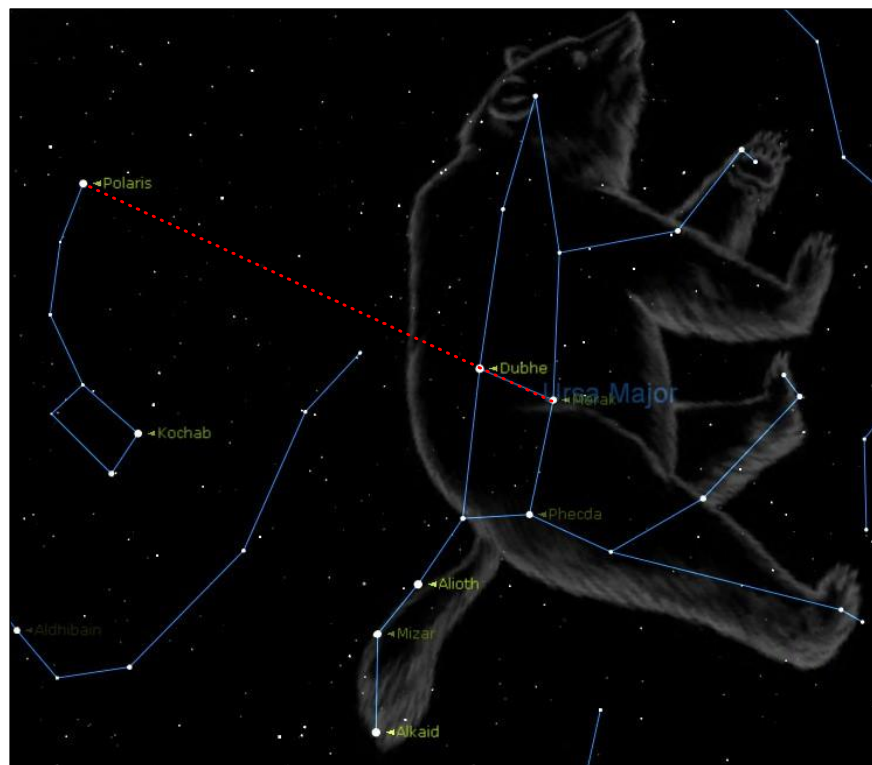


A23 Sol navigering -lengde og breddegraden

Hvordan kan navigatøren bestemme posisjonen uten GPS?

I 1714 utlovet Det engelske parlament 20000 pund (en formidabel sum den gangen) som belønning for den som kunne løse lengdegradsproblemet. Det var klokkemakeren Johan Harrison som tilslutt fant løsningen, han bygde en klokke som også gikk riktig på sjøen. Denne klokken viste tidspunktet middelsolen passerte meridianen over Greenwich, da var klokken 12:00:00 UT. Navigatøren brukte klokken til å finne tidspunktet Solen stod i sør på det stedet han befant seg på. Stod Solen i sør kl. 11:00:00 UT, var lengde graden 15 grader øst. Bredde kunne de finne uten klokke, de benytte Polstjernens høyde over horisonten eller Solen høyde over horisont når den passerte meridianen. Navigatøren måtte vite Solens deklinasjon og en tabell som viste den dugelige tidsjevning.

1.1 Polarstjerna viser nordlig retning



“Veien” til Polaris

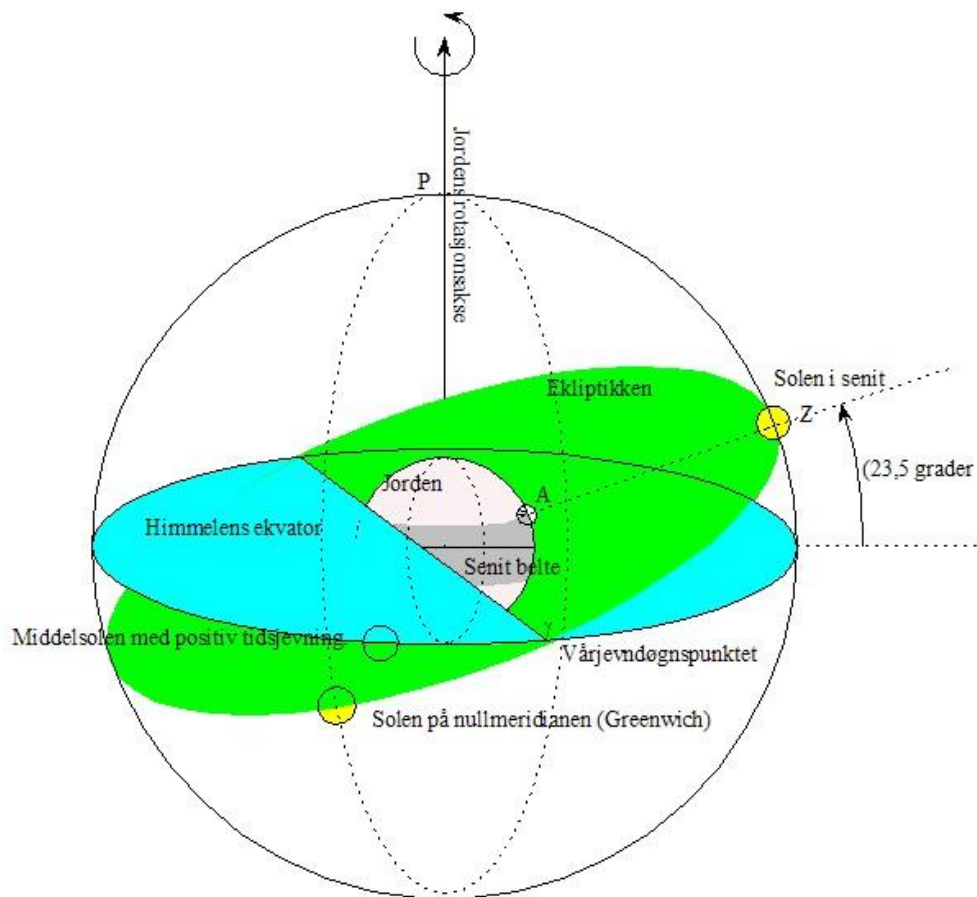
Polarstjerna eller Polaris (på latin) ligger mindre enn en grad fra himmelpolen. Polarstjerna ligger nesten i ro og viser retningen til Nordpolen (nordlig retning) fra observatør. Hvordan finner vi Polarstjerna på himmelen? En metode er å ta utgangspunkt i de syv sterkeste stjernene Storebjørn, disse stjernene danner et mønster som har fått navnet Karlsvogna. Tre av stjernene viser både bjørnens hale og vognens drag, de fire andre viser vognen. Vi må tenke oss linjen

mellom de to bakre stjernene forlenget (stiplet rød kurve). Avstanden mellom Polaris og Dubhe er omtrent fem ganger så stor som avstanden mellom de to bakre stjernene vogna (Dubhe og Merak).

Polarstjerna er kun synlig på den nordlige halvkule. Befinner vi oss på ekvator og ser nordover vil Polaris ligge i horisont (overgangen mellom himmel og hav). Er vi på Nord Polen vil Polaris stå i senit. I Kristiansand vil Polaris ligge 58 grader over horisonten fordi Kristiansand har breddegraden 58 grader.

For navigatøren er Polarstjerne viktig stjerne, den gir retningen til nord og breddegraden navigatøren befinner seg på. Navigatøren trenger en sekstant og fint vær.

1.2 Solens i senit



Jorden i sentrum av himmelkula

Sett fra Jordens sentrum vil Solen følge **ekliptikken** på himmelkula. Ekliptikkens baneplan er markert med grønn farge. Jordens ekvatorplan har en projeksjon på himmelkula, denne projeksjonssirkelen kalles for **himmels ekvator**. Himmels ekvatorplan danner 23,5 grader med ekliptikkplanet. Punktet A har breddegrad 23,5 grader, en observatør i punkt A vil oppleve Solen i senit 21. juni. Solen vil 21. juni (sommersolverv) stå i stjernebildet Krepsen. Ved sommersolverv har Solens projeksjonspunkt på Jorden en bredde på 23,5 grader. På fagspråket

sier vi at Solen har **deklinasjonen**: $\text{dec} = 23,5$ grader. Ved vintersolverv (Steinbukkens vendekrets) er Solens deklinasjon $-23,5$ grader.

Figuren viser også Vårjevndøgnsunktet (γ -punktet), origo for himmelens koordinatsystem. Solen er i Vårjevndøgnsunktet 21. mars hvert år, i denne posisjonen har solen en deklinasjonsvinkel som er null grader og en lengdevinkel på null grader. Lengdevinkelen kalles for **rektascensjon** og har positiv retning østover langs himmelens ekvator, det vil si at i løpet av et år vil Solen rektascensjon øke fra 0 grader til 360. Astronomene benytter ikke grader som enhet for rektascensjon, de bruker timer, minutter og sekunder (enhetsformat: hh:mm:ss). I Krepsen har Solen en rektascensjon på omtrent: $\text{RA} = 6\text{h}$.



Himmelens koordinatsystem sett fra Kristiansand

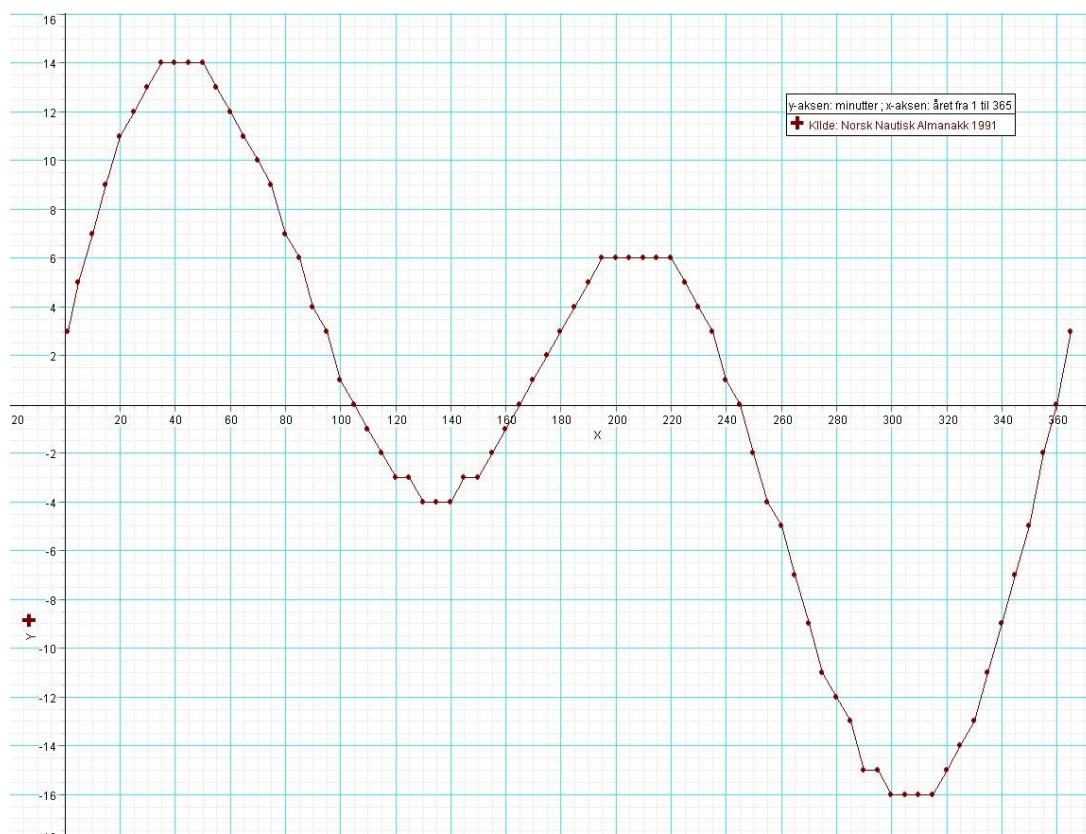
Vårjevndøgspunktet (Vernal Equinox eller γ -punktet) ligger på meridianen 7. februar 2012 klokken 15h19m33s lokal tid i Kristiansand, den sideriske tiden er da 00h00m00s

Neste gang γ -punktet er på meridianen er 8. februar 2012 klokken 15h15m37s (etter en siderisk dag). Legg merke til Jupiter, planeten har en rektascensjon som er litt mer enn 2 timer. Tallene på himmelens ekvator viser RA-verdiene. Venus har en RA-verdi og en dec-verdi som nesten er null, denne planeten ligger nesten i origo for himmelens koordinatsystem.

1.3 Middelsolen og tidsjevning

Soluret som noen har montert i hagen sin baserer seg på Jodens rotasjonstid. Et soldøgn er perioden mellom to meridianpassasjer observert fra et fast punkt på Jorden. Solen passerer stedets meridian når den står i syd og høyest på himmelen. Døgnets lengde vil variere med årstiden fordi Solen beveger seg med ulik hastighet langs ekliptikken. En annen effekt som påvirker døgnets lengde er variasjonen i vinkelen mellom ekvatorplanet og Solens hastighetsvektor, denne vinkelen er 23,5 grad ved vår/høstjamndøgn og null grader solen befinner seg lengst nord og syd på himmelkula (vinter/sommersolverv). Ved innføring av en **imaginær sol** kan man definere et middelsoldøgn som er uavhengig av årstiden. Astronomene lar denne imaginære solen gå langs himmelens ekvator med konstant hastighet. Et middelsoldøgn er tidsintervallet (24 timer) mellom to påfølgende meridianpassasjer. Klokkene går derfor etter den tenkte (imaginære) solen med en omløpstid på 24 timer, det vil si 15 grader pr time. Tiden knyttet til middelsolen kalles for middeltid. Når middelsolen passere nullmeridianen (meridianen som går gjennom Greenwich) er klokken 1200UT over hele kloden. Kristiansand ligger 8 grader øst for Greenwich, lokal tid i Kristiansand ligger derfor 1 time foran universaltiden (om sommeren 2 timer foran).

Den reelle solen passerer meridianen i Greenwich enten litt før kl. 1200 (minst tidsjevning: -16 minutter) eller litt etter kl. 1200 (størst tidsjevning: +14 minutter). Denne tidsvariasjonen varierer fra dag til dag gjennom hele året. Skal vi finne fartøyets lengdegrad ved hjelp av solen og en korrekt klokke, er tidspunktet Solen (den reelle) passer Greenwich meridianen viktig. Eksempel: 21. november 1991 passerer Sola (den reelle) nullmeridianen 14 minutter før kl. 1200 UT. 21. november er dag nummer 325, denne dagen har en tidsjevning på -14 minutter. Den virkelige solen passer nullmeridianen etter middelsolen (se tegningen: "Jorden i sentrum av himmelkula").



Kurven viser forskjellen i sann soltid og middelsoltid, denne forskjellen kalles for tidsjevning ("Equation of Time"). Tidsjevningen er størst i midten av februar (rundt dag 40) og minst i begynnelsen av november (rundt dag 310).

Når tidsjevningen er positiv, passerer den virkelige solen nullmeridianen *etter* middelsolen (det vil si at vi å legge til tidsjevningen).

1.4 Solen i syd på et ukjent sted – Bestemmelse av lengdegraden

I 1714 utlovet Det engelske parlament 20000 pund (en formidabel sum den gangen) som belønning for den som kunne løse lengdegradsproblemet. Det var klokkemakeren Johan Harrison som tilslutt fant løsningen: En klokke som kunne tas med til sjøs. Denne klokken gav universaltiden (UT) i det øyeblikk Solen stod høyest på himmelen (transittiden). Navigatøren tok så utgangspunkt i denne tiden og fant lengdegraden. Dersom transittiden ble målt til 11h UT var posisjonen 15 grader (15 deg) øst for Greenwich dersom tidsjevningen var null.

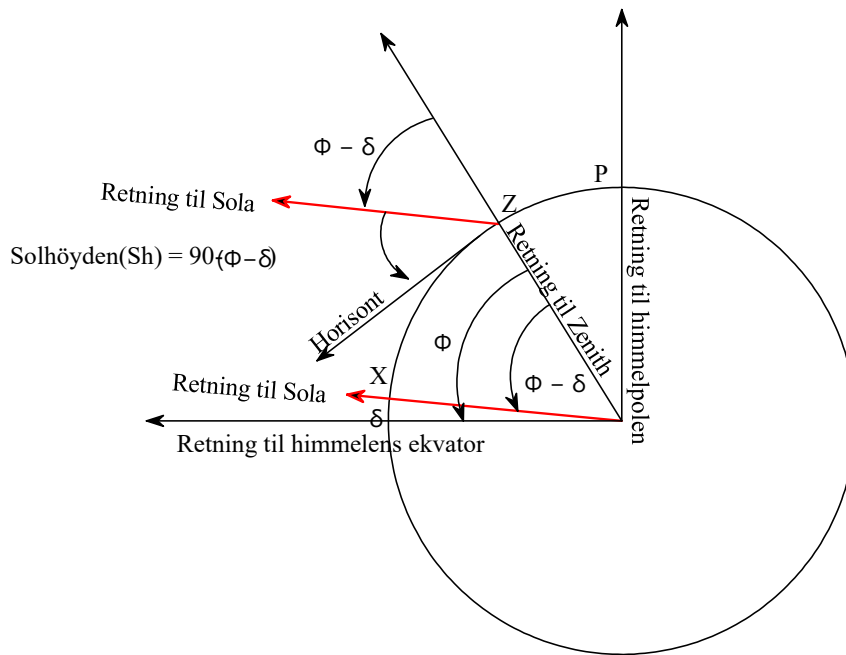
Hva må navigatøren gjøre dersom tidsjevningen er + 14 minutter og Sola passerer stedets meridian kl. 11:00:00 UT? Den reelle Sola når passerer Greenwich meridianen klokken 12h14m UT. Tidsforskjellen blir mer enn en time, lengdegraden må bli mer enn 15 grader øst.

Lengdegraden er gitt av uttrykket (minustegnet betyr at navigatøren befinner seg øst av Greenwich):

$$L = -15 \cdot \text{grader} \cdot 1.23 = -18.5 \cdot \text{grader}$$

Uten å ta hensyn til tidsjevning vil navigatøren befinne seg 15 grader øst for Greenwich, med tidsjevning er lengdegraden 18,5 grader øst. Det er viktig at navigatøren tar hensyn til tidsjevningen. I dette eksemplet vil feilen være 3,5 grader eller 210 bueminutter. 210 bueminutter tilsvarer 210 nautiske mil. Til orientering tilsvarer 100 nautiske mil avstanden mellom Kristiansand og Skagen i Danmark.

1.5 Solen i syd – meridianpassasjen (transitt)



Figuren viser solen på meridianen over Kristiansand (Z). Punktet P er den geografiske nordpol. Stedet Z (Kristiansand) har breddegraden Φ lik 58 grader. X er solens projeksjonspunkt, breddegraden for dette punktet er lik solens deklinasjon. 9. september 2005 er solens deklinasjon ($\delta = \text{dec}$) lik 5,2061 grader. Transittiden for solen denne dagen er 14h24m. Transittiden er tidspunktet står høyest på himmelen, solen står da i syd (asimut 180 grader) og passerer meridianen. Med andre ord ligger solen på storsirkelen gjennom Z og P. I sommerhalvåret fra vårjamndøgn til høstjamndøgn har solen positiv deklinasjon. Solhøyden (Sh) vil da alltid være:

$$\text{Solhøyden(Sh)} = 90 - (\Phi - \delta)$$

Denne formelen kan vi benytte til å bestemme vår posisjonens breddegrad på sjøen. Vi kan måle solhøyden (ved hjelp av en sekstant) når den er høyest på himmelen, finner solens deklinasjon i en tabell eller ved Starry Night programmet og vi kan beregne vår breddegrad.

