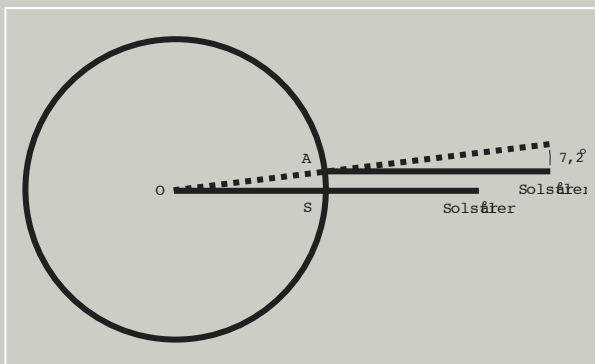


6. BEREGNING AF JORDENS OMKREDS VHA. EN GNOMON
Eratosthenes målte i 3. årh. f.Kr. jordens omkreds vha. en gnomon. Han var, som mange af sine samtidige, overbevist om, at jorden var en kugle.

Han anslog af-standen mellem Syene og Alexandria til 5.000 stadier. En stadie svarer til ca. 157 m.

- **Hvor stor er jordens omkreds ud fra Eratosthenes' tal?**

beregne, hvor langt væk det ligger. Dette gøres vha. Pythagoras' sætning om retvinklede trekanter og kendskab til jordens radius, der i denne sammenhæng kan sættes til 6.400 km. Iagttageren (**A**)

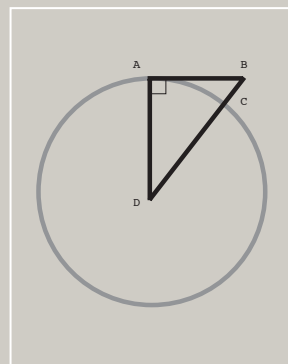


Omkring sommer-solhverv (ca. 21. juni), hvor solen står højest på den nord-lige halvkugle, observerede han, at den stod lodret over en brønd i Syene (**punkt S**) i Ægypten. Ved også at måle solens højde i Alexandria (**punkt A**) på samme tidspunkt af året, kunne han beregne jordens omkreds. I Alexandria målte han solstrålernes vinkel i forhold til en lodret gnomon til at være $7,2^\circ$, dvs. $1/50$ af 360° .

7. AFSTANDSVURDERING TIL SØS

I forbindelse med, at man nærmede sig kysten, kunne man ud fra synlige kendetegn og med en kendt højde beregne den resterende afstand.

Hvis man eksempelvis kommer sejlende ind mod det 1087 m høje Taffelbjerg, der ligger ved Afrikas sydligste spids, kan man, når det kommer til syne i horisonten,



ombord på skibet antages at være i højde med havets overflade. Herfra sigtes der mod toppen af bjerget (**B**), langs horisontlinien **AB**. Horisontlinien står vinkelret på jordens radius **AD**.

- **Beregn, hvor langt der er til Taffelbjerget, når det kommer til syne i horisonten.**

OPGAVER TIL ELEVHÆFTET

På rette vej – om søfart og navigation

1. LÆNGDEGRADSBEREGNING VHA. UDSEJLET DISTANCE.

Da Columbus sejlede mod vest fra Europa, havde han ingen anelse om, hvor langt han skulle sejle for at nå land. For at have en idé om, hvor langt han egentlig havde sejlet, forsøgte han konstant at vurdere skibets fart, for derved at kunne beregne den tilbage-lagte distance.

Columbus sejlede først fra Spanien til De Kanariske Øer. Derfra sejlede han så ret mod vest. De Kanariske Øer ligger vestligere end London hvor længdegraderne har nul-punkt, og nord for ækvator. Deres position angives som ca. 15° vestlig længde og 28° nordlig bredde. Afstanden mellem breddegraderne er 60 sømil overalt på jorden, men afstanden mellem længdegraderne er forskellig alt efter, hvilken breddegrad man befinder sig på. Ved 28° nordlig bredde er den ca. 50 sømil.

Hvis man forestiller sig, at Columbus efter en uges sejlads i ret vestlig retning anslog, at de havde sejlet 150 sømil (1 sømil er det samme som 1.852 km):

- **Hvilken længdegrad ville Columbus så mene, han befandt sig på?**

Columbus satte for første gang foden på jorden i den "nye" verden på øen Guanahani eller Waitlin. Dens længdegrad er $74,5^\circ$ vest. I søfarts-sammenhæng angives det dog anderledes. Her underind-deler man længde- og breddegraderne i minutter, dvs. tred-sindstyvendedele, og ikke decimaler. Derfor angives deres placering som 74 grader og 30 bueminutter vestlig længde. Hvis vi stadig antager, at gennemsnitsafstanden mellem længdegraderne på disse breddegrader er 50 sømil:

- **Hvor mange sømil mod vest havde han da sejlet fra De Kanariske Øer?**

2. LÆNGDEGRADSBEREGNING UD FRA ASTRONOMISK OBSERVATION.

En anden yndet måde at beregne ens længdegrad var ud fra astronomiske observationer. Man kunne beregne, hvornår eksempelvis en måneformørkelse ville indtræffe på et givet sted. Ved at observere fænomenet et andet sted i verden, og samtidig lave en beregning af hvad klokken var det pågældende sted (vha. for eksempel universal-ring eller nocturnal), kunne man beregne sin tidsforskel fra et kendt sted, og derved ens længdegrad.

Denne metode blev bl.a. anvendt af den danske opdagelsesrejsende Jens Munk. Han søgte på en rejse 1619-1620 efter Nord-vest-passagen, dvs at komme nord om Amerika til Asien. Hvis en sådan passage eksisterede, ville afstanden til Asiens kostbarheder blive betydeligt forkortet. Da han i 1619 lå med sine skibe i Hudson-bugten, observerede han i december en

måneformørkelse. Formørkel- sen var størst kl. ca. 9.15. Da han vendte tilbage til Danmark, blev han klar over, at den samme formørkelse i London, med længdegraden nul, havde været størst kl. 2.48. Ud fra det beregnede han, hvilken længdegrad han havde befundet sig på i Hudson-bugten. Da jordens gradnet er inddelt i 360°, og jordens rotation tager 24 timer, er en times forskel mellem to steder lig med 360° divideret med 24 timer, dvs. 15° forskel i længdegrad.

- **Hvad blev Jens Munks resultat?**

På grund af instrumenternes unøjagtighed er denne beregning dog ikke helt korrekt. Den længdegrad, han beregnede, lå østligere end han egentlig befandt sig. Hans korrekte længdegrad var 94° vest.

- **Hvad har klokken så egentlig været, da han observerede måneformørkelsen?**

3. BREDEGRADSBEREGNING (Globus eller atlas nødvendig)

Ens breddegrad beregnes som følger: (zenitdistancen = 90°) – (solens højde målt i grader, når den er højest på himlen) +/- (solens deklination, dvs. en korrektion for solens afvigelse fra jordens ækvator).

Hvis man i stedet foretager en observation på den nordlige halvkugle om natten, benyttes Polarstjernen. Dennes højde over horisonten er, korrigeret for dens unøjagtighed i forhold til himlens egentlige nordpol, lig med ens breddegrad. Hvis man måler eller regner sig frem til en breddegrad, der er 1° forkert, svarer dette til, at ens position er forskudt med 60 sømil. Da en sømil er 1852 meter, vil det sige ca. 111 kilometers fejl. Derfor kunne man godt bruge lang tid på at søge efter det sted, man skulle hen, på trods af at man mente at have fundet den rigtige breddegrad. Omkring jævndøgn, 21. marts og 23. september, bevæger solen sig så præcist over jordens ækvator, at korrektionen er lig nul. Derved bliver ens breddegrad = 90° – solens højde. I Danmark, der ligger på 55°-57° nordlig bredde, vil solens højde derfor være ca. 34°.

Magellan-ekspeditionen var den første rejse hele vejen rundt om jorden.

- **Hvis de havde sejlet af sted mod vest fra Sydamerikas kyst, ved 40° sydlig bredde, hvor ville de så være endt?**

Det område, de ville være endt i, blev først opdaget af europæerne i 1640'erne. Magellan-ekspeditionen ønskede dog at sejle efter et allerede kendt

sted: Filippinerne, som ligger omkring 15° nordlig bredde.

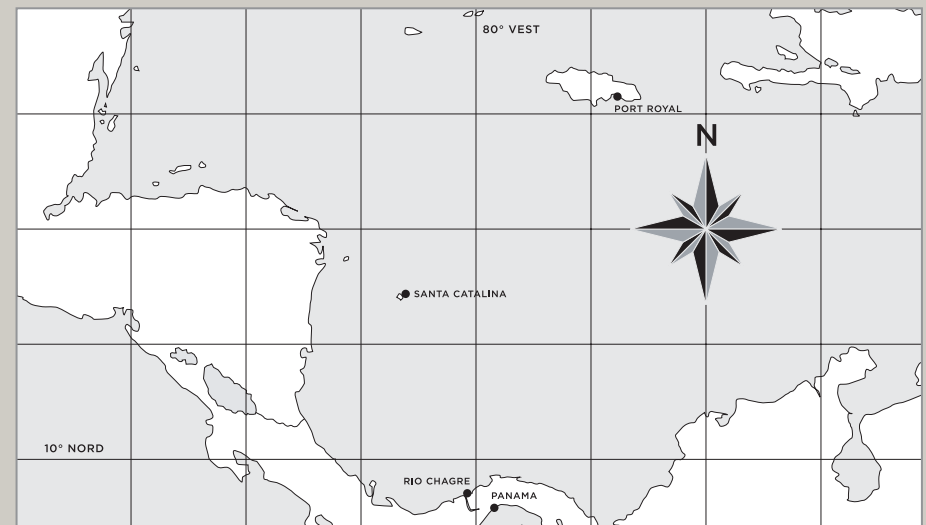
- **Hvis man antager, at de rejste omkring jævndøgn, hvor højt skulle solen så stå over horisonten for, at de befandt sig på den rigtige bredde?**

4. KURSBEREGNING. (Vinkelmåler nødvendig)

Det Caribiske Hav var i perioden 1550-1750 hjem søgt af utallige kapere, sørøvere og pirater. De blev tiltrukket af den "nye" verdens enorme rigdomme, og blev holdt ude af de vestindiske samfund, hvor der mest var plads til rigmænd med slaveplantager. En af de berømteste pirater var Henry Morgan. Han stod i 1671 ud på togt fra Port Royal på Jamaica. Hans mål var, i samarbejde med andre pirater, at angribe Panama, en af de rigeste spanske byer i den "nye" verden. Først var det dog nødvendigt at samle styrken og forberede angrebet. Dette skete ved øen Santa Catalina, hvorfra man drog til Chagre floden. Her kunne piraterne følge den ind i landet til Panama, som de erobrede ved list og velrettede angreb.

- **Indtegn Morgans rute og mål hvilken kurs han satte for at nå mædestedet ved Santa Catalina.**

- **Hvilken kurs satte de fra Santa Catalina til Rio Chagre?**



Udsnit af Det Caribiske Hav. Stednavne angivet som i 1600-tallet.

Efter erobringen sejlede Morgan og et par af de andre kaptajner direkte fra Rio Chagre tilbage til Jamaica for at dele byttet.

- **Indtegn ruten og mål hvilken kurs de sejlede.**

- **Hvis man antager at rejsen til Santa Catalina varede x dage og rejsen derfra til Panama y dage, cirka hvor mange dage tog så tilbageturen til Jamaica ved samme hastighed?**

5. AFDRIFTSBEREGNING

Normalt er det nødvendigt at tage hensyn til et skibs afdrift, når kursen skal beregnes. Dette kan bl.a. gøres vha. af cosinusrelationer. Et skib styrer fra punkt C nord-øst mod et fyr-tårn (punkt A), og man sætter derfor kurs 45. Efter 15 sømil er skibet pga. afdrift kommet 3 sømil for langt mod vest (punkt B). Ved hjælp af kompas pejler man sig frem til, at punkt A ligger 70° øst for skibets position

- **Hvad har afdriften været?**

- **Hvilken kurs skulle man have sat, hvis man ville tage forbehold for afdriften?**

