

**Naša galaksija Mliječni put član je obitelji ili skupa galaksija, takozvane Mjesne grupe. Mnoge galaksije u svemiru udružene su u galaktičke skupove i veleskupove, složene u trake ili niti između kojih su golema prazna prostranstva. Zbog takve raspodjele galaksija svemir izgleda kao spužva.**

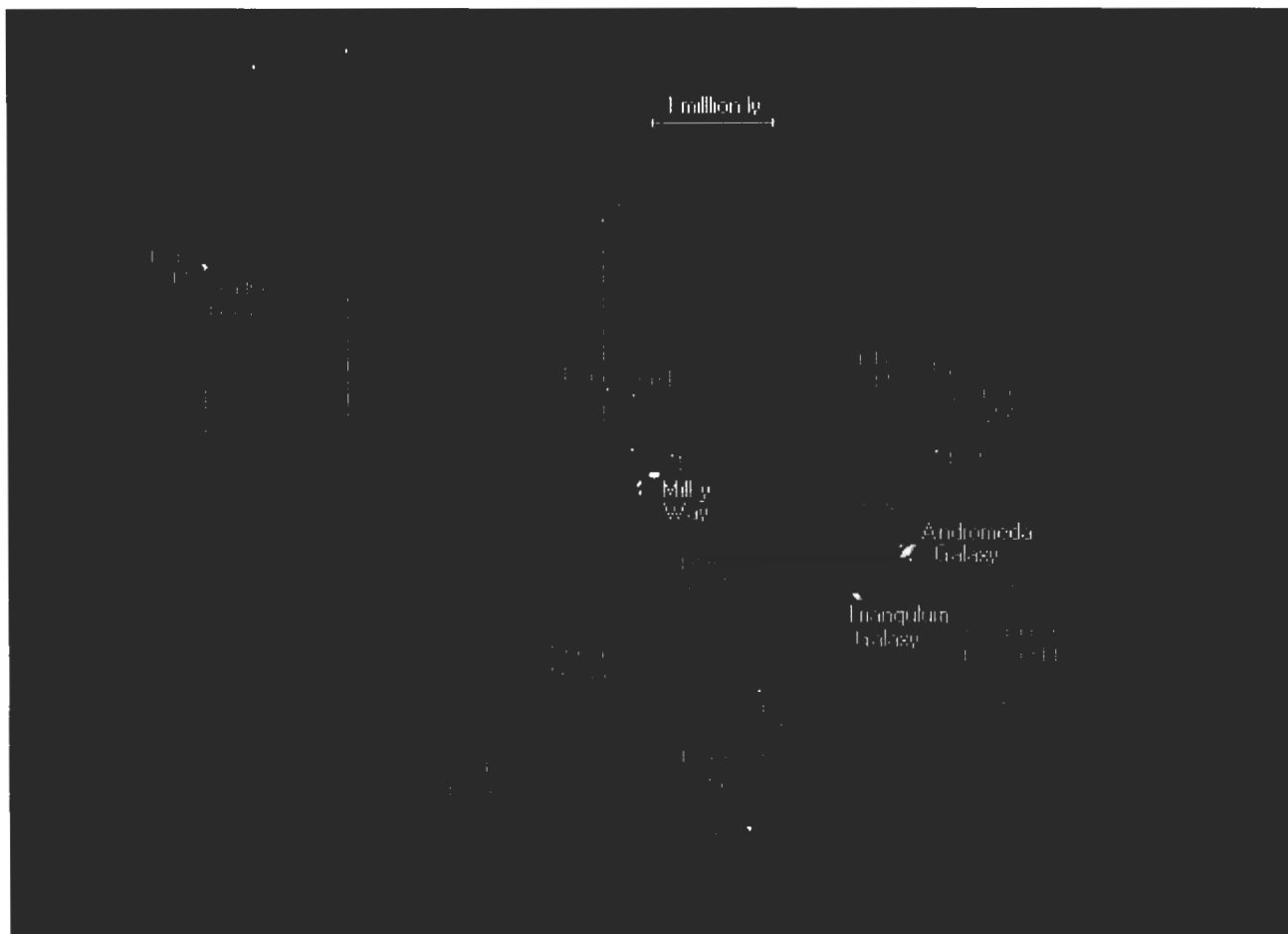
## GALAKTIČKA CARSTVA

Marino FONOVIĆ, Plomin

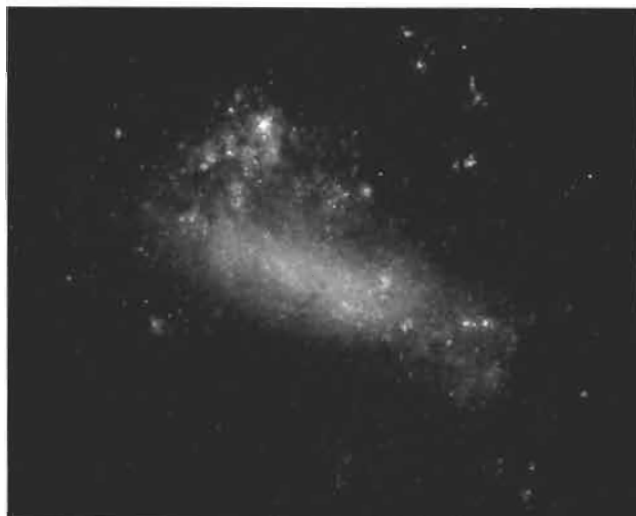
Daleke 1761 godine matematičar i filozof Johann Heinrich Lambert objavio je svoja *Kozmološka pisma* (Cosmologische Briefe) u kojima je opisao veličanstvenu sliku našeg svijeta prema kojoj je svemir uređen na principu stupnjevanja, građen od najmanjih jedinica koje čine veću jedinicu, ove pak još veću i tako u beskonačnost. Već su astronomska promatranja u 18. stoljeću upućivala na moguću hijerarhijsku strukturu svemira. Tako planeti sa svojim satelitima čine jedinice najnižeg reda. Planeti su zajedno sa središnjom zvijezdom udruženi u planetarni sustav. Kad se zagledamo u dubine svemira, opažamo kako zvijezde u svemiru nisu jednolično raspoređene, mnoge od njih okupljaju se u veće sustave, u zvjezdane skupove. Napokon počelo se razmišljati nije li i Mliječni put možda, još veći sustav od zvijezda i zvjezdanih jata.

U 19. i 20. stoljeću pokazalo se da je posve ispravna takva hipoteza o golemom zvjezdanom sustavu, kojemu mi također pripadamo i u kojem su skupljeni mnogi sustavi nižeg reda. Izvan ovoga našega velikog zvjezdanog sustava otkriveni su i mnogi drugi slični zvjezdani sustavi ili galaksije, a one se pak najčešće udružuju u skupove ili jata. Skupovi se drže na okupu zahvaljujući okovima gravitacije, sile koja ima najveći doseg u svemiru.

Galaktička obitelj kojoj mi pripadamo zove se Mjesna grupa (sl. 1.). Ona obuhvaća četrdesetak članova raštrkanih u svemirskom prostoru promjera većeg od 4,5 milijuna svjetlosnih godina. Njezini najveći pripadnici su spiralne galaksije Mliječni put, Andromedina galaksija i M33 u Trokutu. U blizini Mliječnog puta giba se desetak patuljastih galaksija, a oko Andromedine galaksije još toliko. Svi članovi Mjesne grupe



Sl. 1. Galaksije okupljene oko Mliječnog puta i njegovih velikih susjeda. Andromedine galaksije i galaksije u Trokutu čine Mjesnu grupu.



Sl. 2. Veliki (sl. a) i Mali (sl. b) Magellanov oblak dvije su male nepravilne galaksije, bliski pratioci Mliječnog puta. Svijetla kugla, pokraj malog Magellanova oblaka, kuglasti je skup 47. Fotografije: John Gleason i Fred Espenak.

gibaju se pod djelovanjem gravitacijskog privlačenja drugih članova. Na temelju izmjerene brzine gibanja galaksija u Mjesnoj grupi, astronomi su procijenili da je njezina ukupna masa desetak puta veća od mase vidljivih zvijezda, što govori da u njoj zacijelo ima mnogo nevidljive mase odnosno materije koja ne emitira nikakvu svjetlost.

Galaksije Mjesne grupe astronomima su posebno zanimljive zbog njihove blizine i raznolikosti, tako imamo: superdivovske spiralne tipa Sc i Sb, nepravilne galaksije tipa I i II, patuljaste eliptične galaksije. Nažalost, u Mjesnoj grupi nema spirala Sa, spirala sa središnjom prečkom ni golemih eliptičnih galaksija.

U tablici 1. nalazi se popis svih dosad poznatih galaksija Mjesne grupe. Pretpostavlja se da još ima najmanje petnaest do dvadeset patuljastih galaksija koje još nisu otkrivene.

### Magellanovi oblaci

U najbližem susjedstvu Mliječnog puta nalazimo dvije patuljaste galaksije nepravilna oblika: Mali i Veliki Magellanov oblak. Njih je u 16. stoljeću prvi opisao portugalski pomorac Antonio Pigafetta na svom putu prema južnoj Africi. Kasnije su one

dobile ime u čast Ferdinanda Magellana, čija je flota prva obišla svijet (1519. - 1521.).

Magellanovi su oblaci vidljivi golim okom kao dvije magličaste pjege na noćnom nebu iznad južne polutke. Veliki Magellanov oblak (sl. 2.a) nalazi se u zviježđu zvanom Dorado (Zlatne ribe) i udaljen je od nas oko 165 000 svjetlosnih godina, dok se Mali oblak (sl. 2.b) nalazi u zviježđu Tucana (Tukan) na udaljenosti 210 000 svjetlosnih godina. Promjeri su im 20 500, odnosno 10 200 godina svjetlosti. Budući da su relativno blizu, u tim našim susjedima jasno vidimo zvijezde i oblake plina, a oni su astronomima uvelike pomogli da otkriju svojstva zvijezda i galaksija.

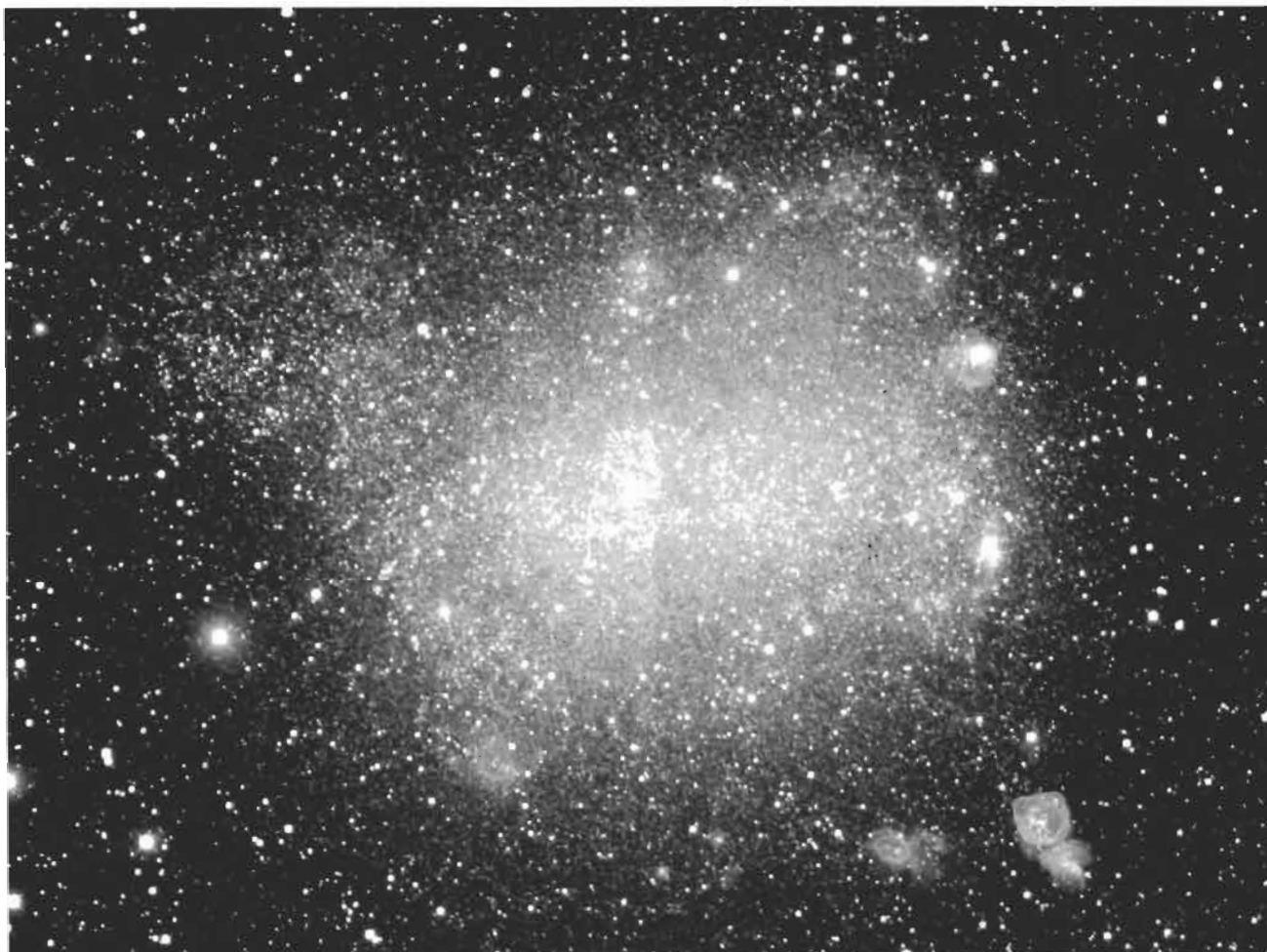
Prva istraživanja Magellanovih oblaka počela su pri opservatoriju Harvard u SAD-u, koji je postavio promatračnicu u Peruu opremljenu 60-centimetarskim teleskopom. Henrietta S. Leavitt je 1908. godine u Malom Magellanovu oblaku prepoznala cefeide, što je omogućilo mjerenja udaljenosti do više milijuna godina svjetlosti.

Prisutnost velikog broja crvenih, žutih i modrih superdivova kazuje da se u obje galaksije još uvijek intenzivno rađaju zvijezde. Modri superdivovi vrlo su sjajni, mnogi od njih 10 000 puta sjajniji od Sunca. Oni neštedimice troše svoje gorivo, tako da im životni vijek traje tek nekoliko desetaka milijuna godina, što je u evoluciji zvijezda vrlo kratko razdoblje. Jedna od takvih golemih zvijezda, koja je 1987. godine eksplodirala u Velikom Magellanovu oblaku znamenita je Supernova 1987A. U Velikom oblaku nalazi se donedavno najsajjnija poznata zvijezda. To je HD 33579 ili S Doradus, taj bijeli usijani superdiv sja kao milijun sunaca. Inače sjajnija od nje je zvijezda nazvana Pistol star, opažena Hubbleovim svemirskim teleskopom blizu središta naše galaksije. Ona je čak 10 milijuna puta sjajnija od Sunca i u samo šest sekundi oslobodi više energije nego Sunce u jednoj godini!

U Magellanovim oblacima, posebno u Velikom, otkriveno je oko 500 divovskih plinovitih maglica. Ti golemi oblaci plina vrlo su važne "tvornice zvijezda". Jedna od najpoznatijih je maglica Tarantula ili 30 Doradus, koja je ujedno i najveća poznata emisijska maglica. Promjeri najvećih takvih maglica u Mliječnom putu ne premašuju 20 svjetlosnih godina a masa im je jedva 100 sunaca. Maglica Tarantula ima promjer od 800 i više svjetlosnih godina i masu 500 000 sunaca! Kada bi se nalazila na mjestu poznate Orionove maglice, Tarantula bi bila veća od cijelog zviježđa Orion, a sjala bi jače od punog Mjeseca. Taj oblak plina zagrijavaju vruće mlade zvijezde: jato u njegovu središtu sadržava više od stotinu zvijezda, svaka mase veće od 50 sunaca.

U Magellanovim oblacima otkriveno je mnogo otvorenih i kuglastih skupova zvijezda. Još je 1833. godine John F. W. Herschel, koji je putovao u Južnu Afriku kako bi promatrao Magellanove oblake, izbrojio u Velikom oblaku 919 a u Malom 214 zvjezdanih skupova i plinovitih maglica. U naše vrijeme u kataloge je uvršteno oko 3000 zvjezdanih skupova i maglica koje pripadaju Magellanovim oblacima.

Oba Magellanova oblaka kruže oko Galaksije u eliptičnim stazama. Velikom Magellanovu oblaku za jedan okret oko Mliječnog puta trebaju 2,5 milijarde godina. Njegova vrlo izdužena eliptična putanja uvelike se približava masivnom halou naše galaksije. Zbog toga Veliki oblak, svaki put kad mu se približi, gravitacijske sile naše Galaksije razdiru u krpice. One mu "isišu" dugačak rep krhotina, sastavljen od zvjezdanih skupova i plina. Tako je nastao Magellanski potok: 200 000 svjetlosnih godina dugi tok materije izvučene iz Velikom oblaku,



Sl. 3. Mala nepravilna galaksija NGC6822 (Barnardova galaksija) u zviježdu Strijelca udaljena je od nas 1,6 milijuna svjetlosnih godina. Na ovoj fotografiji snimljenoj 4-metarskim teleskopom La Serena, Čile, vidimo mnoštvo mladih zvijezda plave boje, vrlo masivnih i nekoliko maglica u kojima se radaju zvijezde. Snimka: NOAO/AURA/NSF.

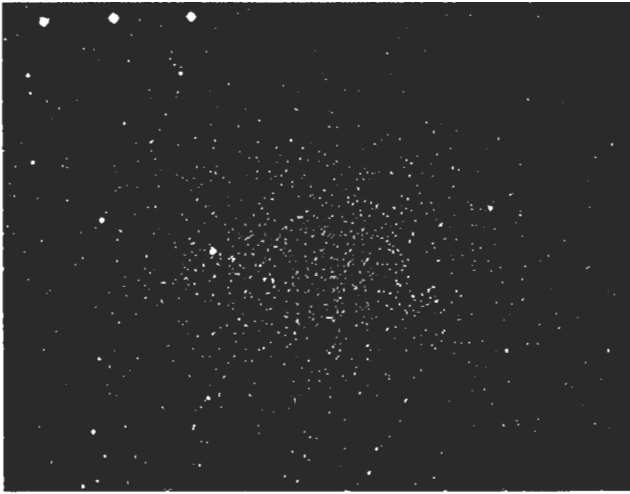
koja pada prema našoj galaksiji. Mali oblak doživljava sličnu sudbinu. Stoga su ove satelitske galaksije nalik divovskim kometima, kometima u galaktičkim razmjerima. Predviđa se da će Mliječni put u sljedećih desetak milijardi godina progutati svu materiju Magellanovih oblaka.

### Patuljaste galaksije

U neposrednom susjedstvu našega galaktičkog sustava nađeno je još nekoliko malih satelitskih galaksija, takozvanih eliptičnih sferoida koje možemo smatrati pratiocima Mliječnog puta. Premda su blizu, zbog njihova slabog površinskog sjaja bilo ih je teško otkriti. Prva patuljasta galaksija otkrivena je 1937. godine s južne promatračnice Harvardskog opservatorija u Boydenu (Južna Afrika). Prema zviježdu u kojem je otkrivena nazvana je sustavom u Scultoru. Prva promatranja pokazala su da se radi o patuljastoj galaksiji sastavljenoj od vrlo slabih zvijezda. Najsjajnije zvijezde bile su crvene boje i donekle slične zvijezdama koje grade kuglaste skupove. Međutim, za razliku od kuglastih skupova, gustoća ovog zvjezdane sustava vrlo je mala u usporedbi s njegovom veličinom. Istraživanja su pokazala da ukupni apsolutni sjaj sustava u Scultoru iznosi jedva -10,9 magnituda, što znači da je čitava ta galaksija slabijeg sjaja od samo jedne zvijezde iz Magellanova oblaka (S Doradus). Sustav u Scultoru udaljen je od nas 260 000 svjetlosnih godina.

Kasnije je otkriveno još nekoliko ovakvih sferoida, kao što je sustav u Fornaxu udaljen 450 000 godina svjetlosti, patuljaste galaksije u zviježdu Draco i zviježdu Ursa Minor, poznata Barnardova galaksija (sl. 3.), najudaljenije satelitske sferoide Leo I (sl. 4.) i Leo II i mnoge druge. Zvjezdane populacije koje opažamo u ovim čudnim patuljastim galaksijama slične su onima u eliptičnim galaksijama. Međutim, u njima je vrlo malo zvijezda, između 100 000 i nekoliko milijuna. To znači da njihove mase nisu mnogo veće od masa kuglastih skupova u Mliječnom putu. Većina tih galaksija je mrtva, tj. sve zvijezde u njima vrlo su stare, a nema naznaka stvaranja novih zvijezda. Objašnjenje se može naći u maloj masi i gustoći, a u Mliječnom putu zvijezde se rađaju iz plina koji ispuštaju starije zvijezde, u tim patuljcima nema dovoljno mase, stoga ni gravitacije koja bi plin zadržala.

Sve do 1994. godine mislilo se da su Magellanovi oblaci nama najbliže galaksije. Tada je posve slučajno otkrivena galaksija u našoj galaksiji! Na udaljenosti od samo 78 000 svjetlosnih godina, skriveni iza središta naše galaksije, nalaze se ostaci slične galaksije zvane Strijelčev patuljak (Sagittarius Dwarf) koja se u dalekoj prošlosti sudarila s našom galaksijom. Plimne sile Mliječnog puta rastočile su tu patuljastu galaksiju, pa se danas može prepoznati samo njezino kompaktno središte koje bi se, da nije tamo gdje jest, na našem nebu vidjelo pod kutom od čak 20° (oko 40 Mjesečevih promjera). Promjer



Sl. 4. Patuljasta sferoida Leo (Lav) I najudaljeniji je satelit Mliječnog puta, većina malih članica Mjesne grupe slična je tom objektu. Sve velike spiralne galaksije vjerojatno su okružene mnoštvom patuljastih sferoida, međutim one su preslaba sjaja da bismo ih opazili izvan Mjesne grupe. Snimka: Anglo-Australian Observatory.

ostataka spomenute galaksije iznosi, po najduljoj osi, čak četvrtinu promjera Mliječnog puta. Masa joj, međutim, iznosi samo tisućiti dio mase naše galaksije. Procjenjuje se da će se zvijezde Strijelčeva patuljka stopiti u Mliječni put u sljedećih 100 milijuna godina, a njegovi će se ostatci u obliku skupina zvijezda koje se kreću zajedno biti moguće razaznati još najmanje milijardu godina. Neki astronomi drže da je halo naše

galaksije nastao usljed niza takvih sudara s patuljastim galaksijama te da su mnogi kuglasti skupovi zapravo pridošlice iz drugih galaksija.

### Andromedina galaksija

Među drugim galaksijama najpoznatija je Andromedina galaksija (sl. 5.) - najveća galaksija u našoj Mjesnoj grupi a ujedno i jedna od najvećih poznatih spiralnih galaksija. Ona se kao magličast oblačak, otprilike veličine punog Mjeseca, može pronaći u zvijezdu Andromede u tamnim noćima kasne jeseni kad je gotovo u zenitu. To je najudaljeniji objekt vidljiv golim okom. Pripada u superdivovske spiralne galaksije tipa Sb. Iz sjajne jezgre odvajaju se dva umjereno razvijena spiralna kraka. Tijesno priliježu uz središnje ispučenje i polako se od njega udaljavaju. U spiralnih galaksija tipa Sc pomoću metode cefeida i iz sjaja zvijezda tipa "novae" izmjerena je udaljenost Andromedine galaksije. Nađeno je da je od nas udaljena 2650 000 svjetlosnih godina, što znači da je desetak puta dalje od Magellanovih oblaka.

U odnosu na naš smjer gledanja nagnuta je pod kutom od 15 stupnjeva, gledamo je sa strane pa je teško razabrati njezin spiralni ustroj. U manjim teleskopima vidi se samo njezina sjajna jezgra, a rubna područja postanu vidljiva tek na snimkama dobivenima dugom ekspozicijom. Promjer Andromedine galaksije na nebeskom svodu iznosi oko 7 stupnjeva, što na toj udaljenosti odgovara stvarnom promjeru od 200 000 godina svjetlosti - dakle dvaput premašuje veličinu našeg zvjezdanog sustava.

U spiralnim kracima prevladavaju modri divovi i superdivovi, promjenljive zvijezde raznih tipova. Svake se godine u njoj po-



Sl. 5. Andromedina galaksija M31 najveća je galaksija u našoj Mjesnog grupi. Vide se i njezine dvije satelitske galaksije: M32 (gore lijevo) i NGC 205 (dolje desno). Snimio Cord Scholz.



Sl. 6. Spiralna galaksija M33 nalazi se u zviježđu Triangulumu (Trokut). Veličinom je treća galaksija Mjesne grupe, ima samo desetinu zvijezda Andromede, odnosno polovicu zvijezda Mliječnog puta. Snimio Chord Sholz.

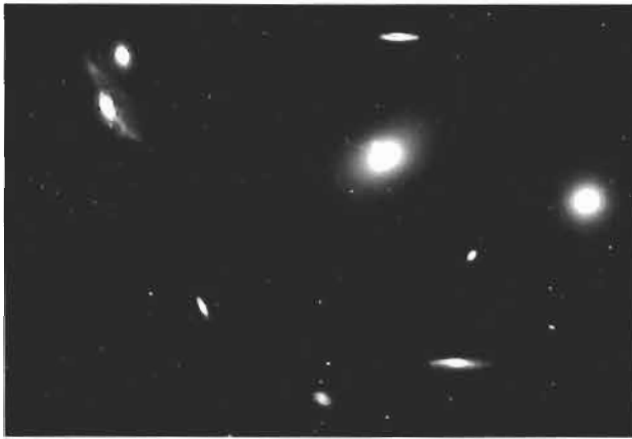


Sl. 7. Skupina od pet galaksija u Pegazu, poznata kao Stephanov kvintet. Jedna od tih galaksija (NGC7320) mnogo je bliža nego preostale četiri koje imaju približno jednake crvene pomake. Snimka: NOAO.

javi tridesetak eksplozija novih. To je vrlo značajan podatak jer pokazuje učestalost eksplozija novih u galaksijama Sb tipa a možda i tipa Sc. I u našoj galaksiji trebalo bi se svake godine pojaviti približno toliko novih, međutim većinu njih ne možemo vidjeti zbog silne apsorpcije svjetlosti u blizini galaktičke ravnine, gdje se nove najčešće pojavljuju.

U Andromedinoj galaksiji nađeno je više od 300 zvjezdanih skupova i asocijacija. Skup koji označujemo kao G1 najsjajniji je otvoreni skup zvijezda u Mjesnoj grupi galaksija. Opaženo je mnogo svijetlih i tamnih oblaka međuzvezdanog plina i prašine. Posebno se ističu oblaci vodika koji je obilno zastupljen u svim spiralnim galaksijama. Masa Andromedine galaksije, određena na temelju mjerenja 21-cm zračenja i Dopplerova pomaka uslijed rotacije, iznosi oko 350 milijardi masa Sunca. U tome je udio međuzvezdanog plina oko jedan posto. Očito da je Andromedina galaksija iscrpla sirovinu za proizvodnju zvijezda više nego naš zvjezdani sustav. Možda bi se iz toga moglo zaključiti da je Andromedina galaksija nešto starija od naše ili je možda proces nastajanja zvijezda u njoj brže tekao nego u našoj galaksiji.

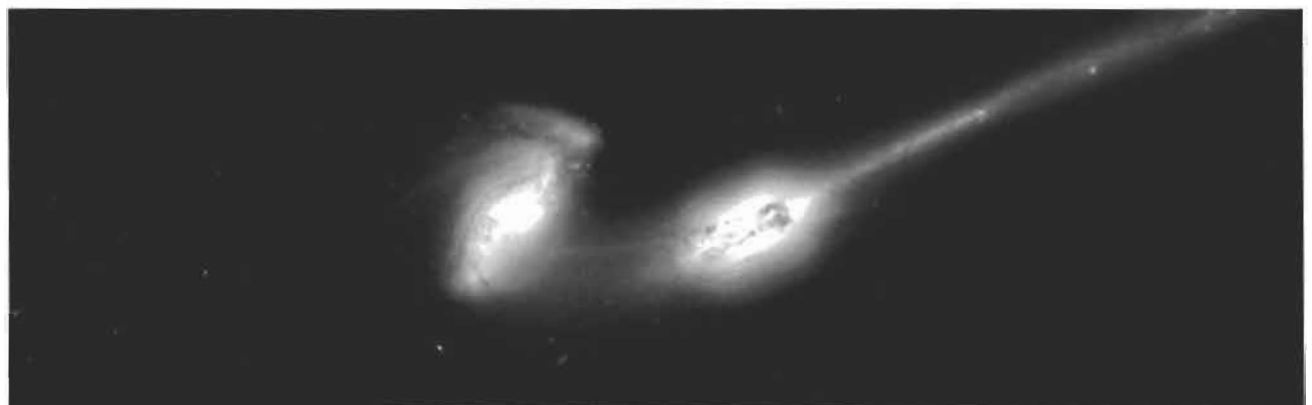
Hubbleovim svemirskim teleskopom otkriveno je da Andromedina galaksija ima dvostruku jezgru. Vjerojatno zbog toga što je "progutala" manju galaksiju. Ta dvostruka jezgra mogla bi slutili na postojanje snažne dinamičke aktivnosti, čestih sudara, u ranijem razdoblju Mjesne grupe. Međutim, mogla bi biti i svojevrsna optička varka koju stvara tamni oblak prašine koji okružuje jezgru



Sl. 8. Skup Virgo, udaljen 50 milijuna svjetlosnih godina, najbliži nam je veliki skup galaksija. U središnjem dijelu skupa nalaze se tri goleme eliptične galaksije, one su vjerojatno nastale stapanjem i sudarima s manjim galaksijama. Snimka: ISP.



Sl. 9. Galaksije su posebno gusto raspoređene u središtu skupa Coma koji sadržava više tisuća velikih galaksija. Gotovo sve galaksije u ovom skupu su eliptične. Na fotografiji su posebno uočljive dvije divovske galaksije, obje promjera većeg od 250 000 svjetlosnih godina i mase mnogo veće od bilo koje galaksije u skupu Virgo. Snimka: ISP.



Sl. 10. Sudari i stapanja galaksija česta su pojava u svemiru. Na slici vidimo bliski susret dviju gotovo jednakih galaksija (NGC 4676) u zviježdu Coma Berinicus. Uslijed sudara galaktičkih oblaka plina intenzivno se stvaraju nove zvijezde koje galaksijama daju modru boju. Foto: NASA/HST.

Mjerenja Dopplerova pomaka pokazuju da se Andromedina galaksija približava našem Mliječnom putu brzinom od oko 300 km/s. Ne brinite se, prema najnovijim kompjutorskim simulacijama sudar se očekuje tek za oko 3 milijarde godina. Tada će se te dvije spiralne galaksije stopiti u jednu veliku eliptičnu. Dok stapanje završi, Sunce će već biti u fazi crvenog diva. Inače na rendgenskim snimkama, načinjenima s američkog satelita Chandra, u blizini središta Andromedine galaksije uočene su pojave koje bi mogle upućivati na prisutnost crne rupe od približno milijun Sunčevih masa.

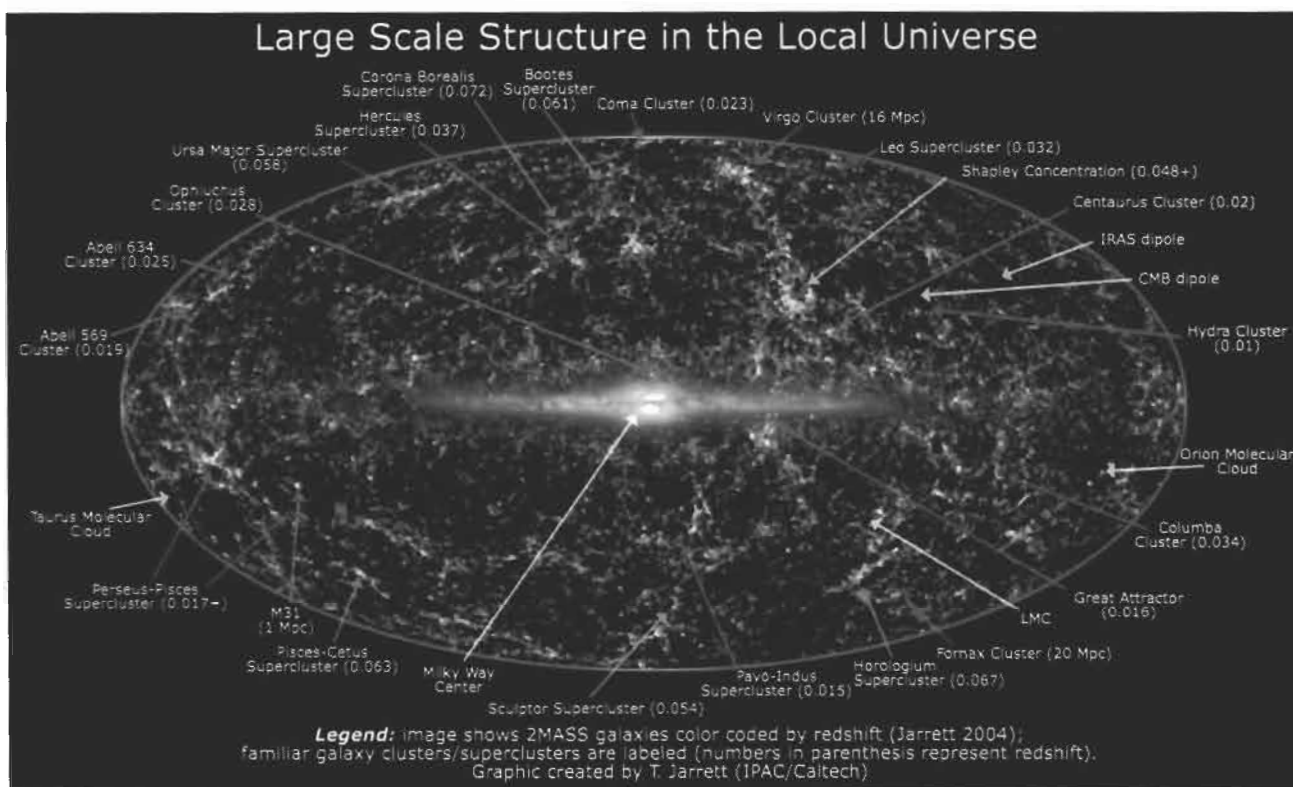
Galaksija u Andromedi ima desetak malih pratilaca i svi su eliptične galaksije, za razliku od Magellanovih oblaka koji su nepravilni. Ti se patuljasti sustavi mogu zamijetiti samo najvećim teleskopima, i to tek nakon dugog snimanja. Dva sjajnija i njoj bliža pratioca, eliptične galaksije NGC 205 i M32, vide se i malim teleskopima. Opaženo je gravitacijsko međudjelovanje između Andromedine galaksije i M32 koje uzrokuje nestabilnosti u spiralnoj strukturi velike galaksije. Kompjutorske simulacije pokazuju da bi nestabilnosti mogle biti nagovještaj njihova skorog bliskog susreta. S obzirom na to da i Andromedina galaksija, kao i naša, ima bliske pratiocice, može se reći da je to vrlo rasprostranjena pojava među galaksijama. Golema masa, jaka gravitacija divovskih galaksija, privlači manje okolne galaksije.

Sljedeći nam je najbliži zvjezdani sustav u ovom dijelu svemira lijepa spiralna galaksija M33 u zviježdu Triangulum (sl. 6.), čiji je promjer 46 000 godina svjetlosti. Udaljena je od nas 2,85 milijuna godina svjetlosti. Pripada u tip Sc sa vrlo razvijenim spiralnim kracima i malom jezgrom. Taj zvjezdani grad sadržava oko 50 milijardi zvijezda, među kojima prevladavaju pripadnice mlade populacije spektralnih razreda O i B. U spiralnim kracima opaženi su brojni otvoreni skupovi, delta-cefeide, oblaci neutralnog i ioniziranog vodika, među kojima se ističe sjajna maglica NGC 604, jedno od najzvučnijih poznatih mjesta rađanja zvijezda.

### Skupovi galaksija

Zaputimo li se izvan Mjesne grupe, otkrit ćemo malu skupinu galaksija poznatu kao Stephanov kvintet i u njemu dvije isprepletene galaksije (sl. 7). Pođemo li, međutim, dalje, opaziti ćemo mnogo veće skupove. Neki od tih skupova su pravilni, otprilike kuglastog (sfernog) oblika i sadržavaju uglavnom eliptične galaksije. Drugi su nepravilne nakupine većinom nepravilnih i spiralnih galaksija. Sve galaksije jednog skupa povezane su gravitacijom. Poneki skup može sadržavati sto-





Sl. 11. Galaksije su udružene u veleskupove, raspoređene u slojeve i vrpce, između kojih su golemo prazna prostranstva. Ova karta prikazuje strukturu našeg dijela svemira i položaj Mliječnog puta. Preuzeto iz: 2MASS Extended Source Catalog.

tine pa i tisuće galaksija, kao što je, na primjer, nama najbliži veliki galaktički skup u zvijezdu Virgo (Djevica) čije je središte udaljeno od nas 52 milijuna godina svjetlosti

Nepravilni skup galaksija Virgo (sl. 8) golem je, s promjerom od 7 milijuna godina svjetlosti a promatran s naše udaljenosti prekriva dio neba koliko i 200 Mjesečevih površina. Taj skup ima oko 160 velikih galaksija i tisuće manjih. Najstaknutije su među njima tri eliptične galaksije: M 84, M 86 i M 87, koje je još krajem 18. stoljeća u svoj popis unio Charles Messier. Te su galaksije zaista goleme, najveća od njih, M 87, velika je kao čitava naša Mjesna grupa a nalazi se u središtu skupa. Skup Virgo je tako masivan da njegova gravitacija na okupu ne drži samo njegovo mnogobrojno članstvo nego djeluje sve do naše Mjesne grupe, koju vuče prema sebi. Nepravilni skupovi nemaju lako uočljivu jezgru, približno su iste veličine kao sferni, ali imaju znatno manju masu – najčešće od  $10^{12}$  do  $10^{14}$  Sunčevih masa.

Još dalje, na udaljenosti od oko 290 milijuna svjetlosnih godina, naići ćemo na golem galaktički skup u zvijezdu Coma Berenices (Berenikina kosa). To je nama najbliži sferni skup Coma (sl. 9), u kojem nalazimo više od 30 000 uglavnom eliptičnih i spiralnih S0 galaksija. Promjer skupa je oko 100 milijuna svjetlosnih godina. Čini se da je skup podijeljen u dvije skupine okupljene oko dviju divovskih eliptičnih galaksija. Moguće je da je skup u Berenikinoj kosi nastao davnim stapanjem dvaju otprilike jednako velikih skupova. Slične osobine sastava opažaju se i u drugom sfernom i vrlo gustom skupu u zvijezdu zvanom Corona Borealis (Sjeverna kruna).

Pravilni skupovi imaju zgusnutu jezgru i dobro uočljivu sfernu strukturu. Vrlo su masivni, mogu imati i do milijun milijardi Sunčevih masa. Zahvaljujući velikom površinskom sjaju opažaju

se do udaljenosti od više milijardi godina svjetlosti. U njihovim središtima prevladavaju eliptične galaksije, spiralne galaksije su malobrojne, uočljive samo na periferiji skupa. Takav raspored može biti posljedica čestih sudara među galaksijama tijekom kojih su se negdašnje spiralne galaksije stopile u eliptične. Naime, u sfernim skupovima gdje broj galaksija raste prema središtu slično zgušnjavanju zvijezda u kuglastim skupovima, dolazi do bliskih susreta i sudara među galaksijama. Tako na primjer u središnjem dijelu skupa Pegasus (Pegaz), galaksije su tako tijesno raspoređene da se gotovo međusobno dodiruju, gustoća unutar skupa 40 000 puta je veća od srednje gustoće u svemirskom prostoru (0,05 galaksija na 1 kubični megaparsek). Vrlo velika gustoća galaksija zapaža se i u središtu skupa Corona Borealis. Prema tome galaksije se u skupovima oblikuju ne samo normalnim, vlastiti razvojem već i sudarnim razvojem. Prilikom sudara galaksija ne sudaraju se zvijezde jer su one veoma razmaknute u odnosu na vlastite dimenzije, nego se sudaraju oblaci međuzvezdane tvari (sl. 10). S obzirom na to da galaksije pri sudaru izgube svoj plin, postupno nestaju i njihovi spiralni krakovi. Pri sudaru, u procesu koji se naziva "galaktički kanibalizam" kada se mase galaksija zbrajaju, odnosno jedna galaksija raste na račun druge, u prenatrpanom središnjem području skupa mogu nastati goleme cD eliptične galaksije ponekad s višestrukim jezgrama.

Veći skupovi sadržavaju znatnu količinu međugalaktičke tvari. Ustanovljena je rendgenskim zračenjem koje emitira vrlo vruć međugalaktički ionizirani plin, zagrijan na temperaturu od 10 do 100 milijuna kelvina. Kemijski mu je sastav sličan kemijskom sastavu zvijezda. Iako je plin rijedak jer se prostire na golemom prostoru, bitno pridonosi masi skupa. Iz nekih se galaksija plin izdvaja, time obogaćuje međugalaktički prostor

težim elementima, a zatim prelazi na masivnije galaksije. Nije slučajno da se u središtu skupova redovito nađu i najmasivnije galaksije i galaksije najveće aktivnosti. Ipak središnji izvor međugalaktičke tvari jesu već spomenuti sudari galaksija.

Masa skupa određuje se prema brzini gibanja galaksija u odnosu na središte skupa, i iz luminoznosti galaksija. Brzine galaksija u skupu su oko 1000 km/s. Zbraja li se masa skupa iz mase koja se nalazi u vidljivim zvijezdama, najčešće se nalazi masa skupova manja od dinamičke, a to kazuje da su golemi galaktički skupovi, kakav je primjerice skup Coma, sazđani uglavnom od materije koja ne emitira nikakvu svjetlost. Izračuni pokazuju da nevidljiva tamna materija čini čak 90 posto sveukupne materije svemira.

S obzirom na to da se skupovi galaksija nalaze na golemim udaljenostima od nas (tabl. 2.), njihove se udaljenosti određuju na osnovi pomaka spektralnih linija prema crvenom odnosno Hubbleovim zakonom. U određivanju udaljenosti može pomoći činjenica da je apsolutni sjaj najsajnijih galaksija u svim skupovima približno jednak. Poznavajući apsolutni sjaj objekta i njegov prividni sjaj na nebu koji je lako izmjeriti, pomoću formule koja povezuje te dvije veličine, nalazimo udaljenost. Slično se za određivanje udaljenosti mogu iskoristiti i

eksplozije supernovih koje se povremeno opažaju u galaksijama članicama skupa.

Prema obliku, skupovi galaksija donekle su slični otvorenim zvjezdanim skupovima, samo što ovdje umjesto zvijezda imamo galaksije. Izrazito gustih skupova usporedivih s kuglastim skupovima zvijezda nema. Granice galaktičkih skupova prilično su neodređene. Jedan od problema prilikom istraživanja nekog skupa galaksija jest taj što se oni često projiciraju jedan na drugi, tj. na istom pravcu mogu se naći nama bliži i neki znatno udaljeniji skup. Također možemo govoriti o tzv. "općem polju galaksija", čija je gustoća približno jednaka na svim područjima neba, pa i one unose nejasnoće pri određivanju brojnosti članova skupa.

### Veleskupovi i beskraj

Što dublje zalazimo u svemir, otkrivamo sve novije skupove galaksija. Kamogod se okrenuli, nailazimo na silne galaksije rasute kao prašina. Gotovo sve se galaksije nalaze u skupovima. Astronomi su otkrili da se i skupovi galaksija udružuju u još veće skupine, koje nazivamo veleskupovima ili super-skupovima. Oni su vrlo složena oblika – kao vlakna i uzlovi.



Sl. 12. Milijuni galaksija gibaju se prema Velikom privlačitelju, uključujući veleskup Virgo kojemu pripadamo. Skup galaksija Abel 3627 nalazi se u središnjem dijelu Velikog privlačitelja. Snimka: La Silla Observatory, ESO.



**Tablica 1. Naše galaktičko susjedstvo: Mjesna grupa galaksija**

Naziv galaksije	Galaktička longituda (°)	Galaktička latituda (°)	Udaljenost u tisućama s.g.	Promjer u tisućama s.g.	Tip (prema Hubbleru)	Vizualna magnituda	Godina otkrića
Mliječni put	0	0	26±2	90	Sb I-II	-	pretpov
Sagittarius Sph dw	5 6	-14 1	78+7	10	dSph	-	1994
Veliki Magellanov oblak	280.5	-32 9	170 ± 10	30	Irr III-IV	0,1	pretpov
Mali Magellanov oblak	302 8	-44 3	210±10	16	Irr IV-V	2,3	pretpov
Ursa Minor dw	105 0	+44.8	215±10	2	dSph	10,9	1954
Sculptor dw	287.5	-83 2	258±13	3	dSph	10,5p	1937
Draco dw	86 4	+34 7	267±20	3	dSph	9,9	1954
Sextans dw	243 5	+42 3	280±13	4	dSph		1990
Carina dw	260 1	-22 2	329+16	2	dSph	20,9p	1977
Fornax dw	237.1	-65 7	450+26	6	dSph	8,1	1938.
Leo II	220 2	+67 2	669±39	3	dSph	-	1950.
Leo I	226 0	+49 1	815±100	3	dSph	9,8	1950
Phoenix dw	272.2	-68 9	1450±100	2	dlrr/dSph	-	1976
NGC 6822	25.3	-18.4	1600±130	8	Irr IV-V	9	1884
And II	128 9	-29 2	1710±360	2	dSph	13	1970
NGC 185	120.8	-14 5	2020±80	8	dSph/dE3p	9,2	1787
Leo A	196.9	+52 4	2250±325	4	dlrr	-	c1940.
And VII	109.5	-10 0	2250±?	2	dSph	-	1999
IC 1613	129.8	-60.6	2285±115	10	Irr V	9,2	c1890
NGC 147	119.8	-14 3	2365±145	10	dSph/dE5	9,5	c1830
And III	119.3	-26 2	2480±130	3	dSph	13,5	1970.
Cetus dw	101.4	-72 8	2530±160	3	dSph	-	1999.
And VI	106.1	-36 3	2540±?	3	dSph	-	1998.
Aquarius dw	34.0	-31 3	2610±815	2	dlrr/dSph	13,9	c1955.
M32	121 2	-22.0	2625±115	8	dE2	8,1	1749
And I	121.7	-24 9	2625±130	2	dSph	13,2	1970
And V	126.2	-15 1	2640±?	?	dSph	-	1998.
LGS 3	126.8	-40.9	2640±195	2	dlrr/dSph	15,4p	1978
Andromedina galaksija	121.2	-21 6	2650±160	140	Sb I-II	3,4	c1964.
M110	120.7	-21.7	2660±115	15	dSph/dE5p	8,5	1773
IC 10	119.0	-3 3	2690±165	8	dlrr	10,3	c1890
M33	133.6	-31 3	2850±150	55	Sc II-III	5,7	1654.
Tucana dw	322.9	-47.4	2870±130	2	dSph	-	1990.
WLM	75.9	-73.6	3015±130	10	Irr IV-V	-	1909.
Pegasus dw	94.8	-43.5	3115±165	6	dlrr/dSph	-	-
Sagittarius dw Irr	21.1	-16 3	3460±520	3	dlrr	15	1977.
Antlia dw	263 1	+22.3	4030±210	3	dlrr/dSph	14,8	1997.
NGC 3109	262 1	+23.1	4075±540	25	Irr IV-V	10p	-
EGB 0427+63	144 7	-10.5	4240±2280	3	dlrr	-	-
UKS 2323-326	11.9	-70.9	4305±1140	3	dlrr	-	1978
Sextans B	233.2	+43.8	4385±325	8	dlrr	-	-
Sextans A	246.2	+39.9	4695±360	10	dlrr	-	-
NGC 55	332 7	-75.7	4825±490	40	Irr IV	-	-
IC 5152	343.9	-50 2	5185±650	8	dlrr	10,6	c1900
GR 8	310 7	+77 0	5185±1955	2	dlrr	14,5	1959

Oznaka dw - dwarf u nazivu označuje patuljstu galaksiju. Prema Hubbleovoj klasifikaciji slovo S označuje spiralnu galaksiju, E eliptičnu i Irr nepravilnu galaksiju. Udaljenosti i promjeri su približni. Podatci za Mliječni put odnose se na galaktičko središte u Strijelcu.

**Tablica 2. Važni skupovi galaksija**

Ime	Ekvatorijalne koordinate (2000,0)		Galaktičke koordinate		Crveni pomak	Udaljenost u milijunima	Promjer u milijunima	Zvijezde
	RA	DEC	L	B	z	s.g.*	s.g.	
Virgo	12,5h	+11,5°	10,4°	-2°	-	52	11	Vir
Fornax I	03,5	-35,5	263	-41	-	55	8	For
Centaurus	13,0	-32	148	-7	0,014	194	150	Cen-Hya
Perseus-Pisces	02,5	+40	341	-8	0,016	222	100	Per-And
Pavo-Indus	20,6	-37	230	+32	0,017	235	100	Ind-Mic
Coma	12,4	+24	91	-1	0,021	290	100	Com-Leo
Hercules	16,4	+37	77	+50	0,030	413	100	Her-CrB
Leo	11,1	+23	85	-18	0,032	440	150	Leo-UMa
Shapley	13,4	-30	147	-2	0,048	654	200	Cen-Hya
Ursa Major	11,8	+56	59	+4	0,058	787	200	UMa
Pisces-Cetus	00,6	-21	275	-1	0,060	813	350	Sci-Cet
Bootes	13,9	+24	96	+20	0,061	826	150	Boo
Horologium	03,5	-48	247	-37	0,067	905	550	Hor-Eri
Corona Borealis	15,4	+30	90	+40	0,072	970	250	CrB

Najčešće se sastoje od nekoliko desetaka manjih ili većih skupova, između kojih se mogu naći osamljene galaksije.

Tipičan veleskup rastegnut je u svemirskom prostoru 100 milijuna do 300 milijuna svjetlosnih godina. Naša Mjesna grupa galaksija član je Mjesnog veleskupa čiji je promjer oko 100 milijuna svjetlosnih godina. Težište toga golemog sustava je u skupu Virgo a mi smo na njegovu vanjskom dijelu. Mjesni veleskup ima oko 20 000 članova, ne računajući patuljaste galaksije. Sastoji se od 11 glavnih „oblaka“ povezanih u plosnati ustroj deset puta veće širine od debljine. Naša Mjesna skupina galaksija pada brzinom od 250 km/s prema središtu veleskupa.

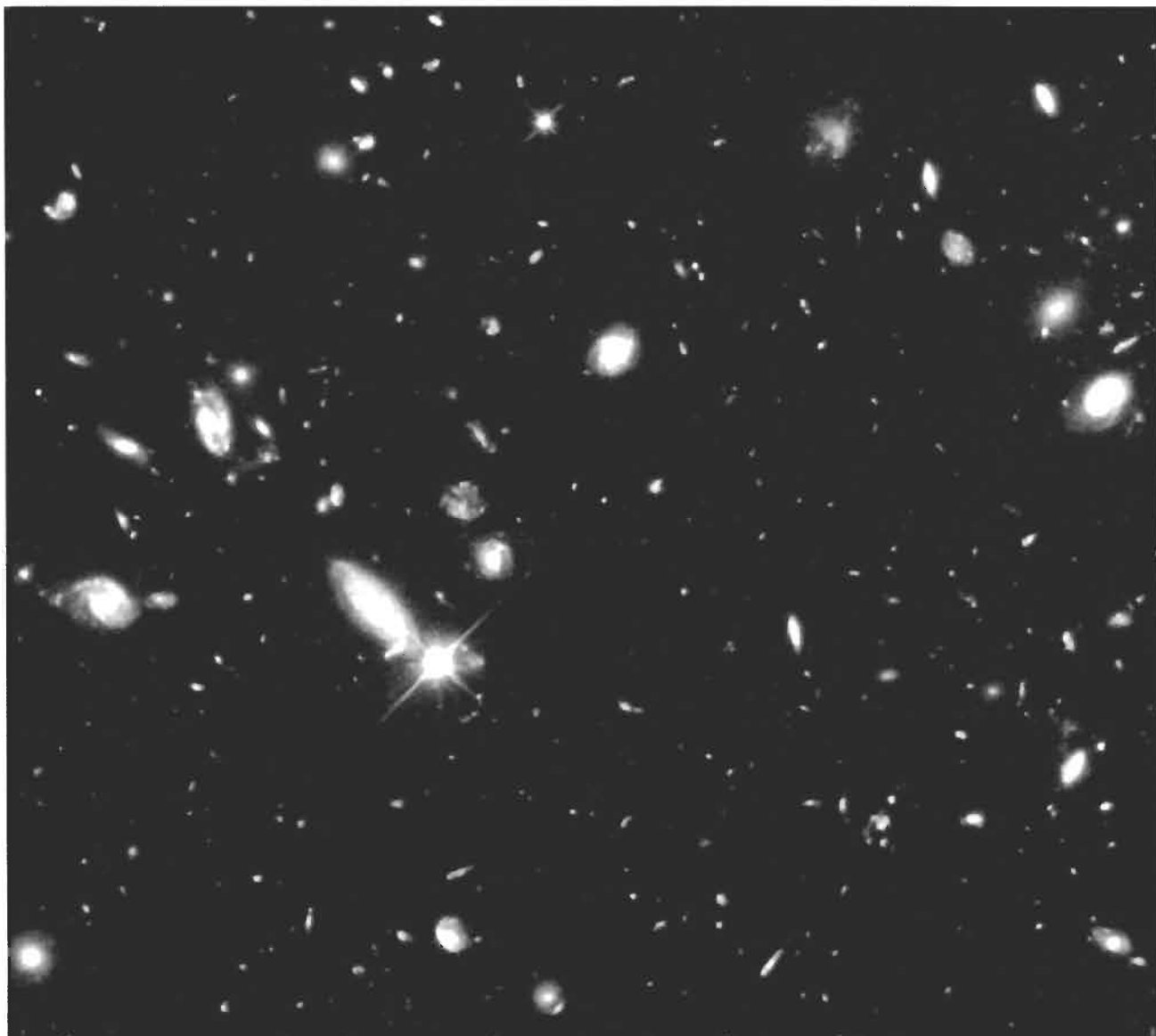
Najveći veleskupovi, kakav je onaj u čijem je središtu skup Coma, promjerom dosežu 350 milijuna svjetlosnih godina. Veleskup Centaurus (Kentaur) nama je najbliži veleskup. To je vrlo dugačak veleskup koji se pruža od nas. Novija istraživanja pokazuju da se i veleskup Centaurus sastoji od dva zasebna skupa koji se nalaze jedan nasuprot drugome.

Veleskupovi nisu izdvojeni u svemiru, već - zajedno s mnogim manjim nakupinama galaksija - oblikuju prostornu mrežu odnosno saće, unutar kojih se nalaze velike praznine - prostor praktički bez galaksija i bez tvari (sl. 11.). Stoga svemir izgleda kao spužva. Najveći veleskupovi smještaju se u uzlove mreže, manji u filamente između uzlova, tj. u "stijenke" prostorne mreže. Dimenzija oka mreže iznosi 150 milijuna do 300 milijuna, a stijenske su debljine 16 milijuna godina svjetlosti. Praznine unutar saća čine oko 90 posto volumena svemira. Najveća dosad pronađena praznina je praznina Bootes promjera 450 milijuna svjetlosnih godina.

Još jedna velika svemirska struktura sastavljena od galaksija jest takozvani Veliki zid (engl. Great Wall) Taj golemi galaktički sustav raspoređen je duž svemirskog prostora veličine oko 500x200x16 milijuna godina svjetlosti a udaljen je od nas oko 330 milijuna godina svjetlosti. Golemost Velikog zida znači i

veliku masu, čija gravitacijska sila uzrokuje promjene u gibanju galaksija izvan njega.

Mjerenja kozmičkoga mikrovalnog zračenja i brzina gibanja galaksija pokazuju da se i Mjesni veleskup giba zajedno s veleskupom Hydra - Centaurus i veleskupom Pavo - Indus, kao da ih privlači nešto veoma masivno što se nalazi, gledajući sa Zemlje, iza veleskupa Hydra - Centaurus. Što u tom dijelu svemira privlači milijune galaksija, odnosno izaziva poremećaje u njihovu gibanju koje zbog toga nije u skladu s Hubbleovim zakonom? Astronomi su krenuli u potragu za nevidljivim Velikim privlačiteljem (engl. Great Attractor). Proces izrade mape svemira na tom dijelu neba koji pripada takozvanoj zoni izbjegavanja znatno je otežavao Mliječni put, odnosno otežavali su veliki tamni oblaci plina i prašine u njegovu središtu. Naime, disk naše galaksije, koji mi na noćnom nebu vidimo kao trag blijeđe svjetlosti - Mliječni put, zaklanja pogled na čak 20 posto vrlo zanimljivog dijela svemira. Kozmolozi taj dio neba nazivaju zonom izbjegavanja (engl. zone of avoidance) zbog toga što se do prije nekoliko desetljeća na tom dijelu neba nisu mogli promatrati objekti iza Mliječnog puta. Najveći dio potrage proveden je u infracrvenom i radiovalnom području (zračenje međuzvezdanog neutralnog vodika na valnoj duljini 21,2 cm). Premda se u početku činilo da snažna gravitacijska sila dolazi od Velikog zida, nakon dugogodišnjeg "opkoljavanja", Veliki privlačitelj je lociran u smjeru zvijezda Centaurus i Norma. Veliki privlačitelj je vjerojatno golemi skup veleskupova, koji nam je bliže od Velikog zida, na udaljenosti 150 - 200 milijuna godina svjetlosti. Radi se zapravo o golemoj aglomeraciji materije promjera 400 milijuna svjetlosnih godina u čijem se središtu nalazi skup Norma ACO-Abell 3627 (sl. 12.). On je smješten na sjecištu dviju puno većih i masivnijih struktura - veleskupa Norma i zida Centaurus. Poremećaji u gibanju okolnih galaksija dokazuju da ukupna masa Velikog privlačitelja doseže čak oko  $3 \cdot 10^{16}$  sunaca, što odgovara masi 10 000 galaksija veličine Mliječnog puta. To je usporedivo s masom i



Sl. 13. Ova zadivljujuća fotografija snimljena je svemirskim teleskopom Hubble. Na slici koja obuhvaća djelić neba veličine 1/120 punog Mjeseca, vidimo najudaljenije objekte u svemiru – stotine galaksija najrazličitijih boja i oblika kakve su bile u ranom razdoblju svemira. Iznenaduje da već među njima nalazimo poznate oblike eliptičnih i spiralnih galaksija. Snimka: HST/NASA.

veličinom puno udaljenijeg skupa Coma, najvećeg u okolnom svemiru.

U naše vrijeme malo znamo o svojstvima, nastanku i razvoju veleskupova. Nejednolika ispunjenost prostora s tvari, mrežast, sačast odnosno mjehurast raspored skupova i veleskupova, ostatak je nehomogenosti još iz ranog doba svemira. Jesu li veliki "mjehuri" koji su imali promjer mnogo milijuna svjetlosnih godina, između veleskupova, doista prazni ili kriju tamnu materiju, još ne znamo. Na tako velikim udaljenostima, čak i najvećim teleskopima današnjice, možemo vidjeti samo najsjajnije galaksije (sl. 13.). Prema tome, skupovi veleskupova i praznine krajnje su strukture svemira koje možemo promatrati. Tako smo dosegli najviši stupanj na hijerarhijskoj ljestvici našega svijeta, a to je sav poznati svemir. Čovjeku zastane dah kad u moru nebrojnih galaksija, njihovih skupova i veleskupova, razmišlja o svojoj majušnosti u usporedbi s veličinom svemira. **P**

#### Literatura:

- Arny T. T.: Explorations: Astronomy, second edition 2000, McGraw Hill, New York, 2000.
- Bradley C., Dale A. O.: An Introduction to Modern Astrophysics, Addison Wesley, London, 1995.
- Couper H., Henbest N.: Space Encyclopedia, DK Limited, London, 2003
- Dekel A., Ostriker J. P.: Formation of Structure in the Universe, Cambridge University Press, New York, 1999.
- Lobo C., Roos M. S.: Galaxy Evolution in Groups and Clusters, Springer, New York, 2003.
- Oegerle W., Fitchett M.: Clusters of Galaxies, Cambridge University Press, 1990
- Saslaw W.: The Distribution of the Galaxies: Gravitational Clustering in Cosmology, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Časopis Priroda (engl. Nature Magazin) član je međunarodne udruge za razvoj i zaštitu okoliša



EARTHACTION

koju čine više od 800 skupina iz 109 zemalja.



PRIRODA je član UNEP-a (United Nations Environment Programme)

Clean up the world

PRIRODA je dobitnik godišnje nagrade Državne uprave za zaštitu okoliša 1995. i Nagrade grada Zagreba 2000.



EKO OSKAR

PRVI BROJ PRIRODE OBJAVLJEN JE U ZAGREBU 3. SRPNJA 1911. GODINE.

Izdavač: HRVATSKO  
PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO  
Zagreb, Frankopanska 1



Suizdavač: ORBIS d.o.o.  
Zagreb, Ilica 65

Predsjednik: dr. sc. Nikola LJUBEŠIĆ  
Dopredsjednik: dr. sc. Mladen JURAČIĆ  
Tajnica: dr. sc. Lidija ŠUMAN  
Rizničarka: dr. sc. Tatjana PREBEG

Uredništvo PRIRODE:

Glavni i tehnički urednik:

dr. sc. Oskar P. SPRINGER (01/48 26 266)

Urednici:

dr. vet. Mirta Balenović, dr. sc. Ljerka Regula-Bevilacqua, dr. sc. Vladimir Delić, dr. sc. Srećko Jelenić, dr. sc. Mladen Juračić, dr. sc. Nikola Juretić, dr. sc. Marina Kveder - Ilakovac, dr. med. Ivica Ružička, mr. sc. Milan Sijerković, dr. sc. Hrvoj Vančić, Nikolina Zlatković, dipl. ing. ekologije

Lektura: Zorka HORVATIĆ

Korektura i redakcija: Ana ČOP, apsol. HS

Tajništvo uredništva:

mr. sc. Lea ULM, prof. biol. i kem.  
Ivana OBAJDIN, dipl. oec.

Administracija PRIRODE: HR-10000 Zagreb,  
Rooseveltova trg 6,  
Tel. 48 77 733, Faks: 48 26 260

E-pošta: priroda@inet.hr

Internet: <http://www.inet.hr/~priroda>

Priroda izlazi potporom:

Ministarstva znanosti i tehnologije RH

Pretpлата za 2006.

Godišnja pretpлата za 12 brojeva iznosi 150 KUNA + poštanski troškovi 45 KUNA (ukupno 195 kn), polugodišnja pretpлата za 6 brojeva iznosi 75 KUNA + poštanski troškovi 23 KUNA (ukupno 98 kn). Godišnja pretpлата za inozemstvo je 40 EUR + poštarina.

Povjerenicima *Prirode* koji pretplate veći broj pretplatnika pripada provizija od 10% pretplatne cijene. Mjesečno im pripada i jedan besplatni primjerak *PRIRODE*!

Uplate u kunama molimo slati na žiro račun broj: 2360000-1101492395, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb, Frankopanska 1, za *PRIRODU*. Povjerenike iz Zagreba i okolice molimo da novac donesu na blagajnu u uredništvo, radi visokih troškova poštarine. Povjerenici van Zagreba mogu odbiti od svote koju šalju na naš žiro-račun iznos poštarine. Devizne uplate slati na račun: SWIFT-ZABA-HR-2X-2500-3231062.

Priprema i tisak: Tiskara ORBIS d.o.o., Zagreb, Ilica 65.

*PRIRODA* izlazi mjesečno početkom mjeseca.

## OBAVEZNA POMOĆNA LITERATURA ZA UČENIKE

Preporuka Ministarstva prosvjete i športa, 1. 7. 1993.

# PRIRODA

MJESEČNIK ZA POPULARIZACIJU PRIRODNIH ZNANOSTI I EKOLOGIJE HRVATSKOGA PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

Godište Broj Mjesec Godina Cijena  
96. 943. veljača (2) 2006. 15 kn

ISSN 0351-0662

### SADRŽAJ:

#### NASLOVNICA: PLANINSKI VRHOVI (EUROPA)

Europa bez granica: ISLAND - LEDENI VULKANSKI OTOK	2
Impressum	4
Zaštita prirode: HOĆU EKOLOŠKU VODU! (S. Božičević)	5
Astronomija: GALAKTIČKA CARSTVA (M. Fonović)	8
Farmakologija: ORIGINALNI ILI GENERIČKI LIJEK?	19
Fizika: O RELATIVNOSTI (Z. Makanec)	20
Etologija: VEZIVANJE VEZICA (H. Zrnčić)	23
Hidrobiologija: ČLANOVI OBRAŠTAJNIH ŽIVOTNIH ZAJEDNICA RIJEKE DRAVE KOD KOPRIVNICE (R. Kranjčev)	24
Podlistak <i>Prirode</i> : MODROZELENI PLANET (19)	27
Sadržaj 95. godišta (2005.)	29
Entomologija: SLASNA GOZBA U VOĆNJACIMA GRUBIŠNOPOLJSKE BILOGORE (A. Delić, M. Kučinić)	35
Toksikologija: TOKSINI ČLANKONOŽACA (M. Šeparović)	38
Akvaristika: UKRASNE RIBICE (II.) (F. Stipković)	41
Mladi i zaštita prirode: PROJEKTI UDRUGE EKO-OMBLIĆI	42
Zaštita prirode	43
Europski rekorderi (2. dio)	44
Flora velebitica: UPLANINČICA ( <i>Trollius europaeus</i> L.) S NAJLJEPŠE HRVATSKE PLANINE (V. Prpić)	46
Riješen prijelom oko slike botaničara Luje Adamovića	47
Reagiranja	48
Novosti - zanimljivosti	52
Heureka	54
Vremeplov: OBLJETNICE HRVATSKIH PRIRODOSLOVACA VELJAČA (2) (O. P. Springer)	55
Znanjem do nagrada: KVIZ ZNANJA (II. kolo)	56
Izlog novih knjiga	57
Iz fotoalbuma naših čitatelja: HRVATSKA FAUNA (Z. Marasović)	58
Iz fotoalbuma naših čitatelja: HRVATSKE PLANINE - KLEK (M. Grba)	59
ZADNJA STRANICA: PRIJE 150 GODINA RODIO SE NIKOLA TESLA	

### PRILOG:

POSTER - SRCE, SREDIŠNJI ORGAN KRVNOG OPTOKA