

Totale solformørkelser nu og i fremtiden

Af Michael Cramer Andersen, Christianshavns Gymnasium og KVANT

En total solformørkelse er et af de smukkeste og mest mærkværdige naturfænomener man kan opleve. Har man først set Solens korona under gode betingelser bliver man nemt grebet af en stærk trang til at rejse afsted for at opleve det igen. Hver totale solformørkelse er desuden unik. Den foregår et nyt sted, har forskellig varighed og koronaen ser forskellig ud. I denne artikel forklares nogle af de astronomiske forhold der gør de totale solformørkelser så interessante og de kommende års totale solformørkelser diskuteres.

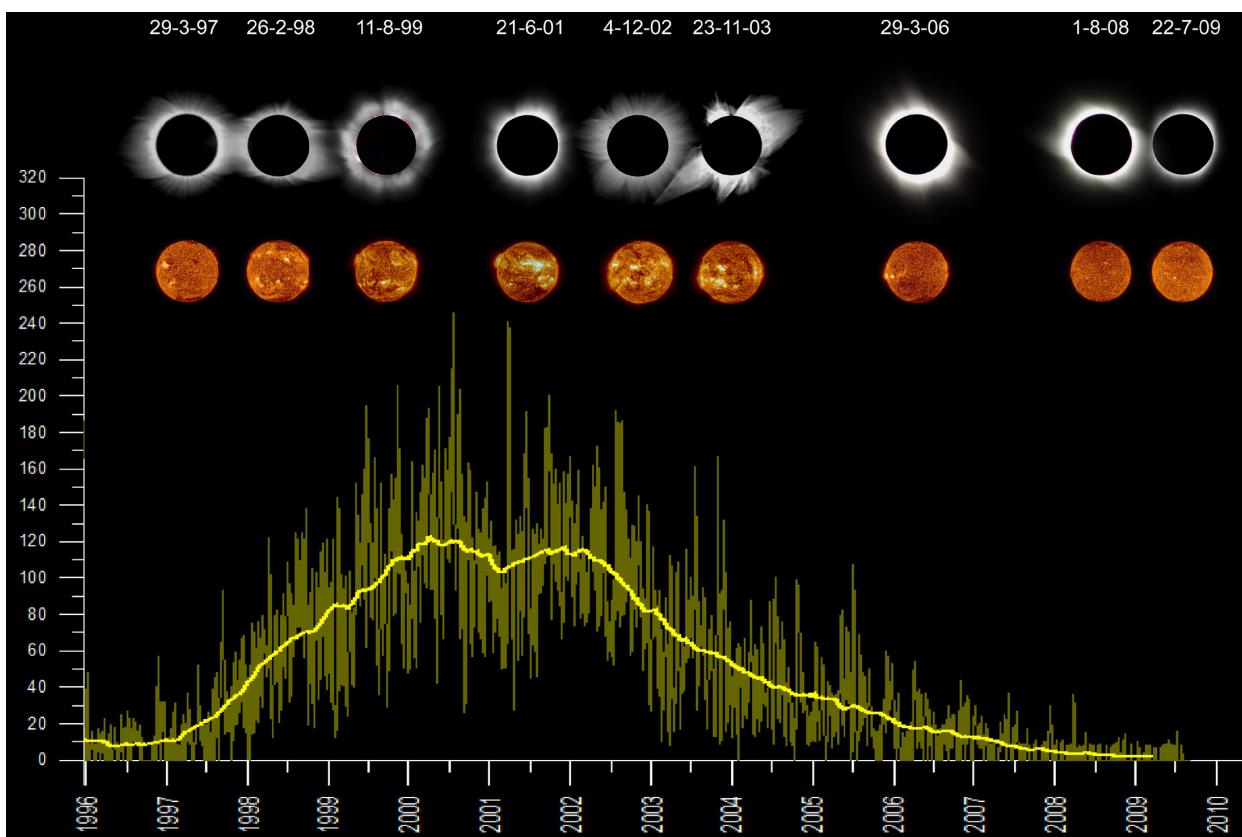
Astronomisk set er totale solformørkelser bl.a. interessante fordi man kan observere Solens korona direkte, når Månen dækker for solskiven. Koronaen er Solens yderste atmosfære som kan strække sig mere end én mio. km ud i rummet. Den tynde gas i koronaen er ioniseret fordi temperaturen er mere end én million grader. Til daglig overblændes det svage lys fra koronaen af lyset fra Solens overflade og det spredte lys i Jordens atmosfære. En solformørkelse skal være total for at koronaen kan observeres. Ved ringformede solformørkelser, hvor f.eks. 99 % af Solen er dækket, kan koronaen ikke ses og det bliver heller ikke mørkt.

I en *koronograf* blændes Solen kunstigt af, men koronaen ses blandet sammen med sollys spredt i atmosfæren. Dette kan undgås i rummet og SOHO-satellitens koronograf observerer dagligt den *ydre del*

af koronaen. Men for at beskytte detektoren er blændingen noget større end Solen og dækker den indre del af koronaen. Solfysikere kan desuden ud fra målinger af Solens magnetiske aktivitet løbende beregne (og forudsige) aktiviteten i Solens korona [4]. Billederne af lysintensiteten i koronaen ligner ofte koronaen ganske godt, men selv solfysikere foretrækker den ægte vare og placerer ofte deres konferencer under totale solformørkelser.

Koronaens udseende følger Solens aktivitet

Koronaen ser ikke altid ens ud. En flot oversigt findes i [2]. I perioden 1996-2009, svarende til den sidste solpletcyklus, har der været 9 totale solformørkelser (se figur 1). Både koronaens form og Solens magnetiske aktivitet varierer igennem en cyklus. Koronaen er rigere på detaljer ved høj aktivitet som i 1999-2003.



Figur 1. Grafen viser antallet af solpletter i den sidste solpletcyklus på ca. 11 år. På de 9 datoer med totale solformørkelser er koronaen vist sammen med et billede af Solen taget med SOHO-satellitten [3] samme dag. Jo højere magnetisk aktivitet Solen har (ses som lyse områder på de orange billeder) jo flere solpletter og jo flere detaljer er der typisk i koronaen. SOHO-billederne er optaget i ultraviolet lys (30,4 nm) udsendt fra stærkt ioniseret helium i overgangszonen mellem kromosfæren og koronaen.

Saros-perioden

Saros-perioden var kendt af babylonske astronomer flere hundrede år før vor tidsregning. En Saros er: $223 \cdot 29, 530589 \text{ dage} = 6585,32 \text{ dage} = 18,03 \text{ år} = 18 \text{ år}, 11 \text{ dage og } 8 \text{ timer}$. Eccentriciteten af Månens bane (ca. 0,055) er væsentligt større end eccentriciteten af Jordens bane (ca. 0,0167), så Månens bevægelse har størst betydning for, hvordan en solformørkelse bliver. Der er to andre 'måned', udover den synodiske, som er vigtige:

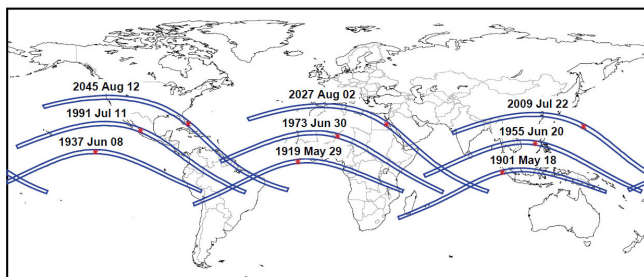
- **Den synodiske måned:** $S = 29, 53059$ dage er defineret fra nymåne til nymåne. Solformørkelser kan kun ske ved nymåne og denne periode har derfor betydning for om der bliver en formørkelse eller ej.

- **Den anomalistiske måned:** $A = 27, 55455$ dage regnes fra perigæum til perigæum, som er det punkt hvor Månen er nærmest Jorden og derfor fylder mest. Denne periode har altså betydning for hvor meget Månen dækker for Solen. Månens bane er hverken fast orienteret i forhold til Solen eller stjernerne men drejer langsomt rundt – én omgang på 18,61 år og tidspunktet for perigæum skrider derfor hele tiden.

- **Den drakoniske måned:** $N = 27, 21222$ dage går fra ét af knudepunkterne, hvor Månens bane skærer Jordens bane, til det samme knudepunkt. Da Månens baneplan hælder ca. 5° i forhold til Jordens baneplan vil Månens skygge ved de fleste nymåner passere over eller under Jorden. Jo tættere Månen er på et af de to knudepunkter (opstigende eller nedstigende) jo tættere vil spidsen af Månens kegleformede kerneskygge være rettet mod Jordens centrum og give en solformørkelse.

Ved noget der ligner en tilfældighed bliver et helt antal af de to andre måneder tæt på én saros-periode, forskellen er kun få timer, og det gør saros-perioden meget praktisk:

- 239 anomalistiske måneder = $239 \cdot A = 6585, 54$ dage.
- 242 drakoniske måneder = $242 \cdot N = 6585, 36$ dage.



Figur 2. Ni spor af totale solformørkelser i Saros-serie 136, der producerer de længste totale solformørkelser i det 20. og 21. århundrede. Serien kulminerede i 1955 med 7 min. og 8 sek. og er nu aftagende. Formørkelsen den 22. juli 2009 var den længste, med 6 min. og 39 sek, i det 21. århundrede hvorfor den blev kaldt "Århundredets solformørkelse". Bemærk hvordan sporet gentager sig efter 18,03 år, men flyttet knap 120 grader mod vest hvilket skyldes, at Jorden har drejet $1/3$ omgang (pga. de 8 timer i Saros-perioden). Kort: Fred Espenak, NASA/GSFC [5].

Forudsigelse af solformørkelser

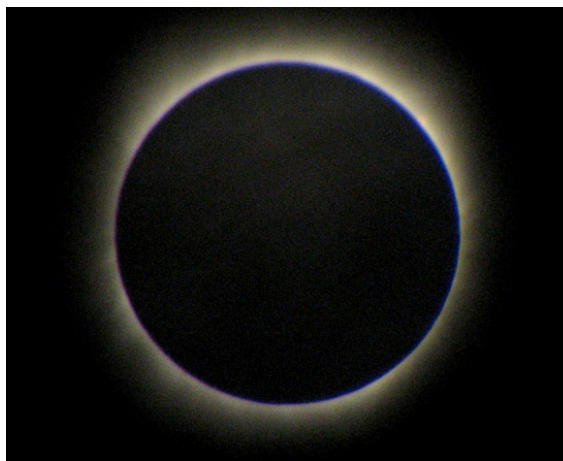
Man kan forudberegne solformørkelser ved hjælp af den såkaldte Saros (se boks) som er 223 synodiske måneder (regnet fra nymåne til nymåne) eller 18 år, 11 dage

og 8 timer. Efter én Saros-periode vil der indtræffe en solformørkelse *under meget lignende forhold*, idet afstande og retninger imellem Solen, Jorden og Månen kun er ændret en lille smule. Den største forskel er, at datoen bliver ca. 11 dage senere og formørkelsesbæltet ligger ca. 120° mod vest (se figur 2). Har man observeret én solformørkelse kan man derfor beregne datoer og placeringer for en hel serie formørkelser før og efter. Der er 39 saros-serier i gang sideløbende, hver med 70-82 formørkelser fordelt på 1226-1551 år.

Astronomi og meteorologi mødes

For at maksimere varigheden af den totale fase skal man forsøge at stå tæt på centerlinien og så tæt på punktet for maksimal varighed af totaliteten som muligt. Men andre forhold gør ofte dette til et uegnet sted, f.eks. hvis det er hav eller svært tilgængeligt, vådt klima eller politiske forhold.

Meteorologen Jay Andersen [6] har specialiseret sig i at beregne sandsynligheden for skydække langs formørkelsesbæltet, men det må understreges at der er stor forskel på klima og vejr. På det "optimale sted" kan der sagtens være dårligt vejr den pågældende dag, mens det er meget bedre et andet sted. Man bør derfor følge vejrudsigterne i dagene op til og være fleksibel så man eventuelt kan køre (eller flyve) til et sted med bedre vejr. Denne store kontrast mellem astronomiens præcise forudsigelser af stedet og tidspunktet og den store usikkerhed om vejret er med til at gøre hele fænomenet meget spændende. Når det så lykkes at se en total solformørkelse er der grund til at fejre det.



Figur 3. Totaliteten den 22. juli 2009 i Anji, Kina.

22. juli 2009 Kina – århundredets længste

Den 22. juli 2009 kunne man se den længste totale solformørkelse i dette århundrede (se figur 2 og 3). Mellem 4-500 danskere rejste til Kina med forskellige rejse-selskaber. Desværre var det midt i monsunen, hvor vejret er varmt, fugtigt og meget omskifteligt. I Shanghai var der regn og flere af selskaberne var uheldige og så kun skyer og regn. Gæsterne der rejste med Viktors Farmor og Københavns Astronomiske Forening, i alt ca. 150 danskere, stod samme sted og var mere heldige. De tætte morgenskyer forsvandt næsten helt, så man kunne observere totaliteten i 5 min og 35 sek.

De kommende års totale solformørkelser

11. juli 2010 – Stillehavsøer og Sydamerika

En noget eksotisk total solformørkelse. På sin vej henover det sydlige Stillehav passerer den kun over få øer. Punktet for længste totalitet (5 min, 20 sek) er over hav. Corona Adventure har arrangeret en meget eksklusiv tur til Cook-øerne, hvor totaliteten varer 3 min og 19 sek. På de små øer ved Tahiti i fransk Polynesien varer totaliteten ca. 4 minutter. Påskeøen er den største landfaste lokalitet med en totalitet på 4 min og 41 sek. Imidlertid er alle rejser hertil udsolgt trods stærkt forhøjede priser. Formørkelsen ender i det sydlige Chile og Argentina – kort før solnedgang i et bjergrigt område om vinteren. Totaliteten er her 2 min. og 45 sek.

13. november 2012 – Australien

Det nordøstlige Australien er det eneste fastland formørkelsen kan ses fra. Nær byen Cairns varer totaliteten godt 2 minutter. Der er endnu ikke regntid, men der falder ca. 3 mm om dagen og temperaturen er godt 30 °C. Punktet med maksimal totalitet (4 min, 2 sek) er over hav og hvis man vil opleve omkring 3 minutters totalitet skal man flyve til den lille ø Norfolk Island, nordvest for New Zealand og sejle 200 km mod nordøst til centerlinjen. Se [7] for flere detaljer.

3. november 2013 – Centralafrika

En hybrid solformørkelse, der starter som ringformet i Atlanterhavet og hurtigt bliver total. Totaliteten varer længst (1 min. og 40 sek) lidt sydvest for Elfenbenskysten. Ved den afrikanske vestkyst lidt syd for Ækvator (Gabon), varer totaliteten ca. 1 minut og på vej gennem det centrale Afrika bliver den kortere jo længere mod øst man er. Det er desværre regntid, i kystbyen Libreville i Gabon falder der 16 mm om dagen i november og temperaturen er ca. 28 °C. Der er mere tørt længere inde i Gabon eller i Congo og Uganda. I Kenya varer totaliteten under 25 sekunder.

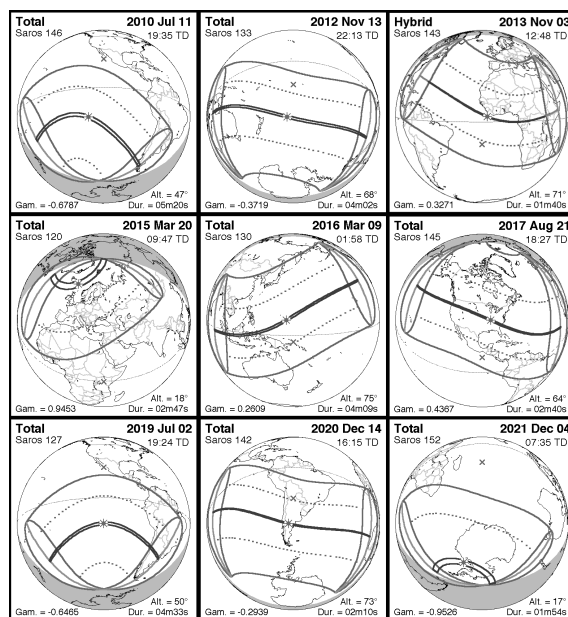
20. marts 2015 – Færøerne og Svalbard

Den næste totale solformørkelse på vores breddegrader starter syd for Grønland og bevæger sig mod nordøst henover Færøerne. Punktet for længste totalitet (2 min, 47 sek) ligger 250 km nord for Færøerne. På Færøerne varer totaliteten op til 2 min og 22 sek afhængig af hvor tæt man er på centerlinjen. Totaliteten indtræffer blot tre timer efter solopgang og Solen står meget lavt (under 20°). På Færøerne er der ofte tåge eller regn. I marts er der ca. 4 °C, frisk til hård vind (8-13,8 m/s) og 6 mm regn om dagen i gennemsnit. Der er kun ca. 4 soltimer pr. dag ud af de teoretiske 12 lyse timer ved jævndøgn. Det bliver noget af en gyser, men hvis vejret er godt venter der en fantastisk oplevelse. Solen vil have en høj aktivitet, hvilket kan give en flot korona. Er der morgentåge, bør man stå på et af de høje fjelde som rager op over tågen. Er der spredte skyer vil Månens skygge køle atmosfæren, så de går i opløsning, men hvis det regner er der ikke så meget at gøre. Længere nordpå, på Svalbard, varer totaliteten ca. 2 min. og 28 sek. Men man skal lige finde et egnet sted mellem gletsjerne. I marts er der -15 °C og der falder under 1 mm regn om dagen. I Danmark er formørkelsen 80 %.

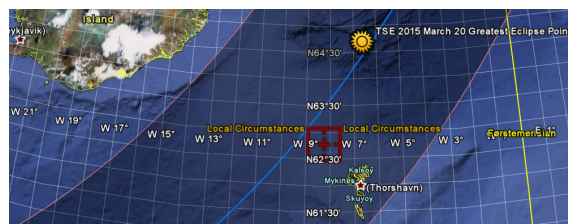
Solens korsfarere

På verdensplan er der flere tusinde personer der er ramt af solformørkelsesfeber og i Danmark findes der også adskillige mennesker som lever og ånder for at rejse ud

og se totale solformørkelser. Det er spændende at høre dem fortælle om tidligere solformørkelser og man udvikler et særligt fællesskab. Rekordholderen er nok Fred Espenak, eller "Mr. Eclipse", der så sin 22. totale solformørkelse i Kina. Han laver de beregninger og kort som alle rejser efter.



Figur 4. Totale solformørkelser de kommende år. Solens aktivitet bliver sandsynligvis størst i årene 2011-16. Flere detaljer i boksen. Kort: Fred Espenak, NASA/GSFC [5].



Figur 5. Ved solformørkelsen den 20. marts 2015 bliver den total på Færøerne. Kortudsnit fra Google Earth med formørkelsesbælte udarbejdet af Xavier Jubier på grundlag af Fred Espenaks beregninger [5].

Litteratur

- [1] M.C. Andersen, Indtryk fra en total solformørkelse set i Tyrkiet, KVANT bind 2, Juni 2006.
- [2] Xavier Jubiers samling af tegninger og billeder af koronaen fra de sidste godt 100 år, http://xjubier.free.fr/en/site_pages/eclipses.html
- [3] SOHO-satellitten, <http://sohowww.nascom.nasa.gov>
- [4] http://sun.stanford.edu/~keiji/daily_mhd/daily_mhd.html
- [5] NASAs side om formørkelser, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov>
- [6] Climatology and Maps for the Eclipse Chaser, <http://www.eclipser.ca>
- [7] North Australia Total Solar Eclipse, <http://www.shindles.co.uk/-eclipse2012t>



Michael Cramer Andersen underviser i fysik og astronomi på Christianshavns Gymnasium og er redaktør af KVANT. Han har set fire totale solformørkelser med sammenlagt knap 14 minutters totalitet. På de sidste tre ture (2006, 2008 og 2009) var han med som astroguide og holdt foredrag om solformørkelsen.