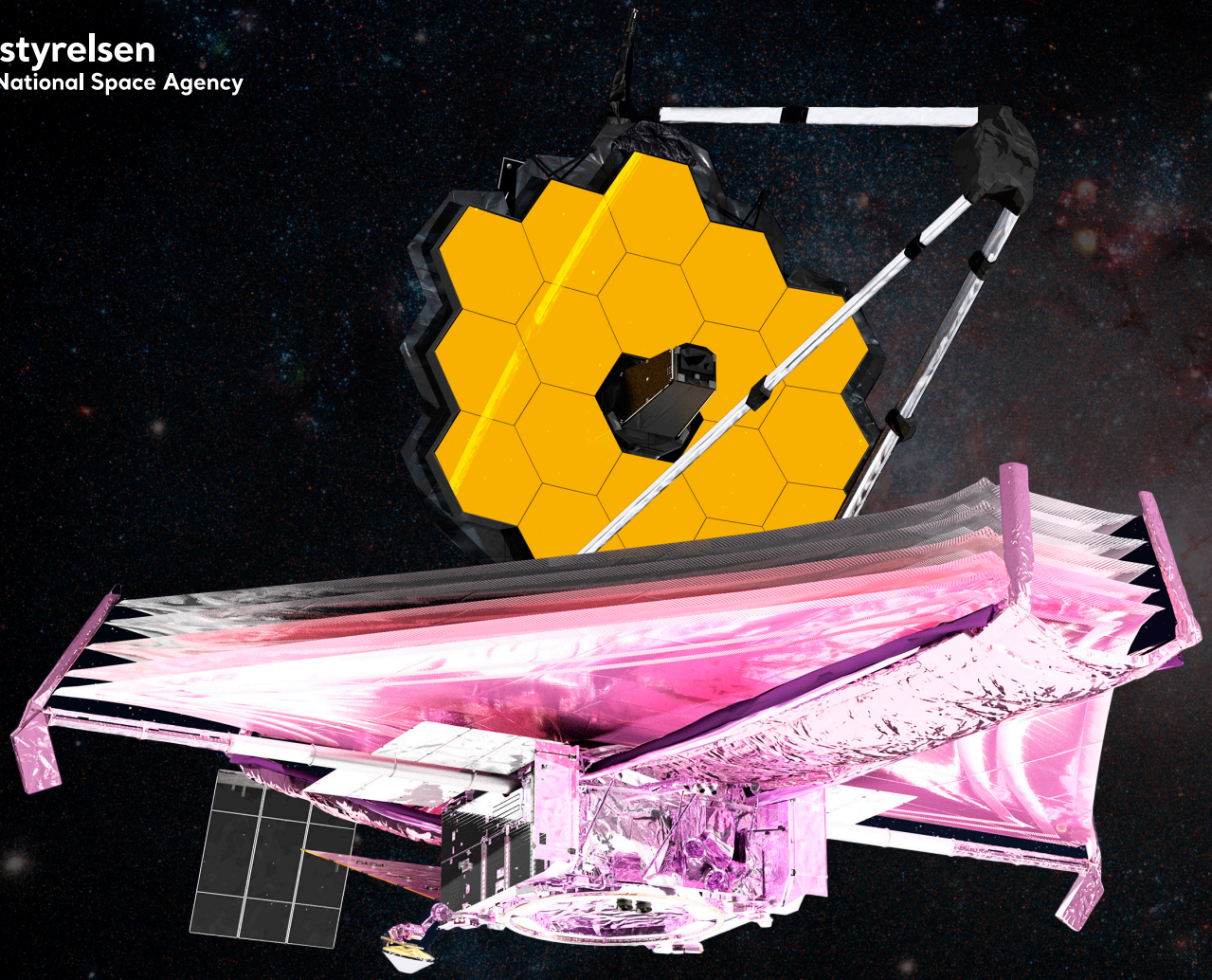
Rymdstyrelsen
Swedish National Space Agency



James Webb-teleskopet

Mot universums ursprung

Förord

Sedan urminnes tider har vi blickat ut mot universum. Sökt vårt ursprung bland stjärnorna och drömt oss bort till galaxer långt, långt borta. Våra närmaste grannar i solsystemet kan vi se med blotta ögat, men med teleskopen öppnas en portal ut i rymden i vilken vi kan ta oss genom tid och rum hela vägen bort till platsen där allt en gång började.

De senaste trettio åren har rymdteleskopet Hubble levererat den ena fantastiska, fantasieggande, och närmast overkliga bilden efter den andra till forskare och andra intresserade över hela världen och nu är det dags för dess ersättare att ta över stafettpinnen. Med James Webb-teleskopet kommer vi kunna hitta de första galaxerna som bildades strax efter Big bang, vi kommer kunna se genom kosmiska dammoln och ta del av när stjärnor föds och planetsystem bildas. Webb kommer fördjupa vår förståelse av universum och ge oss detaljer som tidigare varit helt omöjliga att se.

I den här skriften vill vi berätta om det unika med Webb och hur avgörande teleskopet kan bli för framtidens astronomiforskning. Vi vill också berätta om hur Sverige som rymdnation varit med och skapat Webb. Hur en stark akademi och industri bidragit till instrumenten ombord på såväl teleskopet som raketen som tar den ut i rymden.

Anna Rathsman
Generaldirektör, Rymdstyrelsen

Avlägsna stjärnor och galaxer

Hundratusentals stjärnor och galaxer fångade på bild av Hubbleteleskopet. Med det nya James Webb-teleskopet kommer vi kunna se ännu mer av de mest avlägsna galaxerna som skapades strax efter Big bang.

Innehåll

Äntligen dags! 4

I korthet 5

Göran Östlin: Observationer som kan ge oanade upptäckter 8

Svenska forskare om James Webb 12

Ett gigantiskt bygge över lång tid 14

Svenska forskare om James Webb 16

Angela Adamo: Söker unga stjärnors hemligheter 18

Svenska forskare om James Webb 22

Joakim Johansson: Svensktillverkad antenn levererar bilder till jorden 24

Svenska forskare om James Webb 27

Produktion: Springtime-Intellecta.
Utgivare: Rymdstyrelsen.
Tryck: DanagårdLitho, 2021.
Omslagsillustration: NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez.

Foto: NASA, ESA, A. Aloisi (STScI/ESA), and The Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration

Äntligen dags!

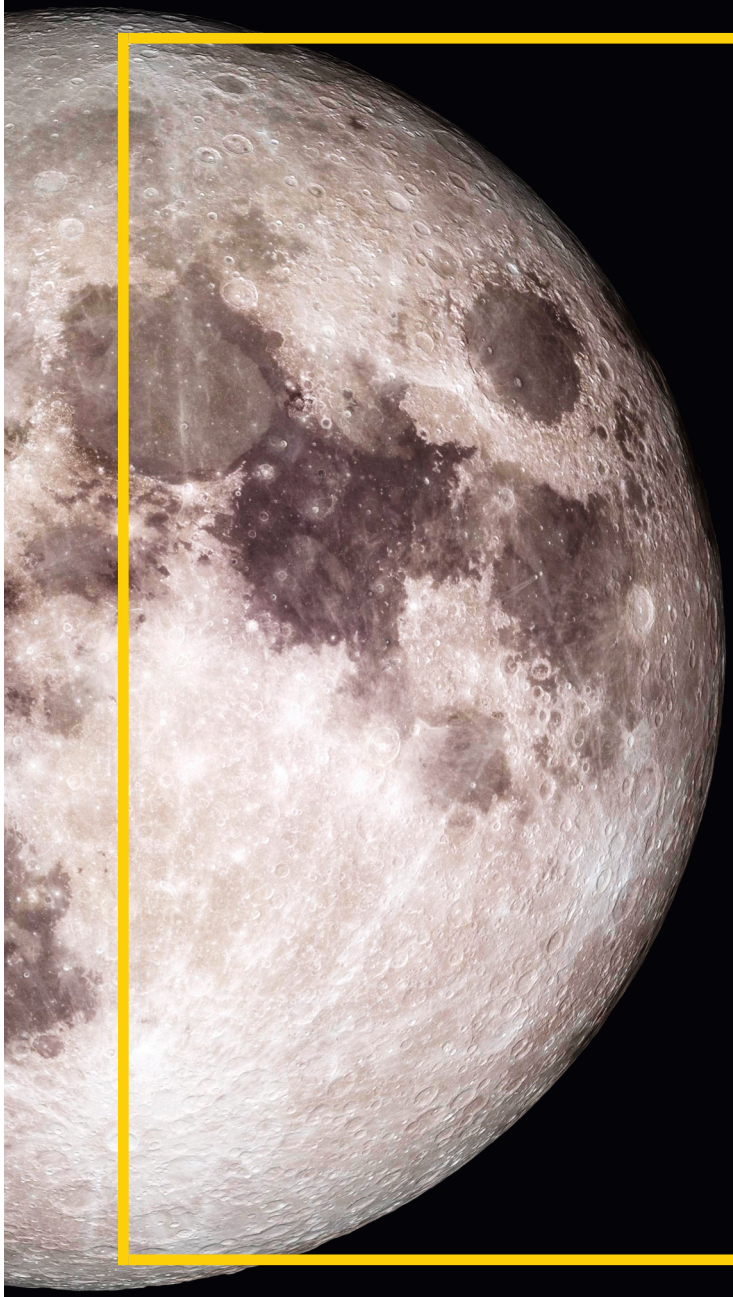
Förväntningarna på James Webb-teleskopet är skyhöga. Med nya observationer i infrarött ljus hoppas forskarna kunna se urgamla stjärnor från universums barndom och upptäcka planeter med liknande egenskaper som jorden. Kanske kan vi till och med få svar på frågan om vi är ensamma i universum.

Ibland blir det inte riktigt som man tänkt sig. James Webb-teleskopet var från början tänkt att sändas upp i rymden redan 2011, men på grund av en rad förseningar har uppsändningen flyttats fram 10 år. Den 22 december 2021 är det äntligen dags. Förväntningarna är skyhöga inför uppsändningen från rymdbasen Kourou i Franska Guyana. James Webb-teleskopet, uppkallat efter den framlidne tidigare NASA-chefen med samma namn, ska då ta över uppdraget från Hubble-teleskopet som tjänat världens rymdforskare i över 30 år.

Genom Webb-teleskopet kommer observationer göras i infrarött ljus, vilket väntas ge många nya upptäckter. Den våglängd vi människor kan se kallas "synligt ljus" och utgör endast en mycket liten del av det ljus som finns i universum. De högre våglängderna; ultraviolett, röntgen och gammastrålning, och de lägre våglängderna; infrarött, mikrovågor och radio, är osynliga för det mänskliga ögat men innehåller väldigt mycket information.

Till skillnad från Hubbleteleskopet, som har gjort observationer i synligt ljus, ultraviolett och i viss mån även i infrarött ljus, kommer James Webb-teleskopet blicka ut i rymden främst i infrarött ljus. Det gör att det nya teleskopet kan fånga ljus med en längre våglängd än vad både våra ögon och Hubbleteleskopet klarar av. En ovärderlig egenskap i jakten på planeter runt andra stjärnor med liknande egenskaper som jordens. De kallas för exoplaneter och där kan det i bästa fall finnas liv. Det infraröda ljuset är intressant eftersom jorden, och planeter som liknar den, utstrålar mest infrarött ljus. Med ett teleskop som är specialiserat på just den våglängden ökar chanserna för att upptäcka den typen av himlakroppar.

Forskare som studerar exoplaneter kommer kunna använda James Webb-teleskopet för att undersöka atmosfärer runt planeterna. Med hjälp av observationerna kan forskare mäta halter av koldioxid, metan och kolmonoxid. Det är ämnen som i sig inte är ett bevis på liv, men som ger en indikation på om det är värt att studera planeten närmare. Allra viktigast är att Webb kan hitta spår av vatten.



1 500 000 kilometer

På det avståndet från jorden ska James Webb-teleskopet cirkulera runt solen. Det motsvarar omkring fyra gånger avståndet till månen, och en procent av avståndet mellan solen och jorden. Från uppsändningen tar det James Webb trettio dagar innan teleskopet nått ut till omloppsbanan. Placeringen är noga vald då Webb där alltid kommer ha jorden mellan sig och solen, blickande ut i universum.

Astronomisk prislapp

James Webb-teleskopet är ett samarbete mellan NASA, ESA och den kanadensiska rymdmyndigheten CSA. Satsningen är enorm och när slutnotan räknats ihop väntas teleskopet ha kostat närmare 100 miljarder kronor.

300 steg

James Webb-teleskopet är stort och skrymmande. Så pass att det inte får plats i någon bärraket utan att fällas ihop. Det betyder att teleskopet behöver vecklas ut när det kommit ut i rymden. Under sin månadslånga färd ut mot sin omloppsbana fälls teleskopet ut i omkring 300 steg. Alla dessa steg måste förlöpa felfritt för att Webb ska kunna fungera som det ska.

Foto: NASA Goddard

Foto: NASA/Chris Gunn

5 lager solskydd

På baksidan av James Webb-teleskopet sitter ett reflekterande parasoll, stort som en tennisplan och tillverkat i aluminiumtäckt kaptan. Syftet är dels att reflektera bort infrarött ljus som kommer från solen, jorden och månen, dels att leda bort värmen från solen. För att göra det på ett effektivt sätt består skölden av fem separerade lager kaptan, alla tunnare än ett mänskligt hårstrå. Men det är väldigt effektivt. På den soldränkta sidan är det plus 85 grader Celsius, medan temperaturen på skuggsidan håller -233 grader Celsius.

Data skickas till jorden med hjälp av svensk antenn

Ruag Space i Göteborg har utvecklat och tillverkat det antennsystem som sänder insamlade data från James Webb-teleskopet till jorden. Systemet består av två antenner. Den ena är tillverkad i kolfiberkomposit. Materialet har låg vikt och hög precision vid extrema temperaturer, eftersom kolfiber behåller sin form oavsett temperatur. Den andra antennen, som är en back up-enhet, är tillverkad i aluminium. Den mindre antennen sänder på en annan frekvens än den primära kolfiberantennen. Den kan heller inte skicka data med lika hög hastighet.

Vid uppsändningen är hela teleskopet hopfällt. Den svenska antennen är den andra delen som fälls ut, redan två timmar efter avfärd. Allra först fälls solpanelerna ut för att direkt kunna förse Webb med elektricitet.

Antennen levererades redan 2016. Den har sedan dess förvarats hos Northrop Grumman i Kalifornien, som är det företag som fick uppdraget att montera James Webb-teleskopet.

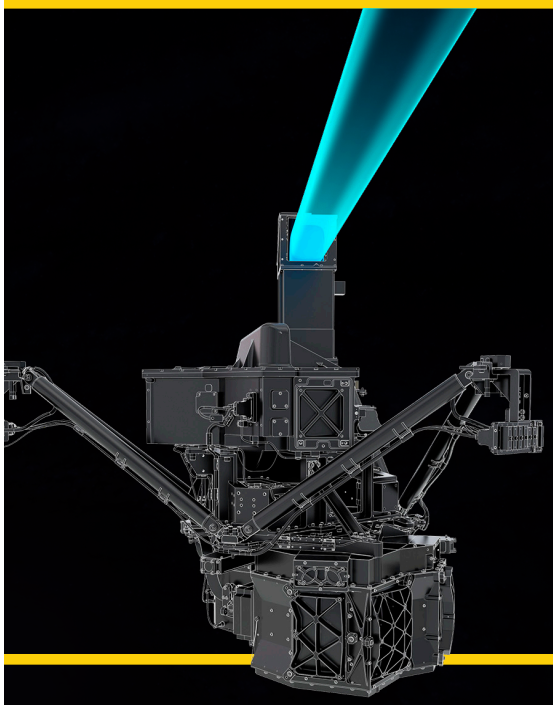


Foto: ESA/ATG medialab

Svenska filter i infrarött instrument

En av Webbs allra mest komplexa komponenter är instrumentet MIRI. En del av tekniken i MIRI är utvecklad av svenska forskare från Stockholms universitet, Chalmers och företaget Spectrogon. Det handlar om filter till kameran och dikroiska filter till spektrometern, det vill säga ett filter som fördelar ljuset i två olika färgspektra baserat på färgtemperatur.

MIRI står för Mid-Infrared Instrument. Uppgiften är att fånga upp det allra svagaste infraröda ljuset från de mest avlägsna och äldsta himlakropparna i universum.

MIRI är en kombinerad kamera och spektrograf som observerar infraröd strålning med en medellång till lång våglängd. Närmare bestämt mellan 5 och 28 mikroner. För att kunna observera universum på ett effektivt sätt behöver MIRI vara 30 grader kallare än Webbs övriga instrument och ha en arbetstemperatur på -266 grader Celsius. För att komma ned i den temperaturen har MIRI en egen så kallad cryocooler. Det är i praktiken ett avancerat kylskåp som genom kylledningar fyllda med helium håller temperaturen på rätt nivå.

Kan studera en humla på månen

Teleskopets spegel har en diameter på 6,5 meter. Det medför att den har en otroligt detaljrik upplösning, och kan upptäcka och observera de infraröda signalerna motsvarande en humla som flyger på månen.

18 guldpläterade hexagoner

Spegeln på James Webb-teleskopet är tillverkad av 18 guldpläterade hexagoner. Tillsammans bildar de en 25 kvadratmeter stor spegelyta. Varje hexagon är tillverkad av det sällsynta, giftiga och mycket dyra grundämnet beryllium. Anledningen till att man valt detta ämne är för att beryllium är oerhört stabilt och extremt motståndskraftigt för temperaturskillnader. När spegeln testats i förhållanden som liknar de som James Webb-teleskopet kommer att utsättas för, har den behållit sin form utan att ändras mer än tjockleken på en tiotusendel av ett mänskligt hårstrå.

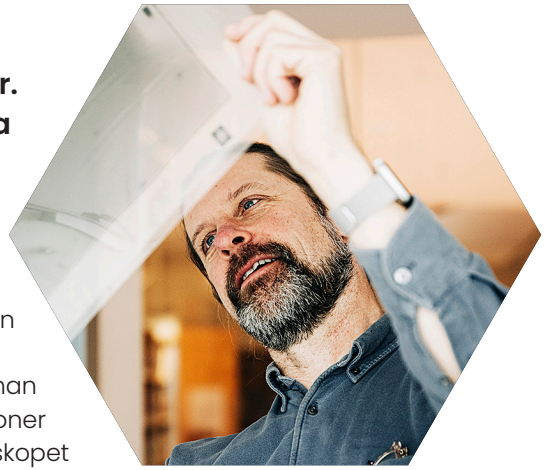
Foto: Erik Cronberg

Foto: Erik Cronberg

Observationer som kan ge oanade upptäckter

Vid Stockholms universitet forskar Göran Östlin på avlägsna stjärnor och galaxer. Han har de senaste åren lett det svenska arbetet med instrumentet MIRI som ska göra observationer långt ut i universums tidiga delar.

– Vi kommer kunna upptäcka saker som vi inte ens kunnat ana, säger han.



Göran Östlin, professor i astronomi, började sitt arbete med James Webb-teleskopet redan 2001, då i rollen som postdoktor. Vid den tiden hade James Webb-teleskopet ännu inte fått sitt namn, samtidigt som Hubble-teleskopet fortfarande var nytt och revolutionerande. Hubble banade väg för helt nya observationer med betydligt skarpare bilder än vad teleskopen på jorden kunde ta.

– När jag fick studera bilder som Hubble hade tagit i Hubble Deep Field (HDF) med djup exponering under flera veckors tid, fascinerades jag av alla tusentals små ljussvaga galaxer som dök upp. Tanken på vad Webb skulle kunna observera ännu längre bort med infrarött ljus var hisnande, säger Göran Östlin.

Hubbleteleskopet har varit den i särklass största tillgången i forskningen som Göran Östlin bedriver vid Stockholms universitet. I sin forskning tittar han på galaxer, de flesta flera hundra miljoner ljusår bort. Det nya James Webb-teleskopet kommer med största sannolikhet kunna upptäcka helt nya ljuspunkter i de avlägsna delarna av universum. Det är såklart en kittlande känsla för någon som ägnat över 30 år åt att studera universums avlägsna objekt.

– Jag tror att vi med James Webb-teleskopet kan upptäcka något banbrytande, något som vi inte alls har kunnat förutse. Så var det med Hubble. Flera av de stora upptäckterna blev något helt annat än vi trodde. Därför är det nog en ganska bra gissning att samma sak kommer hända med Webb.

Göran Östlins kontor på Alba Nova i Stock- →

holm är fullt med pärmar, spridda papper och bilder av universum tagna av Hubbleteleskopet. Han plockar ner en av bilderna på väggen som visar en pytteliten del av stjärnhimlen som kallas för Hubble Ultra Deep Field (HUDF).

– Om man tittar på de små ljuskällorna här i bilden är problemet med observationerna tagna med Hubble att de kan ligga 13 miljarder ljusår bort eller betydligt närmare, det går inte att veta. Webb kommer helt att förändra vår bild av de mest avlägsna delarna av universum. Med det nya teleskopet kan vi se längre bort och dessutom bestämma rödförskjutningen, det vill säga avståndet, till alla dessa ljuspunkter.

Förväntningarna på James Webb-teleskopets kommande upptäckter är helt klart högt ställda, enligt Göran Östlin. Webb väntas ge en djupare förståelse för universums skapelse och kanske kan vi tack vare de nya observationerna i infrarött komma närmre frågan om hur objekten en gång i tiden har uppstått. Men även Webb-teleskopet har sina begräsningar.

– Man kan inte fuska med matematiken. Det kan fortfarande finnas galaxer som är så ljussvaga att James Webb inte kan se dem, eftersom de befinner sig för långt bort. Men vi kommer kunna se så mycket mer. Det ger oss möjligheter att upptäcka nya objekt i helt andra våglängder.

Foto: Erik Cronberg

"Webb kommer helt att förändra vår bild av de mest avlägsna delarna av universum."

De senaste två åren har Göran Östlin varit den som koordinerat och lett det svenska bidraget till James Webb-teleskopet i arbetet med instrumentet MIRI. Det är en kombinerad kamera och spektrograf som observerar infraröd strålning. MIRI kan göra observationer vid längre våglängder än de andra instrumenten på James Webb-teleskopet, med en maximal bildskärpa som möjliggörs av storleken på teleskopets huvudspegel.

– Vi har precis avslutat testandet och förbereder oss nu för uppskjutning och databearbetning. Eftersom vi har varit med och byggt instrumentet kommer vi också få tillgång till data och egen observationstid.

Totalt har ett tiotal länder varit med och finansierat MIRI, med flera hundra personer involverade i arbetet. Göran Östlin leder ett projekt som ska ta djupexponerade bilder av samma region i universum som tidigare har studerats genom Hubbleteleskopet. Tack vare MIRI-instrumentet kan fältet observeras mer noggrant och detaljerat, med helt nya våglängder.

– Vi ska ta en 60 timmar djup exponering av det segment som kallas Hubble Ultra Deep Field. Alla de galaxer vi känner till där är upptäckta av Hubbleteleskopet. Under de 60 timmarna kan vi producera en liknande bild från James Webb-teleskopet och med hjälp av MIRI studera galaxerna mer detaljerat än tidigare. Det gör att vi kommer kunna se ljus från äldre, rödare stjärnor och därmed bättre kunna avgöra när i universums tidiga historia de mest avlägsna galaxerna föddes.

Göran Östlin ser med spänning fram emot observationstiden. Den blir en sorts belöning för det engagemang, finansiella stöd och utvecklingsarbete som lagts in i arbetet med MIRI.

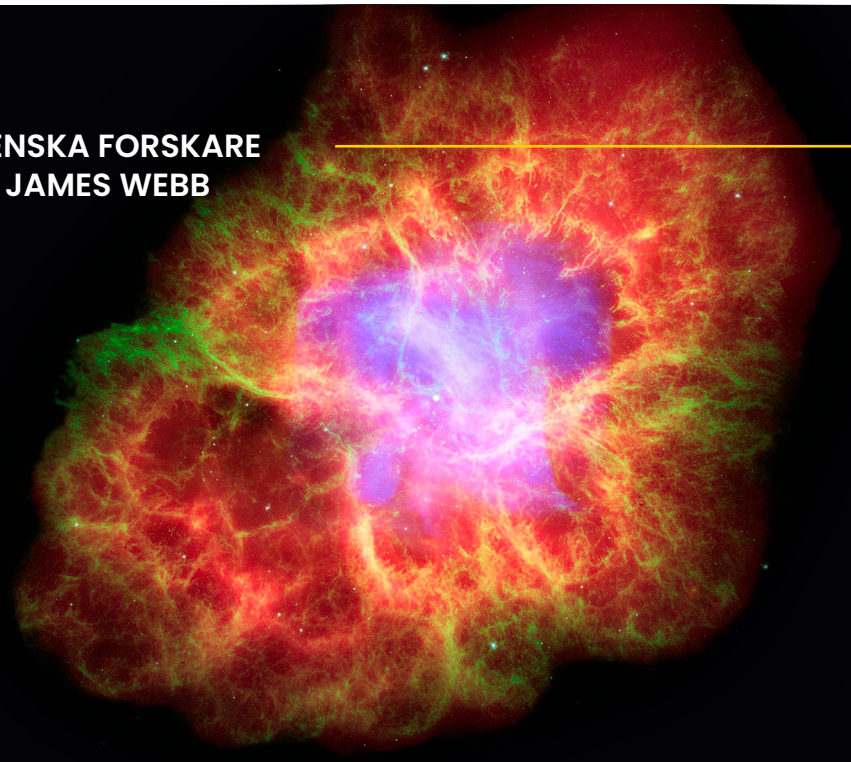
– Under tiden som vi arbetat med instrumentet har det dykt upp många frågeställningar och idéer. Det ska bli riktigt intressant när vi får vår observationstid. Kanske är det då vi kan upptäcka det oanade. ⬢

Foto: NASA, ESA, and S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team

Hubble Ultra Deep Field

Några av de mest avlägsna galaxerna som hittills fotograferas med ett optiskt teleskop visas i bilden som är tagen av Hubbleteleskopet. De allra minsta ljusprickarna i rött ligger längst bort och bildades relativt snart efter Big bang.

SVENSKA FORSKARE OM JAMES WEBB



Krabbnebulosan. Foto: NASA/JPL-Caltech/ESA/CXC/Univ. of Ariz./Univ. of Szeged

JOEL JOHANSSON, Stockholms universitet

Supernovor och exploderande stjärnor

Tillsammans med två olika forskarlag ska Joel Johansson vid Stockholms universitet, med hjälp av James Webb-teleskopet, observera supernovor över ett brett infrarött våglängdsområde. Det öppnar upp för att i detalj kunna studera hur stjärnor exploderar och hur kosmiskt stoft bildas, samt noggrant mäta kosmiska avstånd och universums accelererande expansion.

Trots deras enorma betydelse inom kosmologin är många av de astrofysikaliska detaljerna kring vad som leder till explosionen av de vita dvärgstjärnorna okända.

Joel Johansson ska också studera de kosmiska stoftpartiklar, kallat stjärnrök, som bildas kring jättestjärnor och supernovor som exploderar. De spelar nämligen en viktig roll i bildandet av nya stjärnor och planetsystem, men de exakta detaljerna kring hur detta stoft bildas och förstörs är inte kända. För att få en klar bild ska forskarna observera fem närbelägna supernovor vid olika tidpunkter, mellan fyra och 40 år efter explosion.

ANGELA ADAMO, *Stockholms universitet*

Unga stjärnhopars hemligheter

En av de största utmaningarna för dagens astronomiforskning är att förstå hur stjärnor och stjärnhopar bildas från gasmolnen inuti galaxer. De unga stjärnorna påverkar sin omgivning genom stjärnvindar och supernovaexplosioner. Astronomer kallar det för ”feedback” som gör att fortsatt stjärnbildning kan begränsas kraftigt. Fram tills nu har det varit omöjligt att direkt observera de yngsta stjärnhoparna med tillräckligt hög upplösning. Det beror på att strålningen från dem absorberas av stoft. Men med James Webb blir det möjligt.

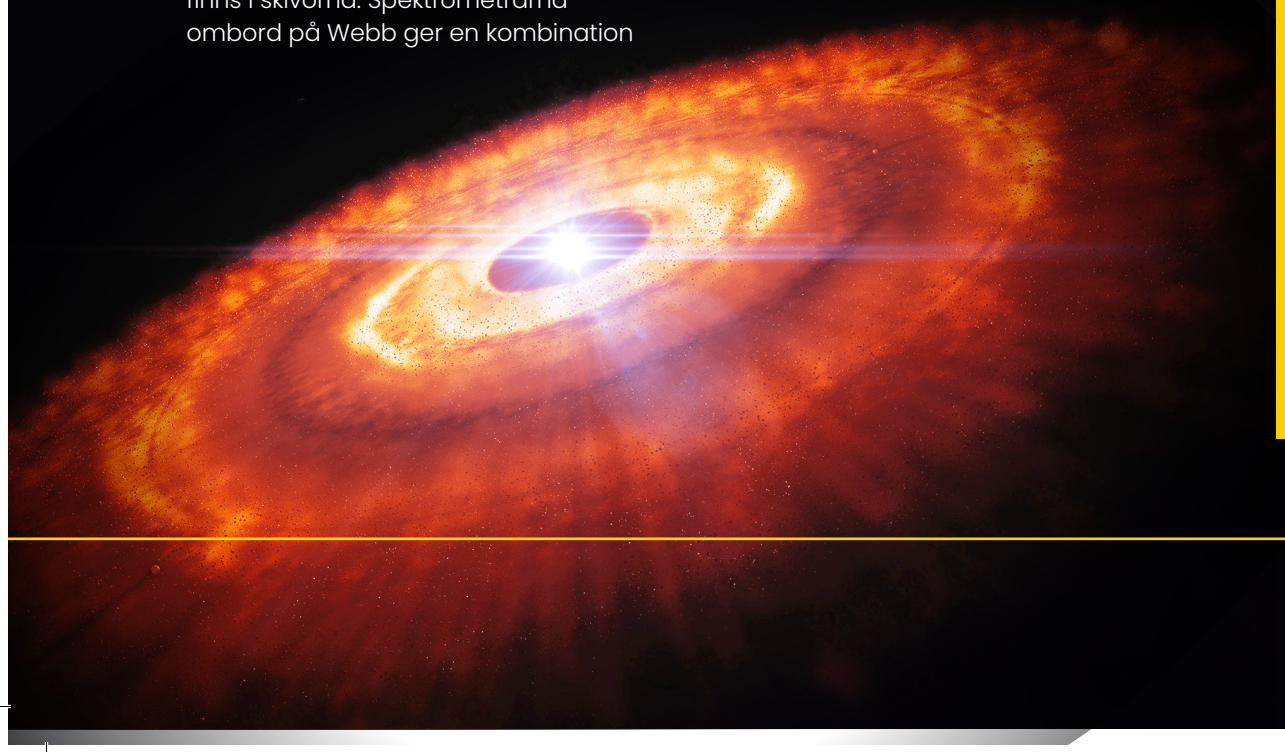
Projektet JWST-FEAST som leds av Angela Adamo är en studie av närbelägna stjärnbildande galaxer med NIRCAM och MIRI-instrumenten. Det övergripande målet är att undersöka den viktiga uppdykandefasen. Det vill säga den kritiska process då överbliven gas och stoft skingras från stjärnornas födselplatser. Studien kan ge nyckeln till att förstå vilken typ av feedback som reglerar stjärnbildningsförloppet hos galaxer under utveckling.

GÖRAN OLOFSSON, Stockholms universitet

Kemisk analys av skivformade strukturer kring unga stjärnor

Göran Olofsson deltar i en studie av ett femtiotal nybildade stjärnor som fortfarande omges av gas och stoft. Med ledning av vårt eget solsystem, där planeterna ligger ungefär i samma plan, har det visat sig att gasen och stoftet ligger i skivformade strukturer runt dessa unga stjärnor. Studerar man skivorna närmare ser man ofta koncentriska ringar. Dessa ringar anses oftast bero på pågående planetbildning.

Det Webb kan bidra med är en kemisk analys av vilka molekyler som finns i skivorna. Spektrometrarna ombord på Webb ger en kombination av spektral och spatial upplösning. I gynnsamma fall kan detta avslöja var gasform övergår i fast form. Det har betydelse för olika scenarier när det gäller planetbildning. Webb är lämpat för sådana studier på grund av känsligheten i det infraröda området där de flesta molekyler uppvisar starka vibrationsband. I kombination med teleskopets storlek och de avancerade instrumenten skapas helt nya möjligheter för detaljerade studier av skivor kring stjärnor där planetbildning pågår.



Ung stjärna omgiven av en protoplanetär skiva. Illustration: ESO/L. Calçada

THØGER RIVERA THORSEN, *Stockholms universitet*

En närbild av det tidiga universum

Det är extremt svårt att i detalj studera de mest avlägsna galaxerna som skickade ut sitt ljus i det tidiga universum. Det beror på de enorma avstånden. Men med hjälp av så kallad gravitationslinsning kan galaxhopar mellan oss och de avlägsna galaxerna fokusera och förstärka ljuset. Den så kallade Sunburst Arc-galaxen är en av de mest dramatiska exemplen på sådana system. Genom linseffekten är dess ljusstyrka förstärkt hundratals gånger och förvriden till tolv kopior som ligger längs en cirkel på himlavalvet.

Sunburst Arc skickar ut joniserande UV-strålning som vanligtvis är mycket svår att upptäcka. Observationer av galaxen ger därför en unik möjlighet att studera den här typen av strålning.

Thøger Rivera Thorsen kommer att observera Sunburst Arc med så kallad Integral Field Spectroscopy med NIRSPEC på James Webb. Dessa data gör det möjligt att skapa bilder av gas och stjärnor mer detaljerat än någonsin tidigare och utforska hur det tidiga universum utvecklades.

Ett gigantiskt bygge över lång tid

James Webb-teleskopet är det största och mest avancerade rymdteleskopet världen någonsin skådat. Ett katedralbygge som har involverat och engagerat långt över 1 000 personer under två decennier. Arbetet med Webb inleddes redan 1996 och den ursprungliga planen var teleskopet skulle sändas upp 2007.

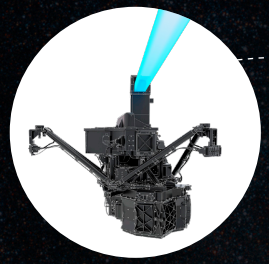
Totalt har 258 olika företag bidragit till Webb – 142 från USA, 104 från Europa och 12 från Kanada. Det hedersamma uppdraget att montera teleskopet gick till det amerikanska bolaget Northrop Grumman, en av världens största aktörer inom rymdindustrin.

James Webb-teleskopet i siffror

Huvudspegel: 6,5 meter i diameter
Fokallängd: 131,4 meter
Sammanlagd exponeringsyta: 25,4 kvadratmeter
Vikt: 6,5 ton
Planerad livslängd: 5–10 år eller mer
Bärraket: Ariane 5

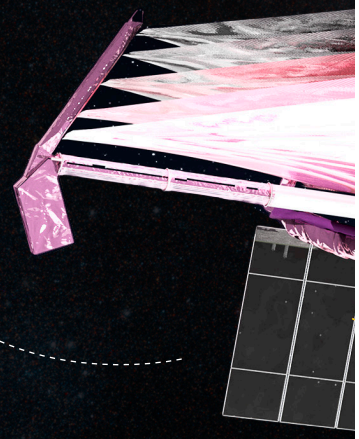
Instrumentmodul

Bakom huvudspegel sitter den instrumentmodul som kapslar in kamerorna och mätinstrumenten. Bland annat instrumentet MIRI med svensk teknik.



Huvudspegel

18 guldpläterade hexagoner i beryllium utgör teleskopets huvudspegel.



Stabiliseringsroder

Stabiliserar teleskopet i solvind (plasmavind) .

Solcellspanel

Webbs energitillförsel kommer från solceller som hela tiden är riktade mot solen.

Sekundärspegel
Reflekterar det infångade ljuset in i teleskopets olika instrument.

Solskydd
För att skydda teleskopet från ovälkommet infrarött ljus och värme från solen är det utrustat med en sköld lika stor som en tennisplan.

Plattform
Här sker datahanteringen liksom teleskopets riktningskontroll, styrning av elektriciteten till instrumenten, reglering av temperaratur och system.

Antenn
Den antenn som skickar hem all data till jorden, samt mottar information är tillverkad av Ruag Space i Göteborg och Linköping.

Illustration: NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez

SVENSKA FORSKARE OM JAMES WEBB

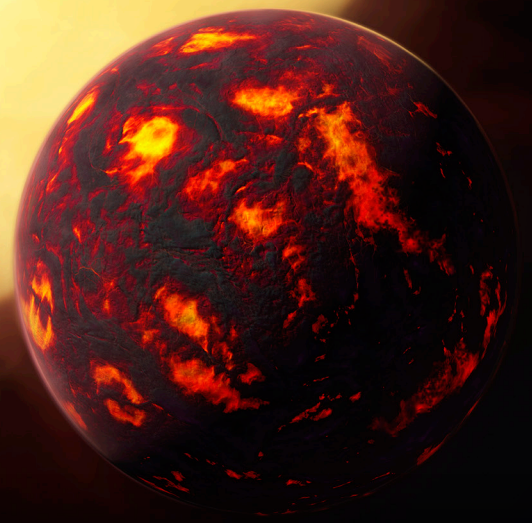


Illustration: ESA/Hubble, M. Kornmesser

ALEXIS BRANDEKER, Stockholms universitet

Regnar det lava på superjorden 55 Cancri e?

Lavaplaneten 55 Cancri e är intressant på flera sätt. Bland annat för att den är en så kallad superjord som är dubbelt så stor som jorden, men också för att den kretsar så nära sin stjärna att ett ”år” på 55 Cancri e endast är 18 timmar långt. Och det är varmt. Solen vid 55 Cancri e är 2500 gånger starkare än vår, vilket leder till att planetens steniga yta smälter till en ocean av lava eller förångas.

Oftast har himlakroppar med så här kort avstånd till sin sol uppnått synkron rotation. Det innebär att himlakroppen cirkulerar runt solen med samma sida vänd mot den hela tiden. Förvånande nog har studier av infrarött ljus från 55 Cancri e antytt att den inte snurrar synkront. Kan detta bekräftas av James Webb-teleskopet, genom att studera om signalen ändrar sig när planeten försvinner bakom stjärnan, kan det få stora konsekvenser för modeller av exoplanetväder. I fallet 55 Cancri e skulle det kunna innebära att ytan smälter och förångas på morgonen, omvandlas till lavaregn på kvällen och stelnar igen på natten.

MARTIN SAHLÉN, *Uppsala universitet*

Universums första och mest ljussvaga galaxer

Den kosmiska gryningen, då stjärnor och galaxer först tändes, skedde några hundra miljoner år efter Big bang, när ansamlingar av i huvudsak vätgas och mörk materia hade växt sig stora och heta. Med James Webb-teleskopet har vi nu vårt hittills mest kraftfulla teleskop för att observera universums första och ljussvagaste galaxer och stjärnor. Med hjälp av Webb kommer vi kunna testa vilken fysik som lade grunden till stjärnor och galaxer liksom vilka egenskaper universums grundläggande beståndsdelar har. Till exempel bildas de första stjärnorna och galaxerna betydligt senare om den mörka materian är varm och snabbfotad än om den är kall och stillsam.

Men även om Webb är oerhört kraftfullt, finns sannolikt så ljussvaga stjärnor och galaxer att teleskopet inte kan se dem. Ljuset från de ”osynliga” stjärnorna och de som Webb kan se värmde och joniserde den kosmiska vätgasen under den första miljarden år efter Big bang. Därför kan vi genom att addera information från våra markbaserade radioteleskop om den kosmiska vätgasen på ett ännu mer noggrant sätt förstå helhetsbilden.

Foto: NASA, ESA, and A. Aloisi (European Space Agency and Space Telescope Science Institute)

ARJAN BIK, *Stockholms universitet*

Protoplanetära skivor i annorlunda miljöer

Observationer visar att planeter bildas från skivor av gas och stoft runt unga stjärnor. Genom att studera dessa proto-planetariska skivor kan vi studera de första faserna i bildandet av planeter. Detta kan i slutändan hjälpa oss förstå hur vårt eget solsystem bildades.

Fram tills nu har vi bara kunnat studera dessa skivor i närbelägna stjärnbildningsområden. I dessa områden finns det inte många andra stjärnor i närheten. För att kunna studera protoplanetära skivor i annorlunda miljöer måste vi rikta in oss på regioner som ligger längre bort. Med de extremt känsliga IR-detektorerna på James Webb-teleskopet blir det nu möjligt att observera dessa avlägsna skivor i hög upplösning med instrumentet MIRI-MRS.

Arjan Bik vid Stockholms universitet är medforskare i ett internationellt projekt som kommer att studera stjärnor i olika miljöer inuti ett stjärnbildningsområde. Genom att jämföra skivor i de olika grupperna kan effekten av omgivningen för planetbildning studeras.

KAY JUSTTANONT, Chalmers tekniska högskola
GÖRAN ÖSTLIN, Stockholms universitet

Den underliga galaxen IZw18

Ju fler stjärnor som bildats i en galax desto mer metaller i form av tunga grundämnen finns i den. Den blå kompakta galaxen IZw18 är en av de mest metallfattiga galaxer vi känner till i det närbelägna universum. Den tros likna de allra första galaxerna som bildades från mycket metallfattig gas i det tidiga universum. Därmed är det högintressant att försöka förstå hur stjärnor har bildats i galaxen och hur stoft kan bildas trots de låga halterna av de metaller som bygger upp stoftkornen.

Kay Justtanont och Göran Östlin ska studera stjärnbildningshistoriken i IZw18 genom att karaktärisera olika typer av stjärnor. Målet är att förstå hur stjärnorna bildas och utvecklas i extremt metallfattiga miljöer. Forskarna ska även använda data från Webb för att försöka förstå om AGB-stjärnor, som kännetecknas av att de är svala, ljusstarka och producerar kraftfulla stjärnvindar, i metallfattiga galaxer kan producera betydande mängder av stoft. Kanske är det så att det mesta av det stoft vi ser i avlägsna galaxer bildas i stjärnvindar från AGB-stjärnor eller andra typer av röda jättestjärnor. IZw18 är ett utmärkt laboratorium för att studera detta.

Foto: Erik Cronberg

Foto: Erik Cronberg

Söker unga stjärnors hemligheter

Som att dra isär en gardin och öppna ett fönster. Så beskriver astronomen Angela Adamo det som blir möjligt tack vare James Webb-teleskopet. Mörka områden som varit ogenomträngliga blir nu transparanta.

– Det ska bli otroligt spännande att se vad som finns där bakom, säger hon.

Angela Adamo växte upp i en liten stad på Sicilien. Som barn brukade hon titta upp mot himlavalvet.

– Nätterna var kolsvarta. Jag kunde se Vintergatan och tusentals stjärnor. Redan då visste jag att ville studera universum för att få veta mer. Vad finns där uppe och varför ser det ut som det gör?

Så blev det också. 2011 tog Angela Adamo sin doktorsexamen i astronomi vid Stockholms universitet. Nu är hon biträdande lektor på Institutionen för astronomi. Hon har fortsatt att forska kring det som gör henne mest nyfiken. Stjärnformationer och hur unga stjärnor bildas, i vår egen galax Vintergatan och i andra galaxer.

Nu leder Angela Adamo projektet JWST-FEAST som ska studera precis detta. Jämfört med föregångaren, Hubbleteleskopet, innebär Webb oändligt mycket större möjligheter. Fram tills nu har det inte gått att observera de yngsta stjärnhoparna med tillräckligt hög upplösning. Det beror på att de täcks av rymdstoft. Webb kan se i infrarött ljus och tränga igenom stoftet.

– På bilder från Hubble finns områden som nästan är helt mörka. De mest avlägsna galaxerna syns inte i det som kallas synligt ljus. Nu kan vi undersöka stjärnbildning i galaxer på nya våglängder och med en fantastisk upplösning. Det gör att vi kan se igenom de mörka områdena.

Angela Adamo väntar med stor spänning på att få göra nya upptäckter.

– Vi kommer att söka efter områden med stjärnformationer som finns i galaxer som skapades i universums barndom. Vi vill →

”Jag skulle säga att möjligheten att vi hittar tecken på liv är mycket stor.”

Foto: Erik Cronberg

undersöka den viktiga uppdykandefasen. Det vill säga processen där överbliven gas och stoft skingras från stjärnornas födselplatser, säger hon.

Det finns många frågor som projektet hoppas kunna ge svar på. Till exempel hur lång tid det tar innan det täta gasmolnet där en stjärna föddes skingras. Och påverkas den tidpunkten av hur många stjärnor som bildats eller av omgivningen inuti galaxen?

Med Webb går det också att studera om det finns planeter med atmosfärer som påminner om jordens. Att det till exempel finns syre och vatten. Det skulle i så fall innebära att det kan finnas liv där.

– Det finns tusentals planeter i bara vår galax och miljontals i hela universum. Så jag skulle säga att möjligheten att vi hittar tecken på liv är mycket stor.

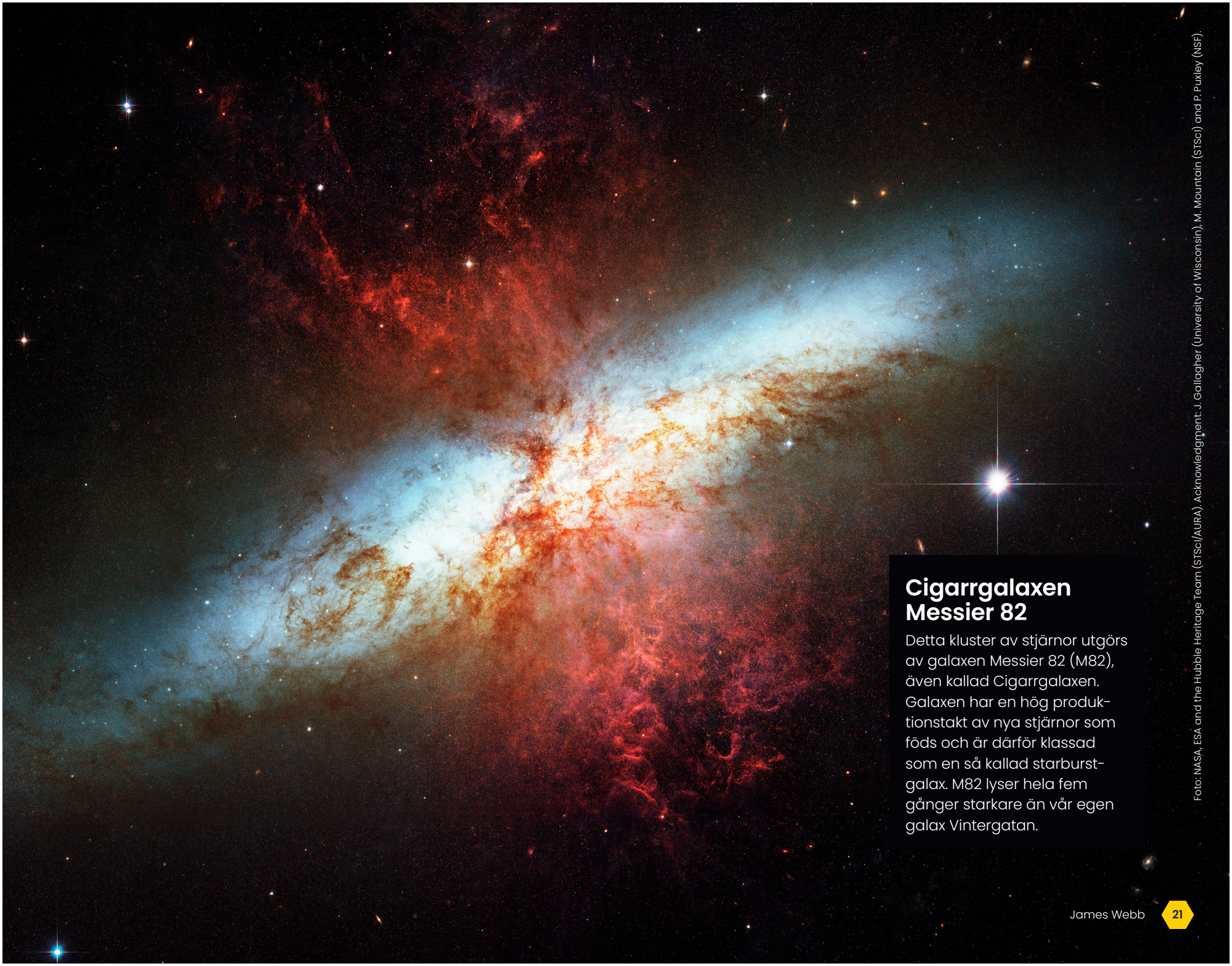
Att få tillgång till James Webb-teleskopet är dock inte helt lätt. Forskare över hela världen är intresserade av att få observationstid.

– För att kunna ansöka behövde vi föreslå forskningsprojekt. Det känns otroligt kul att projektet JWST-FEAST blev accepterat. Så nu står vi i kö och om allt går väl får vi en tid om cirka åtta månader. Det känns lite långt bort, men under tiden kan vi studera bilder från James Webb-teleskopet.

Så hur känns det nu när uppskjutningen av James Webb närmar sig?

– Jag är förväntansfull, förhoppningsfull men också en aning nervös. Det jag älskar allra mest i min forskning är att hitta nya oväntade saker, säger hon och tillägger:

– Det vi gör nu är att dra isär en gardin och öppna ett fönster som varit stängt. Vi kan bara gissa vad som finns där bakom. Det är otroligt spännande och jag är säker på att vi kommer bli överraskade. ⬢

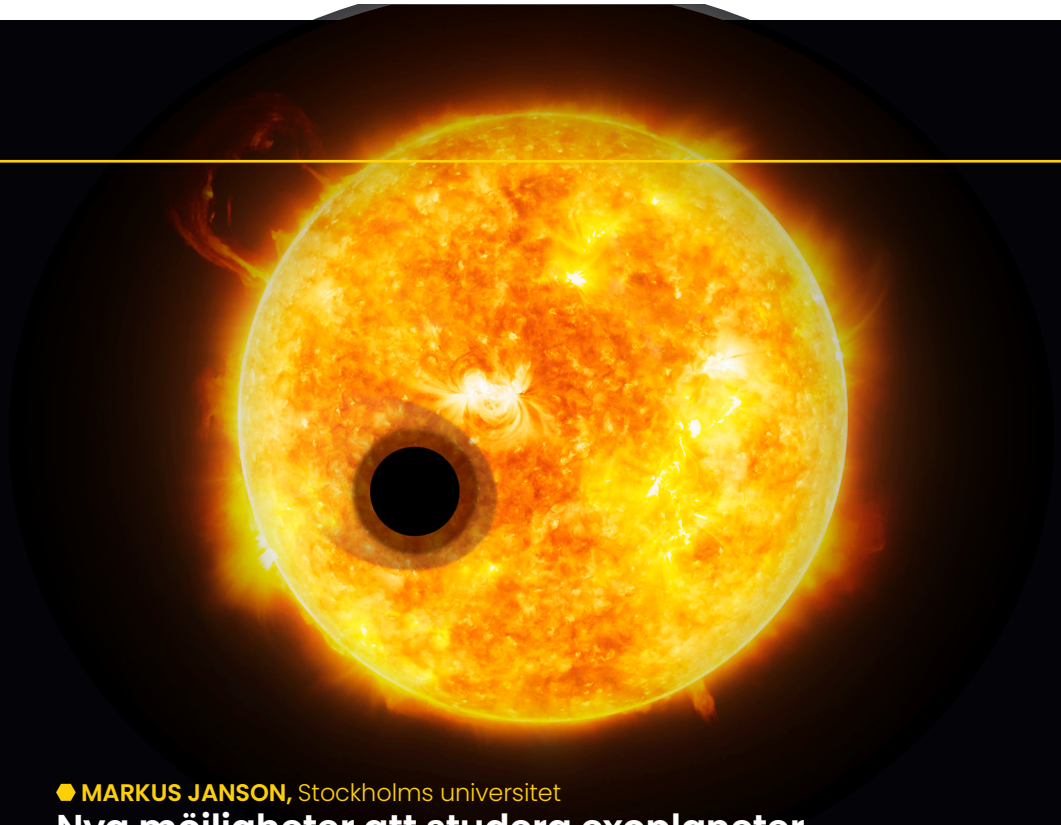


Cigarrgalaxen Messier 82

Detta kluster av stjärnor utgörs av galaxen Messier 82 (M82), även kallad Cigarrgalaxen. Galaxen har en hög produktionstakt av nya stjärnor som föds och är därför klassad som en så kallad starburst-galax. M82 lyser hela fem gånger starkare än vår egen galax Vintergatan.

Foto: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA). Acknowledgment: J. Gallagher (University of Wisconsin), M. Mountain (STScI) and P. Puxley (NSF).

SVENSKA FORSKARE OM JAMES WEBB



Exoplaneten WASP-107b. Illustration: ESA/Hubble, NASA, M. Kornmesser

SUSANNE ALTO, *Chalmers tekniska högskola*

Vad gömmer sig bakom det skymmande stoftet?

För att förstå universum måste vi studera de största byggstenarna, galaxer. Galaxer utvecklas extra snabbt när de är inbäddade i stoft och gas. De blir bränsle för nya stjärnor och planeter eller svarta hål som växer sig supermassiva. Galaxer som krockar och växelverkar med varandra har extra mycket gas och stoft i sina centrala delar och där går tillväxten mycket snabbt. Dessa stoftinsvepta galaxer är viktiga för universums utveckling. Men deras inre kan vara så inbäddat att de blir osynliga i vanligt ljus.

Susanne Aaltos forskargrupp deltar i två projekt som fått observationstid på James Webb: *Early Release Science A JWST Study of the Starburst- AGN Connection in Merging LIRGs* och *Lifting the Veil on the Most Obscured Galaxies in the Universe*. Projekten ska undersöka vad som döljer sig bakom det skymmande stoftet. Syftet är att söka efter gömda, snabbt växande svarta hål och stjärnbildning i de nämnda galaxerna.

MARKUS JANSON, Stockholms universitet

Nya möjligheter att studera exoplaneter

Under det senaste decenniet har tusentals exoplaneter upptäcks ute i universum. Det har dock varit svårt att studera dessa närmare eftersom ljuset från dem "drunknar" i ljuset från stjärnan de kretsar kring. Man har istället fått undersöka hur stjärnan påverkas av exoplanetens dragningskraft. Detta har hittills gjorts med de största teleskopen på jorden, vilket inte är optimalt eftersom jorden och vår atmosfär glöder av infrarött ljus som stör mätningarna. Där har James Webb-teleskopet helt andra förutsättningar som öppnar upp för nya möjligheter att direkt avbilda och studera exoplaneter.

Markus Janson vid Stockholms universitet ingår i ett pilotprojekt som ska göra några av de första observationerna från Webb, och kommer att testa gränserna för vad teleskopet kan åstadkomma i fråga om direkt avbildning och spektroskopi av exoplaneter. Vidare kommer observationerna ge nya insikter om exoplaneters atmosfärer, bland annat genom mätningar av exoplaneter inom stora delar av det infraröda våglängdsområdet.

ERIK ZACKRISSON, Uppsala universitet

De första stjärnorna, galaxerna och svarta hålen

Erik Zackrisson leder en forskargrupp som fått observationstid i James Webb-teleskopets första observationscykel. Syftet är att studera det gravitationslinsförstärkta ljuset från stjärnor och galaxer i universums barndom. En vanlig metod för att studera tidiga epoker i universums historia är att rikta teleskop mot extremt avlägsna objekt i rymden. Eftersom det tagit många miljarder år för ljuset från de mer avlägsna astronomiska ljuskällorna att nå oss ser de ut som de gjorde för mycket länge sedan. För de allra första stjärnorna, galaxerna och svarta hålen är det också ett närmast oöverstigligt problem att de blir extremt ljussvaga.

Inte ens James Webb-teleskopets gigantiska speglar räcker till för att fånga upp tillräckligt mycket ljus. För att komma runt problemet tar astronomer hjälp av så kallade gravitationslinser, materiaförtätningar längs synlinjen som kröker rumstiden och förstärker ljuset från bakomliggande ljuskällor.

Nu kommer forskarna rikta James Webb-teleskopet mot kända galaxhopar som bedömts vara starka gravitationslinser. De hoppas upptäcka nya ljuskällor på rekordavstånd och få möjlighet att studera de processer som formade de första stjärnorna, galaxerna och svarta hålen.

Galaxhopen MACSJ0138.0-2155. Foto: ESA/Hubble & NASA, A. Newman, M. Akhshik, K. Whitaker

GÖRAN ÖSTLIN, ARJAN BIK OCH JENS MELINDER, *Stockholms universitet*

Hur utvecklas och bildas extremt avlägsna galaxer?

Det blå ljuset från unga stjärnor inuti galaxer i det avlägsna universum blir på grund av universums expansion förskjutet mot röda våglängder. Det gör James Webb synnerligen väl lämpat för att studera dem. Med oöverträffad upplösning och känslighet i Mid-IR så är MIRI-instrumentet på Webb perfekt för att studera galaxer med extrem stjärnbildningshastighet i det avlägsna universum. Göran Östlin, Arjan Bik, och Jens Melinder kommer att använda data från de garanterade observationer som MIRI-konsortiet har tillgång till för att studera galaxbildning och utveckling i det tidiga universum.

Genom att använda det spektroskopiska instrumentet MIRI-MRS kan forskarna studera joniserad gas i stjärnbildande galaxer som skickade ut sitt ljus i universums barndom. Bilder tagna med MIRI kan användas för att detaljstudera stjärnpopulationerna som bygger upp de avlägsna galaxerna. Genom att använda Webb-data kommer projektet kunna besvara frågor som hur galaxer började bildas och vilken inverkan de hade på sin omgivning.

Foto: Thomas Kornbeck, RUAG Space

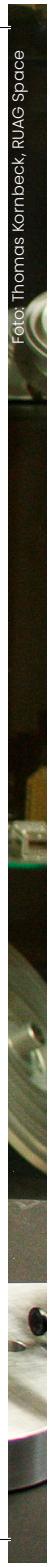
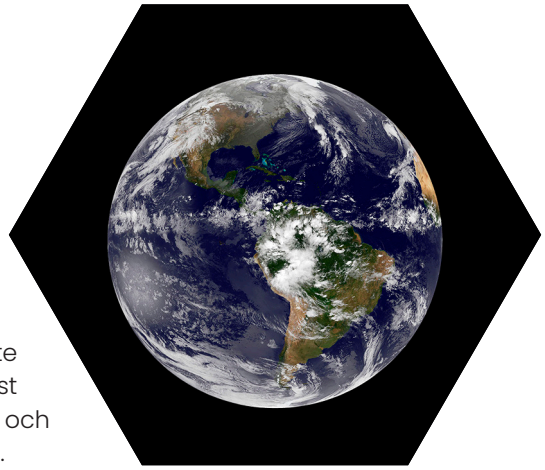


Foto: Thomas Kornbeck, RUAG Space

Svensktillverkad antenn levererar bilder till jorden

James Webb-teleskopets observationer är ingenting värda om informationen aldrig når jorden. En högteknologisk antenn i kolfiber ser till att den kommer fram. Den är tillverkad av bland andra Joakim Johansson, chefsingenjör för antennteknik på Ruag Space i Göteborg.



En kylslagen januarimorgon 2016 påbörjade den färdiga antennen sin resa mot Kalifornien, USA. Det innebar slutpunkten på ett långt och krävande arbete som pågått i nästan åtta år. Joakim Johansson hade tillsammans med ett team på ett 30-tal personer i Göteborg och Linköping konstruerat en antenn som faktiskt inte är så stor som man kanske kan tro.

– Den är cirka 60 centimeter i diameter och ser ungefär ut som en vanlig parabolantenn. Den väger bara några kilo så en person kan lätt bära den. Men det gör man förstås inte av säkerhetsskäl, säger Joakim Johansson.

Det har gått över fem år sedan antennen blev klar. Man kan ju tänka sig att eventuella tekniska framsteg skulle göra att det behövdes uppdateringar. Men så är inte fallet.

– Vi vill ogärna ändra någonting efter att antennen klarat alla kvalifikationstester. Skulle vi ändra något måste testerna göras om. Det undviker vi helst eftersom dessa är både tidskrävande och omfattande, säger Joakim Johansson.

Han poängterar att utmaningarna i ett projekt som det här är många. Inte minst logistiken eftersom arbetet löpt över så många år. Det fanns också flera byggtekniska svårigheter. Antennen ska klara extrema temperaturer, både värme och kyla. Den ska också kunna hantera de påfrestningar som en uppsändning innebär.

Att kolfiber valdes som material beror på att det är starkt och lätt. Det behåller också sin form i de extrema temperaturer som antennen kommer utsättas för i rymden.

– En annan utmaning har varit att få kolfiberdelarna att fungera ihop med metalldelarna. →

”Mottagarantennerna har en diameter på mellan 34 och 70 meter, så det är stora saker.”

Foto: Canberra Deep Space Communication Complex

Framför allt den så kallade vågledaren som transporterar in signalen till själva satelliten. Den fick vi tillverka i en metallegering som heter Invar. Fördelen med materialet är att det inte har någon utvidgningskoefficient precis som kolfiber.

Data från de observationer som Webb genomför kan, tack vare antennen, skickas till jorden med en hastighet av 28 Mbit/s. Totalt räknar man med att behöva skicka tillbaka omkring 250 Gbit/dygn. Det stora avståndet på 1,5 miljoner kilometer, alltså fem ljussekunder, är den största anledningen till att överföringen inte går fortare. Detta hade kunnat kompenseras med en ökad antenndiameter, men det hade inneburit andra svårigheter.

– En större antenn innebär att antennloben blir smalare, vilket gör att man måste rikta om antennen oftare. Då får man vibrationer som kan göra bilderna suddiga. Den får också en ökad massa och volym, vilket inte är att föredra eftersom det är väldigt trångt i uppsändningsraketen Ariane 5.

Var informationen hamnar beror lite på var teleskopet befinner sig. På jorden finns tre mottagarstationer: en i Kalifornien, en strax utanför Madrid och en i Australien. På de här platserna kan varje mottagare täcka in varsin tredjedel av jordklotet. På så sätt finns alltid någon mottagarantenn riktad mot James Webb-teleskopet. Men det finns ytterligare en orsak till att de ligger där de ligger.

– De här platserna är utvalda eftersom det är väldigt torrt just där. Många som har satellit-tv har säkert märkt att det kan bli lite dålig mottagning när det regnar. Mottagarantennerna har en diameter på mellan 34 och 70 meter, så det är stora saker.

Har du sett antennen sedan den levererades?

– Ja, vid tre tillfällen. För omkring två år sedan fick vi också möjlighet att se hela James Webb-teleskopet på plats. Och man får en tår i ögat när man ser det. Det är som ett katedralbygge, oerhört vackert. ⬢

Supernova 1987a.
Foto: NASA, ESA, R. Kirshner (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics and Gordon and Betty Moore Foundation), and M. Mutchler and R. Avila

CLAES FRANSSON OCH PETER LUNDQVIST, Stockholms universitet
JOSEFIN LARSSON, Kungliga Tekniska Högskolan

Detaljerade observationer av avlägsna supernovor

Med hjälp av de största optiska- och radioteleskopen vid ESO i Chile och med Hubble-teleskopet har supernovagruppen vid Stockholms universitet kunnat följa supernovan 1987A sedan explosionen år 1987. Det förhållandevis korta avståndet gör att man kunnat studera denna utveckling med ett tredimensionellt perspektiv. Det är inte möjligt med mer avlägsna supernovor och inom alla våglängdsområden. James Webb kommer att höja ribban ytterligare, främst inom det infraröda området. Atomer, molekyler och stoft som bildats i supernovan kan studeras och visa var och hur dessa bildats. Det infraröda området absorberar dessutom mindre ljus och det medför att det går att tränga in i den centrala delen av supernovan.

Forskarna ska söka efter tecken på den neutronstjärna man tror har bildats. Hittills har det funnits mycket osäkra tecken. Det går också att observera kollisionen mellan den expanderande supernovaresten och det omgivande mediet. Främst i form av den ring av gas som kastats ut av stjärnan ungefär 20 000 år innan explosionen. Den kollisionen hettar upp gas och stoft och blir bäst synligt i det infraröda området.

Claes Fransson är med i en grupp som har garanterad tid på James Webb med MIRI och NIRSPEC. Claes Fransson är också tillsammans med Josefin Larsson med i ledningen för ett kompletterande program med NIRCAM, där även Peter Lundqvist deltar.

PER BJERKELI, *Chalmers Tekniska Högskola*

Nya solsystem blir till

Hur bildades vår sol och planeterna runt den? För att ta reda på mer om det, kan man studera områden där solsystem föds just nu. Stjärn- och planetbildning pågår på flera platser i vår galax och inom några hundra ljusårs avstånd från jorden. Med James Webb-teleskopet och det markbaserade ALMA-teleskopet är det möjligt att mycket grundligt kunna kartlägga unga solsystem som inte är helt olika vårt eget.

Per Bjerkeli vid Chalmers tekniska högskola arbetar med ett sådant projekt, och kommer specifikt studera hur accelerationen av utflöden i ett ungt solsystem går till. Under den tidigaste fasen av en stjärnas liv skickas gigantiska utflöden av gas och stoft ut med hög hastighet. Dessa är intressanta att studera eftersom de direkt påverkar hur stjärnor och planeter blir till.

James Webb-teleskopet är ett samarbete mellan europeiska rymdorganisationen ESA, amerikanska NASA och kanadensiska CSA. Forskare i Sverige och svensk rymdindustri har på flera olika sätt medverkat till utvecklingen och bygget av James Webb-teleskopet. Den svenska medverkan har finansierats av bland annat Stockholms universitet, Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse samt Rymdstyrelsen.

Rymdstyrelsen
www.rymdstyrelsen.se