla Aibel</i>	17
Monta silmää, yksi kuva	20
La Silla	22
ESOn henkilökuntaa: <i>Françoise Delplancke</i>	24
Uuden teknologian kärjessä	25
VLT-kuvagalleria	26
Kylmän maailmankaikkeuden tutkimus – ALMA	28
ESOn henkilökuntaa: <i>Stefano Stanghellini</i>	29
Maailmanlaajuinen hanke	32
APEX	33
ESOn henkilökuntaa: <i>Petra Nass</i>	34
Korkea tehokkuus –	
Datan käsittelyjärjestelmä	34
Tiedeaineiston arkisto	35
Digitaalinen maailmankaikkeus	35
Tulevaisuuden projekteja – E-ELT	36
ESOn henkilökuntaa: <i>Marc Sarazin</i>	36
Yhteistyötä rakentamassa	40
EIROforum	41
Yhteiskunnan kohtaaminen	42
Teknologian hyödyntäminen	43
ESOn opetusohjelmat	44
ESO työpaikkana	46
ESOn henkilökuntaa: <i>Jean-Michel Bonneau</i>	46



ESO lyhyesti

ESO on vuonna 1962 perustettu eteläisellä pallonpuoliskolla tähtitieteellistä tutkimusta tekevä eurooppalainen järjestö. Se antaa eurooppalaisten tähtitieteilijöiden käyttöön huipputasoa olevat tutkimusvälineet. ESON toimintaa tukevat Alankomaat, Belgia, Espanja, Iso-Britannia, Italia, Portugali, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi, Sveitsi, Tanska ja Tsekin tasavalta. Useat muut maat ovat ilmoittaneet kiinnostuksensa liittyä järjestöön.

Päämaja, jossa on järjestön tieteellinen, teknillinen ja hallinnollinen keskus, sijaitsee Münchenin lähellä Garchingissa. ESOn keskus myös Santiagossa ja kolme observatoriota Atacaman autiomaassa Chilessä. Santiagosta 600 kilometriä pohjoiseen olevalla 2 400 metriä korkealla La Silla -vuorella on useita keskikokoisia optisia kaukoputkia. Hyvin suuri kaukoputki (*Very Large Telescope*, VLT) on 2 600 metriä korkealla Paranal-vuorella Antofagastan eteläpuolella. Siellä ovat myös VLT-interferometri ja kaksi kartoituskaukoputkea VST ja VISTA. Kolmas havaintopaikka on 5 000 metrin korkeudella oleva Llano de Chajnantor lähellä San Pedro de Atacaman kylää. Siellä toimii uusi alimillimetreteleskooppi APEX ja sinne rakennetaan jäättiläismäistä 12-metrisistä alimillimetriantenneista muodostuvaa ALMA-teleskooppijärjestelmää yhteistyössä Pohjois-Amerikan, Itä-Aasian ja Chilen kanssa.

ESO suunnittelee tällä hetkellä erittäin suurta optisen ja infrapuna-alueen kaukoputkea (*Extremely Large Telescope*, ELT).

Jäsenvaltiot maksavat ESOn vuosittain noin 120 miljoonaa euroa jäsenmaksuja. ESO työllistää noin 600 henkilöä.

”ESO on saavuttanut ainutlaatuisen tason kansainvälisessä yhteistyössä. Kaikille tölle valitaan parhaat mahdolliset tekijät riippumatta heidän kotimaastaan tai yliopistostaan. Tämä erinomainen henki on esimerkkinä koko Euroopalle.”

Maria van der Hoeven,
Opetus-, kulttuuri- ja tiedeministeri,
Alankomaat

ESO ja tähtitiede

Tähtitiedettä kutsutaan usein vanhimmaksi tieteeksi, eikä ole epäilystäkään, etteikö Linnunradan tähtivyö – sen kaareutuessa tähtikirkkaana yönä taivaankannen poikki – ole herättänyt kunnioitusta kaikissa kulttuureissa kaikkina aikoina. Tänä päivänä tähtitiede on kohonnut erääksi nykyaikaisimmista ja dynaamisimmista luonnontieteistä, joka käyttää edistyneimpiä teknologioita ja vaativimpia tieteellisiä laitteita.

Tähtitieteessä on meneillään jännittävät ajat: nykyinen teknologia antaa mahdollisuuden tutkia maailmankaikkeuden reunalla olevia kohteita ja löytää planeettoja toisten tähtien ympäriltä. Voimme etsiä vastausta meitä jokaista kiinnostavaan olennaiseen kysymykseen: olemmeko yksin maailmankaikkeudessa?

ESO on johtava hallitustenvälinen tiede- ja teknologiajärjestö tähtitieteen alalla. Se toteuttaa kunnianhimoista ohjelmaa, jossa suunnitellaan ja rakennetaan tehokkaita havainnointivälineitä maanpinnalta tehtävää tähtitieteellistä tutkimusta varten. Ne mahdollistavat tärkeät tieteelliset löydöt.

ESOlla on optisia ja infrapunakaukoputkia varten kaksi observatorioaluetta Atacaman autiomaassa Chilessä. La Sillan 2 400 metriä korkealle vuorelle 600 kilometriä Santiagosta pohjoiseen on rakennettu kaksi halkaisijaltaan 3,5–3,6 metristä kaukoputkea. Niitä käytetään pitkäkestoi-

sissa havainto-ohjelmissa, jotka tuottavat korkeatasoisia tutkimustuloksia. ESON lippulaiva on Paranal-vuoren huipulla oleva VLT. Sen rakenne, mittalaittevarustus ja toimintaperiaatteet ovat asettaneet standardit maanpinnalta tehtävälle optisen ja infrapuna-alueen tähtitieteelle. VLT-interferometri (VLTi) vahvistaa tämän ainutlaatuisen järjestelmän suorituskykyä. Kartoituskaukoputket VST (optinen) ja VISTA (infrapuna) tukevat VLT:n toimintaa. Julkaisutilastot osoittavat, että VLT:n mittaustulosten pohjalta valmistuu tieteellisiä julkaisuja päivittäin.

ESO johtaa myös Euroopan osallistumista ALMA-projektiin (*Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array*). ALMA on yhteishanke, johon osallistuvat Eurooppa, Pohjois-Amerikka, Itä-Aasia ja Chile. ALMA-konsortio rakentaa ainutlaatuisia laitteistoa Chajnantorin ylätasangolle Pohjois-Chileen. ALMA otetaan käyttöön vuonna 2012, ja sen odotetaan tuottavan yhtä mullistavia tieteellisiä tuloksia kuin Hubble-avaruusteleskoopin.

Seuraava askel VLT:n ja ALMAN jälkeen on äärimmäisen suuren optisen/infrapuna-alueen teleskoopin rakentaminen (*Extremely Large Telescope*, ELT). Sen pääpeilin halkaisija on 30 ja 60 metrin välillä. ESO on kehittänyt ELT:lle urauurtavan uuden rakenteen ja on laatimassa yksityiskohtaisia rakennussuunnitelmia yhdessä eurooppalaisen tiedeyhteisön ja teollisuuden kanssa. ELT mahdollistaa merkittävän tavoitteen ja virstanpylvään: ensimmäisten kuvien saamisen maankaltaisista planeetoista toisten tähtien ympärillä.



Tim de Z

Tim de Zeeuw
ESOn pääjohtaja



Oman maailmamme ymmärtäminen

Tähtitieteilijät käsittelevät mielikuvitusta kiihottavia kysymyksiä: Kuinka planeetat ovat syntyneet? Kuinka elämä kehittyi maapallolla, ja kuinka laajalle elämä on levinnyt maailmankaikkeudessa? Kuinka galaksit syntyivät? Mitä pimeä aine ja energia ovat?

Tähtitiede on moderni, korkean teknologian tiede, joka tutkii ympärillämme olevaa valtavaa avaruutta yrittäen selvittää siellä tapahtuvia uskomattomia prosesseja. Se tutkii varhaisimpia tapahtumia ja yrittää ennustaa aurinkokuntamme, kotigalaksimme ja koko maailmankaikkeuden tulevaisuutta.

Tähtitiede on äärimmäisyyksien tiede. Se käsittelee suurimpia tunnettuja etäisyyksiä, pisimpiä aikajaksoja, massiivisimpia kappaleita, korkeimpia lämpötiloja, vahvimpia sähkö- ja magneettikenttiä, suurimpia ja pienimpiä tiheyksiä sekä äärimmäisiä energioita.

Tähtitiede on fysikaalinen tiede, joka perustuu havaintoihin. Lukuun ottamatta muutamia aurinkokunnan kappaleita emme pysty koskettamaan tutkittavia kohteita. Havaitut ilmiöt selitetään tuntemiemme luonnonlakien avulla.

Näiden havaintojen mahdollistamiseksi tähtitieteellä on käytössään eräitä pisimmälle kehittyneitä havaintolaitteita ja menetelmiä. Tähtitieteessä korkealla teknologialla on hyvin merkittävä rooli.

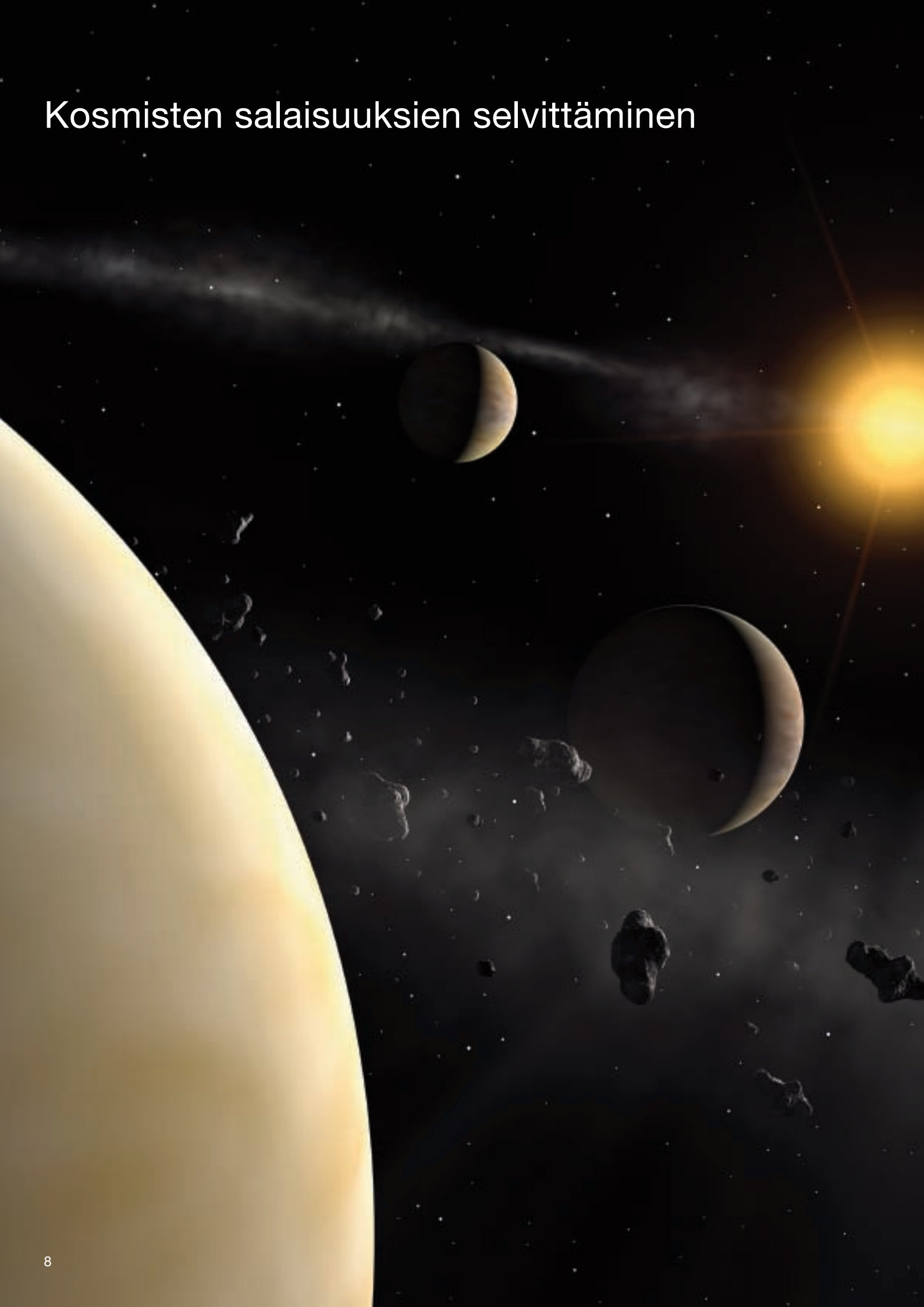
Tähtitiede on olennainen osa kulttuuriamme ja liittyy vahvasti luontaiseen uteliaisuuteemme ja haluamme ymmärtää paremmin ympäröivää maailmaa. Ihmiskunta on jo tutkinut suurimman osan maapallon pinnasta. Tutkimuksen *Terra Incognita* on nyt meitä ympäröivässä suunnattomassa avaruudessa.

Tähtitiede auttaa meitä ymmärtämään haurasta ympäristöämme ja sitä merkillistä sattumaa, että elämä on mahdollista maapallolla. Tähtitieteen avulla olemme voineet arvioida, kuinka uhanalainen asemamme maailmankaikkeudessa on.

Tähtitiede tarjoaa taustatietoa tuleville tutkimusmatkoille aurinkokuntaan ja fantasioidille ihmiskunnan avaruuteen levittäytymisestä.

Kaukaisten galaksien havaitseminen merkitsee myös katsomista ajassa taaksepäin, joskus jopa maailmankaikkeuden alkuun asti. Tähtitiede merkitsee maailmankaikkeuden kehityksen, tähtien ja planeettojen synnyn tutkimusta. Se on myös ilmestyskirjamaisten tapahtumien ja suurten mysteerien tutkimusta. Se on ihmiskunnan rohkea yritys ymmärtää maailmaa, jossa elämme.

Kosmisten salaisuuksien selvittäminen



Muiden maailmojen etsintä

ESOn teleskoopit tuottavat mittaustuloksia monille tutkimuksille ja tähtitieteessä tapahtuville tieteellisille läpimurroille. Lisäksi ne tuottavat suuren määrän tieteellisiä julkaisuja vuosittain. Tähtitieteilijät käyttävät huipputason observatorioita tutkiessaan sekä oman aurinkokuntamme että maailmankaikkeuden kaukaisimpia havaittavissa olevia kohteita. Seuraavaksi esittelemme joitakin ESOssa tehtyjä löytöjä.

Aurinkokunnan ulkopuolisten planeettojen etsintä asettaa ihmiskunnan sen ehkä perustavimman kysymyksen äärelle: onko muualla maailmankaikkeudessa elämää? ESON observatoriot on varustettu erilaisilla havaintolaitteilla, jotta ns. eksoplaneettojen etsiminen, tutkiminen ja tarkkailu olisi mahdollista.

Tähtitieteilijät ovat onnistuneet ensimmäisen kerran kuvaamaan aurinkokunnan ulkopuolisesta planeetasta lähtevän heikon hohteen VLT-kaukoputkella. Tämä uusi planeetta on massiivinen, noin viisi kertaa Jupiterin massainen kappale. Havainto merkitsee ensimmäistä tärkeää askelta kohti fyysikaalisten ja kemiallisten olosuhteiden tutkimusta muiden aurinkokuntien jättiläisplaneetoilla.

Yksi La Sillan teleskoopeista toimi osana maailmalajaajuista kaukoputkiverkkoa, joka käytti innovatiivista mikrolinssinä tunnettua havaintotekniikkaa. Tässä hankkeessa löydettiin uusi eksoplaneetta, jonka massa on vain noin viisi kertaa niin suuri kuin Maan massa. Sen kiertoaika emotähden ympäri on noin kymmenen vuotta ja sen pinnan koostumus on mitä todennäköisimmin kiveä tai jäätä.

Tähtitieteilijät löysivät eräältä lähitähdeltä HARPS-suurtarkkuusspektrometrillä kolme Neptunuksen kokoista planeettaa, joista yksi, viisi kertaa Maan massainen, on keskustähtensä ns. elämälle suotuisassa vyöhykkeessä. Tämän planeetan kiertoaika emotähdensä ympäri on vain 13 päivää. Tähtitieteilijät arvelevat, että planeetan pinta on kiveä ja että vesi – elämän edellytys – virtaa sen pinnalla.

Löytö merkitsee suurta edistysaskelta etsittäessä planeettaa, joka pystyy ylläpitämään elämää.



"HARPSin havaitsemia heikkoja signaaleja ei pystyttäisi erottamaan taustakohinasta suurimmalla osalla nykyään käytössä olevista spektrografeista."

Michel Mayor, Geneven observatorio, toinen ensimmäisen eksoplaneetan löytäjistä

"Tästä verrattain himmeästä tähdestä saadut spektrit olivat suurenmoisia - näin laadukkaita spektrejä on tähän asti saatu vain paljain silmin näkyvistä tähdistä. Tähten himmeydestä huolimatta uraanin spektriviiva pystyttiin mittaamaan erinomaisella tarkkuudella."

Roger Cayrel, Pariisin observatorio

Hyvin vanhat tähdet

Useat tutkimusryhmät ovat VLT-kaukoputkea käyttäen tehneet havaintoja, jotka mahdollistavat kolmen kelvinin taustasäteilymittauksista riippumattoman tavan määrätä maailmankaikkeuden ikä. Tutkimusryhmät mittasivat ensimmäistä kertaa radioaktiivisen uraani-238-isotoopin määrän tähdestä, joka syntyi kotigalaksimme Linnunradan ollessa vasta syntyvässä.

Tämä ns. uraanikello mittaa tähden ikää samalla tavalla kuin hiiliajoitus toimii arkeologiassa, mutta pidemmillä ajanjaksoilla. Uraanikellon mukaan vanhimman tähden ikä on 13,2 miljardia vuotta. Koska tähti ei voi olla vanhempi kuin maailmankaikkeus, on maailmankaikkeuden oltava vanhempi kuin 13,2 miljardia vuotta. Tämä sopii kolmen kelvinin taustasäteilystä saatuihin tuloksiin, joiden mukaan maailmankaikkeuden ikä on 13,7 miljardia vuotta. Näin ollen tähti ja meidän galaksimme ovat syntyneet hyvin pian alkuräjähdyksen jälkeen.

Toinenkin tutkimus antoi uutta tietoa Linnunradan varhaisimmista ajoista. Tähtitieteilijät mittasivat kahdesta pallomaisesta tähtijoukossa olevasta tähdestä berylliumin määrän. Tällä tavoin he pystyivät tutkimaan Linnunradan hyvin varhaista kehitysjaksoa sen varhaisimpien tähtien ja edellä mainittujen tähtijoukossa olevien tähtien synnyn välillä. He päättelivät, että Linnunradan ensimmäisen tähtisukupolven on täytynyt syntyä pian alkuräjähdyksen seuranneen, noin 200 miljoonaa vuotta kestäneen ns. pimeän ajan jälkeen.

Linnunradan keskustan musta aukko



ESOn henkilökuntaa: Olivier Hainaut, tähtitieteilijä ja Paranalin tiedeoperaatio-keskuksen johtaja

”Kun puhutaan tähtitieteellisistä haasteista mieleeni tulee kaksi tapahtumaa: Uskomaton kosminen tapahtuma, kun komeetta Shoemaker-Levy 9:n palaset törmäsivät Jupiteriin vuonna 1994. Maailmanlaajuinen, intensiivinen valmistautuminen ja suuret odotukset edelsivät tapahtumaa. Meillä ei ollut tiedossa, mitä tulisimme näkemään. Emme osanneet uneksiakaan, että vaikutukset olisivat niin suuria ja merkittäviä. La Sillalla kymmenen kaukoputkea seurasi eri aallonpituuksilla törmäyksiä. Garchingin päämajassa eräs kollega oli toimistossa koko viikon. Hän nukkui työpöytänsä alla ja avusti kellon ympäri. Observatorion kokit tarjosivat havaittsijoille erikoiskohtelun, ja tekninen henkilökunta oli vähintään yhtä haltioitunut kuin tähtitieteilijät. Samanlainen ilmiö tapahtui heinäkuussa 2005, kun *Deep Impact* -luotaimen törmäysosa iskeytyi komeetta Tempel 1:een. Tällä kertaa törmäys oli järjestetty, joten meillä oli parempi käsitys, mitä tulisi tapahtumaan. Siltikin se oli kymmenen vuotta kestäneiden ponnistusten huippukohta, ja jännitys oli käsin kosketeltava törmäyksen aikana. Maailmanlaajuisten kommunikatioyhteyksien avulla saatoimme yhdessä 30 eri observatoriossa olevien kollegojen kanssa seurata törmäystä ja sen vaikutuksia, maapallon pyöriminen antoi jokaiselle vuorollaan mahdollisuuden tehdä havaintoja komeetasta. Vuosi törmäyksen jälkeen tutkimme edelleen törmäystä.”





Linnunradan keskusta.

Mitä on Linnunradan keskuksessa? Jo pitkään tähtitieteilijät ovat epäilleet, että galaksimme keskustassa piileksii musta aukko, mutta eivät ole olleet varmoja asiasta. Viisitoista vuotta kestäneiden ESO:n La Silla-Paranal -observatoriossa tehtyjen säännöllisten havaintojen jälkeen tiedemiehet ovat saaneet viimein ratkaisevan todistusaineiston.

Linnunradan keskuksessa tähdet ovat pakkautuneet niin tiiviisti, että tarvittiin erikoistekniikoita, kuten adaptiivista optiikkaa (katso sivu 25), parantamaan VLT:n erotuskykyä. Tähtitieteilijät pystyivät seuraamaan yksityisiä tähtiä ennennäkemättömän tarkasti niiden kiertäessä keskustan ympäri. Tähtien kiertoradat osoittivat lopullisesti, että ne kiertävät supermassiivisen mustan aukon suunnattoman voimakkaassa gravitaatiokentässä. Aukon massa on lähes kolme miljoonaa aurionmassaa.

VLT:llä tehdyissä infrapunahavainnoissa näkyi keskustan suunnassa säännöllisin väliajoin välähdyksiä. Vaikka tämän ilmiön syy onkin pysynyt tuntemattomana, tutkijat ovat olettaneet mustan aukon pyörivän hyvin nopeasti itsensä ympäri. Olipa tilanne mikä tahansa, ei mustan aukon elämä ole ollenkaan rauhallista ja hiljaista.

Tähtitieteilijät ovat tähyilleet VLT:llä muiden galaksien keskustoihin, joissa he ovat havainneet myös selviä merkkejä supermassiivisista mustista aukoista. Tähtitieteilijät ovat seuranneet ennennäkemättömän tarkasti monimutkaisten säikeiden kiertymistä kohti galaksin keskustaa aktiivisessa galaksissa NGC 1097. Tämä on mahdollistanut, todennäköisesti ensimmäistä kertaa, yksityiskohtaisen näkymän materiaalin ohjautumisesta galaksin uloimmista osista keskustaan saakka.



Aktiivisen galaksin NGC 1097 keskusosat.

”Tarvitsimme yhä tarkempia kuvia selvittämään, onko joku muu kuin musta aukko mahdollinen. Luotimme, että ESO:n VLT tarjoaisi ne. Nyt mustien aukkojen fysiikan tutkimuksen aikakausi on todella alkanut.”

Reinhard Genzel,
johtaja, Ekstraterrestrisen fysiikan Max-Planck-instituutti (Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik)



ESOn henkilökuntaa: Carla Gil, jatko-opiskelija, ESO Vitacura

”Olen kotoisin Portugalista ja viimeistelen parhaillaan väitöskirjaani sekä Porton yliopiston että Grenoblessa olevan Joseph Fourier -yliopiston ohjauksessa. Olin aluksi kiinnostunut kosmologiasta ja teoreettisesta astrofysiikasta, mutta sitten kiinnostuin havaitsevasta tähtitieteestä. Haluan kehittää havaintolaitteita ja tehdä niillä tiedettä. Sen takia olin Grenoblessa mukana AMBER VLT -ryhmässä kehittämässä ja testaamassa laitetta. Tutkin nuoria tähtiä ja niiden suihkuja interferometreillä. Tätä varten olen käyttänyt myös toista, MIDI-interferometrihavantolaitetta. Mielestäni VLT:illä ei ole todellista kilpailijaa, ja toivon voivani palata Paranalille stipendiaattina, kun väitöskirjani on valmistunut.”

Gammapurkaukset

Gammapurkaukset (GRB) ovat suurienergistien gammasäteiden purkauksia, jotka kestävät alle sekunnista muutamiin minuutteihin – silmänräpäyksiä kosmologisessa aikajanassa. Niiden tiedetään tapahtuvan hyvin kaukana maasta, havaittavan maailmankaikkeuden reunalla.

VLT on havainnut kaukaisimman tähän mennessä tunnetun gammapurkauksen jälkihehkun. Sen mitattu punasiirtymä oli 6,3, joten valo kulki 12,8 miljardia vuotta saapuakseen perille. Sen lähtiessä matkaan maailmankaikkeuden ikä oli alle 900 miljoonaa vuotta eli vähemmän kuin seitsemän prosenttia maailmankaikkeuden nykyisestä iästä. Purkauksessa vapautui muutamassa sekunnissa yli 300 kertaa enemmän energiaa kuin mitä aurinko tuottaa koko 10 miljardia vuotta kestävänsä elinikänsä aikana. Gammapurkaukset ovat näin ollen maailmankaikkeuden rajuimpia räjähdyksiä sitten alkuräjähdyksen.

Tutkijat ovat jo pitkään yrittäneet selvittää näiden räjähdysten luonnetta. Havainnot osoittavat, että gammapurkauksia on kahta tyyppiä: lyhytkestoisia (kesto alle pari sekuntia) ja pitkäkestoisia. Niiden taustalla oletetaan olevan kaksi erilaista kosmista ilmiötä.

Vuonna 2003 ESON kaukoputkia käyttävät tähtitieteilijät osoittivat pitkäkestoisten purkausten liittyvän massiivisten tähtien räjähdysiin eli ns. hypernoviin. Seurattuaan räjähdysten jälkihehkua yli kuukauden ajan tutkijat pystyivät osoittamaan sen käyttäytyvän samalla tavoin kuin supernova, joka syntyy raskaan tähden räjähtäessä elinkaarensa lopussa.

Vuonna 2005 ESON kaukoputket havaitsivat ensimmäisen kerran lyhytkestoiseen gammapurkaukseen liittyvää näkyvää valoa. Seurattuaan jälkihehkua kolme viikkoa tähtitieteilijät pystyivät osoittamaan, että lyhytkestoiset gammapurkaukset, toisin kuin pitkäkestoiset purkaukset, eivät voi johtua hypernovista. Sen sijaan niiden oletetaan syntyvän neutronitähtien tai mustien aukkojen sulautuessa yhdeksi kappaleeksi.

Eurooppalaisten tähtitieteilijöiden tukeminen





Kuten perustamisasiakirjassa mainitaan, ESO järjestää huippuedellytykset eurooppalaisille tähtitieteilijöille ja edistää ja organisoii yhteistyötä tähtitieteen tutkimuksessa. Nykyään ESolla on käytössään maailman suurimmat ja edistyksellisimmät havaintolaitteet kolmessa paikassa Pohjois-Chilessä: La Sillalla, Paranalilla ja Chajnantorissa. Nämä ovat eteläisen pallonpuoliskon parhaimmat paikat tähtitieteelliseen havainnointiin.

”Tämä on kunnianosoitus ihmisen nerokkuudelle. ESO on vaikuttanut epätavallisen paljon tiedon lisääntymiseen. Tutkimuksesta vastaavana komissaarina olen ylpeä siitä, että ESO on eurooppalainen saavutus.”

Philippe Busquin, tutkimuksesta vastaava komissaari (2000–2005)

Paranal

VLT-kaukoputkien järjestelmä on eurooppalaisen tähtitieteen lippulaiva kolmannen vuosituhatosen alussa.



Kaukoputkien nimet

Chileläisten koululaisten keskuudessa pidetyn kilpailun tuloksena VLT-kaukoputket saivat nimet *Mapuche*-intiaanien kielellä.

Teleskoopit tunnetaan näin ollen nimillä:

Antu (1. kaukoputki;
suomeksi Aurinko)

Kueyen (2. kaukoputki;
suomeksi Kuu)

Melipal (3. kaukoputki;
suomeksi Etelän risti)

Yepun (4. kaukoputki;
suomeksi Venus tai iltatähti)

Maailman edistyksellisin optinen järjestelmä sisältää neljä kaukoputkea, joiden peilin halkaisija on 8,2 metriä, ja neljä siirrettävää 1,8 metrin peilillä varustettua apukaukoputkea. Kaukoputket voivat toimia kahden tai useamman kaukoputken yhdistelminä muodostaen jättiläismäisen interferometrin. Sen avulla tähtitieteilijät voivat havaita yksityiskohtia, joiden näkemiseen tarvittaisiin näitä paljon suurempi kaukoputki.

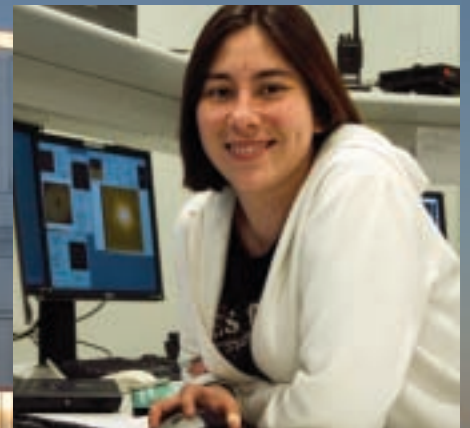
Lisäksi 8,2 metrin kaukoputket voivat toimia erillään. Tällöin kaukoputkella voidaan tunnin valotuksella kuvata tähti-taivaan kohteita, joiden kirkkaus on kolmattakymmenettä suuruusluokkaa. Ne ovat neljä miljardia kertaa himmeämpiä kuin himmeimmät paljain silmin näkyvät tähdet.

VLT-havaintolaiteohjelma on kunnianhimoisin ohjelma, joka on koskaan laadittu yksittäiselle observatoriolle. Se sisältää laajakuvakenttäisiä monikanavaisia kameroita, adaptiivisella optiikalla varustettuja kameroita ja spektrografeja sekä myös suuren erotuskyvyn omaavia ja monikohdespektrografeja, joiden käyttöaallonpituus on laaja alkaen ultravioletista (300 nanometriä) ja ulottuen keski-infrapunaan (20 mikrometriä).

8,2 metrin kaukoputket on sijoitettu rakennuksiin, joiden lämpötilaa valvotaan. Rakennukset pyörivät samaan tahtiin kaukoputkien kanssa.

Tämä rakenne minimoi havaintoja häiritseviä haitallisia ilmiöitä. Kaukoputken näkösaiteella olevassa suojarakennuksen ilmassa saattaisi muuten esiintyä turbulenssia lämpötilaerojen ja ilmavirtauksien vuoksi.

Ensimmäinen kaukoputki, Antu, aloitti tieteelliset havainnot 1.4.1999. Nykyisin kaikki neljä kaukoputkea ja apukaukoputkea ovat toiminnassa.



ESOn henkilökuntaa: Karla Aubel, Paranalin teknillinen- ja laiteoperaattori

”Tulin ESOon vuonna 2001, kun olin tekemässä diplomityötäni fysikaalisessa tekniikassa. Työskentelin aluksi La Sillalla käyttäen vapaa-aikani diplomityöni valmistelemiseen ja tulin VLT:lle vuonna 2005. Olen ollut pienestä pitäen tiedonhaluinen ja yrittänyt löytää vastauksia kysymyksiini. Fysiikka tuntui aina omalta alaltani. VLT:n ohjaaminen, parhaan mahdollisen kuvan laadun turvaaminen, seurannasta huolehtiminen ja hälytysvalmiudessa oleminen yöllä mahdollistavat tähtitieteilijöiden työn heidän yrittäessään ratkaista maailmankaikkeuden mysterejä. Talvisin, jolloin yövuorot voivat olla 14-tuntisia, tämä voi olla rankkaa työtä. Mutta minä pidän siitä. Nähdessäni lehdessä raportin VLT:llä tehdystä löydöstä ajattelen, että olen ollut mukana siinä. Se tuntuu mukavalta ja saa tajuamaan, että on mukana jossain tärkeässä.”

Ainutlaatuinen valikoima havaintolaitteita

VLT:llä käytössä olevat havaintolaitteet mahdollistavat kaikki tärkeimmät havaintomenetelmät, joilla eturivin tutkimustyötä voidaan tehdä:

- FORS1 (*F*ocal *R*educer and *S*pectrograph) ja sen sisarlaite FORS2 ovat monikäyttöisiä laitteita, jotka mahdollistavat kuvaamisen, usean kohteen spektroskopian ja polarimetrian sekä ultravioletissa että näkyvässä valossa.
- ISAAC (*I*nfrared *S*pectrometer *A*nd *A*rray *C*amera) on jäädyttimellä viilenetty infrapunakamera ja matalalla/keskimääräisellä erotuskyvyllä varustettu spektrografi 1–5 mikrometrin aallonpituusalueelle.
- UVES (*U*ltra-violet and *V*isible *E*chelle *S*pectrograph) on suuren erotuskyvyn omaava spektrografi, jonka aallonpituusalue on 300–1100 nanometriä ja jonka spektrin erotuskyky on 110 000.
- NACO on adaptiivisella optiikalla varustettu järjestelmä, jonka tuottamat infrapunakuvat ovat yhtä tarkkoja kuin avaruudessa otetut, ja se sisältää valmiudet spektroskooppisiin, polarimetrisiin ja koronagrafisiin havaintoihin.

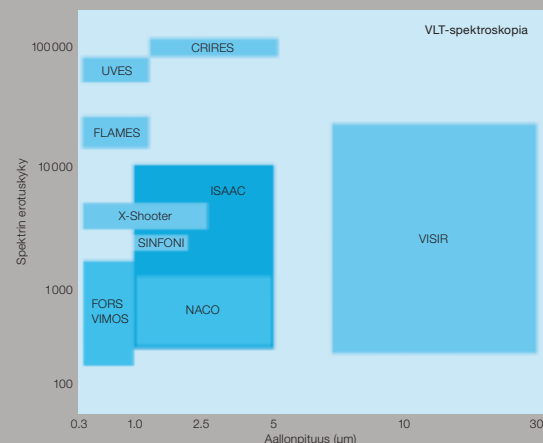
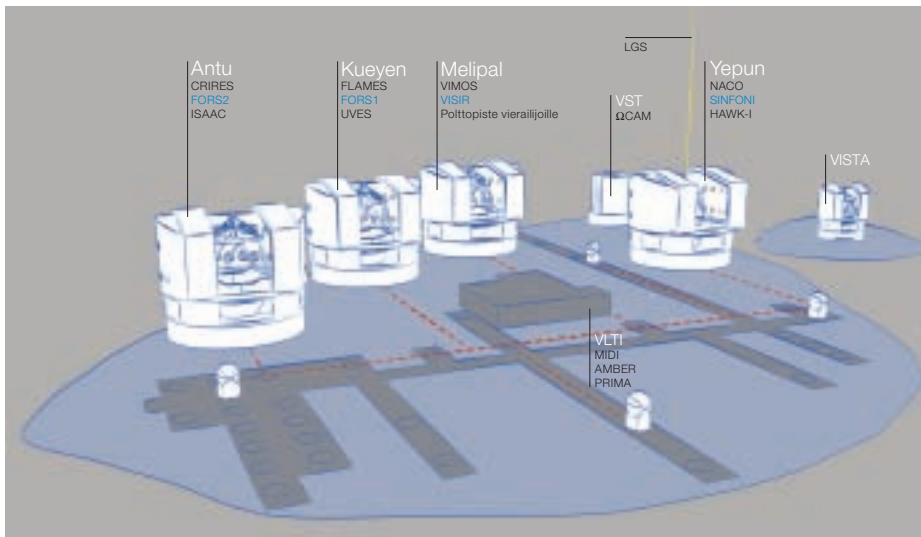
- VIMOS (*V*isible *M*ulti-*O*bject *S*pectrograph) 14 × 14 kaariminuutin kuvakentällä varustettu laite, joka pystyy ottamaan kuvan ja spektrin yli 1000 galaksista kerralla.
- FLAMES (*F*ibre *L*arge *A*rray *M*ulti-*E*lement *S*pectrograph) tarjoaa ainutlaatuisen mahdollisuuden tutkia näkyvässä valossa samalla kertaa satoja erillisiä lähigalaksien tähtiä keskimääräisellä spektriresoluutiolla.
- VISIR (*V*LT *s*pectrometer and *i*mager for the *m*id-*i*nfrared) mahdollistaa parhaalla mahdollisella erotuskyvyllä kuvaamisen ja spektroskopian keski-infrapunassa 10–20 mikrometrin aallonpituudella.
- SINFONI on adaptiivisella optiikalla varustettu keskimääräisen spektrierotuskyvyn omaava lähi-infrapunspektrografi (aallonpituus 1–2,5 mikrometriä).
- CRIRES (*C*Ryogenic *I*nfraRed *E*chelle *S*pectrograph) on adaptiivisella optiikalla varustettu spektrografi, jonka spektrin erotuskyky on jopa 100 000 lähi-infrapunassa 1–5 mikrometrin alueella.
- HAWK-I (*H*igh *A*cuity *W*ide *f*ield *K*-band *I*mager) on lähi-infrapunakamera, jossa on suhteellisen suuri kuvakenttä.

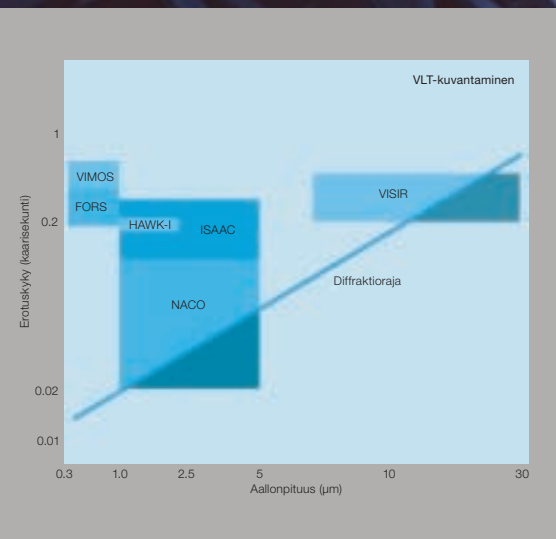
Moni näistä laitteista on rakennettu eurooppalaisten tutkimuslaitosten ja ESON yhteistyönä.

Tällä hetkellä on kehitteillä useita seuraavan sukupolven VLT-laitteita:

- X-Shooter (laajakaistainen ultravioletti-, optinen- ja lähi-infrapunspektrometri) on suunniteltu harvinaisten, epätavallisten tai tunnistamattomien kohteiden tutkimiseen.
- KMOS (kryogeenisesti jäädytetty multikohdespektrometri) on suunniteltu ensi sijassa kaukaisten galaksien tutkimiseen.
- MUSE (jättiläismäinen 'kolmiulotteinen' spektroskooppi), jolla voidaan ottaa täydelliset näkyvän valon spektrit kaikista kohteista, jotka sijaitsevat laitteen näkökentässä eri etäisyyksillä.
- SPHERE (suurikontrastinen adaptiivisen optiikan järjestelmä) on omistettu eksoplaneettojen etsimiseen ja tutkimiseen.

VLT-kaukoputkien havaintolaitteet ja niiden käyttöaallonpituudet.





Monta silmää, yksi kuva

VLT:n yksittäiset kaukoputket voidaan yhdistää toisiinsa, kahden tai kolmen ryhmäksi, VLT-interferometriksi (VLTI), jolloin ne toimivat kuin yksi jättiläismäinen kaukoputki, jonka koko on sama kuin kaukoputkien välinen etäisyys. Tällöin voidaan havaita 25 kertaa pienempiä yksityiskohtia kuin yksittäisellä 8,2 metrin kaukoputkella.

VLT-interferometrissa valon säteet yhdistetään toisiinsa maanalaisissa tunneleissa olevalla monimutkaisella peilijärjestelmällä. Tällöin valon kulkureittien pitää olla yhtä pitkiä alle tuhannesosa millimetrin tarkkuudella.

VLTI-interferometrilla otettujen kuvien erotuskyky on millikaarisekunneja, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että kuussa olevan auton etuvalot voitaisiin havaita erillisinä.

VLT-interferometrin havaintolaitteet

- VINCI: VLT-interferometrin käyttöönottovaiheen havaintolaite
- AMBER: instrumentti lähi-infrapunassa tehtäviin fotometriin ja spektroskooppisiin tutkimuksiin
- MIDI: instrumentti keski-infrapunassa tehtäviin fotometriin ja spektroskooppisiin tutkimuksiin
- PRIMA: erityisesti himmeiden kohteiden ja eksoplaneettojen etsintään tarkoitettu mikrokaarisekuntitarkkuuden havaintolaite

Siirrettävät kaukoputket

Vaikka kaikki neljä 8,2 metrin kaukoputkea voidaan yhdistää VLTI:ksi, ne ovat suurimman osan aikaa muussa käytössä. Ne ovat näin ollen saatavilla interferometriin havaintoihin vuosittain vain tiettyinä öinä.

Jotta VLTI:tä on mahdollista käyttää joka yö, kuuluu järjestelmään neljä pienempää apukaukoputkea. Nämä kaukoputket on sijoitettu raiteille ja niitä voidaan siirtää

täsmällisesti määriteltyjen havaintopisteiden välillä. Näistä havaintopisteistä kaukoputkien kokoama valo voidaan yhdistää VLTI:ssä.

Apukaukoputkien rakenne on varsin poikkeuksellinen. Erittäin kompakteissa kupoleissa kulkevat mukana niiden käyttämä elektroniikka, ilmanvaihto, hydraulikka ja jäähdytysjärjestelmä. Jokaisella apukaukoputkella on kuljetin, joka nostaa teleskoopin ja siirtää sen paikasta toiseen.

La Silla



HARPS-spektrografi.



Vaikka Paranal on ESON lippulaivan VLT:n koti, ESON alkuperäinen havainto-alue on 2 400 metrin korkuinen La Silla -vuori Atacaman eteläosassa 600 kilometriä Santiagon de Chilestä pohjoiseen. Täällä ESOlla on käytössä useita kaukoputkia, joiden halkaisijat ovat jopa 3,6 metriä.

3,5 metrin uuden teknologian kaukoputki NTT oli maailman ensimmäinen kaukoputki, jossa oli tietokoneella ohjattu pääpeilin muodon säätely (aktiivinen optiikka). Tämä teknologia kehitettiin ESOssa, ja se on nyt käytössä VLT:ssä ja useimmissa maailman suurissa teleskoopeissa.

La Sillalla oleva 3,6 metrin kaukoputki on ollut toiminnassa vuodesta 1977 lähtien. Perusparannusten avulla se on pysynyt neljän metrin kokoluokan teleskooppien kärkijoukossa eteläisellä pallonpuoliskolla.

La Sillalla sijaitsee myös suurtarkkuussäteisnopeusspektrografi HARPS, jonka vertaistaan vailla oleva tarkkuus on omiaan eksoplaneettojen etsintään.

2,2 metrin MPG/ESO-kaukoputki on ESOlla lainassa Max-Planck-seuralta (*Max-Planck-Gesellschaft*). Sen laajakuvakameran WFI-kamera mahdollistaa puolen asteen laajuisten taivaanalueiden valokuvaamisen.

Lisäksi La Sillalla on kansallisia kaukoputkia, esimerkiksi 1,2 metrin sveitsiläinen kaukoputki ja 1,5 metrin tanskalainen kaukoputki. Näillä kaukoputkilla on tehty monia tieteellisiä läpimurtoja: niillä löydettiin esimerkiksi pienin eksoplaneetta, joka on massaltaan ainoastaan viisi kertaa Maata suurempi.



ESOn henkilökuntaa: Françoise Delplancke, VLT:n laitteistofysikko

”Kun saavuin Münchenistä yli 20 tuntia kestäneen matkan jälkeen Atacaman autiomaan keskellä olevaan Cerro Paranaliiin, minusta tuntui, että olin laskeutunut Mars-planeetalle. Observatorio, jonka ESO on rakentanut autiomaaympäristöön, on kodikas keidas, joka on varusteltu kaikkein moderneimmalla teknologialla ja jota hoitavat ammattitaitoiset ja ystävälliset ihmiset. Taivas on täällä niin kirkas, että jopa paljain silmin voi erottaa joidenkin Linnunradan tähtien sinertävän tai punertavan värin. Siitä Euroopan kaupunkien valosaasteessa asuvat tähtihaarastajat voivat vain unelmoida. Samasta syystä, seisottuani tunnin ulkona pimeässä, pystyin hahmottamaan ympäristön jopa ilman kuun valoa. Kerran minulla oli harvinainen mahdollisuus katsoa omin silmin kuuta erään VLT-kaukoputken läpi: minusta tuntui kuin olisin lentänyt avaruusaluksessa kuun pinnan yläpuolella.”

Uuden teknologian kärjessä

VLT:llä on ollut alusta alkaen maine valtavana ns. tiedekoneena, joka hyödyntää teknologian viimeisimpiä saavutuksia.

Adaptiivinen optiikka (AO) on tekniikka, jonka avulla kaukoputkessa olevissa havaintolaitteissa on mahdollista korjata ilmakehän häiritsevä vaikutus ja tuottaa kuvia, jotka ovat yhtä tarkkoja kuin avaruudessa olevalla kaukoputkella otetut. Tämä mahdollistaa himmeämpien kohteiden havainnoinnin paremmalla erotuskyvyllä. Adaptiivisen optiikan avulla kaukoputki voi periaatteessa saavuttaa diffraktio-rajaa eli parhaan mahdollisen teoreettisen erotuskyvyn. VLT:n havaintolaitteilla olisi silloin mahdollista lukea sanomalehden otsikko yli 10 kilometrin etäisyydeltä.

Toimiakseen adaptiivinen optiikka tarvitsee suhteellisen kirkkaan vertailutähden, joka on riittävän lähellä havaittavaa kohdetta. Tästä rajoitteesta on päästy eroon, kun VLT-kaukoputkiin on asetettu voimakas laser, jolla pystytään aina tarvittaessa luomaan taivaalle keinotekoinen tähti.

Jotta VLT olisi interferometrinä tehokkaampi, jokainen kaukoputki on varustettu omalla, erikseen suunnitellulla adaptiivisen optiikan havaintolaitteella (MACAO), joka fokusoi kaukaisesta kohteesta tulevan valon mahdollisimman pistemäiseksi.

Seitsemän adaptiivista optiikkaa käyttävää järjestelmää, mahdollisuus tehdä keinotekoinen tähti laserilla ja mahdollisuus yhdistää kaksi tai useampia kaukoputkia interferometriksi tekevät VLT:stä maailman edistyneimmän maanpäällisen observatorion.

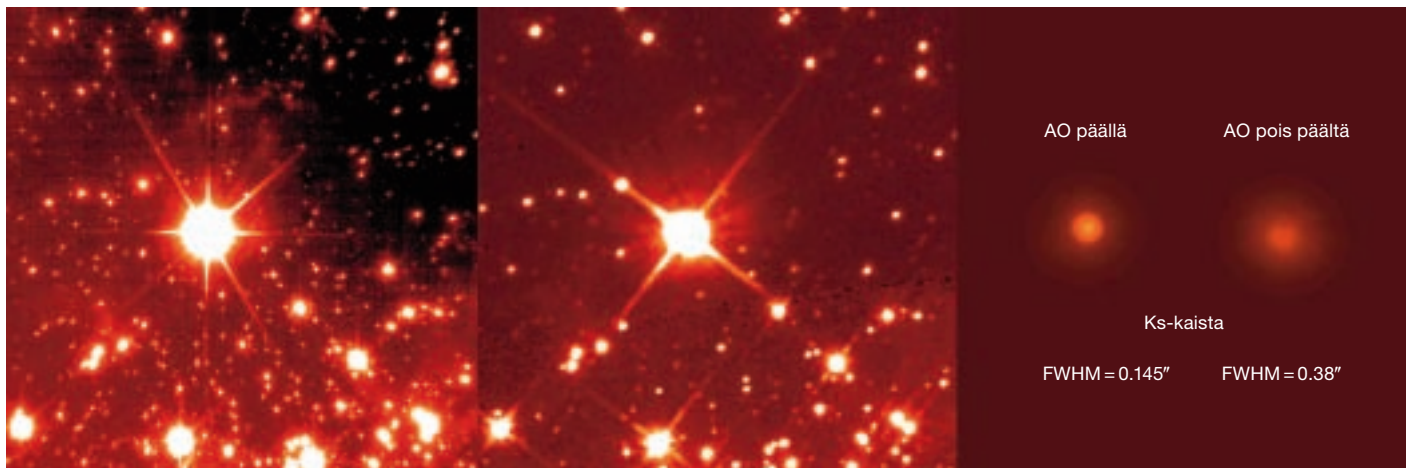
ESO kehittää yhdessä muutamien eurooppalaisten tutkimuslaitosten kanssa VLT:lle seuraavan sukupolven adaptiivisen optiikan järjestelmiä. Tällainen on esimerkiksi SPHERE-järjestelmä, joka on suunniteltu aurinkokunnan ulkopuolisten, Jupiterin kaltaisten jättiläisplaneettojen etsintään ja tutkimiseen. Tämä on tärkeä askel kohti tulevaisuudessa E-ELT:llä tehtävää, elämälle kelpoisten maankaltaisten planeettojen etsintää ja tutkimista.

VLT:n laserohjaustähtilaitteisto

NACO- ja SINFONI-laitteiden kanssa käytettävä laserohjaustähtilaitteisto on tällä hetkellä kokeiltavana VLT:llä. Tässä järjestelmässä voimakas lasersäde suunnataan 90 kilometrin korkeudella olevaan natriumia sisältävään kerrokseen, jolloin saadaan luoduksi keinotekoinen tähti. Tähteä käytetään ilmakehän turbulenssin tutkimiseksi ja sen häiriöiden korjaamiseksi melkein koko taivaan alueella.

VLT:n laserohjaustähtilaitteisto on yhteisprojekti, johon ESON ohella osallistuvat saksalaiset Ekstraterrestrisen fysiikan Max-Planck-instituutti (*Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik*) Garchingissa ja Tähtitieteen Max-Planck-instituutti (*Max-Planck-Institut für Astronomie*) Heidelbergissä.

Tähdestä maanpäältä adaptiivisella optiikalla (vasemmalla) ja avaruudesta (keskellä) otetut kuvat.



VLT-kuvagalleria

VLT on ainutlaatuinen ns. tiedekone tähtitieteellisessä tutkimuksessa. Se tuottaa upeita kuvia tähtitaivaan kohteista.

1 Spiraaligalaksi NGC 7424

Kaunis, melkein suoraan päältäpäin näkyvä spiraaligalaksi NGC 7424 lukuisine spiraalihaaroineen on noin 40 miljoonan valovuoden päässä Kurjen tähdistön suunnassa. Galaksi on kooltaan noin 100 000 valovuotta, eli se on samankokoinen kuin oma Linnunratamme.

2 Luomisen pilarit

Tämä mosaiikkikuva Kotkasumusta (Messier 16) pohjautuu 144:ään yksittäiseen valokuvaan. Tähtien syntyalue, ns. Luomisen pilarit, on nähtävissä kuvan keskellä.

3 Äyriäissumu

Tunnettu supernovajäännös Äyriäissumu (Messier 1) sijaitsee 6 000 valovuoden etäisyydellä. Itse räjähdys tapahtui vuonna 1054 eli melkein tuhat vuotta sitten.

4 Hevosenpääsumu

1400 valovuoden etäisyydellä Orionin molekyylipilvikompleksissa oleva Hevosenpääsumu. Se on pölyulkonema tiheän pölypilven Lynds 1630 eteläosassa olevan ionisoituneen alueen IC 434 reunassa.

5 Kosmista sumua

Antu-kaukoputken FORS1-instrumentilla otettu kuva lähellä eteläistä taivaannapaa olevasta kirkkaimista sumuja ja kuumia tähtiä sisältävästä Kameleontti I -kompleksista, joka sijaitsee samannimisessä tähdistössä. Kuva otettiin muutamia päiviä ennen Paranal-observatorion avajaisia 1.4.1999.

6 Neulagalaksi, NGC 4565

Galaksin löysi vuonna 1785 Uranus-planeetan löytäjä William Herschel (1738–1822). NGC 4565 eli Neulagalaksi on kuuluisin esimerkki sivusta nähtävistä spiraaligalakseista. Se sijaitsee 30 miljoonan valovuoden etäisyydellä Bereniken hiusten tähdistön suunnassa.



2



3



5



6



Kylmän maailmankaikkeuden tutkimus – ALMA

ESO rakentaa Chajnantorin ylätasangolle Atacaman autiomaahan huipputeleskooppeja, joilla tutkitaan maailmankaikkeuden kylmimmistä kohteista tulevaa säteilyä. Tämän säteilyn aallonpituus on millimetrin tienoilla, infrapuna- ja radioalueen rajalla, ja se tunnetaan millimetri- ja alimillimetrisäteilyinä.

Suunnattoman suuret tähtienvälisen avaruuden pilvet, joiden lämpötila on vain muutamia kymmeniä kelvinaasteita, sekä maailmankaikkeuden nuorimmat ja kaukaisimmat galaksit säteilevät tällä aallonpituudella. Tähtitieteilijät voivat tällä aallonpituusalueella tutkia kemiallisia ja fysikaalisia olosuhteita molekyyli-pilvissä, joiden tiheissä kaasun- ja pöly-ytimissä uudet tähdet syntyvät. Usein nämä alueet ovat pimeitä näkyvän valon aallonpituuksilla, mutta loistavat kirkkaana millimetri- ja alimillimetrialloilla.

Millimetri- ja alimillimetrisäteily avaa ikkunan kylmään maailmankaikkeuteen, mutta ilmakehän vesihöyry vaimentaa säteilyä voimakkaasti. Teleskoopit on rakennettava korkealla oleviin kuiviin paikkoihin. Siksi sijaintipaikaksi valittiin 5 000 metrin korkeudella oleva Chajnantorin ylätasanko.

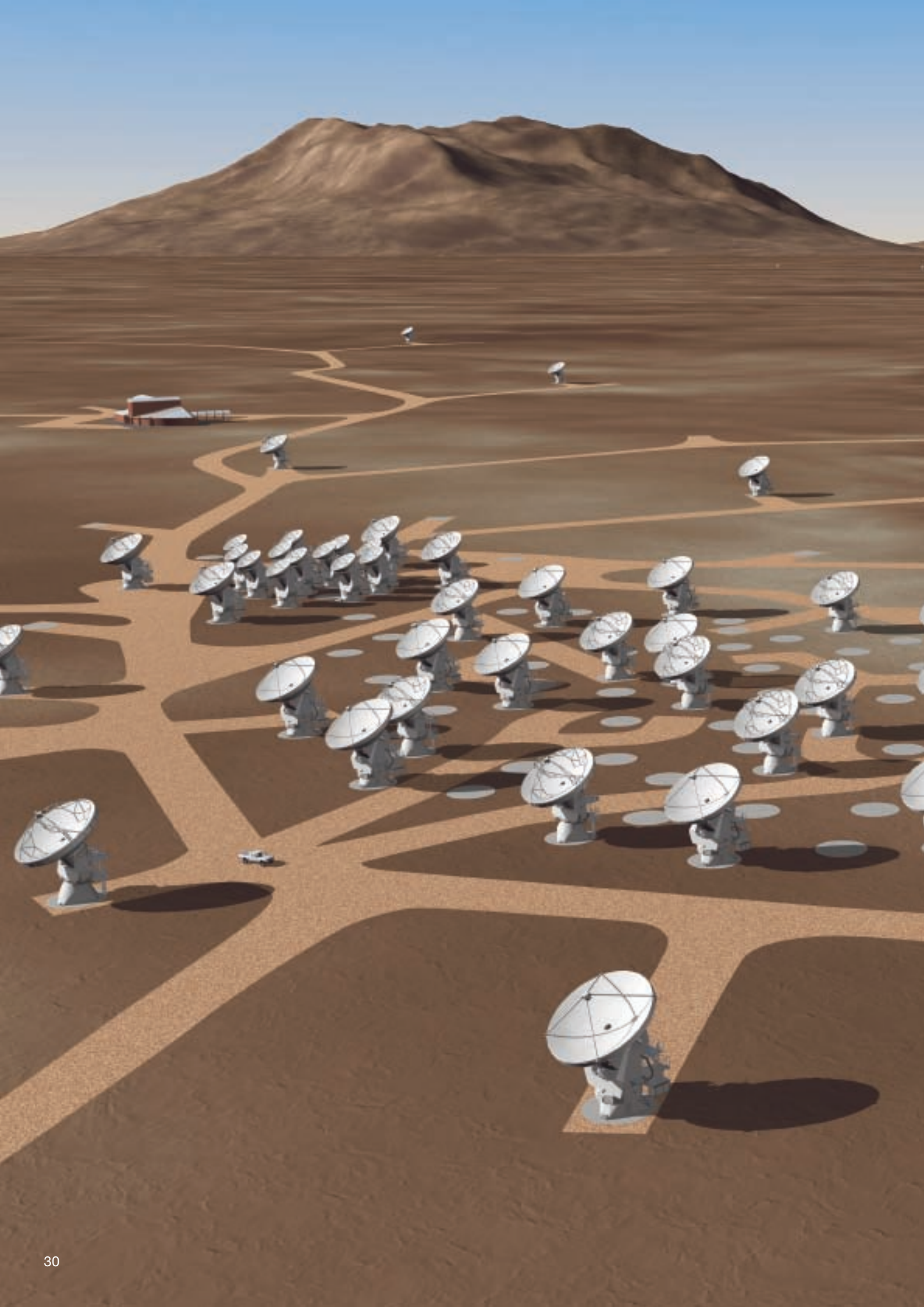
ESO rakentaa kansainvälisenä yhteistyönä (katso sivu 32) ALMAN, Atacaman suuren millimetrijärjestelmän (*Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*). ALMA sijaitsee 50 kilometriä itään Pohjois-Chilessä olevasta San Pedro de Atacaman kylästä, yhdessä maailman kuivimmasta paikoista Atacaman autiomaassa. Siellä tähtitieteilijöille on verrattomat havainto-olosuhteet, vaikka muuten olosuhteet ovat hyvin vaikeat. Chajnantor sijaitsee yli 750 metriä korkeammalla kuin Havaijin Mauna Kealla oleva observatorio ja 2 400 metriä korkeammalla kuin Paranal -vuorella oleva VLT.



ESOn henkilökuntaa: Stefano Stanghellini, ALMAN antennijärjestelmien johtaja

”Olen kotoisin Toscanasta. Ennen ESOon tuloani työskentelin Westinghouse Nuclear Internationalin palveluksessa Brysselissä ydinreaktorialalla, ja siirryin myöhemmin Saksaan työskentelemään suihkumootto- reiden parissa. Kun luin VLT-kaukoputkes- ta, tunsin että minun paikkani olisi ESOs- sa. Pidän itseäni onnekkana, kun sain olla mukana ESOssa huikean jännittävänä ja menestyksekkäinä VLT:n rakentamis- vuosina. Yhteistyöhenki oli vaikuttavaa kaikkien yhteen hiileen puhaltaneiden ESON työntekijöiden keskuudessa. Olim- me ylpeitä, kun VLT teki ensimmäiset onnistuneet havaintonsa vuonna 1998.

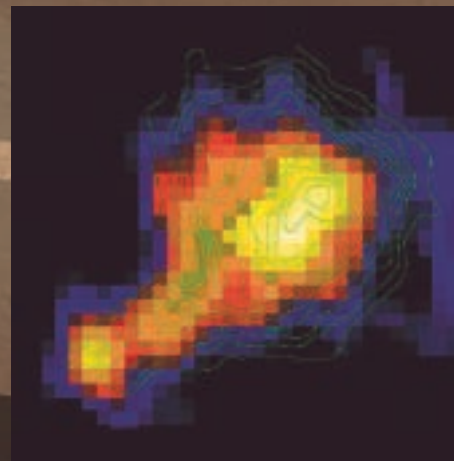
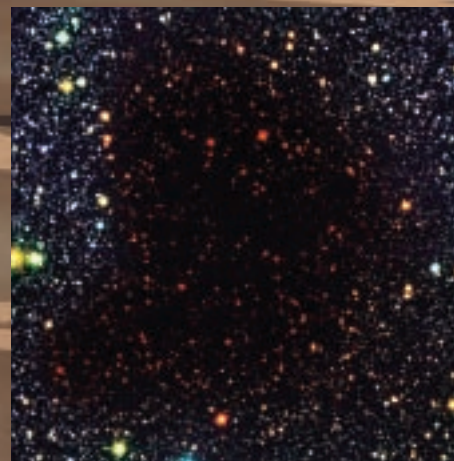
Nyt yritämme ALMA-projektissa saavuttaa jälleen saman menestyksen, jopa suurem- massa, globaalissa mittakaavassa.”



ALMA toimii 0,3–9,6 millimetrin aallonpituudella. Varsinainen ALMA-järjestelmä koostuu viidestäkymmenestä halkaisijaltaan 12-metrisestä antennista, jotka toimivat yhtenä interferometrikaukoputkenä. Toinen ALMAN järjestelmä, ns. tiivis antenniryhmä, muodostuu neljästä 12 metrin ja kahdestatoista 7 metrin antennista. Antenneja voidaan liikutella pitkin aavikkotasankoa 150 metristä aina 18 kilometrin etäisyydelle toisiinsa nähden, mikä antaa ALMalle tehokkaan ns. zoomaus-mahdollisuuden. Se voi kartoittaa maailmankaikkeutta millimetri- ja alimillimetrialueella ennennäkemättömällä herkkyydellä ja tarkkuudella, joka on kymmenen kertaa parempi kuin Hubble-avaruusteleskoopilla saavutettu tarkkuus.

ALMA antaa tutkijoille mahdollisuuden ottaa yksityiskohtaisia kuvia aurinkokunnan lähellä olevista, kaasupilvissä syntyvistä tähdistä ja planeetoista. Sillä voidaan lisäksi tehdä havaintoja havaittavan maailmankaikkeuden reunalla syntyvistä galakseista, jotka me näemme sellaisina kuin ne olivat 10 miljardia vuotta sitten. ALMA avaa uuden ikkunan taivaankappaleiden alkuperän tutkimiseen, joka sisältää sekä ajan että avaruuden ja tarjoaa tähtitieteilijöille uusia tieteellisiä mahdollisuuksia.

ALMAN rakennustyöt saadaan päätökseen noin vuonna 2012, mutta tieteellinen havainnointi osittaisella kokoonpanolla tulee mahdolliseksi jo vuodesta 2012 alkaen.



Pimeä sumu nähtynä näkyvässä valossa (yllinnä), lähi-infrapunasissa (keskellä) ja alimillimetrialueella (alla).

Maailmanlaajuinen hanke

ALMA-projektiin osallistuvat Eurooppa, Itä-Aasia ja Pohjois-Amerikka yhteistyössä Chilen kanssa. ALMAa rahoittavat Euroopassa ESO, Itä-Aasiassa Japanin Kansalliset luonnontieteelliset instituutit yhdessä Taiwanin tiedeakatemian kanssa ja Pohjois-Amerikassa Yhdysvaltain Kansallinen tiedesäätiö yhdessä Kanadan Kansallisen tutkimusneuvoston kanssa. ALMAN rakentamista ja toimintaa johtaa Euroopan osalta ESO, Itä-Aasian osalta Japanin Kansallinen tähtitieteellinen observatorio ja Pohjois-Amerikan osalta Kansallinen radiotähtitieteen observatorio.

”ALMA-projekti on vaativa teknillinen haaste, koska antennin pinnan tarkkuuden on oltava parempi kuin 25 mikrometriä, suuntaustarkkuuden parempi kuin 0,6 kaarisekuntia ja antennit on pystyttävä liikuttelemaan yli 10 kilometrin matkoja. Myös auringon havaitseminen täytyy mahdollistaa. Haluamme kiittää ESOa luottamuksesta, kun saimme vastuullemme uuden haasteen toteuttamisen.”

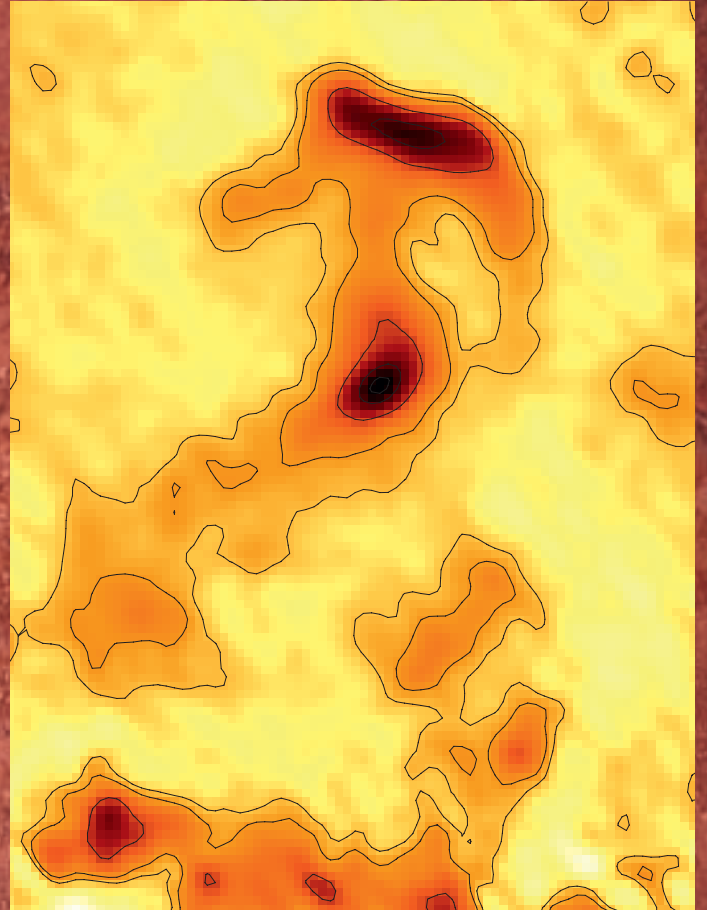
Pascale Sourisse, toimitusjohtaja,
Alcatel Alenia Space

APEX

Koska ALMA on vielä rakenteilla, tähtitieteilijät tekevät millimetri- ja alimillimetrihavaintoja Chajnantorissa APEX-teleskoopilla (*Atacama Pathfinder Experiment*). Uuden teknologian 12 metrin teleskooppi perustuu ALMAN prototyypiantenniin, ja se on toiminnassa ALMAN tulevalle sijaintipaikalla. ALMAN antenneihin verrattuna siinä on muunnettu optiikka ja parempi antennin pinnan tarkkuus, mikä mahdollistaa antennin toiminnan 0,2–1,5 millimetrin aallonpituuksilla.

Tähtitieteilijät käyttävät APEX-teleskooppeja tutkiessaan olosuhteita molekyylipilvien sisällä, kuten Orionin kaasusumussa tai Kotkasumun ns. luomisen pilareissa. He ovat löytäneet hääkää, monimutkaisia orgaanisia molekyyliä sekä fluoria sisältäviä molekyyli-ioneja, joita ei ole aikaisemmin havaittu. Löydöt edistävät tietämystämme kaasukehdoista, joissa uudet tähdet syntyvät.

APEX on yhteisprojekti, johon osallistuvat Radioastronomian Max-Planck-Instituutti (*Max-Planck-Institut für Radioastronomie*) yhdessä Rührin yliopiston tähtitieteen laitoksen kanssa, Onsalan avaruusobservatorio ja ESO. Se seuraa Ruotsin ja ESON yhteisen alimillimetriteleskoopin (SEST) jalanjälkiä. SEST oli toiminnassa La Silla -vuorella vuodesta 1987 vuoteen 2003 saakka Onsalan avaruusobservatorion ja ESON yhteisprojektina. SEST-teleskooppi toimi 0,8–3 millimetrin aallonpituuksilla.



APEX:n havaintoja Hevosensäumusta.



Korkea tehokkuus – Datan käsittelyjärjestelmä



ESOn henkilökuntaa: Petra Nass, käyttötukiosasto

”Työskentelen käyttötukiosaston tutkijana Garchingissa. Olen yhdessä havaintoaikaa etäpalvelukäytössä saaneen havait-sijan ja havainnot Chilessä tekevien tähtitieteilijöiden välissä. Havait-sija saa laadultaan parhaat mahdolliset havainnot, jotka tehdään optimaalisissa olosuhteissa. Kun tein havaintoja omaa väitöskirjääni varten, istuin yksin kontrollihuoneessa tähtitornivuorella monitorien edessä ja yritin samalla käsitellä havaintojani ja toivoin hyviä havainto-olosuhteita. Nykyään käytän omia havaintokokemuksiani apuna yrittäessäni parantaa käytäntöjä, joilla palvelukäyttö on toteutettu, ja siten mahdollistaa jopa sellaisten tieteellisten tutkimusten toteuttamisen, jotka eivät olisi olleet mahdollisia perinteisessä ns. vierailija-havaintotavassa. ALMA tulee toimimaan etäpalvelukäytössä ja pohdimme, kuinka E-ELT:n kanssa toimitaan.”

Toiminnan tehokkuudessa ESO lyö laudalta kaikki muut maanpäälliset observatoriot. Tämä on saavutettu yhdistelmällä ainutlaatuisella tavalla uudenlaisia toimintakäytäntöjä, yksityiskohtaisella ylläpitosuunnitelmalla ja monimutkaisella, huolellisesti suunnitellulla järjestelmällä, joka koskee tieteellisen ja teknillisen aineiston arkistointia, käyttöä ja arviointia.

Perinteisessä tavassa tutkijat anovat havaintoaikaa maanpäällisille kaukoputkille, matkustavat paikalle tekemään itse havaintonsa ja palaavat kotiin käsittelemään saamansa mittaustulokset. Käsitelty data ei yleensä ole muiden tutkijoiden käytettävissä. Havaintoajat on myönnetty pitkälle tulevaisuuteen, ja jopa parhaissa havaintopaikoissa muuttuvat sääolosuhteet voivat vaikuttaa haitallisesti havaintojen laatuun. Koska modernit observatoriot ovat monimutkaisia ja rakennettu syrjäisille seuduille, on tästä toimintatavasta tullut yhä tehottomampi.

ESOn datankäsittelyjärjestelmä on suunniteltu ratkaisemaan nämä ongelmat. Se mahdollistaa sekä perinteisen paikanpäällä tapahtuvan havainnoinnin että etäpalvelun, jossa havainnot tekee observatorion henkilökunta käyttäjiltä tulleiden ohjeiden perusteella. Kaikki havainnot tallennetaan ESOn tiedeaineiston arkistoon. Havait-sijalla on vuoden ajan yksinoikeus havaintoihinsa, jonka jälkeen ne ovat myös muiden tutkijoiden käytettävissä.

ESO oli ensimmäinen maanpäällinen observatorio, joka otti käyttöön tämän menetelmän koko järjestelmän osalta. Se oli myös ensimmäinen observatorio, joka rakentaa ja ylläpitää laajaa tiedeaineiston arkistoa, joka ei sisällä pelkästään havaintotietoja, vaan myös teknistä oheismateriaalia, joka koskee näitä havaintoja.

Hyödyt ovat selvät. Havainnot voidaan suunnitella ja suunnitelmat lähettää havait-sijan kotiyliopistosta tarvitsematta matkustaa observatorioon. Tällä vähennetään virheiden mahdollisuutta ja saavutetaan paljon suurempi tehokkuus. Projektit suoritetaan tarkoituksenmukaisimmissa sääolosuhteissa, mikä mahdollistaa jokaisen havaintoyön tehokkaan hyötykäytön. Vaa-tiville tieteellisille ohjelmille voidaan varata ne suhteellisen harvinaiset ajat, jolloin sää-tila on erinomainen. Näin saavutetaan



”ESO on mullistanut maanpäällisten tähtitieteellisten observatorioiden toiminnan ’alusta loppuun’ – datankäsittelyjärjestelmällään, joka on suunniteltu parantamaan tähtitieteellisten havaintojen ja datan välittämistä ja käsittelyä yli man- nerten.”

Lainaus Computer World Honors 21st Century Achievement -palkinnon perusteluista

suuret taloudelliset säästöt. Havait-sijat saavat käsitellyn datan, jonka laatu on varmistettu ja valmis tieteellisiin analyyseihin. Lisäksi havait-sijoiden tukena on joukko ESOn tähtitieteilijöitä, jotka ovat asiantuntijoita kaikissa datankäsittelyjärjestelmään liittyvissä asioissa.

Datankäsittelyjärjestelmän strategia on lisännyt merkittävästi ESOn käyttäjien tieteellistä tuottavuutta. Julkaistujen vertaisarvioitujen artikkeleiden lukumäärän perusteella ESO on yksi maailman johtavista tähtitieteellisistä organisaatioista.

ESOn huipputaso on saanut äskettäin tunnustusta datankäsittelyjärjestelmästään, kun sille myönnettiin Computer World Honors 21st Century Achievement -palkinto, joka on tunnettu kansainvälinen IT-alan palkinto.

Tiedeaineiston arkisto Digitaalinen maailmankaikkeus

Kaikki mittaus tiedot, jotka saadaan ESO:n kaukoputkilta ja Hubble-avaruus-teleskoopilta, tallennetaan tähän tiedeaineiston arkistoon, jonka nykyinen tietomäärä on noin 60 000 gigatavua (GB) – mikä vastaa noin 13 000 DVD:tä.

Vuosittain toimitetaan tutkijoille yli 24 teratavua (TB) mittausdataa 10 000 web-hakemuksen pohjalta. Määrä kasvaa voimakkaasti, kun VISTA- ja VST-kartoitusteleskoopit aloittavat toimintansa. Ne tuottavat vuosittain noin 100 teratavua tietoa. Siksi ESO asentaa parhaillaan petatavuluokan (1000 TB tai 1 miljoonaa GB) arkistoa.

ESOn yritystason tietokantapalvelimet on koordinoitu Saksan ja Chilen välillä. Niiden teknologia ja monimutkaisuus haastaa suurten kaupallisten, esimerkiksi kansainvälisten pankkien, järjestelmät.

Nämä arkistot mahdollistavat astrofyysikaalisen virtuaalisen observatorion kehittämisen.

Merkittävät läpimurrot teleskoopeissa, mittauslaitteissa ja tietokoneteknologiasa ovat mahdollistaneet sen, että tähtitieteelliset kartoitukset tuottavat suuren määrän kuvia, spektrejä ja luetteloita. Nämä datasarjat kattavat koko taivaan gamma- ja röntgenalueelta optisen ja infrapuna-alueen kautta radioalueelle asti.

Tähtitieteilijät kehittävät menetelmiä, joiden avulla voi tehdä mahdollisimman helposti tiedettä ns. digitaalisen maailmankaikkeuden tietopankin avulla. Näissä tekniikoissa käytetään hajautetun laskennan verkkoperiaatetta (GRID-teknologia), joka mahdollistaa suoran pääsyn eri paikoissa olevaan dataan ns. virtuaaliobservatorioiden kautta.

Kuten observatorioiden kaukoputkilla on jokaisella omat havaintolaitteensa, on virtuaalisilla observatoriolla datakeskuksia, joilla kullakin on ainutlaatuinen kokoelma tutkimusaineistoa, ohjelmistoja ja datankäsittelykapasiteettia.

Tämän maailmanlaajuisen, tiedeyhteisön osallistumiseen perustuvan järjestelmän kehittäminen on aloitettu kansainvälisen virtuaaliobservatorioiden liittouman (IVOA) ohjauksessa.

Virtuaaliset observatoriot ovat jo osoittaneet tehokkuutensa, kun esimerkiksi olemassa olevilta GOODS (*Great Observatories Origins Deep Survey*) -alueilta löytyi 31 uutta optisesti himmeää, pölyn peitossa olevaa kvasaarikandidaattia, mikä nelinkertaisti aikaisemmin tunnettujen kohteiden määrän. Löytö merkitsee, että supermassiivisten mustien aukkojen kartoitukset ovat tähän mennessä aliarvioineet niiden lukumäärän vähintään kertoimella kaksi ja pahimmillaan jopa kertoimella viisi.

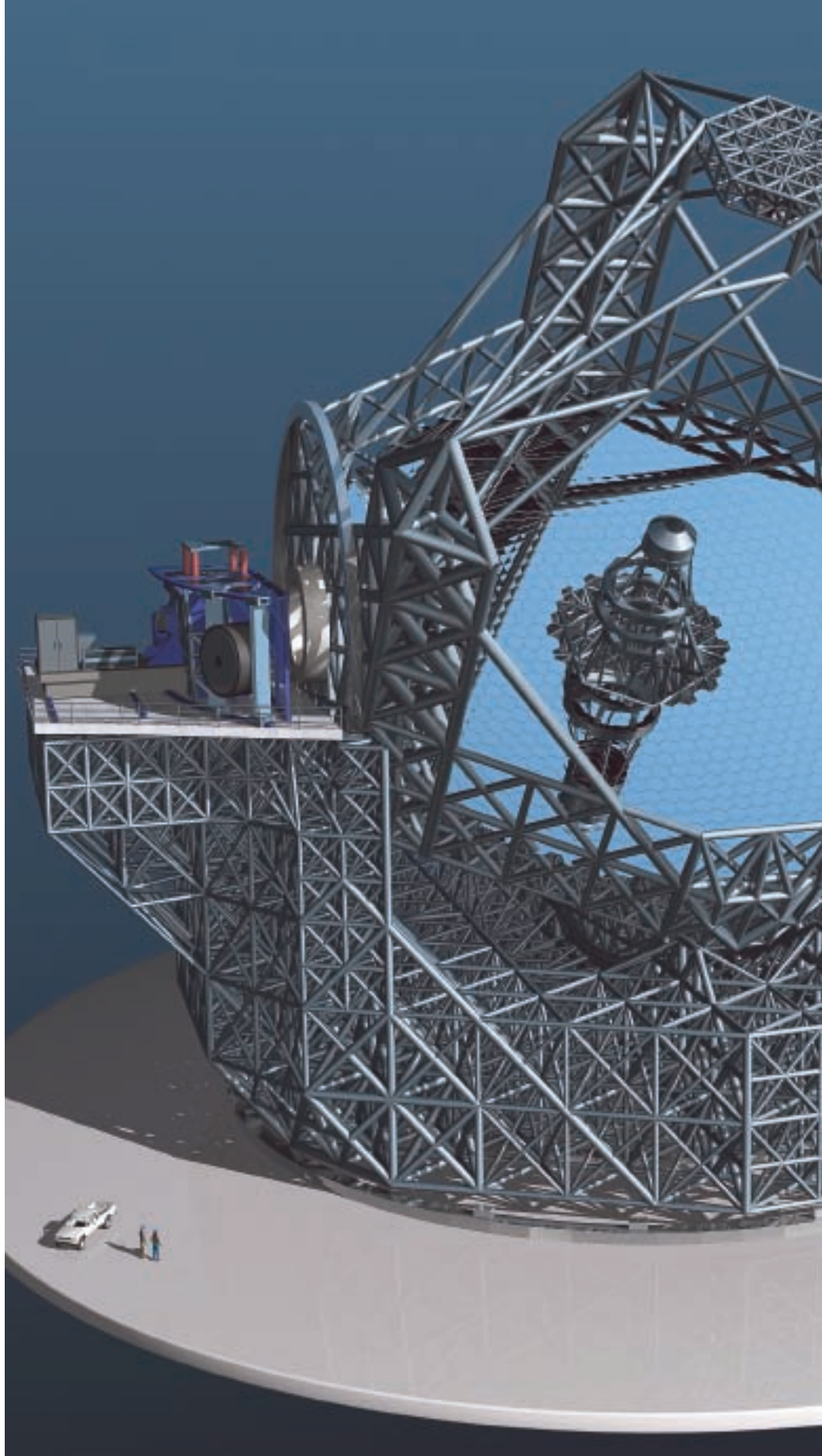


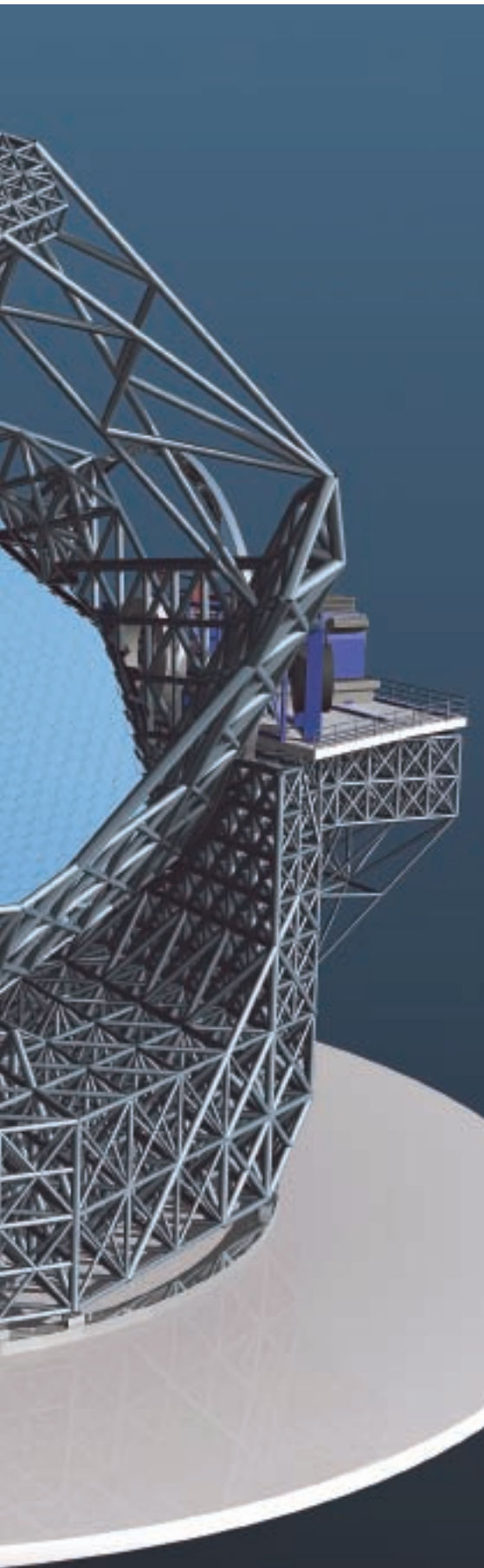
Tulevaisuuden projekteja – E-ELT



ESOn henkilökuntaa: Marc Sarazin, E-ELT:n sijoituspaikan etsintä

”Tulin ESOon insinööriksi yli 20 vuotta sitten etsimään sijoituspaikkaa silloin suunnitteleille VLT-kaukoputkille. Aikaisemmin emme pystyneet täysin käyttämään hyvän havaintopaikan mahdollisuuksia, mutta tilanne on nyt muuttunut parempien kaukoputkien ansiosta. Kun ymmärrämme ilmakehän ilmiötä, pystymme valitsemaan parhaan paikan ja saamaan kaukoputkista parhaat tulokset. Meiltä meni kymmenen vuotta etsimiseen ja Paranal-vuoren valitsemiseen VLT:lle. Olemme nyt etsimässä parasta mahdollista paikkaa E-ELT-kaukoputkelle. Tätä varten tutkimme ESOssa neljää mahdollista sijaintipaikkaa. Jaamme tietoja amerikkalaisten kollegojen kanssa, jotka etsivät omille laitteilleen sijoituspaikkoja. Koska kaukokartoitus on parantanut huomattavasti mahdollisuuksia tutkia paikkoja, on kenttätöiden määrä vähentynyt ja se täydentää kaukokartoitusanalyseissä saatavaa valtavaa tietomäärää. Olemme luottavaisia, että löydämme parhaimman paikan tälle ainutlaatuiselle laitteelle.”





Nykyinen 8–10-metrinen kaukoputkien sukupolvi on antanut tähtitieteilijöille mahdollisuuden tutkia maailmankaikkeutta ennennäkemättömillä keinoilla, ja se johtaa uusiin haastaviin tieteellisiin kysymyksiin. Jotta kysymyksiin saataisiin vastaus, on alettu suunnitella uusia erittäin suuria kaukoputkia (*Extremely Large Telescopes, ELT*), joiden peilin halkaisija on 30 metriä tai enemmän. Tällaiset kaukoputket voivat mahdollisesti mullistaa käsityksemme maailmankaikkeudesta samalla tavalla kuin Galileon kaukoputki teki.

Nämä tulevaisuuden jättiläiset otetaan käyttöön vuosien 2015–2020 tienoilla. Niillä tutkitaan muun muassa maailmankaikkeutemme ensimmäisten satojen miljoonien vuosien aikana vallinnutta ns. pimeää aikakautta sekä etsitään muiden tähtien elämälle suotuisista vyöhykkeistä maankaltaisia planeettoja.

ESOLle on kehittynyt huomattava asiantuntemus isojen tähtitieteellisten teleskooppien suunnittelemisesta, rakentamisesta ja toiminnasta kaukaisissa paikoissa. Lisäksi jo usean vuoden ajan ESO on suunnitellut erittäin suurta optisen ja infrapuna-alueen adaptiivista kaukoputkea.

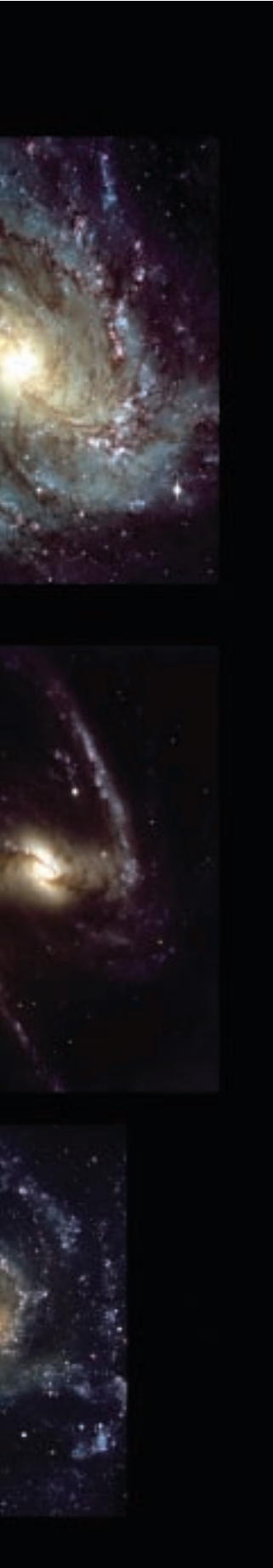
Saavutettu asiantuntemus on perustana, kun eurooppalaisille tähtitieteilijöille rakennetaan erittäin suuri kaukoputki, työnimeltään E-ELT. Alustava suunnitteluvaihe 42-metrinen mosaikkipeilillä varustetun kaukoputken rakentamiseksi päättyi vuoden 2006 lopussa. Lopullinen suunnitteluvaihe on alkanut, ja tavoitteena on saada E-ELT-observatorio käyttöön vuoden 2018 tienoilla. Samanaikaisesti suuri joukko eurooppalaisia tutkimuslaitoksia yhdessä korkean teknologian yritysten kanssa kehittää teknologioita, jotka liittyvät ELT:n suunnitteluvaiheeseen. ESO ja Euroopan komissio ovat hankkeen päärahoittajat.

Adaptiivisella optikalla ja 42 metrin kokoisella peilillä varustettu E-ELT tulee olemaan yli 100 kertaa herkempi kuin tämän hetkiset suurimmat kaukoputket, kuten 10-metriset Keck-kaukoputket tai 8,2-metriset VLT-kaukoputket.

”Erittäin suuret kaukoputket ovat maailmanlaajuisesti yksi tärkeimmistä asioista maanpäällisessä tähtitieteessä. Ne merkitsevät valtavaa edistystä astrofysikaalisessa tietämyksessä, joka mahdollistaa yksityiskohtaiset tutkimukset muun muassa eksoplaneetoista, maailmankaikkeuden ensimmäisistä kohteista, supermassiivisista mustista aukoista sekä maailmankaikkeutta dominoivan pimeän aineen ja energian luonteesta ja jakaumasta. Euroopan erittäin suuri kaukoputki säilyttää ja vahvistaa Euroopan asemaa astrofysikaalisen tutkimuksen kärjessä.”

Tutkimuksen infrastruktuurien eurooppalainen tiekartta, ESFRI-raportti 2006





Kaukaiset galaksit näyttävät olevan lähellä meitä. Ne tarjoavat mahdollisuuden tutkia tähtien synnyn historiaa, joka kattaa suurimman osan maailmankaikeuden iästä.

Joulukuussa 2004 ESON neuvosto määritteli ESON tärkeimmäksi strategiseksi päämääräksi "säilyttää Euroopan johtava asema erittäin suurten kaukoputkien (ELT) aikakaudella" sekä katsoi, että "E-ELT:n rakentamiseen kilpailukykyisessä aikataulussa pyritään perinpohjaisen strategisen suunnittelun avulla".

Laaja, kansainvälinen selvitys lokakuussa 2005 käsitteli E-ELT:n ensimmäistä, vielä alustavaa suunnitelmaa, OWL-projektia. ESON projektitoimisto johti vuonna 2006 uutta selvitystä, jossa huolellisesti käytiin läpi kustannuksia, aikatauluja ja riskejä yli sadan tähtitieteilijän avustuksella. Marraskuussa 2006 selvityksen tulokset käsiteltiin yksityiskohtaisesti 250 eurooppalaisen tähtitieteilijän voimin Marseillessa pidetyssä kokouksessa. Innokkaan kannustuksen tukemana ESON neuvosto teki päätöksen siirtyä seuraavaan vaiheeseen, E-ELT-laitteen yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Lopulliseen suunnitteluvaiheeseen on varattu kolme vuotta, jonka jälkeen alkaa rakentaminen. Nykyinen arvio E-ELT:n kustannuksista on noin 800 miljoonaa euroa.

30–60 metrin peiillä varustetun kaukoputken suunnittelu, rakentaminen ja käyttö on suuri haaste. Teknillisten ratkaisujen löytäminen valoa keräävän pinnan kasvassa 10 metristä yli 30 metriin, kun samalla vaaditaan erinomaista kuvan laadua suurehkoilla kuva-alueella, sisältää lukuisia ongelmia. ESO tekee yhteistyötä yli 30 eurooppalaisen tutkimuslaitoksen ja korkean teknologian yrityksen kanssa kehittääkseen teknologiaa, jotta E-ELT olisi mahdollista toteuttaa seuraavan 5–10 vuoden aikana käytettävissä olevien varojen puitteissa. Kaksi tärkeää asiaa E-ELT:n suunnittelussa ovat jättiläismäisen kaukoputken tarkkuusoptiikan hallinta ja tehokkaiden mittalaitteiden suunnittelu, jotka mahdollistavat tähtitieteilijöille kunnianhimoisten tieteellisten tavoitteiden saavuttamisen.

Tavoitteena on luoda E-ELT:lle joustava valikoima erilaisia havaintolaitteita, jotka mahdollistavat tulevien vuosikymmenien kuluessa esiinnousevien tieteellisten kysymysten tutkimisen. Useaan eri käyttöön soveltuvat laitteet, joilla voidaan tehdä havaintoja eri aallonpituuksilla optisesta alueesta keski-infrapunaan saakka, mahdollistavat kaukoputken koon tarjoamien mahdollisuuksien täysimääräisen hyödyntämisen. Laitteiden virtaviivainen integroiminen aktiiviseen ja adaptiiviseen optiikkaan saattaa olla haastavaa. ESO tulee koordinoimaan noin viittä ensimmäisen sukupolven mittalaitetta, joiden komponenttikustannukset ovat noin 86 miljoonaa euroa. Tämä vaatii panostusta myös osaaviin ihmisiin. Ainoastaan hyödyntämällä koko Euroopan voimavaroja tämä projekti on mahdollista toteuttaa yhtä menestyksekkäästi kuin VLT:n havaintolaitteprojekti.

Käänteentekevä suunnitelma

Tämänhetkisessä suunnitelmassa on esitetty perusratkaisuna 42 metrin kokoisen pääpeilin omaava kaukoputki. Pääpeili muodostuu 906 osasta, joiden koko on 1,45 metriä. Apupeilin halkaisija on kuusi metriä. Jotta kaukoputki pystyy korjaamaan ilmakehän aiheuttamat häiriöt tähtien kuvissa, siihen pitää sisällyttää adaptiiviset peilit ja 4,2-metrinen kolmas peili, joka ohjaa valon adaptiivisen optiikan järjestelmään. Tämä järjestelmä muodostuu kahdesta peilistä: Toinen on 2,5-metrinen peili, jota tukee yli 5 000 aktuaattoria, jotka pystyvät muuttamaan peilin muotoa tuhansia kertoja sekunnissa. Toisen peilin halkaisija on 2,7 metriä, ja se tekee viimeiset korjaukset kuvaan. Tämän viisi peiliä sisältävän järjestelmän tuloksena on erinomainen kuvan laatu, jossa ei ole kuvakentän alueella havaittavissa ollenkaan aberratioita.

Yhteistyötä rakentamassa



EIROforum

Yhteistyön edistäminen tähtitieteessä on ESON ydintehtäviä. ESO on ollut keskeisessä asemassa tähtitieteen eurooppalaisen tutkimusalueen (*European Research Area*) aikaansaamisessa.

Vuosittain tuhannet tähtitieteilijät ESON jäsenmaista ja muualta toteuttavat tutkimussuunnitelmiaan käyttäen ESON observatorioista saatuja mittaustuloksia. Tähtitieteilijät muodostavat kansainvälisiä tutkijaryhmiä, joiden tuloksia julkaistaan sadoissa tieteellisissä artikkeleissa vuosittain.

ESOlla on laaja ohjelma vastaväitelleille nuorille tähtitieteilijöille ja opiskelijoille, mikä edesauttaa eurooppalaisten tutkijoiden liikkuvuutta. Vanhemmat tutkijat niin ESON jäsenvaltioista kuin muistakin maista työskentelevät ajoittain vierailevina tutkijoina ESON toimipaikoissa. Lisäksi ESO järjestää hyvin aktiivisesti kansainvälisiä kokouksia, jotka käsittelevät tärkeitä tähtitieteen ja teknologian aiheita, ja antaa logistista tukea kansainväliselle *Astronomy & Astrophysics* -lehdelle.

Jotta tutkijoilla olisi käytössään yhä parempia kaukoputkia ja tutkimuslaitteita, ESO tekee yhteistyötä monien eurooppalaisten korkean teknologian yritysten kanssa. Eurooppalainen teollisuus on erittäin tärkeässä asemassa ESON projektien toteuttamisessa. Ilman jäsenvaltioiden ja Chilen teollisuuden aktiivista ja innostunutta osallistumista ei tällaisten projektien toteuttaminen olisi mahdollista.

Teknologian kehittämishankkeissa ESO on ollut tiiviissä yhteistyössä jäsenvaltioiden ja muiden maiden yliopistoissa olevien tutkimusryhmien kanssa. ESON jäsenmaiden tähtitieteilijät ovat vahvasti osallisina VLT:n/VLTI:n tieteellisten mittalaitteiden suunnittelussa ja toteuttamisessa. Tämä koskee myös ESON muita olemassa olevia ja suunniteltuja teleskooppeja. Mittalaitteiden rakentaminen tarjoaa mahdollisuuksia kansallisille huipputason laitoksille ja innostaa mukaan nuoria tutkijoita ja insinöörejä.

ESO on jäsenenä EIROforum-yhteistyöelimessä. Sen jäsenenä on seitsemän hallitustenvälistä tutkimusorganisaatiota, jotka hallinnoivat Euroopan suurimpia tutkimuksen infrastruktuureja. ESolla on läheiset ja hedelmälliset välit Euroopan komission kanssa sekä suoraan että EIROforumin kautta. Tämä on johtanut yhteistoimintaan teknologian kehittämisessä, nuorten tutkijoiden koulutuksessa ja eurooppalaisissa perus- ja keskiasteen kouluissa annettavassa tiedeopetuksessa sekä erilaisissa muissa koordinoituissa toiminnoissa.

”Euroopan on toimittava yhdessä kootakseen riittävästi resursseja, asiantuntemusta ja huipputason tieteellistä tietotaitoa. Tervehdin lämpimästi EIROforumin sitoutumista asettamiimme tavoitteisiin.”

Janez Potočnik, Euroopan komission tiede- ja tutkimuskomissaari



Janez Potočnik, Euroopan komission tiede- ja tutkimuskomissaari tiedepolitiikkaa koskevan EIROforum-suunnitelman käynnistystilaisuudessa.



Yhteiskunnan kohtaaminen



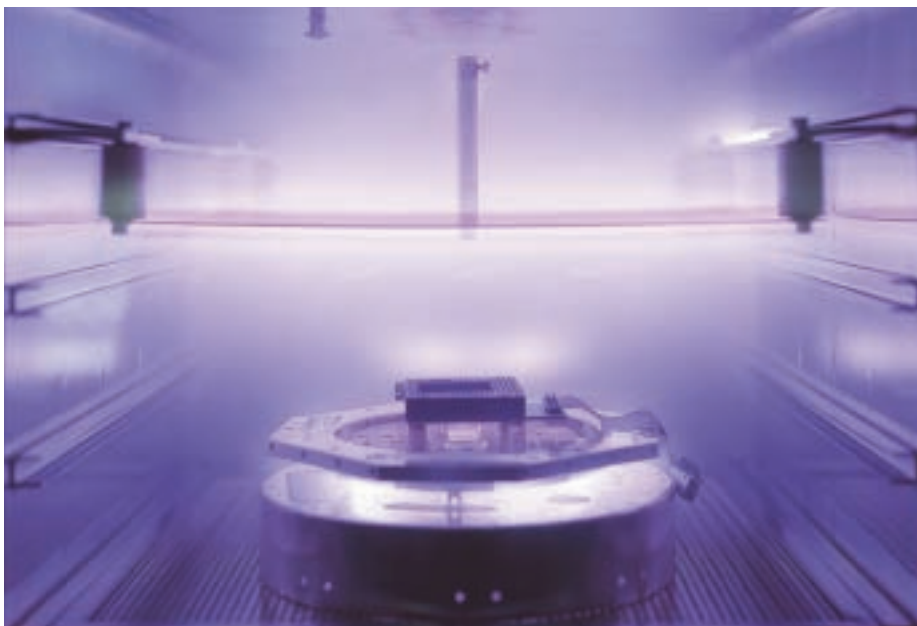
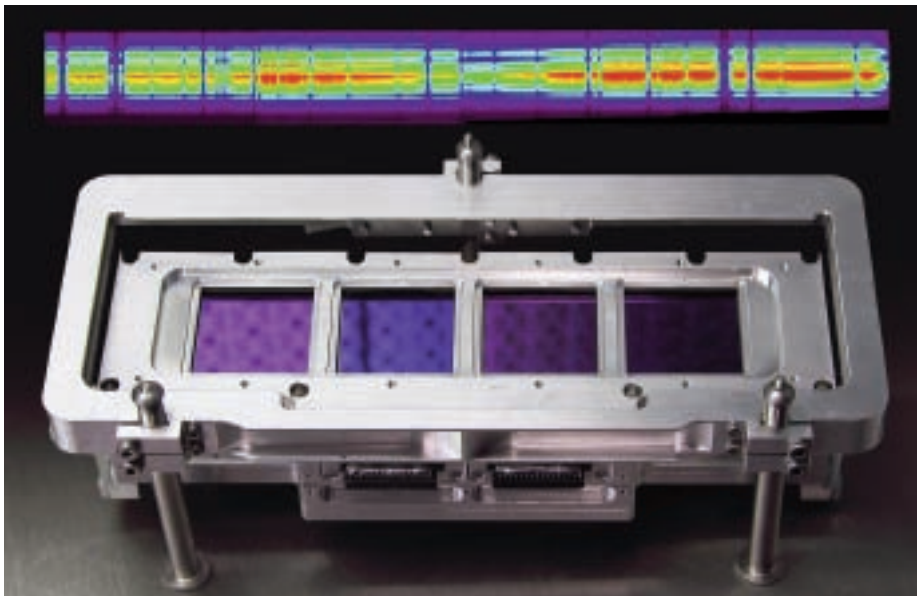
Teknologian hyödyntäminen

Tähtitieteessä on aina käytetty uusia tekniikoita, joista monet ovat myöhemmin päätyneet yleisempään käyttöön.

ESOn tiedemiehet ja insinöörit työskentelevät aktiivisesti yhdessä eurooppalaisen teollisuuden ja muiden eurooppalaisten tutkimuslaitosten kanssa kehittääkseen tulevaisuuden avainteknologioita. Teknologian siirto sovellutuskäyttöön lisää ESON tutkimuksen ja kehitystyön arvoa yhteiskunnalle yleensä ja erityisesti ESON jäsenvaltioille.

Jotkut näistä tutkimus- ja kehitystoimista sisältävät uusia optomekaanisia ja optoelektronisia järjestelmiä ja erittäin tarkkoja hallinta- ja raskaiden laitteiden ohjausjärjestelmiä. Toiset kehittävät laitteistoja ja ohjelmistoja vaativille kaukoputkille ja instrumenteille, matemaattisesti kehittyneitä kuva-analysimenetelmiä ja suuren data-aineiston käsittely-, arkistointi- ja hakumenetelmiä. ESO kehitti käänteentekevän aktiivisen optiikan ja oli mukana kehittämässä adaptiivista optiikkaa siviilikäyttöön. Adaptiivinen optiikka ei ole enää

pelkästään olennainen osa seuraavan sukupolven kaukoputkia, vaan siitä on tulossa tärkeä osa yleistä optiikan teknologiaa. Esimerkiksi aaltorintamasensoreita käytetään laserkirurgialla tehtävässä silmien korkeammanasteisten aberraatioiden korjaamisessa.



Teknologian kärjessä

Esimerkkeinä monista ESON kehittämistä innovatiivisista teknologioista, jotka ylittävät tavanomaisen tason tai joissa asioita on yhdistetty uudella tavalla, voidaan ottaa esille:

- aktiivinen optiikka
- suuret metalliekot
- Shack-Hartmann-aaltorintamasensorit
- reaaliaikaiset prosessorit
- kuitulaserit
- aikareferenssijärjestelmät
- datan arkistojärjestelmät
- virtuaaliobservatoriot
- kryogeeniset laakerit
- lämpötilakontrolloidut kotelot

Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana ESO on saanut huomattavan käytännön kokemuksen nestemäisen typen käytöstä CCD-ilmalämpöjen jäähdyttämisessä. ESO on kehittänyt standardijärjestelmän jäähdyttimille, joita ESossa käytetään laajalti. Tällaisen teknologian laajemmasta käytökelpoisuudesta johtuen ESO teki vuonna 1999 ESO-dewarin valmistusta ja myyntiä koskevan sopimuksen ranskalaisen SNLS-yhtiön kanssa.

ESOn opetusohjelmat



Vahvan monitieteellisen luonteensa ja kansalaisten siihen kohdistaman suuren kiinnostuksen vuoksi tähtitieteellä on tärkeä asema modernissa tiedeopetuksessa. ESON kaukoputkilla saadut upeat tulokset ovat korvaamaton aarre luonnontieteellisten aineiden opettajille.

ESOn opetusohjelmien tavoitteena on lisätä nuorten kiinnostusta luonnontieteisiin ja erityisesti tähtitieteeseen. Kansainvälisen ulottuvuuden takia ne täydentävät opetusviranomaisten, yliopistojen, koulujen ja opettajien pyrkimyksiä. ESO on aktiivisesti mukana tähtitieteen opetuksen eurooppalaisessa järjestössä EAAE:ssä.

ESO on ollut johtavana aloitteentekijänä useissa korkean profiilin opetuksellisissa pilottiohjelmissa, jotka on usein toteutettu yhteistyöprojekteina Euroopan komission kanssa, esimerkiksi *Future Astronomers of Europe*, *Astronomy On-Line* tai *Sea & Space*, jotka kaikki toteutettiin Euroopan tiede- ja teknologiaviikkojen yhteydessä.

Pyrkimykset lisätä nuorten kiinnostusta luonnontieteisiin ovat jatkuneet ja vahvistu-

neet EIROforumin yhteisissä koululaisille suunnatuissa ohjelmissa kuten *Life in the Universe* ja *Scitech – couldn't be without it!* ja luonnontiedettä opettaville opettajille suunnatuissa *Physics on Stage* ja *Science on Stage* -ohjelmissa. ESO julkaisee yhdessä EIROforumin kanssa Euroopan ensimmäistä kansainvälistä monitieteellistä tiedeopetusta käsittelevää lehteä *Science in School*.

ESO järjestää vuosittain tähtitieteeseen liittyvän *Catch a Star!* -kilpailun opiskelijoille. Kilpailu huomioi eri ikä- ja kehitysvaiheissa olevat nuoret. Nuorimmat osallistujat

voivat piirtää kuvan, vanhemmat osallistujat kirjoittavat esseen valitsemastaan tähtitieteeseen liittyvästä aiheesta.

ESO tuottaa yhdessä Euroopan avaruusjärjestön ESAn kanssa tähtitieteeseen liittyviä käytännöllisiä tehtäviä, joita on saatavilla eri kielillä. ESO on myös tehnyt sarjan hienosti kuvitettuja opetuslehtisiä aurinkokunnasta.

Äskettäin ESO on aloittanut uuden monitieteellisen opetusohjelman, joka on suunnattu keskiasteen kouluille ja jonka aiheena on Atacaman millimetrijärjestelmä ALMA.

"Tähtitieteen on tehtävä oma osuutensa lisätäkseen kansalaisten tietoisuutta siitä, että yhteiskunnassa, joka on tulvillaan tiedettä ja teknologiaa, luonnontieteellinen opetus on välttämätöntä jokaiselle. Lisäksi tulisi ymmärtää, että maapallosta tulee huolehtia ja sitä pitää suojella."

[EAAE:n perustamisjulistus](#)



ESO työpaikkana

Työskentely ESON kansainvälisessä ilmapiirissä on haastavaa ja kannustavaa. ESOssa työskentelee kansainvälisen ja paikallisen henkilökunnan lisäksi stipendiaatteja, avustavaa henkilökuntaa ja opiskelijoita.

Henkilökunta muodostuu eri alojen ammattilaisista tutkijoista insinööreihin, teknikoihin ja hallintohenkilökuntaan.

Stipendiaatit ovat nuoria, väitelleitä tutkijoita, jotka on palkattu ESOon edistääkseen tieteellistä uraansa. ESO tarjoaa huippuvälineet tähtitieteelliseen havainto- toimintaan ja mahdollisuuden saada käy-

tännön kokemusta aktiivisesti havainto-ohjelmiin osallistumalla.

Osa henkilökunnasta työskentelee lyhytaikaisella sopimuksella ja suorittaa määrättyä kertaluonteista tehtävää tutkimuksessa tai tekniikan tai hallinnon apuna.

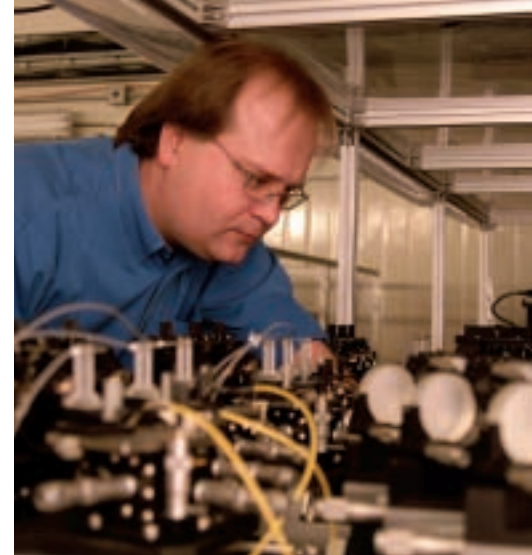
Jatko-opiskelijat viettävät ESOssa opiskeluohjelmansa mukaisesti 1–2 vuotta. Tavoitteena on tarjota mahdollisuuksia, jotka vahvistavat ESON jäsenvaltioiden yliopistojen jatko-opinto-ohjelmia. Paikkoja voi hakea joko ESON Garchingin tai Chilen Vitacuran keskukseseen.



ESOn henkilökuntaa: Jean-Michel Bonneau, ESON talousosaston johtaja

”Ennen ESOon tuloani vuonna 1996 toimin talousjohtajana eri aloilla Albertvillen talviolympialaisista Ranskassa toimivaan musiikkiyhtiöön.

Siirryin mielelläni ESOon, kun sain tilaisuuden työskennellä organisaatiossa, jonka useiden satojen miljoonien eurojen ainutlaatuiset tähtitieteelliset projektit tarvitsevat talouteen ja kirjanpitoon erikoistunutta henkilökuntaa. Talousosastolla huolehdimme siitä, että taloudelliset resurssit käytetään ESON johdon antamien määräysten ja ohjeiden mukaan. Pidämme aina mielessämme, että ESON jäsenvaltioiden johdonmukainen rahoitus on mahdollistanut ainutlaatuisen infrastruktuurin toteuttamisen, joka on tiedeyhteisön käytettävissä.”





ESO on

- maailmanlaajuisesti johtava observatorio maanpäällisessä optisessa tähtitieteessä;
- jäsenvaltioiden tutkijoiden kohtauspaikka ja uusien ajatusten hautomo;
- elinvoimainen järjestö, jolla on paljon suunnitelmia tuleville tutkijasukupolville;
- aktiivinen yhteistyössä teollisuuden kanssa;
- aktiivisesti mukana luonnontieteen opetuksessa;
- kulttuurillinen ja tieteellinen silta Euroopan ja Chilen välillä;
- hieno esimerkki onnistuneesta eurooppalaisesta yhteistyöstä.

Lisätietoja saa

ESO Headquarters
Public Affairs Department
Karl-Schwarzschild-Straße 2
85748 Garching bei München
Saksa
Puhelin +49 89 320 06-2 76
Faksi +49 89 320 06-2 75

information@eso.org
www.eso.org

www.eso.org

