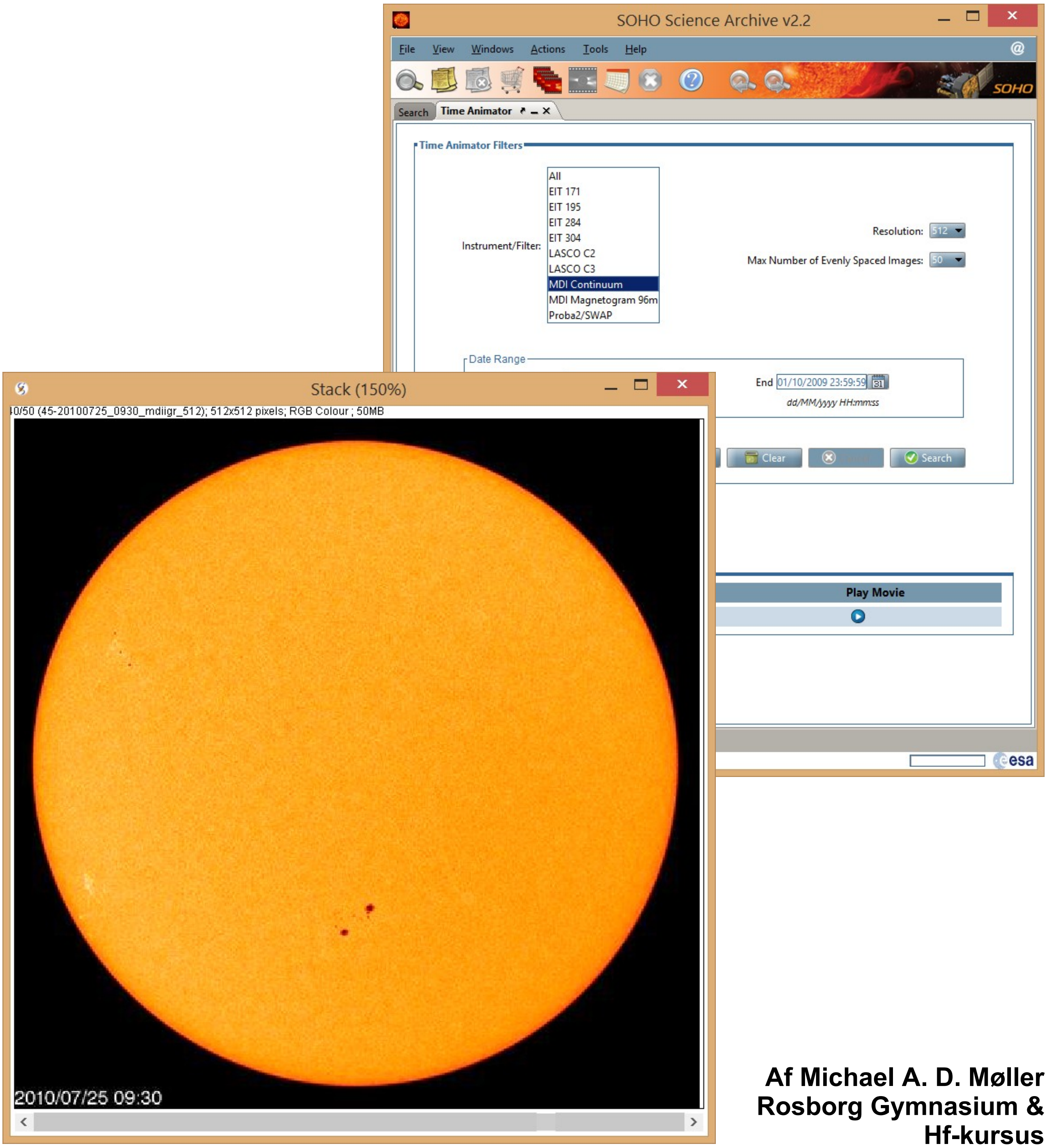
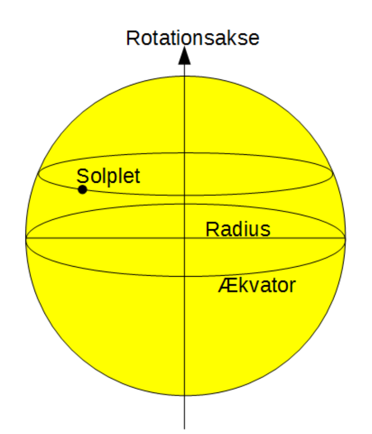
Solens rotationstid



Af Michael A. D. Møller
Rosborg Gymnasium &
Hf-kursus
21/9-2022.

Bestemmelse af Solens rotationstid ved forskellige breddegrader

Vi anvender nogle billeder af solpletter, udvælger et par solpletter ved to forskellige breddegrader, og benytter deres bevægelse til at finde omløbstiden for Solen ved de to breddegrader. Billeder kan findes på astronomis hjemmeside[1]. Flere billeder kan hentes vha. en javaaplet på ESAs hjemmeside[2]. Der er billeder frem til 12/4-2011. Man kan også hente nye billeder fra SDO[3].



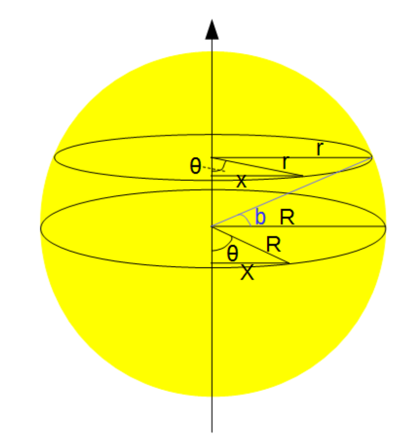
Figur 1: Billede af solplet, der vandrer hen over Solens overflade.

Teori

Vi ved jo godt, at Solen er en kugle, men når vi betragter den, ser vi Solen projiceret ned på en flad skive. Da rumobservatoriet, som har taget alle billederne, heller ikke er anbragt vinkelret på Solens rotationsakse, vil vi se, at solpletterne ikke bevæger sig på en ret linie henover Solen. De bevæger sig i en krum bane. Figur 1 illustrerer problematikken.

Det, vi er ude efter, er at bestemme en sammenhæng mellem en solplets længdegrad, $\theta(t)$, som funktion af tiden. Grunden til, at vi er interesseret i den sammenhæng, er, at en halv omløbstid (synodisk) svarer til den tid en solplet skal bruge på at bevæge sig fra -90° til +90°.

> Længdegraden, θ, er defineret som vinklen mellem solpletten og rotationsaksen. Er solpletten vest for aksen (til venstre), definerer vi vinklen som negativ og hvis solpletten er øst (til højre) for aksen, definerer vi vinklen som positiv.



Figur 2: Skitse til at finde solpletternes længde- og breddegrader. En solplet befinder sig langs ækvator og en anden ved breddegraden b.

Ved at udmåle afstanden, x, som er afstanden fra solpletten ind til rotationsaksen for et givet tidspunkt kan længdegraden beregnes ud fra formlen: $\boldsymbol{\theta = \sin^{-1}(x/r)}$ hvor r er radius i den lillecirkel, som solpletten bevæger sig på. Man skal også bestemme breddegraden, b, for solpletten. Se figur 2.

Fremgangsmåde

Hent f.eks. billederne vha. SOHOs Javaapplet (se fodnote 2) og gem dem på din harddisk. Åbn *AstroImageJ*[4] og vælg *Import-Image Sequence* for at lægge alle billederne i en stak. (Se figur 3.) Ved at flytte markøren rundt på billedet kan man finde en given solplets koordinater, som kan skrives ind i et regnark. Dato og klokkeslæt skrives også ind. Skriv klokkeslæt på formen *TT:MM*. (Husk kolonet i regnearket.) Du kan på SDOs billeder se dato og klokkeslæt i billedheaderen, som kan åbnes ved at trykke *CTRL+I*.

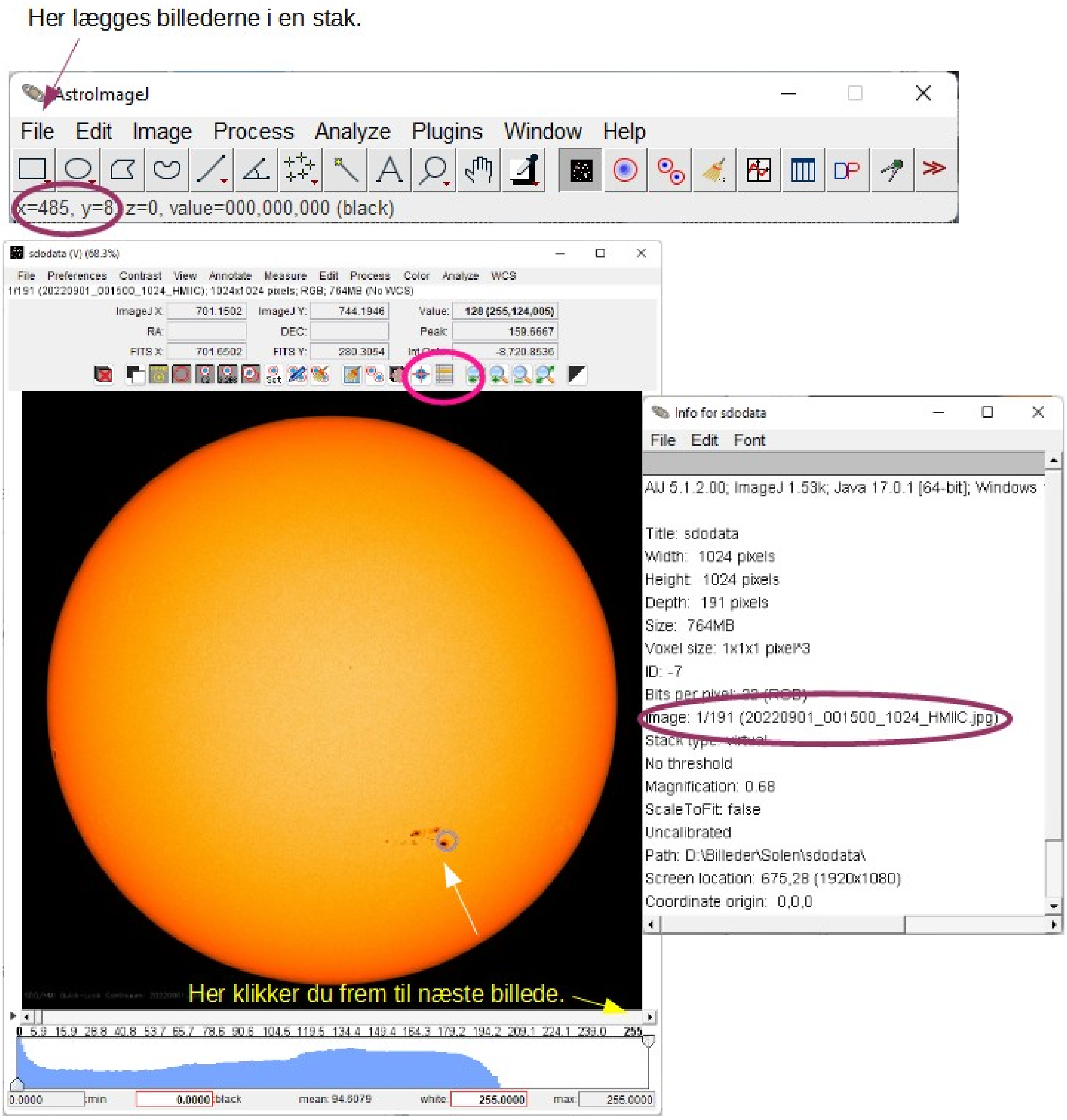
Klik et billede frem og gentag proceduren indtil alle billederne er gennemgået.

1 https://astrogymblog.files.wordpress.com/2018/04/arkivsoho-billeder.zip

2 http://ssa.esac.esa.int/ssa/ssa.jnlp (Brug MDI-continuum detektoren, og find billeder ved at vælge Windows-Time Animator på menulinien.)

3 https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/aiahmi/ (Benyt HMI Intensitygram Orange-filteret.)

4 https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/



Figur 3: Her kan man se, hvor koordinaterne på en markeret solplet aflæses. (Øverste ellipse til venstre.) I infoboksen, som også kan findes ved at trykke CTRL+i kan dato og klokkeslet ses.

På figur 3 kan man se, at solplettens koordinater kan aflæses i kommandovinduet eller billedvinduet. Koordinatsystemet er lagt sådan, at (0,0) ligger øverst til venstre i billedet og (511, 511) ligger nederst til højre i billedet. (Hvis du har valgt større billeder ved download, vil slutkoordinaterne naturligvis ændres.) Solens centrum er anbragt lige i midten af billedet, som her er (255, 255) og rotationsaksen er lodret på billedet.

Beregn længdegraderne for solpletterne og omregn dato/klokkeslæt til antal dage. (Decimaltal.) Et regneark kan omregne et tidspunkt på formatet *TT:MM* ved hjælp af funktionerne TIME(*TT:MM:SS*), MINUT(*TT:MM:SS*). Dit regneark bør ligne det eksempel, der er vist i figur 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	***Dag***	***Kl***	**h**	**m**	***Tid***	***x***	***y***	***θ***
2	18-03-2002	00:00	0	0	18	167	311	-0,39733

Figur 4: Eksempel på hvordan regnearket kan udformes - en enkelt måling er også indsat som eksempel.

Tegn en (t, θ)-graf og lav en lineær tendenslinie. Regressionskoefficienten bør blive meget tæt på 1. (Omkring 0,999.)

Liniens forskrift er af formen

$$\theta(t) = \frac{2\cdot\pi}{T_{syn}}\cdot t + \theta_0 \qquad (1)$$

Bestem den *synodiske* omløstid vha. regressionsligningen for grafen. Omregn endelig til siderisk omløstid ved brug af formlen

$$\frac{1}{T_{sid\,sol}} = \frac{1}{T_{syn\,sol}} + \frac{1}{T_{sid\,Jord}} \qquad (2)$$

Formlen er udledt på næste side. $T_{\text{sid Jord}} = 365{,}256^{\text{d}}$. Gentag målingerne for en solplet på en anden breddegrad.

Bør omløbstiden ved de forskellige breddegrader være ens?

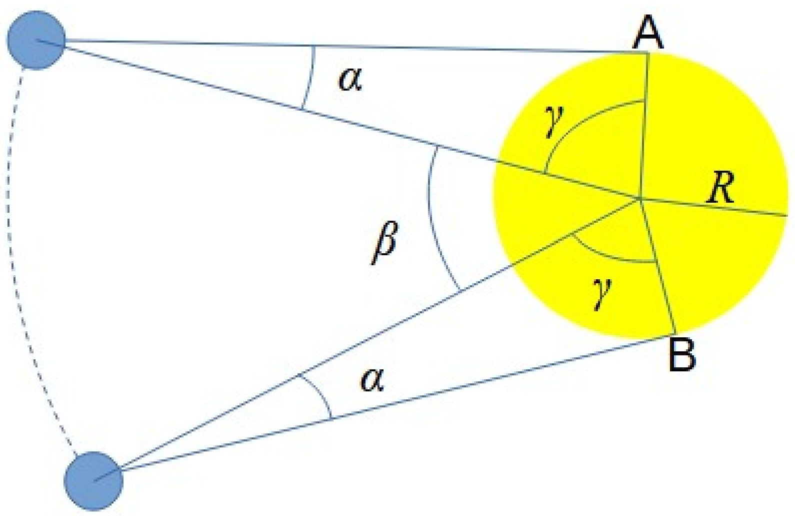
Sammenlign med teoretiske værdier, som kan beregnes udfra formlen

$$\omega = 14{,}713\frac{\text{o}}{\text{d}} - 2{,}396\frac{\text{o}}{\text{d}}\cdot\sin^2(b) - 1{,}787\frac{\text{o}}{\text{d}}\cdot\sin^4(b),\;\; T = \frac{360^{\text{o}}}{\omega}. \qquad (3)$$

-o-

Solens synodiske omløbstid og den sideriske omløbstid

Vi kan fra Jorden ved hjælp af en langtlevende solplet bestemme Solens synodiske omløbstid. Derefter er opgaven at bestemme Solens sideriske omløbstid ved solplettens breddegrad. (Solen har differentialrotation, så der opnås forskellige rotationstider.) Betragt figur 5.



Figur 5: Afstanden mellem Solen og Jorden kaldes D og Solens radius kaldes R. (D er ikke vist på tegningen.) Solpletten starter ved A *og slutter ved* B *og de to vinkler der er rette.*

Ovenfor ses Jorden til to tidspunkter, og Solen er i midten. Vinklen α er konstant, hvis vi antager, at Jorden bevæger sig i en cirkelbane. (Det passer nogenlunde for det tidsrum, vi betragter.) Vinklen α er givet ved følgende formel

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R_{Sol}}{D}\right) \approx \frac{R_{Sol}}{D} \tag{4}$$

da $\alpha << 1$ radian. (Så vi regner i radianer fra nu af.) Dermed bliver

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha \tag{5}$$

Overbevis dig om at vinklen β bliver som vist nedenfor

$$\beta = \frac{2 \cdot \pi}{T_{Jord,sid}} \cdot \frac{1}{2} \cdot T_{syn}. \tag{6}$$

Overbevis dig om følgende sammenhæng

$$2\cdot\gamma+\beta=\frac{2\cdot\pi}{T_{sid,sol}}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_{syn}. \tag{7}$$

Dvs. vi får ved at indsætte udtrykkene for α og β i (7)

$$2\cdot\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+\frac{2\cdot\pi}{T_{Jord,sid}}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_{syn}=\frac{2\cdot\pi}{T_{sid,sol}}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_{syn}$$
$$\Leftrightarrow$$
$$2\cdot\left(\frac{\pi}{2}-\frac{R_{Sol}}{D}\right)+\frac{2\cdot\pi}{T_{Jord,sid}}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_{syn}=\frac{2\cdot\pi}{T_{sid,sol}}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_{syn}$$
$$\Leftrightarrow$$
$$\pi-\frac{2\cdot R_{Sol}}{D}+\frac{\pi}{T_{Jord,sid}}\cdot T_{syn}=\frac{\pi}{T_{sid,sol}}\cdot T_{syn}$$
$$\Leftrightarrow$$
$$\frac{1}{T_{syn}}-\frac{2\cdot R_{Sol}}{\pi\cdot D\cdot T_{syn}}+\frac{1}{T_{Jord,sid}}=\frac{1}{T_{sid,sol}}\Leftrightarrow$$

$$\boldsymbol{\frac{1}{T_{syn}}\cdot\left(1-\frac{2\cdot R_{Sol}}{\pi\cdot D}\right)+\frac{1}{T_{Jord,sid}}=\frac{1}{T_{sid,sol}}} \tag{8}$$

Differensleddet er ikke ret stort, (~0,003) så man kan umiddelbart godt smide det væk. Og så genkender læseren jo sikkert en vis formel.

-o-