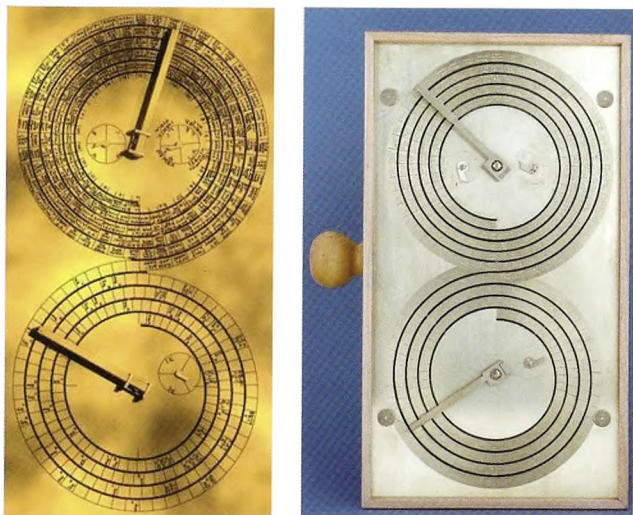


Grækernes mekaniske kalender

John Rosendal Nielsen

En kalender er et system til at organisere sociale, religiøse, administrative og kommercielle begivenheder efter. Dette blev gjort ved at inddele kalenderen i perioder som dage, uger, måneder og år, og det har selvfølgelig sine rødder i middelhavskulturen for over fire tusinde år siden. Antikythera-mekanismen giver i denne forbindelse en spændende indsigt i det antikke menneskes forhold til kalenderen, hvilket jeg vil introducere i denne artikel.

Hvor vi i dag har en anerkendt og velorganiseret gregoriansk kalender, var antikkens menneske afhængig af et mere komplekst kalendersystem¹. Antikkens kalendere var organiseret efter nærastronomiske fænomener såsom årstiderne og Månens faser. Mange civilisationer fokuserede på perioden mellem nymåner, og prøvede at få årstiderne til at passe ind i perioden, hvori Jorden havde fuldført en hel bane omkring Solen². Dette krævede, at man var nødt til at indføre et system med ekstra måneder i nogle af årene. Det var et system, der krævede enten en stærk centraladministration, som administrerede kalenderen, eller at man byggede en mekanisk anordning til at administrere systemet.



Figur 1. Til venstre ses AMRP-holdets computeranimerede forslag til Mekanismens bagside og til højre ses Michael Wrights mekaniske version.

Antikythera-mekanismen er en sådan mekanisk anordning, og vi vil tage et kig på Mekanismens bagsides skiver og samtidigt forklare antikkens menneskers forsøg på at systematisere kalenderen efter Månens omløb om Jorden og årstiderne.

Antikythera-mekanismens bagside

Som jeg nævnte i min tidligere artikel [1], er der enighed om udformningen af den såkaldte forside af Mekanismen, og dette gælder også for Mekanismens bagside. På figur 1 ses Michael Wright og AMRP-holdets forslag

til bagsidens udseende³. De er domineret af to store skiver med visere, der har fulgt de spiralformede riller. Imellem rillerne er der små, inddelte sektioner, hvor der har været plads til nogle græske bogstaver og symboler. Det er ikke mange af tegnene, der er overleveret til os, men man har kunnet ekstrapolere tabte felter ud fra de få overleverede felter.

Den øverste, store skive viste Meton-perioden, som var et 19-årskalendersystem, mens den nederste store skive angav Saros-perioden, der var nyttig til at forudsige en mulig sol- eller måneformørkelse. Inde i de store skiver er der tre mindre skiver med hver sin viser. To af de mindre skiver er en udvidelse af Meton- og Saros-perioderne – kendt som henholdsvis den kalippiske periode og Exeligmos-perioden – og de var en forbedring i nøjagtigheden i perioderne. Disse perioder vil jeg forklare nærmere, når de forskellige middelhavscivilisationers kalendere er blevet forklaret.

Sportsarrangement-kalenderen

Den anden, mindre skive i Meton-skiven – opdaget af gruppen bag Antikythera Mechanism Research Project⁴ [2] – er den såkaldte olympiske kalender eller sportsarrangement-kalenderen, der har en firdelt skive, hvor der uden for hver del var indgraveret cyklussen af de panhelleniske lege. Inde i cirklen er der et tegn, som minder om "L", og derefter står der A, B, Γ og Δ. De græske bogstaver blev også benyttet som tal, og der står 1, 2, 3 og 4. Følger vi rækkefølgen, som er indgraveret på den olympiske kalender, får vi følgende cyklus:

År	Inskription inde i skive	Inskription udenom skiven	Sportsarrangement
1	ΛΑ	ΙΣΘΜΙΑ, ΟΛΥΜΠΙΑ	De Isthmiske Lege, De Olympiske Lege
2	ΛΒ	ΝΕΜΕΑ, ΝΑΑ	De Nemeiske Lege, Legene i Donova
3	ΛΓ	ΙΣΘΜΙΑ, ΠΥΘΙΑ	De Isthmiske Lege, De Pythiske Lege
4	ΛΔ	ΝΕΜΕΑ, ΑΛΙΕΙΑ	De Nemeiske Lege, Legene i Haliaia

Der er flere kommentarer, der skal knyttes til denne oversigt. Disse lege var kun for græske bystater, og det er en forsimpning at kalde dem for et sportsarrangement, da man – udover at konkurrere i stridsvognsløb, brydning, boksning, løb, længdespring, spydkast og diskoskast – også konkurrerede i poesi, musik og andre kunstarter.

¹Der fandtes ikke noget specifikt ord for kalender i nogen af antikkens civilisationer. Udtrykket kalender kommer fra *calendae*, som er udtrykket for den første dag i måneden i den romerske kalender. Det latinske ord kommer fra ordet *calare* – "at kalde" – der henviser til nymånens kald, når den først blev observeret. Latinudtrykket blev overtaget i gammelt fransk som *calendier* og derfra i middelengelsk som kalender i det 13. århundrede e.Kr.

²Et såkaldt tropisk år svarende til 365,24219878 døgn. Et sådan år følger årstiderne.

³Michael Wright var tidligere kurator ved Videnskabshistorisk Museum i London. Han arbejder stadig med videnskabshistorie og har lavet to velfungerende mekaniske modeller af Mekanismen. AMRP står for Antikythera Mechanism Research Projekt – se mere på www.antikythera-mechanism.gr/

⁴Se også artiklens *Supplementary notes*: http://antikythera-mechanism.gr/system/files/0802_nature-supplementary.pdf

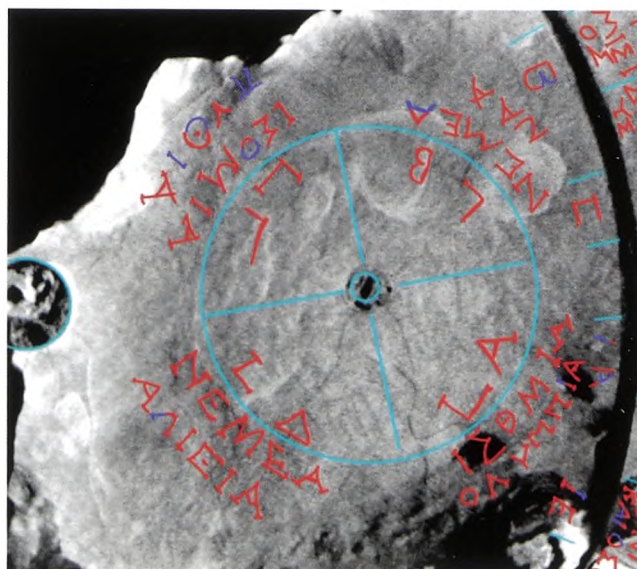


Figur 2. De vigtigste religiøse helligdomme i det græske ægæiske område. Donova blev afholdt i Epirus i den nordvestlige del af det græske område (sort pil). Aristoteles regnede området for en af del af Hellas, og ifølge ham skulle grækerne oprindeligt komme herfra. Halieia lå på Rhodos, der ligger i den sydøstlige del af Det Ægæiske Hav. Den røde pil viser, hvor skibet gik ned ved øn Antikythera.

Legene i Donova og Halieia er egentligt mindre betydningsfulde sportsarrangementer, hvorfor man har opstillet hypotesen om, at disse lege havde en vis betydning for konstruktøren eller ejeren af Mekanismen. Ordet "Halieia" blev opdaget så sent som i 2016 af klassicist Paul A. Iversen fra Cleveland's Case Western Reserve University (Ohio, USA) [3], hvilket sandsynliggjorde, at der var tale om Legene i Halieia, som blev afholdt på Rhodos. Rhodos er interessant, da det er et af de steder, som har været i spil som Mekanismens oprindelsessted. Der var en astronomisk forskningstradition på Rhodos, hvilket gør det til en oplagt mulighed, at Mekanismen blev konstrueret der.

Legene i Donova, som NAA henviser til, blev afholdt i den nordvestlige del af Grækenland. Området omkring Donova har været beboet lige siden mykensk tid, og der har været kultaktiviteter lige så længe. Omkring 290 f.Kr. blev byen gjort til religiøs hovedstad i Epirus-kongedømmet af kong Pyrrhus⁵. Der var både et orakel og lege til ære for Zeus, men de fik aldrig samme betydning som oraklet eller de tilhørende lege i Delfi havde. Det er derfor muligt, at legene i Donova har

haft betydning for køberen af Mekanismen, og skibet var på vej dertil.



Figur 3. Den olympiske skive. Den runde skive, der drejede rundt, havde skrevet tegnet L for år og A, B, Γ, Δ for nummeret på året. Udenom står navnene på legene.

⁵Kong Pyrrhus (319/318 – 272 f.Kr.) var græsk general og statsmand, der blev konge i Epirus. Han vandt flere dyrekøbte sejre imod romerne, som i den sidste ende betød, at han tabte sit kongerige – senere kendt som pyrrhussejre.

Kalender	Månedens		Årets	
	Længde	Start	Længde	Start
Ægyptiske, civile kalender	30 dage	Med 30 dages interval	365 dage	Første observation af stjernen Sothis (Sirius)
Ægyptiske, kultiske kalender	Formentligt 29-30 dage	Dagen efter sidste observation af halvmåne	?	?
Babylonske	Skiftevis 29 og 30 dage	Første nat med nymåne	12-13 måneder	-
Græske	Skiftevis 29 og 30 dage	I princippet ved første observation af nymåne	12-13 måneder	Forskellig for den enkelte bystat
Romerske, republikanske	28, 29 og 31 dage	Afhængig af det romerske præstekollegium (pontifex)	355 dage	Den 1. marts – senere den 1. januar
Romersk, juliansk	28, 30 og 31 dage	Afhængig af måned – svarende til vores kalender	365 dage og 1 skuddag hvert fjerde år	Den 1. januar

Ifølge den gængse tradition blev de nemeiske og de isthmiske lege afholdt det samme år. Dette ser ikke ud til at passe med indgravningen på Mekanismen. Grunden hertil må være tidspunkterne for afholdelsen af disse lege, og hvornår der er et årsskifte, ifølge konstruktøren eller ejeren af Mekanismen. Hver bystat havde sin kalender, som vi skal se nærmere på i næste afsnit, og disse kalendere havde forskellige tidspunkter for årsskifte. De isthmiske lege afholdes hvert andet år i foråret⁶ – formentligt i april eller maj, og ifølge Iversen [3] blev de nemeiske lege afholdt i den athenske måned Hekatombaion, hvilket svarede til juli eller august. Derfor må årsskiftet for Mekanismens kalender være mellem disse to tidspunkter.

Middelhavscivilisationernes kalendere

Civilisationerne omkring middelhavet havde hver en kalender, der var tilpasset til de religiøse og administrative faktorer, som havde betydning for den pågældende civilisation. Her følger en kort introduktion til de kalendere, som de forskellige middelhavscivilisationer benyttede sig af.

Den ægyptiske, civile kalender var baseret på Solens omløbstid med 365 dage på et år. Året var inddelt i 12 måneder på præcis 30 dage og 3 årstider på 4 måneder hver. De tolv måneder med 30 dage gav fem overskydende dage – de såkaldte epagomenale dage, hvor man fejrede fem guders fødsel. Kalenderen og dens årstider var tæt forbundet med Nilens cyklus, hvilket giver god mening, da floden var grundlaget for Ægyptens eksistens og velstand. Årets begyndelse skulle i princippet starte ved den første observation af stjernen Sothis – nattehimmels klareste stjerne, Sirius, men på grund af manglende skudår hvert fjerde år – som vi kender det fra den julianske kalender eller vores nuværende gregorianske kalender – kom kalenderen ude af trit med Sirius' fremkomst. Ptolemaios III (246-222 f.Kr.) forsøgte uden held at indføre en skuddag hver fjerde år, men det faldt ikke i ægypternes smag at ændre

på en kalender, der har virket i over 2000 år⁷.

Den civile kalender var ikke den eneste kalender, som blev benyttet i Ægypten. Der blev også anvendt en månebaseret kalender, som blev benyttet parallelt med den civile kalender. De fleste vidnesbyrd til denne kalender er fundet i forbindelse med templer eller religiøse festivaler, hvilket har fået forskere til at formode, at det var en kultisk kalender. Det er muligt, at de to kalendere er forankret i en tidligere prædynastisk kalender. Ægyptologen Richard Parker (1905-1993) opstillede i 1950 en hypotese om, at der var tre kalendere i antikkens Ægypten. Den tredje kalender skulle være en prædynastisk månebaseret kalender. Der er fundet tre dobbeltdateringer, hvor den prædynastiske og civile kalender er nævnt. Det er derfor meget begrænset, hvad vi kan sige om den tidlige ægyptiske kalender [4].

Det er ikke overraskende, at Antikythera-mekanismens ophavsmand ønskede at have den ægyptiske kalender på forsiden skive med planeterne. Den ægyptiske, civile kalender havde regularitet og styrke i at være samtidigt uafhængig af politisk kontrol, hvilket var unikt for kalendere i den antikke verden. Det gjorde den civile ægyptiske kalender velegnet til at datere astronomiske begivenheder med.

De månebaserede kalendere

Månebaserede kalendere var mere normen end undtagelsen for middelhavscivilisationerne, og civilisationerne i Mesopotamien var strengt baseret på Månens faser. Et år bestod ligeledes af 12 måneder med 29 eller 30 dage. En måned begyndte altid i den babylonske kalender om aftenen, hvor nymånen første gang var synlig og ikke mere end en dag senere end tidspunktet for nymåne. Året var desuden inddelt i tre årstider, hvor den første årstid var foråret.

Månedsskiftet i den babylonske kalender har højst sandsynligt krævet observationen af nymåne, hvilket har været problematisk, hvis vejret ikke har tilladt en sådan observation. De babylonske astrologer, der

⁶https://en.wikipedia.org/wiki/Isthmian_Games (note 8), 2019.

⁷Først da Ægypten kommer under romersk administration bliver skuddagen og dermed den julianske kalender implementeret.

bestyrede kalenderobservationerne, måtte i tilfælde af dårligt vejr have lavet simple forudsigelser af nymåne på grundlag af den skiftevis 29 og 30 dages periode mellem nymåner. Der er dog fundet en del korrespondance mellem især de assyriske astrologer og kongen⁸, hvilket tyder på, at man ikke helt stolede på disse beregnede cyklusser. Astrologerne lod derfor kongen afgøre, om der var nymåne og dermed månedsskifte [5].

Et månebaseret år på 6 måneder på 29 dage og 6 måneder på 30 dage vil kræve en vis form for interkalation – dvs. tilføjelse til kalenderen, da året kun vil have 354 dage. Den månebaserede kalender vil mangle mindst elleve dage fra Jordens omløbstid om Solen og vil dermed hurtigt komme ude af trit med årstiderne. Løsningen herpå var en ekstra måned – en skudmåned eller interkalation – hver andet eller tredje år. Der er vidnesbyrd om, at den tidlige interkalation af kalenderen skete med irregulære intervaller, mens interkalationen blev mere regulær i den senere babylonske historie.

Omkring år 500 f.Kr. introduceredes en standard 19-årscyklus, hvor der blev tilføjet interkalationsmåneder efter fastsatte intervaller. Det formodes generelt af historikere, at denne fastsatte, standard 19-årscyklus havde sin begyndelse i starten af Darius' regeringstid i 522 f.Kr., og afvigelserne fra standard 19-årscyklussen var kun fejl eller undtagelser. Der er dog ingen tvivl om, at kalenderen med 19-årscyklussen med tiden blev mindre afhængig af politisk indgriben i det babylonske rige.

Græsk kalenderkaos

De antikke græske kalendere har formentligt været benyttet siden den tidlige antikke periode, men de første beskrivelser af deres udnyttelse og struktur er fra 6. århundrede f.Kr. Da der ikke var fællesadministration af de græske bystater, havde hver bystat sin egen kalender. Athen, hvis kalender vi kender mest til, havde undtagelsesvis til kalendere – hvor den ekstra kalender bl.a. blev benyttet til administrative formål.

Der var følgende aspekter ved de græske kalendere fra de forskellige bystater:

- Ligesom andre antikke middelhavskulturer havde grækerne ikke noget ord for kalender. De skrev snarere "ifølge orden af dage" – *κατὰ λόγον τῶν ἡμερῶν*.

- Kalenderen var organiseret i princippet efter månens faser. En græsk måned skulle begynde, når en nymåne blev observeret, men månederne blev bevidst udsat for manipulation. Der er dog flere eksempler på bystater, som havde forskellige tidspunkter for månedsskiftet, hvilket ikke burde tilfældet, hvis alle bystaters kalendere startede ved nymåne [5].

- Der var normalt tolv eller tretten måneder på et år, hvor den trettende måned var en tilføjet skudmåned. Månedernes længde var normalt skiftevis 29 eller 30 dage.

- Kalenderne blev kontrolleret af de politiske autoriteter, der kunne fjerne eller tilføje måneder eller dage i kalenderen. De politiske påvirkninger betød, at kalenderen til tider må have været meget irregulær.

- Hver måned blev opkaldt efter den religiøse festival, der blev afholdt i den pågældende måned. Dette karaktertræk havde den babylonske kalender også, og det er ikke utænkeligt, at grækerne fik idéen fra Babylonien.

- Månedernes navne var normalt forskellige fra bystater til bystater. Og hvis der var sammenfald af navne betød det ikke, at månederne lå samtidigt. Tværtimod. Regulariteten eller irregulariteten af de græske kalendere har længe været diskuteret blandt forskere, hvor de fleste nok hælder mest imod, at de græske kalendere var irregulære. Der er dog tegn på, at kalenderen blev mere velreguleret i hellenistisk tid – måske under indflydelse af et mere centralistisk styre som Seleukiderriget.

Bystaternes forskellige kalendere havde stor betydning for at bestemme et geografisk ophav til Antikythera-mekanismen. Desværre kender vi kun få bystaters kalendere fuldstændigt, hvor enkelte af dem er vist i tabel 1. Grunden til, at vi ikke kender kalenderen fuldkommen, er, at grækerne ikke skrev kalenderne op måned for måned, og vi må derfor samle kalenderen stykke for stykke ud fra kilderne. Bystaternes kalendere er ofte baseret på kildernes dateringer af begivenheder, som sættes i forhold til hinanden. På Mekanismen er vi så heldige, at man har kunnet bestemme alle månederne ved tyding af Meton-periodekalenderen (se tabel på næste side).

I de tre sidste kolonner er der vist de tre mest lovende kalendere, der alle hører til den korintiske familie af kalendere. Byen Tauromenion ligger på Sicilien, hvilket fik AMRP-holdet til at teoretisere, at Mekanismen var fra Syrakus [2]. Tauromenion var under Syrakus' kontrol, og da Syrakus var hjemby for den berømte videnskabsmand Arkimedes, var det fristende at drage denne konklusion. Dette er på trods af, at vores kendskab til Syrakus' kalender er meget begrænset. Vi formoder, at Syrakus' kalender er identisk med Tauromenions, da de måneder, som vi kender til, er de samme som Tauromenions måneder (markeret med *)⁹. Tre af Syrakus' måneder stemmer minimum ikke med Mekanismens måneder, hvilket må resultere i konklusionen, at Mekanismen har intet med Syrakus at gøre. Syv af Tauromenions måneder (markeret med fed skrift) passer dog godt med Mekanismens måneder, hvilket indikerer, at Mekanismens kalender må være relateret til en anden korintisk koloni end Syrakus.

Epirus-regionen og Corcyra havde flere bystater¹⁰, der havde sin oprindelse som korintiske kolonier. Igen har vi ikke alle månedsnavnene for byerne i det nordvestlige Grækenland, men det har alligevel været muligt

⁸Der er fundet en større mængde af breve mellem kongen og hans astrologer fra den såkaldte neo-assyriske periode i det 8. og 7. århundrede f.Kr.

⁹Derudover argumenterer Iversen [3] for, at *Ελώπειος* henviser til en flod i nærheden af Syrakus, og det ville give mening, at Syrakus holdt en festival for deres egen flod.

¹⁰I dag er Corcyra kendt som Korfu, der er en ø i det nordvestlige Grækenland. Der var tre bystater – Corcyra, Bouthrotos og Apollonia, og de fleste af månederne i deres kalendere er veldokumenterede.

	Antikythera mekanismen		Tauromenion	Epirus	Corcyra
1	Φοινικαῖος	Phoinikaios	Ἰτώνιος	Φοινικαῖος	Φοινικαῖος
2	Κράνειος	Kraneios	Κάρνειος*	-	Κράνειος
3	Λανοτρόπιος	Lanotropios	Λανοτρόπιος	Λανοτρόπιος	Ἄλοτρόπιος
4	Μαχανεύς	Machaneus	Ἀπολλώνιος*	Μαχανεύς	Μαχανεύς
5	Δωδεκατεύς	Dodekateus	Δυοδεκατεύς	-	Δυοδέκατος
6	Εὐκλείος	Eukleios	Εὐκλείος	Εὐκλείος	Εὐκλείος
7	Ἄρτεμίσιος	Artemisios	Ἄρτεμίτιος	Ἄρτεμίσιος	Ἄρτεμίτιος
8	Ψυδρεύς	Psydreus	Διονύσιος	Ψυδρεύς	Ψυδρεύς
9	Γαμείλιος	Gameilios	Ἐλώφρειος*	Γαμίλιος	Γαμ(ε)ίλιος
10	Ἀγριάνιος	Agrianios	Δαμάτριος*	Ἀγριάνιος	Ἀγριάνιος
11	Πάναμος	Panamos	Πάναμος	Πάναμος	Πάναμος
12	Ἀπελλαῖος	Apellaios	Ἀπελλαῖος	Ἀπελλαῖος	Ἀπελλαῖος

at samle en kalender for den nordvestlige græske region. Ti af månedsnavnene i byen Epirus passer godt med Mekanismens månedsnavne, men to måneder har det ikke været muligt at bestemme navnene på. Til sammenligning kan Corcyra prale af, at elleve af deres månedsnavne passer med Mekanismens månedsnavne, men den tredje måned passer ikke med Mekanismen. Men en rimelig hypotese er, at Corcyras månedsnavne er de samme som Epirus', og når man husker på, at den olympiske kalender har en inskription med legene i Donova, som ligger i Epirus, var Mekanismen højst sandsynligt beregnet til en bystat i Epirus [3].

Meton-perioden og den kallippiske periode

En såkaldt "synodisk" måned, regnet fra nymåne til nymåne, er ifølge nutidens målinger ca. 29,53 døgn dvs. rimelig tæt på $29\frac{1}{2}$ døgn. En kalender baseret på Månens omløbstid, hvor månederne skiftevis var 29 og 30 dage lange, ville resultere i et år på $(6\cdot 29)+(6\cdot 30)=354$ dage. Dette år ville hurtigt komme ude af trit med årstider, hvilket havde stor betydning for landbrugs-samfund. Det blev klart for middelhavskulturer såsom de babylonske og græske, at det var nødvendigt med interkalation i nogle af årene. Babylonierne løste det ad hoc ved at lade kongen afgøre, hvornår der skulle være interkalation. Det skal ikke afvises, at grækerne forsøgte det samme, men da deres samfund var mindre centraliseret og pga. de græske politikeres rævekager, blev kalenderne hurtigt irregulære. Det var derfor nødvendigt at indføre et reguleringssystem, der kunne give faste interkalationer af måneder.

¹¹Censorinus var en romersk forfatter fra 3. århundrede e.Kr., der skriver en bog dedikeret til Quintus Caerellius som en fødselsdagsgave. Bogen omhandler mange forskellige aspekter af romersk liv og tanker såsom menneskets naturhistorie, musik, religiøse ritualer og astronomi. Hans udsagn om, at den græske astronom Kleostratos (520 – 432 f.Kr.) er ophavsmanden til Octaetēris, er ikke muligt, da han – ifølge græske historikere – skulle have introduceret dyrekredsen og en solkalender.

¹²Et gennemsnitligt tropisk år.

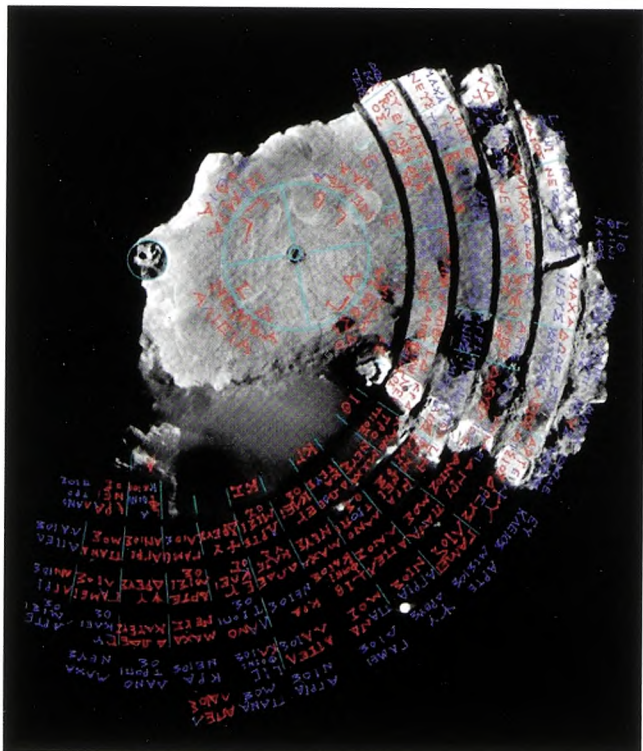
¹³En synodisk måned.

¹⁴Vi ved næsten intet om Geminus, der levede i det 1. århundrede f.Kr. Han skrev lærebogen i astronomi "Introduktion til fænomener", der er overleveret til os. Deri nævner han tre astronomer, Euktemon, Philippos og Kallippos, som også skulle have observeret 19-årsperioden. Ifølge Ptolemæus (Almagest 3.1) var Meton og Euktemon samarbejdspartnere i udarbejdelsen af Meton-perioden. Vi kender ikke yderligere til Euktemon, som desværre er forsvundet ud af videnskabshistorien.

Interkalationssystemer har tilsyneladende eksisteret siden begyndelsen af den græske historiske periode. Censorinus beskriver i sin *Fødselsdagbogen*¹¹, at astronomen Kleostratos omkring år 500 f.Kr. opfandt en otteårskalendercyklus – Octaetēris, der tilføjede tre måneder med 30 dage over de otte år med de normale 354 dage. En Octaetēris giver $(((6\cdot 29)+(6\cdot 30))\cdot 8+90)$ "dage" = 2922 dage, hvilket passer fint med otte solare år, $365,25$ "dage" · 8 = 2922 dage. Det svarer til vore dages skudår hver fjerde år. Ifølge Censorinus skulle denne otteårscyklus være så populær, at de fleste kulturer var organiseret herefter, hvilket måske kan forklare, at festivaler og lege var organiseret i intervaller af fire år. Der er et problem med Octaetēris: Året er ikke præcist 365,25 dage langt, men 365,24219 dage¹², og Månens omløb er ikke 29,5 dage, men 29,53059 dage¹³. Otte solår bliver derfor 2921,93752 dage langt og 99 synodiske måneder bliver 2923,52841 dage. Forskellen på $1\frac{1}{2}$ dag per Octaetēris vil betyde at månekalenderen vil være foran Solen hvert ottende år, hvilket vil forøges med hvert Octaetēris og akkumulere over en længere periode, hvis der ikke blev foretaget en korrigerende.

Det var klart for de græske astronomer, at man måtte udvikle en længere cyklus kalender end Octaetēris, og det bedste system, der blev udviklet i antikken, var den 19-årige Meton-periode. Meton af Athen var en græsk matematiker og astronom, der levede i det 5. århundrede f.Kr., og selvom andre astronomer er blevet tilskrevet perioden af den græske astronom og matematiker Geminus¹⁴, var Metons navn tæt forbundet med

denne 19-årscyklus. Som jeg tidligere har nævnt, havde babylonierne også en 19-årscyklus, der kom forud for Meton-perioden. Vi kan ikke afgøre, i hvilken grad Meton lod sig inspirere af babylonierne, eller om han fandt på perioden alene ud fra hans egne og andres observationer. Det er dog ikke utænkeligt, at græske købmænd havde været i kontakt med babyloniere, som havde fortalt om deres 19-årskalender, og at de så har bragt idéen videre til græske videnskabsmænd.



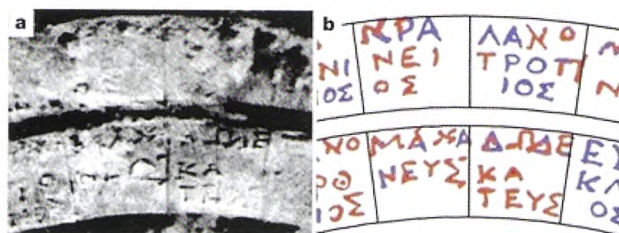
Figur 4. Metonskiven med den olympiske skive [3]. Den røde skrift er bevaret skrift udledt af AMRP-scanningerne af fragment B, mens den blå skrift er en rekonstruktion under antagelsen af gentagelserne i kalenderen.

Geminos beskrev desuden Meton-perioden, som svarede til 235 måneder eller 6940 dage. Der var i en Meton-periode 110 måneder med 29 dage, 125 måneder med 30 dage og syv interkalationsmåneder af 30 dage. Det er bemærkelsesværdigt, at der ikke er lige så mange 29-dages- og 30-dages-måneder. Hvis vi regner med de præcise værdier for det tropiske år og den synodiske måned, finder vi, at de 19 år, der giver 6939,60161 dage, er i god overensstemmelse med 235 måneder, der svarer til 6939,68865 dage.

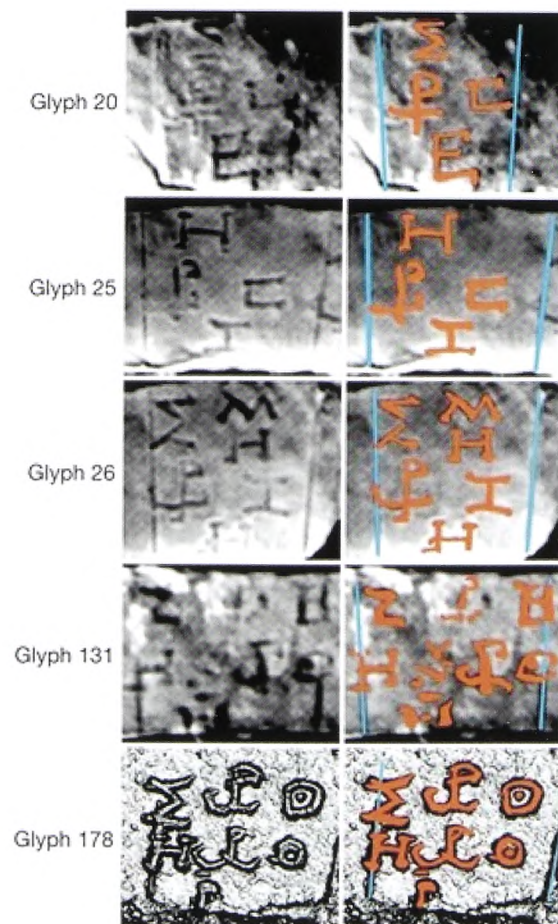
Geminos påpegede dog i *Fødselsdagsbogen*, at hvis man lod Meton-perioden løbe, ville Meton-kalenderen efter fire cyklusser komme foran Solkalenderen med én dag. Fire Meton-perioder svarer til 27.760 dage, men på 76 år vil der kun være $365,25 \cdot 76$ "dage" = 27.759 dage. Derfor blev en 30-dages-måned til en 29-dages-måned efter 76 år, hvilket var en kallippisk periode. Den er opkaldt efter endnu en græsk matematiker og astronom Kallippos¹⁵, der havde studeret Meton-perioden og opdaget dens mangler.

¹⁵Kallippos (370-300 f.Kr.) studerede under Eudoxos på Platons akademi i Athen. Han skulle have arbejdet sammen med Aristoteles på hans akademi Lykeum.

Som vist i figur 5 og 6 var Meton-perioden på Antikythera-mekanismen i fem spiralformede spor. Imellem sporene var der en rille, hvor viseren var forbundet med metalben ned i rillen – lidt ligesom en pickup på en gramfonpladespiller. Metalbenet kunne forskydes frem og tilbage på viseren, så den kunne være nede i rillen hele tiden. De fem spor var inddelt i flere sektioner med en inskription med navnet på måneden, som det er vist i figur 5 og 6. Der kunne også stå et ciffer i den nederste felt under den inderste rille, der angav, hvilken dag i måneden man skulle springe over, da måneden kun havde 29 dage [6]. Når de nitten år var gået, blev viseren ført tilbage til udgangspunktet.



Figur 5. Forstørret udsnit af Meton-skiven. Hver sektion i skiven havde inskription med en måned.



Figur 6. Fem eksempler på sektioner i Saros-skiven. Hvert tegn er en forkortelse, der fortalte, om der kunne komme en mulig sol- eller måneformørkelse og på hvilket tidspunkt.

Saros-perioden

Saros-perioden er tidligere blevet beskrevet i Kvant [7], hvor det blev beskrevet, at den kan bruges til at forudsige solformørkelser. En Saros-periode er tæt på 18 år, 11 dage og 8 timer, hvilket er det tidsrum, der går imellem, at Jorden, Månen og Solen er placeret på næsten samme måde i forhold til hinanden. Kender man tidspunktet for en solformørkelse – eller måneformørkelse – vil der indtræffe en lignende formørkelse efter en Saros-periode blot forskudt 120 grader mod vest pga. de 8 timer, der svarer til 1/3 rotation af Jorden. Vi ved fra kileskriftlertavler, at dette fænomen var kendt af babylonierne, som kaldte den for 18-årsperiode¹⁶, da intervallet 223 måneder ville svare til 18 babyloniske kalenderår [9, side 141-142]. Græske astronomer har sandsynligvis lært om Saros fra babylonierne, der allerede i 5. århundrede f.Kr. havde omfattende lister.

Da der ikke er hele antal dage i en Saros, vil solformørkelsen i den samme Saros-serie være geografisk flyttet 120 grader i vestlig retning på jordkloden. Det var derfor mere brugbart at arbejde med tre gange Saros, hvilket blev kaldt for en Exeligmos, som betyder en omdrejning af hjulet. Der var skiver på Mekanismen til at angive månederne for mulige sol- og måneformørkelser, der var beregnet med både Saros- og Exeligmos-perioderne.

Saros-skiven på Mekanismen havde fire spiralformede riller, hvor viseren blev ført igennem og pegede på en sektion. Der var 223 sektioner – én for hver måned – som viseren kunne pege på. Det var ikke alle sektioner, som havde inskriptioner, da de fleste af månederne ikke havde nogen sol- eller måneformørkelse. De fleste tegn i inskriptionerne er blevet tydet, og de er typisk en forkortelse eller en henvisning til forklaringerne:

Tegn	Græsk forkortelse	Betydning
Σ	ΣEAENE (Selene)	Måneformørkelse
H	$\text{H}\text{A}\text{I}\text{O}\Sigma$ (Helios)	Solformørkelse
H^{M}	$\text{H}\text{M}\text{E}\text{P}\text{A}\Sigma$ (hemeras)	Af dagen
N^{Y}	$\text{N}\text{Y}\text{K}\text{T}\text{O}\Sigma$ (nyktos)	Af natten
ω^{P} (ligner et anker)	$\text{o}\rho\alpha$ (ora)	Time

Tegnene i sektionerne beskrev altså, hvornår en mulig sol- eller måneformørkelse kunne forekomme. Saros-skiven har været mere kompleks at afkode, men vi håber også, at den kan give os flere informationer om tidspunktet og ophavet for Mekanismen.

Afsluttende bemærkninger

Grækernes behov for at holde fast på månebaserede kalendere gav en relativt kompliceret cyklus-kalender på 76 år, hvilket Antikythera-mekanismen har hjulpet med at holde styr på. Det er formentligt et af Mekanismens væsentlige formål. Ved hjælp af bystaternes kalendere og de græske leges geografi har vi med rimelig stor sandsynlighed bestemt, at Mekanismen var lavet på Rhodos og bestemt til Epirus. Det har bragt os lidt nærmere på, hvem der har lavet Mekanismen,

da den græske astronom og matematiker Apollonius af Perge (ca. 262-190 f.Kr.), som især er kendt for sine afhandlinger om keglesnit, arbejdede på Rhodos på det tidspunkt, hvor skibet mødte sin skæbne ved øen Antikythera. Der er god mulighed for, at Apollonius er ophavsmanden til denne fantastiske mekanisme.

Litteratur

- [1] J. R. Nielsen (2018) Antikkens gådefulde tandhjul, Kvant nr. 3.
- [2] T. Freeth, A. R. Jones, J. M. Steele og B. Yanis (2008) Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera Mechanism, Nature, 07/2008, bind 454, s. 614-617.
- [3] P. A. Iversen (2017) The Calendar on the Antikythera Mechanism and the Corinthian Family of Calendars, Hesperia 86, s. 129-203.
- [4] R. A. Parker (1950) The Calendars of Ancient Egypt.
- [5] S. Stern (2012) Calendars in Antiquity.
- [6] A. Jones (2017) A Portable Cosmos.
- [7] M. C. Andersen (2009) Totale solformørkelser nu og i fremtiden, Kvant nr. 3.



John Rosendal Nielsen er lektor ved Aurehøj Gymnasium, hvor han underviser i fysik. Han beskæftiger sig desuden med videnskabshistorie og kosmologi.

Astronomisk Ungdom

Astronomisk Ungdom (AU) er en forening for unge mellem 12–18 år, som er nysgerrige på astronomi. Vi er en del af Astronomisk Selskab, der er Danmarks største frivillige forening for astronomiinteresserede.

Som medlem af Astronomisk Ungdom får du bl.a. mulighed for at deltage i observationsture, hvor du lærer om rummet, og hvordan du selv kan observere Jupiters måner, fjerne galakser og stjerner i Mælkevejen.

Følg Astronomisk Ungdom på Facebook for at holde dig orienteret om fremtidige arrangementer eller kontakt os via mail på au@astronomisk.dk.

¹⁶Saros kommer af det babyloniske ord, Sar, hvilket står for intervallet af 3600 år. Ordet blev fejlagtigt forbundet med den unavngivne 223-månedersperiode af Edmund Halley, der i 1691 havde fundet misinformationen i et byzantinsk leksikon af Suidas fra 11. århundrede.