

Horologion i Athen

Af John Rosendal Nielsen, Aurehøj Gymnasium

Kært barn har mange navne, og "Vindenes Tårn" er ingen undtagelse. Det er kendt som "Horologion", "Aiolos' tempel" og for den moderne athener, "Aerides". Tårnet er en ottekantet bygning i pentelisk marmor¹, der står på den romerske agora i Athen – dvs. den torveplads der senere blev anlagt på stedet af Roms magthavere. Horologion betyder et ur, og vindenes tårn kan med rette sammenlignes med et klokketårn, der var indrettet med tidens mest avancerede ur og vejrhane. Tårnet er bygget omkring 100-50 f. Kr.² af den makedonske astronom Andronikos fra Cyrrhus, og det er utroligt velbevaret i forhold til, at det er mere end 2000 år gammelt.



Figur 1. Horologion eller Vindenes Tårn, som det ser ud fra vest i 2012. Foran tårnet ses søjlerne fra den romerske agora.

Tårnet og den romerske agora

Placering af tårnet er nord for Akropolis og øst for Athens gamle agora. Tårnet ligger således godt 200 m øst for den gamle athenske agora (vist på kortet – figur 2), hvilket kan virke underligt, da man ville formode, at en så prominent bygning ville ligge tættere på denne offentlige plads. Placeringen af tårnet er formentligt besluttet ud fra praktiske overvejelser, som hvordan man kunne få vand til tårnet. Vand var den direkte energikilde til vanduret i tårnet (se senere afsnit), men da vand ikke var nemt at få adgang til i antikkens Athen, måtte man indrette sig de naturlige kilder. En sådan kilde, Klepsydra, findes netop på nordskråningen af Akropolis, og den har været den væsentlige årsag til tårnets placering.

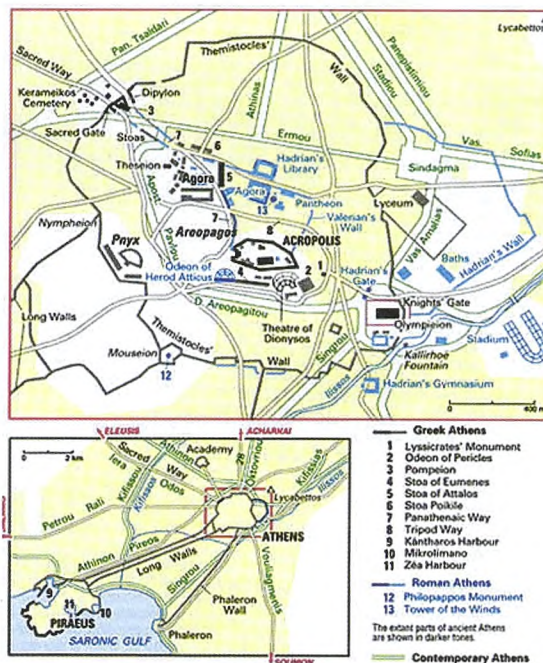
Det skal desuden bemærkes, at bygningen står på et relativt højt sted i den centrale by, hvor to gader mødes. Den ene gade udgjorde den vigtige øst-vest akse igennem byen, mens den anden gade var den mindre nord-syd-orienterede vej op til Akropolis. Dette har nok også været en afgørende faktor for valget af lokaliteten til dette prestigefyldte byggeri.

¹Marmoret kom fra Pentelikonbjerget (græsk: Πεντελικό, i antikken: Pentele, Pentelikon eller Pentelicus), der ligger nordøst for Athen. De fleste antikke bygninger i Athen er bygget i marmor fra dette brud.

²Nyere forskning af professor Kienast [1] indikerer, at dateringen af tårnet nærmere skal være omkring 100 f.Kr.

³Citatet af Varro, og det følgende citat af Vitruv, er oversat af forfatteren, med hjælp fra Christian Marinus Taisbak.

Da den romerske agora senere blev opført i tårnets umiddelbare nærhed (mindre end 20 meter vest for tårnet), blev der også opført det såkaldte Agoranomion og Exedra, hvis præcise formål ikke kendes. Agoranomion blev placeret så tæt ved det cylindriske tårn, at det umuliggjorde passage syd om tårnet. Der blev desuden opført en latrin i nærheden af tårnet, hvilket ikke kan have bidraget til områdets charme.



Figur 2. Kort over den romerske agora med Vindenes tårn (13).

De skriftlige kilder

Vitruv (ca. 75 f.Kr.-15 e.Kr.) og Varro (116-27 f.Kr.) er de eneste skriftlige kilder til Horologion, og de nævner kun tårnet i korte passager. Varro nævner kun kort Horologion, da han i 37 f.Kr. i *De re rustica* [2] beskriver, hvordan hans fugebur til fugeopdræt ved den antikke by Casinum (der lå syd for Rom) er indrettet. Varro skriver³: "Inde under kuplen på rotunden cirkulerer

morgenstjernen om dagen og aftenstjernen⁴ om natten rundt nær den lavere del af halvkuglen, og de bevæger sig på sådan en måde, at de viser, hvad klokken er. I midten af samme halvkugle er der omkring akse et kompas med de otte vinde, som i Horologion i Athen, som er bygget af Cyrrestes; og der er en viser, der fra akse peger på kompasset og løber rundt på en sådan måde, at den rører den vind, der blæser, så du er i stand til at kende den indefra.”

Bemærk at Andronikos kun bliver benævnt efter sin hjemby. Man kan spekulere på, om antallet af mennesker fra den makedoniske by Cyrrhus var yderst begrænset i Athen, og om Andronikos var tilstrækkelig berømt til at være kendt som manden fra Cyrrhus⁵. Det er ikke usædvanligt at blive nævnt efter sin hjemby i antikken – for eksempel blev Aristoteles kendt som 'Stagirites' efter sin fødeby Stageira.

Vitruv [3] er noget mere informativ. Han nævner Horologion i diskussionen om, hvor mange vinde, der findes: “Men de, som har undersøgt det mere omhyggeligt, har fastslået, at der er otte (vinde): specielt især Andronikos af Cyrrhus (i teksten står der *Cyrrestes*), der oven i købet som illustration byggede et oktagonalt marmortårn i Athen, og på hver side af ottekanten (oktogonen) lod udhugge fremstillinger af vindene vendt imod hver sin vindretning. Og over dette tårn konstruerede han en kegle af marmor, og over den havde han placeret en Triton i bronze, der holder en stav i sin højre hånd. Han havde konstrueret den sådan, at den blev drevet rundt af vinden, så den altid vendte imod vindretningen, og den holdt staven, som indikator over fremstillingen af vinden.”

I Vitruvs beskrivelse af tårnet får vi, udover at det er ottekantet, at vide, at det havde en “vejrhanne” udformet som en Triton i bronze, der havde holdt en stav i hånden. Varro beskriver desuden, at vejrhanens retning kunne aflæses inde i tårnet således, at man kunne vide vindens retning uden at forlade tårnet.

Vitruv er en af de vigtigste kilder til romersk arkitektur, konstruktion og dekoration. Vitruvs ti bøger om arkitektur er blevet studeret igennem tiderne, og værket har haft stor betydning for genopdagelsen af den klassiske stil i renæssancen. Værket *De Architectura* er desuden en vigtig kilde til belysning af astronomiens historie, da hans niende bog beskriver konstruktionen af solure. Det vil vi vende tilbage til i næste afsnit.

Det interessante i disse beskrivelser er, hvad Varro og Vitruv har *undladt* at nævne. Hverken Vitruv eller Varro kommer ind på, hvad der var inde i tårnet. Der er spor efter et vandur inde i tårnet, som ingen af dem nævner. Solurene – mindst otte af slagsen – et på hver side af tårnet, er heller ikke blevet nævnt. Varro giver kun en svag hentydning til funktionen som solur, idet han kalder tårnet for “Horologion” (ὥρολόγιον),

⁴Morgenstjernen og aftenstjernen referer formentligt til Venus før solopgang eller lige efter solnedgang. Det kan dog også referer til Saturn Jupiter, Mars, Merkur eller stjernen Sirius, der er klare nok til at blive synlige i skumringen.

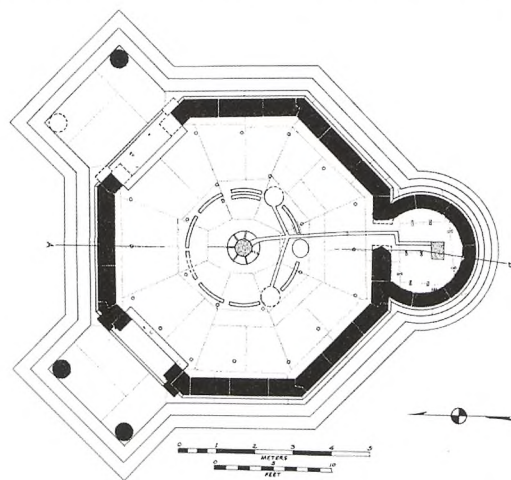
⁵Cyrrhus bliver i flere kilder nævnt som en by i Syrien, hvor Andronikos kom fra. Der findes både en by i Makedonien og i Syrien, der går under dette navn. Jeg antager (som flere samtidige kilder), at der er tale om den makedonske Cyrrhus.

⁶Opmålt af forfatteren inde i tårnet med simpelt målebånd. Der er en 1-2 cm usikkerhed på målingerne.

hvilket betyder et instrument, der måler tid. Men han giver ikke nogen nærmere forklaring på tårnets navn, og Vitruv, der ellers har et længere afsnit (bog IX, kap. 7) om solure og vandure, nævner ikke Vindenenes tårn i Athen med et eneste ord i den sammenhæng.

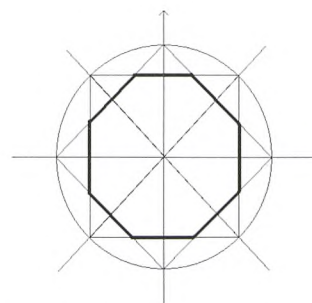
Tårnets arkitektur

Tårnet er 12 meter højt og har en diameter på ca. 8 meter. Arealet alene i ottekantede rum er på næsten 39 m², hvilket betyder, at der foruden det centralt placerede vandur omgivet af et rækværk, var plads til, at flere mennesker kunne opholde sig derinde samtidigt.



Figur 3. Tårnets grundplan med indtegning af vandkanalerne og rækværket omkring vanduret i centrum. Vanduret findes ikke længere, men man har fundet rester af rækværket.

Tårnets grundplan vidner om, at arkitekten har haft en forkærlighed for geometrien. Ottekantens sider måler indvendigt mellem 2,81 m og 2,85 m, hvilket gør konstruktionen praktisk talt perfekt ligesidet⁶. Arkitektens idé til tegning af tårnets grundplan kan nemt konstrueres ved hjælp af passer og lineal (vist nedenfor [1]).



Figur 4. Skitse af arkitektens geometriske overvejelser til tårnets grundplan. Tegn en cirkel med et kvadrat inde i, og derefter et nyt tilsvarende kvadrat, der er roteret 45 grader. Der opstår derved en ottekant, når man fjerner hjørnerne af kvadraterne. Man kan tilføje en cirkel og to kvadrater, der begge overlapper med ottekanten, til det cylindriske anneks og de to indgangspartier.

De mest kendte arkitektoniske vidnesbyrd fra antikken er religiøse bygninger i form af templer, der har overlevet frem til vores tid. Dette gør, at man kan beskrive den historiske udvikling og sætte dem i perspektiv med regionale forskelle. Horologion udgør en udfordring i arkitekturens historie, idet tårnet er et unikum med hensyn til design og strukturelle detaljer. Der er simpelthen ikke fundet et tilsvarende bygningsværk i den antikke verden, og det gør samtidig Horologion til en utroligt spændende bygning, som stadigvæk bliver studeret af forskere⁷.

De græske vinde

Ifølge Vitruv er baggrunden for opførelsen af det ottekantede tårn, at der skulle være 8 vinde. Diskussionen af antallet af vinde kan forekomme som lidt underlig set fra vores synspunkt, men i antikken diskuterede filosoferne, om antallet af vinde var 4 eller 8.

Baggrunden for denne diskussion skal findes i, at grækerne tillagde vindene egenskaber. Et eksempel er søndenvinden, der betød sygdom for befolkningen, idet vinden kommer fra Afrika over Middelhavet med varme og fugt. I Vitruvs bog I, kap. 6, 1 beskrives det, hvordan vindene kunne have indflydelse på folks helbred, og hvad der kunne gøres gennem byplanlægningen, for at undgå visse vindes uheldige påvirkninger af indbyggerne.

Vitruv nævner som eksempel Mytilene, der er en by på øen Lesbos. Byen bliver beskrevet som både storslået og elegant bygget, men dens beliggenhed var ikke klogt valgt. Når vinden kom fra syd, blev indbyggerne i byen syge. Kom vinden fra nordvest, ville de hoste, men når vinden kom fra nord, ville de ganske vist blive raske, men de kunne så ikke opholde sig i byens stræder og gader pga. kulden. Med dette eksempel argumenterer Vitruv for, at en byplanlægning uden hensyntagen til orientering i forhold til vindene ville gøre byen til et ubehageligt sted at opholde sig.



Figur 5. Der er placeret otte vindguder øverst på hver sin side af Vindenes Tårn. Her er fx vist "Boreas", der symboliserer nordenvinden.

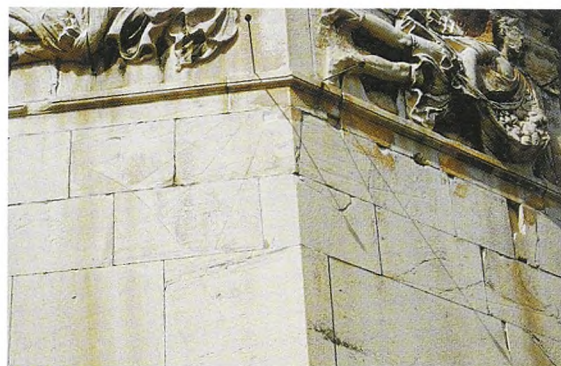
Vindene har desuden haft stor betydning for byen Athen pga. den maritime tradition. Den athenske skibsfart havde afgørende betydning for handel såvel som en

krigsflåde til forsvaret af byen. Det var derfor vigtigt, at man havde en god forståelse for årstidens herskende vindretninger og storme.

I *De Architectura* [3] afviser Vitruv, at der kun er fire vinde og benytter Andronikos' tårn som argument for, at der er otte vinde. Det oktagonale tårn med en vindgud på hver af siderne efterlader ingen tvivl om, at Andronikos også selv var overbevist om, at der var otte vinde med otte forskellige egenskaber.

De ni solure på tårnet

Under reliefferne med vindguderne kan man se streger indridset i muren, og disse er tolket som solure. Skyggen, der angiver tiden på solurene, kom fra en metalstang fastgjort til væggen⁸. De nuværende metalstænger på tårnet er af en nyere dato – tilføjet for at besøgende kan få en idé om solurenes funktion.



Figur 6. Hvis man kigger godt efter, kan man se stregerne fra solurene.

Der er otte solure – et på hver af de 8 sider. Derudover har Noble og Price i 1968 [6] fundet spor af et niende solur på det cylindriske anneks. Man kan endnu se spor af det niende solur på begge sider af det cylindriske anneks i form af linjer i marmoret. Desværre mangler den øverste del af dette cylindriske anneks, så vi kan desværre ikke se hele soluret. Det er usædvanligt at konstruere et solur på en konveks overflade i stedet for en plan overflade. Det vil dog utvivlsomt have været indenfor grækernes formåen.

I antikken var solurene formentligt fremhævet med bemaling. Det kan virke overraskende, at der også er et solur på den *nordlige* side af tårnet, da denne væg kun vil få sollys nogle få timer om morgenen og sent på eftermiddagen i sommermånederne. De otte solure er usædvanlige, da de er de største kendte solure, der er blevet graveret ind på vertikale vægge i antikken, og derudover er de konstrueret med bemærkelsesværdig præcision [5]. Selve konstruktionen af solurene er formentligt sket empirisk, hvor man har tilpasset markeringerne af timerne ved at prøve sig frem, efter placeringen af metalviserne.

En præcis opmåling af tårnet er blevet udført af det græsk-tyske forskningsprojekt anført Kienast, men opmålingerne har ikke hjulpet videre med datering af

⁷Både Hüttig [4] og Kienast [1] [5] har bl.a. lavet en større omfattende undersøgelse af Vindenes tårn, og sidstnævntes undersøgelse udgives i slutningen af 2013.

⁸En såkaldt gnomon (græsk γνῶμων) eller en viser på soluret.

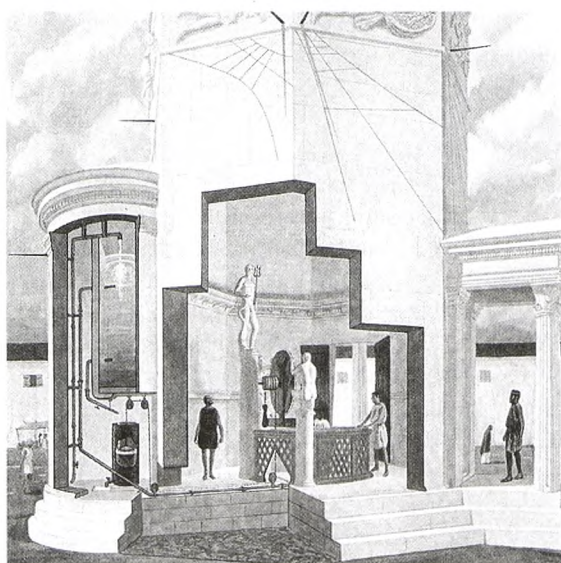
tårnet. Hüttig [4] har til gengæld foreslået at benytte længden af metalviserne på solurene til at give os en idé om tidspunktet for opførelsen af tårnet. Længden af metalviseren er en fri parameter, og man antager, at den har haft en "pæn" heltallig værdi i den antikke længdeenhed. Da flere af tårnets dimensioner er bygget på "pæne" størrelser i romerske fod (pes monetalis), er denne antagelse sandsynligvis fornuftig. En romersk fod er defineret som:

1 pes monetalis = 16 digiti = 12 unciae = 296,17 mm

Digiti ("fingre") og *unciae* er antikkens mindre måleenheder. Det er nærliggende at formode, at tårnet er bygget efter introduktionen af måleenheden i Athen af romerne. Det giver en datering på opførelsen af tårnet til omkring år 100 f.Kr.⁹.



Figur 7. Tårnets gulv er for øjeblikket dækket til med træplader, da man er i gang med en omfattende renovering af tårnet. Med Grækenlands økonomiske situation er det ikke klart, hvornår renoveringen vil være færdig. Derfor må vi nøjes med et foto af interiøret fra 1968, taget af Noble og Price [6]. På billedet ses spor af vanduret og rækværket omkring uret.



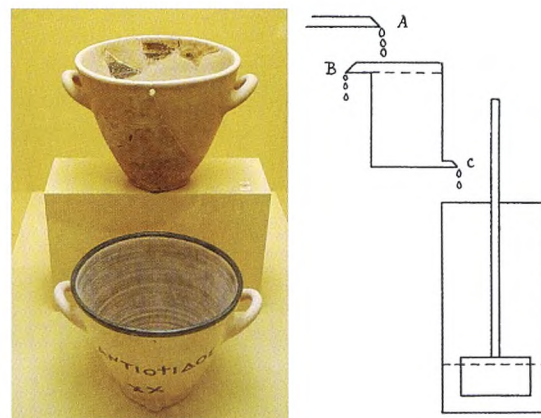
Figur 8. En kunstners (Robert C. Magis [8]) forslag til hvordan det kan have set ud i tårnet.



Figur 9. Forslag til hvordan vanduret så ud [8].

Vanduret inde i tårnet

Den første egentlige videnskabelige undersøgelse af Horologion blev udført af de to briter J. Stuart og N. Revett i perioden 1751-1754, der blev publiceret i deres bog med flere tegninger af tårnet [9]. Da James Stuart undersøgte tårnet, var gulvet dækket af en platform i træ, som de ottemaniske *dervisher* (en ottemanisk munkeorden) havde lagt ud, så de kunne udføre deres rituelle danse. Efter en rengøring af gulvet fandt Stuart og Revett spor i gulvet efter et vandur (også kendt som et klepsydra κλεψύδρα – hvilket direkte oversat betyder vandtyven).



Figur 10. Til venstre: Klepsydra til retssager: En mængde vand blev hældt op i den øverste krukke, som så løb igennem et lille hul i bunden ned i den nederste krukke. Til højre: Diagram af det første vandur. Et overskud af vand kommer ind i den øverste tank fra A, der ledes videre ad C til klepsydra. Ved B kan overskudsvandet føres væk, så vandtrykket ved C kan holdes konstant.

Vandure i antikken

Selvom vanduret for længst er forsvundet, kan vi alligevel få et indblik i, hvordan det har virket. Det er igen fra Vitruv, *De Architectura* bog IX, kap. 8, 4, hvor han beskriver, at det var Ktesibios¹⁰, der opfandt vanduret. Det skal man tage med et gran salt, da klepsydra

⁹Hüttigs datering af tårnet passer godt med en tidligere undersøgelse af Freeden [7].

¹⁰Ktesibios (285-222 f.Kr.) var græsk matematiker og opfinder i Alexandria. Han var formentligt den første leder af mouseion i Alexandria.

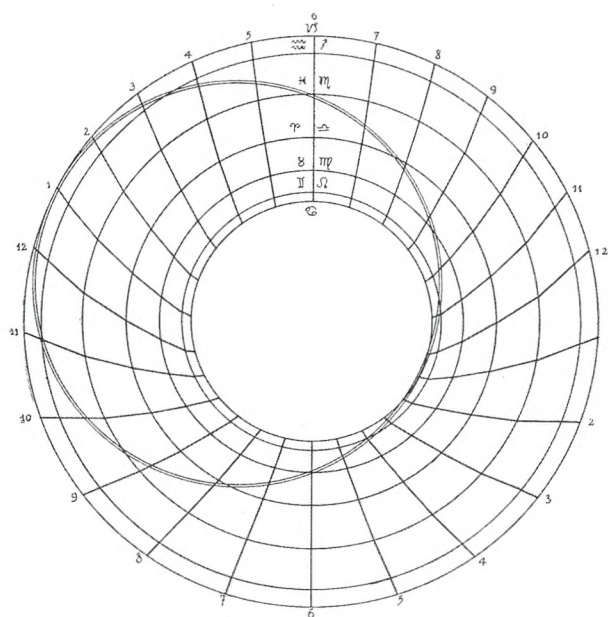
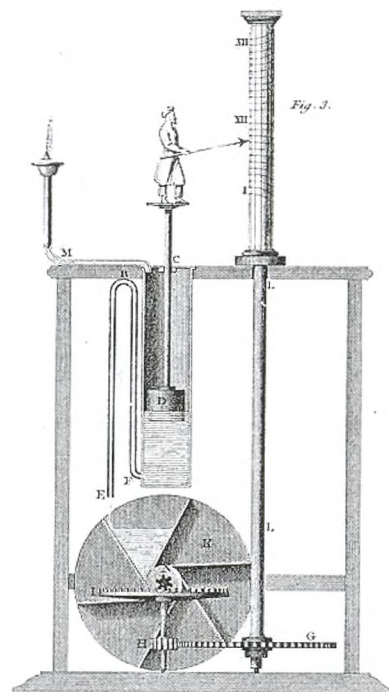
var kendt langt tidligere, idet et simpelt vandur blev benyttet til måling af taletid under retssager. De tidlige former for klepsydra var beregnet til retssagerne og var ikke et ur med inddeling af timer og minutter. Figur 10 (tv) viser et sådant klepsydra, hvor mængden af vand afhang af sagens alvor. I en mindre vigtig sag kom der kun en mindre mængde af vand i klepsydraen, mens i en sag, hvor den anklagede risikerede dødsstraf, blev krukken fyldt helt op. Hvis der var to talere, vil de få samme taletid. Der blev fyldt dobbelt så meget vand i krukken på trods af, at det tog mindre end dobbelt så lang tid at løbe ud af krukken [10].

Eksemplet med to talere illustrerer tydeligt, at man var nødt til at løse problemet med at have en konstant vandgennemstrømning, hvis klepsydraen skulle vise en inddeling af tiden såsom timer. Ifølge Vitruv var det Ktesibios, der opfandt en anordning til løsning af problemet. I stedet for at måle vandet i ét kar benyttede man sig af to kar, hvor det første, øverste kar hele tiden var fyldt med vand, mens der løb vand fra bunden af det øverste kar ned i det nederste kar, se figur 10 (th). For at sikre en konstant gennemstrømning af vand skal der tilføres mere vand til det øverste kar end der løber ned i det nederste kar.

I det nederste kar kunne en flyder placeres med en stang til aflæsning af tidspunktet. De første hydrauliske ure havde ifølge Vitruv ingen viser eller anden form for indikation af timer, men de gav snarere signaler. Han skriver, at når timen var gået, blev "statuer bevæget, søjler drejet, sten og æg faldt, trompeter blæst...". Det kan minde om de gamle kukure uden visere, hvor en gøg kommer ud, bukker og kukker, mens der slås timeslag.

Det næste problem, der skulle løses for den græske urmager, var, at den græske inddeling af dagen i timer varierede alt efter, hvilken dag det var i året. Et græsk døgn var på 24 timer, fordelt på 12 dagtimer og 12 nattimer – hele året rundt. Dette var ganske normalt i oldtiden. Både egypterne og babylonierne havde den samme inddeling af dagen. Det betød, at om vinteren var dagtimerne korte og nattimerne lange, og om sommeren var det omvendt: Lange dagtimer og korte nattimer. Der er to muligheder for teknisk at vise denne variation: Variation af vandgennemstrømningen og variation af skalaen, hvorpå tiden angives. Ktesibios forsøgte med at variere gennemstrømningen, men Vitruv antyder, at det ikke var særlig succesfuldt, mens han havde mere held med at variere tidsskalaen.

Ved at placere tidsskalaen på en cylinder, hvor markeringerne buede, således at nattimerne var lange og dagtimerne var korte om vinteren og modsat om sommeren, kunne man måle tiden korrekt hele året rundt. Det krævede selvfølgelig, at cylinderen drejede en ganske lille smule hver dag – en rotation af cylinderens egen akse skulle tage 1 år. På figur 11 vises, hvordan antikkens grækere kunne have løst dette ved at lade vandet fra klepsydraen drive et hjul, der virkede på en anordning af tandhjul.



Figur 11. Øverst: Klepsydra med variabel tidsskala. Bemærk at stregerne på cylinderen – som den lille mand peger på med sit spyd, ikke er helt radielle, men de buer lidt så linjerne passer med længden af årstidens timer. Anordningen under klepsydraen sørger for, at cylinderen drejer rundt om sin akse én gang om året. Nederst: En skematisk illustration af gitteret, der sidder foran den roterende skive i et anaforisk vandur.

Vanduret i Horologion var sandsynligvis et anaforisk ur, der blev opfundet af Hipparchos omkring 140 f. Kr. Et anaforisk vandur er ligeledes beskrevet detaljeret af Vitruv (bog IX, kap. 8, 8-10). Vandet i det anaforiske vandur flød ligesom det tidligere nævnte klepsydra igennem to eller flere kar, men i det nederste kar løftedes en flyder forbundet med en bronzekæde. Kæden var viklet omkring en horisontal aksel, og i den anden ende af kæden var en modvægt, i form af en sandsæk eller lignende, fastgjort. Akslen bevægede sig hele vejen

rundt om sin akse på 24 timer. På akslen var der fastgjort en bronzeskive, hvorpå der var indgraveret et kort med stjerner og stjernebilleder fra den nordlige hemisfære med den sfæriske nordpol i centrum af skiven.

Referenceskalaen for vanduret bestod af en rist af tynde bronzetråde foran bronzeskiven (illustreret detaljeret i figur 11). Ekliptika¹¹ er vist på skiven som en excentrisk cirkel med centrum i den sfæriske nordpol, hvor der langs kanten af cirklen er boret 365 små huller, der markerer Solen og tjener som markør for vanduret. De syv cirkler, der er koncentriske med den roterende skive, repræsenterer de 12 stjernetegn i Dyrekredsen. Fra midten og ud repræsenterede cirklerne: 1) Krebsen, 2) Tvillingerne og Løven, 3) Tyren og Jomfruen, 4) Vædderen og Vægten, 5) Fiskene og Skorpionen, 6) Vandmanden og Skytten og den yderste cirkel (7) var for Stenbukken. Man kunne så bestemme klokken hele året ved at aflæse det anaforiske ur i det stjernetegn, man befandt sig i – som det er demonstreret på Kostas Kotsanas' hjemmeside [11].

Konstruktionen af et anaforisk vandur er en kompliceret opgave, hvor det bl.a. krævedes at bestemme, hvordan projektionen af stjernerne skulle udføres på den roterende skive. Det bliver diskuteret mere detaljeret hos Drachmann [10]. Det er klart, at det anaforiske vandur er det ypperste, som tidens videnskabsmænd kunne mestre, og det ville derfor være naturligt, at det var et sådant ur, som befandt sig i Horologion.

Tårnets videre skæbne

Da Horologion blev bygget, var der ingen andre embedsbygninger i området. Det stod alene i hjørnet af et handelsmarked, hvor det sikkert har tiltrukket sig stor opmærksomhed. Tårnets hovedformål var dels at få athenerne til at føle sig stolte af deres videnskabelige præstationer, dels at angive klokken og vindretningen. I slutningen af det 1. århundrede begyndte romerne med Julius Cæsar og senere Augustus at bygge *stoan* (overdækket søjlehal til offentligt brug, fx butikker og kontorer) på den romerske agora. Da arkaden – den såkaldte Agoranomion – blev bygget syd for tårnet, mistede tårnet sin afgørende betydning for området. Det blev totalt ignoreret af den græske geograf Pausanias (ca. 110-180), i hans værk på 10 bøger med kultur-geografiske beskrivelser af hovedsagligt den græske civilisation, herunder Athens vigtigste monumentale bygninger. Romernes byggeiver har formentligt betydet, at Horologion endte i glemselen.

Det er umuligt at vide, hvor længe vanduret i det centrale rum fungerede. Vi ved, at vanduret måtte gennemgå en reparation, hvilket kan indikere, at vanduret ikke fungerede helt optimalt. Opførelsen af Agoranomion syd for tårnet har betydet, at vandforsyningen ikke længere kunne foregå under jorden, og det kan måske have betydet et ophør af vand til vanduret. Det er endda usikkert, hvor længe tårnet har været en selvstændig bygning. Der er klare spor af et hus bygget imod dets

vestlige side.

I skildringer fra senrenæssancen og senere fremstår tårnet som et vigtigt antikt bygningsværk. På de første kendte kort har tårnet en prominent placering og er til tider nævnt med navn. Tårnets usædvanlige udformning, og dets anvendelse som tilholdssted for dervishdanserne, har formentligt stor betydning for bygningens tilstand og bevarelse. Tårnet blev også en model for andre tårne i den europæiske arkitektoniske neoklassicisme, og endelig har Horologion haft betydning for byplanlægningen af det moderne Athen [5].

Litteratur

- [1] Kienast, H. The Tower of the Winds in Athens: Hellenistic or Roman?, The Romanization of Athens, ed. M.C. Hoff and S.I. Rotroff, Oxford, 1996, s. 53-65
- [2] Marcus Terentius Varro: On Agriculture, III.5.17, Loeb Classical Library, Harvard University Press, 1960
- [3] Vitruvius: De Architectura, Book I, chapter 6, 4, Loeb Classical Library, Harvard University Press, 1955
- [4] Manfred Hüttig, 1ο Διεθνές Συνέδριο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας, 1st International Conference on Ancient Greek Technology, 04/09/1997, Thessaloniki, 1997, s. 129-133
- [5] Kienast, Hermann J., The Tower of the Winds at Athens, Athens, 2008.
- [6] Joseph V. Noble & Derek J. De Solla Price: The Water Clock in the Tower of the Winds, *American Journal of Archaeology* 72, 1968, s. 345-355
- [7] Joachim von Freeden, OIKIA KYRRESTOU: Studien zum sogenannten Turm der Winde in Athen, Rome, 1983.
- [8] Derek J. De Solla Price, The Tower of the Winds, *National Geographic* 131, 1967, s. 586-596
- [9] James Stuart & Nicholas Revett: The Antiquities of Athens and other Monuments of Greece as measured and delineated, George Bells & Sons, 1762, kap. 3
- [10] Drachmann, A.G., Ktesibios, Philon, and Heron, Copenhagen, 1948, s. 16-26.
- [11] Demonstration af bevægelsen af urskiven på vanduret, www.kotsanas.com eller på YouTube, www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=6_x5Vp1oczE
- [12] Antikkens tanker – tværfagligt rejsekursus, www.emu.dk/gym/fag/kl/nyheder/2013/01261320-Athenkursus.html.



John Rosendal Nielsen John Rosendal Nielsen er gymnasielærer ved Aurehøj Gymnasium og medlem af Kvants redaktion. Han interesserer sig bl.a. for fundamental fysik, kosmologi og videnskabshistorie. Denne artikel er skrevet på baggrund af studier beregnet til et gymnasielærerkursus [12] til Athen i efteråret.

¹¹ Ekliptika er en storcirkel på himmelsfæren, som Solen – set fra Jorden – ser ud til at bevæge sig langs med i løbet af et år. I virkeligheden er det Jordens bane om Solen, der får Solen til at ændre sin tilsyneladende position i løbet af året.