

Steinar Thorvaldsen

Observasjoner av Venus på solskiva

Planetene Venus og Merkur har baner som ligger innenfor jordbanen, med Venus nærmest jorda. Merkur vil passere mellom oss og solskiva rundt 14 ganger per århundre. Men for Venus er slike begivenheter mye mer sjelden. Da Venus gled som en svart flekk forbi sola den 8. juni i år, var det hele 122 år siden forrige gang. Men neste gang kommer om bare 8 år.

Steinar Thorvaldsen

er ansatt ved Høgskolen i Tromsø og har tidligere skrevet astronomiske artikler for Naturen. Han er leder for Tromsø Astronomiforening, og er forfatter av boken Matematisk kulturhistorie (Eureka forlag, 2002).

Venus skinner på stjernehimmelen med sitt klare, hvite lys og er det nærmeste stjerne-liknende himmellegeme vi kan se fra jorda. Høsten 2004 skinner den som «morgenstjerne». Fra gammelt av har Venus vært kjærlighetens og skjønnhetens gudinne.

Det spesielle med de to innerste planetene i solsystemet, er at de på sin vandring kan komme til å passere *mellom* oss og sola, slik at de skygger for en del av solskiva. Fenomenet er tilsvarende det vi har når månen passerer mellom jorda og sola og lager en solformørkelse. Men mens månen kan dekke hele solskiva, dekker Venus og Merkur en så liten del at vi ikke kan kalle det en formørkelse. Fenomenet omtales i stedet som en *passasje*.

Baner i samspill

Venus bruker 225 døgn på et omløp om sola. Et resultat av dette er at Venus tar igjen

jorda omtrent annethvert år. Sett fra jorda passerer da Venus fra østsiden til vestsiden av sola. Dersom Venusbanen hadde ligget i samme plan som jordbanen ville vi ha fått en Venuspassasje hver gang. Venus' baneplan danner imidlertid en vinkel på 3,5 grader med jordbaneplanet. Dermed vil Venus ved de fleste tilfellene passere litt sør eller nord for solskiva.

Skjæringslinjen mellom baneplanene til Venus og jorda kalles *knutelinjen* til Venusbanen, og de punktene hvor Venusbanen krysser denne linjen, er banens nedstigende og oppstigende *knute* (se figur 2). Hvert år rundt den 8. juni og 9. desember passerer jorda forbi disse to knutelinjene. Dersom nå Venus passerer en av knutene samtidig med at jorda passerer knutelinjen på samme side av sola, ligger Venus, jorda og sola på samme rette linje og dermed kan Venus sees mot solskiva. Fordi sola har en viss utstrekning behøver ikke Venus og jorda være akkurat i knutelinjen. En passasje kan finne sted noen døgn før og etter jordas kryssing av knutelinjen.

Astronomiske beregninger

En Venuspassasje er normalt mulig å se overalt på jorda hvor sola er over horisonten under passasjen, men er lite merkbar da sola fortsatt skinner med 99,9 % av sin lysstyrke. Et menneskeøye uten hjelp av noe instrument (unntatt solformørkelsesbriller!) kan skjelne detaljer på sola som er ned mot 60 buesekunder. Ved en passasje har Venus omtrent en slik diameter, men vi har ingen sikre observasjoner fra tiden før teleskopet ble oppfunnet. En Venuspassasje kan best observeres med en liten kikkert. Kikkerten kom i bruk omkring 1610, og i 1627 beregnet den kjente astronomen Johannes Kepler (1571–1630) at en Merkurpassasje ville finne sted om morgenen den 7. november 1631, og en Venuspassasje den 7. desember samme

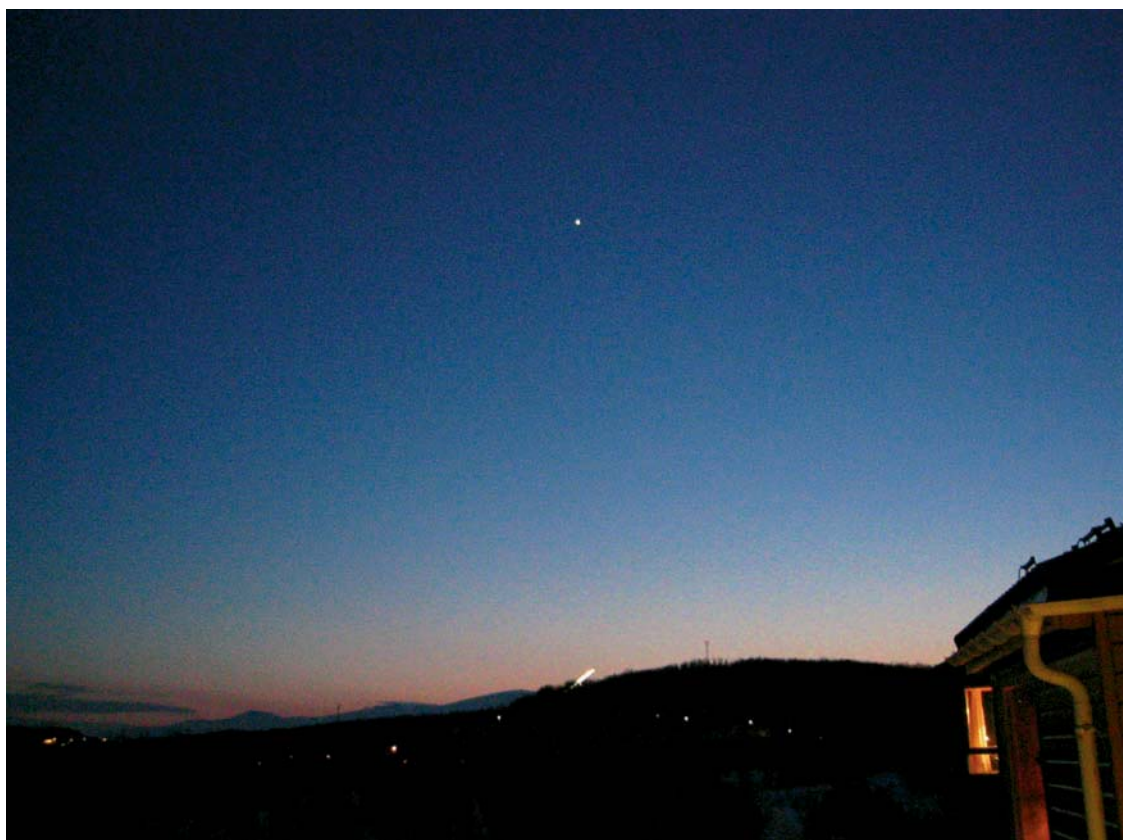
år. Kepler selv ble ikke vitne til passasjene; han døde snaut et år tidligere. Venuspassasjen var ugunstig sett fra sentrale deler av Europa, da den sluttet ved soloppgang, men Merkur var mer gunstig. Blant de meget få som så Merkurpassasjen – og den eneste som gjorde målinger av vitenskapelig verdi – var franskmannen Pierre Gassendi (1592–1655). I et brev beskrev han det slik:

For å si det kort, så har jeg vært heldigere enn de andre som lette etter den flyktige guddom Merkur på sola. Jeg fant den, og så den, der ingen tidligere har sett den...

Gassendi benyttet anledningen til å bestemme Merkurs posisjon og diameter. Keplers tabeller viste seg å ha et avvik i posisjon på kun 10 bueminutter, noe som var rundt 20 ganger nøyaktigere enn de andre astronomiske tabellene, laget av Kopernikus og Ptolemaios. Den presise prediksjonen førte til at Keplers nye teori om elliptiske planetbaner ble mer anerkjent av astronomene.

En ung mann med navn Jeremiah Horrocks (ca. 1619–1641) ble den første som beregnet og observerte en Venuspassasje i året 1639, noe som Kepler faktisk hadde oversett. Horrocks hadde begynt ved universitetet i Cambridge i 13–14 års alderen, noe som ikke var uvanlig på den tiden. Her ble han en av de første talsmenn for Keplers planetlover i England, han gjorde sine egne beregninger og tok i bruk et lite teleskop for å kunne kontrollere resultatene. Med dette ble han, sammen med en av sine venner, «det første mennesket siden skapelsen som fikk se Venus gå framfor solen», som det ble sagt på den tiden.

Neste passasje i 1761 ble observert fra rundt 60 steder på jorda, bl.a. av den russiske vitenskapsmannen M. V. Lomonosov (1711–65) som fra St. Petersburg la merke til at planetskiven var noe uskarp og konkluderte med at Venus var omgitt med en betydelig



Figur 1. Når Venus skinner i all sin glans kan den kaste skygge på bakken. Her fotografert fra Tromsø av forfatteren som «aftenstjerne» den 15. mars 2004.

Tabell 1. Venuspassasjer etter at teleskopet ble oppfunnet. Passasjene er sjeldne, men opptrer i par med 8 års mellomrom. Begge passasjene i vårt århundre er synlige fra Norge.

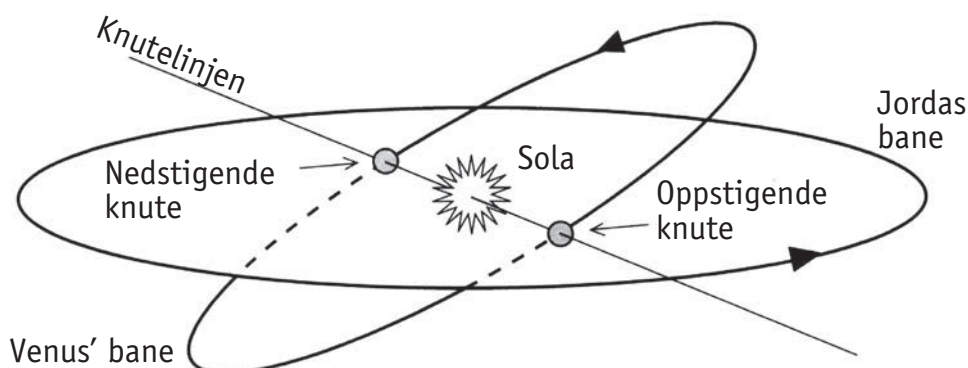
Venuspassasjer

7. desember 1631
4. desember 1639
6. juni 1761
3. juni 1769
9. desember 1874
6. desember 1882
8. juni 2004
6. juni 2012
11. desember 2117
8. desember 2125

atmosfære som var større eller lik vår egen atmosfære. I København observerte Christian Horrebow, og til Trondheim ble de senere professorene Thomas Bugge og Urban Bruun Aaskow sendt. I Trondheim var himmelen for en stor del skyet, men mot slutten klarnet det opp slik at de fikk sett Venus forlate sola. Deres observasjoner ble imidlertid av liten nytte da de var påvirket av betydelige feilkilder.

Halley's avhandling

Den berømte astronomen Edmond Halley (1656–1742) er mest kjent for sin komet, men han observerte også Merkurpassasjen i



Figur 2. Banene til jorda og Venus.

1677 under en ekspedisjon til St. Helena. Halley gjorde nøyaktige målinger, og la merke til at det var mulig å bestemme tidspunktet når planeten møtte sola med stor presisjon. Slik fikk han ideen om at passasjer var godt egnet til å bestemme avstandene i solsystemet, noe som skulle vise seg å være korrekt.

Halley var en utmerket forskningsleder og presenterte prosjektet i 1716 som en avhandling for *The Royal Society*. Prosjektbeskrivelsen er forbilledlig enkel med appell til politisk støtte, kombinert med faglig grundighet, og begynner slik:

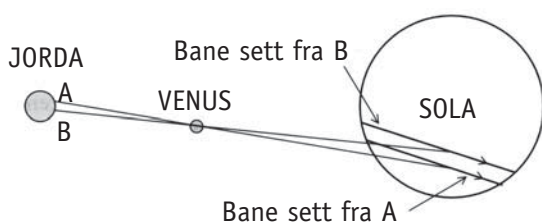
Det er meget her i verden som ved første øyeblikk kan synes ganske paradoksalt, ja helt utrolig. Men det er dermed ikke mindre viktig, og ofte gjennom matematikkens hjelp ganske lett å bevise. Hva skulle vel anses vanskeligere enn å bestemme solens avstand ifra jorden? Og likevel er dette blant de enkleste saker, om man blott får innhentet noen observasjoner for dette formålet, noe jeg nå skal gjøre rede for.

Halley viser at det er Venuspassasjene, ikke Merkurpassasjene, som er best egnet for å bestemme avstanden til sola, forutsatt at man gjør observasjonene fra forskjellige steder med stor avstand imellom, gjerne fra verdens ytterpunkter. Prinsippet for beregning av solavstanden baserer seg på minst to

observasjonssteder på jorda. Da sola er rund, vil Venus sett fra de to observasjonspunktene i regelen få litt forskjellig vei å tilbakelegge over solskiva. Parallele korder har som kjent ulik lengde (bortsett fra spesialtilfeller), og slik vil den lille vinkelforskjell som de to observatørene har til Venus bli transformert til forskjell i varighet av passasjen. Denne tidsforskjell er av en størrelsesorden som er lett å måle, og når man nå kjenner avstanden mellom de to observasjonspunktene på jorda, kan avstanden til sola bestemmes i jordiske mål, for eksempel i kilometer. Halley gjør rede for passasjen i 1761 nevner og steder som Thule og Nidrosia (=Trondheim). Og til slutt Nord-Norge:

Fra de samme forutsetninger følger det at Venus vil gå over de ekstremt nordlige områder av solen den 3. juni 1769 klokken 11 om natten. Grunnet parallaksen vil hele hennes legeme kunne skues på solens skive fra de nordlige deler av Norge, da solen der ikke vil gå ned. Samtidig vil kystene av Peru og Chile kunne se Venus ride på solens rand mens den er på vei ned.

Passasjen viste seg heldigvis å bli mer sentral gjennom solskiva enn det Halley hadde beregnet, og passasjen ble godt synlig også fra sørlige breddegrader. Halley understreker prosjektets framtidige prioritet og legger hele sin faglige tyngde bak:



Figur 3. Halleys kordemetode for å beregne avstanden til sola. Passasjen vil ha ulik varighet avhengig av observatørens posisjon på jorda.

Jeg anbefaler denne metoden på det aller sterkeste for alle astronomer som, når jeg er død, får mulighet til å observere dette. Måtte de ikke glemme dette råd, men med flid og all sin kraft anvende det på å gjøre disse viktige observasjoner. Til dette ønsker jeg dem av hjertet gode værforhold og klar sikt, og at de deretter kan bestemme planetbanenes virkelige størrelse, og dermed vinne seg en udødelig ære og berømmelse.

Halley var ikke den første som foreslo denne metoden. Den skotske matematikeren James Gregory hadde allerede i 1663 foreslått det samme, og det er mulig Halley kjente til dette arbeidet. En svakhet med Halleys metode er at man måtte ha nøyaktige tidspunkter for både Venus' inngang og utgang fra solskiva. Franskmannen Joseph-Nicolas Delisle (1688–1768) foreslo en enklere variant hvor en bare trengte ett av tidspunktene. Til gjengjeld måtte man da ha nøyaktig kjennskap til observatørens bredde- og lengdegrad. Breddegraden kunne bestemmes ved enkle stjerneobservasjoner. Lengdegraden var mye vanskeligere. Det letteste var å gjøre målinger av sol- eller måneformørkelser, eventuelt kunne man bruke formørkelser av Jupiters måner.

Vardø-ekspedisjonen i 1769

Passasjen i 1761 hadde ikke gitt den forventede nøyaktighet, og alle monarker i det «siviliserte» Europa gikk til tross for kriger

sammen om å utruste sine astronomer til neste mulighet i 1769. Prosjekter ble planlagt til bl.a. California, Hudson Bay, Tahiti (Kaptein Cook!), Øst-India, Kola, Nordkapp, Hammerfest, Uppsala, Åbo – samt til Vardø.

Den dansk-norske konge Christian VII gikk til det uvanlige skritt å invitere den anerkjente østerriksk-ungarske astronomiprofessor og jesuittprest Maximilian Hell (1720–92) til å observere fra Vardøhus festning. Hell var direktør for observatoriet i Wien, og som assistent tok han med sin ordensbror Johannes Sajnovics. Han var astronom som han selv, og hadde dessuten interesser innen språkforskning og ville undersøke en mulig sammenheng mellom ungarsk og samisk språk – noe som resulterte i et pionerarbeide om den finsk-ugriske språkgruppe. Ekspedisjonen varte i over 2 år, og kostet 6398 riksdaler. På seilturen fra Trondheim og nordover slo også botanikeren Jens Finne Borchgrevink følge. Han hadde studert hos tidens fremste naturforsker, Carl von Linné, og var amanuensis hos biskop Gunnerus i Trondheim. Så det var i sannhet en tverrfaglig forskningsgruppe som la ut på den krevende ekspedisjonen mot verdens nordlige ytergrense. Den 11. oktober 1768 var de framme i Vardø etter å ha reist gjennom flere høststormer, fått ising på båtdekket, men kommet fram som ved et under.

Den første tiden gikk med til å bygge et astronomisk observatorium, bygd som et tilbygg til fogdens hus. Dette må betegnes som Norges første observatorium og sto ferdig til jul. Måneformørkelsen på lille julaften ble dessverre spolert av overskyet vær.

Alle som kjenner kystområdene i Nord-Norge vet at været vanligvis ikke er til å stole på. Den kritiske dagen da alt skulle avgjøres, klarnet det heldigvis opp utover kvelden. Hell, Sajnovics og Borchgrevink observerte med hver sine teleskoper, og Hell

noterte Venus' inntreden på solskiva med indre kontakt på deres klokke 9:32.35 om kvelden. Videre utover kvelden kom skyene! Men astronomene ventet i tålmodighet. Utover natta ble skyene etter hvert drevet bort, og mot slutten av passasjen var alt klart igjen. Klokka 3:26.17 om natta kunne de notere at Venus begynte på sin vei ut fra solskiva, og 18 minutter senere var det hele over. Alt det viktigste hadde de fått med seg! Med stor glede kunne de istemme takkesanger til Gud, heise flagg og blåse trompetfanfarer. Neste dag inntraff også en partiell solformørkelse som de fikk gjort observasjoner av. Ved avreisen takket de for seg ved å gi de fattige en stor almisse.

Reisen tilbake ble en festreise. Både i Trondheim og København ble de to astronomene tatt opp som medlemmer vitenskapselskapene. Hell tok seg god tid i København – over et halvt år – noe som etter hvert førte til kritikk fra noen av hans astronomikolleger. Men på grunn av den økonomiske støtten ville han først publisere sin avhandling på dansk: *Observation over Veneris Gang forbi Soelens Skive*.

Observasjonene fra Vardø ble derfor ikke kjent for det internasjonale astronommiljøet før i februar 1770. Da resultatene fra passasjen ble lagt fram i *The Royal Society* året etter, ble beregningene basert på 5 av de beste observasjonsstedene: Vardø, Kolahalvøya, Hudson Bay, California og Tahiti. Dette ga en avstand til sola på 150.834.700 km når man brukte datidens verdi på jordradien (149.838.900 når vi regner med dagens jordradius). Endelig kunne man hevde at den sanne avstand til sola var kjent. Nøyaktigheten var nå på rundt 1%, sammenliknet med en nøyaktighet på 20–30% før Halleys metode ble tatt i bruk. Basert på Keplers 3. lov kunne også avstanden til enhver annen planet beregnes. Til sammenlikning er dagens aksepterte solavstand 149.597.870 km.



Figur 4. Pater Maximilian Hell var en av tidens dyktigste observatører. Her tegnet i samedrakt, med bilde av observatoriet han bygde i Vardø i bakgrunnen. Fra tidsskriftet *Ottar*, nr. 1, 2004.

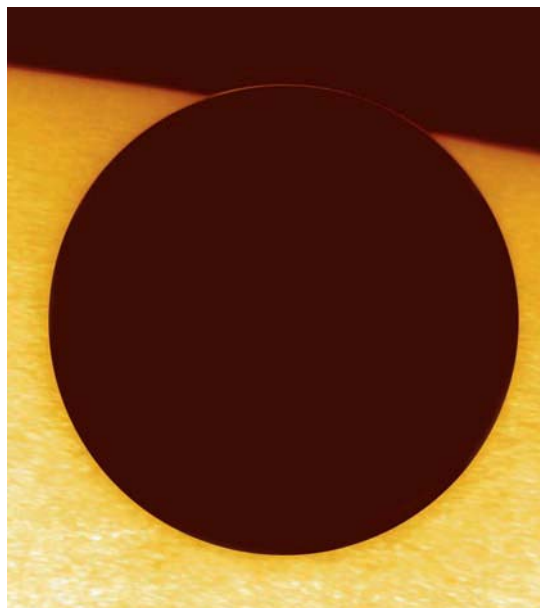
Moderne metoder benytter fortsatt Venus, men bygger da på en annen teknologi med ekko fra radarsignaler vi sender ut fra jorda.

I Paris hadde astronomen J. Lalande som oppgave å samle alle observasjoner og beregne sluttresultatet, og det oppsto en langvarig disputt mellom Hell og Lalande der Hells data ble mistenkeliggjort. Han mente Hell måtte ha fått sine observasjoner ødelagt av dårlig vær på samme måte som det hadde skjedd for de engelske observatørene som var ved Nordkapp og i Hammerfest. Etter Hells død gikk anklager ut på at han hadde ventet til alle de andre observatørene hadde publisert sine rapporter, før han jukset til sine egne nøkkeldata. Hell og hele hans ekspedisjon ble mer eller mindre svartelistet i det europeiske fagmiljøet.



Figur 5. Fader M. Hell avbildet på et Tsjekkisk frimerke.

Først på 1880-tallet ble han renvasket. Den amerikanske astronomen Simon Newcombe (1835–1909) var da på besøk ved Hells observatorium i Wien og gjorde en grundig undersøkelse av den originale journalen fra Vardø. Konklusjonen var at alle notatene var originale og skrevet med Hells penn mens han var i Vardø. Dessuten hadde Hell presentert resultatene sine i København allerede i november 1769, og 120 eksemplarer av hans avhandling var trykket på dansk før han kom tilbake til Wien. Hells over to år lange arktiske ekspedisjon kunne igjen få den vitenskapelige status den fortjente. Astronomen og jesuitten John G. Hagan takket senere Newcomb med denne hilsen: «Ved denne handling har du gledet alle jesuitter på alle steder og til alle tider. Det var vel passende at denne rettferdighetshandling skulle være reservert for en amerikansk astronom, som står fjernt fra de bedrøvelige stridighetene i den gamle verden».

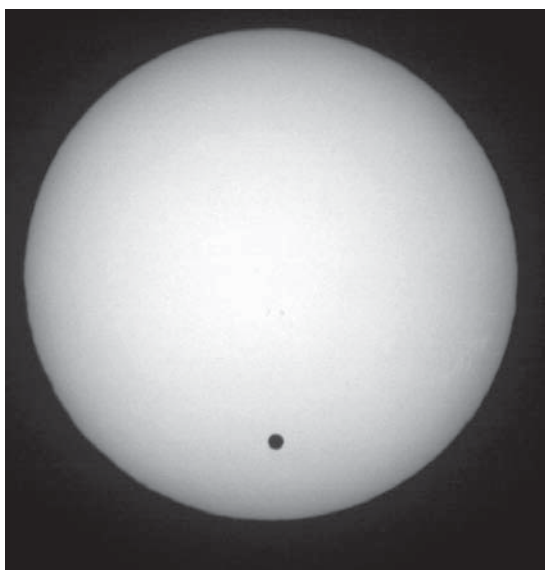


Figur 6. Venus på vei ut fra solskiva den 8. juni 2004, her fotografert av det svenske solteleskopet på La Palma. Den tynne ringen som viser Venusatmosfæren er kunstig forsterket ni ganger for å få den fram tydeligere.

Det eneste Hell kan kritiseres noe for, er at han endret litt fram og tilbake på lengdegraden for sitt observatorium i Vardø, men lengdegradbestemmelse var uansett et av tidens store problemer.

Overopphetet drivhus

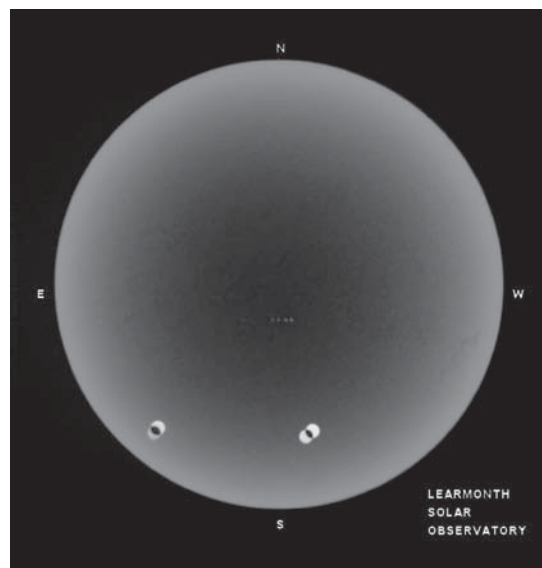
Hva vet vi så i dag om denne planeten? Med vanlige teleskoper har det vist seg praktisk talt umulig å se andre detaljer på Venus enn enkelte sjatteringer i skyene. Den er omgitt av en ugjennomsiktig atmosfære som vesentlig består av karbondioksid. Planeten viser imidlertid faser akkurat som månen. Den står alltid i nærheten av sola (maksimal avstand er 48 grader) og ses derfor som aftenstjerne på vesthimmelen og som morgenstjerne på østhimmelen. Pytagoras var visstnok den første som fant identiteten til de to objektene. Venus er omtrent like stor som jorda, men



Figur 7. Sola med Venus den 8. juni 2004 kl. 10.35 fotografert av Leif Møller i Danmark. Ved midten av sola kan man også se to små solflekker.

den har ingen måne. Den er så lyssterk at det er mulig å se den med det blotte øyet ved høylys dag. Hovedgrunnen til den store lysstyrken er planetens albedo (refleksjonsevne) som er på hele 76%.

Før romalderen visste man få detaljer om de fysiske forholdene på planeten. Den første vellykkede romsonden var Mariner 2 i 1962, og ved hjelp av romsonder og radarer er nå en rekke grunnleggende data kjent. Skylaget er grovt sett todelt og består av svovelpartikler og svovelsyredråper i en gassblanding av ca. 98% karbondioksid, 2% nitrogen samt noe helium, neon og argon. Temperaturen øker fra omtrent 0 grader Celsius ved skytoppene til nesten 500 grader ved bakken. Det er drivhuseffekten som lager den enorme varmen som gjør enhver form for liv umulig. Trykket ved bakken er omtrent 100 ganger større enn på jorda, sikten er rundt 2 km og luften er oransjefarget. Fotografier fra overflaten viser at rundt 70% er et steinete, flatt ørkenlandskap. Radarstudier viser også

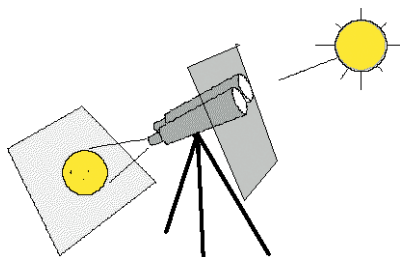


Figur 8. To par Venusbilder som er tatt omtrent på samme tidspunkt for å vise parallellforskyvningen mellom observasjoner gjort fra Sønderborg i Danmark og Solobservatoriet i Australia. Det første paret med bilder er tatt kl. 08:14:16 og 8:14:32, og det andre kl. 10:53:16 og 10:53:33. Merk at det i tillegg til nord/sør-forskyvningen, også er en betydelig øst/vest forskyvning, da Australia ligger ganske langt øst for Danmark. Denne effekten øker mot slutten av passasjen da jorda roterer. Copyright: National Solar Observatory/AURA/NSF, Australia.

platåer og fjellområder, det høyeste er *Maxwell Montes* på 10 km, som sannsynligvis er en gigantisk vulkan. Det viser seg at planetens rotasjonsretning er motsatt av de andre planetene (retrograd) med rotasjonstid lik 243 døgn, noe som er 18 døgn lengre enn planetens omløpstid rundt sola. Venus er altså en planet med mange særegenheter.

Passasjen i 2004

Det var altså kun to personer som så Venus passere sola i 1639, noen få hundre så passasjene på 1700-tallet og kanskje noen titusener de på 1800-tallet. Vinterpassasjene på 1800-tallet var ugunstige sett fra Norge, men fra Kompassfjeld ved Ekersund fikk Carl Fearnley, astronomiprofessor ved Universite-



Figur 9. Oppstilling av utstyr for observasjoner ved projeksjonsmetoden.

tet i Oslo, observert første del av passasjen i desember 1882 kort tid før solnedgang. Begivenheten i 2004 var den første i massemedienes tidsalder, og stedene som overførte via internett hadde mange millioner treff i timen. Astrofysisk institutt ved Universitetet i Oslo hadde i samarbeid med Norsk Astronomisk selskap, ordnet med weboverføring fra 14 ulike bildekilder fordelt på 9 observasjonsplasser. Dermed skulle man ha gardert seg bra mot dårlig vær.

Det var Midt-Norge som hadde det beste været, og tre teleskoper med web-kamera overførte meget gode bilder fra Trondheim. Spesielt ble Brynjar Berg sine bilder, der Venus var zoomet skikkelig inn, sendt verden rundt. Lenger sør i landet var det gjerne en del skyer, spesielt i begynnelsen, og i Nord-Norge måtte man nøye seg med enkelte sprekker i skydekket. Selv observerte jeg med et 70 mm teleskop med solfilter fra Kilpis ved grensa mot Finland, og den siste timen lettet skydekket såpass at jeg kunne se

den svarte planeten mot sola. Venus var forbløffende skarp og avtegnet seg med en klar skiveform uten å vise antydning til sin atmosfære. Til tross for tynne skyer var jeg heldig å få med utgangen fra sola. Tidspunkter for indre og ytre kontakt ble notert til kl. 13:02.05 og kl. 13:20.50, noe som har en nøyaktighet på rundt 30 sekunder i forhold til de teoretiske verdiene. Mens Venus var på vei ut, så den også ut til å «klistre» seg fast til solranda, en variant av «dråpefenomenet» som mange observatører mener å ha sett.

Det var også ordnet med en rekke lokale observasjonsmuligheter rundt i landet, og i Oslo var på det meste nærmere 10 000 mennesker samlet i Frognerparken. Storskjermen viste bilder fra nettet. Forskningsrådets Nysgjerrigper ble også markert. Dette var en realfagsmarkering som det ble lagt merke til både i norske og utenlandske medier, deriblant store aviser som *The New York Times*.

Neste gang i 2012

Venuspassasjene opptrer i par, og neste passasje kommer derfor den 6. juni 2012. Denne starter ca. 10 minutter etter midnatt norsk sommertid, og varer til kl. 6:49. I Trondheim er soloppgangen rundt kl. 3:15 denne dagen, og i Bergen ca. en time senere, slik at bare slutten av passasjen kan ses fra Sør-Norge. Det meste av Nord-Norge har midnattssol, slik at hele passasjen dermed kan følges. Hvis været slår til i nord denne gangen, kan det bli et vakkert skue.

Det er som kjent farlig for øynene å se på



Figur 10. Billedserie fra Brynjar Berg sitt webkamera som viser Venus idet den forlater solskiva. Den er tilbake igjen om 8 år.

sola direkte uten solformørkelsesbriller. Hvis man har tilgang til kikkert eller teleskop, men ikke solfilter, kan man i stedet bruke kikkerten til å projisere et bilde av sola på en skjerm eller et stykke papir. Da kan også flere observere samtidig. Dette er også en fin måte å vise fram solflekker. Pass på at teleskopet blir stillet inn med tildekket objektiv, dette for å unngå at varme kan ødelegge noe inne i teleskopet. En slik innstilling kan gjøres ved å se på skyggen av teleskoprøret. Fotografering kan gjøres enkelt ved å stille skjermen litt på skrå og ta foto av bildet på skjermen. Med litt øving er dette noe som er ganske enkelt å få til.

Forskningen rundt Venuspassasjer hadde lenge karakter av ren grunnforskning. Først når romalderen startet, fikk spørsmålet om avstanden til sola noe annet enn teoretisk interesse. Nøyaktige kjennskap til denne type verdier er av avgjørende betydning når banen til romfartøyer og kommunikasjonssatellitter skal fastlegges. På denne måten kan teoretisk forskning komme til stor praktisk nytte etter noen hundre års forspill som grunnforskning. Dette er en tankevekkende kjensgjerning vi kan lese ut av vitenskaps-historien.

Videre lesning

- Gillispie, Charles C. ed., *Dictionary of Scientific biography*. New York 1970.
- Hell, M.: *Observation over Veneris Gang forbi Soelens Skive*. København 1769.
- Littrow, J.J.: *Populär astronomi*. Svensk utgave, Stockholm 1840.
- Maunder, Michael J. & Moore, Patrick: *Transit: When Planets Cross the Sun*. Springer-Verlag, 1999.
- Meeus, Jean: *Transits*. Willman-Bell, 1989.
- Sarton, George: Vindication of Father Hell. *ISIS* #35 1944, side 97-105.
- Sellers, David: *The transit of Venus*. Maga Velda Press, 2001.
- Willoch, G.I.: *Vardøhus festning 650 år*. Jubileumssktift. Oslo 1960.
- Tidsskriftet *Ottar* nr 1-2004, som utgis av Universitetet i Tromsø, er et spesialnummer om Venuspassasjen.