

ASTRONOMISK NAVIGASJON

MARITIM TEKNSK FAGSKOLE



Ottar H. Brandal
Fagskolen i Ålesund

Kilde: NAVIGASON av Reidar Ditlevsen

Versjon 1 17.06.2019

Forord

Dette emneheftet er basert på Reidar Ditlefsens sin bok NAVIGASJON, utgitt på Aschehoug forlag.

Jeg vil først og fremst takke familien til Reidar Ditlefsen og forlaget som har gitt sitt samtykke i å bruke boken som utgangspunkt for å lage dette emneheftet.

I tillegg vil jeg takke de av mine kolleger som har gitt bidrag og nyttige råd i forbindelse med utarbeidelse av emneheftet.

Ålesund, juni 2019

Ottar H. Brandal
Fagskolen i Ålesund

INNHOOLD

Kapittel	Side
1. UNIVERSET OG SOLSYSTEMET	5
1.1 Universet og Melkeveien	
1.2 Solsystemet og planetene	
1.3 Forholdet mellom planetene	
1.4 Planetenes tilsynelatende bevegelser på himmelen	
2. JORDA OG MÅNEN	7
2.1 Jorda som planet	
2.2 Dag og natt - sommer og vinter	
2.3 Solas deklinasjon	
2.4 Månens bevegelser og faser	
2.5 Synodisk omløpstid og «forsinkelse»	
2.6 Månens deklinasjon	
2.7 Månens krumning	
2.8 Sol- og måneformørkelse	
3. DØGNET OG ÅRETS LENGDE	13
3.1 Stjernerøgn og soldøgn	
3.2 Middelsoldøgn	
3.3 Det tropiske og det borgerlige år	
3.4 Skuddår	
4. TID OG TIDSSONER	15
4.1 Sann tid	
4.2 Middeltid	
4.3 Tidsjevning	
4.4 Tid og lengde	
4.5 Lokal middeltid (LMT)	
4.6 UTC («Co-ordinated Universal Time»)	
4.7 Sonetid; Lokal tid (LT)	
5. HIMMELKULA OG DENS KOORDINATER	19
5.1 Himmelkula	
5.2 Observatørens plass på jordoverflaten	
5.3 Meridianfiguren	
5.4 Himmellegemenes tilsynelatende bevegelser	
5.5 Dagsirkler; dagbue og nattbue	
5.6 Kulminasjon	
5.7 Himmellegemenes posisjoner på himmelkula	
5.8 Eksempler på meridianfiguren	
5.9 Timevinkel	
5.10 Timevinkel og kulminasjon	
5.11 Astronomiske koordinater; Ekvator- og Horisontsystemet	
5.12 Posisjonstrekanten	
6. KRONOMETERET	29
6.1 Kronometeret	
6.2 Kronometerets stand	
6.3 Kronometerets gang	
6.4 Omtrentlig UTC og dato	
6.5 Sammenligning med observasjonsur	

Kapittel	Side
7.	LIKEHØYDESYSTEMET 33
7.1	Opplysningspolen
7.2	Opplysningspol og likehøydesirkler; senitdistanse
7.3	Mer om likehøydesirkler
7.4	Konstruksjon av likehøydesirkler i kartet
8.	DEN NAUTISKE ALMANAKK37
8.1	Nautiske almanakker (høyre- og venstresidene)
8.2	Interpolasjonstabellene
9.	TIMEVINKEL OG DEKLINASJON41
9.1	Solas opplysningspol; GHA og deklinasjon
9.2	Solas lokale timevinkel (LHA)
9.3	Aries GHA
9.4	Siderisk Timevinkel (SHA)
9.5	Stjernerens GHA, LHA og deklinasjon
9.6	Planetenes GHA, LHA og deklinasjon
10.	HØYDERETTELSER 47
10.1	Observert høyde
10.2	Indeksfeil
10.3	Strålebrytning
10.4	Kimmingdalingen
10.5	Parallakse
10.6	Halvdiameter
10.7	Høyderettelser ved Nautical Almanac
10.8	Å rette solhøyder
10.9	Å rette planet- og stjernehøyder
11.	BEREGNING AV HØYDE OG PEILING55
11.1	Høydemetoden
11.2	Posisjonstrekanten
11.3	Høydeformelen
11.4	Ukjent stjerne
11.5	Himmellegemets peiling; Høydeasimut
11.6	Høyde og rettvise peiling ved sola
11.7	Høyde og rettvise peiling ved stjerner
11.8	Høyde og rettvise peiling ved planeter
12.	ASTRONOMISKE STEDLINJER 63
12.1	Høydeforskjell
12.2	Sannsynlig plass
12.3	UTC og en bestemt høyde gir en bestemt stedlinje
12.4	Å finne sannsynlig plass på et stykke papir
12.5	Observert plass
12.6	Tre observasjoner
12.7	Stedlinjers feil
13.	HØYDEOBSERVASJONER 71
13.1	Fullstendig observasjon av sola
13.2	Fullstendig observasjon av stjerner
13.3	Fullstendig observasjon av planeter

Kapittel	Side
14.	BREDDEOBSERVASJONER 75
14.1	Sola i øvremeridianen (på sitt høyeste)
14.2	Breddeobservasjon
14.3	Bruk av høydeformelen ved meridianpassasje
14.4	Sola i nedremeridianen (på sitt laveste)
14.5	Bredde ved Polarstjernen
15.	KOMBINERING AV STEDLINJER 83
15.1	Forskjellige måter å bestemme observert plass
15.2	To observasjoner med mellomliggende seilas
15.3	Sola i meridianen for et skip underveis
16.	SOLAS SYNLIGE OPP- OG NEDGANG 87
16.1	Sola i horisonten
16.2	Sola i opp- og nedgang
16.3	Solas synlige opp- og nedgang for et skip underveis
17.	TID FOR STJERNEOBSERVASJONER91
17.1	Tussmørket («Twilight»)
17.2	Tid for stjerneobservasjoner
17.3	Tid for stjerneobservasjoner for et skip underveis
18.	DEVIASJONSKONTROLL VED HIMMELLEGER 95
18.1	Deviasjonskontroll generelt
18.2	Deviasjonskontroll ved tidasimut
18.3	Deviasjonsundersøkelse ved sola i sann opp- og nedgang
18.4	Asimut ved sola i sann opp- og nedgang
18.5	Deviasjonsundersøkelse ved Polaris
19.	SOLA I SANN OPP- OG NEDGANG99
19.1	Generelt
19.2	Halv dagbue
19.3	Tidspunkt for sola i sann opp- og nedgang
19.4	Tidspunkt for sola i sann opp- og nedgang for et skip underveis
20.	DE VIKTIGSTE STJERNENE.....105
20.1	Stjernenes lysstyrke
20.2	Stjernefortegnelser
20.3	Stjernerkart
20.4	Bruk av stjernerkart

1 SOLSYSTEMET OG PLANETENE

1.1 Universet og Melkeveien

Den del av universet som menneskene har kunnet utforske, er så stort at for eksempel avstandene vanskelig kan gis med noe lengdemål vi bruker på jorda. Det er derfor innført lengdeenheten *lysår*, som er den avstanden lyset tilbakelegger på et år.

Lysets hastighet er ca. 300 000 km/s (299 792,458 km/s i tomt rom), en hastighet som svarer til noe mer enn 7 runder rundt jorda i løpet av ett sekund. Lyset bruker 1,25 sekund fra månen til jorda, fra sola 8,3 minutter, og den nærmeste stjernen ligger 4 ½ lysår borte.

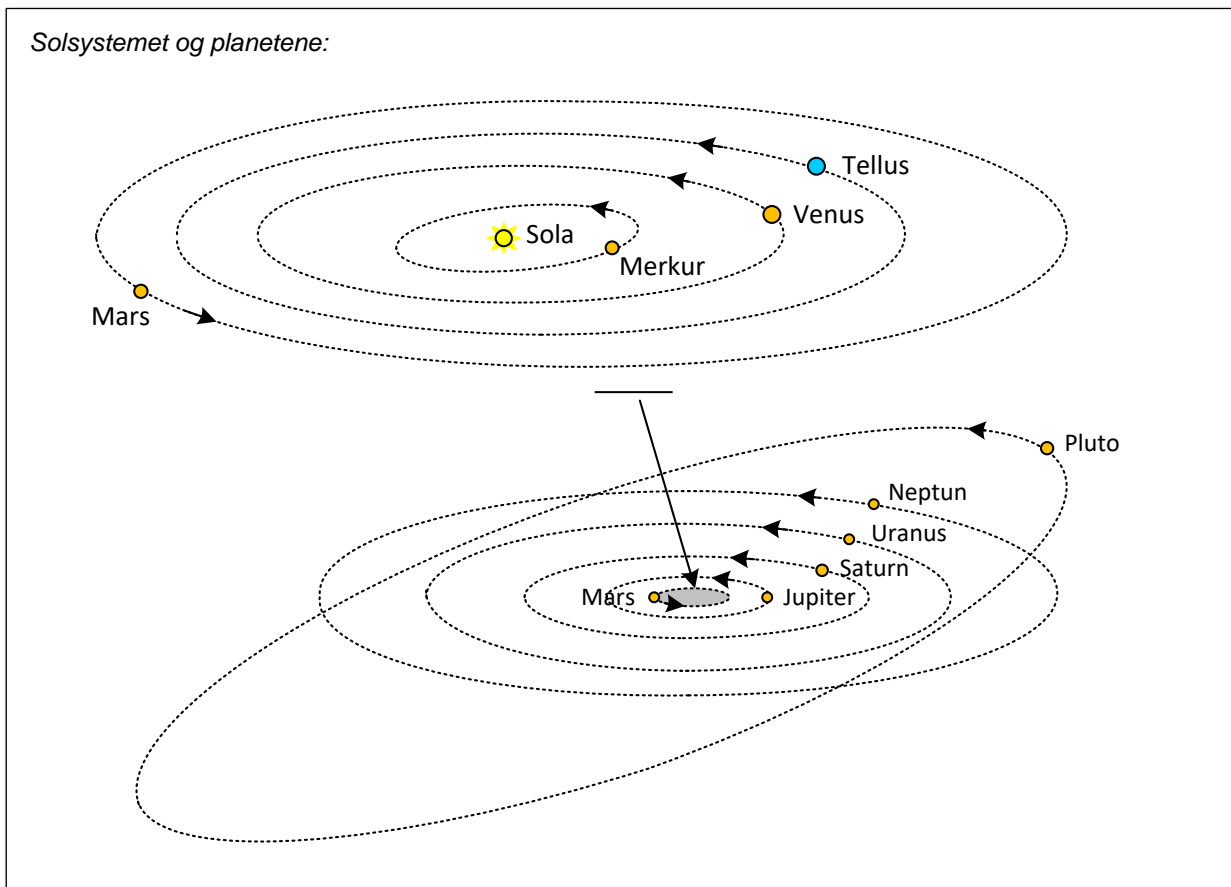
Vår sol er ett av medlemmene i en gruppe på 100 000 millioner av stjerner som til sammen utgjør stjernesamlingen (*galaksen*) som vi kaller Melkeveien.

1.2 Solsystemet og planetene

Sola med planetene og de andre himmellegemene som kretser rundt den, kalles solsystemet. Sola utgjør ca. 99,9 % av massen i vårt system. De resterende 0,1 % utgjøres av 9 større planeter og deres satellitter eller måner som kretser rundt sola.

De 9 store planetene er, regnet innenfra: *Merkur, Venus, Tellus (jorda), Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun og Pluto*. I navigasjonen bruker vi de fire planetene: Venus, Mars, Jupiter og Saturn.

Planetene roterer om sin egen akse samtidig som de beveger seg i samme retning rundt sola. I forhold til sola beveger planetene seg i omtrent samme plan, og det er som om planetene var korker som flyter på vannet i en virvel med sola i sentrum.



1.3 Forholdet mellom planetene

Størrelsesforholdet mellom planetbanene angis lettest med jordas middellavstand til sola som enhet. Denne avstanden er rundt regnet 149,6 millioner kilometer og kalles en *astronomisk enhet* (AE).

For lettere å kunne sammenligne, kan vi lage følgende oppstilling (planeter brukt til astronomisk observasjon er uthevet):

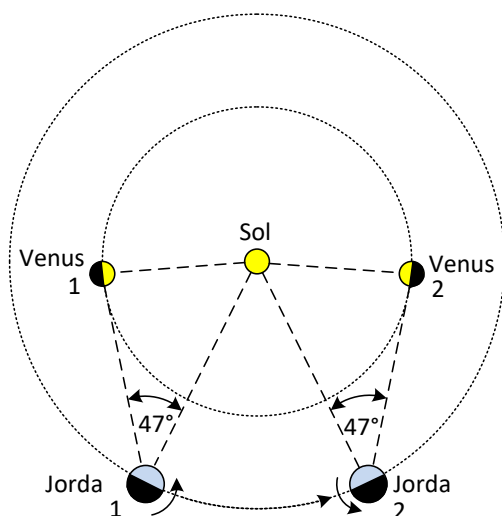
Planet	Middellavstand fra sola i:		Omløpstid om sola (år)	Diameter (km)	Måner (kjente)
	"AE"	mill. km.			
Merkur	0,39	57,9	0,24	4 840	0
Venus	0,72	108,2	0,62	12 400	0
Tellus (jorda)	1,00	149,6	1,00	12 756	1
Mars	1,52	227,9	1,88	6 800	2
Jupiter	5,20	778,3	11,86	142 800	16
Saturn	9,54	1 427,0	29,46	120 800	20
Uranus	19,18	2 870,0	84,02	47 600	5
Neptun	30,06	4 496,0	164,79	44 600	2
Pluto	39,70	5 946,0	248,40	5 850	1

1.4 Planetenes tilsynelatende bevegelse på himmelen

Hvis vi tenker oss at vi så planetene fra et punkt i nærheten av sola, ville vi se at alle planetene beveget seg fra vest mot øst i omtrent samme plan. Da vi ser planetene fra jorda, som også beveger seg rundt sola, får vi et annet syn av deres bevegelse.

Snart flytter de seg østover blant stjernene, snart stopper de opp og begynner å gå motsatt vei. Etter en tid stopper de igjen og fortsetter i sin opprinnelige retning. Av de planetene vi bruker i navigasjon, går *Mars*, *Jupiter* og *Saturn* i baner utenfor jorda, mens *Venus* går i bane innenfor jorda.

Venus og jordens bane rundt sola:



Da Venus' avstand fra sola bare er 0,7 av jordas avstand, vil den ikke komme mer enn 47° fra sola.

Venus kan enten sees i øst som morgenstjerne noen timer før soloppgang, eller i vest som aftenstjerne noen timer etter solnedgang.

Venus kan av og til være så klar at den er synlig om dagen.

I *punkt 1* er Venus en aftenstjerne, mens den i *punkt 2* er en morgenstjerne.

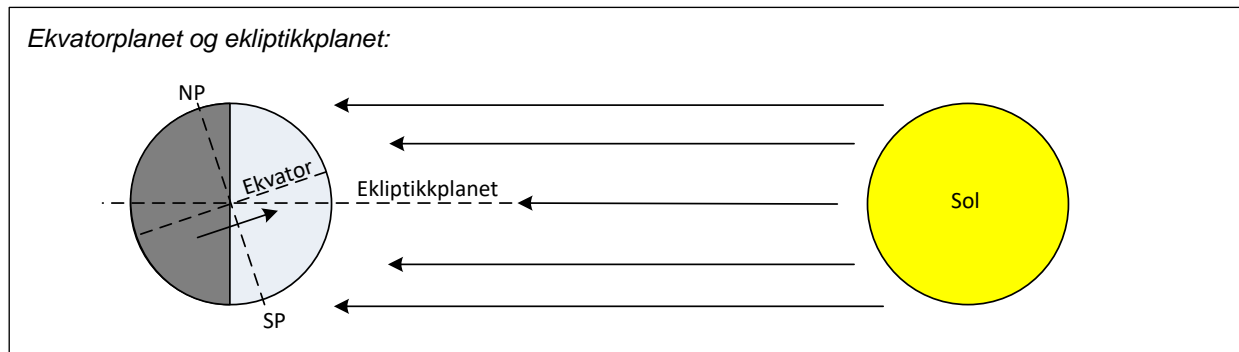
I forhold til stjernene vil Venus bevege seg østover fra dag til dag, med unntagelse av en vestlig bevegelse i det den er nærmest jorda.

2 JORDA OG MÅNEN

2.1 Jorda som planet

Jorda er den tredje planet regnet fra solen, og har tilnærmet form lik en kule, men noe flatttrykt ved polene. Jorda går rundt solen i en ellipsebane med en eksentrisitet på 0,0167, og har en midlere hastighet på 29,8 km/s. Den bruker et "siderisk" år (365,2564 døgn) på et omløp.

Jordbanens plan kalles for *ekliptikkplanet*, og jorda går en gang rundt sola i løpet av et år. Jordaksens vinkel med ekliptikkplanet er ca. $66,5^\circ$, og ekvatorplanet vil derfor danne en vinkel på $23,5^\circ$ med ekliptikkplanet.



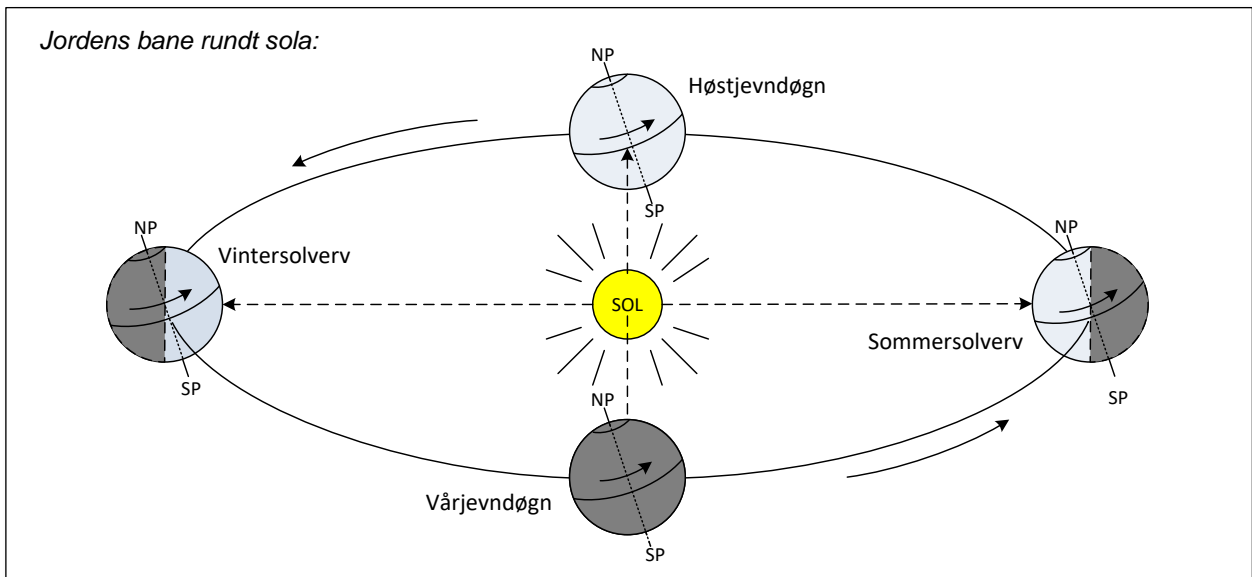
2.2 Dag og natt – sommer og vinter

Generelt

Jorda har også en annen bevegelse, den dreier seg også om seg selv. Det tidsrom som jorda bruker på en hel omdreining i forhold til sola, kalles for et *døgn*. Det er jordas daglige bevegelse om sin egen akse som er årsaken til *dag og natt*.

Jordaksen flytter seg imidlertid stadig parallelt med seg selv, dvs. den heller bestandig til samme side, og er årsaken til *sommer og vinter*.

Figuren under viser jorda på forskjellige steder i sin bane. Skjæringslinjen mellom ekliptikkplanet og ekvatorplanet kalles for *jevndøgnslinjen*, og linjens endepunkter kalles for *jevndøgnspunktene*.



Vintersolverv

Når jorda er i "vintersolvervpunktet" den 22. desember heller jordaksen med Nordpolen (N) fra sola, og det meste av solas lys og varme faller på den sydlige halvkule. Det er vinter på den nordlige halvkule og sommer på den sørlige. Natten er lenger enn dagen.

Vårjevndøgn

Når jorda er i "vårjevndøgnsunktet" den 21. mars er jordaksen loddrett på retningen til sola, og dag og natt er like lange. Punktet kalles også "Ariespunktet" (\surd), fordi det en gang i oldtiden lå i stjernebildet ARIES.

Sommersolverv

Når jorda er i "sommersolvervs-punktet" den 21. juni, heller aksene med Nordpolen (N) heller mot sola. Det er sommer på den nordlige halvkule og vinter på den sørlige. Dagen er lenger enn natten.

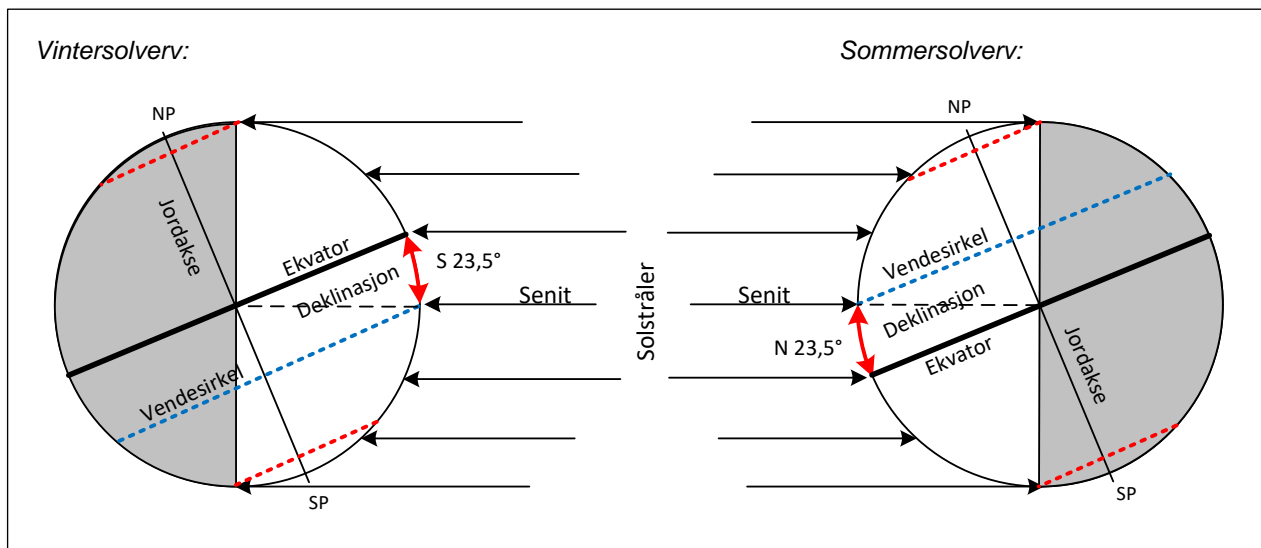
Høstjevndøgn

Når sola står i "høstjevndøgnsunktet" den 23. september, heller jordaksen er igjen loddrett på retningen til sola, og dag og natt er like lange.

2.3 Solas deklinasjon

Solstrålene har forskjellig innfallsvinkel alt etter hvilken bredde de treffer jordoverflaten på. Som vist på figurene under kommer sola i senit (solstrålene treffer loddrett på jordoverflaten) på forskjellige bredde alt etter hvilken stilling jordaksen har i forhold til sola i løpet av året.

Denne bredden varierer fra S 23,5° ved vintersolverv til N 23,5° ved sommersolverv og kalles solas *deklinasjon*. Ved høstjevndøgn og vårjevndøgn er deklinasjonen null da sola står i senit på ekvator.

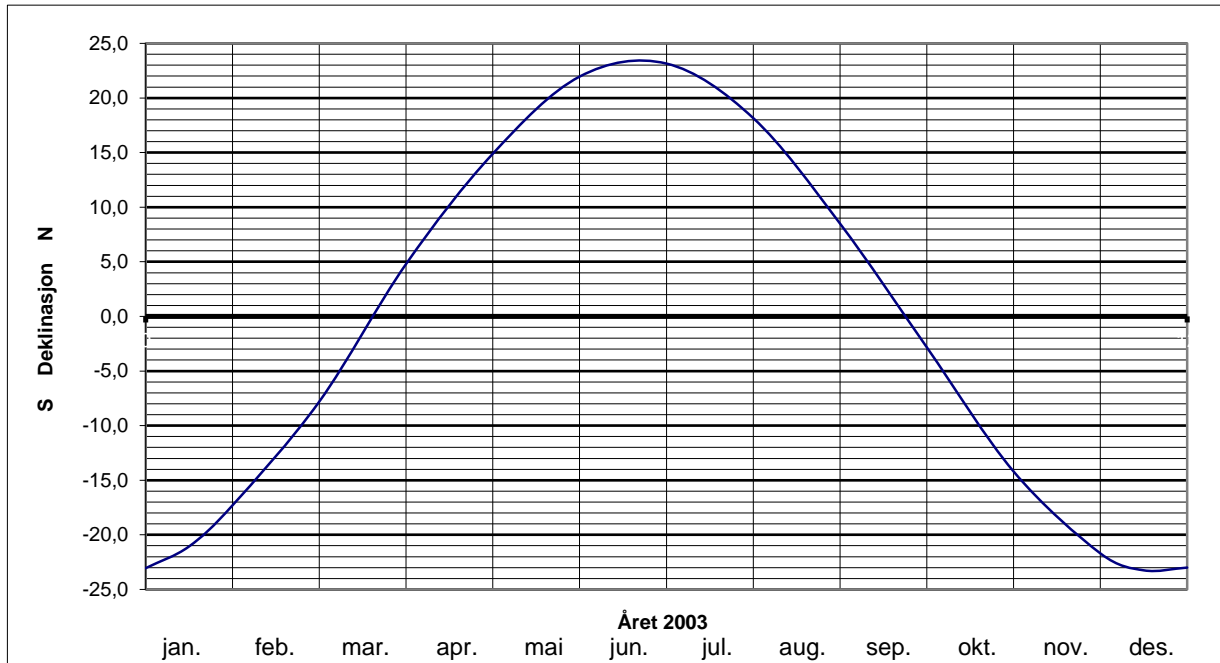


Mellom høstjevndøgn og vårjevndøgn er deklinasjonen *sørlig*, og sola er i senit for de som befinner seg mellom ekvator og S 23,5°.

Mellom vårjevndøgn og høstjevndøgn er solas deklinasjon *nordlig*, og sola er i senit for de som befinner seg mellom ekvator og N 23,5°.

Parallellsirklene på 23,5° nord og sør kalles for *vendesirkler*. Sola kommer derfor i senit for de personer som er innenfor dette beltet på jorda.

Solas deklinasjon for året 2003:



2.4 Månens bevegelser og faser

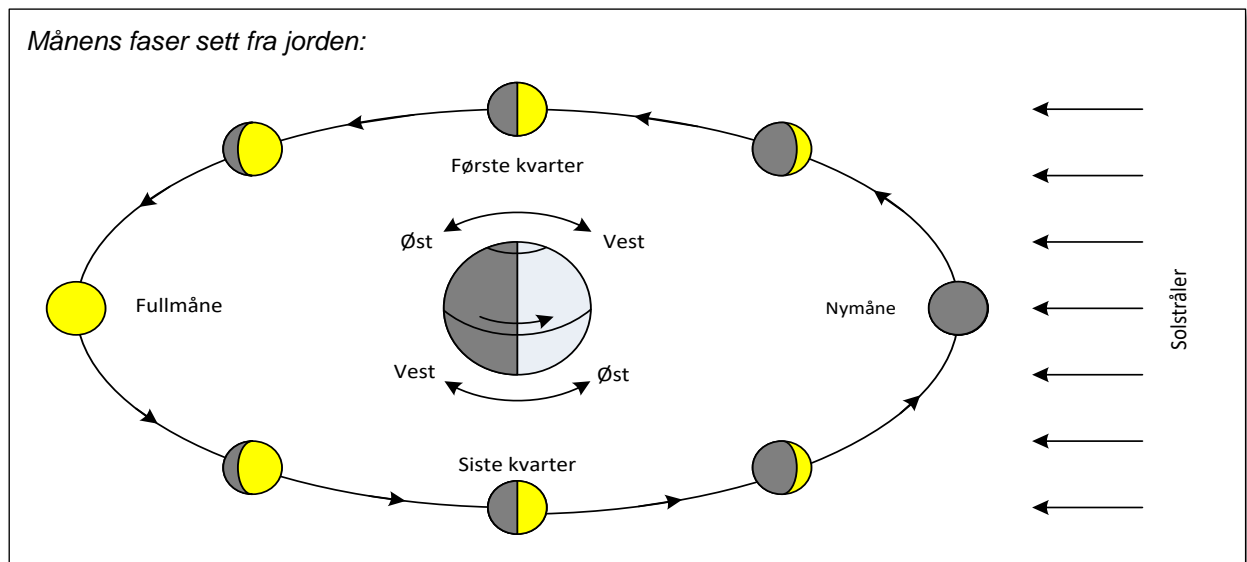
Generelt

Vi pleier å si at månen har tre bevegelser; den følger jorda omkring sola, den går i bane omkring sola, og den dreier seg om sin egen akse.

Månens omløpstid rundt jorda er nøyaktig den samme som månens rotasjonstid om sin egen akse, derfor kan vi fra jorda bare se den ene siden av månen.

Månen bruker gjennomsnittlig $27 \frac{1}{3}$ døgn på et omløp på stjernehimmelen, det er dette som kalles *månens "sideriske" omløpstid*.

Det er månens bevegelser omkring jorda som gjør at den, sett fra jorda, har forskjellige lysskikkelser eller *faser*. Månen er jo et mørkt legeme som vi ikke kan se uten at det er opplyst av sola.



Nymåne

Hver gang månen kommer mellom jorda og sola, vil månens mørke del vende mot jorda. Fra jorda kan vi derfor ikke se månen, og vi har *nymåne*.

Noen dager etter nymåne viser månen seg etter solnedgang som en tynn sigd på vesthimmelen. Den er østfor sola og vender sin belyste rand vestover.

Første kvarter

Den lysende delen vokser etter hvert som dagene går, og når månen etter en uke er kommet omtrent 90° øst for sola, er halvparten av måneskiven lysende. Vi sier da at månen er i *første kvarter*.

Fullmåne

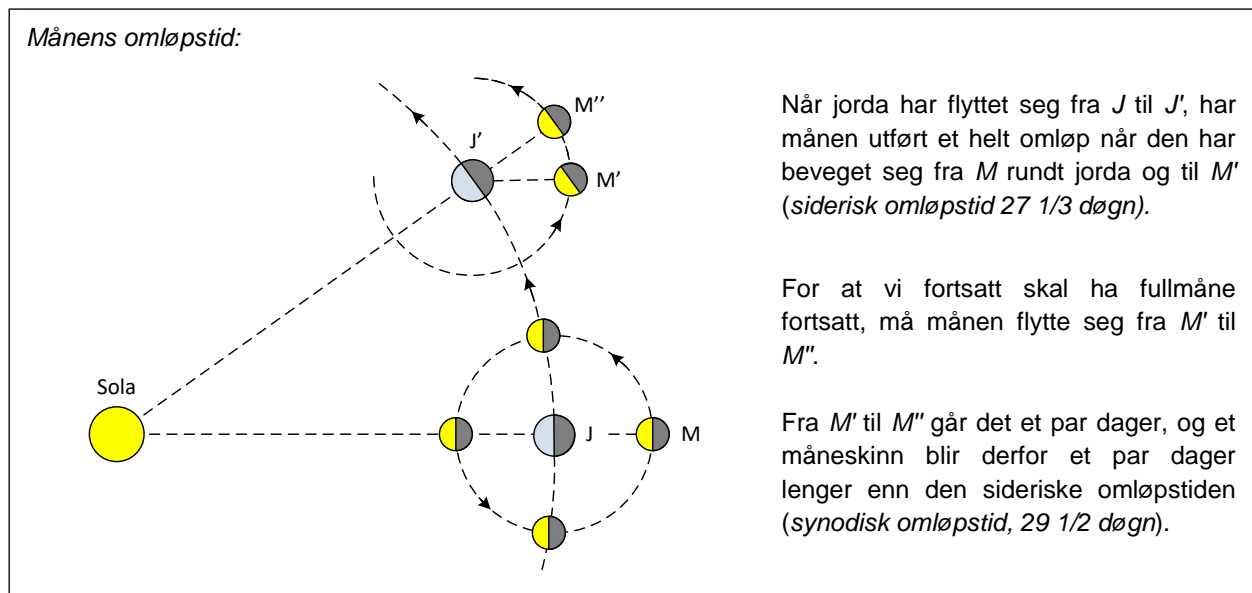
Når månen er kommet på motsatt side av jorda, slik at jorda er mellom sola og månen, vil den siden som sola skinner på, vende mot oss. Vi har *fullmåne*.

Siste kvarter

Omtrent en uke etter fullmåne er bare den østlige halvparten av månen synlig fra jorda. Vi sier da at månen er i *siste kvarter*. Månen er da vestenfor sola og vender sin belyste side østover.

2.5 Synodisk omløpstid og «forsinkelse»

Tiden fra nymåne til nymåne kalles månens *synodiske omløpstid* eller et *måneskinn*, og den er i gjennomsnitt $29 \frac{1}{2}$ dag. Et måneskinn er altså et par dager lenger enn den sideriske omløpstiden. Grunnen er at mens månen utfører et omløp, beveger jorda seg et stykke fram i sin bane.



Hvis vi noen kvelder på rad følger månen på den vandring over himmelen, legger vi merke til at den nok følger himmellegemene i den daglige bevegelse, men at månen ganske raskt trekker seg østover i forhold til stjernene.

Dette er ikke bare en tilsynelatende bevegelse, det er månens virkelige bevegelse rundt jorda vi observerer.

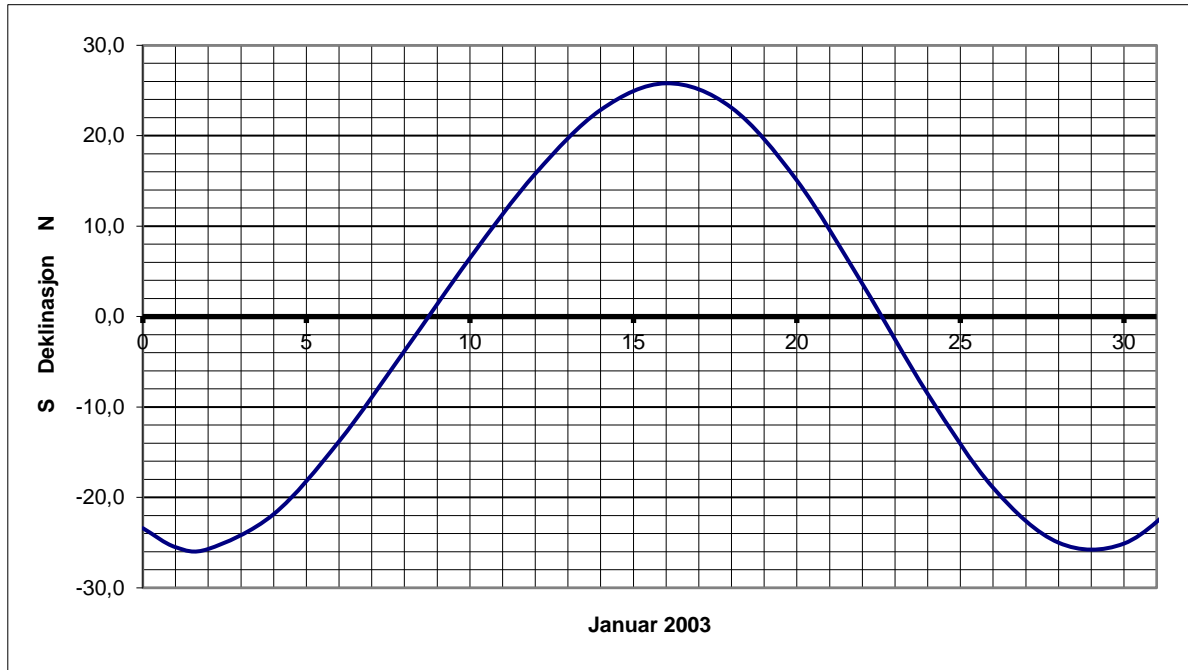
I forhold til sola, vil månen forsinkes 48 minutter i gjennomsnitt pr. døgn, dvs. at den kommer gjennomsnittlig 48 minutter senere i meridianen for hver kveld.

2.6 Månens deklinasjon

Månens baneplan danner en vinkel på 5° med ekliptikkens plan, og skjæringspunktene mellom planene kalles månebanens knuter.

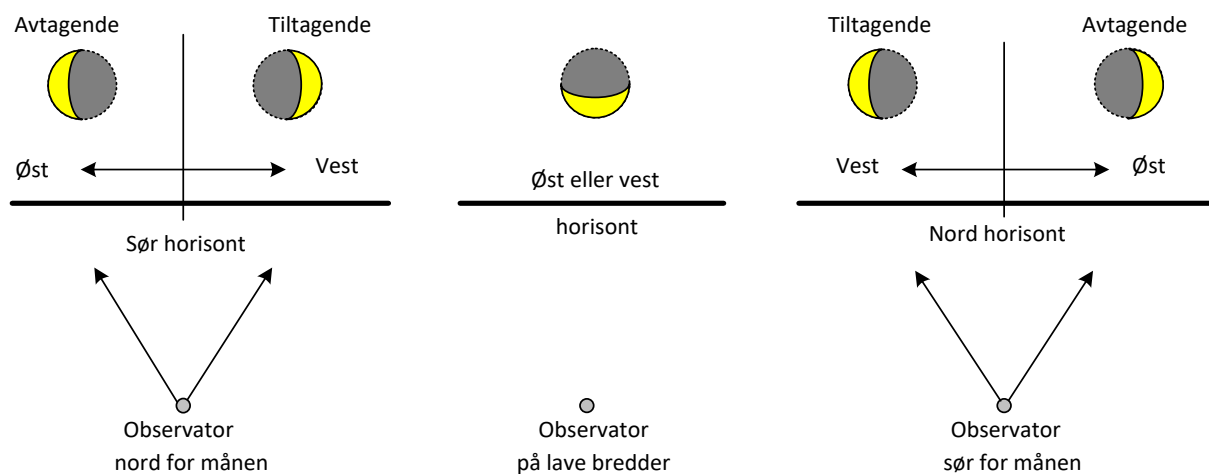
Knutene flytter seg en gang rundt ekliptikken på 18,6 år, og månens deklinasjon kan derfor variere mellom $28\frac{1}{2}^\circ$ nord og sør og $28\frac{1}{2}^\circ$ nord og sør.

Månens deklinasjon januar 2003:



2.7 Månens krumning

Månens krumning:



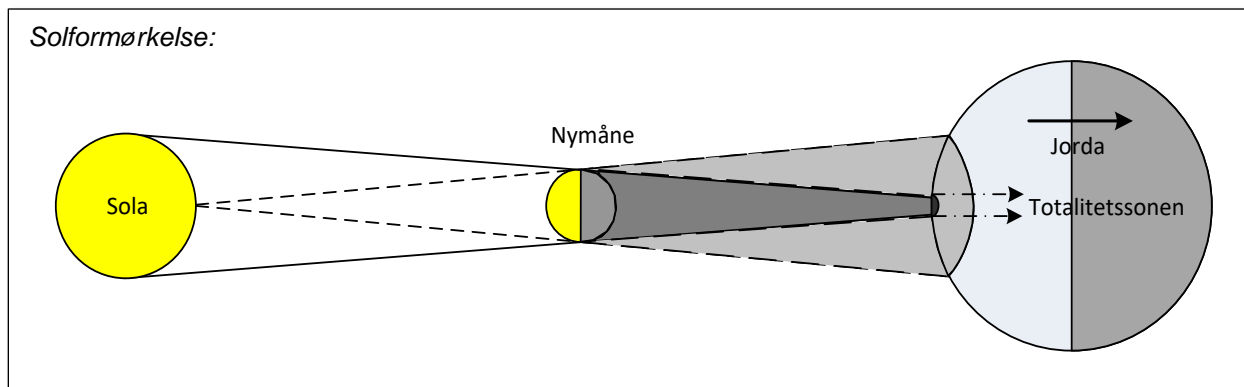
2.8 Sol- og måneformørkelse

Solformørkelse

Solformørkelse inntreffer når månen kommer mellom jorda og sola og helt eller delvis skygger for denne. Da månebanen danner en vinkel på ca. 5° med ekliptikken, og solas og månens diameter er ca. $\frac{1}{2}^\circ$, kan solformørkelse bare finne sted når nymånen står i eller nær banens skjæringspunkter, *månebanens knuter*.

Under en total solformørkelse peker månens kjegleformede helskygge mot jorda, når frem til denne og skjærer overflaten.

Månens diameter er ca. $\frac{1}{400}$ av solas, men da solas avstand fra jorda er ca. 400 ganger større enn månens, vil sol- og måneskiva for oss se like store ut. Sett fra skyggeflekken er da formørkelsen *total* (måneskiven dekker solskiven fullstendig).



Skyggen beveger seg østover og beskriver en smal stripe på jordoverflaten (totalitetssonen), med maksimal bredde på 264 km. På siden av totalitetssonen er det striper hvor formørkelsen er *partiell* (området ligger innenfor halvskyggen), og man ser måneskiven dekke en del av sola.

Like før en solformørkelse blir total vil den tynne solsigden pga. fjellene langs måneranden, deles opp i en serie lysende punkter (*Baily's beads*). De ytterste forsvinner og ett blir igjen, "*diamantringen*", og kromosfæren sees et kort øyeblikk som en rød bue av større eller mindre lengde.

Under den totale fase som nå følger, er den svarte måneskiven omgitt av en lysende hvit halo, "*koronaen*", og fra solranden stikker ofte røde protuberanser frem. Varigheten av solformørkelsen er maksimalt 7 min. 34 sek.

På 1900-tallet har 4 totale solformørkelser vært synlige i Norge: 21. august 1914, 29. juni 1927, 9. juli 1945 og 30. juni 1954. Den neste finner sted 16. oktober 2126.

Måneformørkelse

Mens solformørkelse bare finner sted ved nymåne, finner måneformørkelse bare sted ved fullmåne. Også disse opptrer bare ved de tidene på året da solen står i skjæringspunktet mellom de to banene. En måneformørkelse er altså når månen trenger inn i jordas slagskygge, enten *total* eller *partiell*.

Den viser seg på samme måte og samtidig over hele den del av jorden der månen er over horisonten, og er altså en ekte formørkelse. Under en total måneformørkelse blir måneskiven ofte ikke helt mørk, men kobberrød på grunn av lysbrytningen i jordatmosfæren.

3 DØGNET OG ÅRETS LENGDE

3.1 Stjernerdøgn og soldøgn

De to tidsenheterne døgnnet og året er grunnlaget for vår tidsregning. Døgnnet er den tid jorda bruker på en omdreining om sin egen akse, mens året er den tid jorda bruker på et omløp rundt sola. I stedet for å bruke jordas rotasjon, kan vi forklare døgnnet som den tid et himmellegeme bruker på et omløp.

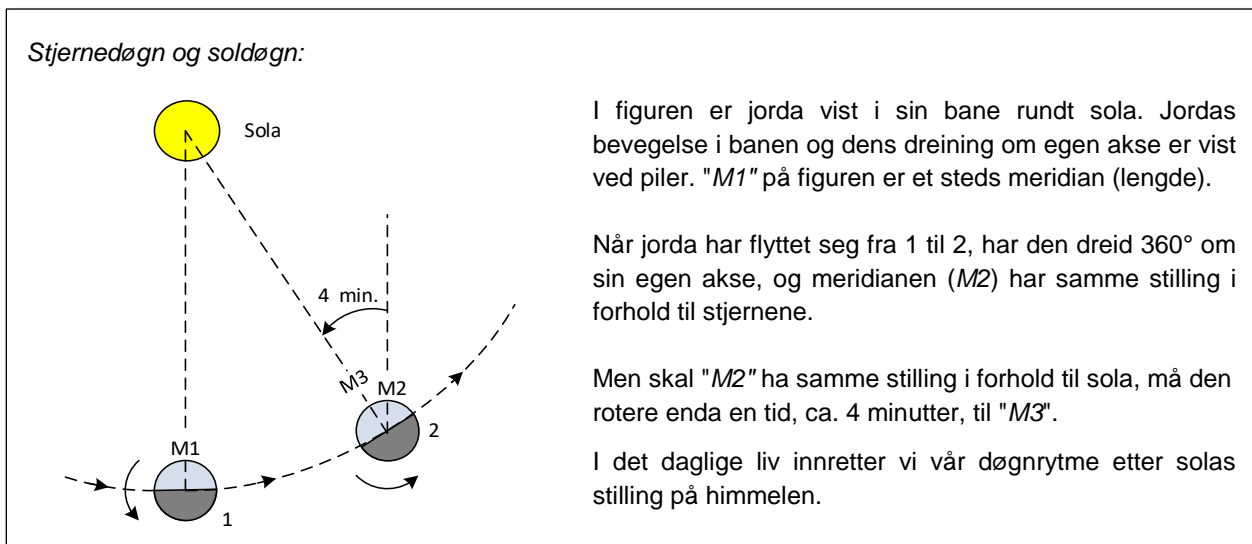
De forskjellige himmellegemene beveger seg imidlertid med forskjellig hastighet over himmelen, og døgnets lengde vil derfor variere avhengig av hvilket himmellegeme vi velger å måle i forhold til.

Stjernerdøgn:

- Jordas rotasjonstid i forhold til den uforanderlige stjernehimmel.
- Jordas virkelige rotasjonstid; 23 timer og 56 minutter.

Soldøgn:

- Jordas rotasjonstid i forhold til sola; 24 timer og 00 minutter.
- Grunnen til dette er at også sola beveger seg i forhold til stjernehimmelen.



Som nevnt bruker vi solas bevegelse over himmelen som grunnlag for vår måling av tiden. Det øyeblikk solsenteret kulminerer, dvs. står i meridianen (M1 og M3) på figuren over, kaller vi *sann middag*. Den tiden det tar fra sann middag til middag neste dag kalles for et *soldøgn*.

3.2 Middelsoldøgn

Vi kan imidlertid ikke uten videre bruke soldøgnnet som tidsmåling fordi soldøgnene ikke alltid er like lange, og grunnen er ekliptikkens helling og jordbanens ellipseform.

Forskjellen mellom det lengste og korteste soldøgnnet er ikke mer enn 51 sekunder, men vi kan vanskelig få noen klokke til å følge solens bevegelse. I så fall måtte det gå med forskjellig hastighet på forskjellige tider på året.

For å komme over vanskelighetene med det variable soldøgnnet, erstatter man dette med et *middelsoldøgn*. Lengden av et middelsoldøgn er den gjennomsnittlige lengde av det sanne soldøgn i et år.

For å markere når dette døgnnet begynte og sluttet, tenkte man seg en middelsol som beveget seg med jevn hastighet over himmelkula. Middelsolas avstand vest for nedremeridianen kalles *middeltid*. Middelsoldøgnnet deles i 24 timer, hver time i 60 minutter og hvert minutt deles i 60 sekunder.

3.3 Det tropiske og det borgerlige år

For å måle lengre tidsrom bruker vi året, og vi har to slags år. *Det tropiske år* er på det nærmeste den tid som går fra jorda er på et bestemt punkt i sin bane til den kommer tilbake til samme punkt.

Da sola ved vårjevndøgn passerer ekvator fra sør til nord, kan vi også si at det tropiske år er den tid sola tar fra den passerer *ariespunktet* på nordgående det ene år til det samme inntreffer neste år. Fra gammel tid er det bestemt at man den dag skal skrive 21/3.

Jorda går omtrent 1° frem i sin bane for hver omdreining den gjør. Hele banen rundt gjør den temmelig nær $365 \frac{1}{4}$ omdreininger. Det tropiske år er altså omtrent $365 \frac{1}{4}$ døgn.

I det daglige liv kan vi ikke regne året på desimaler av dager. Vi må skifte år når vi skifter døgn og får dermed et fullt antall dager i året. Dette året, *det borgerlige år*, får dermed 365 dager.

På grunn av forskjellen mellom de to års lengde ville de i årenes løp forskyve seg i forhold til hverandre hvis det ikke var truffet noen forholdsregler. I det daglige liv gjelder det å ha en tidsordning slik at de samme astronomiske forhold og de samme væromstendigheter inntreffer år etter år på omtrent samme dato.

For eksempel må måneden mars falle på den tid våren begynner, julen bør inntreffe når solen for oss er lavest osv. Dette vil nemlig ikke være tilfelle hvis det ikke var noen kalenderordning.

3.4 Skuddår

For at solåret (ca. $365 \frac{1}{4}$ døgn) skal passe med kalenderåret, gir man som sagt normalåret 365 dager, men skyter inn et ekstra døgn hvert fjerde år (unntatt i år som ikke er delelige med 400). Gjennomsnittslengden av solår og kalenderår blir da meget nær den samme.

Skuddår er år som er delelige på 4 og som ikke er delelige med 100, med unntak for år som er delelige på 400. Årene 1700, 1800, 1900, 2100 og 2200 er altså ikke skuddår.

Liste over skuddår fra den gregorianske kalenderen ble innført i Norge:

1704, 1708, 1712, 1716, 1720, 1724, 1728, 1732, 1736, 1740, 1744, 1748, 1752, 1756, 1760, 1764, 1768, 1772, 1776, 1780, 1784, 1788, 1792, 1796, 1804, 1808, 1812, 1816, 1820, 1824, 1828, 1832, 1836, 1840, 1844, 1848, 1852, 1856, 1860, 1864, 1868, 1872, 1876, 1880, 1884, 1888, 1892, 1896.

1904, 1908, 1912, 1916, 1920, 1924, 1928, 1932, 1936, 1940, 1944, 1948, 1952, 1956, 1960, 1964, 1968, 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016.

2020, 2024, 2028, 2032, 2036, 2040, 2044, 2048, 2052, 2056, 2060, 2064, 2068, 2072, 2076, 2080, 2084, 2088, 2092, 2096.

2104, 2108, 2112, 2116, 2120, 2124, 2128, 2132, 2136, 2140, 2144, 2148, 2152, 2156, 2160, 2164, 2168, 2172, 2176, 2180, 2184, 2188, 2192, 2196.

4 TID OG TIDSSONER

4.1 Sann tid

Sann tid er definert som solsenterets avstand vest for nedremeridianen. Når sola er i nedremeridianen er det midnatt. Det øyeblikk solsenteret kulminerer (er i øvremeridianen, rettvisende N eller S), kaller vi *sann middag*. Det er tidligere forklart at lokal timevinkel er solas avstand vest for øvremeridianen, og vi får da:

$$\text{Sann tid} = \text{LHA} \pm 12 \text{ timer.}$$

Tiden fra sann middag til neste kalles et soldøgn. Som nevnt tidligere er ikke soldøgnene like lange, og vi kan ikke bruke soldøgnet som tidsmåling.

4.2 Middeltid

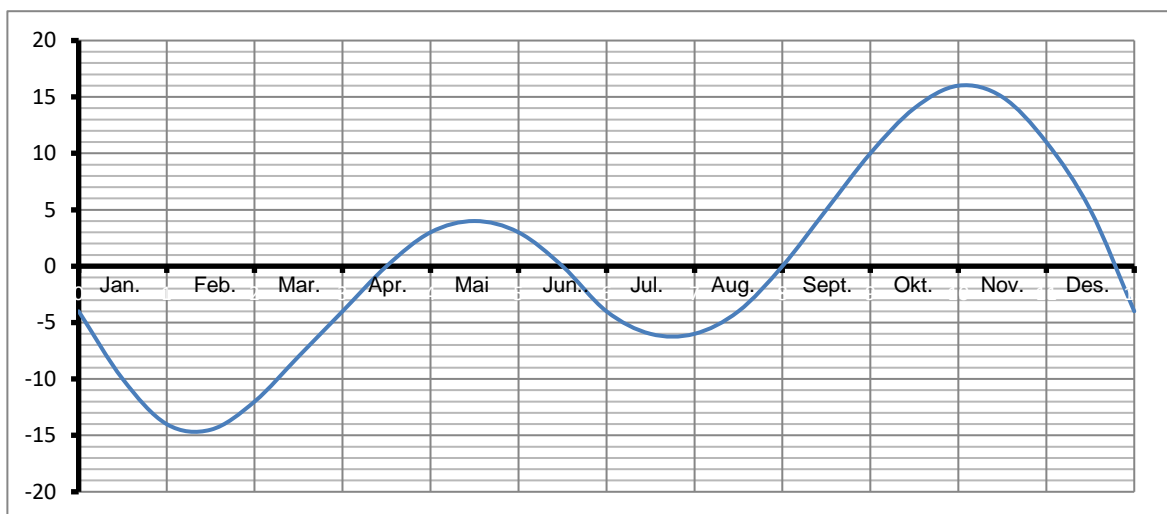
Middeltid er middelsolas avstand vest for nedremeridianen. Middelsola er en tenkt sol som beveger seg med jevn hastighet over himmelkula, og middelsoldøgnene er den gjennomsnittlige lengden av det sanne soldøgn i et år. Det er middelsola vi bruker i våre beregninger.

4.3 Tidsjevning

Middelsola og den sanne sol vil bare unntaksvis kulminere (være i øvremeridianen) samtidig. Til enkelte tider av året kulminerer den sanne sol før middelsola, og til andre tider kulminerer den etter. Forskjellen mellom den sanne sols og middelsolas kulminasjonsklokkeslett kalles *tidsjevning*.

Tidsjevningen vil forandre seg under årets løp. Den varierer fra -14 minutter til +16 minutter, og er null fire ganger i året, nemlig 16. april, 15. juni, 1. september og 25. desember.

Tidsjevningens variasjon i løpet av et år:



I februar er sola lengst øst for middelsola. Dette fører til at vår middeltid ved solas kulminasjon vil vise ca. 14 minutter over 12 (lokal tid) eller over det kulminasjonsklokkeslett som svarer til den valgte tidsmeridian.

I november går tidsjevningen ca. 16 minutter til motsatt side. Sola er da lengst vest for middelsola, og vår middeltid ved solas kulminasjon vil vise ca. 16 minutter før 12.

Tidligere ble det sagt at variasjonen i det sanne soldøgns lengde var under et minutt. Når tidsjevningens absolutte verdi kan bli så stor som 16 minutter, kommer det av at til enkelte tider av året er det sanne soldøgn stadig for langt, og til andre tider stadig for kort.

Dersom det sanne soldøgnet i en periode var 10 sekunder kortere enn middelsoldøgnet over en periode på 12 døgn, ville tidsjevningen ha forandret seg 2 minutter. Middeltid for solas kulminasjon og tidsjevningen er oppført på de daglige sider i almanakken.

4.4 Tid og lengde

Solas tilsynelatende bevegelse foregår fra øst mot vest, og middelsola beveger seg med jevn hastighet langs ekvator en gang rundt jorda på 24 timer. På en time tilbakelegger sola $1/24$ av 360° som svarer til 15° eller $900'$.

Sett at middelsola står rett over Greenwich-meridianen. Alle som befinner seg på denne meridianen vil ha middeltid middag. De som bor på 15° vestlig lengde må vente en time før sola kommer i deres meridian. De som bor på 30° vestlig lengde må vente 2 timer osv.

Alle som befinner seg på 15° øst vil ha sola i deres meridian en time tidligere i deres meridian enn Greenwich-meridianen. De som bor på 30° østlig lengde vil ha sola 2 timer før osv.

Vi skjønner at tidsforskjellen mellom to steder uttrykt i timer, minutter og sekunder svarer til lengdeforskjellen mellom stedene, uttrykt i grader, bueminutter og buesekunder.

Middelsola tilbakelegger 15° eller $900'$ på en time, og da må den tilbakelegge:

På et minutt:	$\frac{900'}{60}$	= <u>$15'$</u>	\Rightarrow	<u>Eller 4 minutt på 1°</u>
På et sekund:	$\frac{15'}{60}$	= <u>$\frac{1}{4}'$ eller $15''$</u>	\Rightarrow	<u>Eller 4 sekund på $1'$</u>

Sammenhengen mellom *tid* og *lengde* blir da:

<i>Tid:</i>	<i>Bue:</i>
24 t	360°
1 t	15°
1 min.	$15'$ eller 4 min. på 1°
1 sek.	$15''$ eller 4 sek. på $1'$

Når vi sier at et sted har større klokke enn et annet sted, mener vi at det første stedet befinner seg østenfor det siste, og at tidspunktet i det første stedet derfor ligger lengre frem i tiden enn tidspunktet i det siste.

Da middelsola beveger seg vestover, blir tiden i et gitt øyeblikk alltid minst på det sted som ligger lengst vest.

4.5 Lokal middeltid (LMT)

Alle steder på jorda som ligger på samme meridian, har samme lengde. De har også samme meridian på himmelkula, og følgelig samme tid. Tiden kalles stedets *lokal tid*.

- Lokal middeltid er middelsolas avstand vestenfor et steds nedremeridian.

To steder med forskjellig lengde har forskjellig middeltid. Mellom Bergen og Oslo er for eksempel lengdeforskjellen omtrent $5^{\circ}30'$, og forskjellen i tid er ca. 22 minutter.

Når LMT i Bergen er 1200, vil LMT i Oslo være 1222. Skulle klokkene overalt gå etter lokal middeltid, måtte vi på en reise fra Bergen til Oslo stille klokkene 22 minutter frem. Vi skjønner at dette ville by på problemer.

Av dette kan vi slutte:

1. Vi kan finne lengdeforskjellen mellom to steder når vi et gitt øyeblikk kjenner tiden (LMT) på de to stedene.
2. Vi kan finne tiden på et sted når vi kjenner tiden på et annet sted og lengdeforskjellen.

Eksempel 4.5.1

Hvor stor er tidsforskjellen mellom Greenwich og Ålesund, når Ålesund ligger på N $62^{\circ}28'$ E $006^{\circ}10'$?

Løsning:

$$\begin{array}{rcl} 6^{\circ} & \Rightarrow & 6^{\circ} / 15^{\circ} = 0^{\text{t}} 24^{\text{m}} 00^{\text{s}} \\ 10' & \Rightarrow & 10' / 15' = 0^{\text{m}} 40^{\text{s}} \\ \hline \text{Tidsforskjell} & & = 0^{\text{t}} 24^{\text{m}} 40^{\text{s}} \end{array}$$

Eksempel 4.5.2

Oslo ligger på $10^{\circ} 43'$ østlig lengde. Hva er middeltid i Oslo når middeltid i Greenwich er 12-00-00?

Løsning:

$$\begin{array}{rcl} \text{Middeltid i Greenwich} & & = 12-00-00 \\ \text{Større kl. i Oslo} & = & 10^{\circ}43'/15^{\circ} = + 0-42-52 \\ \hline \text{Middeltid i Oslo} & & = 12-42-52 \end{array}$$

4.6 UTC ("Co-ordinated Universal Time")

Vi har sett at tiden på et sted avhenger av stedets lengde. For å få tabulert for eksempel timevinkel og deklinasjon i nautisk almanakk, var det derfor nødvendig å oppgi en bestemt lengde, nemlig Greenwich-meridianen. Meridianen er utgangspunktet for Greenwich timevinkel på himmelkula og lengde på jorda.

De tabulerte verdier i nautisk almanakk er altså oppført i forhold til middeltid i Greenwich, eller som det også kalles, UTC. Skal vi regne ut en observasjon, må vi kjenne UTC og dato i observasjonsøyeblikket.

Det hadde selvsagt vært mulig å ha en klokke om bord som viste nøyaktig UTC til enhver tid, men det er ikke vanlig. I stedet brukes et kronometer som er en klokke med svært jevn gange. Ved hjelp av tidssignaler holdes det rede på forskjellen mellom kronometeret og den nøyaktige UTC.

4.7 Sonetid; Lokal tid (LT)

Professor Charles Ferdinand Dowd som oppfant dette systemet, tok utgangspunkt i Greenwich-observatoriet utenfor London når han definerte tidssonene, og utgangspunktet som alle de andre tidssonene regnes ut fra er da GMT ("*Greenwich Mean Time*"), nå UTC.

Etter hvert har de fleste land tatt i bruk tidssonensystemet, og ordningen går ut på at alle som befinner seg mellom bestemte meridianer, skal bruke samme tid. Jorda ble inndelt i 24 tidssoner, hver på 15°.

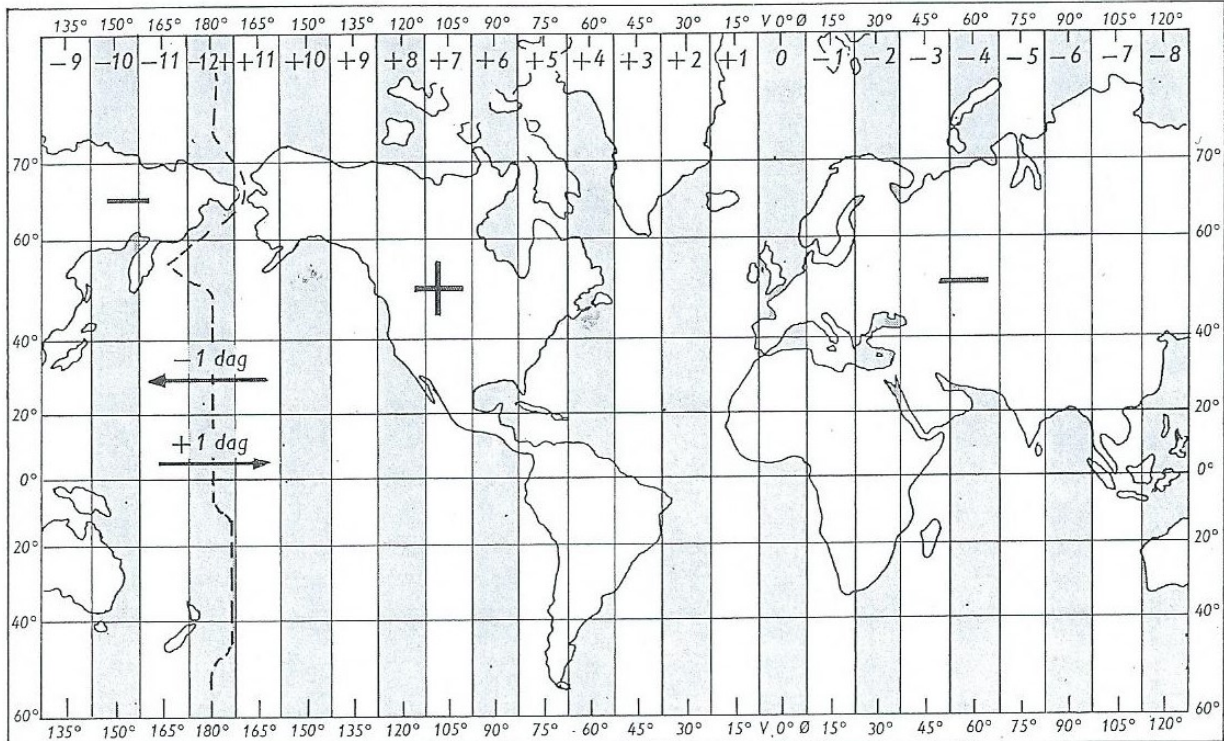
Sonenes midtmeridian går gjennom 0°, 15°, 30°, 45°, 60° osv. øst og vest, og grensene for sonene går følgelig på 7 ½°, 22 ½°, 37 ½°, 52 ½° osv. øst og vest.

Sone 0 strekker seg 7 ½° på hver side av meridianen Gjennom Greenwich, og innenfor sone 0 brukes UTC. Sonetiden i de øvrige sonene er middeltid for midtmeridianen. Tiden blir altså en time, to timer, tre timer osv. større eller mindre enn UTC ettersom sonene ligger østafør eller vestafør Greenwich.

Fortegnene anvendes på sonetid for å finne UTC, og regelen blir da:

- Alle vestlige soner er pluss (+), og har mindre klokke enn UTC.
- Alle østlige soner er minus (-), og har større klokke enn UTC.

Jordas 24 tidssoner.



Sone 12, som strekker seg 7 ½° på hver side av 180°-meridianen, er delt i to deler. Den ene halvparten betegnes +12 (den vestlige), og den andre halvparten -12 (den østlige).

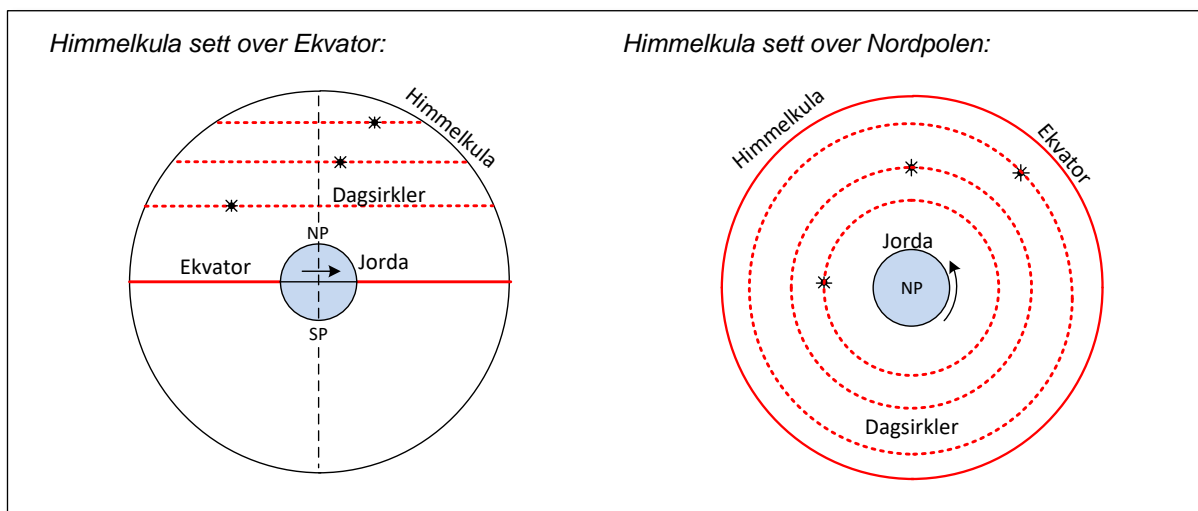
5 HIMMELKULA OG DENS KOORDINATER

5.1 Himmekula og himmellegemenes dagsirkler

Vi kan i det følgende tenke oss himmelhvelvingen som en kule utenom jorda, og de forskjellige himmellegemene projisert inn på den kula. Vi selv befinner oss i himmelkulas sentrum. Sett fra jorda ser det ut som om vi står stille og at himmelkula roterer rundt oss.

Som vi har sett, dreier jorda seg om sin egen akse fra vest mot øst. Denne bevegelsen merker vi ikke, for oss ser det ut som om himmellegemene dreier seg om jorda fra øst mot vest. For praktisk navigasjon er dette en nyttig betraktningssmåte.

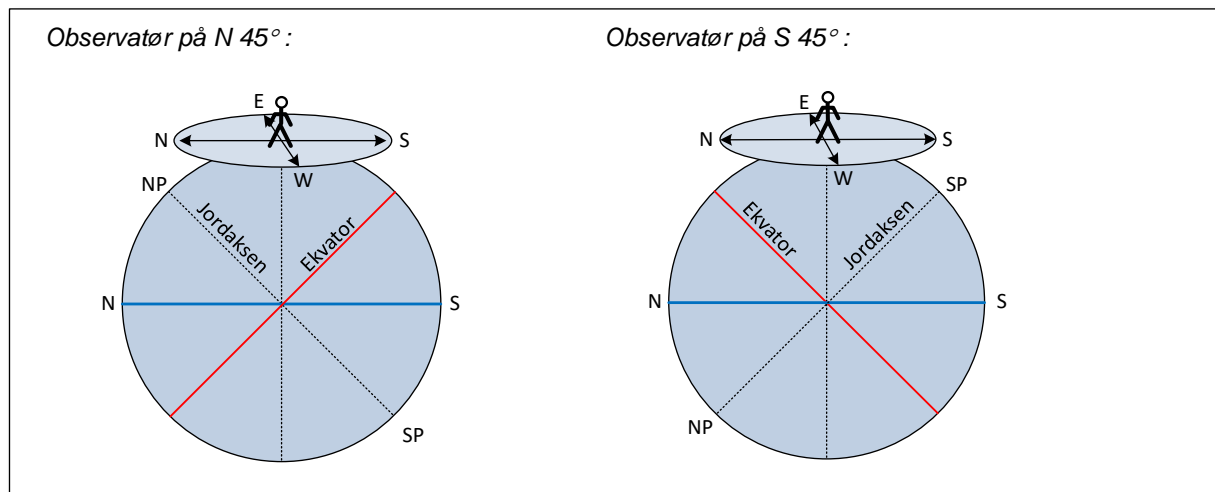
Følger vi stjernenes bevegelser om natten, ser vi at de beskriver sirkler på himmelen. De sirkler som stjernene danner omkring himmelens poler, kalles *dagsirkler*, i betydningen "daglig" og sirklene er parallelle med ekvator.



5.2 Observatørens plass på jordoverflaten

Uansett bredde observatøren befinner seg på, blir han i følgende figurer plassert på «toppen» av jordoverflaten. Dette for at vi skal kunne gjøre horisonten flat, og se himmelkula slik som vi ser den i virkeligheten.

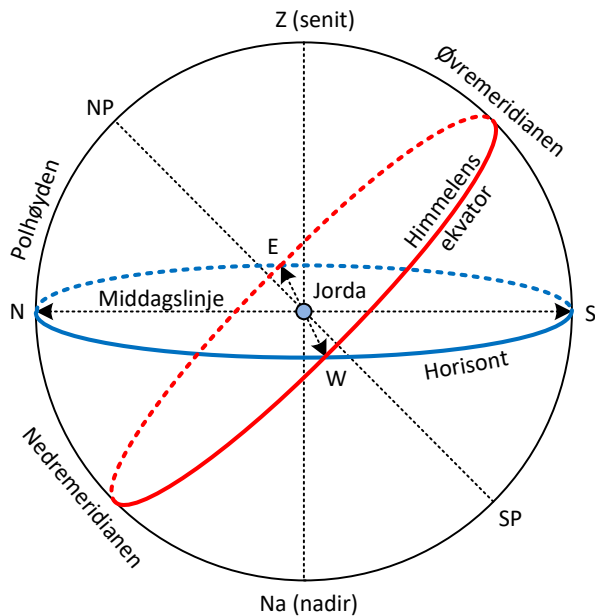
Av jorden vil observatøren se en stor flate som ender i horisonten, og de fire hovedretningene nord (N), sør (S), øst (E) og vest (W).



5.3 Meridianfiguren

Figuren under viser meridianfiguren (himmelkula) for en observatør på jorden som er på N 45° bredde:

Meridianfiguren:



Himmelens poler

Forlenges jordaksen utover, skjærer den himmelkula i to punkter som kalles *himmelens poler*.

Den forlengede jordakse kalles *himmelaksen*.

Den pol som ligger nærmest jordas nordpol, kalles himmelens nordpol (NP), den andre kalles himmelens sydpol (SP).

Senit (Z) og Nadir (Na)

Forlenger vi loddlinjen gjennom vårt øye videre rett oppover, treffer den himmelkula i et punkt som kalles *senit*.

Forlenges loddlinjen nedover, treffes et punkt på himmelkula som kalles *nadir*.

Meridianen

Er sirkelen gjennom himmelens poler, og den deles i to halvdelar ved himmelpolene. Den delen hvor senit (Z) ligger, kalles *øvremeridianen*, og den andre halvparten kalles *nedremeridianen*.

Himmelens ekvator

Er en forlengelse av jordas ekvatorplan utover i rommet, og ligger loddrett på himmelaksen gjennom jordas sentrum.

Den sanne horisont

Er en storsirkel på himmelkula som ligger 90° fra senit og nadir, og er altså ikke det samme som kimmingen. Når en om bord i et skip ser grensen mellom den usynlige og synlige del av himmelkula, vil stjernene fortsette litt *under* den sanne horisont.

Middagslinjen og øst-vest punktet

Meridianen skjærer den sanne horisont i to punkter, nord- og sørpunktet. Forbindelseslinjen mellom disse to punktene kalles *middagslinjen* og svarer til den geografiske nord-syd linje på vedkommende sted. Legger vi en linje i den sanne horisont og loddrett på middagslinjen, får vi en øst-vest linje som treffer himmelkula i *øst-vest punktet*.

Polhøyden

Avstanden mellom senit og himmelens pol er avhengig av den geografiske bredde vi er på. *Den geografiske bredde er definert som den høyde himmelens pol har over horisonten på vedkommende sted, og bredden kalles derfor ofte for polhøyden.*

På figuren over ser vi at bredden er N 45°, og polens høyde over horisonten blir da også det samme, 45°. Er vi på jordas nordpol, vil himmelens pol og senit falle sammen, og er vi ved jordas ekvator vil himmelens pol ligge i den sanne horisont.

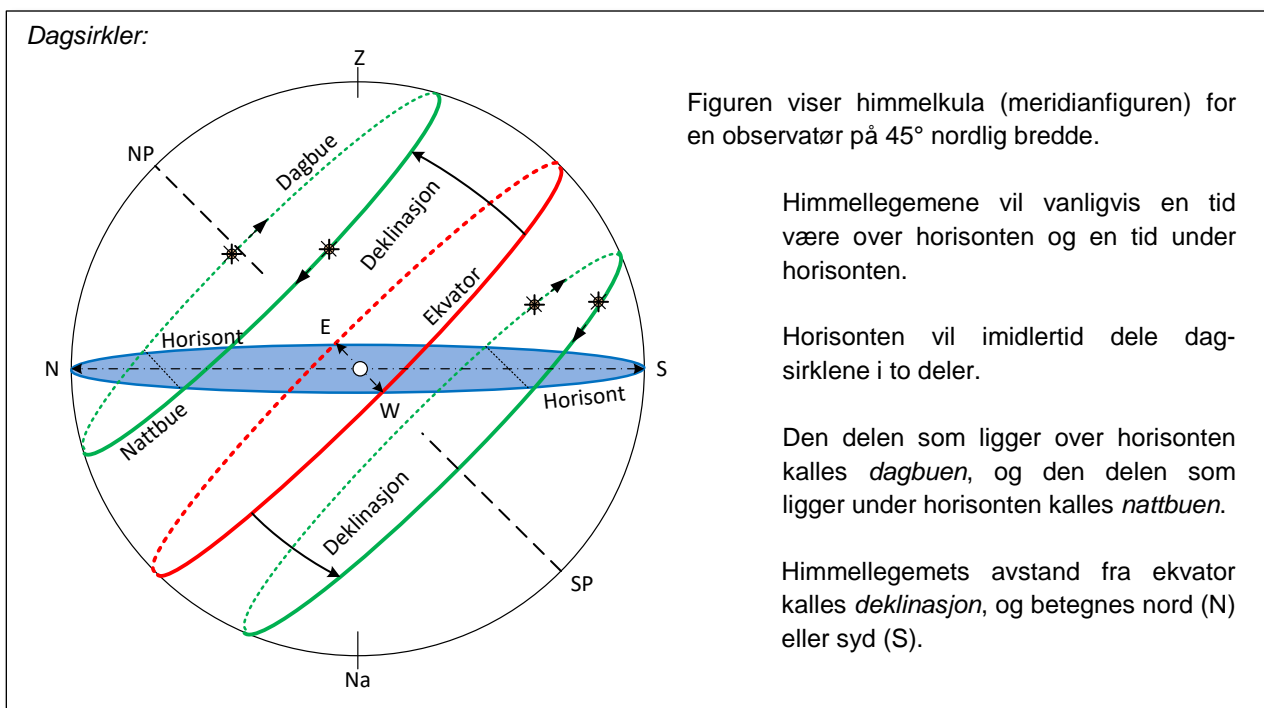
5.4 Himmellegemenes tilsynelatende bevegelse

Som nevnt dreier jorda seg om sin akse fra vest mot øst, mens det for oss ser ut som om himmelkula med himmellegemene beveger seg den motsatte veien. Himmellegemene vil som sagt tidligere danne dagsirkler omkring himmelens pol.

Dagsirklene er *parallele* med ekvator, og har en avstand fra ekvator som er lik himmellegemets *deklinasjon*.

På sin vei over himmelen skifter himmellegemene stilling både i forhold til horisonten og øvremeridianen. Både høyde og asimut (peiling) forandrer seg. I hvert omløp vil de passere meridianen to ganger, en gang øvremeridianen og en gang nedremeridianen.

5.5 Dagsirkler; dagbue og nattbue



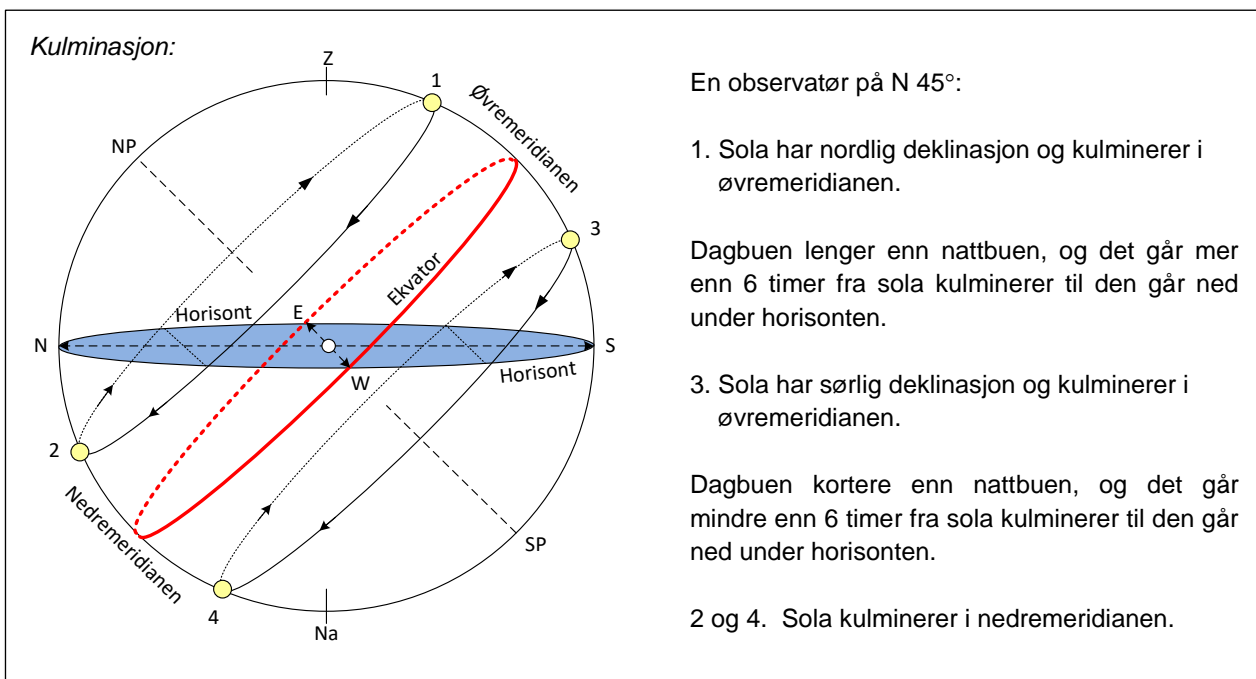
En stjerne som har en deklinaasjon som er større enn komplement vinkelen til bredden, i dette tilfellet større enn 45°, vil alltid være over horisonten på sin vandring over himmelkula. En stjerne som har særlig deklinaasjon større enn komplement vinkelen til bredden vil alltid være under horisonten.

5.6 Kulminasjon

Øvremeridianen deler dagbuen i to like deler. I den østlige delen stiger et himmellegeme hele tiden, i den vestlige daler det. Himmellegetet står opp når det passerer horisonten i den østlige delen, og går ned når det passerer horisonten i den vestlige delen.

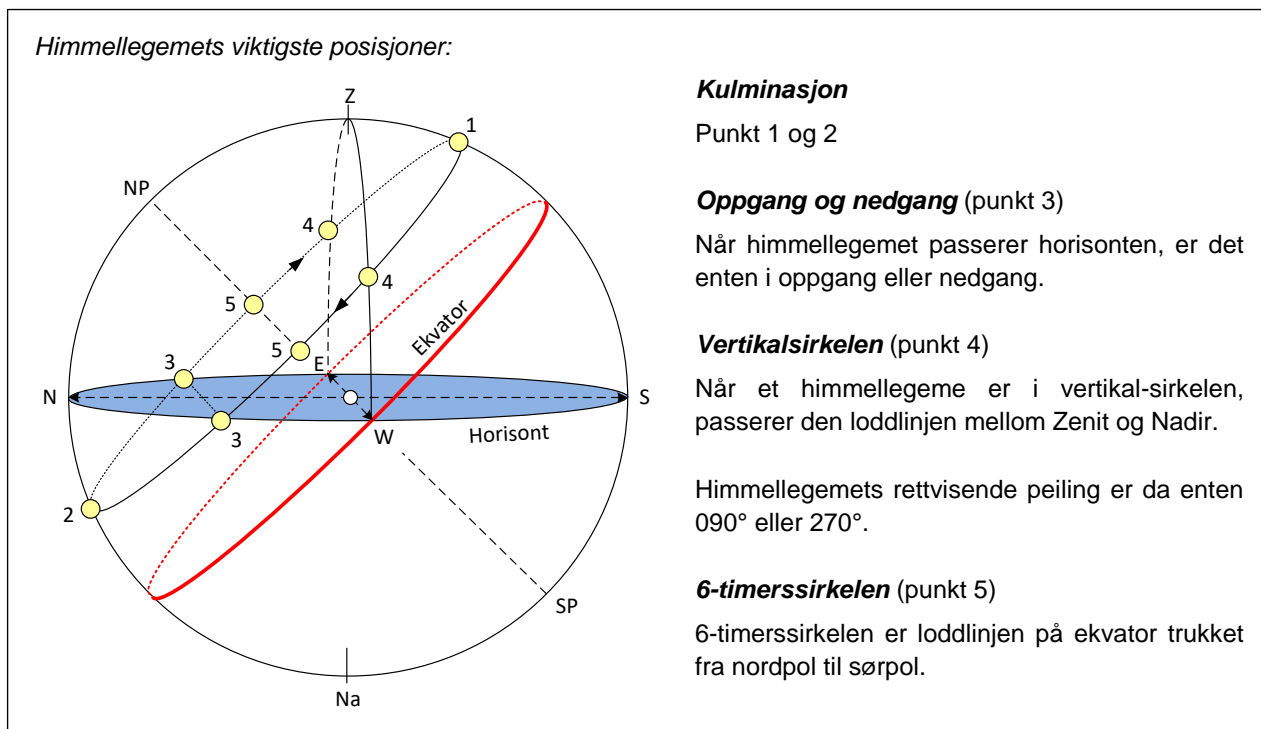
Himmellegetet når imidlertid sin største høyde i det øyeblikk det passerer øvremeridianen, og en observerer himmellegetet enten i rettvisende sør eller nord.

Når et himmellegeme er i øvremeridianen sier vi at det er i *øvre kulminasjon*, eller også at det *kulminerer*. Alle himmellegemer i samme timesirkel kulminerer samtidig. Et himmellegeme som passerer nedremeridianen sier vi er i *nedre kulminasjon*.



5.7 Himmellegemenes posisjoner på himmelkula

Det er en del posisjoner på himmelkula en bør merke seg da det i de senere kapitlene ofte blir henvist til disse. På figuren under er det vist et himmellegeme på sin vandring over himmelkula slik det viser seg for en observatør på N 45°, og hvor noen av de viktigste posisjonene er.



Som en ser på figuren over er det like langt fra øvremeridianen til 6-timerssirkelen som fra 6-timerssirkelen til nedremeridianen. Når et himmellegeme passerer denne sirkelen er det gått 6 timer fra den passerte en av meridianene.

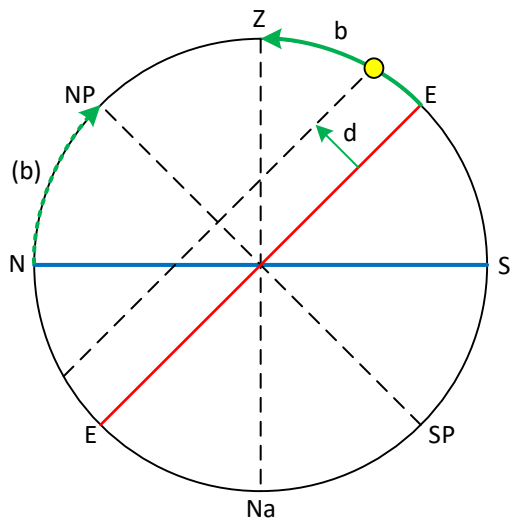
5.8 Eksempler på meridianfiguren

Under er observatøren både på $N 45^\circ$ og $S 45^\circ$, og sola har både N og S deklinasjon. Sola sees i øvremeridianen (øvre kulminasjon).

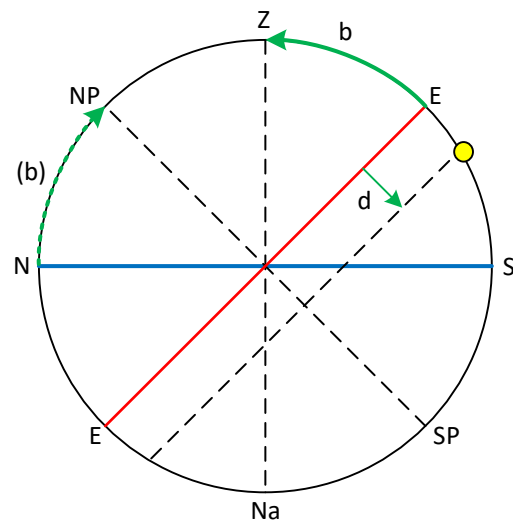
Observatøren på $N 45^\circ$

- Påværende bredde alltid i zenit
- Velger f.eks. N alltid til venstre
- Nordpol er over horisonten (lik påværende bredde)
- Ekvator vinkelrett på jordaksen

N deklinasjon:



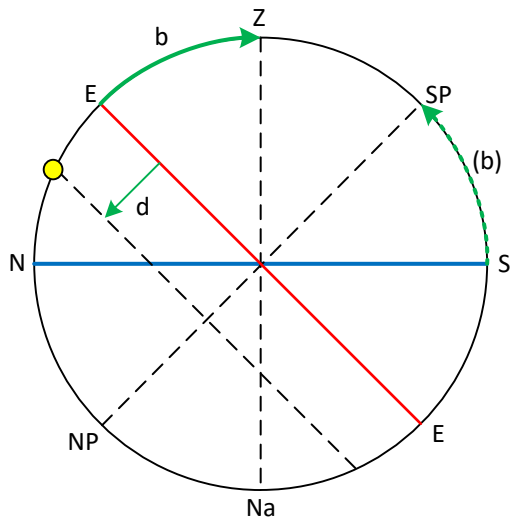
S deklinasjon:



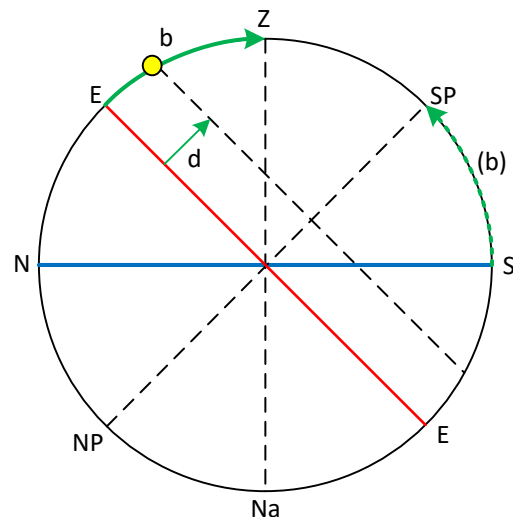
Observatøren på $S 45^\circ$

- Påværende bredde alltid i zenit
- Velger f.eks. N alltid til venstre
- Sørpol er over horisonten (lik påværende bredde)
- Ekvator vinkelrett på jordaksen

N deklinasjon:



S deklinasjon:

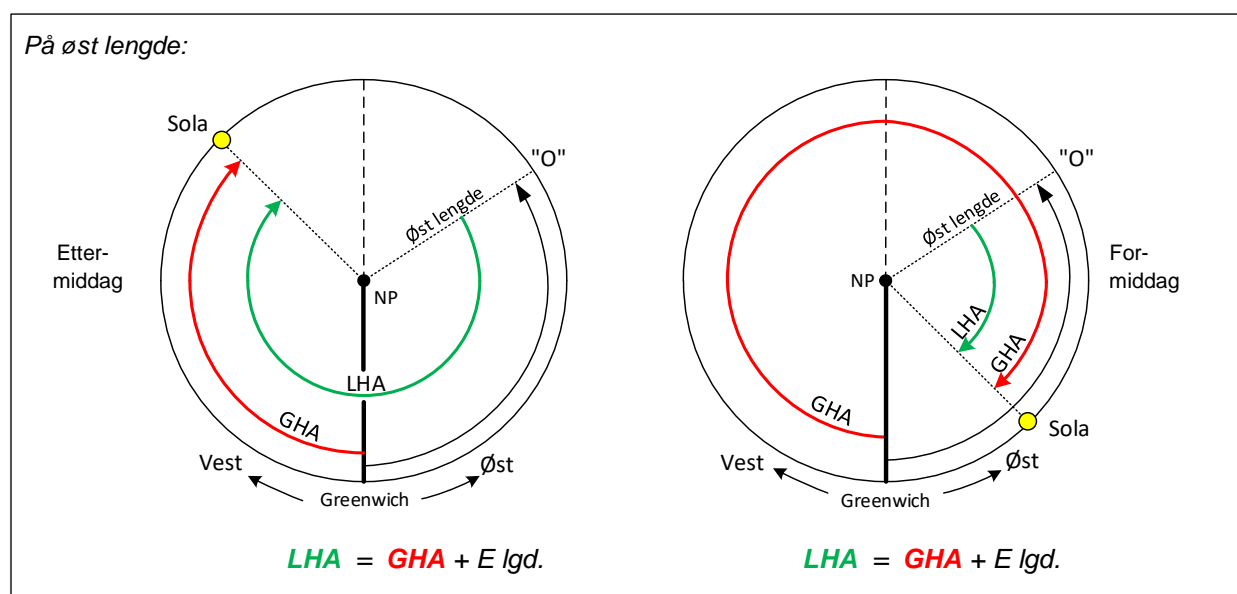
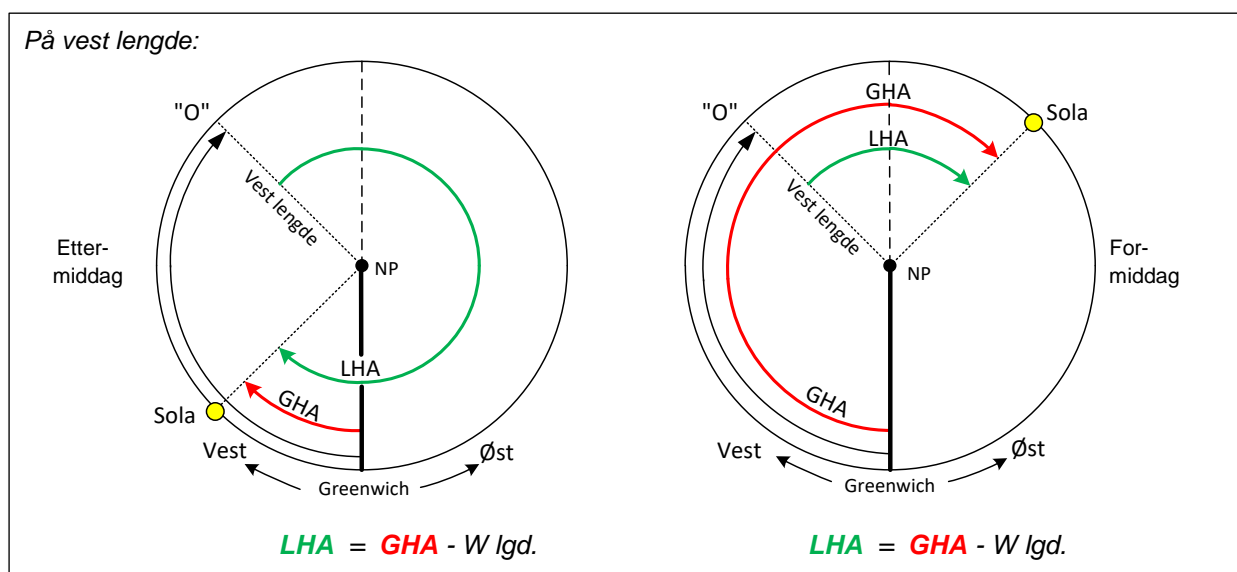


5.9 Timevinkel

I den nautiske almanakk er timevinkelen for en del himmellegemer gitt i forhold til et observasjonssted på Greenwichmeridianen. Greenwich timevinkel kalles i almanakken for GHA som er forkortelse for "Greenwich Hour Angle". GHA regnes i antall grader og minutter, og beskriver himmellegemets posisjon vest for Greenwich-meridianen.

Den timevinkel et himmellegeme har på det sted vi befinner oss, kalles for den lokale timevinkel, eller LHA ("Local Hour Angle"). LHA regnes i antall grader og minutter, og beskriver himmellegemets posisjon vest for observators (lokale) meridian.

Vi regner timevinkelen for 0° i øvremeridianen og positiv vestover. I nedremeridianen er timevinkelen 180° og i øvremeridianen 360° eller 0° igjen. Den timevinkel et himmellegeme har, vil altså avhenge av den geografiske lengde (meridian) observatøren ("O") er på.



Sol, måne og de fire planetene vi bruker å navigere etter, beveger seg med forskjellig hastighet over himmelkula, og GHA for hver enkelt er tabulert i den nautiske almanakk for ett år av gangen.

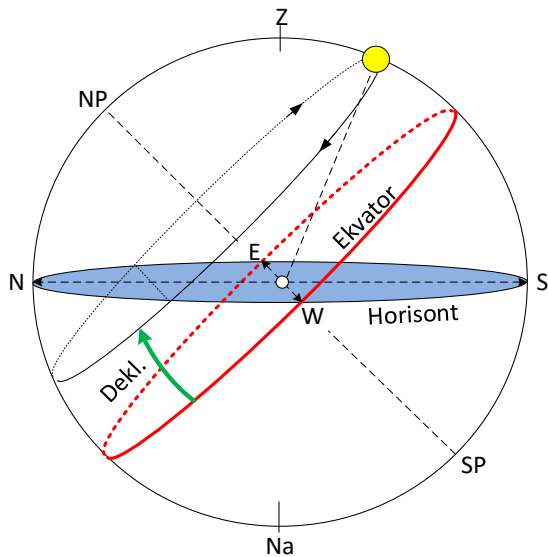
Det er altså ikke bare høyde og peiling som forandrer seg når himmellegemer vandrer over himmelkula, men også timevinkelen.

5.10 Timevinkel og kulminasjon

Når et himmellegeme kulminerer er det enten i øvremeridianen eller nedremeridianen, og lokal timevinkel enten 000° eller 180° .

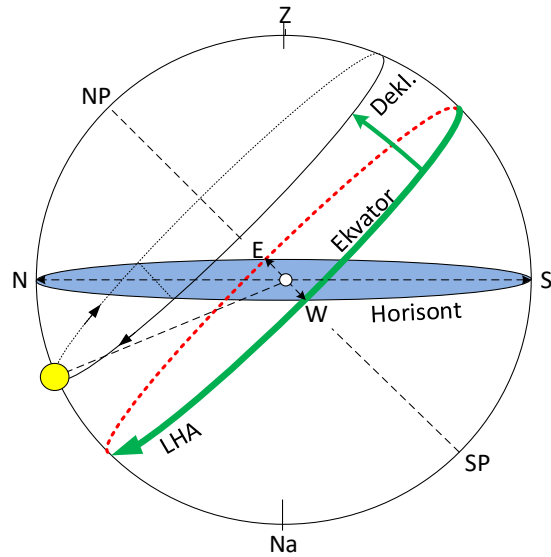
Sola i øvremeridianen på N bredde:

- LHA = 0° , og sola peiles i sør (180°)
- Dekl. = Nordlig (N)



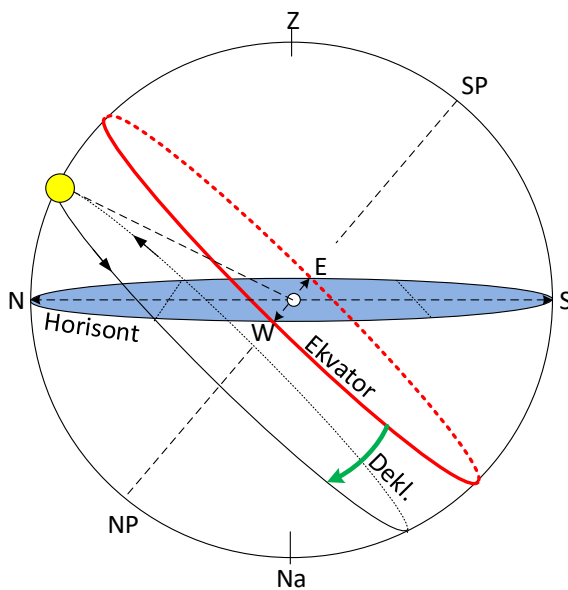
Sola i nedremeridianen på N bredde:

- LHA = 180° , og sola peiles i nord (000°)
- Dekl. = Nordlig (N)



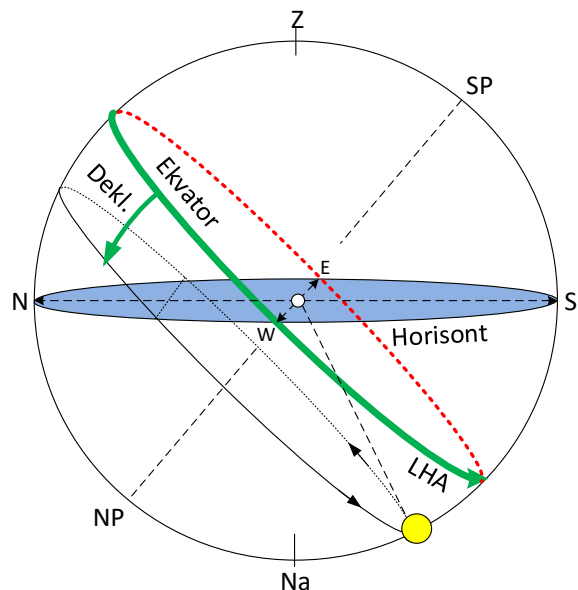
Sola i øvremeridianen på S bredde:

- LHA = 0° , og sola peiles i nord (000°)
- Dekl. = Nordlig (N)



Sola i nedremeridianen på S bredde:

- LHA = 180° , og sola peiles i sør (180°)
- Dekl. = Nordlig (N)



5.11 Astronomiske koordinater; Ekvator- og Horisontsystemet

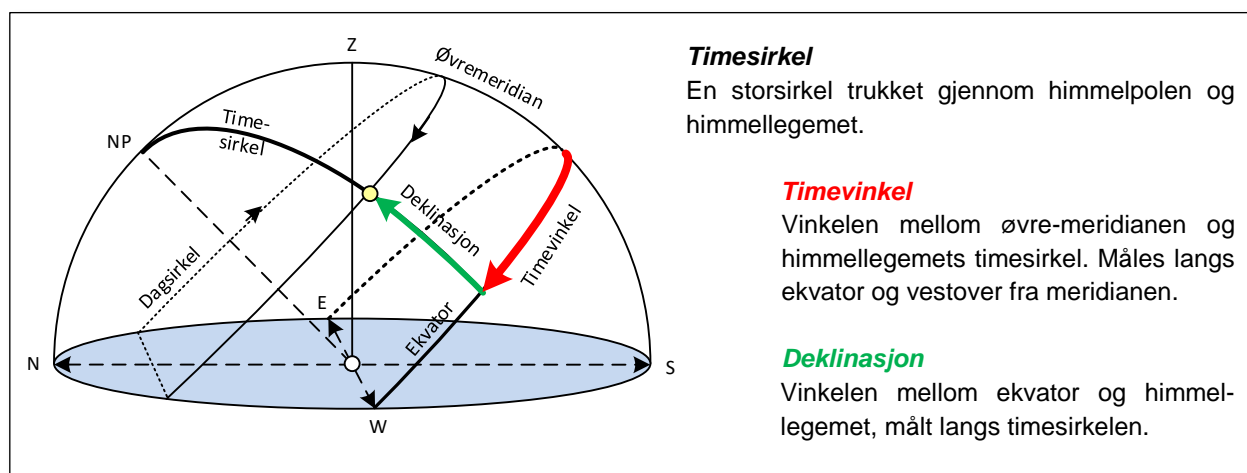
Generelt

For å angi et himmellegemes plass på himmelkula angis posisjonen altså etter mønster av det koordinatsystem som benyttes for å angi et steds lengde og bredde på jordens overflate.

Et himmellegeme vil i et gitt øyeblikk ha en gitt GHA og en gitt deklinasjon i forhold til ekvator og Greenwich-meridianen. Disse verdiene vil plassere himmellegemet i en gitt posisjon på himmelkula.

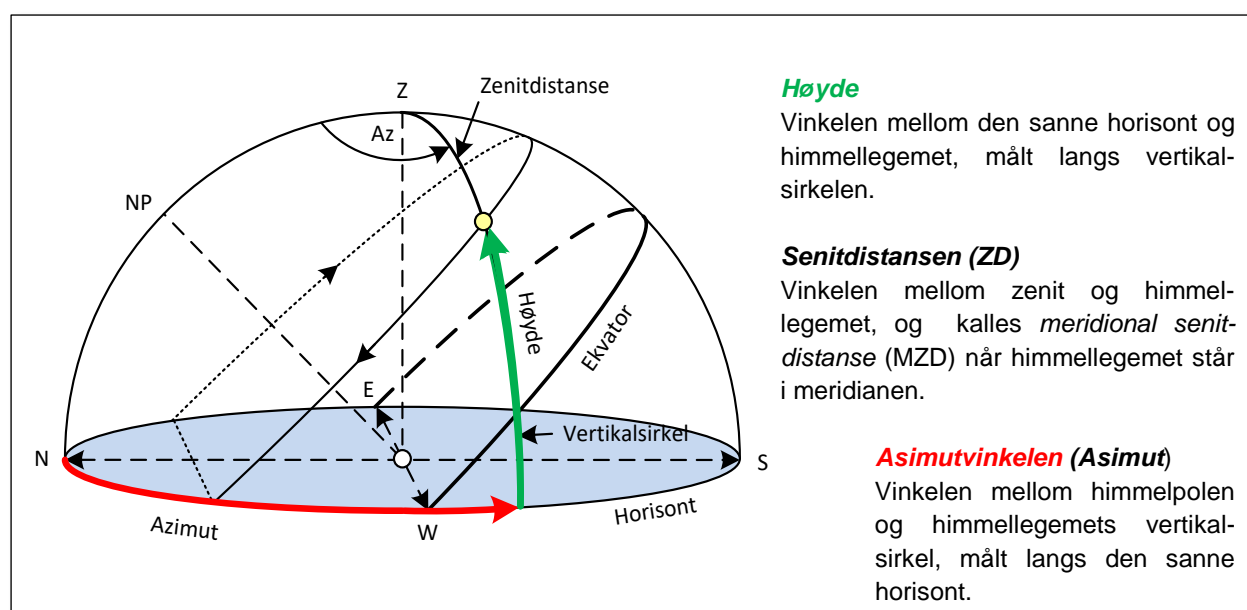
I tillegg vil himmellegemet ha en gitt høyde over horisonten, og en gitt rettvise peiling i forhold til N. Disse verdiene vil plassere himmellegemet på himmelkula i forhold til horisonten vi ser.

Ekvatorsystemet; tar utgangspunkt i himmelens pol og ekvator.



Horisontsystemet; tar utgangspunkt i senit og den sanne horisont

På grunn av himmellegemets bevegelse over himmelkula fra øst til vest i løpet av dagen, trenger vi et koordinatsystem som er knyttet til observators plass på jorda.

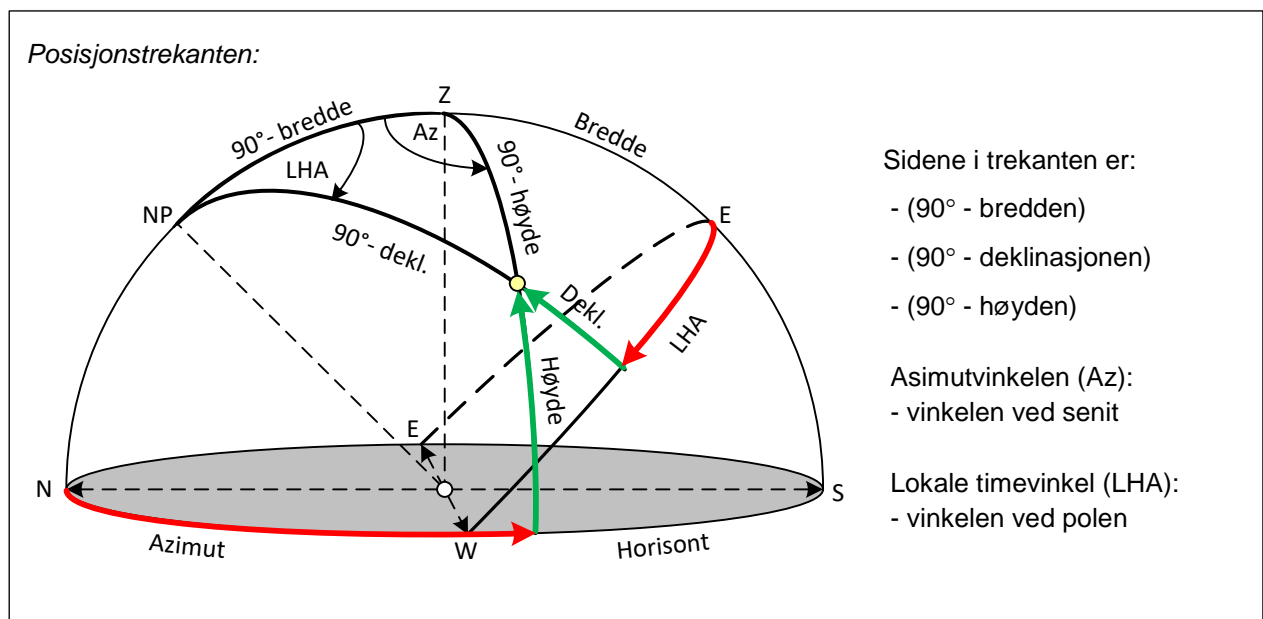


5.12 Posisjonstrekanter

Posisjonstrekanter er en kombinasjon av ekvator- og horisontsystemet, og er utgangspunktet for astronomiske observasjoner. Nødvendige opplysninger er følgende:

1. Vår egen posisjon på jorda
2. En høyde av himmellegemet over horisonten (målt med *sekstant*).
3. Korrekt klokkeslett i observasjonsøyeblikket (*UTC*).
4. Finner så himmellegemets timevinkel og deklinasjon (fra *astronomiske tabeller*).

Vertikalsirkelen og timesirkelen gjennom et himmellegeme dannes sammen med meridianen en sfærisk trekant som kalles *posisjonstrekanter*.



Kjenner vi sider og vinkler i posisjonstrekanter, kan vi bestemme retningen og høyder til himmellegemer eller vår plass på jorda.

6 KRONOMETERET

6.1 Kronometer

Et kronometer er et urverk i en klokke som er testet og sertifisert til å møte spesifikke presisjonsstandarder. I Sveits kan bare urverk som er sertifisert av *Contrôle Officiel Suisse des Chronomètres* (COSC) kalles kronometre.

Uttrykket *kronometer* brukes også for å beskrive marine kronometre, som brukes til astronomisk navigasjon. Det første marine-kronometret ble konstruert av John Harrison i 1730, og en forbedret versjon kom i 1761.

Dette var det første urverket som var nøyaktig nok til at et fartøys øst/vest posisjon (lengdegrad) kunne fastslås ved å måle solvinkelen. Kronometeret skal også kunne tåle bevegelsene skipet har i sjøgang.

De neste 250 årene var et nøyaktig kronometer helt essensielt for enhver form for sjø- eller luftnavigasjon, inntil innføringen av GPS på slutten av det 20. århundre.

6.2 Kronometerets stand (Kr. st.)

Kronometeret gir sjelden UTC direkte, det har sine feil som må kjønnnes. Kronometeret behøver ikke å gå helt rett, men det må ha en *jevn gange*. Forskjellen mellom kronometeret visende og UTC kalles *kronometerets stand*.

Dersom kronometeret viser mer enn UTC, er standen negativ (-), og dersom det viser mindre, er standen positiv (+). Kronometerstanden anvendes med sitt fortegn på kronometervisende, og vi får da:

$$\text{UTC} = \text{Kr.v.} \pm \text{kr. st.}$$

På vanlige kronometre kan vi ikke stille viserne, og resultatet blir at standen etter hvert kan bli ganske stor. Dette spiller liten rolle så lenge vi kjenner den nøyaktige standen. Vi regner alltid standen mindre enn 6 timer. Hvis den for eksempel blir -7 timer, regnes den for +5 timer.

Et kronometers stand mot UTC bør kontrolleres daglig ved tidssignal. Radio tidssignal sendes fra mange stasjoner rundt om i verden. Opplysninger om hvilke stasjoner som sender, samt når signalene gis, finnes blant annet i "*Admiralty List of Radio Signals*".

6.3 Kronometerets gang

Kronometerets stand vil ikke være den samme bestandig, som andre klokker vil kronometeret haste eller sakne noe. Det antall hele sekunder og tidels sekunder som standen forandrer seg pr. døgn, kalles *kronometerets daglige gang*.

Når kronometeret sakker eller retarderer, er gangen positiv (+), og når det haster eller akselererer, er gangen negativ (-). Et kronometers daglige gang bør holde seg noenlunde uforandret.

Vi kan bestemme kronometerets gang ved å bestemme kronometerstanden med noen dagers mellomrom (minst 5). Forskjellen i stand divideres med de fortløpende dager, og det utkomne er den daglige gangen.

Eksempel 6.3.1

UTC 1200 den 1. mai var kronometerets stand -00-04-30.
 UTC 1200 den 15. mai var kronometerets stand -00-03-58.
 Finn kronometerets daglige gang.

Løsning:

Kr.st.	= - 00-04-30	1/5		
Kr.st.	= - 00-03-58	15/5		
Retardasjon	=	0-32	14 d	Daglig gang = 32 s / 14d = <u>2,29 s/d</u>

Eksempel 6.3.2

UTC 1200 den 25. januar var kronometerstanden +00-00-32.
 UTC 1200 den 7. februar var kronometerstanden - 00-00-12.
 Finn kronometerets daglige gang.

Løsning:

Kr.st.	= + 00-00-32	25/1		
Kr.st.	= - 00-00-12	7/2		
Akselerasjon	=	0-44	13 d	Daglig gang = 44 s / 13 d = <u>3,38 s/d</u>

Eksempel 6.3.3

UTC 1800 den 25. august ble kronometerets stand bestemt til -00-14-12. Daglig akselerasjon -0,5 s.
 Den 28. august omtrentlig UTC 0730 ble det tatt en observasjon.
 Hvilken kronometerstand skal benyttes ved observasjonen?

Løsning:

UTC	:	1800	25/8	
UTC	:	0730	28/8	
Tid.		2,56	d	
Kr. stand		= - 00-14-12	25/8	
Akselerasjon	:	- 0,5 s.	· 2,56 = - 0-01	3
Kr. stand		= - 00-14-13	28/8	

Avlesningene fører vi i kronometerboken, hvor dessuten alle standsbestemmelser osv. skal noteres. Av de noterte temperaturer og kronometerets gang vil vi i tidens løp få erfaring for hvorledes kronometeret går under de forskjellige forhold.

Den nye gangen som vi finner, bør under normale forhold ikke være meget forskjellig fra den tidligere: Forskjellen mellom dem kalles for *avvikelsen*. Et kronometer som har en daglig avvikelse på mer enn 1 s, og som ikke kan forklares, må anses som upålitelig.

Det samme gjelder når gangen blir over ca. 6 s. Det må da ved første anledning i land til rensing og omregulering. Kronometeret bør renses og etterses hvert 4. år.

6.4 Omtrentlig UTC og dato

På de fleste kronometre er tallskiven inndelt i 12 timer. Når vi skal finne UTC ved hjelp av kronometeret, må vi derfor vite om det er formiddag eller ettermiddag i Greenwich. Det kan også være spørsmål om Greenwich har samme dato som oss.

Så lenge vi befinner oss i nærheten av Greenwich-meridianen, gir svaret ofte seg selv, men på større lengde kan det være fort gjort å regne UTC 12 timer feil.

For å være på den sikre siden bruker vi skipsuret sammen med sonen og dato for å finne omtrentlig GMT og dato.

Det spiller ingen rolle om skipsuret ikke går helt riktig, den nøyaktige UTC finnes ved hjelp av kronometeret og kronometerets stand. Omtrentlig UTC brukes som sagt kun til å finne klokkeslett og dato for UTC.

Eksempel 6.4.1

Et skip er den 15. mai etter bestikk på N 20°00' E 136°00'. Skipsuret viser sonetid etter tidssone -9. Da skipsuret viste 0734, ble det tatt en observasjon. Kronometeret viste 10-17-27, og kronometerets stand var + 00-16-05. Finn nøyaktig UTC og dato.

Løsning:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ZT} & = & 07-34 \quad 15/5 \\
 \text{zone} & = & - \quad 9 \\
 \hline
 \text{Omtr. UTC} & = & \underline{22-34 \quad 14/5} \quad \longrightarrow
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 \text{Kr. v.} & = & 10-17-27 \\
 \text{stand} & = & + \quad 00-16-05 \\
 \hline
 \text{UTC} & = & \underline{22-33-32 \quad 14/5}
 \end{array}$$

Eksempel 6.4.2

Et skip befinner seg den 16. september i posisjon N 40°00' W 170°00'. Skipsuret viser sonetid etter tidssone +11. Da skipsuret viste 1530 ble det tatt en observasjon. Kronometeret viste 03-36-32 i observasjonsøyeblikket, og kronometerets stand var -01-06-17. Finn nøyaktig UTC og dato.

Løsning:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ZT} & = & 15-30 \quad 16/9 \\
 \text{zone} & = & + \quad 11 \\
 \hline
 \text{Omtr. UTC} & = & \underline{02-30 \quad 17/9} \quad \longrightarrow
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 \text{Kr. v.} & = & 03-36-32 \\
 \text{stand} & = & - \quad 01-06-17 \\
 \hline
 \text{UTC} & = & \underline{02-30-15 \quad 17/9}
 \end{array}$$

6.5 Sammenligning med observasjonsur

Om bord må vi alltid la kronometeret bli stående på sin plass og aldri ta det med på dekk til observasjonene. Når en observasjon skal tas, må en for eksempel bruke stoppeklokke for deretter å sammenligne med kronometeret.

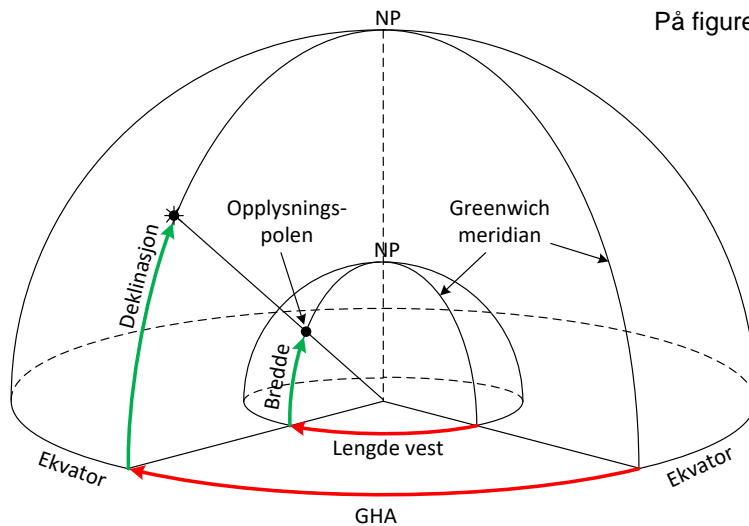
Vi starter stoppeklokken i det øyeblikket observasjonen tas. Ved sammenligning med kronometeret stopper vi stoppeklokken når kronometeret viser helt minutt. Noterer deretter kronometervisende og trekker fra det stoppeklokken viser.

7 LIKEHØYDESYSTEMET

7.1 Opplysningspolen

Trekker vi en rett linje fra et himmellegeme til jordens sentrum, vil den treffe jorda i et visst punkt, himmellegemets "opplysningspol". Opplysningspolen vil på grunn av sin daglige gang vestover stadig skifte plass, men i et gitt øyeblikk har den en bestemt plass på jorda. Hvert himmellegeme har sin opplysningspol, bestemt av himmellegemets *deklinasjon* og *timevinkel*.

Opplysningspolens bredde og lengde:



På figuren ser en at:

Opplysningspolens bredde svarer til himmellegemets deklinasjon.

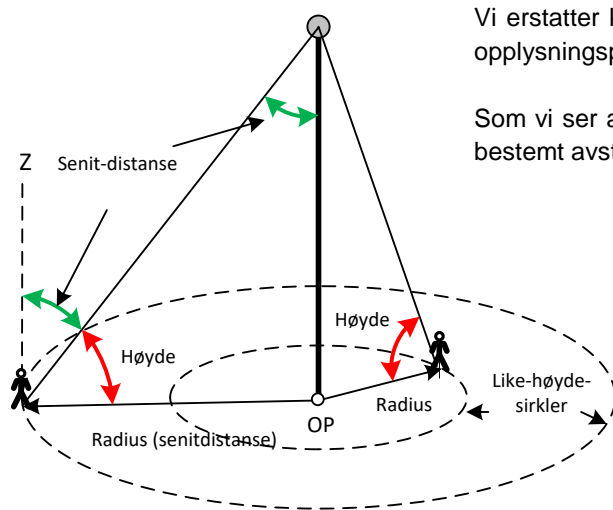
Opplysningspolens lengde svarer til himmellegemets timevinkel vest eller øst for Greenwich-meridianen.

Skal vi finne opplysningspolens posisjon et bestemt øyeblikk, må vi kjenne:

- UTC og dato
- GHA og deklinasjon

Første trinn i en astronomisk stedsbestemmelse er å måle himmellegemets høyde, og deretter skal høyden brukes til å bestemme vår plass. Kjenner en opplysningspolens beliggenhet, vil en gitt høyde gi oss avstanden fra opplysningspolen.

Avstandsbestemmelse ved høydevinkel:



Vi erstatter kulen med himmellegemet og flaggstangens fot med opplysningspolen ("OP").

Som vi ser av figuren vil det til en bestemt høydevinkel svare en bestemt avstand til flaggstangen.

Observators plass blir et eller annet sted i en sirkel slått om flaggstangen med den beregnede avstand som radius.

Sirkelen omkring fyret blir observators stedlinje.

Vi ser også at til en større høydevinkel svarer en mindre avstand fra flaggstangen, og til en mindre høydevinkel en større avstand.

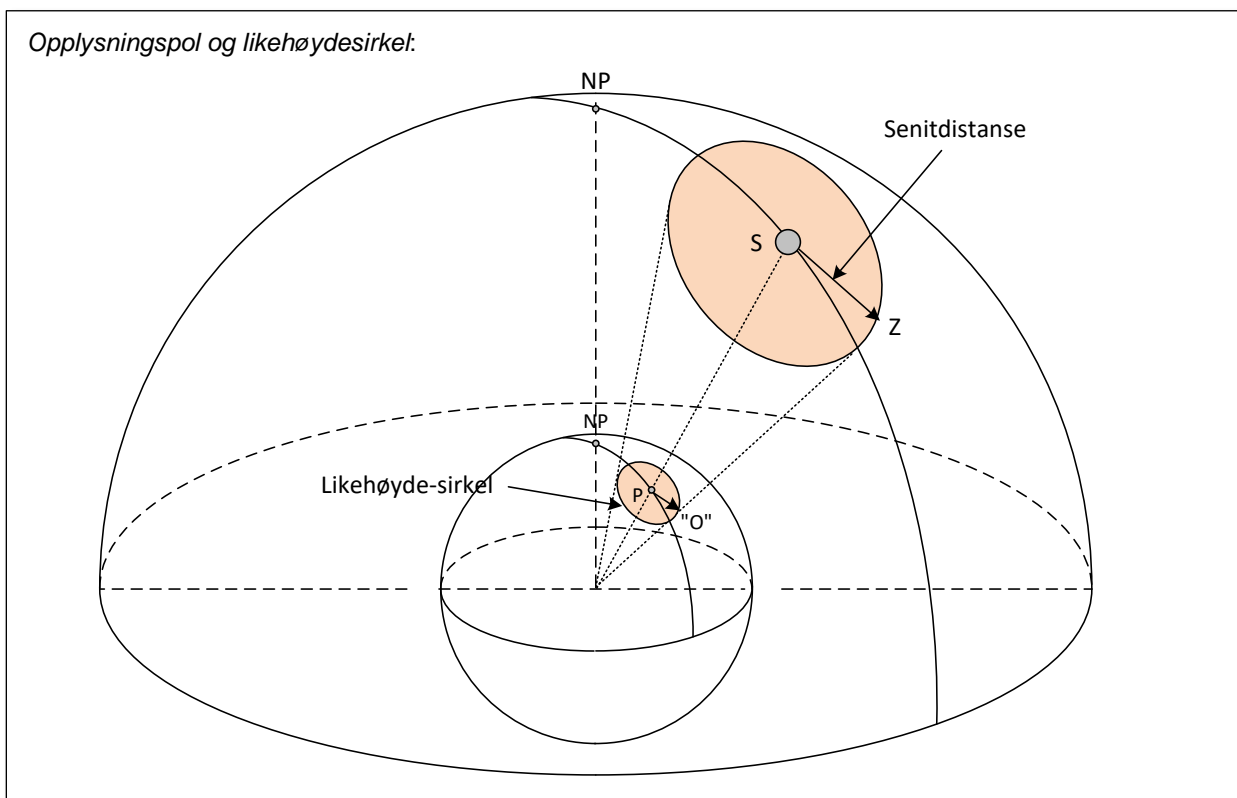
På samme måte er det når vi måler høyden av et legeme. Jo større høyde vi måler, jo nærmere står vi opplysningspolen. Jo mindre høyde vi måler, jo lenger står vi fra opplysningspolen.

7.2 Opplysningspol og likehøydesirkler; senitdistanse

Opplysningspol

På figuren ser vi jorda og himmelkula tegnet. På himmelkula er det inntegnet et himmellegeme, "S", og trekker vi en rett linje fra himmellegemet til jordas sentrum, vil den treffe jorda i punktet "P".

Dette punktet, "P", som er himmellegemets projeksjonspunkt på jordoverflaten, kalles for himmellegemets *opplysningspol*.



Senitdistanse

Befinner vi oss i punktet "P", vil vi ha himmellegemet i senit, dvs. at høyden er 90° og *senitdistansen* er 0° .

Står vi et stykke fra "P", for eksempel i "O", og vi antar at avstanden er 10° , vil vår senit (Z) ligge 10° fra "S". Buen "SZ" er like stor som buen "PO", og senitdistansen blir 10° .

Vi ser også at senitdistansen beregnes ut fra:

$$\text{Senitdistanse (radius)} = 90^\circ - \text{himmellegemets høyde}$$

Likehøydesirkel

Slår vi en sirkel om "S" med radius 10° , får vi en sirkel på himmelkula som senit (Z) må ligge i. Samme sirkelen får vi på jorda, og "O" må ligge på denne sirkelen.

En slik sirkel på jorda kalles en *likehøydesirkel*, og i den må nemlig alle de stedene ligge som i samme øyeblikk måler samme høyde av himmellegemet. I geometrien kaller vi en slik linje for en *stedlinje*.

7.3 Konstruksjon av likehøydesirkler i kartet

Generelt

For å kunne bestemme vår plass på jorda ved hjelp av likehøydesirkler, må vi bruke "Høydemetoden" (se Kap.11). Metoden går ut på:

- Bestemme vår bestikkplass med klokkeslett og dato
- Måle himmellegemets høyde med sekstant
- Bestemme korrekt UTC og dato
- Rette avlest høyde til korrekt høyde
- Bestemme himmellegemets GHA og deklinasjon (opplysningspolen)
- Bestemme beregnet høyde og rettvise peiling (asimut) ut fra bestikkplass
- dette er høyden dersom vi virkelig befant oss i bestikkplassen
- Sammenligne observert og beregnet høyde

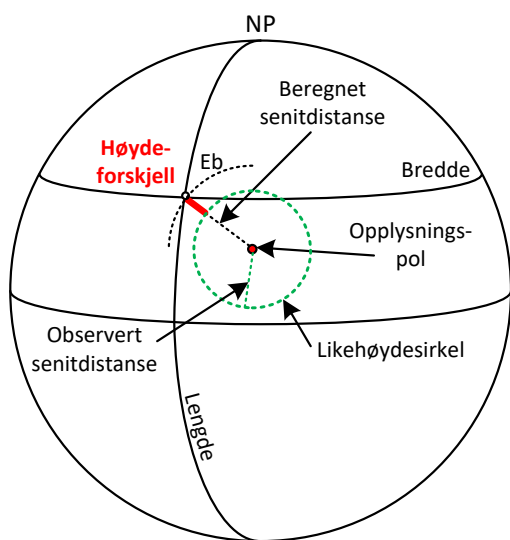
Sammenligning av observert og beregnet senitdistanse

For å forenkle figurbetraktningene noe, kan vi sammenligne senitdistansene ($90^\circ - \text{høyde}$). Det kan nå tenkes 3 muligheter:

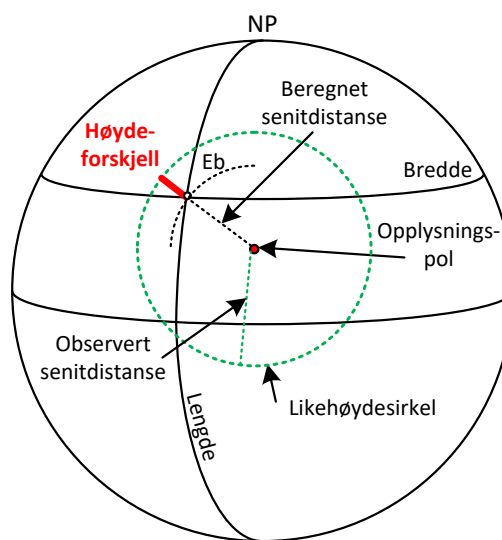
1. Observert og beregnet senitdistanser like store:

Er observert og beregnet senitdistanse like store, må det bety at den observerte likehøydesirkel går gjennom bestikkplassen.

2. Observert mindre enn beregnet:



3. Observert større enn beregnet:



2. Er observert senitdistanse mindre enn beregnet senitdistanse, må den observerte likehøydesirkel ligge nærmere opplysningspolen enn bestikkplassen.
3. Er observert senitdistanse større enn beregnet senitdistanse, må den observerte likehøydesirkel ligge lenger fra opplysningspolen enn bestikkplassen.

For å komme fra bestikkplassen til nærmeste punkt på likehøydesirkelen, må vi i tilfelle 2 og 3 flytte oss i peilingens retning mot eller fra opplysningspolen. Avstanden å flytte er lik forskjellen i senitdistansene (eller høyden). Er forskjellen f.eks. 5', flytter vi oss 5 nm, da 1' tilsvarer 1 nm.

8 DEN NAUTISKE ALMANAKK

8.1 Nautiske almanakker

Generelt

For å kunne regne ut en observasjon av et himmellegeme, må vi kjenne dets plass på himmelkula i observasjonsøyeblikket. Plassen på himmelkula angis ved *timevinkel* og *deklinasjon*, og disse koordinatene samt andre opplysninger, er ført opp i tabeller som kalles *nautiske almanakker*.

De daglige venstresidene

De daglige venstresidene inneholder forskjellige opplysninger for 3 fortløpende dager, og i de forskjellige kolonnene finner vi følgende:

1. - Dato og UT (UTC) for hver hele time
2. - GHA for *Ariespunktet*, og helt nederst meridianpassasjen.
- Dette klokkeslettet betrakter vi som LMT for passasje av vår meridian.
- Gjelder for den midterste av de tre dagene på siden.
- 3, 4, 5 og 6. - GHA og deklinasjon for planetene *Venus*, *Mars*, *Jupiter* og *Saturn*.
- Øverst finner vi planetenes lysstyrke og nederst finner vi at det er oppgitt *v* og *d* verdier, og brukes for interpolering for mellomliggende minutter og sekunder.
7. - Alfabetisk liste over de klareste stjernene som brukes til observasjon.
- Stjernenes *SHA* og *deklinasjon*.
- De oppgitte verdiene brukes for alle tre dagene
- Helt nederst SHA og UTC (i Greenwich) for planetenes *meridianpassasje*.

De daglige høyresidene

De daglige høyresidene inneholder forskjellige opplysninger om sol og måne for de samme 3 fortløpende dagene som venstresiden. I de forskjellige kolonnene finner vi:

1. - Dato og UT for hver hele time.
2. - GHA og deklinasjon for *sola*.
- Nederst finner vi *d*-verdien som er deklinasjonsforandring pr. time (\pm).
SD (*semidiameter*, *halvdiameter*) forklares under høyderettelser.
3. - GHA og deklinasjon for *månen*.
- Egne *v* og *d*-verdier fordi månens hastighet varierer sterkt.
- HP (*horisontalparallakse*), forklares under høyderettelser.
- Nederst månens halvdiameter (SD) med verdi for hver dag.
4. - Påværende bredde
5. - De neste kolonnene finner vi:
 - *Soloppgang* og *solnedgang* (kan betraktes som LMT for vår meridian)
 - *Tussmørket* ("Twilight") (kan betraktes som LMT for vår meridian)
 - Månens opp- og nedgang (er GMT for Greenwich-meridianen)
 - Nederst er oppgitt følgende:
 - Meridianpassasje for *sola* (kan betraktes som LMT for vår meridian)
 - Tidsjevningen to ganger daglig.
 - Månens meridianpassasje av øvre- og nedremeridianen.
(er GMT for passasje av Greenwich-meridianen)
 - Månens alder og fase.

De daglige venstresider (2003):

2003 SEPTEMBER 1, 2, 3 (MON., TUES., WED.)																										
172		ARIES		VENUS -3.9			MARS -2.8			JUPITER -1.7			SATURN +0.1			STARS										
		GHA		GHA		Dec		GHA		Dec		GHA		Dec		GHA		Dec		Name		SHA		Dec		
d h		° /		° /		° /		° /		° /		° /		° /		° /		° /				° /		° /		
M O N D A Y	100	339	44.8	175	59.5	N 8	26.9	1	14.5	S16	03.1	186	23.9	N11	53.7	238	15.9	N22	16.3	Acamar	315	23.9	S40	17.1		
	01	354	47.2	190	59.1		25.7	16	17.6		03.3	201	25.9		53.5	253	18.1		16.3	Achernar	335	31.8	S57	12.9		
	02	9	49.7	205	58.6		24.5	31	20.7		03.4	216	27.8		53.4	268	20.4		16.3	Acrux	173	18.9	S63	07.2		
	03	24	52.2	220	58.2		23.4	46	23.9		03.6	231	29.8		53.2	283	22.6		16.3	Adhara	255	18.8	S28	58.3		
	04	39	54.6	235	57.8		22.2	61	27.0		03.8	246	31.7		53.0	298	24.8		16.3	Aldebaran	290	58.3	N16	31.1		
	05	54	57.1	250	57.3		21.0	76	30.1		03.9	261	33.6		52.8	313	27.0		16.3							
	06	69	59.6	265	56.9	N 8	19.8	91	33.2	S16	04.1	276	35.6	N11	52.6	328	29.3	N22	16.2	Alioth	166	27.6	N55	56.7		
	07	85	02.0	280	56.5		18.6	106	36.4		04.2	291	37.5		52.4	343	31.5		16.2	Alkaid	153	05.1	N49	18.0		
	08	100	04.5	295	56.0		17.4	121	39.5		04.4	306	39.5		52.2	358	33.7		16.2	Al Na'ir	27	52.8	S46	56.6		
	09	115	07.0	310	55.6		16.3	136	42.6		04.6	321	41.4		52.0	13	35.9		16.2	Alnilam	275	54.3	S 1	11.8		
	10	130	09.4	325	55.2		15.1	151	45.7		04.7	336	43.4		51.8	28	38.2		16.2	Alphard	218	04.0	S 8	40.2		
	11	145	11.9	340	54.7		13.9	166	48.9		04.9	351	45.3		51.6	43	40.4		16.2							
	12	160	14.3	355	54.3	N 8	12.7	181	52.0	S16	05.0	6	47.3	N11	51.5	58	42.6	N22	16.1	Alphecca	126	17.6	N26	42.4		
	13	175	16.8	10	53.9		11.5	196	55.1		05.2	21	49.2		51.3	73	44.8		16.1	Alpheratz	357	51.3	N29	06.6		
	14	190	19.3	25	53.5		10.3	211	58.2		05.3	36	51.1		51.1	88	47.1		16.1	Altair	62	15.5	N 8	52.7		
	15	205	21.7	40	53.0		09.1	227	01.3		05.5	51	53.1		50.9	103	49.3		16.1	Ankaa	353	22.8	S42	17.1		
	16	220	24.2	55	52.6		07.9	242	04.5		05.7	66	55.0		50.7	118	51.5		16.1	Antares	112	35.8	S26	26.5		
	17	235	26.7	70	52.2		06.8	257	07.6		05.8	81	57.0		50.5	133	53.7		16.1							
	18	250	29.1	85	51.7	N 8	05.6	272	10.7	S16	06.0	96	58.9	N11	50.3	148	56.0	N22	16.0	Arcturus	146	02.9	N19	10.0		
	19	265	31.6	100	51.3		04.4	287	13.8		06.1	112	00.9		50.1	163	58.2		16.0	Atria	107	44.6	S69	02.4		
	20	280	34.1	115	50.9		03.2	302	17.0		06.3	127	02.8		49.9	179	00.4		16.0	Avior	234	21.9	S59	30.9		
	21	295	36.5	130	50.5		02.0	317	20.1		06.4	142	04.8		49.7	194	02.6		16.0	Bellatrix	278	40.4	N 6	21.3		
	22	310	39.0	145	50.0		00.8	332	23.2		06.6	157	06.7		49.5	209	04.9		16.0	Betelgeuse	271	09.8	N 7	24.6		
23	325	41.4	160	49.6		7	59.6	347	26.3		06.7	172	08.7		49.4	224	07.1		16.0							
T U E S D A Y	200	340	43.9	175	49.2	N 7	58.4	2	29.4	S16	06.9	187	10.6	N11	49.2	239	09.3	N22	15.9	Canopus	263	59.8	S52	41.5		
	01	355	46.4	190	48.8		57.2	17	32.6		07.0	202	12.5		49.0	254	11.6		15.9	Capella	280	46.0	N46	00.0		
	02	10	48.8	205	48.3		56.0	32	35.7		07.2	217	14.5		48.8	269	13.8		15.9	Deneb	49	36.4	N45	17.7		
	03	25	51.3	220	47.9		54.8	47	38.8		07.3	232	16.4		48.6	284	16.0		15.9	Denebola	182	41.8	N14	33.3		
	04	40	53.8	235	47.5		53.6	62	41.9		07.5	247	18.4		48.4	299	18.2		15.9	Diphda	349	03.3	S17	57.9		
	05	55	56.2	250	47.1		52.5	77	45.0		07.6	262	20.3		48.2	314	20.5		15.9							
	06	70	58.7	265	46.6	N 7	51.3	92	48.2	S16	07.8	277	22.3	N11	48.0	329	22.7	N22	15.8	Dubhe	194	01.5	N61	44.1		
	07	86	01.2	280	46.2		50.1	107	51.3		07.9	292	24.2		47.8	344	24.9		15.8	Elnath	278	22.5	N28	36.7		
	08	101	03.6	295	45.8		48.9	122	54.4		08.1	307	26.2		47.6	359	27.1		15.8	Eltanin	90	49.5	N51	29.5		
	09	116	06.1	310	45.4		47.7	137	57.5		08.2	322	28.1		47.5	14	29.4		15.8	Enif	33	54.4	N 9	53.5		
	10	131	08.6	325	44.9		46.5	153	00.6		08.4	337	30.0		47.3	29	31.6		15.8	Fomalhaut	15	32.0	S29	36.2		
	11	146	11.0	340	44.5		45.3	168	03.7		08.5	352	32.0		47.1	44	33.8		15.8							
	12	161	13.5	355	44.1	N 7	44.1	183	06.9	S16	08.7	7	33.9	N11	46.9	59	36.1	N22	15.7	Gacrux	172	10.3	S57	08.0		
	13	176	15.9	10	43.7		42.9	198	10.0		08.8	22	35.9		46.7	74	38.3		15.7	Gienah	176	00.6	S17	33.6		
	14	191	18.4	25	43.3		41.7	213	13.1		09.0	37	37.8		46.5	89	40.5		15.7	Hadar	148	59.5	S60	23.6		
	15	206	20.9	40	42.8		40.5	228	16.2		09.1	52	39.8		46.3	104	42.8		15.7	Hamal	328	09.3	N23	28.8		
	16	221	23.3	55	42.4		39.3	243	19.3		09.3	67	41.7		46.1	119	45.0		15.7	Kaus Aust.	83	53.8	S34	23.1		
	17	236	25.8	70	42.0		38.1	258	22.4		09.4	82	43.7		45.9	134	47.2		15.7							
	18	251	28.3	85	41.6	N 7	36.9	273	25.6	S16	09.5	97	45.6	N11	45.7	149	49.4	N22	15.6	Kochab	137	19.8	N74	08.7		
	19	266	30.7	100	41.1		35.7	288	28.7		09.7	112	47.6		45.6	164	51.7		15.6	Markab	13	45.7	N15	13.5		
	20	281	33.2	115	40.7		34.5	303	31.8		09.8	127	49.5		45.4	179	53.9		15.6	Menkar	314	23.0	N 4	06.3		
	21	296	35.7	130	40.3		33.3	318	34.9		10.0	142	51.4		45.2	194	56.1		15.6	Menkent	148	17.0	S36	23.3		
	22	311	38.1	145	39.9		32.1	333	38.0		10.1	157	53.4		45.0	209	58.4		15.6	Miaplacidus	221	42.5	S69	43.7		
23	326	40.6	160	39.5		30.9	348	41.1		10.3	172	55.3		44.8	225	00.6		15.6								
W E D N E S D A Y	300	341	43.1	175	39.0	N 7	29.7	3	44.2	S16	10.4	187	57.3	N11	44.6	240	02.8	N22	15.5	Mirfak	308	51.4	N49	52.3		
	01	356	45.5	190	38.6		28.5	18	47.4		10.5	202	59.2		44.4	255	05.1		15.5	Nunki	76	07.6	S26	17.6		
	02	11	48.0	205	38.2		27.3	33	50.5		10.7	218	01.2		44.2	270	07.3		15.5	Peacock	53	30.7	S56	43.6		
	03	26	50.4	220	37.8		26.1	48	53.6		10.8	233	03.1		44.0	285	09.5		15.5	Pollux	243	37.4	N28	01.2		
	04	41	52.9	235	37.4		24.9	63	56.7		11.0	248	05.1		43.8	300	11.8		15.5	Procyon	245	08.0	N 5	13.2		
	05	56	55.4	250	37.0		23.7	78	59.8		11.1	263	07.0		43.6	315	14.0		15.5							
	06	71	57.8	265	36.5	N 7	22.5	94	02.9	S16	11.2	278	09.0	N11	43.5	330	16.2	N22	15.4							

De daglige høyresider (2003):

2003 SEPTEMBER 1, 2, 3 (MON., TUES., WED.)												173				
UT	SUN		MOON				Lat.	Twilight		Sunrise	Moonrise					
	GHA	Dec	GHA	v	Dec	d		HP	Naut.		Civil	1	2	3	4	
d h	° /	° /	° / /	° / /	° / /	° / /	°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
MONDAY	100	179 56.0 N 8 30.5	126 41.7 10.0	S11	35.1 14.7	59.6	N 72	////	02 35	04 04	13 44	█	█	█	█	
	01	194 56.2 29.6	141 10.7 10.0	11 49.8 14.7	59.6	N 70	////	03 02	04 17	13 08	█	█	█	█	█	
	02	209 56.4 28.7	155 39.7 10.0	12 04.5 14.6	59.6	68	01 36	03 23	04 28	12 43	15 23	█	█	█	█	
	03	224 56.6 . . 27.8	170 08.7 9.9	12 19.1 14.5	59.6	66	02 13	03 38	04 37	12 24	14 39	█	█	█	█	
	04	239 56.8 26.9	184 37.6 9.8	12 33.6 14.4	59.6	64	02 38	03 51	04 44	12 08	14 09	16 23	█	█	█	
	05	254 57.0 26.0	199 06.4 9.8	12 48.0 14.4	59.6	62	02 57	04 02	04 51	11 55	13 47	15 42	17 31	█	█	
	06	269 57.2 N 8 25.1	213 35.2 9.7	S13 02.4 14.3	59.6	60	03 13	04 11	04 56	11 45	13 30	15 15	16 50	█	█	
	07	284 57.4 24.2	228 03.9 9.6	13 16.7 14.2	59.6	N 58	03 26	04 19	05 01	11 35	13 15	14 53	16 22	█	█	
	08	299 57.6 23.3	242 32.5 9.6	13 30.9 14.1	59.6	56	03 36	04 26	05 05	11 27	13 02	14 36	16 00	█	█	
	09	314 57.8 . . 22.4	257 01.1 9.5	13 45.0 14.1	59.6	54	03 46	04 32	05 09	11 20	12 51	14 21	15 42	█	█	
	10	329 58.0 21.5	271 29.6 9.5	13 59.1 13.9	59.6	52	03 54	04 37	05 13	11 14	12 42	14 08	15 27	█	█	
	11	344 58.2 20.6	285 58.1 9.4	14 13.0 13.9	59.6	50	04 01	04 42	05 16	11 08	12 33	13 57	15 14	█	█	
	12	359 58.4 N 8 19.7	300 26.5 9.3	S14 26.9 13.8	59.6	45	04 16	04 52	05 22	10 56	12 15	13 33	14 47	█	█	
	13	14 58.5 18.8	314 54.8 9.3	14 40.7 13.8	59.6	N 40	04 27	05 00	05 28	10 45	12 00	13 15	14 26	█	█	
	14	29 58.7 17.9	329 23.1 9.2	14 54.5 13.6	59.6	35	04 37	05 07	05 33	10 37	11 48	12 59	14 08	█	█	
	15	44 58.9 . . 17.0	343 51.3 9.1	15 08.1 13.5	59.6	30	04 44	05 13	05 37	10 29	11 37	12 46	13 53	█	█	
	16	59 59.1 16.1	358 19.4 9.1	15 21.6 13.5	59.5	20	04 56	05 22	05 44	10 16	11 19	12 23	13 27	█	█	
	17	74 59.3 15.1	12 47.5 9.0	15 35.1 13.4	59.5	N 10	05 05	05 30	05 51	10 05	11 03	12 03	13 05	█	█	
	18	89 59.5 N 8 14.2	27 15.5 8.9	S15 48.5 13.2	59.5	0	05 11	05 36	05 57	09 54	10 48	11 45	12 44	█	█	
	19	104 59.7 13.3	41 43.4 8.9	16 01.7 13.2	59.5	S 10	05 16	05 41	06 02	09 44	10 34	11 27	12 24	█	█	
	20	119 59.9 12.4	56 11.3 8.7	16 14.9 13.1	59.5	20	05 20	05 46	06 08	09 33	10 18	11 07	12 02	█	█	
	21	135 00.1 . . 11.5	70 39.0 8.8	16 28.0 13.0	59.5	30	05 23	05 51	06 15	09 21	10 00	10 45	11 37	█	█	
	22	150 00.3 10.6	85 06.8 8.6	16 41.0 12.8	59.5	35	05 24	05 53	06 18	09 14	09 50	10 32	11 22	█	█	
23	165 00.5 09.7	99 34.4 8.6	16 53.8 12.8	59.5	40	05 24	05 56	06 23	09 05	09 38	10 17	11 05	█	█		
					45	05 24	05 58	06 28	08 56	09 25	10 00	10 44	█	█		
TUESDAY	200	180 00.7 N 8 08.8	114 02.0 8.5	S17 06.6 12.7	59.5	S 50	05 24	06 01	06 33	08 45	09 08	09 38	10 18	█	█	
	01	195 00.9 07.9	128 29.5 8.5	17 19.3 12.6	59.5	52	05 23	06 02	06 36	08 40	09 00	09 28	10 06	█	█	
	02	210 01.1 07.0	142 57.0 8.3	17 31.9 12.4	59.5	54	05 23	06 03	06 39	08 34	08 52	09 16	09 52	█	█	
	03	225 01.3 . . 06.1	157 24.3 8.3	17 44.3 12.4	59.5	56	05 22	06 05	06 42	08 28	08 42	09 03	09 35	█	█	
	04	240 01.5 05.2	171 51.6 8.3	17 56.7 12.2	59.5	58	05 21	06 06	06 46	08 21	08 31	08 48	09 15	█	█	
	05	255 01.7 04.2	186 18.9 8.1	18 08.9 12.2	59.5	S 60	05 20	06 08	06 50	08 13	08 19	08 30	08 51	█	█	
	06	270 01.9 N 8 03.3	200 46.0 8.1	S18 21.1 12.0	59.5											
	07	285 02.1 02.4	215 13.1 8.0	18 33.1 11.9	59.5	Lat.	Sunset	Twilight		Moonset						
	08	300 02.3 01.5	229 40.1 7.9	18 45.0 11.8	59.4			Civil	Naut.	1	2	3	4			
	09	315 02.5 8 00.6	244 07.0 7.9	18 56.8 11.7	59.4	°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m		
	10	330 02.7 7 59.7	258 33.9 7.8	19 08.5 11.6	59.4	N 72	19 52	21 19	////	18 04	█	█	█	█		
	11	345 02.9 58.8	273 00.7 7.7	19 20.1 11.4	59.4	N 70	19 39	20 53	23 26	18 42	█	█	█	█		
	12	0 03.1 N 7 57.9	287 27.4 7.7	S19 31.5 11.3	59.4	68	19 29	20 34	22 16	19 09	18 23	█	█	█		
	13	15 03.3 57.0	301 54.1 7.5	19 42.8 11.2	59.4	66	19 21	20 18	21 42	19 30	19 08	█	█	█		
	14	30 03.5 56.0	316 20.6 7.5	19 54.0 11.1	59.4	64	19 13	20 06	21 18	19 47	19 39	19 25	█	█		
	15	45 03.7 . . 55.1	330 47.1 7.5	20 05.1 11.0	59.4	62	19 07	19 55	20 59	20 01	20 02	20 06	20 22	█	█	
	16	60 03.9 54.2	345 13.6 7.3	20 16.1 10.8	59.4	60	19 02	19 47	20 44	20 13	20 20	20 34	21 03	█	█	
	17	75 04.1 53.3	359 39.9 7.3	20 26.9 10.7	59.4	N 58	18 57	19 39	20 32	20 23	20 36	20 56	21 32	█	█	
	18	90 04.3 N 7 52.4	14 06.2 7.2	S20 37.6 10.5	59.4	56	18 53	19 32	20 21	20 32	20 49	21 14	21 54	█	█	
	19	105 04.5 51.5	28 32.4 7.2	20 48.1 10.5	59.4	54	18 49	19 26	20 12	20 40	21 00	21 29	22 12	█	█	
	20	120 04.7 50.6	42 58.6 7.0	20 58.6 10.3	59.3	52	18 46	19 21	20 04	20 47	21 11	21 43	22 27	█	█	
	21	135 04.9 . . 49.7	57 24.6 7.0	21 08.9 10.2	59.3	50	18 43	19 16	19 57	20 54	21 20	21 54	22 41	█	█	
	22	150 05.1 48.7	71 50.6 7.0	21 19.1 10.0	59.3	45	18 36	19 06	19 43	21 08	21 39	22 19	23 08	█	█	
23	165 05.3 47.8	86 16.6 6.8	21 29.1 9.9	59.3	N 40	18 31	18 58	19 31	21 20	21 55	22 38	23 30	█	█		
WEDNESDAY	300	180 05.5 N 7 46.9	100 42.4 6.8	S21 39.0 9.8	59.3	35	18 26	18 52	19 22	21 30	22 09	22 54	23 48	█	█	
	01	195 05.7 46.0	115 08.2 6.7	21 48.8 9.6	59.3	30	18 22	18 46	19 15	21 38	22 20	23 08	24 03	█	█	
	02	210 05.9 45.1	129 33.9 6.7	21 58.4 9.5	59.3	20	18 15	18 37	19 03	21 54	22 41	23 33	24 29	█	█	
	03	225 06.1 . . 44.2	143 59.6 6.5	22 07.9 9.3	59.3	N 10	18 09	18 30	18 55	22 07	22 58	23 53	24 52	█	█	
	04	240 06.3 43.3	158 25.1 6.5	22 17.2 9.2	59.3	0	18 03	18 24	18 48	22 20	23 15	24 13	00 13	█	█	
	05	255 06.5 42.3	172 50.6 6.5	22 26.4 9.1	59.3	S 10	17 58	18 19	18 43	22 32	23 31	24 33	00 33	█	█	
	06	270 06.7 N 7 41.4	187 16.1 6.4	S22 35.5 8.9	59.2	20	17 52	18 14	18 40	22 46	23 49	24 54	00 54	█	█	
	07	285 06.9 40.5	201 41.5 6.3	22 44.4 8.8	59.2	30	17 45	18 09	18 37	23 01	24 10	00 10	01 18	█	█	
	08	300 07.1 39.6	216 06.8 6.2	22 53.2 8.6	59.2	35	17 42	18 07	18 36	23 11	24 22	00 22	01 32	█	█	
	09	315 07.4 . . 38.7	230 32.0 6.2	23 01.8 8.5	59.2	40	17 37	18 05	18 36	23 21	24 36	00 36	01 49	█	█	
	10	330 07.6 37.8	244 57.2 6.1	23 10.3 8.3	59.2	45	17 33	18 02	18 36	23 33	24 52	00 52	02 09	█	█	
	11	345 07.8 36.9	259 22.3 6.1	23 18.6 8.2	59.2	S 50	17 27	18 00	18 37	23 48	25 13	01 13	02 34	█	█	
	12	0 08.0 N 7 35.9	273 47.4 5.9	S23 26.8 8.0	59.2	52	17 24	17 58	18 37	23 55	25 23	01 23	02 46	█	█	
	13	15 08.2 35.0	288 12.3 6.0	23 34.8 7.8	59.2	54	17 22	17 57	18 38	24 03	00 03	01 34	03 00	█	█	
	14	30 08.4 34.1	302 37.3 5.9	23 42.6 7.8	59.2	56	17 18	17 56	18 39	24 12	00 12	01 46	03 16	█	█	
	15	45 08.6 . . 33.2	317 02.2 5.8	23 50.4 7.5	59.1	58	17 15	17 55	18 40	24 22	00 22	02 01	03 36	█	█	
	16	60 08.8 32.3	331 27.0 5.7	23 57.9 7.4	59.1	S 60	17 11	17 53	18 41	24 33	00 33	02 19	04 00	█	█	
	17	75 09.0 31.3	345 51.7 5.7	24 05.3 7.3	59.1											
	18	90 09.2 N 7 30.4	0 16.4 5.7	S24 12.6 7.0	59.1	Day	SUN		MOON							
	19	105 09.4 29.5	14 41.1 5.5	24 19.6 7.0	59.1		Eqn. of Time									

8.2 Interpolasjonstabellene ("Increments and corrections") (utdrag)

Hver side er delt i to, med en tabell for hvert minutt i UTC. Vi går inn med det aktuelle antall minutt i UTC og finner følgende kolonner:

1. kolonne - minutter og antall sekunder av UTC
2. " - tilveksten i GHA for sola og planetene ut fra antall sekunder
3. " - tilveksten i GHA for Ariespunktet
4. " - tilveksten i GHA for månen.
- 5, 6 og 7. kolonne - rettelse for GHA (v) og deklinasjon (d) rettelser.

48 ^m										INCREMENTS AND CORRECTIONS										49 ^m																	
m	SUN PLANETS			ARIES			MOON			v or Corr ⁿ d			v or Corr ⁿ d			v or Corr ⁿ d			m	SUN PLANETS			ARIES			MOON			v or Corr ⁿ d			v or Corr ⁿ d			v or Corr ⁿ d		
s	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i	o	i			
00	12 00-0	12 02-0	11 27-2	0-0	0-0	6-0	4-9	12-0	9-7	00	12 15-0	12 17-0	11 41-5	0-0	0-0	6-0	5-0	12-0	9-9																		
01	12 00-3	12 02-2	11 27-4	0-1	0-1	6-1	4-9	12-1	9-8	01	12 15-3	12 17-3	11 41-8	0-1	0-1	6-1	5-0	12-1	10-0																		
02	12 00-5	12 02-5	11 27-7	0-2	0-2	6-2	5-0	12-2	9-9	02	12 15-5	12 17-5	11 42-0	0-2	0-2	6-2	5-1	12-2	10-1																		
03	12 00-8	12 02-7	11 27-9	0-3	0-2	6-3	5-1	12-3	9-9	03	12 15-8	12 17-8	11 42-2	0-3	0-2	6-3	5-2	12-3	10-1																		
04	12 01-0	12 03-0	11 28-2	0-4	0-3	6-4	5-2	12-4	10-0	04	12 16-0	12 18-0	11 42-5	0-4	0-3	6-4	5-3	12-4	10-2																		
05	12 01-3	12 03-2	11 28-4	0-5	0-4	6-5	5-3	12-5	10-1	05	12 16-3	12 18-3	11 42-7	0-5	0-4	6-5	5-4	12-5	10-3																		
06	12 01-5	12 03-5	11 28-6	0-6	0-5	6-6	5-3	12-6	10-2	06	12 16-5	12 18-5	11 42-9	0-6	0-5	6-6	5-4	12-6	10-4																		
07	12 01-8	12 03-7	11 28-9	0-7	0-6	6-7	5-4	12-7	10-3	07	12 16-8	12 18-8	11 43-2	0-7	0-6	6-7	5-5	12-7	10-5																		
08	12 02-0	12 04-0	11 29-1	0-8	0-6	6-8	5-5	12-8	10-3	08	12 17-0	12 19-0	11 43-4	0-8	0-7	6-8	5-6	12-8	10-6																		
09	12 02-3	12 04-2	11 29-3	0-9	0-7	6-9	5-6	12-9	10-4	09	12 17-3	12 19-3	11 43-7	0-9	0-7	6-9	5-7	12-9	10-6																		
10	12 02-5	12 04-5	11 29-6	1-0	0-8	7-0	5-7	13-0	10-5	10	12 17-5	12 19-5	11 43-9	1-0	0-8	7-0	5-8	13-0	10-7																		
11	12 02-8	12 04-7	11 29-8	1-1	0-9	7-1	5-7	13-1	10-6	11	12 17-8	12 19-8	11 44-1	1-1	0-9	7-1	5-9	13-1	10-8																		
12	12 03-0	12 05-0	11 30-1	1-2	1-0	7-2	5-8	13-2	10-7	12	12 18-0	12 20-0	11 44-4	1-2	1-0	7-2	5-9	13-2	10-9																		
13	12 03-3	12 05-2	11 30-3	1-3	1-1	7-3	5-9	13-3	10-8	13	12 18-3	12 20-3	11 44-6	1-3	1-1	7-3	6-0	13-3	11-0																		
14	12 03-5	12 05-5	11 30-5	1-4	1-1	7-4	6-0	13-4	10-8	14	12 18-5	12 20-5	11 44-9	1-4	1-2	7-4	6-1	13-4	11-1																		
15	12 03-8	12 05-7	11 30-8	1-5	1-2	7-5	6-1	13-5	10-9	15	12 18-8	12 20-8	11 45-1	1-5	1-2	7-5	6-2	13-5	11-1																		
16	12 04-0	12 06-0	11 31-0	1-6	1-3	7-6	6-1	13-6	11-0	16	12 19-0	12 21-0	11 45-3	1-6	1-3	7-6	6-3	13-6	11-2																		
17	12 04-3	12 06-2	11 31-3	1-7	1-4	7-7	6-2	13-7	11-1	17	12 19-3	12 21-3	11 45-6	1-7	1-4	7-7	6-4	13-7	11-3																		
18	12 04-5	12 06-5	11 31-5	1-8	1-5	7-8	6-3	13-8	11-2	18	12 19-5	12 21-5	11 45-8	1-8	1-5	7-8	6-4	13-8	11-4																		
19	12 04-8	12 06-7	11 31-7	1-9	1-5	7-9	6-4	13-9	11-2	19	12 19-8	12 21-8	11 46-1	1-9	1-6	7-9	6-5	13-9	11-5																		
20	12 05-0	12 07-0	11 32-0	2-0	1-6	8-0	6-5	14-0	11-3	20	12 20-0	12 22-0	11 46-3	2-0	1-7	8-0	6-6	14-0	11-6																		
21	12 05-3	12 07-2	11 32-2	2-1	1-7	8-1	6-5	14-1	11-4	21	12 20-3	12 22-3	11 46-5	2-1	1-7	8-1	6-7	14-1	11-6																		
22	12 05-5	12 07-5	11 32-4	2-2	1-8	8-2	6-6	14-2	11-5	22	12 20-5	12 22-5	11 46-8	2-2	1-8	8-2	6-8	14-2	11-7																		
23	12 05-8	12 07-7	11 32-7	2-3	1-9	8-3	6-7	14-3	11-6	23	12 20-8	12 22-8	11 47-0	2-3	1-9	8-3	6-8	14-3	11-8																		
24	12 06-0	12 08-0	11 32-9	2-4	1-9	8-4	6-8	14-4	11-6	24	12 21-0	12 23-0	11 47-2	2-4	2-0	8-4	6-9	14-4	11-9																		

Soltabellene er regnet ut for en forandring av GHA på 15° pr. time. Dette er så nær det riktige at vi kan sette avvikelsen ut av betraktning.

For planetene, som bruker soltabellene, blir det en avvikelse fra den oppgitte tilveksten i GHA som vi må regne med. Den midlere avvikelse pr. time kalles v og er oppført for hver planet på de daglige sidene. For planetene er v -rettelsen positiv, unntatt for Venus, hvor den også kan være negativ (-).

For Ariespunktet er tabellen regnet ut etter den virkelige forandringen av GHA pr. time, nemlig 15°02'48". Ariespunktet har ikke noen tilleggs rettelse.

For månen er tabellen regnet ut etter den forutsetning at forandringen av månens GHA pr. time er 14°19'. Dette er den minste forandringen månen kan ha, og v -rettelsen blir positiv.

For himmellegemes forandring i deklinasjon, er det også en d -rettelse. Om d er positiv eller negativ, må vi undersøke på de daglige sidene. Dersom deklinasjonen er økende i tallverdi, er d positiv (+). Er deklinasjonen avtagende, er d negativ (-).

Vi går inn i venstre del av aktuell kolonne med den v eller d -verdi vi fant på de daglige sidene, og til høyre i kolonnen tar vi ut rettelsen. Den uttatte rettelsen legger vi til GHA eller deklinasjon for å få korrekt verdi.

9 TIMEVINKEL OG DEKLINASJON

9.1 Solas opplysningspol; GHA og deklinasjon

Eksempel 9.1

Bestem solas GHA og deklinasjon (opplysningspolens beliggenhet) for UTC 09-48-13 den 8. oktober 2003.

Løsning:

- 1 Vi slår opp på aktuell dato i almanakken (høyre side) og tar ut GHA og deklinasjon for hel time, 09^t. Deretter tar vi ut d-verdien (1,0) nede på siden, og verdien er + (legges) da sydlig deklinasjon øker for hver time.
- 2 Vi går inn i korreksjonstabellen («Increments and corrections») og finner rettelsene for 47 min. og 13 sek. som gir 11°48'3.
- 3 Vi tar så ut rettelsen for deklinasjon (d); 1,0 gir rettelse 0'8.

Vi setter opp på følgende måte:

Korrekt UTC og dato

UTC = 09-47-13 8/10 2003

Solas GHA og deklinasjon:

☉ GHA 09 ^t	=	318° 04'8	←	(fra høyresiden)	→	Dekl. 09 ^t	=	S 05° 46'9
rett. 47 ^m 13 ^s	= +	12° 03'3	←	(fra korr.tab.)	→	d (+1,0)	= +	0'8
☉ GHA	=	330° 08'1				Dekl.	=	S 05° 47'7

Opplysningspolens beliggenhet: **S 05° 47'7 W 330° 03'1** ⇒ **S 05° 47'7 E 029° 56'1**

Lengden kan ikke være større enn 180°, så E lengde blir 360° - GHA = **E 029° 56'1**

Eksempel 9.1.2

Bestem solas GHA og deklinasjon for UTC 14-49-11 den 8. mai 2003.

Løsning:

Korrekt UTC og dato

UTC = 14-49-11 8/3 2003

Solas GHA og deklinasjon:

☉ GHA 14 ^t	=	30° 52'5		Dekl. 14 ^t	=	N 17° 04'5
rett. 49 ^m 11 ^s	= +	12° 17'8		d (+0,7)	= +	0'6
☉ GHA	=	43° 10'3		Dekl.	=	N 17° 05'1

Opplysningspolens beliggenhet: **N 17° 05'1 W 043° 10'3**

9.2 Solas lokale timevinkel (LHA)

Den timevinkel et himmellegeme har på det sted (lengde) vi befinner oss, kalles som sagt tidligere, den lokale timevinkel (LHA).

Vi finner LHA på følgende måte:

$$\text{LHA} = \text{GHA} \pm \text{lengde}$$

Eksempel 9.2.1

Finn solas LHA og deklinasjon kl. 0946 den 26. juli 2003. Uret viser sonetid for sone +4, og påværende lengde er W 053° 57'. UTC i observasjonsøyeblikket var 13-46-28.

Løsning:

UTC og dato

$$\begin{array}{rcl} \text{Kl. om bord} & = & 09-46\ 26/7 \\ \text{sone} & = & +\ 4 \\ \hline \text{ca. UTC} & = & 13-46\ 26/7 \end{array}$$

$$\text{UTC} = \underline{\underline{13-46-28\ 26/07}}$$

Solas LHA og deklinasjon

$$\begin{array}{rcl} \odot \text{ GHA } 13\ \text{t} & = & 013^\circ\ 22'4 \\ \text{rett. } 46-28 & = & +\ 11^\circ\ 37'0 \\ \hline \odot \text{ GHA} & = & 024^\circ\ 59'4 \\ \text{W lgd.} & = & -\ 053^\circ\ 57'0 \\ \hline \odot \text{ LHA} & = & -\ 28^\circ\ 57'6 \\ & & +\ 360^\circ \\ \hline \odot \text{ LHA} & = & \underline{\underline{331^\circ\ 02'4}} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \Rightarrow \text{Dekl. } 13\ \text{t} & = & \text{N } 19^\circ\ 27'3 \\ \Rightarrow \text{d } (-0,5) & = & -\ 0'4 \\ \hline \text{Dekl.} & = & \underline{\underline{\text{N } 19^\circ\ 26'9}} \end{array}$$

Må legge til 360° for å få et positivt tall.

Eksempel 9.2.3

Finn solas LHA og deklinasjon kl. 0946 den 22. januar 2003. Uret viser sonetid for sone -10, og påværende lengde er E 153° 57'. UTC i observasjonsøyeblikket var 23-49-15.

Løsning:

UTC og dato

$$\begin{array}{rcl} \text{Kl. om bord} & = & 09-46\ 22/1 \\ \text{sone} & = & -\ 10 \\ \hline \text{ca. UTC} & = & 23-46\ 21/1 \end{array}$$

$$\text{UTC} = \underline{\underline{23-49-15\ 21/1}}$$

Solas LHA og deklinasjon

$$\begin{array}{rcl} \odot \text{ GHA } 23\ \text{t} & = & 162^\circ\ 05'6 \\ \text{rett. } 49-15 & = & +\ 12^\circ\ 18'8 \\ \hline \odot \text{ GHA} & = & 174^\circ\ 24'4 \\ \text{E lgd.} & = & +\ 15^\circ\ 25'0 \\ \hline \odot \text{ LHA} & = & \underline{\underline{189^\circ\ 49'4}} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \Rightarrow \text{Dekl. } 23\ \text{t} & = & \text{S } 19^\circ\ 36'0 \\ \Rightarrow \text{d } (-0,6) & = & -\ 0'5 \\ \hline \text{Dekl.} & = & \underline{\underline{\text{S } 19^\circ\ 35'5}} \end{array}$$

9.3 Aries GHA (\surd GHA)

Av praktiske grunner er det gunstig å ha et fast punkt på himmelens ekvator som referansepunkt, og som ligger i ro i forhold til stjernene. Dette punktet kalles Ariespunktet (\surd), og som er det sted på himmelens ekvator hvor sola står ved vårjevndøgn.

Den innbyrdes stillingen til de forskjellige stjernene er praktisk talt uforandret over lange perioder, og det er derfor ikke nødvendig å tabulere GHA for hver enkelt stjerne. I stedet er det oppført GHA for Ariespunktet for hver time.

Eksempel 9.3.1

Finn Aries GHA for UTC 10-20-30 den 13. oktober 2003.

Løsning:

$$\begin{array}{rcl} \surd \text{ GHA } 10^t & = & 171^\circ 33'2 \\ \text{rett. } 20-30 & = & + 5^\circ 08'3 \\ \hline \surd \text{ GHA} & = & \underline{176^\circ 41'5} \end{array}$$

Eksempel 9.3.2

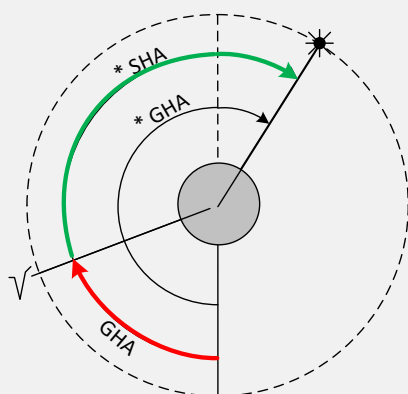
Finn Aries GHA for UTC 13-10-20 den 12. mars 2003.

Løsning:

$$\begin{array}{rcl} \surd \text{ GHA } 05^t & = & 4^\circ 45'8 \\ \text{rett. } 10-20 & = & 2^\circ 35'4 \\ \hline \surd \text{ GHA} & = & \underline{7^\circ 21'2} \end{array}$$

9.4 Siderisk Timevinkel (SHA)

En stjernes SHA og GHA:



En stjernes *sideriske timevinkel*, SHA ("Siderial Hour Angle"), blir målt fra Ariespunktet (\surd) og vestover til stjernens timesirkel.

SHA og deklinasjon er oppført for de mest brukte stjernene en gang pr. 3 dag, og er med på å forenkle tabellverket.

En trenger ingen interpolasjon mellom dagene, verken for SHA eller stjernens deklinasjon, da disse verdiene forandrer seg svært lite i løpet av et år.

Eksempel 9.4.1

Finn SHA og deklinasjon for * Arcturus den 23. januar 2003.

Løsning:

$$\begin{array}{rcl} \text{SHA} & = & \underline{146^\circ 03'2} \\ \text{Dekl.} & = & \underline{\text{N } 19^\circ 09'9} \end{array}$$

9.5 Stjernenes GHA, LHA og deklinasjon

For stjernene er det verken v eller d -rettelse, da det er stjernenes virkelige rotasjonshastighet som er oppført, og stjernene forandrer praktisk talt ikke deklinasjon over lange perioder. Det er kun interpolering for Aries ($\sqrt{\vee}$) under kolonnen merket ARIES i Interpolasjonstabellene.

Vi finner en stjernes LHA slik:

$$\begin{aligned} *LHA &= \sqrt{GHA} + *SHA \pm \text{lengde} \\ *LHA &= *GHA \pm \text{lengde} \end{aligned}$$

Eksempel 9.5.1

Kl. 0745 den 7. juli er et skip er på W 132° 30', og uret går etter sonetid +9.
Finn GHA, LHA og deklinasjon for stjernen Sirius til UTC 16-45-30.

Løsning:

UTC og dato

$$\begin{array}{rcl} \text{LT om bord} & = & 07-45 \text{ 07/07} \\ \text{sone} & = & + 9 \\ \hline \text{ca. UTC} & = & 16-45 \text{ 07/07} \end{array} \quad \text{UTC} = \underline{\underline{16-45-30 \text{ 07/07}}}$$

* Sirius' timevinkel og deklinasjon:

$$\begin{array}{rcl} \sqrt{GHA} \text{ 16 t} & = & 165^\circ 12,4 \\ \text{rett. 45-30} & = & + 11^\circ 24,4 \\ \hline \sqrt{GHA} & = & 176^\circ 36,8 \\ *SHA & = & + 258^\circ 41,0 \quad \Rightarrow \quad \text{Dekl.} = \underline{\underline{S 16^\circ 43'1}} \\ *GHA & = & 435^\circ 17,8 \\ \text{W lgd.} & = & - 132^\circ 30,0 \\ \hline *LHA & = & 302^\circ 47,8 \end{array}$$

Eksempel 9.5.2

Kl. 1033 den 7. juli er et skip er på E 093° 16', og uret går etter sonetid -6.
Finn GHA, LHA og deklinasjon for stjernen Aldebaran til UTC 04-33-02.

Løsning:

UTC og dato

$$\begin{array}{rcl} \text{LT om bord} & = & 10-33 \text{ 07/07} \\ \text{sone} & = & - 6 \\ \hline \text{ca. UTC} & = & 04-33 \text{ 07/07} \end{array} \quad \text{UTC} = \underline{\underline{04-33-02 \text{ 07/07}}}$$

* Aldebarans timevinkel og deklinasjon

$$\begin{array}{rcl} \sqrt{GHA} \text{ 04 t} & = & 344^\circ 42,8 \\ \text{rett. 33-02} & = & + 8^\circ 16,9 \\ \hline \sqrt{GHA} & = & 352^\circ 59,7 \\ *SHA & = & + 290^\circ 58,7 \quad \Rightarrow \quad \text{Dekl.} = \underline{\underline{N 16^\circ 31'0}} \\ *GHA & = & 643^\circ 58,4 \\ \text{E lgd.} & = & + 93^\circ 16,0 \\ *LHA & = & 737^\circ 14,4 \\ \hline & = & - 720^\circ \quad (\text{Må trekke fra 2 ganger } 360^\circ) \\ *LHA & = & 17^\circ 14,4 \end{array}$$

9.6 Planetenes GHA, LHA og deklinasjon

Planetene beveger seg med forskjellig hastighet over himmelkula. Som sagt tidligere bruker vi samme interpolasjonstabell for sola og de fire planetene, men må i tillegg bruke en rettelse ("v-rettelsen") når det gjelder planetene.

Planetenes GHA's forandring pr. time avviker noe fra den faste forandringen pr. time. Dette avviket kalles "v-rettelsen", og er gitt i bueminutter. Rettelsen er vanligvis positiv, unntatt når den er merket minus (-).

Eksempel 9.6.1

Finn planeten Jupiters GHA, LHA og deklinasjon til UTC 05-46-12 den 3. august 2003.
Påværende lengde E 005° 00'.

Løsning:

Lgd. = E 005° 00'
UTC = 05-46-12 3/8

Pl. Jupiters timevinkel og deklinasjon

Pl. GHA 05 t	=	239° 03'2	⇒	Dekl. 05 t	=	N 14° 02'0
rett. 46-12	=	11° 33'0		<u>d (-0,2)</u>	=	- 0'2
<u>v (+1,9)</u>	=	1'5		Dekl.	=	N 14° 01'8
Pl. GHA	=	250° 37'7				
<u>E lgd.</u>	=	+ 5° 00'0				
Pl. LHA	=	255° 37'7				

Eksempel 9.6.2

Finn LHA og deklinasjon for planeten Venus til UTC 13-06-12 den 3. august 2003.
Påværende lengde er W 120° 55'.

Løsning:

Lgd. = W 120° 55'
UTC = 13-06-12 3/8

Pl. Venus' timevinkel og deklinasjon

Pl. GHA 13 t	=	017° 26'8	⇒	Dekl. 13 t	=	N 19° 34'4
rett. 06-12	=	1° 33'0		<u>d (-0,7)</u>	=	- 0'0
<u>v (-0,7)</u>	=	- 0'1		Dekl.	=	N 22° 13'0
Pl. GHA	=	018° 59'7				
<u>W lgd.</u>	=	- 120° 55'0				
	=	- 101° 55'3				
	=	+ 360°				
Pl. LHA	=	258° 04'7				

10 HØYDERETTELSER

10.1 Observert høyde

Med sekstanten måler vi vinkelen mellom den synlige horisont eller kimmingen, og himmellegemet. *Observed høyde er vinkelen mellom den sanne horisont og himmellegemet*, og det er observert høyde vi bruker i våre beregninger.

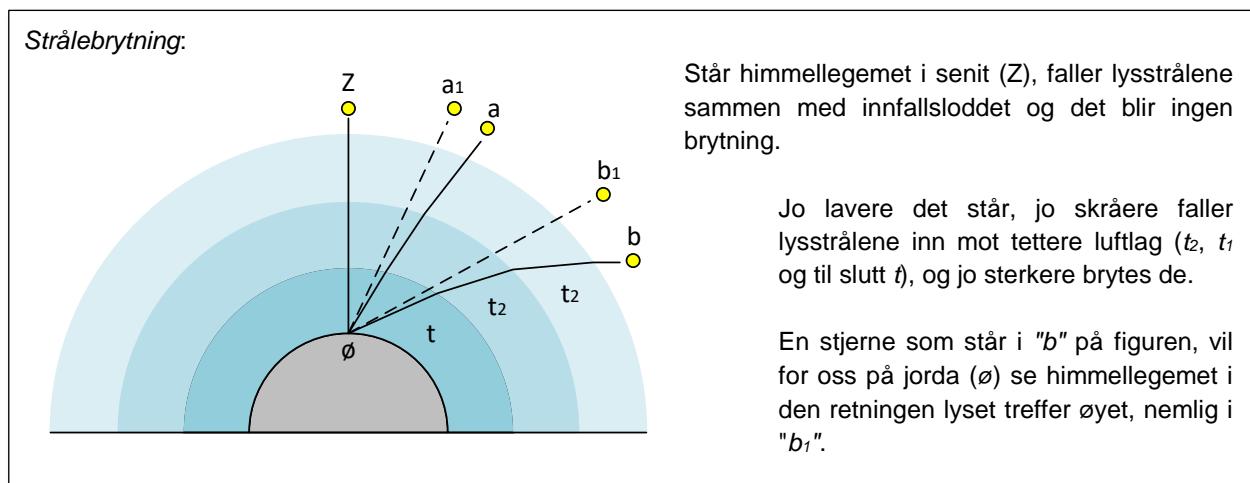
Observed høyde finner vi ved å anvende en del rettelser, ikke bare på sekstanten, men også rettelser som vi finner i tabeller i *Astronomiske tabeller*. I det følgende skal vi ta for oss de forskjellige rettelserne.

10.2 Indeksfeil

Det forutsettes at bruken av sekstanten er kjent, og at det kan være en feil med instrumentet som kalles *indeksfeil*. Indeksfeilen skal bruke *med* sitt fortegn på den avleste høyden på sekstanten. Når vi har rettet for indeksfeil, får vi den vinkelen vi ville ha målt med et feilfritt instrument, altså *målt høyde*.

10.3 Strålebrytning ("refraction")

Jorda er omgitt av atmosfæren, og som er tettest ved jordas overflate og avtar utover. Når lysstråler fra himmellegemer treffer dette luftlaget blir det brutt, det vil si at de forandrer sin retning etter en lov som sier: *Lysstråler som går fra et tynnere til et tettere stoff, brytes mot innfallsloddet*.



Himmellegemer vil derfor synes å stå høyere enn de i virkeligheten gjør, og den vinkelen som himmellegemet ses for høyt, kalles for *strålebrytning* eller *refraksjon*.

Strålebrytningens størrelse er avhengig av luftas tetthet og av himmellegemets høyde. Den tiltar med tettheten og avtar med høyden.

Strålebrytningen er 0 når himmellegemet er i senit. I 45° høyde er den ca. 1', i 20° høyde ca. 2,5' og i 10° høyde over 5'. Så vokser strålebrytningen fort mot horisonten, hvor den er ca. 35'.

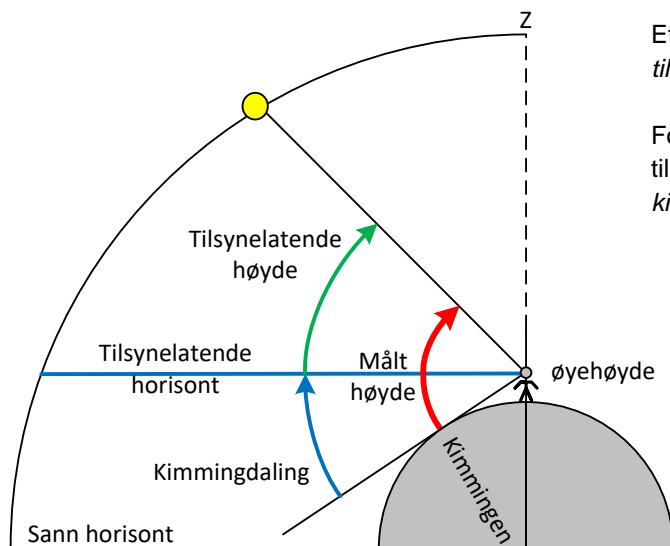
Dette er grunnen til at sola og fullmånen viser seg flattrukete i nærheten av horisonten. *Bruk derfor bare i nødsfall høyder under 10°*.

10.4 Kimmingdalingen («dip»)

Generelt

Kimmingens avstand, og dermed høyden vi måler, er avhengig av øyets høyde over havflaten. Har vi en liten øyehøyde vil kimmingen være nær, og har vi en stor øyehøyde vil kimmingen være langt borte.

Rettelser for kimmingdalingen:



Et plan gjennom observators øye kalles den *tilsynelatende horisont*.

For å få himmellegemets høyde i forhold til den tilsynelatende horisont må vi rette for *kimmingdalingen*.

Kimmingdalingen er vinkelen mellom tilsynelatende horisont og kimmingen.

Kimmingdalingens størrelse er avhengig av øyets høyde over havflaten og vokser med høyden.

Målt høyde rettet for kimmingdalingen gir *tilsynelatende høyde*.

På grunn av strålebrytningen i de nedre luftlag reduseres kimmingdalingen noe, og i tabeller over kimmingdalingen brukes en midlere verdi.

Kimmingens avstand

Under er vist en tabell over kimmingens avstand i nautiske mil (nm) som funksjon av observators høyde (i meter) over havflaten (øyehøyde).

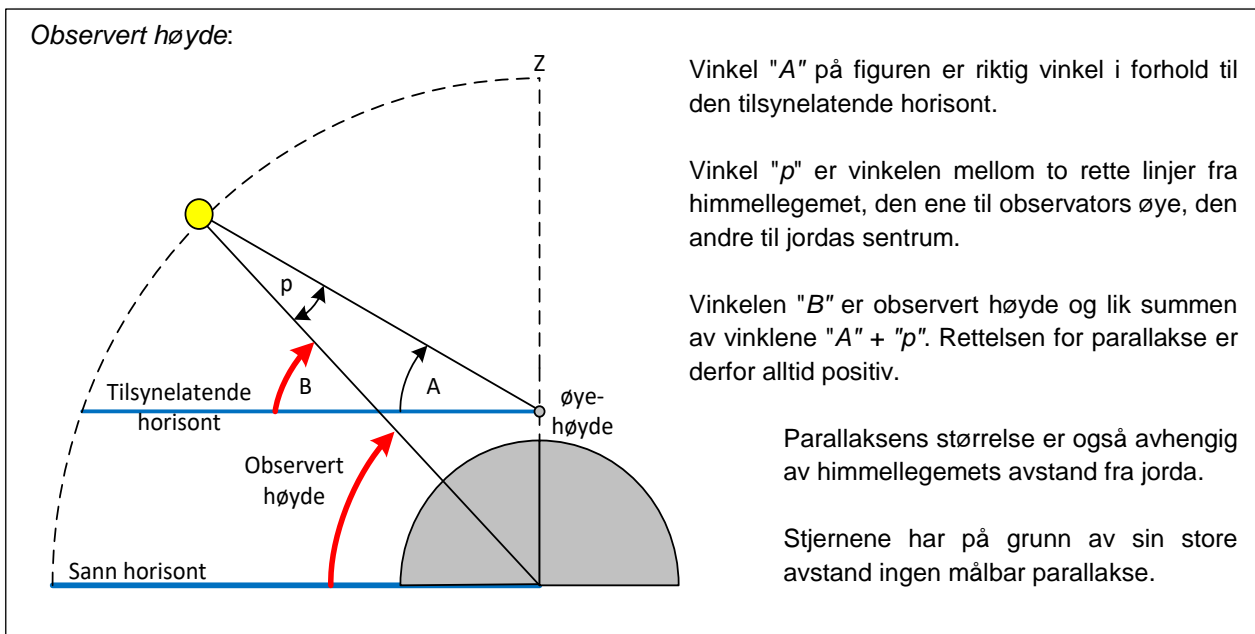
Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)	Hd. (m)	Avst. (nm)
0,5	1,5	8,0	5,9	16	8,3	31	11,6	46	14,1	65	16,8	210	30,2
1,0	2,1	8,5	6,1	17	8,5	32	11,8	47	14,2	70	17,4	220	32,7
1,5	2,5	9,0	6,2	18	8,7	33	11,9	48	14,4	80	18,3	230	35,3
2,0	2,9	9,5	6,4	19	9,0	34	12,1	49	14,5	90	19,2	240	37,8
2,5	3,3	10,0	6,6	20	9,2	35	12,3	50	14,7	100	20,2	250	40,4
3,0	3,6	10,5	6,8	21	9,4	36	12,5	51	14,8	110	21,1	300	42,9
3,5	3,9	11,0	6,9	22	9,6	37	12,6	52	15,0	120	22,0	350	45,5
4,0	4,2	11,5	7,1	23	9,9	38	12,8	53	15,1	130	22,9	400	48,0
4,5	4,4	12,0	7,2	24	10,1	39	13,0	54	15,2	140	23,9	450	50,5
5,0	4,7	12,5	7,4	25	10,3	40	13,1	55	15,4	150	24,8	500	53,1
5,5	4,9	13,0	7,5	26	10,5	41	13,3	56	15,5	160	25,7	600	55,6
6,0	5,1	13,5	7,7	27	10,7	42	13,5	57	15,7	170	26,6	700	58,2
6,5	5,3	14,0	7,8	28	11,0	43	13,7	58	15,8	180	27,6	800	60,7
7,0	5,5	14,5	8,0	29	11,2	44	13,8	59	16,0	190	28,5	900	63,3
7,5	5,7	15,0	8,1	30	11,4	45	14,0	60	16,1	200	29,4	1000	65,8

10.5 Parallaxe (P eller HP)

Solas parallaxe

Etter at målt høyde er rettet for kimmingdalingen og strålebrytning, har vi riktig vinkel i forhold til den tilsynelatende horisont.

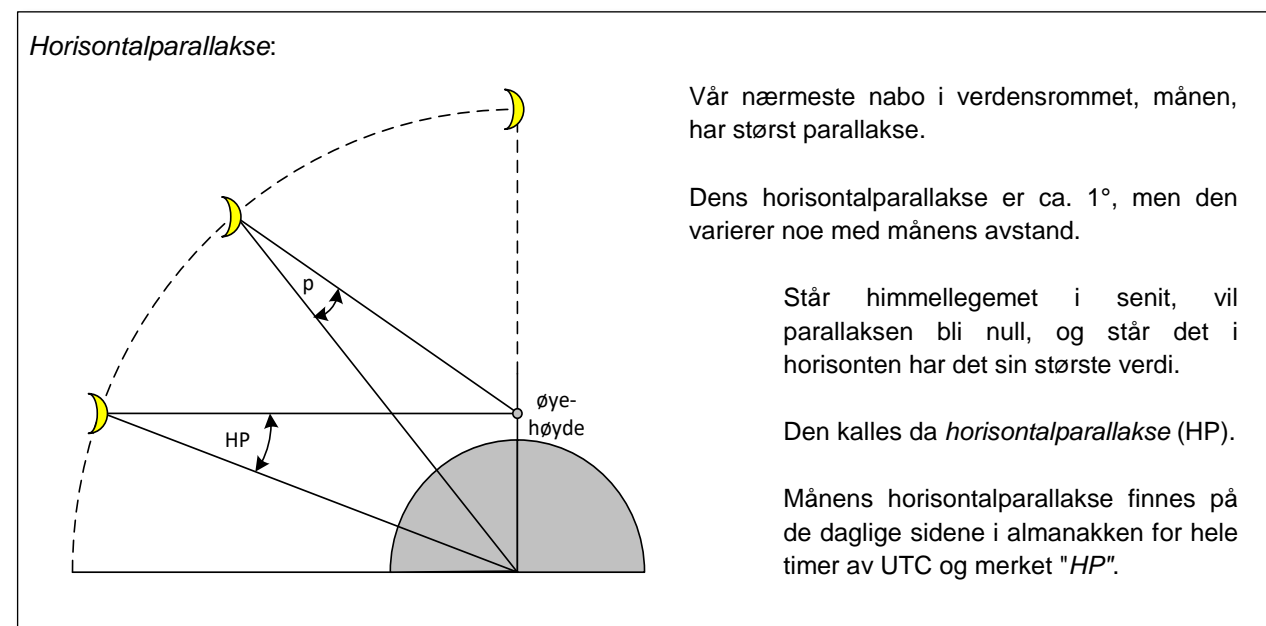
For å finne observert høyde mellom den sanne horisont og himmellegemet, må vi bruke en rettelse kalt *parallaxe* (P).



Planetene oppnår heller ingen betydelig størrelse. Den er størst for Venus, opp til 0,5', men er forskjellig etter som planetens avstand forandrer seg.

Solas horisontalparallaxe er heller ikke stor, omtrent 9". Forskjellen i avstand til de forskjellige årstider har ingen merkbar innflytelse.

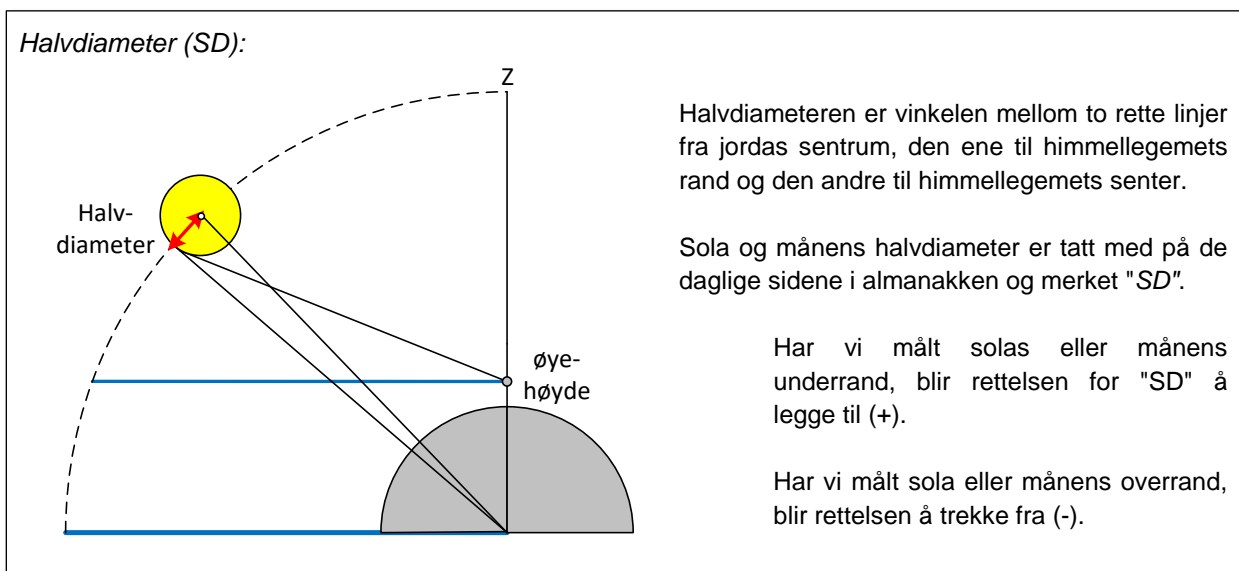
Månens parallaxe



10.6 Halvdiameter (eng. *semidiameter* - SD)

Timevinkel og deklinasjon er i almanakken beregnet ut fra himmellegemenes senter, og når vi skal rette høyder er det himmellegemenes senter vi er ute etter. Når det gjelder stjerner og planeter er derfor de rettelser som hittil er nevnt tilstrekkelige.

Ved sola og månen kan vi ikke måle senterets høyde. Vi måler enten overrandens eller underrandens høyde over kimmingen, og dermed trengs det enda en rettelse for disse to himmellegemene som kalles *halvdiameter*.



Solas halvdiameter er omtrent 16', men vil variere ettersom dens avstand fra jorda varierer med årstidene. Månens halvdiameter er omtrent av samme størrelse som solas, av og til noe større og til andre tider noe mindre.

10.7 Høyderrettelser ved Nautical Almanac (*Astronomiske tabeller*)

De forskjellige tabeller for høyderrettelser står ofte bakerst i almanakken og/eller skilt ut på eget ark (vedlegg). Kimmingdalingen (DIP) er skilt ut som egen rettelse, mens strålebrytning, parallakse og halvdiameter er en samlet rettelse for sol, stjerner og planeter.

Først skal vi se på høyderrettelser for sol, måne og planeter. Rettelsene finner vi under "*ALTITUDE CORRECTION TABLES 10°- 90° -- SUN, STARS, PLANETS*", og tabellen inneholder:

- **DIP**
- rettelse for øyehøyde (kimmingdalingen)
- **Samlet rettelse for sol (☉)**
- App. Alt. (tilsynelatende høyde)
- delt i to, oktober - mars og april - september
- rettelse for underrand (LL) og overrand (UL)
- **Samlet rettelse for stjerner (*) og planeter**
- App. Alt. (tilsynelatende høyde)

Det finnes også rettelser for høyder under 10°, men så lave høyder er forbundet med store svakheter, spesielt pga. strålebrytningen.

A₂ ALTITUDE CORRECTION TABLES 10°-90°—SUN, STARS, PLANETS

OCT.—MAR. SUN			APR.—SEPT.			STARS AND PLANETS				DIP					
App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Corr ⁿ	App. Alt.	Additional Corr ⁿ	Ht. of Eye	Corr ⁿ	Ht. of Eye	Ht. of Eye	Corr ⁿ	
9 34	+10.8	-21.5	9 39	+10.6	-21.2	9 56	-5.3		2003	m		ft.			
9 45	+10.9	-21.4	9 51	+10.7	-21.1	10 08	-5.2		VENUS	2.4	-2.8	8.0	1.0	-1.8	
9 56	+11.0	-21.3	10 03	+10.8	-21.0	10 20	-5.1		Jan. 1–Feb. 20	2.6	-2.9	8.6	1.5	-2.2	
10 08	+11.1	-21.2	10 15	+10.9	-20.9	10 33	-5.0		0	2.8	-3.0	9.2	2.0	-2.5	
10 21	+11.2	-21.1	10 27	+11.0	-20.8	10 46	-4.9		0 +0.2	3.0	-3.1	9.8	2.5	-2.8	
10 34	+11.3	-21.0	10 40	+11.1	-20.7	11 00	-4.8		41 +0.1	3.2	-3.2	10.5	3.0	-3.0	
10 47	+11.4	-20.9	10 54	+11.2	-20.6	11 14	-4.7		76	3.4	-3.3	11.2	See table		
11 01	+11.5	-20.8	11 08	+11.3	-20.5	11 29	-4.6		Feb. 21–Dec. 31	3.6	-3.4	11.9	←		
11 15	+11.6	-20.7	11 23	+11.4	-20.4	11 45	-4.5		0	3.8	-3.5	12.6			
11 30	+11.7	-20.6	11 38	+11.5	-20.3	12 01	-4.4		0 +0.1	4.0	-3.6	13.3	m /		
11 46	+11.8	-20.5	11 54	+11.6	-20.2	12 18	-4.3		60	4.3	-3.7	14.1	20 – 7.9		
12 02	+11.9	-20.4	12 10	+11.7	-20.1	12 35	-4.2		MARS	4.5	-3.8	14.9	22 – 8.3		
12 19	+12.0	-20.3	12 28	+11.8	-20.0	12 54	-4.1		Jan. 1–May 2	4.7	-3.8	15.7	24 – 8.6		
12 37	+12.1	-20.2	12 46	+11.9	-19.9	13 13	-4.0		Dec. 17–Dec. 31	5.0	-3.9	16.5	26 – 9.0		
12 55	+12.2	-20.1	13 05	+12.0	-19.8	13 33	-3.9		0	5.2	-4.0	17.4	28 – 9.3		
13 14	+12.3	-20.0	13 24	+12.1	-19.7	13 54	-3.8		0 +0.1	5.5	-4.1	18.3	30 – 9.6		
13 35	+12.4	-19.9	13 45	+12.2	-19.6	14 16	-3.7		60	5.8	-4.2	19.1	32 – 10.0		
13 56	+12.5	-19.8	14 07	+12.3	-19.5	14 40	-3.6		May 3–June 26	6.1	-4.4	20.1	34 – 10.3		
14 18	+12.6	-19.7	14 30	+12.4	-19.4	15 04	-3.5		Oct. 26–Dec. 16	6.3	-4.4	21.0	36 – 10.6		
14 42	+12.7	-19.6	14 54	+12.5	-19.3	15 30	-3.4		0	6.6	-4.5	22.0	38 – 10.8		
15 06	+12.8	-19.5	15 19	+12.6	-19.2	15 57	-3.3		0 +0.2	6.9	-4.6	22.9			
15 32	+12.9	-19.4	15 46	+12.7	-19.1	16 26	-3.2		41 +0.1	7.2	-4.7	23.9	40 – 11.1		
15 59	+13.0	-19.3	16 14	+12.8	-19.0	16 56	-3.1		76	7.5	-4.8	24.9	42 – 11.4		
16 28	+13.1	-19.2	16 44	+12.9	-18.9	17 28	-3.0		Jan. 27–Aug. 1	7.9	-4.9	26.0	44 – 11.7		
16 59	+13.2	-19.1	17 15	+13.0	-18.8	18 02	-2.9		Sept. 23–Oct. 25	8.2	-5.0	27.1	46 – 11.9		
17 32	+13.3	-19.0	17 48	+13.1	-18.7	18 38	-2.8		0	8.5	-5.1	28.1	48 – 12.2		
18 06	+13.4	-18.9	18 24	+13.2	-18.6	19 17	-2.7		0 +0.3	8.8	-5.2	29.2	ft. /		
18 42	+13.5	-18.8	19 01	+13.3	-18.5	19 58	-2.6		34 +0.2	9.2	-5.3	30.4	2 – 1.4		
19 21	+13.6	-18.7	19 42	+13.4	-18.4	20 42	-2.5		60 +0.1	9.5	-5.4	31.5	4 – 1.9		
20 03	+13.7	-18.6	20 25	+13.5	-18.3	21 28	-2.4		80	9.9	-5.5	32.7	6 – 2.4		
20 48	+13.8	-18.5	21 11	+13.6	-18.2	22 19	-2.3		Aug. 2–Sept. 22	10.3	-5.6	33.9	8 – 2.7		
21 35	+13.9	-18.4	22 00	+13.7	-18.1	23 13	-2.2		0	10.6	-5.7	35.1	10 – 3.1		
22 26	+14.0	-18.3	22 54	+13.8	-18.0	24 11	-2.1		0 +0.4	11.0	-5.8	36.3			
23 22	+14.1	-18.2	23 51	+13.9	-17.9	25 14	-2.0		29 +0.3	11.4	-5.9	37.6	See table		
24 21	+14.2	-18.1	24 53	+14.0	-17.8	26 22	-1.9		51 +0.2	11.8	-6.0	38.9	←		
25 26	+14.3	-18.0	26 00	+14.1	-17.7	27 36	-1.8		68 +0.1	12.2	-6.1	40.1	ft. /		
26 36	+14.4	-17.9	27 13	+14.2	-17.6	28 56	-1.7		83	12.6	-6.2	41.5	70 – 8.1		
27 52	+14.5	-17.8	28 33	+14.3	-17.5	30 24	-1.6			13.0	-6.3	42.8	75 – 8.4		
29 15	+14.6	-17.7	30 00	+14.4	-17.4	32 00	-1.5			13.4	-6.4	44.2	80 – 8.7		
30 46	+14.7	-17.6	31 35	+14.5	-17.3	33 45	-1.4			13.8	-6.5	45.5	85 – 8.9		
32 26	+14.8	-17.5	33 20	+14.6	-17.2	35 40	-1.3			14.2	-6.6	46.9	90 – 9.2		
34 17	+14.9	-17.4	35 17	+14.7	-17.1	37 48	-1.2			14.7	-6.7	48.4	95 – 9.5		
36 20	+15.0	-17.3	37 26	+14.8	-17.0	40 08	-1.1			15.1	-6.8	49.8			
38 36	+15.1	-17.2	39 50	+14.9	-16.9	42 44	-1.0			15.5	-6.9	51.3	100 – 9.7		
41 08	+15.2	-17.1	42 31	+15.0	-16.8	45 36	-0.9			16.0	-7.0	52.8	105 – 9.9		
43 59	+15.3	-17.0	45 31	+15.1	-16.7	48 47	-0.8			16.5	-7.1	54.3	110 – 10.2		
47 10	+15.4	-16.9	48 55	+15.2	-16.6	52 18	-0.7			16.9	-7.2	55.8	115 – 10.4		
50 46	+15.5	-16.8	52 44	+15.3	-16.5	56 11	-0.6			17.4	-7.3	57.4	120 – 10.6		
54 49	+15.6	-16.7	57 02	+15.4	-16.4	60 28	-0.5			17.9	-7.4	58.9	125 – 10.8		
59 23	+15.7	-16.6	61 51	+15.5	-16.3	65 08	-0.4			18.4	-7.5	60.5			
64 30	+15.8	-16.5	67 17	+15.6	-16.2	70 11	-0.3			18.8	-7.6	62.1	130 – 11.1		
70 12	+15.9	-16.4	73 16	+15.7	-16.1	75 34	-0.2			19.3	-7.7	63.8	135 – 11.3		
76 26	+16.0	-16.3	79 43	+15.8	-16.0	81 13	-0.1			19.8	-7.8	65.4	140 – 11.5		
83 05	+16.1	-16.2	86 32	+15.9	-15.9	87 03	0.0			20.4	-7.9	67.1	145 – 11.7		
90 00			90 00			90 00				20.9	-8.0	68.8	150 – 11.9		
										21.4	-8.1	70.5	155 – 12.1		

App. Alt. = Apparent altitude ≡ Sextant altitude corrected for index error and dip.

10.8 Å rette solhøyder

Vi går frem på følgende måte når vi retter solhøyder:

1. Avlest høyde rettes for indeksfeil:
2. Med øyehøyden retter vi for kimmingdalingen:
 - går inn i tabellen merket "DIP" og går inn med øyehøyde i meter (fot).
 - Eks.: - for øyehøyde 10,0 m gjelder rettelsen - 5,6' (10,0 m ligger mellom 10,3 og 9,9)
 - for øyehøyde 10,3 m gjelder rettelsen - 5,7' (tar den nærmeste over).
3. Med tilsynelatende høyde (*apparent altitude*) går en inn i tabellen merket *SUN*:
 - tabellen er delt i to, fra oktober - mars og april - september.
 - tabell for solas underrand (*Lower Limb, LL*) og overrand (*Upper Limb, UL*).

Eksempel 10.8.1

Den 15. april 2003 ble det tatt en observasjon av solas underrand. Avlest høyde på sekstanten var $37^{\circ}15'$. Indeksfeilen var $+1,0'$ og øyehøyden 14,0 m. Finn observert høyde.

Løsning:

Observasjon av solas underrand (LL)

☉ avlest høyde	=	$37^{\circ} 15'0$	
indeksfeil	=	+ 1'0	
<u>Kimmingdalingen (14,0 m)</u>	=	- 6'6	⇒
Tilsynelatende høyde	=	$37^{\circ} 09'4$	⇒
<u>Samlet rettelse (LL)</u>	=	+ 14'7	⇒
<u>☉ observert høyde</u>	=	<u>$37^{\circ} 24'1$</u>	Finnes i kolonnen merket DIP Apparent Altitude (App. Alt.) Finnes i kolonnen apr.-sept. Lower Limb ut fra tilsynelatende høyde (App. alt.)

Eksempel 10.8.2

Den 15. januar 2003 ble det tatt en observasjon av solas overrand. Avlest høyde på sekstanten var $37^{\circ}15'$. Indeksfeilen var $+1,0'$ og øyehøyden 24,0 m. Finn observert høyde.

Løsning:

Observasjon av solas overrand (UL)

☉ avl. hd.	=	$37^{\circ} 15'0$
if.	=	+ 1'0
<u>DIP (24,0m)</u>	=	- 8'6
Tils. hd.	=	$37^{\circ} 07'4$
<u>rett. (UL)</u>	=	- 17'1
<u>☉ obs. hd.</u>	=	<u>$36^{\circ} 50'3$</u>

10.9 Å rette planet- og stjerne høyder

Vi bruker de samme tabellene for stjerner og planeter, men Venus og Mars har en tilleggs rettelse for parallakse og fase. Denne rettelser bør ikke brukes om planetene observeres i dagslys.

1. Avlest høyde rettes for indeksfeil og øyehøyde (DIP).
2. Med tilsynelatende høyde går en inn i tabellen merket "STARS AND PLANETS".
 - Finner rettelser for strålebrytning.
3. Tilleggs rettelse for Venus og Mars.
 - Brukes ikke i dagslys
 - Rettelsen tar hensyn til dato og høyde.

Eksempel 10.9.1

I tussmørket om morgenen den 17. mars 2003 ble det tatt følgende observasjoner:

* Rasalhauges avleste høyde	: 26° 50'0
Pl. Venus' avleste høyde	: 34° 37'5
Sekstantens indeksfeil	: + 2'0
Øyehøyde	: 16,0 m.
Finn observerte høyder.	

Løsning:

Observasjon av * Rasalhaug:

* avl. hd.	= 26° 50'0
if.	= + 2'0
DIP (16,0 m)	= - 7'0
* tils. hd.	= 26° 45'0
corr.	= - 1'9
* obs. hd.	= 26° 43'1

Observasjon av planeten Venus:

Pl. avl. hd.	= 34° 37'5
if.	= + 2'0
DIP (16,0 m)	= - 7'0
Pl. tils. hd.	= 34° 32'5
corr.	= - 1'4
Pl. obs. hd.	= 34° 31'1

Eksempel 10.9.2

I tussmørket om kvelden den 7. september 2003 ble det tatt følgende observasjoner:

* Aldebaran avleste høyde	: 55° 54'0
Pl. Jupiter avleste høyde	: 32° 12'0
Sekstantens indeksfeil	: - 1'4
Øyehøyde	: 12,0 m.
Finn observerte høyder.	

Løsning:

Observasjon av * Aldebaran:

* avl. hd.	= 55° 54'0
if.	= - 1'4
DIP (12,0 m)	= - 6'1
* tils. hd.	= 55° 46'5
corr.	= - 0'7
* obs. hd.	= 55° 45'8

Observasjon av planeten Jupiter:

Pl. avl. hd.	= 32° 12'0
if.	= - 1'4
DIP (12,0 m)	= - 6'1
Pl. tils. hd.	= 32° 04'5
corr.	= - 1'5
Pl. obs. hd.	= 32° 03'0

11 BEREGNING AV HØYDE OG RETTVISENDE PEILING

11.1 Høydemetoden

Som vi har sett, er det bare for ganske små senitdistanser at vi kan sette av opplysningspolen i et vanlig sjøkart og slå en sirkel med senitdistansen som radius for på finne likehøyde sirkelen.

Høydemetoden går ut på å måle himmellegemets høyde med sekstanten samtidig som kronometeret noteres. Den avleste høyde rettes til observert høyde, og kronometervisende rettes for stand til UTC.

Neste trinn er å beregne den høyden himmellegemet ville ha, dersom vi virkelig befant oss i bestikklassen. For å kunne beregne dette må vi ha kjennskap til *posisjonstrekanter*.

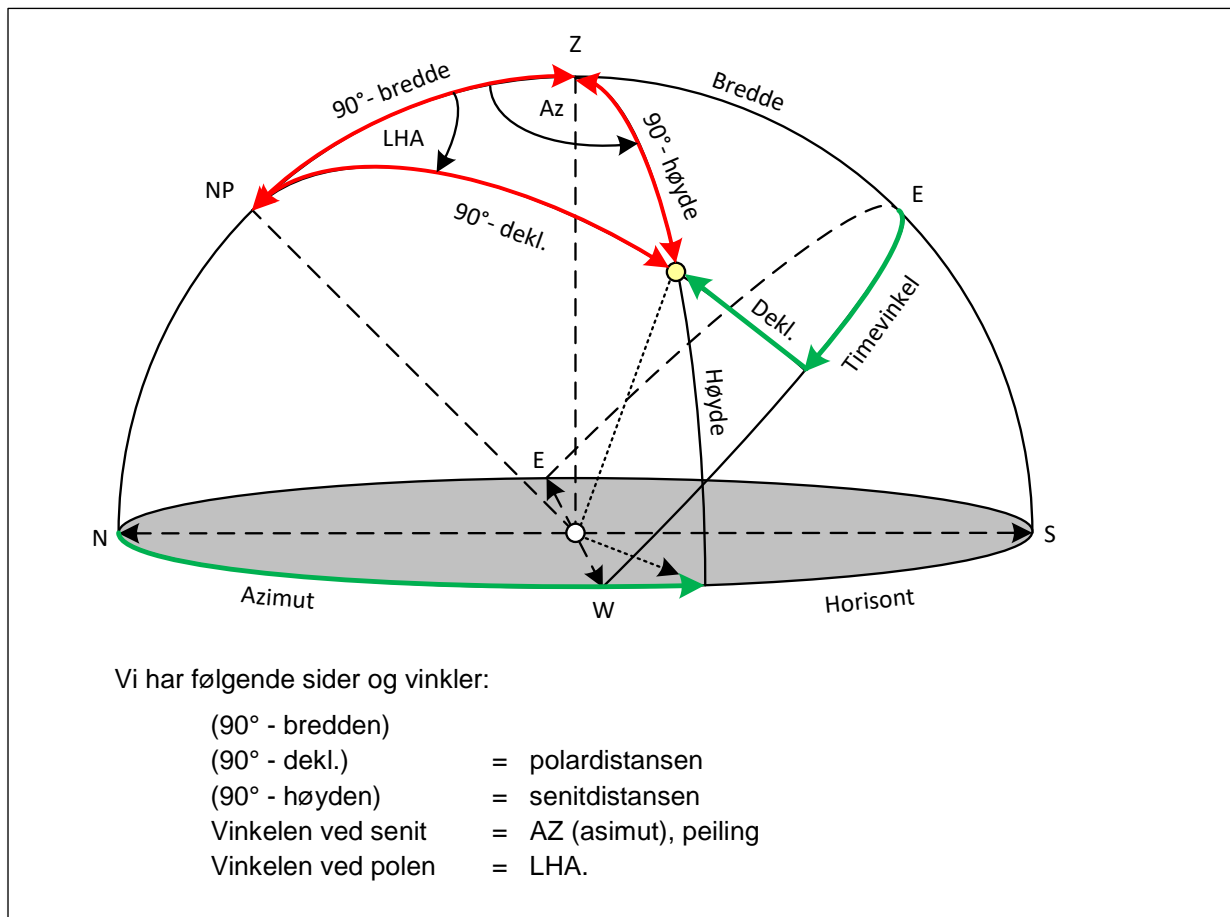
11.2 Posisjonstrekanter

Vertikalsirkelen og timesirkelen gjennom et himmellegeme danner sammen med meridianen en sfærisk trekant som vi kaller *posisjonstrekanter*.

De fleste beregninger i navigasjon går ut på å bestemme sider og/eller vinkler i posisjonstrekanter.

Et gitt klokkeslett gir oss himmellegemets deklinasjon og lokal timevinkel ut fra nautisk almanakk. Den ukjente siden blir da senitdistansen, som er den samme som ($90^\circ - \text{høyden}$), og asimutvinkelen, som er vinkelen ved senit.

Posisjonstrekanter:

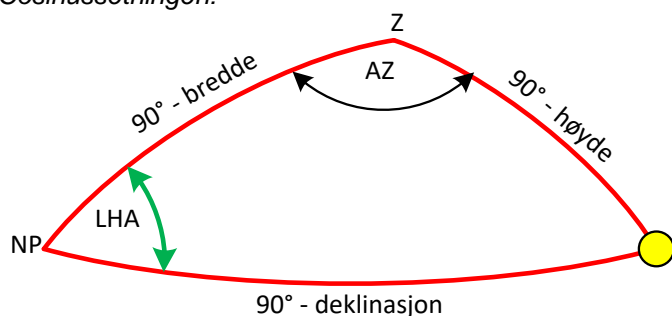


11.3 Høydeformelen

Det som er kjent på et gitt tidspunkt er påværende bredde, timevinkel og deklinasjon. Det gjenstår da å finne himmellegemets høyde og peiling (asimut).

For å finne de forskjellige sidene og vinkler må vi bruke formler for sfærisk geometri, og bruker *cosinussetningen*:

Cosinussetningen:



"Cosinus til en side er lik produktet av cosinusene til de to andre sidene,

pluss produktet av sinusene til de to andre sidene og

cosinus til den mellomliggende vinkelen".

Cosinus til senitdistansen blir da:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - b) \cdot \cos(90^\circ - d) + \sin(90^\circ - b) \cdot \sin(90^\circ - d) \cdot \cos \text{LHA}$$

Cosinus til en vinkel er lik sinus til komplement vinkelen, og vi får høyden ved å omforme slik:

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos \text{LHA} (t)$$

Denne høyden er den høyden en kan forvente å observere dersom vi befinner oss på bestikkplass. Imidlertid vil observert høyde bli noe forskjellig da vi ikke alltid befinner oss på bestikkplass.

Eksempel 11.3.1

Gitt et skip : N 45°00' W 030°00'
Et himmellegeme : Deklinasjon = N 20°00', LHA (t) = 330°00'
Høyde : ?

Løsning:

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 45^\circ 00' \cdot \sin 20^\circ 00' + \cos 45^\circ 00' \cdot \cos 20^\circ 00' \cdot \cos 330^\circ 00' = 0,8172.....$$

$$h = \underline{\underline{54^\circ 48'8}}$$

Eksempel 11.3.2

Gitt et skip : N 45°00' W 030°00'
Et himmellegeme : Deklinasjon = S 20°00', LHA (t) = 30°00'
Høyde : ?

Løsning:

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 45^\circ 00' \cdot \sin -20^\circ 00' + \cos 45^\circ 00' \cdot \cos -20^\circ 00' \cdot \cos 30^\circ 00' = 0,333.....$$

$$h = \underline{\underline{19^\circ 29'2}}$$

11.4 Ukjent stjerne

Formelen under gir oss himmellegemets deklinasjon når høyde og retning er kjent. I delvis overskyet vær kan det være vanskelig å avgjøre hvilken stjerne, eventuelt planet en observerer. Ved å anvende cosinussetningen får vi:

Cosinus til polardistansen:

$$\cos(90^\circ - d) = \cos(90^\circ - b) \cdot \cos(90^\circ - h) + \sin(90^\circ - b) \cdot \sin(90^\circ - h) \cdot \cos p$$

Omformet får vi deklinasjonen slik:

$$\sin d = \sin b \cdot \sin h + \cos b \cdot \cos h \cdot \cos p$$

Vi kan da måle høyden og samtidig peile himmellegemet over kompasset, og den daglige side kan fortelle oss ut fra deklinasjonen hvilket himmellegeme vi har målt.

NB! En må bruke rettvise peiling eller gyropeiling. Kompasspeiling må rettes til rettvise peiling.

Eksempel 11.4.1

Klokken 1920 den 22. mai 2003 befinner et skip i posisjon N 34° 26' W 029° 33'. Uret viste sonetid for sone +2. Det var noe overskyet denne kvelden, men det ble tatt en observasjon av en ukjent stjerne da UTC var 21-23-26. Rettvise peiling til stjernen var 101°, og observert høyde ble beregnet til 49° 35'3". Bestem hvilken stjerne som ble observert.

Løsning:

Posisjonsdata

Kl. : 1920 22/5
 Zone : + 2
 Pos. : N 34°26' W 029°33'

Ukjent stjerne:

UTC : 21-23-26 22/5
 Obs. hd : 49°35'3"
 Rv.p : 101°

Stjernens deklinasjon

$$\sin d = \sin b \cdot \sin h + \cos b \cdot \cos h \cdot \cos p$$

$$\sin d = \sin 34^\circ 26' \cdot \sin 49^\circ 35'3" + \cos 34^\circ 26' \cdot \cos 49^\circ 35'3" \cdot \cos 101^\circ = 0,3285\dots$$

$$d = \underline{\underline{\mathbf{N 19^\circ 10'7}}}$$

Fra Astronomiske tabeller den 22. mai (daglige venstreside)

Ved å gå inn på de daglige venstresider under "STARS", finner vi at det er stjernen **Arcturus** som har en deklinasjon som er nærmest den som er beregnet over.

Det er denne stjernen vi bruker i videre beregninger. For fullstendig observasjonsberegninger av stjerner, se kapittel 11.7 og 13.2

11.5 Himmellegemets peiling; Høydeasimut

Tar vi utgangspunkt i posisjonstrekanten og cosinussetningen, kan vi finne himmellegemets asimut (AZ) når påværende bredde og himmellegemets høyde er kjent:

$$\cos AZ = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h}$$

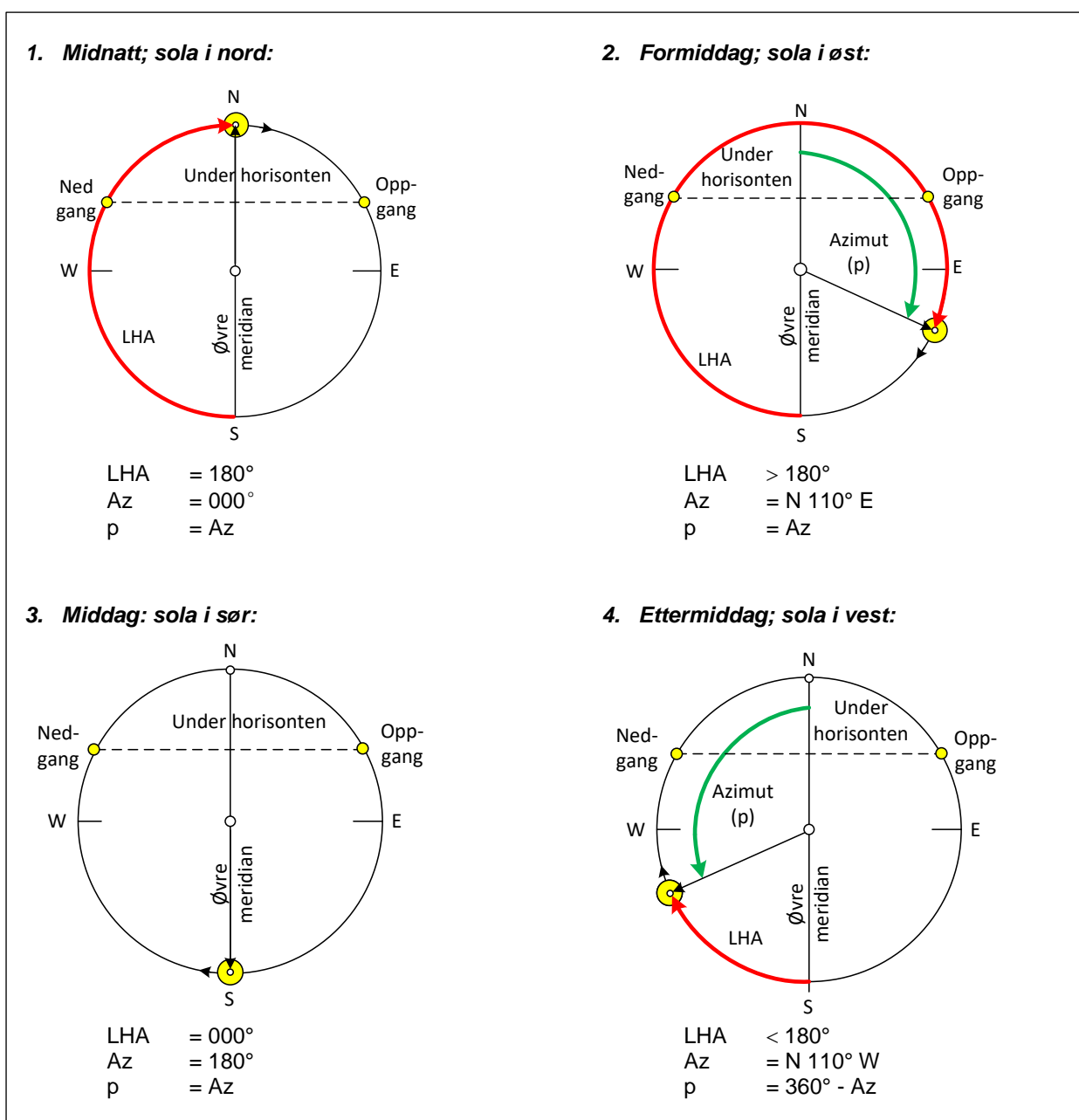
Asimut regnet fra N både på N og S bredde.

Som tidligere sagt er definisjonen på et himmellegemes lokale timevinkel (LHA) himmellegemets avstand vest for den lokale meridian.

$$p = Az \quad \text{når } 0^\circ < LHA < 180^\circ \quad (\text{når sola står på "østhimmelen" om formiddagen})$$

$$p = 360^\circ - Az \quad \text{når } 180^\circ < LHA < 360^\circ \quad (\text{når sola står på "vesthimmelen" om ettermiddagen})$$

Ved å kombinere horisontsystemet (grønt) med ekvatorsystemet (rødt) sett ovenfra (pol), kan vi danne oss et bilde av forholdet mellom LHA og peiling (Az) på våre bredder.



11.6 Beregning av høyde og rettviseende peiling av sola

Eksempel 11.6.1

Et skip er i posisjon er N 35°12' W 068°22' den 13. april 2003. Skipsuret viste 15-25, og uret gikk etter tidssone +4. Kronometeret viste 07-21-23 og kronometerets stand var + 00-04-05. Hva er beregnet høyde, asimut og rettviseende peiling av sola i dette øyeblikket?

Løsning:

Posisjonsdata

Tid : 1525 13/4
sone : + 4
Pos. : N 35°12' W 068°22'

UTC og dato

LT om bord	= 15-25 13/4	Kr. v.	= 07-21-23
sone	= + 4	stand	= + 0-04-05
Omtr. UTC	= 19-25 13/4	UTC	= 19-25-28 13/4

Solas timevinkel og deklinasjon

⊙ GHA 19 t	= 104° 51'6	⇒	Dekl. 09 t	= N 9° 06'2
rett. 25-28	= + 6° 22'0		d (+0,9)	= + 0'4
⊙ GHA	= 111° 13'6		Dekl.	= N 9° 06'6
W lgd.	= - 68° 22'0			
⊙ LHA	= 42° 51'6			

Beregnet høyde

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 32^{\circ}12' \cdot \sin 9^{\circ}06'6 + \cos 32^{\circ}12' \cdot \cos 9^{\circ}06'6 \cdot \cos 42^{\circ}51'6 \quad = \underline{0,6968\dots}$$

$$h = \underline{44^{\circ}10'3}$$

Rettviseende peiling

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin 09^{\circ}06'6 - \sin 32^{\circ}12'0 \cdot \sin 44^{\circ}10'3)}{\cos 32^{\circ}12'0 \cdot \cos 44^{\circ}10'3} \quad = \underline{-0,3509\dots}$$

Om ettermiddagen, sola må stå i vest

$$Az = \underline{N 110,5^{\circ} W} \quad \Rightarrow \quad p = 360^{\circ} - 110,5^{\circ} \quad = \underline{249,5^{\circ}}$$

11.7 Beregning av høyde og rettvise peiling av stjerner

Eksempel 11.7.1

Klokken 1920 den 22. mai 2003 befinner et seg i posisjon N 34° 26' W 029° 33'. Uret viste sonetid for sone +2. Det ble tatt en observasjon av stjernen Arcturus, og UTC viste 21-23-26. Avlest høyde 49° 45'2, indeksfeil – 1'0 og øyehøyde var 21,00 m. Bestem høydeforskjell og rettvise peiling.

Løsning:

Posisjonsdata

Tid : 1920 22/5
sone : + 2
Pos. : N 34°26' W 029°33'

UTC og dato

LT om bord = 19-20 22/5
Zone = + 2
Omrtr. UTC = 21-20 22/5 **UTC = 21-23-26 22/5**

Stjernens timevinkel og deklinasjon

√ GHA 21 t = 195° 04'3
rett. 23-26 = + 5° 52'5
√ GHA = 200° 56'5
*SHA = + 146° 02'6 ⇒ **Dekl. = N 19° 09'9**
*GHA = 346° 59'4
W lgd. = - 29° 33'0
⊙ LHA = 317° 26'4

Beregnet høyde

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 34^{\circ}26' \cdot \sin 19^{\circ}09'9 + \cos 34^{\circ}26' \cdot \cos 19^{\circ}09'9 \cdot \cos 317^{\circ}26'4 \quad \underline{= 0.759...}$$

$$h = \underline{49^{\circ}25'1}$$

Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin 19^{\circ}09'9 - \sin 34^{\circ}26' \cdot \sin 49^{\circ}23'5)}{\cos 34^{\circ}26'0 \cdot \cos 49^{\circ}23'5} \quad \underline{= -0.1881...}$$

LHA er større enn 180°, stjernen må stå på østhimmelen:

$$Az = \underline{N 100.8^{\circ} E} \quad \Rightarrow \quad p = \underline{101^{\circ}}$$

11.8 Beregning av høyde og rettviseende peiling av planeter

Eksempel 11.8.1

Kl. 0515 om morgenen den 12. mars 2003 blir det tatt en observasjon av planeten Mars. Skipsuret gikk etter sone -12. Skipets bestikkposisjon var S 50° 15' E 179° 12'. UTC ved observasjonen var 17-15-25. Bestem planetens beregnet høyde og rettviseende peiling.

Løsning:

Posisjonsdata

Pos. = S 50° 15' E 179° 12'
sone = - 12
UTC = 13-06-12 3/8

UTC og dato

LT om bord = 05-15 12/3
Zone = - 12
Omtr. UTC = 17-15 11/3 **UTC = 17-15-25 11/3**

Pl. Mars' timevinkel og deklinasjon

Pl. GHA 13 t	=	149° 12'4	⇒	Dekl. 17 t	=	S 23° 34'3
rett. 15-25	=	3° 51'3		<u>d (0,0)</u>	=	- 0'0
<u>v (0,7)</u>	=	- 0'2		Dekl.	=	S 23° 34'3
Pl. GHA	=	153° 03'9				
W lgd.	=	+ 179° 12'0				
Pl. LHA	=	- 332° 15'9				

Beregnet høyde

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin -50^{\circ}15' \cdot \sin -23^{\circ}34'3 + \cos -50^{\circ}15' \cdot \cos -23^{\circ}34'3 \cdot \cos 332^{\circ}15'9 \quad \equiv \underline{0,8262\dots}$$

$$h = \underline{55^{\circ} 42'7}$$

Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin -23^{\circ}34'3 - \sin -50^{\circ}15' \cdot \sin 55^{\circ}42'7)}{\cos -50^{\circ}15' \cdot \cos 55^{\circ}42'7} \quad \equiv \underline{-0,2052\dots}$$

LHA er større enn 180°, stjernen må stå på østhimmelen:

$$Az = \underline{N 078^{\circ} E} \quad \Rightarrow \quad p = \underline{078^{\circ}}$$

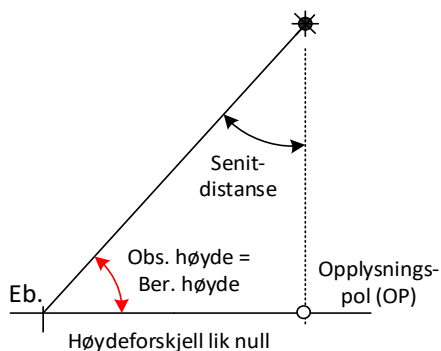
12 ASTRONOMISKE STEDLINJER

12.1 Høydeforskjell; forskjell på observert og beregnet høyde

Når vi har beregnet høyde og peiling, står det igjen å sammenligne med observert høyde. For enkelthetens skyld skal vi foreløpig sammenligne senitdistansene, det vil forenkle figurene noe.

Det kan nå tenkes tre muligheter:

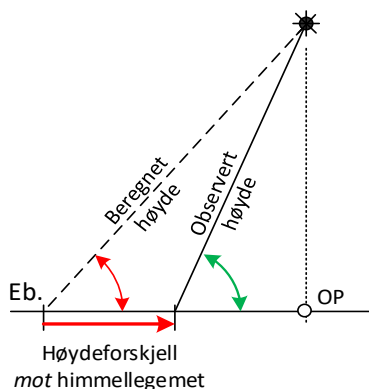
1. Observert og beregnet like store:



Er observert og beregnet senitdistanse like store, må det bety at den observerte likehøydesirkel går gjennom bestikkplassen.

Observedt og beregnet høyde er like store.

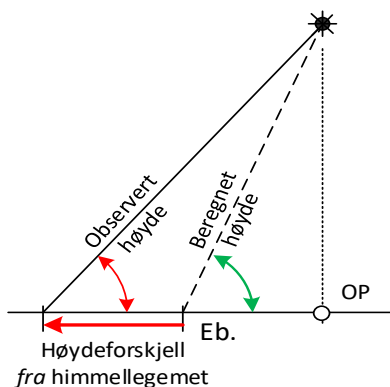
2. Observert mindre enn beregnet:



Er den observerte senitdistanse *mindre* enn beregnet senitdistanse, må den observerte likehøydesirkel ligge nærmere opplysningspolen enn bestikkplassen.

Observedt høyde større enn beregnet høyde.

3. Observert større enn beregnet:



Er den observerte senitdistansen *større* enn beregnet senitdistanse, må den observerte likehøydesirkel ligge lenger fra opplysningspolen enn bestikkplassen viser.

Observedt høyde mindre enn beregnet høyde.

For å komme oss fra bestikkplassen til nærmeste punkt i likehøydesirkelen, må vi flytte oss i peilingens retning, til eller fra opplysningspolen (OP). Er forskjellen f. eks. 5', flytter vi oss 5 nm.

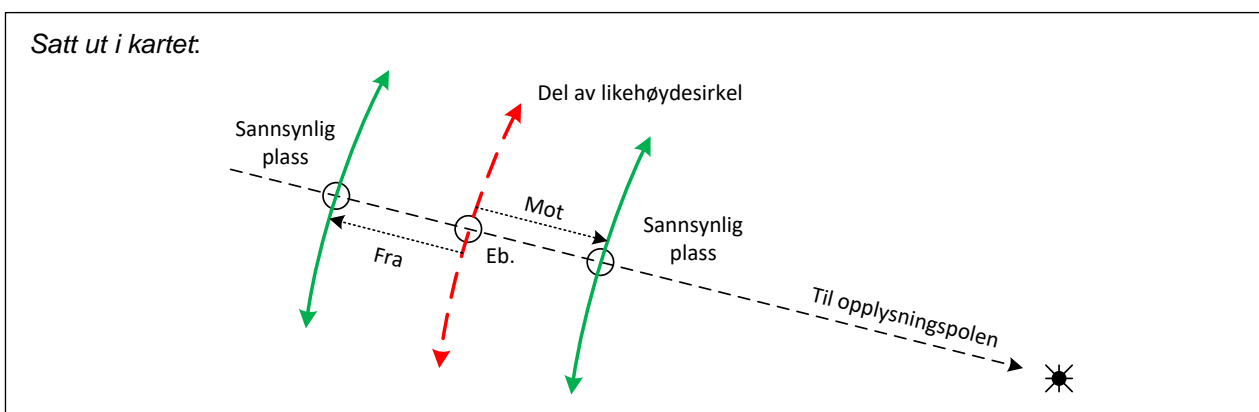
12.2 Sannsynlig plass

Setter vi av bestikkplassen (Eb; etter bestikk) i kartet og trekker et stykke av den beregnede *peilingslinjen* gjennom den, kan vi sette av forskjellen mellom senitdistansene langs peilingslinjen, mot eller fra opplysningspolen. Forskjellen mellom senitdistansene regnes i nautiske mil.

Vi finner da nærmeste punkt på likehøydesirkelen, og vi behøver altså ikke tegne opp mer av peilingslinjen enn forskjellen mellom senitdistansene, og dette punktet vi da finner, kaller vi for *sannsynlig plass* (S.pl.). Det er med andre ord mest sannsynlig at det er der vi befinner oss.

Som kjent er det høyden vi både måler og beregner, og for å bestemme sannsynlig plass får vi da følgende regler:

1. Er observert og beregnet høyde *like store*, går stedlinjen gjennom bestikkplass.
2. Er observert høyde *større* enn beregnet høyde, finner vi sannsynlig plass *mot* opplysningspolen.
3. Er observert høyde *mindre* enn beregnet høyde, finner vi sannsynlig plass *fra* opplysningspolen



I kartet behøver vi bare å tegne opp en liten del av peilingslinjen gjennom bestikkplassen. Høydeforskjellen settes av langs peilingslinjen, mot eller fra himmellegemet. En liten del av likehøydesirkelen settes av, og en finner sannsynlig plass.

Eksempel 12.2.1

Den 13. april, ble solas høyde beregnet til $44^{\circ}11'4''$. Solas avleste høyde ble målt til $43^{\circ}59'0''$. Sekstantens indeksfeil var $+1'0''$ og øyehøyde 14,0 m. Bestem høydeforskjell og retning.

Løsning:

Høydeforskjell og retning

☉ avl. hd	=	$43^{\circ} 59'0''$
if.	= +	$1'0''$
<u>DIP (14,0 m)</u>	= -	$6'6''$
App. alt.	=	$43^{\circ} 53'4''$
<u>cor. (LL)</u>	= +	$15'0''$
☉ obs. hd.	=	$44^{\circ} 08'4''$
☉ ber. hd.	= -	$44^{\circ} 11'4''$
Høydeforskj.	= -	$3'0''$ fra

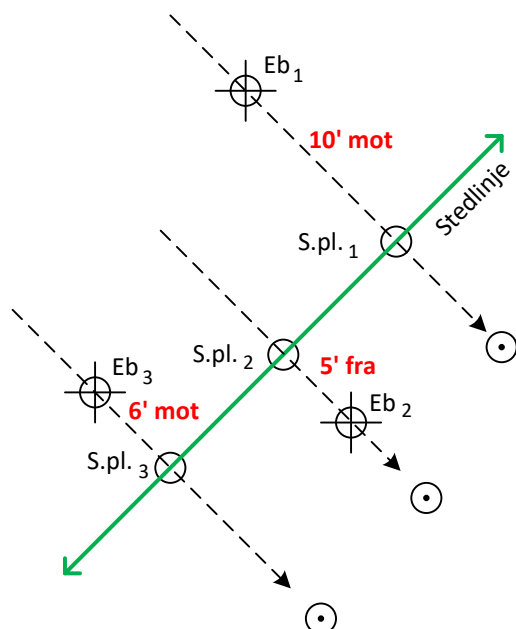
Ved å sette opp på følgende måte, får vi høydeforskjellen ut med fortegn.

Fortegnet (+) gir høydeforskjell mot himmellegemet, mens fortegnet (-) gir høydeforskjell fra himmellegemet.

12.3 En bestemt UTC og en bestemt høyde gir en bestemt stedlinje

Vi skal se litt på beliggenheten av stedlinjen i forhold til bestikkplassen. Bestikkplassen kan nemlig være usikker av flere grunner, som for eksempel gal logg eller feil kalkulert virkning av vind og strøm.

Forskjellig bestikkplass og stedlinjen:



Sett at påværende plass etter bestikk er EB_1 på figuren.

Det tas så en observasjon av sola som regnes ut fra denne bestikkplassen, og observasjonen gir som resultat en høydeforskjell 10' mot, og rettvise peiling til sola 135° .

Var den samme observasjonen med samme UTC og samme høyde regnet ut fra EB_2 i samme figur, hadde vi fått en høydeforskjell på 5' fra og fremdeles samme peiling.

Som sagt tidligere er det UTC som bestemmer opplysningspolens beliggenhet, og det er observert høyde som gir oss senitdistansen.

Så lengde UTC og observert høyde er den samme, ligger stedlinjen på samme sted, likegyldig hvor navigatøren tror han er.

I beregningen vil dette vise seg i de forskjellige *høydeforskjeller*. Når de stedene vi bruker til beregning av høyden ikke ligger mer enn ca. 30' fra hverandre i bredde og lengde, får vi ikke noen nevneverdig forskjell i retningen til opplysningspolen.

Det spiller altså ingen rolle, innen rimelighetens grenser, hvilken plass vi regner høyden fra. Stedlinjen blir den samme, men sannsynlig plass vil bli forskjellig. Dette vil imidlertid bli korrigert med flere stedlinjer da man får en observert plass.

12.4 Å finne sannsynlig plass på et stykke papir

Har man ikke kart i egnet målestokk eller plottekart for hånden, kan vi på et stykke rutepapir konstruere et lite område av et kart og sette ut stedlinjen på for å finne en sannsynlig plass.

Vi vet at breddeminuttene stort sett er like lange langs meridianen. Lengdeminuttene derimot avtar med økende bredde med cosinus til bredden. På et stykke papir kan vi konstruere dette da vi kjenner bestikkplassen.

Vi velger helst breddeminuttet lik 1 cm eller 0,5 cm da dette gjør det lettere å sette av høydeforskjellene med lineal. Deretter multipliserer vi breddeminuttet med cosinus til bestikkbredden og finner lengden på lengdeminuttene.

$$1 \text{ breddeminutt} = 1 \text{ cm}$$

$$1 \text{ lengdeminutt} = 1 \text{ cm} \cdot \cos b$$

Eksempel 12.4.1

Et skip er etter bestikk i posisjon N 60°05' W 022°12'. Om ettermiddagen kl. 1535, loggen viste 23, ble det tatt en observasjon av sola som ga følgende resultat:

Sola: Rettvisende peiling = 225°
 Høydeforskjell = 3' fra

Løsning:

- Sett av bestikkplassen vilkårlig på et rutepapir
- Velg breddeminuttene til for eksempel 1 cm.
- Gjør det lettere å sette ut høydeforskjellene.

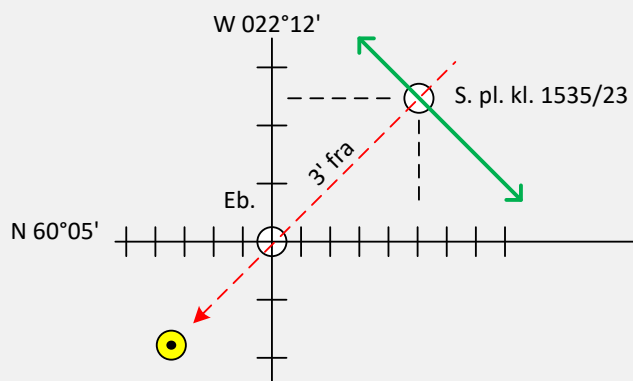
$$b' = 1,00 \text{ cm}$$

Lengdeminuttene blir da:

$$l' = 1 \cdot \cos b = 1 \text{ cm} \cdot \cos 60^{\circ}05' \approx 0,50 \text{ cm}$$

- Med lineal kan en nå sette ut en del meridianer langs bestikkbredden.
- Konstruerer deretter stedlinjene med lineal og transportør eller parallellforskyver.

Plotteskisse:



Sannsynlig plass kl. 1535/23:

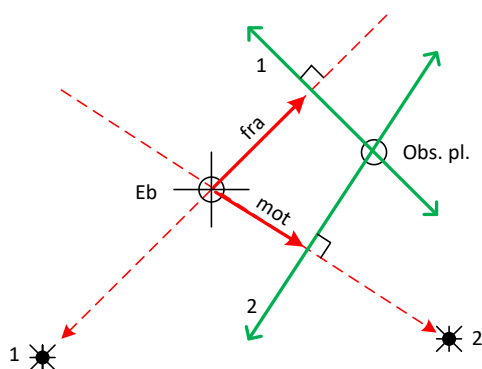
Eb.	=	N 60° 05'0	W 022° 12'0
δ	=	N 2'5	E 5'0
<u>S.pl.</u>	=	<u>N 60° 07'5</u>	<u>W 022° 07'0</u>

12.5 Observert plass

Som forklart tidligere, må vi minst ha to stedlinjer for å bestemme posisjonen vår. Vi må ha skjæring mellom to eller flere stedlinjer for å få en *observert plass* (Obs. pl.).

Om dagen kan vi leilighetsvis få to samtidige observasjoner, nemlig av sola og månen eller av sola og en planet, men det er ikke vanlig. Skal vi får to eller flere samtidige observasjoner, må vi bruke stjernene og eventuelt en planet.

Observert plass:



Når vi kaller observasjonene for samtidige, er det ikke å forstå bokstavelig. En mann kan naturligvis ikke foreta to målinger samtidig.

Først må han ta den ene, lese av høyden på sekstanten og skrive den ned sammen med kronometervisende, deretter kan han ta den andre.

Det vil altså gå et par minutter mellom observasjonene, men for så kort tid vil utseilt distanse mellom observasjonene være så liten at vi kan betrakte dem som tatt samtidig.

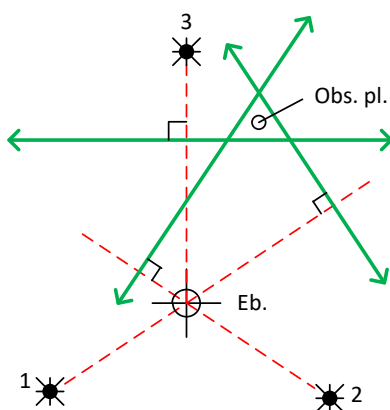
Det er ikke sikkert at en observert plass er helt riktig, fordi våre observasjoner som oftest er mer eller mindre feil. Dette kan skyldes småfeil ved målingen, feil med instrumentene eller ugunstige værforhold.

Men når vi bruker uttrykket observert plass, mener vi en plass som er så sikker som de hjelpemidlene vi har samt navigatørens nøyaktighet, kan skaffe den.

12.6 Tre observasjoner

I alminnelighet viser det seg at stedlinjene ikke skjærer hverandre i samme punkt, men at det kommer frem en større eller mindre trekant som vi kaller *feiltrekanten*.

Feiltrekanten:



Vi går ut fra at de tre observasjonene er tatt med like stor forskjell i asimut, altså ca. 120° mellom himmellegemene.

1. Høydeforskjell fra himmellegemet
2. Høydeforskjell fra himmellegemet
3. Høydeforskjell mot himmellegemet

Likeledes går vi ut fra at feil med høydemålingene, slik som gal indeksfeil, feil kimningdaling, personlig feil ved bedømmelse av horisonten etc., er den samme ved alle tre observasjonene.

Får vi da en "rimelig" feiltrekant, regner vi i alminnelighet med at observert plass er midt i trekanten.

12.7 Stedlinjers feil

Generelt

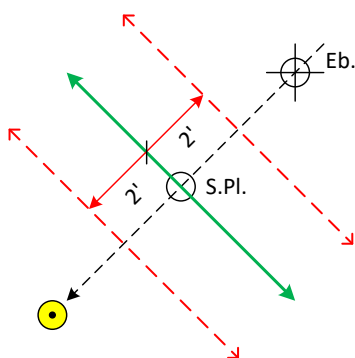
En stedlinje vil som oftest være noe feil, og dette kan skyldes:

1. Feil i observert høyde
2. Feil UTC
3. Feil asimut
4. Feil fordi vi betrakter tangenten som en del av likehøydesirkelen
5. Ved flytting av stedlinjer kan vi få feil pga. unøyaktighet i bestikket.

Feil i observert høyde

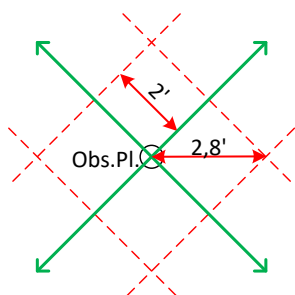
Sett at vi i et gitt tilfelle mener at observert høyde er opptil $\pm 2'$ feil. Feilen kan skyldes dårlig horisont, feilaktig kimmingdaling eller andre årsaker.

a) En stedlinje:



I kartet vil skipets plass ligge i et belte mellom to parallelle stedlinjer, trukket i en avstand av 2 nm på hver side av den observerte stedlinjen.

b) To stedlinjer:

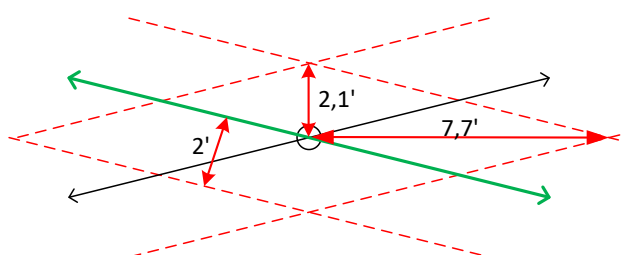


Figuren viser hvordan forholdet vil være ved to samtidige observasjoner når vinkelen mellom stedlinjene er 90° .

Antatt feil i observert høyde er den samme ved begge observasjonene.

Feilen kan her komme opp i $2,8'$.

Jo mer vinkelen mellom stedlinjene avviker fra 90° , jo større blir avstanden mellom hjørnene og jo større kan feilen bli.



Figuren viser et eksempel hvor stedlinjene skjærer hverandre under 30° vinkel.

Vi ser at feilen kan komme opp i $7,7'$.

Feil i UTC

Som vi vet er opplysningspolens lengde lik himmellegemets timevinkel vest for Greenwich-meridianen. Blir UTC feil, blir opplysningspolens lengde feil.

Feilen blir 1 lengdeminutt for hver 4 sekunder i tid.

Dermed vil også hvert punkt på likehøydesirkelen, som jo er slått om opplysningspolen som sentrum, bli flyttet et tilsvarende stykke rettvise øst eller vest.

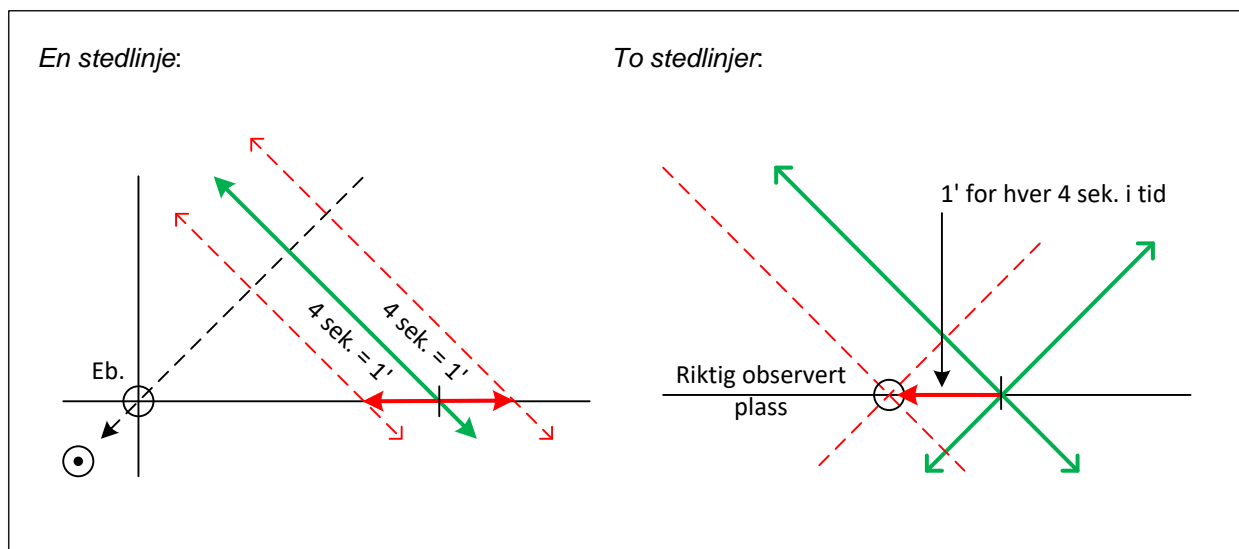
En feil i UTC virker derfor til en parallellforskyvning av stedlinjen i rettvise øst eller vest.

*Er den benyttede UTC for liten, vil stedlinjen ligge for langt øst; **må flyttes vestover***

*Er den benyttede UTC for stor, vil stedlinjen ligge for langt vest; **må flyttes østover***

Ha vi 2 samtidige observasjoner, vil hver stedlinje bli forskjøvet det samme stykket, samme vei, forutsatt samme feil i UTC. Observert lengde blir følgelig like meget feil.

På observert bredde har en feil i UTC ingen innflytelse.



Feil i asimut

En feil i asimut vil gjøre at stedlinjen blir dreiet en så stor vinkel som feil i asimut angir. Har vi en feil på 1° , vil det være 0,5 nm forskjell mellom den riktige og den beregnede stedlinje når vi kommer 30 nm fra sannsynlig plass.

Feil pga. asimut har liten praktisk betydning da vi normalt kan bestemme asimuten med 1° 's nøyaktighet.

13 HØYDEOBSERVASJONER

13.1 Fullstendig høydeobservasjon av sola

Eksempel 13.1.1

Kl. 1410 den 3. november 2003 var et skip etter bestikk i posisjon N 50°05' W 178°10'. Uret viste sonetid for sone +11. Det ble foretatt en observasjon av solas underrand. Avlest høyde var 21°33'1", og kronometeret viste 00-11-12 i observasjonsøyeblikket. Kronometerets stand var +00-58-16, sekstantens indeksfeil +1'5 og øyehøyden var 21,0 m. Finn sannsynlig plass.

Løsning:

(1) Posisjonsdata

Dato : Kl. 1410 3. nov. 2003
sone : + 11
Eb : N 50° 05' W 178° 10'

(2) Korrekt UTC og dato

LT om bord	= 14-10 03/11		Kr. v.	= 00-11-12
Zone	= + 11		Kr. st.	= + 0-58-16
ca. UTC	= 01-10 04/11	→	UTC	= 01-09-28 04/11

(3) Timevinkel og deklinasjon

⊙ GHA 01 t	= 199° 06'4	⇒	⊙ dekl. 01 t	= S 15° 11'2
rett. 09-28	= 2° 22'0		(d = + 0'8)	= + 0'1
⊙ GHA	= 201° 28'4		⊙ dekl.	= S 15° 11'3
W lqd.	= - 178° 10'0			
⊙ LHA	= 23° 18'4			

(4) Beregnet høyde og rettv. peiling

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 50^{\circ}05' \cdot \sin 14^{\circ}52'6 + \cos 50^{\circ}05' \cdot \cos 14^{\circ}52'6 \cdot \cos 23^{\circ}18'4 = 0,...$$

$$h = \underline{\underline{21^{\circ} 34'7}}$$

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin -15^{\circ}11'3 - \sin 50^{\circ}05'0 \cdot \sin 21^{\circ}34'7)}{\cos 50^{\circ}05'0 \cdot \cos 21^{\circ}34'7} = \underline{\underline{-0,7884..}}$$

$$Az = \underline{\underline{N 142^{\circ} W}} \Rightarrow p = 360^{\circ} - 142^{\circ} = \underline{\underline{218^{\circ}}}$$

(5) Høydefeil og retning

⊙ avl. hd. = 21° 33'1
if = + 1'5
DIP (21 m) = - 8'1
⊙ app. alt. = 21° 26'5
corr. LL = + 13'9
⊙ obs. hd. = 21° 40'4
⊙ ber. hd. = - 21° 34'7
H.f. = + 5'7 mot

(6) Sannsynlig plass Kl. 1410

N 50 00' W 178° 14'

(fra plotteskisse)

Prøv å tegn plotteskisse selv!

13.2 Fullstendig observasjon av stjerner

Eksempel 13.2.1

Kl. 0624 den 22. januar 2003 var et skip etter bestikk i posisjon N 42°25' W 024°19'. Uret viste sonetid for sone +2. Det ble foretatt en observasjon av * Spica. Avlest høyde var 32°56'0", og kronometeret viste 07-14-32 i observasjonsøyeblikket. Kronometerets stand var beregnet til +01-11-03, sekstantens indeksfeil -1'2. og øyehøyden var 17,0 m. Bestem sannsynlig plass.

Løsning:

Posisjonsdata

Tid : Kl. 0624 22/1
sone : +2
Pos. : N 42°25' W 024°10'

UTC og dato

LT om bord	= 06-24 22/01	Kr. v.	= 07-14-32
Zone	= +2	Kr. st.	= + 1-11-03
ca. UTC	= 08-24 22/01	UTC	= 08-25-35 22/01

* Spica; timevinkel og deklinasjon

√ GHA 08 ^t	= 241°15'6	
rett. 25-35	= + 6°24'8	
√ GHA	= 247°40'4	
★ SHA	= + 158°39'9	★ dekl. = S 11°10'6
★ GHA	= 46°20'3	
W lgd.	= - 24°19'0	
* LHA	= 22°01'3	

Beregnet høyde og peiling

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin 42^\circ 25' \cdot \sin 11^\circ 10' 6 + \cos 42^\circ 25' \cdot \cos 11^\circ 10' 6 \cdot \cos 22^\circ 01' 3 = 0,540\dots$$

$$h = \underline{\underline{32^\circ 43' 8}}$$

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin 11^\circ 10' 6 - \sin 42^\circ 25' 0 \cdot \sin 32^\circ 43' 8)}{\cos 42^\circ 25' 0 \cdot \cos 32^\circ 43' 8} = -0,899\dots$$

$$Az = \underline{\underline{N 154^\circ W}} \Rightarrow p = 360^\circ - 154^\circ = \underline{\underline{206^\circ}}$$

Høydeforskjell og retning

* avlest høyde	= 32°56'2
if.	= - 1'2
DIP (17 m)	= - 7'3
* tils. høyde	= 32°47'7
rett.	= - 1'5
* obs. høyde	= 32°46'2
* ber. høyde	= - 32°43'8
Høydeforskjell	= + 2'4 mot

Sannsynlig plass

N 42°23'8 W 024°20'4

(fra plotteskisse)

Prøv å tegn plotteskisse selv!

13.3 Fullstendig observasjon av planeter

Eksempel 13.3.1

Kl. 0515 om morgenen den 12. mars 2003 blir det tatt en observasjon av planeten Mars. Skipsuret gikk etter sone -12. Skipets bestikkposisjon var S 50° 15' E 179° 12'. UTC ved observasjonen var 17-15-25. Planetens avleste høyde var 55° 56'2, øyehøyden 17,0 meter og sekstantens indeksfeil + 2'0. Bestem sannsynlig plass.

Løsning:

Posisjonsdata

Pos. = S 50° 15' E 179° 12'
sone = - 12
UTC = 17-15-25 3/8

UTC og dato

LT om bord = 05-15 12/3
Zone = - 12
Omtr. UTC = 17-15 11/3

UTC = 17-15-25 10/3

Pl. Mars' timevinkel og deklinasjon

Pl. GHA 17 t	=	149° 12'4	⇒	Dekl. 17 t	=	S 23° 34'3
rett. 15-25	=	3° 51'3		d (0,0)	=	- 0'0
<u>v (0,7)</u>	=	- 0'2		<u>Dekl.</u>	=	<u>S 23° 34'3</u>
Pl. GHA	=	153° 03'9				
<u>E lqd.</u>	=	+ 179° 12'0				
<u>Pl. LHA</u>	=	<u>- 332° 15'9</u>				

Beregnet høyde

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin -50^{\circ}15' \cdot \sin -23^{\circ}34'3 + \cos -50^{\circ}15' \cdot \cos -23^{\circ}34'3 \cdot \cos 332^{\circ}15'9 = 0,8262\dots$$

$$h = \underline{\underline{55^{\circ} 42'7}}$$

Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} = \frac{(\sin -23^{\circ}34'3 - \sin -50^{\circ}15' \cdot \sin 55^{\circ}42'7)}{\cos -50^{\circ}15' \cdot \cos 55^{\circ}42'7} = -0,2052\dots$$

LHA er større enn 180°, stjernen må stå på østhimmelen:

$$Az = \underline{\underline{N 078^{\circ} E}} \quad \Rightarrow \quad p = \underline{\underline{078^{\circ}}}$$

Høydeforskjell og retning

Pl. avl. høyde = 55° 56'2
if. = + 2'0
DIP (17 m) = - 7'3
Pl. tils. høyde = 55° 50'9
rett. = - 0'7
Pl. obs. høyde = 55° 50'2
Pl. ber. høyde = - 55° 42'7

Høydeforskjell = - 7'5 (mot)

Sannsynlig plass Kl. 0515

N 50° 10' E 179° 21'

(fra plotteskisse)

Prøv å tegn plotteskisse selv!

14 BREDDEOBSERVASJONER

14.1 Sola i øvremeridianen (på sitt høyeste)

Ved å måle et himmellegemes høyde i meridianen, har vi, som vi senere skal se, et lettvent middel til å bestemme vår påværende bredde. Det er derfor av interesse å beregne meridianpassasjen på forhånd, for å få opplysning om når vi skal være klar til å måle høyden. Det er tilstrekkelig å regne på helt minutt.

Solas meridianpassasje i Greenwich er oppført på de daglige sider, og det oppførte klokkeslett kan betraktes som *LMT for en hvilken som helst lengde samme dag*.

For å kunne ta ut solas deklinasjon trenger vi UTC. Vi finner UTC ved å gjøre vår lengde om til tid, og anvende den på klokkeslettet for solas meridianpassasje. Deretter anvender vi aktuell tidssone for å finne klokken om bord, ZT.

Eksempel 14.1.1

Når passerer sola øvremeridianen den 7. mai 2003?
Påværende lengde er E 010° 40' og uret viser sonetid for sone -1.

Løsning:

☉ i mer. LMT	=	11-57	7/5
mindre kl. Gr. (10°40')	= -	0-43	.
☉ i mer. UTC	=	11-14	7/5
sone	= -	1-00	.
☉ i mer. LT	=	12-14	7/5

Eksempel 14.1.2

Når er sola i øvremeridianen den 13. oktober 2003?
Påværende lengde er W 077° 30' og uret viser sonetid for sone +5.

Løsning:

☉ i mer. LMT	=	11-46	13/10
større kl. Gr. (77°30')	=	5-10	.
☉ i mer. UTC	=	16-56	13/10
sone	= +	5-00	.
☉ i mer. LT	=	11-56	13/10

Eksempel 14.1.3

Et skip på vei østover har passert "datolinjen", men har fortsatt sonetid for sone -12. Om morgenen den 3. august 2003 er skipet i posisjon N 35° 00' E 181° 30'. Når vil sola være i øvremeridianen denne dagen?

Løsning:

☉ i mer. LMT	=	12-06	3/08
mindre kl. Gr. (181°30')	= -	12-06	.
☉ i mer. UTC	=	00-00	3/08
sone	= -	12-00	.
☉ i mer. LT	=	12-00	3/08

14.2 Breddobservasjon

Generelt

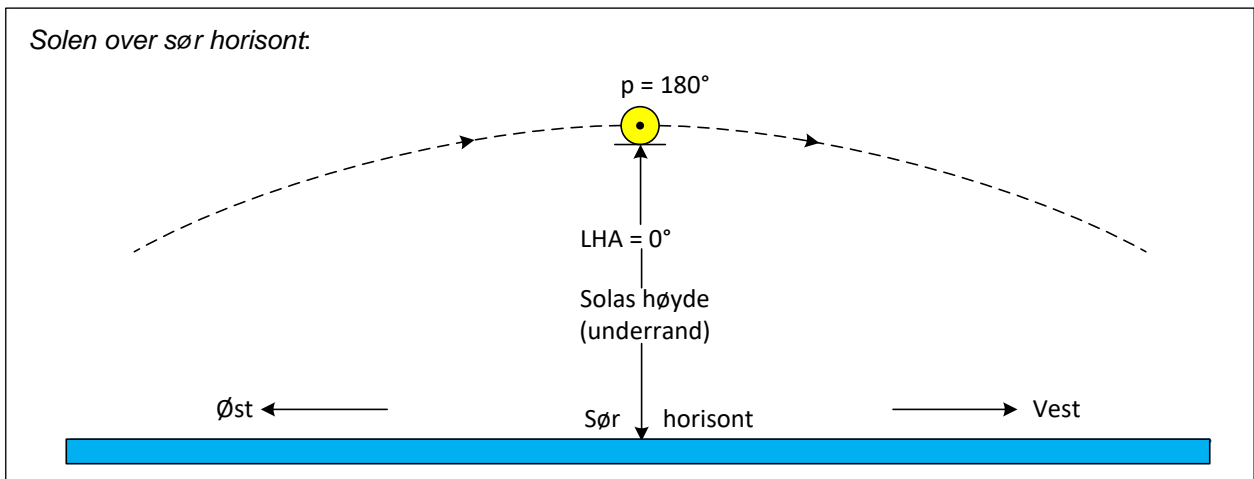
Observerer vi sola idet det kulminerer (er i øvremeridianen på sitt høyeste), er LHA = 0° og rettvise peiling enten 000° eller 180° :

- Er vi nord for solas opplysningspol (deklinasjon) er peilingen 180°
- Er vi sør for solas opplysningspol (deklinasjon) er peilingen 000° .

Stedlinjen går da rettvise øst-vest og faller sammen med den parallellsirkel som observator må stå på. Ved å måle et himmellegemes meridianhøyde, finner vi altså *observert bredde* direkte.

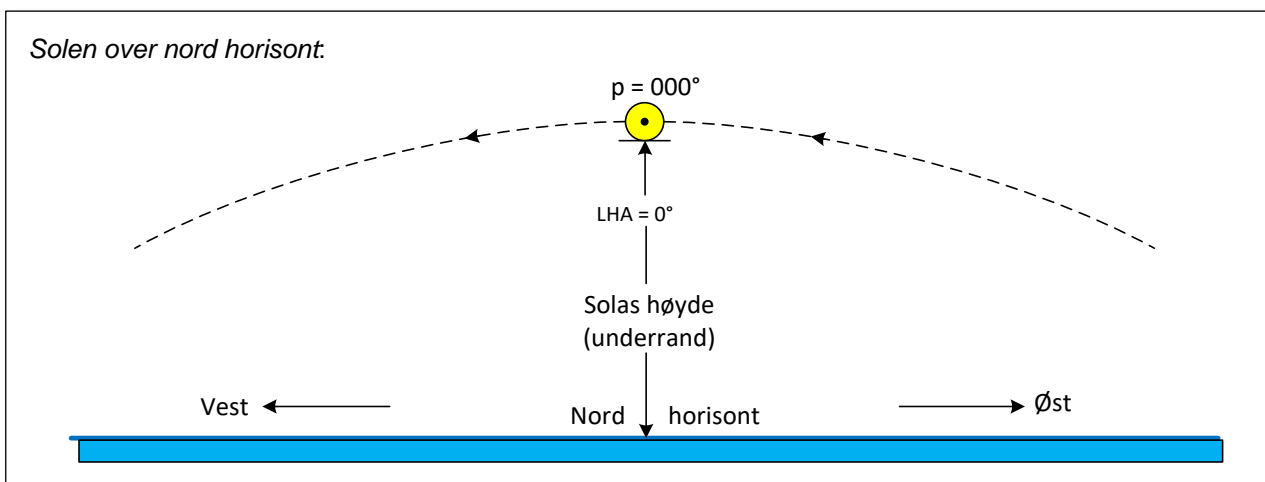
Sola over sør horisont

Når vi ser himmellegemet over sør horisont, er påværende bredde større (eller nordenfor) himmellegemets deklinasjon.



Sola over nord horisont

Når vi ser himmellegemet over nord horisont, er påværende bredde mindre (eller sønnafor) himmellegemets deklinasjon.



14.3 Bruk av høydeformelen ved meridianpassasje

Når et himmellegeme er i øvremeridianen er som sagt tidligere rettvise peiling enten 180° eller 000° alt etter over hvilken horisont en observerer, og timevinkel (LHA) er lik 0° .

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \cos t = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \pm 1$$

Formelen inneholder $\cos t$ som er cosinus til timevinkelen:

- Når et himmellegeme er i øvremeridianen (på sitt høyeste) er timevinkelen 000° , og $\cos 0^\circ = 1$.
- Når et himmellegeme er i nedremeridianen (på sitt laveste) er timevinkelen 180° , og $\cos 180^\circ = -1$.

Beregnet høyde sammenlignes med observert høyde, og en får en høydeforskjell som går enten rettvise nord eller sør.

Eksempel 14.3.1

Den 15. oktober 2003 var et skips påværende plass etter bestikk N $00^\circ 10'$ W $040^\circ 18'$ idet sola ble målt i meridianen over sør horisont. Avlest høyde for solas underrand var $81^\circ 22'0$. Indeksfeilen var $-1'$ og øyehøyden 15 m. Uret viste sonetid for sone +2. Finn urvisende og observert bredde.

Løsning:

Solas meridianpassasje

$$\begin{array}{rcl} \odot \text{ i mer. LMT} & = & 11-46 \quad 15/10 \\ \text{st. kl. Gr.} & = & + \quad 2-41 \\ \hline \odot \text{ i mer. UTC} & = & 14-27 \quad 15/10 \\ \text{sone} & = & + \quad 2 \\ \hline \odot \text{ i mer. omb.} & = & 12-27 \quad 15/10 \end{array}$$

LHA og deklinasjon

$$\text{LHA} = \underline{000^\circ}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Dekl. 14 t} & = & \text{S } 8^\circ 29'7 \\ \text{d (+0,9)} & = & + \quad 0'4 \\ \hline \text{Dekl.} & = & \text{S } 8^\circ 31'1 \end{array}$$

Beregnet høyde og rettvise peiling

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d$$

$$\sin h = \sin 00^\circ 10' \cdot \sin -8^\circ 31'1 + \cos 00^\circ 10' \cdot \cos -8^\circ 31'1 \cdot +1 = \underline{0,9885\dots}$$

$$h = \underline{81^\circ 18'9}$$

$$p = \underline{180^\circ} \quad (\text{over S horisont})$$

Høydeforskjell og retning

$$\text{Avl. hd.} = 81^\circ 22'0$$

$$\text{if} = - \quad 1'0$$

$$\text{DIP (15 m)} = - \quad 6'8$$

$$\text{Tils. hd.} = 81^\circ 14'2$$

$$\text{s. rett. LL} = + \quad 16'0$$

$$\text{Obs. hd.} = 81^\circ 30'2$$

$$\text{Ber. hd.} = - \quad 81^\circ 18'9$$

$$\text{Høydeforskjell} = + \quad 11'3 \text{ mot}$$

Observert bredde

$$\text{Etter bestikk} : \text{N } 00^\circ 10'0$$

$$b_f : \text{S } 0^\circ 11'3$$

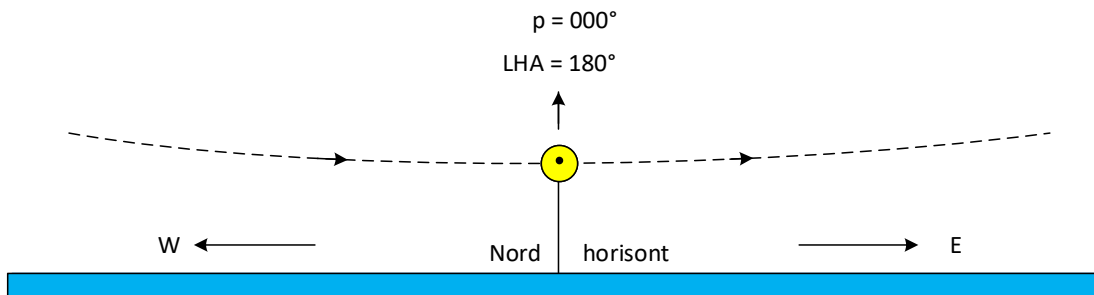
$$\text{Obs. bredde} : \text{S } 00^\circ 01'3$$

14.4 Sola på sitt laveste (nedremeridianen)

Man kan kun se sola i nedremeridianen på N bredde om sommeren (N-lig deklinasjon), og på S bredde om vinteren (S-lig deklinasjon). Man må imidlertid befinne seg på en bredde som er større enn komplementvinkelen til deklinasjonen:

$$b > 90^\circ - \text{deklinasjon.}$$

Sola på sitt laveste på nord bredde:



Når et himmellegemets høyde er under 10° over horisonten, er det forbundet med stor usikkerhet med observasjoner. Dette på pga. strålebrytningen, som får større og større virkning dess nærmere himmellegemet er horisonten.

Derfor er «*Altitude Correction Tables*» inndelt i to; fra « $0^\circ - 10^\circ$ », og fra « $10^\circ - 90^\circ$ ». Bruk derfor bare i nødsfall høyder under 10°

Eksempel 14.4.1

Et skip befinner seg i posisjon N $70^\circ 00'$. En har funnet ut klokkeslettet når sola er i nedremeridianen, og deklinasjonen er funnet til N $20^\circ 00'$. Bestem solas høyde.

Beregnet høyde og rettvise peiling

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \pm 1$$

$$\sin h = \sin 70^\circ 00' \cdot \sin 20^\circ 00' + \cos 70^\circ 00' \cdot \cos 20^\circ 00' \cdot -1 = \underline{0,000}$$

$$h = \underline{0^\circ 00' 0''}$$

Her er bredden den samme som komplementvinkelen til deklinasjonen, og høyden av sola vil akkurat være i den sanne horisont, høyde = 0° .

Eksempel 14.4.2

Et skip befinner seg i posisjon N $75^\circ 00'$. En har funnet ut klokkeslettet når sola er i nedremeridianen, og deklinasjonen er funnet til N $23^\circ 00'$. Bestem solas høyde.

Beregnet høyde og rettvise peiling

$$\sin h = \sin b \cdot \sin d + \cos b \cdot \cos d \cdot \pm 1$$

$$\sin h = \sin 75^\circ 00' \cdot \sin 23^\circ 00' + \cos 75^\circ 00' \cdot \cos 23^\circ 00' \cdot -1 = \underline{0,139\dots}$$

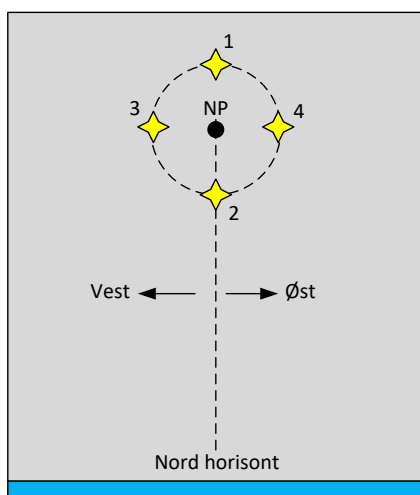
$$h = \underline{8^\circ 00' 0''}$$

14.5 Bredden ved Polarstjernen

Polarstjernen er på grunn av sin plass like ved polen særlig egnet for breddebestemmelse. Vi har tidligere lært at polens høyde over horisonten er lik bredden, og hadde polarstjernens deklinasjon vært 90° , kunne vi ha funnet observert bredde bare ved å rette stjernens høyde.

Polarstjernen har sin dagsirkel som alle andre stjerner, men dens avstand fra polen er liten. Vi må derfor bruke en rettelse på Polarstjernens observerte høyde for å bestemme observert bredde, og rettelsen er avhengig av stjernens timevinkel.

Polarstjernens dagsirkel sett nordover:



Polarstjernens deklinasjon er ca. $89^\circ 13' 5''$ (1990), og rettelsen på observert høyde ligger derfor mellom $\pm 46' 5''$.

Vi ser på figuren at når stjernen står i øvremeridianen (1), må vi trekke komplementet av deklinasjonen fra observert høyde for å få bredde.

Står stjernen i nedremeridianen (2), må vi legge samme stykket til observert høyde for å få bredden.

Vi må være oppmerksom på at en høydemåling av Polarstjernen gir en likehøydesirkel som ved vanlige høydeobservasjoner, men da Polarstjernens asimut ikke blir større enn ca. 2° , regner vi at stedlinjen går i rettvise øst-vest som for en vanlig meridianhøyde.

Rettelsene på Polarstjernens observerte høyde finnes i nautiske almanakker og i *Astronomiske Tabeller*, "*Polaris (Pole Star Tables)*". Det finnes tre rettelser som alle skal legges til stjernens observerte høyde, nemlig a_0 , a_1 og a_2 . Deretter trekker vi alltid fra 1° , og vi har observert bredde.

a_0 : Finnes ved hjelp av LHA Aries i den horisontale raden, 10° for hver kolonne.
- gå inn i aktuell kolonne for LHA Aries.

Hver grad fra 0° til 10° for LHA Aries finnes i kolonnen helt til venstre.
- gå ned til aktuell grad for LHA Aries og kryss ut rettelsen.
- for mellomliggende verdier kan vi bruke øyeinterpolasjon.

a_1 : Gå inn i samme kolonne som a_0 .
Bredden finnes i kolonnen helt til venstre.
- kryss ut rettelsen med omtrentlig bredde.

a_2 : Finnes i samme kolonne som a_0 og a_1 .
Måneden finnes helt til venstre.
- kryss ut rettelsen med aktuell måned.

AZ: Finnes i samme kolonne som de foregående rettelserne.
- Bredden finnes helt til venstre.
- kryss ut asimut (AZ) med omtrentlig bredde.

Polarstjernen er ikke noen sterkt lysende stjerne. For å få målt den mens horisonten fremdeles er synlig, kan vi beregne omtrentlig høyde ved hjelp av bestikkbredden og rettelsen a_0 med motsatt tegn.

Stiller vi denne høyden på sekstanten og ser mot nord, vil vi kunne se stjernen og få en god observasjon lengde før vi kan se den med det blotte øye.

Tabell for å bestemme bredde og rettviseende peiling ved * Polaris:

276		POLARIS (POLE STAR) TABLES, 2003											
FOR DETERMINING LATITUDE FROM SEXTANT ALTITUDE AND FOR AZIMUTH													
LHA	240° -	250° -	260° -	270° -	280° -	290° -	300° -	310° -	320° -	330° -	340° -	350° -	
ARIES	249°	259°	269°	279°	289°	299°	309°	319°	329°	339°	349°	359°	
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
0	I 39.1	I 35.8	I 31.4	I 26.1	I 19.9	I 13.0	I 05.7	0 58.2	0 50.7	0 43.5	0 36.7	0 30.5	0 30.5
1	38.8	35.4	30.9	25.5	19.2	12.3	05.0	57.5	50.0	42.8	36.0	30.0	30.0
2	38.6	35.0	30.4	24.9	18.5	11.6	04.2	56.7	49.2	42.1	35.4	29.4	29.4
3	38.3	34.6	29.9	24.3	17.9	10.9	03.5	56.0	48.5	41.4	34.7	28.8	28.8
4	37.9	34.2	29.4	23.7	17.2	10.1	02.7	55.2	47.8	40.7	34.1	28.3	28.3
5	I 37.6	I 33.8	I 28.9	I 23.1	I 16.5	I 09.4	I 02.0	0 54.5	0 47.0	0 40.0	0 33.5	0 27.8	0 27.8
6	37.3	33.3	28.3	22.4	15.8	08.7	01.2	53.7	46.3	39.3	32.9	27.3	27.3
7	36.9	32.9	27.8	21.8	15.1	07.9	I 00.5	53.0	45.6	38.6	32.3	26.7	26.7
8	36.6	32.4	27.2	21.2	14.4	07.2	0 59.7	52.2	44.9	38.0	31.7	26.2	26.2
9	36.2	31.9	26.6	20.5	13.7	06.5	59.0	51.5	44.2	37.3	31.1	25.7	25.7
10	I 35.8	I 31.4	I 26.1	I 19.9	I 13.0	I 05.7	0 58.2	0 50.7	0 43.5	0 36.7	0 30.5	0 25.3	0 25.3
Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
0	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
10	.5	.5	.5	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.5	.5
20	.6	.5	.5	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5
30	.6	.5	.5	.5	.5	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5
40	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
45	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.5	.5	.6	.6	.6	.6	.6
50	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
55	.6	.6	.6	.6	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.6	.6	.6
60	.6	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7
62	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
64	.6	.7	.7	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.7	.7
66	.7	.7	.7	.8	.8	.9	.9	.9	.9	.8	.8	.7	.7
68	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Month	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
Jan.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Feb.	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.6	.6	.6
Mar.	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.4	.4
Apr.	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
May	.6	.6	.5	.4	.4	.3	.3	.2	.2	.2	.2	.2	.2
June	.8	.7	.6	.6	.5	.4	.4	.3	.3	.2	.2	.2	.2
July	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Aug.	.9	.9	.9	.8	.8	.8	.7	.6	.6	.5	.5	.4	.4
Sept.	.9	.9	.9	.9	.9	.9	.8	.8	.8	.7	.7	.6	.6
Oct.	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Nov.	.6	.7	.8	.8	.9	.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Dec.	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lat.	AZIMUTH												
0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
20	0.3	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
40	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
50	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
55	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9
60	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
65	0.7	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2

Latitude = Apparent altitude (corrected for refraction) - 1° + a_0 + a_1 + a_2

The table is entered with LHA Aries to determine the column to be used; each column refers to a range of 10°. a_0 is taken, with mental interpolation, from the upper table with the units of LHA Aries in degrees as argument; a_1 , a_2 are taken, without interpolation, from the second and third tables with arguments latitude and month respectively. a_0 , a_1 , a_2 , are always positive. The final table gives the azimuth of *Polaris*.

Eksempel 14.5.1

Den 16. desember 2003 kl. 1738 er et skip etter bestikk N 47°31' E 028°19'. Uret gikk etter sone -2. Polarstjernen ble da målt til 47°06'7 idet kronometeret viste 02-37-15. Kronometerets stand var +01-01-15, sekstantens indeksfeil -1,0' og øyehøyde 10,0 m. Bestem observert bredde.

Løsning:

Korrekt UTC og dato

LT om bord = 17-38 16/12
 sone = - 2
Omtr. UTC = 15-38 16/12

Kr. v. = 02-37-15
 st. = + 01-01-15
UTC = 15-38-30 16/12

Se tabell foran:

LHA Aries

√ GHA 15 t = 309°50'5
rett. 38-30 = + 9°39'1
 √ GHA = 319°29'6
E lgd. = + 28°19'0
√ LHA = 347°48'6

Observed bredde og rettvise peiling

* Avl. hd. = 47°06'7
 if. = - 1'0
DIP (10,0 m) = - 5'6
 Tils. hd. = 47°00'1
rett. = - 0'9
 * Obs. hd. = 46°59'2
 a₀ (347°48'6) = + 0°31'8
 a₁ (N 47°33') = + 0'6
 a₂ (desember) = + 1'0
 = 47°32'6
 = - 1'0
Obs. bredde = 46°32'6

Rv.p = 000,9°

15 KOMBINERING AV STEDLINJER

15.1 Forskjellige måter å bestemme observert plass

Som vist tidligere, er observert plass skjæringspunktet mellom to eller flere stedlinjer. Ved astronomiske stedlinjer kan vi finne observert plass, enten:

1. Ved å sette ut stedlinjene direkte i sjøkart eller plottkart.
2. Ved å sette ut stedlinjene på et stykke papir.

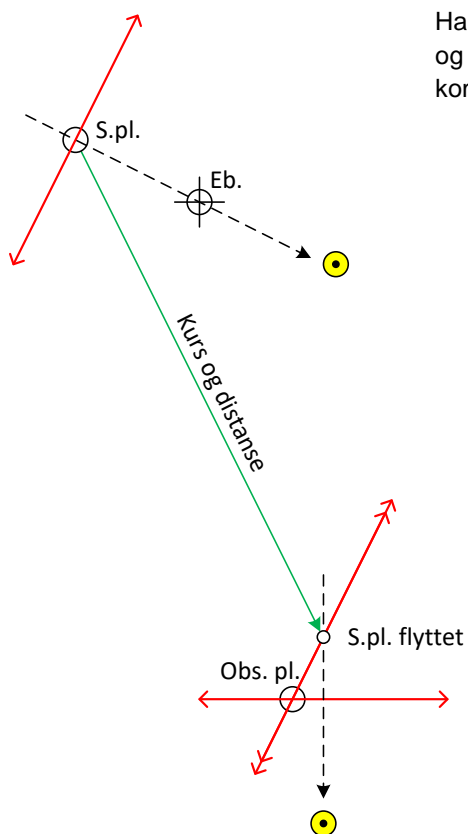
Ved seilas i nærheten av land bruker vi vanligvis sjøkart i stor målestokk, og stedlinjene kan settes av direkte i kartet. På det åpne hav bruker vi sjøkart i liten målestokk, de såkalte overseilingskart.

Et overseilingskart som dekker det nordlige Atlanterhavet, kan ikke brukes til å sette ut observasjoner med tilstrekkelig nøyaktighet.

I tillegg til overseilingskartet er det da vanlig å bruke et plottkart i stor målestokk hvor seilas og observasjoner for hver dag kan settes ut. I overseilingskartet merker vi av bare middagsposisjonen for hver dag.

15.2 To observasjoner med mellomliggende seilas

Kombinering av stedlinjer:



Har vi for eksempel tatt en observasjon av sola om formiddagen og funnet en sannsynlig plass, kan vi finne observert plass ved å kombinere stedlinjene med en observasjon av sola i meridianen.

I figuren er *Eb.* påværende plass etter bestikk og *S.pl.* er sannsynlig plass etter en observasjon av sola om formiddagen.

Høydeforskjellen er *fra* bestikkplass.

Fra *S.pl.* setter vi av rettvise kurs og distanse til sola er i meridianen, og stedlinjen med *S.pl.* fra formiddagen flyttes parallelt til dette punktet.

Ved meridianhøyden bestemmes den annen stedlinje, og som en ser er høydeforskjellen *mot* solen.

I skjæringspunktet mellom de to stedlinjene finnes observert plass ved meridianpassasjen.

Denne sammensetningen av stedlinjer kan enten utføres i karet eller plottkartet, eller også kan bredde og lengde av *S.pl.*, *S.pl. flyttet* og observert plass finnes ved beregning.

15.3 Sola i meridianen for et skip underveis

For å bestemme solas kulminasjonsklokkeslett om bord i et skip som stadig forandrer lengde, kan vi bruke flere metoder. Vi skal først se på en metode som kalles *intervallmetoden*.

Sola beveger seg vestover på himmelen med en hastighet på 15° (900') pr. time. Et skip som går vestover vil få sola i meridianen senere, det vil gå *fra* sola, enn om skipet lå stille. Et skip som går østover vil få sola tidligere da det går *mot* sola.

Ved å beregne solas LHA på et gitt tidspunkt før sola kulminerer, kan vi beregne solas lokale timevinkel øst (LHA_E eller t_E). Timevinkel øst er den avstanden sola er øst for oss. Tiden til solen er i meridianen *påværende* lengde blir da:

$$\text{Tid} = \frac{t_E}{15^\circ} = \text{timer}$$

Ved å beregne skipets lengdeforandring pr. time kan vi finne resultanthastigheten som skipet og sola nærmer seg med. Skipets lengdeforandring pr. time i grader blir følgende:

$$\text{Skipets lengdeforandring pr. time: } \frac{a}{60 \cdot \cos b_a} = \frac{v \cdot \sin k}{60 \cdot \cos b_a}$$

$$\text{Innsatt får vi "intervall til middag": } I_h = \frac{t_E}{\left(15 + \frac{v \cdot \sin k}{60 \cdot \cos b_a}\right)}$$

Eksempel 15.3.1

For et skip underveis skal man om formiddagen regne ut kulminasjonsklokkeslettet for sola. Kl. 1000 den 7. mai 2003 er skipets etter bestikk på N 59°30' W 008°56'. Uret viser sonetid for sone +1. Rettvisende kurs er 250° og farten er 18 knop.

Løsning:

UTC og timevinkel øst (t_E)

LT om bord	= 10-00 7/5	⊙ GHA 11 t	= 345° 51'4
Sone	= + 1-00	rett. 00-00	= 0'0
<u>UTC</u>	<u>= 11-00 7/5</u>	⊙ GHA	= 345° 51'4
		W lgd.	= - 8° 56'0
		⊙ LHA	= 336° 55'4
			- 360°
		<u>⊙ LHA_E</u>	<u>= 23° 04'6</u>

Intervall til middag

$$I_h = \frac{t_E}{\left(15 + \frac{v \cdot \sin k}{60 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{23^\circ 04'6}{\left(15 + \frac{18,0 \cdot \sin 250^\circ}{60 \cdot \cos 59^\circ 30'}\right)} = 1^t 36^m$$

Solas kulminasjonsklokkeslett

LT	= 10-00 7/5
<u>I_h</u>	<u>= + 1-36</u>
<u>⊙ i mer.</u>	<u>= 11-36 7/5</u>

Bestikkplass kl. 1136 (fra plotteskisse)

Kurs	= 250°	
Fart	= 18 kn.	
Tid	= 1,6 timer	⇒ <u>N 59° 20' W 009° 49'</u>

Alternativ løsning

- Beregner solas i meridianen for påværende plass
- Beregner tiden til sola i meridianen fra beregningsøyeblikket
 - setter «tid til» inn i formelen for «intervall til solas opp- eller nedgang
 - sola vil på 1 time få en lengdeforandring på 900'.

$$l_h = \frac{\text{Tid}}{\left(1 + \frac{v \cdot \sin k}{900 \cdot \cos b_a}\right)}$$

- Seiler oss frem til observasjonstidspunktet

Eksempel 15.3.2

Vakthavende styrmann skal om formiddagen regne ut kulminasjons klokkeslett for sola. Kl. 1000 den 7. mai 2003 er skipets etter bestikk på N 59°30' W 008°56'. Uret viser sonetid for zone +1. Rettvisende kurs er 250° og farten er 18 knop.

Tid til sola i meridianen på aktuell lengde

- Vi kan beregne tiden det tar før sola er i meridianen påværende plass.

$$\begin{array}{rcl} \odot \text{ i mer. LMT} & = & 11-57 \quad 7/5 \\ \text{st. kl. Gr.} & = & + 0-36 \quad . \\ \hline \odot \text{ i mer. UTC} & = & 12-33 \quad 7/5 \\ \text{sonetid} & = & + 1 \quad . \\ \hline \odot \text{ i mer. LT} & = & 11-33 \quad 7/5 \\ \text{aktuell LT} & = & 10-00 \quad 7/5 \\ \hline \text{Tid til } \odot \text{ i mer.} & = & 1-33 \end{array}$$

Intervall til sola i meridianen

$$l_h = \frac{\text{Tid}}{\left(1 + \frac{v \cdot \sin k}{900 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{1^{\text{t}}33^{\text{m}}}{\left(1 + \frac{18,0 \cdot \sin 250^\circ}{900 \cdot \cos 59^\circ 30'}\right)} = 1^{\text{t}}36^{\text{m}}$$

Sola i meridianen

$$\begin{array}{rcl} \text{LT omb.} & = & 10-00 \quad 7/5 \\ \text{Seiling} & = & + 1-36 \quad . \\ \hline \odot \text{ i mer. LT} & = & 11-36 \quad 7/5 \end{array}$$

Bestikkplass kl. 1136 (fra plotteskisse)

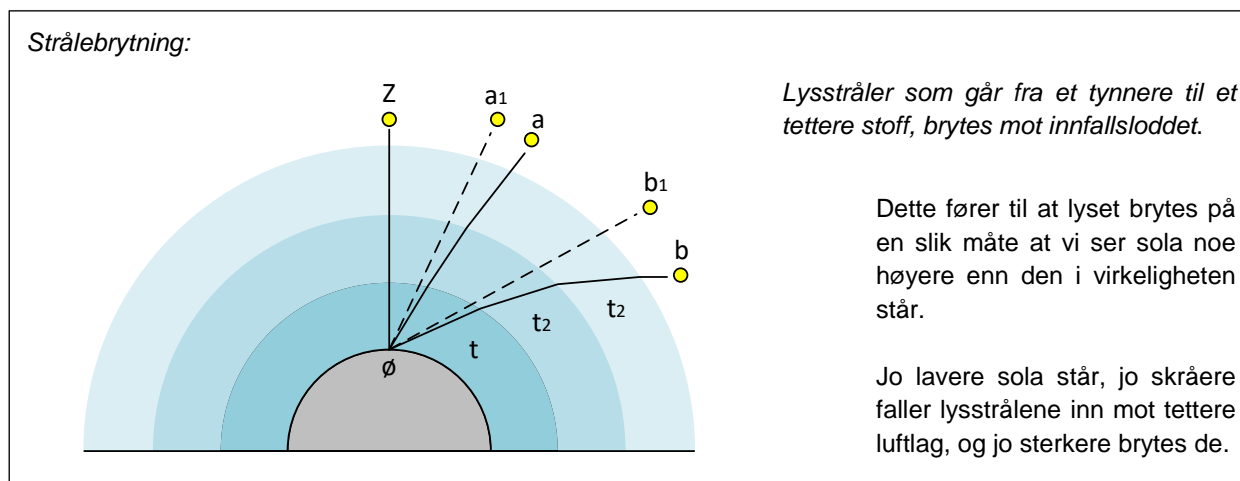
$$\begin{array}{rcl} \text{Kurs} & = & 250^\circ \\ \text{Fart} & = & 18 \text{ kn.} \\ \text{Tid} & = & 1,6 \text{ t} \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{N } 59^\circ 20' \text{ W } 009^\circ 49'} \end{array}$$

16 SOLAS SYNLIGE OPP- OG NEDGANG

16.1 Sola i horisonten

16.1.1 Strålebrytningens virkning

Jorda er som kjent omgitt av atmosfæren som er tettest ved jordas overflate og avtar utover. Når lysstråler fra himmellegemer treffer dette luftlaget blir det brutt, det vil si at de forandrer sin retning.

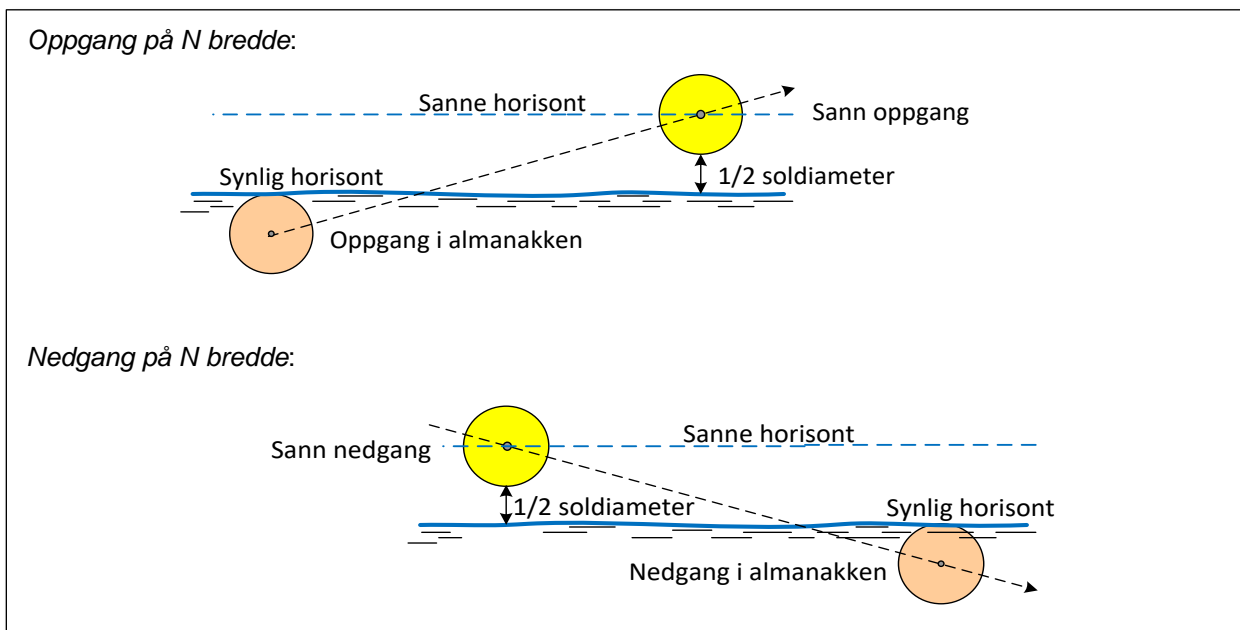


16.1.2 Synlig og sann oppgang

Med soloppgang og solnedgang menes i *almanakken* tidspunktet da solas overrand akkurat bryter den *synlige* horisont. I begge tilfeller forutsatt normale atmosfæriske forhold og null øyehøyde.

Som figuren under viser, er sola fremdeles *under* den synlige horisont ved de tabulerte klokkeslett i almanakken.

Når solsentret derimot er i den *sanne* horisont, vil solas underrand være ca. $\frac{1}{2}$ soldiameter over den synlige horisont.



16.2 Solas synlige opp- og nedgang

På de daglige høyresidene i almanakken finner vi klokkeslett for solas synlige opp- og nedgang for forskjellige bredder mellom N 72° og S 60°. De oppførte klokkeslett kan betraktes som LMT for en hvilken som helst lengde, og klokkeslettene er riktige for den midterste dagen på siden.

«Sunrise»/»Sunset» 28. juli:

Lat.	Twilight		Sunrise	Moonrise			
	Naut.	Civil		27	28	29	30
°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
N 72	□	□	□	□	□	□	□
N 70	///	///	00 22	□	□	□	□
68	///	///	01 51	□	□	□	02 23
66	///	///	02 28	□	□	□	03 09
64	///	01 09	02 54	23 21	25 40	01 40	03 39
62	///	01 56	03 14	24 43	00 43	02 18	04 01
60	///	02 26	03 30	00 16	01 19	02 44	04 19
N 58	01 03	02 48	03 44	00 44	01 45	03 05	04 34
56	01 46	03 05	03 56	01 05	02 06	03 22	04 47
54	02 13	03 20	04 06	01 23	02 23	03 36	04 58
52	02 34	03 32	04 15	01 38	02 38	03 49	05 08
50	02 50	03 43	04 23	01 51	02 50	04 00	05 16
45	03 22	04 06	04 40	02 18	03 16	04 23	05 35
N 40	03 45	04 23	04 54	02 40	03 37	04 41	05 50
35	04 04	04 38	05 06	02 57	03 54	04 57	06 02
30	04 19	04 50	05 16	03 13	04 09	05 10	06 13
20	04 42	05 10	05 34	03 39	04 34	05 33	06 32
N 10	05 00	05 27	05 49	04 01	04 56	05 52	06 48
0	05 16	05 41	06 03	04 22	05 16	06 11	07 03
S 10	05 29	05 55	06 17	04 43	05 37	06 29	07 18
20	05 42	06 08	06 32	05 05	05 58	06 48	07 34
30	05 54	06 23	06 48	05 31	06 23	07 10	07 53
35	06 00	06 31	06 58	05 47	06 38	07 24	08 03
40	06 07	06 40	07 09	06 05	06 55	07 39	08 16
45	06 14	06 50	07 22	06 26	07 16	07 56	08 30
S 50	06 22	07 02	07 38	06 54	07 41	08 18	08 47
52	06 26	07 07	07 45	07 07	07 54	08 29	08 55
54	06 30	07 13	07 53	07 22	08 08	08 41	09 04
56	06 34	07 20	08 02	07 40	08 24	08 54	09 15
58	06 38	07 27	08 13	08 02	08 44	09 10	09 26
S 60	06 43	07 35	08 25	08 31	09 08	09 29	09 40

«Sunrise»/»Sunset» 31. juli:

Lat.	Twilight		Sunrise	Moonrise			
	Naut.	Civil		30	31	1	2
°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
N 72	□	□	□	□	□	□	□
N 70	///	///	01 12	□	04 26	06 47	08 54
68	///	///	02 07	02 23	04 54	07 00	08 58
66	///	///	02 40	03 09	05 15	07 10	09 01
64	///	01 30	03 03	03 39	05 31	07 19	09 04
62	///	02 09	03 22	04 01	05 45	07 26	09 06
60	///	02 35	03 37	04 19	05 56	07 33	09 08
N 58	01 22	02 56	03 50	04 34	06 06	07 38	09 10
56	01 57	03 12	04 01	04 47	06 15	07 43	09 11
54	02 22	03 26	04 11	04 58	06 23	07 48	09 13
52	02 41	03 38	04 19	05 08	06 29	07 52	09 14
50	02 56	03 48	04 27	05 16	06 36	07 55	09 15
45	03 27	04 10	04 44	05 35	06 49	08 03	09 18
N 40	03 49	04 26	04 57	05 50	07 00	08 10	09 20
35	04 06	04 40	05 08	06 02	07 09	08 15	09 22
30	04 21	04 52	05 18	06 13	07 17	08 20	09 23
20	04 43	05 11	05 35	06 32	07 31	08 29	09 26
N 10	05 01	05 27	05 49	06 48	07 43	08 36	09 28
0	05 16	05 41	06 03	07 03	07 54	08 43	09 31
S 10	05 29	05 54	06 16	07 18	08 05	08 50	09 33
20	05 41	06 07	06 30	07 34	08 17	08 57	09 35
30	05 52	06 21	06 46	07 53	08 31	09 05	09 38
35	05 58	06 29	06 56	08 03	08 38	09 10	09 40
40	06 05	06 37	07 06	08 16	08 47	09 16	09 42
45	06 11	06 47	07 19	08 30	08 58	09 22	09 44
S 50	06 19	06 58	07 34	08 47	09 10	09 29	09 46
52	06 22	07 03	07 41	08 55	09 16	09 33	09 47
54	06 26	07 09	07 48	09 04	09 22	09 36	09 49
56	06 29	07 15	07 57	09 15	09 29	09 40	09 50
58	06 33	07 22	08 07	09 26	09 37	09 45	09 52
S 60	06 38	07 29	08 18	09 40	09 46	09 50	09 53

Lat.	Sunset	Twilight		Moonset			
		Civil	Naut.	27	28	29	30
°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
N 72	□	□	□	□	□	□	□
N 70	23 28	///	///	□	□	□	23 18
68	22 18	///	///	□	□	23 32	22 48
66	21 42	///	///	□	□	22 45	22 26
64	21 17	22 57	///	22 47	22 22	22 14	22 08
62	20 57	22 13	///	21 25	21 44	21 51	21 53
60	20 41	21 45	///	20 49	21 17	21 32	21 41
N 58	20 28	21 23	23 04	20 22	20 56	21 16	21 30
56	20 16	21 06	22 24	20 02	20 38	21 03	21 20
54	20 06	20 52	21 57	19 44	20 23	20 51	21 12
52	19 57	20 39	21 37	19 30	20 10	20 41	21 04
50	19 49	20 28	21 21	19 17	19 59	20 32	20 57
45	19 32	20 06	20 50	18 50	19 35	20 12	20 43
N 40	19 18	19 49	20 27	18 29	19 16	19 56	20 31
35	19 07	19 35	20 09	18 12	19 00	19 43	20 20
30	18 56	19 23	19 54	17 57	18 46	19 31	20 11
20	18 39	19 03	19 31	17 31	18 22	19 11	19 55
N 10	18 24	18 46	19 12	17 09	18 02	18 53	19 41
0	18 10	18 32	18 57	16 48	17 42	18 36	19 28
S 10	17 56	18 18	18 44	16 27	17 23	18 19	19 14
20	17 42	18 05	18 32	16 05	17 02	18 01	19 00
30	17 25	17 50	18 19	15 39	16 38	17 40	18 44
35	17 15	17 42	18 13	15 24	16 24	17 28	18 34
40	17 04	17 33	18 06	15 06	16 07	17 14	18 23
45	16 51	17 23	17 59	14 44	15 47	16 57	18 10
S 50	16 36	17 12	17 51	14 17	15 22	16 36	17 54
52	16 28	17 06	17 48	14 04	15 10	16 25	17 46
54	16 20	17 00	17 44	13 49	14 56	16 14	17 38
56	16 11	16 54	17 40	13 31	14 40	16 01	17 28
58	16 01	16 47	17 35	13 09	14 20	15 46	17 17
S 60	15 49	16 39	17 31	12 40	13 56	15 28	17 05

Lat.	Sunset	Twilight		Moonset			
		Civil	Naut.	30	31	1	2
°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
N 72	□	□	□	□	□	□	□
N 70	22 52	///	///	23 18	22 40	22 14	21 52
68	22 01	///	///	22 48	22 25	22 08	21 52
66	21 30	///	///	22 26	22 13	22 02	21 52
64	21 07	22 37	///	22 08	22 02	21 57	21 52
62	20 49	22 00	///	21 53	21 54	21 53	21 52
60	20 34	21 35	///	21 41	21 46	21 49	21 52
N 58	20 21	21 15	22 46	21 30	21 39	21 46	21 52
56	20 10	20 59	22 12	21 20	21 33	21 43	21 52
54	20 01	20 46	21 49	21 12	21 28	21 41	21 53
52	19 52	20 34	21 30	21 04	21 23	21 38	21 53
50	19 45	20 24	21 15	20 57	21 18	21 36	21 53
45	19 29	20 02	20 45	20 43	21 08	21 31	21 53
N 40	19 15	19 46	20 23	20 31	21 00	21 27	21 53
35	19 04	19 32	20 06	20 20	20 53	21 24	21 53
30	18 54	19 20	19 52	20 11	20 47	21 21	21 53
20	18 38	19 01	19 29	19 55	20 36	21 15	21 53
N 10	18 23	18 45	19 12	19 41	20 27	21 10	21 53
0	18 10	18 32	18 57	19 28	20 18	21 06	21 53
S 10	17 57	18 19	18 44	19 14	20 08	21 01	21 53
20	17 43	18 06	18 32	19 00	19 57	20 56	21 53
30	17 27	17 52	18 21	18 44	19 47	20 50	21 53
35	17 17	17 44	18 15	18 34	19 41	20 47	21 53
40	17 07	17 36	18 09	18 23	19 33	20 43	21 53
45	16 55	17 26	18 02	18 10	19 24	20 39	21 53
S 50	16 40	17 15	17 54	17 54	19 14	20 33	21 53
52	16 33	17 10	17 51	17 46	19 09	20 31	21 53
54	16 25	17 05	17 48	17 38	19 03	20 28	21 53
56	16 16	16 58	17 44	17 28	18 57	20 25	21 53
58	16 07	16 52	17 40	17 17	18 50	20 22	21 53
S 60	15 55	16 44	17 36	17 05	18 42	20 18	21 53

Day	SUN			MOON						
	Eqn. of Time		Mer. Pass.	Mer. Pass.		Age	Phase			
	00 ^h	12 ^h		Upper	Lower					
d	m	s	m	s	h	m	h	m	d	%
27	12	07	10	35	23	02	28	4		
28			12	06	11	29	23	57	29	1
29			12	06	12	23	24	50	00	0

Day	SUN			MOON						
	Eqn. of Time		Mer. Pass.	Mer. Pass.		Age	Phase			
	00 ^h	12 ^h		Upper	Lower					
d	m	s	m	s	h	m	h	m	d	%
30			12	06	13	16	00	50	01	2
31			12	06	14	06	01	41	02	6
1			12	06	14	54	02	30	03	12

Eksempel 16.2.1

Når står sola opp den 29. juli 2003 på N 42°30' W 034°15'? Uret viser sonetid for sone +2.

Løsning:

Interpolering

$$\odot \text{ opp N } 40^\circ = 04-54$$

$$\odot \text{ opp N } 45^\circ = 04-40$$

$$\text{Forskj. } 5^\circ = -0-14$$

$$\odot \text{ opp } 28/7 = 04-54$$

$$\odot \text{ opp } 31/7 = 04-57$$

$$\text{Forskj. 3 dager} = 0-03$$

Soloppgang

$$\odot \text{ opp LMT N } 40^\circ = 04-54 \quad 28/7$$

$$\text{rett. } 2^\circ 30' = -0-07$$

$$\text{rett. dag} = +0-01$$

$$\odot \text{ opp LMT} = 04-48 \quad 29/7$$

$$\text{st. kl. Gr.} = +2-17$$

$$\odot \text{ opp UTC} = 07-05 \quad 29/7$$

$$\text{sone} = +2$$

$$\odot \text{ opp LT} = 05-05 \quad 29/7$$

Eksempel 16.2.2

Når går sola ned den 29. juli 2003 på N 42°30' W 034°15'? Uret viser sonetid for sone +2.

Løsning:

Interpolering

$$\odot \text{ ned N } 40^\circ = 19-18$$

$$\odot \text{ ned N } 45^\circ = 19-32$$

$$\text{Forskj. } 5^\circ = +0-14$$

$$\odot \text{ ned } 28/7 = 19-18$$

$$\odot \text{ ned } 31/7 = 19-15$$

$$\text{Forskj. 3 dager} = 0-03$$

Solnedgang

$$\odot \text{ ned LMT N } 40^\circ = 19-18 \quad 28/7$$

$$\text{rett. } 2^\circ 30' = +0-07$$

$$\text{rett. dag} = -0-01$$

$$\odot \text{ ned LMT} = 19-24 \quad 29/7$$

$$\text{st. kl. Gr.} = +2-17$$

$$\odot \text{ ned UTC} = 21-41 \quad 29/7$$

$$\text{sone} = +2$$

$$\odot \text{ ned LT} = 19-41 \quad 29/7$$

16.3 Solas synlige opp- og nedgang for et skip underveis

Vi kan bruke samme fremgangsmåte som vist foran til å beregne solas synlige opp- eller nedgang. Vi kan kalle formelen for "intervall til solas opp- eller nedgang". Vi kan gå frem på følgende måte:

- Beregner solas opp- eller nedgang for påværende plass
- Beregner tiden til solas opp- eller nedgang fra beregningsøyeblikket
- setter «tid til» inn i formelen for «intervall til solas opp- eller nedgang»
- Gjør tid om til grader og minutter, LHA_E
- Setter LHA_E (t_E) inn i formelen for "intervall til solas opp- eller nedgang"
- Seiler oss frem til observasjonstidspunktet

Eksempel 16.3.1

Et skip befinner seg kl. 1200 den 14. oktober 2003 på S 51°30' E 084°35'. Rettvisende seilt kurs er 100°, og logget fart er 15 knop. Uret viser sonetid for sone -6. Når vil sola være i synlig nedgang denne kvelden?

Løsning:

Tid til solnedgang

- Beregner tid til solnedgang ("sunset") påværende plass

☉ ned LMT S 50°	= 18-31 14/10		
rett. 1°30'	= + 0-03		
<u>rett. dag</u>	= 0		
☉ ned LMT	= 18-33 14/10		
m kl. Gr.	= - 5-38		
<u>☉ ned UTC</u>	= 12-55 14/10		
sone	= - 6		
<u>☉ ned LT</u>	= 18-55 14/10		
Kl. om bord	= 12-00 14/10		
<u>Tid til solnedgang</u>	= 6-55	⇒	t _E = 6-55 · 15 = 103°45'

Intervall til solnedgang

$$l_h = \frac{\text{Tid}}{\left(1 + \frac{v \cdot \sin k}{900 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{6^t 55^m}{\left(1 + \frac{15,0 \cdot \sin 100^\circ}{900 \cdot \cos -51^\circ 30'}\right)} = 6^t 44,3^m$$

Eller:

$$l_h = \frac{t_E}{\left(15 + \frac{v \cdot \sin k}{60 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{103^\circ 45'}{\left(15 + \frac{15 \cdot \sin 100^\circ}{60 \cdot \cos -51^\circ 30'}\right)} = 6^t 44,3^m$$

Sola i nedgang

ZT omb.	= 12-00 14/10
<u>Seiling</u>	= + 6-44
<u>☉ i nedgang</u>	= 18-44 14/10

Bestikkplass kl 1844 (fra plotteskisse)

Kurs	= 100°
Fart	= 15 kn.
Tid	= 6,733 t

S 51° 48' W 087° 15'

17 TID FOR STJERNEOBSERVASJONER

17.1 Tussmørke ("Twilight")

Med *tussmørke* menes i almanakken tidsrommet fra når det begynner å lysne om morgenen (demring) og frem til soloppgang, og om kvelden varer tussmørket fra solnedgang til det begynner å bli mørkt (skumring). I tussmørket er tiden en best observerer stjerner, og tussmørket inndeles i tre faser:

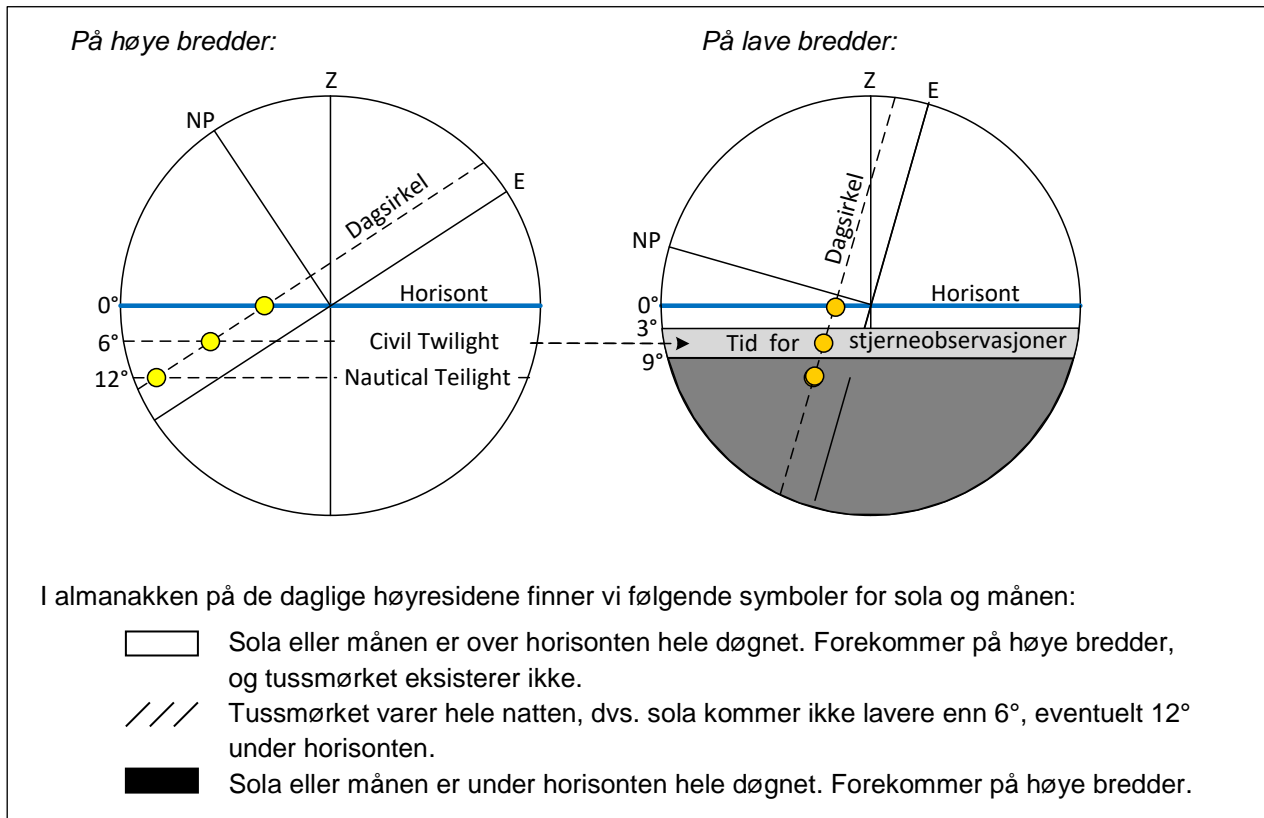
- *Borgerlig tussmørke (Civil Twilight)*
- som varer fra for eksempel solnedgang til sola er 6° under horisonten
- *Nautisk tussmørke (Nautical Twilight)*
- som varer fra sola er 6° til 12° under horisonten
- *Astronomisk tussmørke (Astronomical Twilight)*
- som varer fra sola er 12° til 18° under horisonten.

I almanakken finner vi to klokkeslett for tussmørke, og disse er gitt i forhold til solas negative høyde. De tabulerte klokkeslett markerer når tussmørket begynner om morgenen og slutter om kvelden.

"Civil Twilight": *Borgerlig tussmørke* vil si at solas senter er 6° under horisonten.

"Nautical Twilight": *Nautisk tussmørke* vil si at solas senter er 12° under horisonten.

På figurene under ser en at tussmørkets lengde er avhengig av bredden vi befinner oss på. På høye bredder vil skumringen/grålysningen vare lenge på grunn av solens skrå bane med horisonten, mens det på lave bredder har kort varighet.



Den beste tiden for stjerneobservasjoner er når sola er mellom 3° og 9° under horisonten, dvs. tidsrommet på begge sider av det oppførte klokkeslett for borgerlig tussmørke ("*Civil Twilight*"). De klareste stjernene er da synlige, samtidig med at horisonten er klart opplyst.

De daglige høyresider:

2003 SEPTEMBER 1, 2, 3 (MON., TUES., WED.)

173

UT	SUN		MOON				Lat.	Twilight		Sunrise	Moonrise				
	GHA	Dec	GHA	v	Dec	d		HP	Naut.		Civil	1	2	3	4
									h m		h m	h m	h m	h m	h m
d h	° /	° /	° / /	° / /	° / /	° / /	°	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
100	179 56.0 N 8 30.5		126 41.7 10.0	S11	35.1 14.7	59.6	N 72	////	02 35	04 04	13 44	██	██	██	
01	194 56.2 29.6		141 10.7 10.0	11	49.8 14.7	59.6	N 70	////	03 02	04 17	13 08	██	██	██	
02	209 56.4 28.7		155 39.7 10.0	12	04.5 14.6	59.6	68	01 36	03 23	04 28	12 43	15 23	██	██	
03	224 56.6 . 27.8		170 08.7 9.9	12	19.1 14.5	59.6	66	02 13	03 38	04 37	12 24	14 39	██	██	
04	239 56.8 26.9		184 37.6 9.8	12	33.6 14.4	59.6	64	02 38	03 51	04 44	12 08	14 09	16 23	██	
05	254 57.0 26.0		199 06.4 9.8	12	48.0 14.4	59.6	62	02 57	04 02	04 51	11 55	13 47	15 42	17 31	
06	269 57.2 N 8 25.1		213 35.2 9.7	S13	02.4 14.3	59.6	60	03 13	04 11	04 56	11 45	13 30	15 15	16 50	
07	284 57.4 24.2		228 03.9 9.6	13	16.7 14.2	59.6	N 58	03 26	04 19	05 01	11 35	13 15	14 53	16 22	
08	299 57.6 23.3		242 32.5 9.6	13	30.9 14.1	59.6	56	03 36	04 26	05 05	11 27	13 02	14 36	16 00	
09	314 57.8 . 22.4		257 01.1 9.5	13	45.0 14.1	59.6	54	03 46	04 32	05 09	11 20	12 51	14 21	15 42	
10	329 58.0 21.5		271 29.6 9.5	13	59.1 13.9	59.6	52	03 54	04 37	05 13	11 14	12 42	14 08	15 27	
11	344 58.2 20.6		285 58.1 9.4	14	13.0 13.9	59.6	50	04 01	04 42	05 16	11 08	12 33	13 57	15 14	
12	359 58.4 N 8 19.7		300 26.5 9.3	S14	26.9 13.8	59.6	45	04 16	04 52	05 22	10 56	12 15	13 33	14 47	
13	14 58.5 18.8		314 54.8 9.3	14	40.7 13.8	59.6	N 40	04 27	05 00	05 28	10 45	12 00	13 15	14 26	
14	29 58.7 17.9		329 23.1 9.2	14	54.5 13.6	59.6	35	04 37	05 07	05 33	10 37	11 48	12 59	14 08	
15	44 58.9 . 17.0		343 51.3 9.1	15	08.1 13.5	59.6	30	04 44	05 13	05 37	10 29	11 37	12 46	13 53	
16	59 59.1 16.1		358 19.4 9.1	15	21.6 13.5	59.5	20	04 56	05 22	05 44	10 16	11 19	12 23	13 27	
17	74 59.3 15.1		12 47.5 9.0	15	35.1 13.4	59.5	N 10	05 05	05 30	05 51	10 05	11 03	12 03	13 05	
18	89 59.5 N 8 14.2		27 15.5 8.9	S15	48.5 13.2	59.5	0	05 11	05 36	05 57	09 54	10 48	11 45	12 44	
19	104 59.7 13.3		41 43.4 8.9	16	01.7 13.2	59.5	S 10	05 16	05 41	06 02	09 44	10 34	11 27	12 24	
20	119 59.9 12.4		56 11.3 8.7	16	14.9 13.1	59.5	20	05 20	05 46	06 08	09 33	10 18	11 07	12 02	
21	135 00.1 . 11.5		70 39.0 8.8	16	28.0 13.0	59.5	30	05 23	05 51	06 15	09 21	10 00	10 45	11 37	
22	150 00.3 10.6		85 06.8 8.6	16	41.0 12.8	59.5	35	05 24	05 53	06 18	09 14	09 50	10 32	11 22	
23	165 00.5 09.7		99 34.4 8.6	16	53.8 12.8	59.5	40	05 24	05 56	06 23	09 05	09 38	10 17	11 05	
200	180 00.7 N 8 08.8		114 02.0 8.5	S17	06.6 12.7	59.5	45	05 24	05 58	06 28	08 56	09 25	10 00	10 44	
01	195 00.9 07.9		128 29.5 8.5	17	19.3 12.6	59.5	S 50	05 24	06 01	06 33	08 45	09 08	09 38	10 18	
02	210 01.1 07.0		142 57.0 8.3	17	31.9 12.4	59.5	52	05 23	06 02	06 36	08 40	09 00	09 28	10 06	
03	225 01.3 . 06.1		157 24.3 8.3	17	44.3 12.4	59.5	54	05 23	06 03	06 39	08 34	08 52	09 16	09 52	
04	240 01.5 05.2		171 51.6 8.3	17	56.7 12.2	59.5	56	05 22	06 05	06 42	08 28	08 42	09 03	09 35	
05	255 01.7 04.2		186 18.9 8.1	18	08.9 12.2	59.5	58	05 21	06 06	06 46	08 21	08 31	08 48	09 15	
06	270 01.9 N 8 03.3		200 46.0 8.1	S18	21.1 12.0	59.5	S 60	05 20	06 08	06 50	08 13	08 19	08 30	08 51	
07	285 02.1 02.4		215 13.1 8.0	18	33.1 11.9	59.5	Lat.	Sunset	Twilight		Moonset				
08	300 02.3 01.5		229 40.1 7.9	18	45.0 11.8	59.4			Civil	Naut.	1	2	3	4	
09	315 02.5 8 00.6		244 07.0 7.9	18	56.8 11.7	59.4	N 72	19 52	21 19	////	18 04	██	██	██	
10	330 02.7 7 59.7		258 33.9 7.8	19	08.5 11.6	59.4	N 70	19 39	20 53	23 26	18 42	██	██	██	
11	345 02.9 58.8		273 00.7 7.7	19	20.1 11.4	59.4	68	19 29	20 34	22 16	19 09	18 23	██	██	
12	0 03.1 N 7 57.9		287 27.4 7.7	S19	31.5 11.3	59.4	66	19 21	20 18	21 42	19 30	19 08	██	██	
13	15 03.3 57.0		301 54.1 7.5	19	42.8 11.2	59.4	64	19 13	20 06	21 18	19 47	19 39	19 25	██	
14	30 03.5 56.0		316 20.6 7.5	19	54.0 11.1	59.4	62	19 07	19 55	20 59	20 01	20 02	20 06	20 22	
15	45 03.7 . 55.1		330 47.1 7.5	20	05.1 11.0	59.4	60	19 02	19 47	20 44	20 13	20 20	20 34	21 03	
16	60 03.9 54.2		345 13.6 7.3	20	16.1 10.8	59.4	N 58	18 57	19 39	20 32	20 23	20 36	20 56	21 32	
17	75 04.1 53.3		359 39.9 7.3	20	26.9 10.7	59.4	56	18 53	19 32	20 21	20 32	20 49	21 14	21 54	
18	90 04.3 N 7 52.4		14 06.2 7.2	S20	37.6 10.5	59.4	54	18 49	19 26	20 12	20 40	21 00	21 29	22 12	
19	105 04.5 51.5		28 32.4 7.2	20	48.1 10.5	59.4	52	18 46	19 21	20 04	20 47	21 11	21 43	22 27	
20	120 04.7 50.6		42 58.6 7.0	20	58.6 10.3	59.3	50	18 43	19 16	19 57	20 54	21 20	21 54	22 41	
21	135 04.9 . 49.7		57 24.6 7.0	21	08.9 10.2	59.3	45	18 36	19 06	19 43	21 08	21 39	22 19	23 08	
22	150 05.1 48.7		71 50.6 7.0	21	19.1 10.0	59.3	N 40	18 31	18 58	19 31	21 20	21 55	22 38	23 30	
23	165 05.3 47.8		86 16.6 6.8	21	29.1 9.9	59.3	35	18 26	18 52	19 22	21 30	22 09	22 54	23 48	
200	180 05.5 N 7 46.9		100 42.4 6.8	S21	39.0 9.8	59.3	30	18 22	18 46	19 15	21 38	22 20	23 08	24 03	
01	195 05.7 46.0		115 08.2 6.7	21	48.8 9.6	59.3	20	18 15	18 37	19 03	21 54	22 41	23 33	24 29	
02	210 05.9 45.1		129 33.9 6.7	21	58.4 9.5	59.3	N 10	18 09	18 30	18 55	22 07	22 58	23 53	24 52	
03	225 06.1 . 44.2		143 59.6 6.5	22	07.9 9.3	59.3	0	18 03	18 24	18 48	22 20	23 15	24 13	00 13	
04	240 06.3 43.3		158 25.1 6.5	22	17.2 9.2	59.3	S 10	17 58	18 19	18 43	22 32	23 31	24 33	00 33	
05	255 06.5 42.3		172 50.6 6.5	22	26.4 9.1	59.3	20	17 52	18 14	18 40	22 46	23 49	24 54	00 54	
06	270 06.7 N 7 41.4		187 16.1 6.4	S22	35.5 8.9	59.2	30	17 45	18 09	18 37	23 01	24 10	00 10	01 18	
07	285 06.9 40.5		201 41.5 6.3	22	44.4 8.8	59.2	35	17 42	18 07	18 36	23 11	24 22	00 22	01 32	
08	300 07.1 39.6		216 06.8 6.2	22	53.2 8.6	59.2	40	17 37	18 05	18 36	23 21	24 36	00 36	01 49	
09	315 07.4 . 38.7		230 32.0 6.2	23	01.8 8.5	59.2	45	17 33	18 02	18 36	23 33	24 52	00 52	02 09	
10	330 07.6 37.8		244 57.2 6.1	23	10.3 8.3	59.2	S 50	17 27	18 00	18 37	23 48	25 13	01 13	02 34	
11	345 07.8 36.9		259 22.3 6.1	23	18.6 8.2	59.2	52	17 24	17 58	18 37	23 55	25 23	01 23	02 46	
12	0 08.0 N 7 35.9		273 47.4 5.9	S23	26.8 8.0	59.2	54	17 22	17 57	18 38	24 03	00 03	01 34	03 00	
13	15 08.2 35.0		288 12.3 6.0	23	34.8 7.8	59.2	56	17 18	17 56	18 39	24 12	00 12	01 46	03 16	
14	30 08.4 34.1		302 37.3 5.9	23	42.6 7.8	59.2	58	17 15	17 55	18 40	24 22	00 22	02 01	03 36	
15	45 08.6 . 33.2		317 02.2 5.8	23	50.4 7.5	59.1	S 60	17 11	17 53	18 41	24 33	00 33	02 19	04 00	
16	60 08.8 32.3		331 27.0 5.7	23	57.9 7.4	59.1	Day	SUN		MOON		Age		Phase	
17	75 09.0 31.3		345 51.7 5.7	24	05.3 7.3	59.1		Eqn. of Time	Mer.	Mer. Pass.					
18	90 09.2 N 7 30.4		0 16.4 5.7	S24	12.6 7.0	59.1		00 ^h	Pass.	Upper	Lower	d %			
19	105 09.4 29.5		14 41.1 5.5	24	19.6 7.0	59.1	1	m s	h m	h m	h m				
20	120 09.6 28.6		29 05.6 5.6	24	26.6 6.7	59.1	2	00 16	00 07	12 00	16 07	03 41	05 28		

17.2 Tid for stjerneobservasjoner

Skal vi finne ut når det er best å ta stjerneobservasjoner, tas det utgangspunkt i borgerlige tusmørke ("Civil Twilight").

De tabulerte klokkeslett betraktes som lokal middeltid (LMT) for en hvilken som helst lengde, og interpolasjon for nøyaktig bredde og dag foregår på samme måte som ved soloppgang og solnedgang.

«Civil Twilight» er kun for den midterste dag.

Eksempel 17.2.1

Et skip befinner seg om kvelden den 2. september 2003 på N 56°30' W 040°00'. Når kan en best observere stjerner denne kvelden? Skipsuret viser sonetid for sone +3.

Løsning:

- beregner tid for solnedgang og borgerlig tusmørke ("CT") for påværende lengde.
- tidsrommet mellom disse to er tusmørkets varighet.
- kan observere stjerner i det aktuelle tidsrommet rundt borgerlig tusmørke ("CT").

Sol ned og tusmørkets varighet

☉ ned N 56°	=	18-53	2/9
rett. 30'	= +	0-01	
rett dag	=	0	.
☉ ned LMT	=	18-54	2/9
"CT" LMT	=	20-42	2/9
Varighet	=	0-43	

Borgerlig tusmørke ("CT")

"CT" N 56°	=	19-32	2/9
rett. 30'	= +	0-02	
rett. dag	=	0	.
"CT" LMT	=	19-34	2/9
st. kl. Gr.	= +	2-40	.
"CT" UTC	=	22-14	2/9
Zone	= +	3	.
"CT" LT	=	19-14	2/9

± ca. 21 minutter på hver side av kl. 1914.

Eksempel 17.2.2

Vakthavende navigatør vil regne ut når det passer å ta stjerneobservasjoner om morgenen den 14. oktober 2003, og hvor lenge tusmørket varer. Skipet etter bestikk på N 42°30' W 050°30', og uret gikk etter sone + 3.

Borgerlig tusmørke ("CT")

"CT" N 40°	=	05-42	14/10
rett. 2° 30'	= +	0-01	
rett. dag	=	0	.
"CT" LMT	=	05-43	14/10
st. kl. Gr.	=	3-22	.
"CT" UTC	=	09-05	14/10
sone	= +	3	.
"CT" LT	=	06-05	14/10

Tusmørkets varighet

☉ opp N 40°	=	06-09	14/10
rett. 2°30'	= +	0-03	
rett. dag	=	0	.
☉ opp LMT	=	06-12	14/10
"CT" LMT	=	05-43	14/10
Varighet	=	0-29	

± ca. 14 minutter på hver side av kl. 0605.

17.3 Tid for stjerneobservasjoner for et skip underveis

For å finne "CT" for et skip underveis går vi frem på samme måte som vist foran, og kaller formelen for "intervall til "CT". Vi kan sette opp følgende fremgangsmåte:

1. Beregner "CT" for påværende lengde (LMT)
2. Beregner «Sunrise/Sunset» påværende lengde (LMT)
2. Beregner tiden til "CT" fra beregningsøyeblikket
3. Setter tiden inn i formelen for "intervall til CT"

Eksempel 17.3.1

Vakthavende navigatør vil regne ut når det passer å ta stjerneobservasjoner om morgenen den 14. oktober 2003, og hvor lenge tussmørket varer. Kl. 0000 var skipet etter bestikk på N 42°30' W 050°30'. Uret gikk etter sone + 3. Rettvisende kurs var 110° og farten 18 knop.

Løsning:

Borgerlig tussmørke ("CT")

"CT" N 40°	=	05-42	14/10
rett. 2° 30'	= +	0-01	
rett. dag	=	0	
"CT" LMT	=	05-43	14/10
st. kl. Gr.	=	3-22	
"CT" UTC	=	09-05	14/10
sone	= +	3	
"CT" LT	=	06-05	14/10
Kl. omb.	=	00-00	14/10
Tid til "C.T."	=	6-05	

Tussmørkets varighet

☉ opp N 40°	=	06-09	14/10
rett. 2°30'	= +	0-03	
rett. dag	=	0	
☉ opp LMT	=	06-12	14/10
"CT" LMT	=	05-43	14/10
Varighet	=	0-29	

Intervall til borgerlig tussmørke (CT)

- Skipet seiler østover *mot* solen, tussmørket kommer noe tidligere enn beregnet.

$$I_h = \frac{\text{Tid}}{\left(1 + \frac{v \cdot \sin k}{900 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{6^t 05^m}{\left(1 + \frac{18,0 \cdot \sin 110^\circ}{900 \cdot \cos 42^\circ 30'}\right)} = \underline{5^t 56^m}$$

Tussmørket

Kl. omb.	=	00-00	27/7
Seiling	=	5-56	
"CT" omb.	=	05-56	27/7 og ca. 14 min. på hver side.

Bestikkplass kl 0556

Kurs	=	110°	
Fart	=	18 kn.	
Tid	=	5,933 t	⇒ N 41° 54' W 048° 15' (se plotteskisse)

18 DEVIASJONSKONTROLL VED HIMMELLEGERER

18.1 Deviasjonskontroll generelt

Selv om vi har et godt kompensert kompass, både magnetkompass og gyrokompass, må navigatøren stadig kontrollere deviasjonen for anlagt kurs og gyrokompassets feilvisning. En deviasjonstabell som er bestemt fra tidligere, vil ikke holde seg uforandret til alle tider og på alle steder.

Vi må være forberedt på betydelige forandringer underveis. Det skyldes dels langsomme forandringer av den faste magnetismen og dels breddeforandringer.

I tillegg kommer forandringen i den halvaste magnetismen nå vi forandrer kursen etter at fartøyet har ligget lang tid på en bestemt kurs.

Deviasjonen må derfor stadig kontrolleres for anlagt kurs, og deviasjonstabellen bør bare brukes når man ikke på annen måte kan bestemme deviasjonen. Deviasjonstabellen må brukes kritisk etter kursforandringer, pga. halvfast magnetisme.

Det er flere metoder som navigatøren kan bruke for å kontrollere kompassets deviasjon for anlagt kurs og gyrokompassets feilvisning.

Metodene for deviasjonskontroll

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Deviasjonskontroll ved stedlinjeobservasjoner | (høyde og azimut) |
| 2. Deviasjonskontroll ved * Polaris | (rettvisende peiling) |
| 2. Tidasimut | (kvadrantpeiling) |
| 3. Deviasjonsundersøkelse ved sola i sann opp- og nedgang | (azimut) |

Deviasjonskontroll ved stedlinjeobservasjoner

Når man tar en stedlinjeobservasjon, bør man samtidig peile himmellegemet på kompasset, hvis ikke høyden er for stor. Da vi likevel har bruk for himmellegemets rettvisende peiling, blir ekstraarbeidet med å bestemme deviasjon og feilvisning ubetydelig.

Deviasjonskontroll ved * Polaris

Polarstjernen egner seg godt til deviasjonskontroll fordi dens asimut forandrer seg svært lite. For å beregne rettvisende peiling trenger vi korrekt klokkeslett og "Aries" lokale timevinkel i peilingsøyeblikket. Imidlertid egner denne stjernen seg best til deviasjonskontroll når en befinner seg på lavere bredder. For bestemmelse av rettvisende peiling, se kap. 14.5.

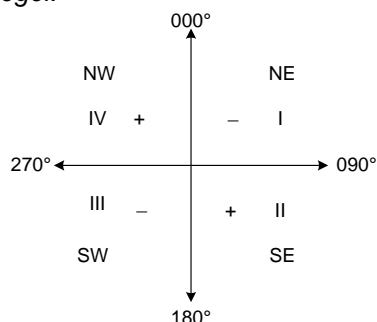
18.2 Deviasjonskontroll ved tidasimut

Sola, stjerner og planeter kan brukes til deviasjonskontroll når som helst på døgnet. Man behøver imidlertid korrekt klokkeslett for å få peilingen korrekt.

Ved bruk av *tidasimut* kan vi peile himmellegemer når det måtte passe. Det kan lønne seg å ikke bruke himmellegemer med for store høyder da dette kan gi noe unøyaktige peilinger.

Formelen gir himmellegemets kvadrantpeiling:

$$\tan p_k = \frac{\sin t}{(\tan d \cdot \cos b - \sin b \cdot \cos t)}$$

Fortegnsregel:

Når en formel gir kvadrantpeiling med positivt eller negativt fortegn, finnes rettvise peiling etter følgende fortegnregel, som er lik både for nord og sør bredde.

Eksempel 18.2.1

Om ettermiddagen den 12. september 2003 kl. 1530 ble sola peilt over gyrokompasset i $254,5^\circ$. Skipets posisjon var N $46^\circ 53'$ W $048^\circ 51'$. UTC i peilingsøyeblikket ble fastslått til 19-28-50, og uret viste sonetid for sone +4. Anlagt kurs på gyrokompasset var 220° , og standardkompasset viste 245° . Misvisningen i området var -21° . Beregn kompassenes feilvisning og deviasjon.

Løsning:Korrekt UTC og dato

LT om bord = 15-30 12/9
 Sone = + 4
 Ca. UTC = 19-30 12/9

UTC = **19-28-50 12/9**

Timevinkel og deklinasjon

⊙ GHA 19 t = $105^\circ 55'7''$
 rett. 28-50 = $7^\circ 12'5''$
 ⊙ GHA = $113^\circ 08'2''$
 W lgd. = $- 48^\circ 51'0''$
 ⊙ **LHA = $64^\circ 17'2''$**

Dekl. 19 t = N $4^\circ 07'1''$
 (d = $-0'9''$) = $- 0'5''$
Dekl. = N $4^\circ 07'6''$

Rettvisende peiling

$$\tan p = \frac{\sin t}{(\tan d \cdot \cos b - \sin b \cdot \cos t)} = \frac{\sin 64^\circ 17'2''}{(\tan 4^\circ 07'6'' \cdot \cos 46^\circ 53' - \sin 46^\circ 53' \cdot \cos 64^\circ 17'2'')} = -3,369\dots$$

Om ettermiddagen må sola stå i vest (LHA < 180), må være i 3 eller 4 kvadrant. Fortegnet er negativt, må være i 3 kvadrant.

$$p_k = \underline{S 73,5^\circ W} \Rightarrow p = 180^\circ + 73,5^\circ = \underline{253,5^\circ}$$

Feilvisning

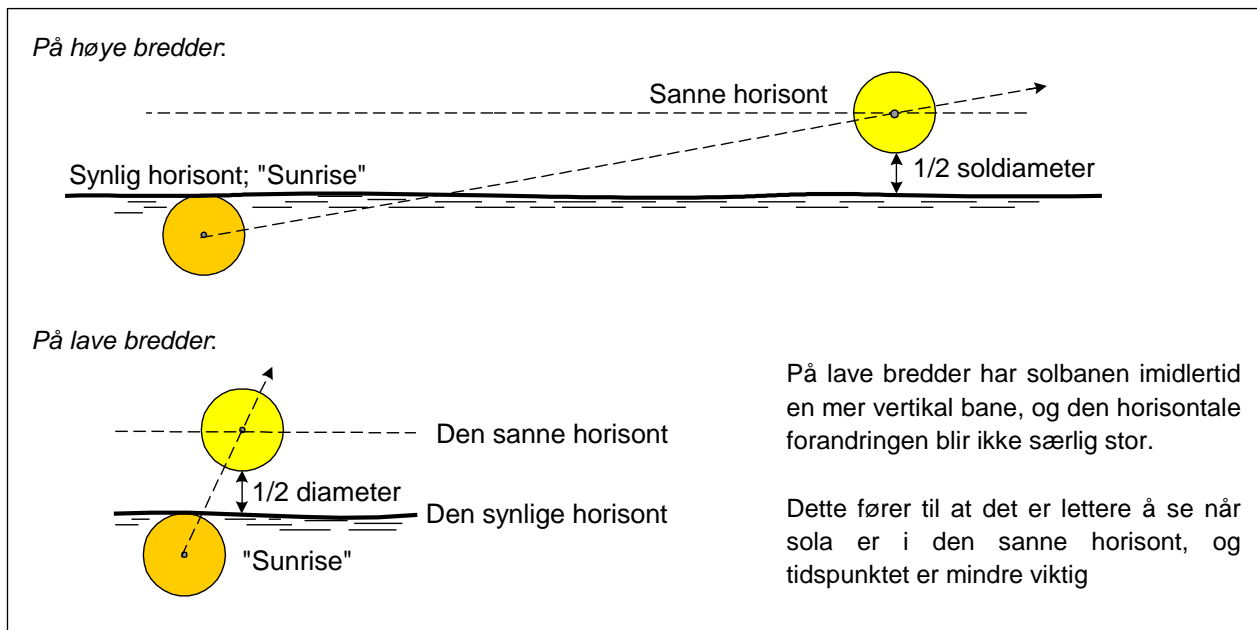
G.p = $254,5^\circ$
 Rv.p = $253,5^\circ$
f.v. = $- 1,0^\circ$

Deviasjon

G. k. = 220°
 f.v. = $- 1^\circ$
 Rv.k. = 219°
 misv. = $- 21^\circ$
 M.k. = 240°
 K.k. = 245°
dev. = $- 5^\circ$

18.3 Deviasjonsundersøkelse ved sola i sann opp- og nedgang

Når sola er i sann opp- og nedgang er solens underrand er en. $\frac{1}{2}$ soldiameter over horisonten, og solas høyde er da 0° . Dette på grunn av strålebrytningen. Ved soloppgang i almanakken er solas overrand akkurat i den synlige horisont.



18.4 Asimut ved sola i sann opp- og nedgang

Den letteste deviasjonskontrollen får vi ved å peile sola idet solsenteret er i den sanne horisont. Imidlertid er ikke observasjonene (peilingen) pålitelige på høye bredder da solbanen blir temmelig flat, Det å bestemme når solas underrand er $\frac{1}{2}$ soldiameter over horisonten kan være vanskelig.

Tar utgangspunkt i formelen for høydeasimut. Når høyden er 0° , vil $\sin 0^\circ$ bli 0, og $\cos 0^\circ$ er 1. Formelen kan da skrives om, og gir:

$$\cos Az = \frac{(\sin d - \sin b \cdot \sin h)}{\cos b \cdot \cos h} \Rightarrow \cos Az = \frac{\sin d}{\cos b}$$

Peilingen regnes fra N både på nord og sør bredde. Gir peilinger fra $0^\circ - 180^\circ$ når det brukes fortegn på bredde og deklinasjon.

Eksempel 19.4.1

Et skip befinner seg på N $62^\circ 00'$.

- b) Bestem rettvise peiling i sann oppgang når deklinasjonen er N $20^\circ 00'$
 c) Bestem rettvise peiling i sann oppgang når deklinasjonen er S $20^\circ 00'$

$$a) \quad \cos AZ = \frac{\sin d}{\cos b} = \frac{\sin 20^\circ}{\cos 62^\circ} = \underline{0.684..} \Rightarrow p = \underline{046.8^\circ}$$

$$a) \quad \cos AZ = \frac{\sin d}{\cos b} = \frac{\sin -20^\circ}{\cos 62^\circ} = \underline{-0.728..} \Rightarrow p = \underline{136.8^\circ}$$

19.3 Tidspunkt for solas sanne opp- og nedgang

Eksempel 19.3.1

Påværende plass den 20. september 2003 er N 40° 00' W 030° 00'. Uret viser sonetid for sone +2.

- Når er sola i synlig oppgang ("sunrise" i almanakken)?
- Bestem halv dagbue.
- Når er sola i sann oppgang?
- Hva er rettviseende peiling?

Løsning:

a) Sola i synlig oppgang

$$\begin{array}{rcl}
 \text{"Sunrise" N } 40^\circ & = & 05-45 \quad 20/9 \\
 \text{rett. bredde} & = & 0. \\
 \text{rett. dag} & = & 0. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" LMT} & = & 05-45 \quad 20/9 \\
 \text{st. kl. Gr.} & = & + 2-00. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" UTC} & = & 07-45 \quad 20/9 \\
 \text{sone} & = & + 2. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" LT} & = & \mathbf{05-45 \quad 20/9}
 \end{array}
 \quad \Rightarrow \quad \text{Dekl.} \approx \mathbf{N 1^\circ 12'9}$$

Ved å beregne sola i synlig oppgang kan vi ta ut tilnærmet korrekt deklinasjon for å beregne halv dagbue.

b) Halv dagbue

$$\begin{aligned}
 \cos t &= -\tan b \cdot \tan d = -\tan 40^\circ \cdot \tan 1^\circ 12'9 = \underline{-0,0175\dots} \quad \Rightarrow \quad t^\circ = \underline{91^\circ 00'4} \\
 t^\circ &= 91^\circ 00'4/15 = \underline{\mathbf{6^t 04^m}}
 \end{aligned}$$

c) Sola i sann oppgang

$$\begin{array}{rcl}
 \odot \text{ i mer. LMT} & = & 11-54 \quad 20/9 \\
 \text{st. kl. Gr.} & = & + 2-00. \\
 \odot \text{ i mer. UTC} & = & 13-54 \quad 20/9 \\
 \text{sone} & = & + 2. \\
 \odot \text{ i mer. LT} & = & 11-54 \quad 20/9 \\
 t^\circ & = & - 6-04. \\
 \hline
 \odot \text{ i sann oppg.} & = & \mathbf{05-50 \quad 20/9}
 \end{array}$$

Vi ser at soloppgang i almanakken (i synlig horisont) er 5 min. tidligere enn soloppgang i den sanne horisont. Vi vet fra tidligere at sola bruker 4 minutter pr. grad.

d) Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{\sin d}{\cos b} = \frac{\sin 1^\circ 12'9}{\cos 40^\circ 00'} = \underline{0,0273\dots}$$

$$Az = \underline{\mathbf{N 88,4^\circ E}} \quad \Rightarrow \quad p = \underline{\mathbf{088,4^\circ}}$$

Eksempel 19.3.2

Påværende plass den 20. september 2003 er N 70° 00' E 015° 00'. Uret viser sonetid for sone -2.

- Når er sola i synlig oppgang ("sunrise" i almanakken)?
- Bestem halv dagbue.
- Når er sola i sann oppgang?
- Hva er rettviseende peiling?

Løsning:

a) Sola i synlig oppgang

$$\begin{array}{rcl}
 \text{"Sunrise" N } 70^{\circ} & = & 05-30 \quad 20/9 \\
 \text{rett. bredde} & = & 0. \\
 \text{rett. dag} & = & 0. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" LMT} & = & 05-30 \quad 20/9 \\
 \text{m. kl. Gr.} & = & - 1-00. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" UTC} & = & 04-30 \quad 20/9 \\
 \text{sone} & = & - 2. \\
 \hline
 \text{"Sunrise" LT} & = & \mathbf{06-30 \quad 20/9}
 \end{array}
 \quad \Rightarrow \quad \text{Dekl.} \approx \mathbf{N 01^{\circ} 16'1}$$

Ved å beregne sola i synlig oppgang kan vi ta ut tilnærmet korrekt deklinasjon for å beregne halv dagbue.

b) Halv dagbue

$$\begin{aligned}
 \cos t &= -\tan b \cdot \tan d = -\tan 70^{\circ} \cdot \tan 1^{\circ}16'1 = \underline{-0,0608...} \quad \Rightarrow \quad t^{\circ} = \underline{93^{\circ} 29'2} \\
 t^t &= 93^{\circ} 29'2/15 = \underline{\mathbf{6^t 14^m}}
 \end{aligned}$$

c) Sola i sann oppgang

$$\begin{array}{rcl}
 \odot \text{ i mer. LMT} & = & 11-54 \quad 20/9 \\
 \text{m. kl. Gr.} & = & - 1-00. \\
 \odot \text{ i mer. UTC} & = & 10-54 \quad 20/9 \\
 \text{sone} & = & - 2. \\
 \odot \text{ i mer. LT} & = & 12-54 \quad 20/9 \\
 t^t & = & - 6-14. \\
 \hline
 \odot \text{ i sann oppg.} & = & \mathbf{06-40 \quad 20/9}
 \end{array}$$

Vi ser at soloppgang i almanakken (i synlig horisont) er 10 min. tidligere enn soloppgang i den sanne horisont. På høyere bredder vil det være større forskjell i tid og peiling på solas synlige oppgang og solas sanne oppgang.

d) Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{\sin d}{\cos b} = \frac{\sin 1^{\circ}16'1}{\cos 70^{\circ}00'} = \underline{0,0647....}$$

$$Az = \underline{N 86,3^{\circ} E} \quad \Rightarrow \quad p = \underline{\mathbf{086,3^{\circ}}}$$

19.4 Sola i sann opp- og nedgang for et skip underveis

Når et skip er underveis, vil både deklinasjon og bredde forandre seg

Følgende fremgangsmåte kan brukes for å finne tidspunktet for sola i sann oppgang/nedgang:

1. Tar ut ca. klokkeslett for "sunrise"/"sunset" (UTC), og får en tilnærmet deklinasjon
2. Beregner halv dagbue ut fra påværende plass
3. Beregner tid for sola i meridianen påværende plass
- Tid til sann oppgang/nedgang gjøres om til "timevinkel øst"
4. Setter "timevinkel øst" inn i formelen for "intervall til ..."
- Finner tid å seile til sann oppgang/nedgang
- Ved å trekke fra/legge til halv dagbue finner en sann oppgang/nedgang
5. Finner ny bestikkplass
- Trenger oppdatert bredde
6. Beregner solas rettvise peiling
- Tidligere funnet deklinasjon kan brukes

Eksempel 19.2.1

Et skip befinner seg kl. 0400 den 19. november 2003 i posisjon N 62°00' W 016°00'. Skipets rettvise seilte kurs er 220°, og skipets logget fart er 15,0 knop. En ønsker å beregne når en kan foreta en deviasjonskontroll ved sola i sann oppgang. Uret viste sonetid for sone +1.

Løsning:

(1) Solas deklinasjon

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ca. "sunrise" LMT} & = & 08-21 \quad 19/11 \\
 \text{st. kl. Gr.} & = & + \quad 1-04 \\
 \hline
 \text{ca. "sunrise" UTC} & = & 09-25 \quad 19/11 \Rightarrow \text{Dekl.} \quad = \quad \mathbf{S \ 19^\circ \ 24'0}
 \end{array}$$

(2) Halv dagbue

$$\begin{array}{rcl}
 \cos t & = & \tan b \cdot \tan d = \tan 62^\circ 00' \cdot \tan 19^\circ 24'0 = \underline{0,662\dots} \Rightarrow t = \underline{49,52\dots^\circ} \\
 t & = & 49,52\dots/15 = \underline{\mathbf{3^t \ 14^m}}
 \end{array}$$

(3) Tid til sann oppgang (påv. plass)

$$\begin{array}{rcl}
 \odot \text{ i mer. LMT} & = & 11-45 \quad 19/11 \\
 \text{st. kl. Gr.} & = & + \quad 1-04 \\
 \hline
 \odot \text{ i mer. UTC} & = & 12-49 \quad 19/11 \\
 \text{Zone} & = & + \quad 1 \\
 \hline
 \odot \text{ i mer. LT} & = & 11-49 \quad 19/11 \\
 \text{Halv dagbue} & = & - \quad 3-14 \\
 \hline
 \odot \text{ i sann oppg.} & = & 08-35 \quad 19/11 \\
 \text{Kl. omb.} & = & 04-00 \quad 19/11 \\
 \hline
 \text{Tid til sann oppg.} & = & \mathbf{4-35}
 \end{array}$$

(4) Intervall til sann oppgang

$$l_h = \frac{\text{Tid}}{\left(1 + \frac{v \cdot \sin k}{900 \cdot \cos b_a}\right)} = \frac{4^{\text{t}}35^{\text{m}}}{\left(1 + \frac{15,0 \cdot \sin 220^\circ}{900 \cdot \cos 62^\circ 00'}\right)} \approx \underline{\underline{4^{\text{t}} 41^{\text{m}}}}$$

LT om bord = 04-00 19/11

Seiling = 4-41

Sann oppg. = 08-41 19/11

(5) Bestikkplass kl. 0841

Kurs = 220°

Dist. = 15,0 kn. · 4,68 t = 70,3 nm

Eb. = N 61° 06' W 017° 35'

(6) Rettvisende peiling

$$\cos Az = \frac{\sin d}{\cos b} = \frac{\sin -19^\circ 24'}{\cos 61^\circ 06'} = \underline{\underline{-0.687\dots}}$$

$$Az = \underline{\underline{N 133,4^\circ E}} \Rightarrow p = \underline{\underline{133,4^\circ}}$$

20 DE VIKTIGSTE STJERNENE

20.1 Stjernes lysstyrke ("Magnituder")

Astronomer måler lysstyrke i "magnitudes", direkte oversatt til "størrelsesordener" på norsk. Dette systemet stammer fra Hipparchos (190BC-120BC) som lagde den første stjernekatalogen i historien. Han noterte ned posisjon og lysstyrke på rundt 850 stjerner!

For at observasjonene skulle gi mening fant han opp et system der den sterkeste stjernen på himmelen fikk lysstyrke 1 (størrelsesorden 1). Svakere stjerner fikk størrelsesorden 2, 3 og så videre helt ned til 6. Størrelsesorden 6 var det svakeste han kunne se - teleskopet var ikke funnet opp enda. Fra nå av kaller jeg "størrelsesorden" for "mag".

Dette systemet har overlevd frem til i dag og en av de viktigste oppgavene i astronomien i dag er å nettopp bestemme lysstyrken på forskjellige objekter. I dag kan vi måle lysstyrken objektivt og nøyaktig ved hjelp av digitale instrumenter.

I tillegg er stjernen Vega definert til å ha mag 0 og gapet mellom hver magnitudo tilsvarer en lysforskjell på 2,512 ganger. Det betyr at ei stjerne med "mag" 1 er 100 ganger lyssterk enn ei stjerne med «mag» 6 fordi $2,512^5 = 100$.

"Mag" 6 er fortsatt grensen for hva vi kan se med det blotte øyet. I byer med mye lysforurensning kan det hende du ikke ser mer enn stjerner med «mag» 4. Svært lyssterke objekter kan til og med ha negative verdi. Stjernen Sirius har for eksempel «mag» -1,58, Venus kan bli så lys som «mag» -4,4 og sola har «mag» -26.

Lysstyrke til noen himmellegemer:

Objekt	"Mag"
Sola	-26,8
Fullmåne	-12,6
Venus	-4,4
Jupiter	-2,0
Sirius	-1,44
Vega	0,0
Saturn	+ 1,0
Stjerner i Karlvogna	+ 2,0
Uranus	+ 6,0
Neptun	+ 8,0

I nautiske almanakker er det for hver dag tabulert siderisk timevinkel og deklinasjon for 19 stjerner av 1. størrelse og 38 stjerner av 2. størrelse.

Blant disse stjernene vil en navigatør normalt finne hva han trenger for å kunne bestemme sin plass på jorda.

20.2 Stjernefortegnelser

Fra 1603 har en brukt tyskeren Bayers måte å betegne stjernene på, nemlig en gresk bokstav på stjernen sammen med stjernebildets latinske navn i genitiv. Den klareste stjernen i stjernebildet er vanligvis α , den nest klareste β osv. + det latinske navnet til stjernebildet.

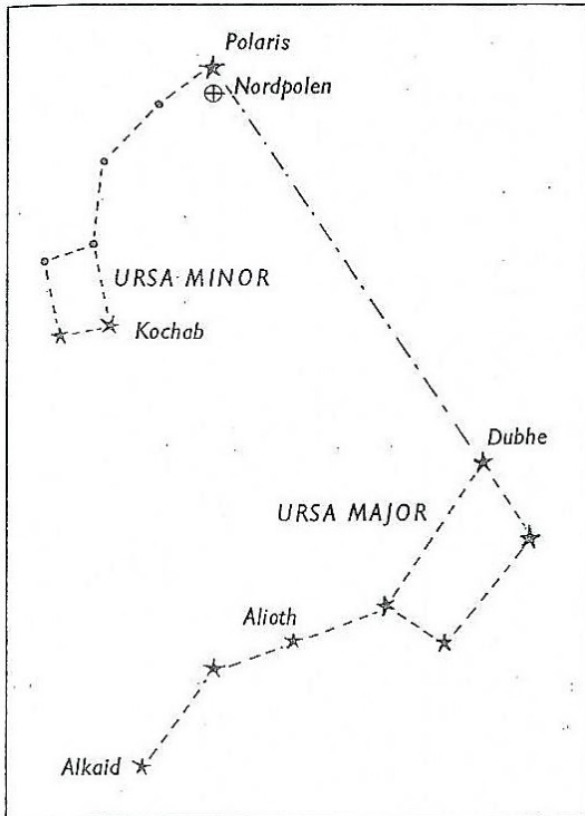
Eksempelvis har den nest klareste stjernen i stjernebildet Løven betegnelsen β Leonis. Strekker ikke det greske alfabetet til, fortsetter en med det latinske.

De største stjernene innenfor hvert stjernebilde har dessuten sine egne navn. Dette er tilfelle med de stjernene som er oppført på de daglige venstresidene i nautisk almanakk.

20.3 Stjernekart

Stjernenes plass i et stjernekart gis ved deklinasjon og siderisk timevinkel (SHA). Stjernekart kan tegnes i forskjellige projeksjoner som polarprojeksjon eller mercatorprojeksjon. På de neste sidene er det vist to projeksjoner, nemlig *Plansje I: Polarprojeksjon* og *Plansje II: Mercatorprojeksjon*.

Polaris, Stjernebildene Store- og Lille Bjørn:



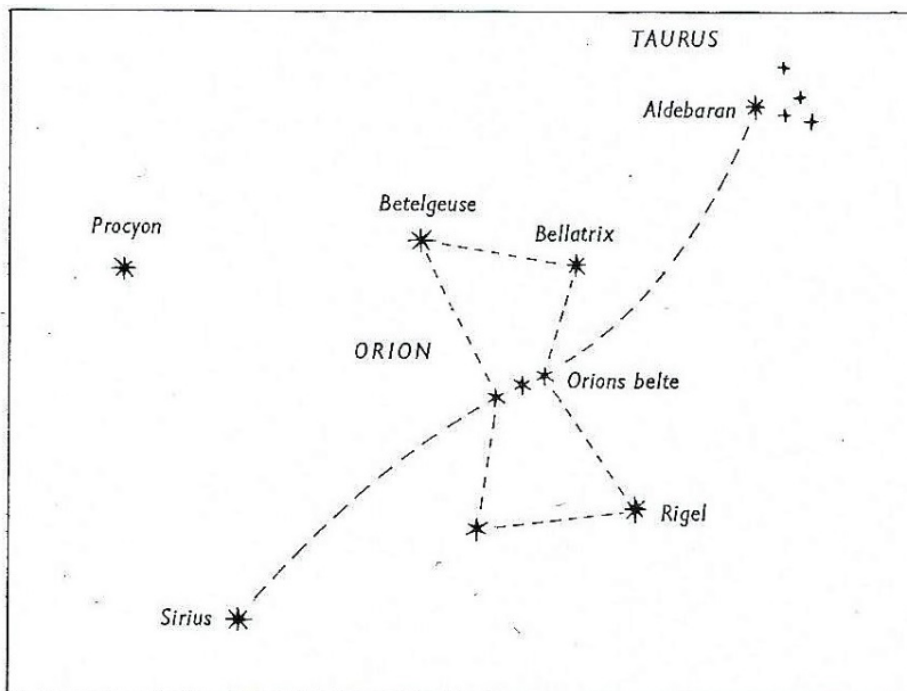
Vanligvis er stjernehimmelen tegnet slik den ville sett ut for en observatør på innsiden av himmelkula, slik den ser ut for oss en stjerneklar kveld.

Når vi tar stjerneobservasjoner i tussemørket, er det bare de klareste stjernene vi kan se.

Men det er klart at skal vi kjenne igjen de få stjernene vi ser, bør vi kunne stjernebildene.

Stjernekart bør derfor brukes på mørke netter for at vi skal kunne lære stjernehimmelen å kjenne.

Stjernebildet Orion:



20.4 Bruken av stjernekart

Plansje I

Skal vi bruke kartet over nordkalotten, snur vi oss mot nord og holder kartet foran oss slik at månedens navn kommer nederst. Kartet viser da hvorledes stjernehimmelen ser ut over nord horisont omtrent kl. 1800 i den bestemte måneden.

Stjernene beveger seg imidlertid i sirkler (dagsirkler) om polen, og på grunn av denne bevegelsen vil bildet forandre seg utover kvelden:

- Stjernene *over* polen beveger seg vestover (eller til venstre) 15° pr. time.
- Stjernene *under* polen beveger seg østover (eller til høyre) 15° pr. time.

Plansje II

Plansjen viser himmelkulas midtsone fra N 50° til S 50° . Nord er som vanlig opp og sør er ned på kartet. Står vi vendt mot sør og ser over sør horisont, vil øst være mot venstre og vest mot høyre.

Også her er månedens navn skrevet inn. Er det f.eks. i mars, ser en at stjernene omkring stjernebildet ORION vil være i meridianen ca. kl. 1800.

Senere på kvelden vil nye stjerner være i meridianen, mens ORION står vestafor meridianen.

PLANSJE I:

