

Astrolution

Inleiding

De kunst van het navigeren heeft mij altijd geboeid, astro-navigatie is daarop geen uitzondering. Enkele jaren geleden kon ik redelijk goedkoop een gebruikte sextant kopen, een Freiburger gemaakt in de DDR, compleet met kist. Die heeft nog een tijd op de kast gelegen. Enerzijds omdat een zeezeilschip ontbrak in de vloot maar ook omdat je er met het 'schieten' van het zonnetje nog niet bent. Om op wat zinnigs uit te komen moet er dan nog wat rekenwerk verzet worden en boeken geraadpleegd worden om tot iets zinnigs te komen. Meestal is dat een Line of Position (LOP) daar straks meer over.

Vorig jaar met de aankoop van de Jouet zat er eindelijk een geschikt schip in de vloot om de wonderen van de astro-navigatie te gaan ontdekken. Via Amazon kwam ik op Reeds Astro Navigation Tables. De omschrijving belooft het volgende:



Reeds Astro Navigation Tables is an established book of annual astro-navigation tables compiled specifically for the needs of yachtsmen. It contains all the information the ocean-going sailor needs (without the bulk) in order to navigate by the sun, moon, planets and stars, using tables devised by practical ocean navigators. This book, together with a sextant, will enable sailors to navigate confidently and safely when out of the sight of land.

'Nothing I have seen comes near to the sensible format which I see before me'
Tom Cunliffe, RYA Yachtmaster Examiner, author and sailor

Met name de opmerking van Tom Cunliffe heeft voor mij de doorslag gegeven dus die maar besteld. Dat het goedkoper was dan de diverse 'standaard' naslagwerken heeft natuurlijk ook een grote rol gespeeld.

Nu zijn alle tabellen natuurlijk prima down te loaden, maar voor mij gaat daar dan toch deels de lol weer van af. Het gaat mij om het gebruik van elektronische apparatuur zoveel mogelijk te beperken.

De sextant met boek is een paar keer mee geweest op een werk-reis en zo heb ik met een sextant op het strand gezeten op Tenerife, op het dak van het hotel in Viracopos in Brazilië en een hotelkamer met zeezicht in Miami. De observaties heb ik gebruikt om te oefenen, maar het heeft me een boel tijd gekost voordat ik nu écht doorhad waar ik mee bezig was. Inmiddels begin ik een idee te krijgen, maar vooralsnog hierin een *one-trick pony*.. Wat me aan de Reeds methode erg aanspreekt is dat het daadwerkelijke rekenwerk enerzijds beperkt blijft tot wat hoofdrekenen en anderzijds gelijk is voor alles objecten, dus zon, maan, planeten maar ook de sterren en dat alles kan met een A4 boekwerk van zo'n 80 bladzijden.

Solution

De pinkstertrip 2015 was de ideale gelegenheid om het geleerde eens in praktijk te gaan brengen. Een grote boot, dus ruimte en stabiliteit, minder verantwoordelijkheden want opstapper in plaats van schipper/eigenaar en dus meer mentale ruimte om er de tijd voor te nemen.

Op het ijsselmeer hebben we allemaal met de sextant op het achterdek gezeten om zonnetjes te schieten. Al die observaties heb ik genoteerd met de gps-positie en de tijd volgens mijn horloge.

Dat horloge had ik voor vertrek gelijk gezet met een NTP-server via Internet om zo een zo exact mogelijke UTC-tijd te krijgen. UTC komt nagenoeg overeen met GMT wat volgens de Wiki een puur astronomische tijd is. Op het werk hebben we het over 'zulu'-tijd meestal aangeduid door een 'z' achter de tijd om dat aan te geven.

Ik had stiekum gehoopt *local apparent noon* te kunnen observeren en dacht dat ook gedaan te hebben, maar later bleek die laatste observatie niet te (kunnen) kloppen en zijn we helaas te vroeg gestopt.

Tijdens de trip zou de 'sight reduction' nog gedaan gaan worden, maar daar is het niet meer van gekomen, daarom dit documentje.

Uiteindelijk heb ik één observatie uitgekozen om die hier uit te werken. De gegevens daarvan zijn als volgt:

- datum/tijd: 21 mei 2015, 12 uur 39 minuten en 44 seconden lokale tijd
- gps-positie: N 52° 49.9' E 005° 17.8'
- object: zon
- gemeten hoek: 55° 25.1'

Om alles dan ook nog een leuke naam mee te geven heb ik ze gecombineerd: astrolution dus.

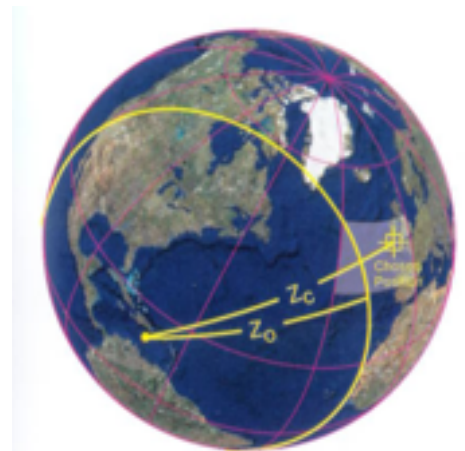
Line of Position

Omdat er hier sprake is van een enkele observatie van de zon, en ook nog eentje die *niet* het hoogste punt van die dag weergeeft, is het hoogste haalbare wat hier uit te halen is een *line of position*. Omdat we de exacte tijd weten kunnen we met behulp van tabellen achterhalen op exact welk punt van de aarde de zon op de exacte tijd recht boven de aarde stond.

Het 'geheim' van de moderne methode om tot een LOP te komen is om de hoek die gemeten is, na een paar correcties, te vergelijken met hoek die je berekend met tabellen aan de hand van positie. Bij de 'normale' methodes gebruik je dan een 'assumed position' een 'aangenomen positie' die je zó uitzoekt dat het zoeken in de tabellen eenvoudiger wordt. De Reeds-methode doet het anders door gebruik te maken van de DR-positie.

Uiteindelijk komt je dan op een berekende hoek (Z_c) die je vergelijkt met de geobserveerde hoek (Z_o) daar kun je dan uit opmaken of je dichter bij of juist verder weg bent van het punt waar de zon recht boven de aarde staat (Z) en hoe ver precies. Met de tabellen kun je ook uitrekenen in welke richting dat is. Die richting en afstand zijn dan een punt op de cirkel rondom Z . Omdat de straal enorm is zie je de kromming niet en kun je dan voor gemak het een rechte lijn haaks op de richting in de kaart zetten zodat die door de afstand gaat die je hebt uitgerekend. Hmm dit staat er misschien wat warrig, laat ik de observatie maar uitwerken.

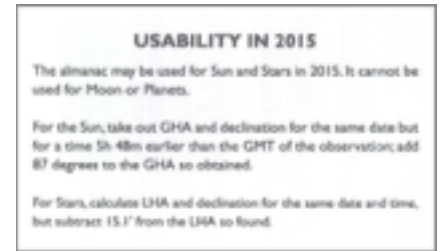
Als ik dit soort zaken uit zou moeten rekenen omdat mijn elektriciteit is uitgevallen of de GPS dan is nauwkeurigheid natuurlijk belangrijk. Mijn doel zou echter zijn om ergens een haven aan te gaan lopen voor reparaties ofzo. Astro-navigatie is daar accuraat genoeg voor maar ik verwacht geen uitkomsten die op de meter nauwkeurig te zijn. Als ik binnen een paar mijl zit lijkt me dat voldoende om een eiland op zee te kunnen vinden. Her en der neem ik dan ook de vrijheid om 'op het gevoel' te interpoleren.



Sight Reduction

Voor mijzelf heb ik een formulier gemaakt om zo alles in te kunnen vullen. Die pak ik er bij en vul de gegevens van de observatie in.

Omdat ik het boekwerk van 2014 gebruik moet ik een extra slag maken. Ik moet 5 uur 48 minuten van de tijd aftrekken worden alvorens ik de tabellen in ga en bij de uitkomst van weer 87 graden optellen. Nou ja, dat moet dan maar. Ik verwacht dit jaar geen reizen waarop ik de sextant nodig heb dus dan is het minder zinvol om een nieuw boek te bestellen, ik kan altijd nog gemeen spelen en tabellen via internet raadplegen, die zijn er genoeg.



LHA en Dec

Ik begin maar met het opzoeken van de GHA, Greenwich Hour Angle, en Dec, declinatie van de zon, in de tabellen. Zonder het te ingewikkeld te maken geven deze twee gegevens het punt Z weer waar de zon recht boven staat. Door nu onze lengte (longitude) te 'verrekenen' met deze GHA krijgen we een LHA, local hour angle. Dit doe je door O/E lengte op te tellen bij de GHA of W lengte af te trekken. Indien nodig 360° er bij op tellen of aftrekken om zo een uitkomst te krijgen die tussen 0° en 360° zit.

Voor deze observatie kijken we in de maandelijkse tabel van mei bij de 21. De observatie was van 12:39:44. Dat is 10:39:44z vanwege de zomertijd is het tijdsverschil 2 uur. Omdat ik oude tabellen gebruik moet er nog 5:48 van af. Daarmee kom ik dan op 04:51:44z

GMT	SUN GHA	Dec	ARIES GHA
00	180 51.9	N20 07.3	238 23.7
01	210 51.9	20 08.3	268 38.6
04	240 51.8	20 09.3	298 43.5
05	270 51.7	20 10.3	328 48.4
06	300 51.6	20 11.4	358 53.4
10	330 51.5	20 12.4	388 58.3
12	0 51.4	20 13.4	59 03.2
14	30 51.3	20 14.4	89 08.1
16	60 51.3	20 15.4	119 13.1
18	90 51.2	20 16.4	149 18.0
20	120 51.1	20 17.4	179 22.9
22	150 51.0	N20 18.4	209 27.9

Uit de tabel haal ik dan een GHA van 240° 51.8'. Deze kan op het formulier genoteerd worden. Vervolgens moet er dan een correctie bij voor de 51 minuten en 44 seconden. Een uur is 15° maar gelukkig is er een tabel die het eenvoudig maakt. Dus plus 12° 45' en plus 0° 11'. Dat geeft dan 240° 51.8' + 12° 56' is 253° 47.8', Als laatste komt er dan nog 87 graden bij die nodig zijn vanwege het gebruik van een oud boekje. Zo kom ik op een GHA van 340° 47.8'

Min. or Sec.	Add for Minutes	Add for 1 Hour + Minutes	Min. or Sec.	Add for Minutes	Add for 1 Hour + Minutes
0	0 00	15 00	00	30	3 30.0
1	0 15.0	15 15.0	01	31	7 45.0
2	0 30.0	15 30.0	02	32	8 00.0
3	0 45.0	15 45.0	03	33	8 15.0
4	1 00	16 00	04	34	8 30.0
5	1 15.0	16 15.0	05	35	8 45.0
6	1 30.0	16 30.0	06	36	9 00.0
7	1 45.0	16 45.0	07	37	9 15.0
8	2 00	17 00	08	38	9 30.0
9	2 15.0	17 15.0	09	39	9 45.0
10	2 30.0	17 30.0	10	40	10 00.0
11	2 45.0	17 45.0	11	41	10 15.0
12	3 00	18 00	12	42	10 30.0
13	3 15.0	18 15.0	13	43	10 45.0
14	3 30.0	18 30.0	14	44	11 00.0
15	3 45.0	18 45.0	15	45	11 15.0
16	4 00	19 00	16	46	11 30.0
17	4 15.0	19 15.0	17	47	11 45.0
18	4 30.0	19 30.0	18	48	12 00.0
19	4 45.0	19 45.0	19	49	12 15.0
20	5 00	20 00	20	50	12 30.0
21	5 15.0	20 15.0	21	51	12 45.0
22	5 30.0	20 30.0	22	52	13 00.0
23	5 45.0	20 45.0	23	53	13 15.0
24	6 00	21 00	24	54	13 30.0
25	6 15.0	21 15.0	25	55	13 45.0
26	6 30.0	21 30.0	26	56	14 00.0
27	6 45.0	21 45.0	27	57	14 15.0
28	7 00	22 00	28	58	14 30.0
29	7 15.0	22 15.0	29	59	14 45.0

Als laatste stap moet dan de GHA omgezet worden in een LHA en moet in mijn geval 005° 17.8' opgeteld worden bij de GHA en krijg als LHA 346° 05.6' deze kan dan op het formulier (met de tussenstappen natuurlijk).

De Dec heeft een klein rekenstapje nodig om 04 is het 20° 09.3' en om 06 is het 20° 10.3' dus in twee uur is de verandering 1', in 1 uur dus 0.5' en 51 minuten geeft dan afgerond 0.4' die moeten er nog bij en zo kom ik dan op een Dec van 20° 09.7' die ik ook noteer op het formulier.

Als je ook hier de antwoorden bekijkt zie je de extremen bij de interpolatie 13.1 en 15.8 zijn. Een verkeerde interpolatie zou een verschil van hooguit 3 graden opleveren.

3 Graden verkeerd op een afstand van 60 mijn geeft een fout van 3 mijl. Ik verwacht een afstand die veel korter is dus een fout van een paar graden is wat mij betreft niet zo'n drama.

C C (correction) = A ± B

C	3.20	3.60	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.0	15.0	20.0	40.0
0	17.4	15.5	14.0	12.5	11.3	9.5	8.1	7.1	6.3	5.7	3.8	2.9	1.4
10	17.6	15.8	14.2	12.7	11.5	9.6	8.3	7.2	6.4	5.8	3.9	2.9	1.5
20	18.4	16.5	14.9	13.3	12.0	10.1	8.6	7.6	6.7	6.1	4.1	3.0	1.5
24	18.9	16.9	15.3	13.7	12.3	10.3	8.9	7.8	6.9	6.2	4.2	3.1	1.6
28	19.5	17.5	15.8	14.1	12.8	10.7	9.2	8.1	7.2	6.5	4.3	3.2	1.6
30	19.8	17.8	16.1	14.4	13.0	10.9	9.4	8.2	7.3	6.6	4.4	3.3	1.7
32	20.2	18.1	16.4	14.7	13.3	11.1	9.6	8.4	7.5	6.7	4.5	3.4	1.7
34	20.7	18.5	16.8	15.0	13.6	11.4	9.8	8.6	7.6	6.9	4.6	3.5	1.7
36	21.1	19.0	17.2	15.4	13.9	11.6	10.0	8.8	7.8	7.0	4.7	3.5	1.8
38	21.6	19.4	17.6	15.8	14.2	11.9	10.3	9.0	8.0	7.2	4.8	3.6	1.8
40	22.2	19.9	18.1	16.2	14.6	12.3	10.6	9.3	8.3	7.4	5.0	3.7	1.9
42	22.8	20.5	18.6	16.7	15.1	12.6	10.9	9.5	8.5	7.7	5.1	3.8	1.9
44	23.5	21.1	19.2	17.2	15.5	13.0	11.2	9.9	8.8	7.9	5.3	4.0	2.0
46	24.2	21.8	19.8	17.8	16.1	13.5	11.6	10.2	9.1	8.2	5.5	4.1	2.1
48	25.0	22.5	20.5	18.4	16.6	14.0	12.1	10.6	9.4	8.5	5.7	4.3	2.1
50	25.9	23.4	21.3	19.1	17.3	14.5	12.6	11.0	9.8	8.8	5.9	4.4	2.2
52	26.9	24.3	22.1	19.9	18.0	15.1	13.1	11.5	10.2	9.2	6.2	4.6	2.3
54	28.0	25.3	23.1	20.7	18.8	15.8	13.7	12.0	10.7	9.7	6.5	4.9	2.4
56	29.2	26.4	24.1	21.7	19.7	16.6	14.3	12.6	11.2	10.1	6.8	5.1	2.4
58	30.5	27.7	25.3	22.8	20.7	17.5	15.1	13.3	11.8	10.7	7.2	5.4	2.7
60	32.0	29.1	26.6	24.0	21.8	18.4	15.9	14.0	12.5	11.3	7.6	5.7	2.9
62	33.6	30.6	28.0	25.3	23.1	19.6	16.9	14.9	13.3	12.0	8.1	6.1	3.0
64	35.5	32.4	29.7	26.9	24.5	20.8	18.1	15.9	14.2	12.9	8.6	6.5	3.3
66	37.6	34.3	31.6	28.7	26.2	22.3	19.4	17.1	15.3	13.8	9.3	7.0	3.5

azimuth (°)

Naming the azimuths: if answer is +, azimuth is South in north latitudes and North in south latitudes; if answer is -, azimuth is North in north latitudes and South in south latitudes.
If hour angle is less than 180°, azimuth is West; if more than 180°, azimuth is East.

H₀

De laatste stappen zijn het corrigeren van de observatie om zo tot een goede H₀ te komen en deze te vergelijken met de berekende H₀.

Om de observatie te corrigeren moeten we de fouten er uit gaan halen. Volgens de papieren bij mijn sextant zitten daar geen fouten in. Of dat écht zo is weet ik niet, maar het komt me nu wel even goed uit.

Een volgende stap is het corrigeren voor de hoogte boven zeeniveau van de observatie en het feit dat we onderkant van de zon op de horizon zetten terwijl we met het midden van de zon rekenen. Ik schat mijn positie op de Solution in als 1.5 m boven het water. In geval van serieuze golven zou ik de helft van de geschatte hoogte van de golven bij mijn geschatte hoogte van de sextant tot het water optellen.

Ik ga de tabel in met de hoogte (1.5 m) en de breedte (52° 49.9). Ook hier moet weer geïnterpoleerd worden. Heb helaas het rode vierkant verkeerd in de tabel getekend. Ik maak het mezelf makkelijk en neem 13.41'.

Een andere correctie is maandelijks en die staat onderin de tabel. Voor mei is die -0.11'. De totale correctie is dus 0° 13.3'.

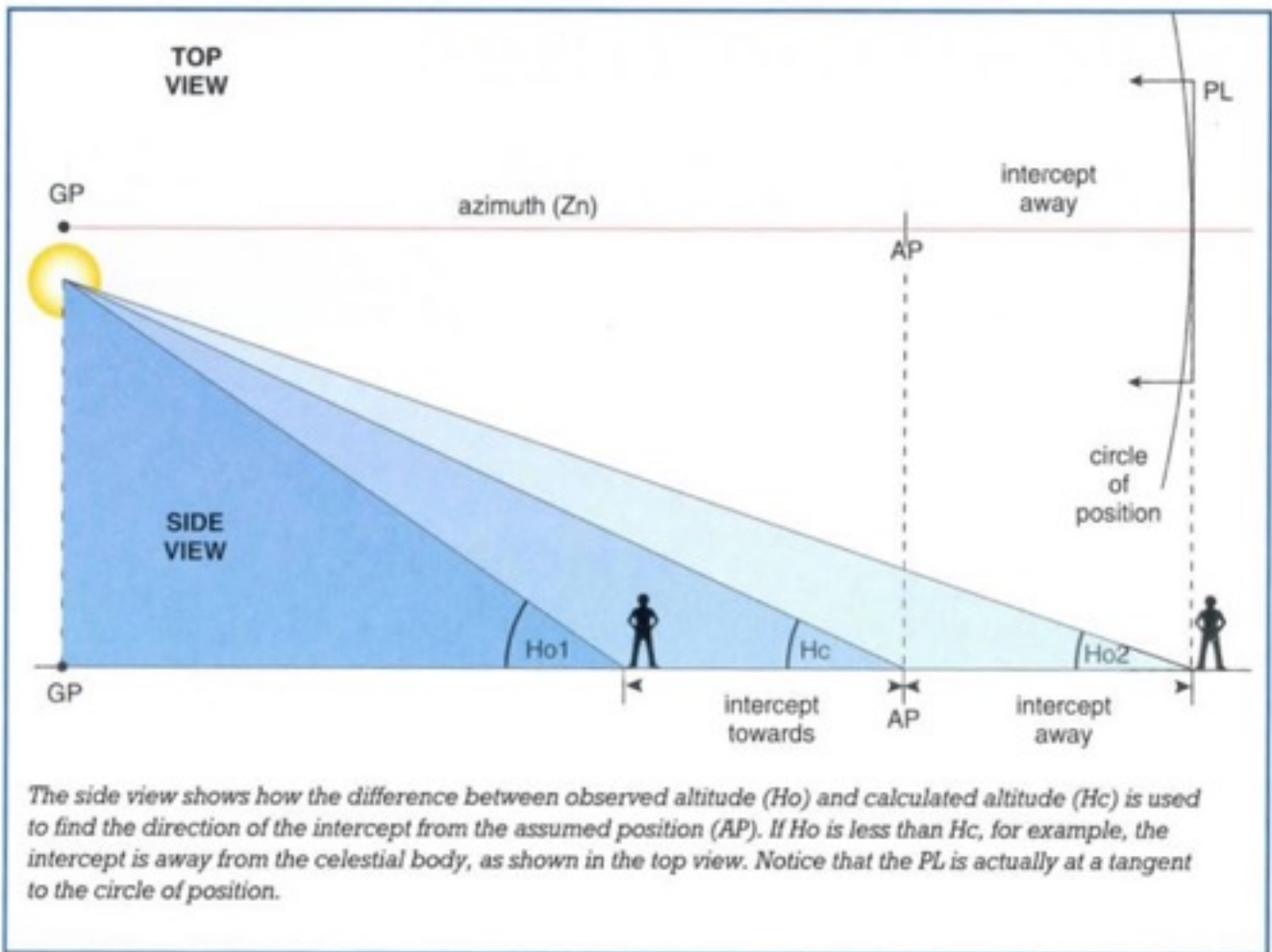
Die correctie tel ik op bij de gemeten hoek van 55° 25.1' en kom zo op een H₀ van 55° 38.4', een verschil van 1.9' dus 1.9 nm.

Obs Alt	0.9	1.8	2.4	3.0	3.7	4.3	4.9	5.3
	3	6	8	10	12	14	16	18
9	8.6	8.0	7.6	7.2	6.9	6.6	6.4	6.3
10	9.1	8.5	8.1	7.9	7.5	7.2	7.0	6.7
11	9.6	9.0	8.6	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1
12	10.0	9.4	9.0	8.7	8.4	8.1	7.8	7.4
13	10.3	9.7	9.3	9.0	8.7	8.4	8.2	7.5
14	10.6	10.0	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2
15	10.9	10.2	9.9	9.5	9.2	9.0	8.7	8.5
16	11.1	10.5	10.1	9.7	9.5	9.2	8.9	8.7
17	11.3	10.7	10.3	10.0	9.7	9.4	9.1	8.5
18	11.5	10.8	10.5	10.1	9.9	9.6	9.3	9.1
19	11.6	11.0	10.6	10.3	10.0	9.7	9.5	9.3
20	11.8	11.2	10.8	10.4	10.2	9.9	9.6	9.4
21	11.9	11.3	10.9	10.6	10.3	10.0	9.8	9.5
22	12.0	11.4	11.0	10.7	10.4	10.1	9.9	9.7
23	12.1	11.5	11.1	10.8	10.5	10.2	10.0	9.8
24	12.2	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3	10.1	9.9
25	12.3	11.7	11.3	11.0	10.7	10.4	10.2	10.0
26	12.4	11.8	11.4	11.1	10.8	10.5	10.3	10.1
27	12.5	11.9	11.5	11.2	10.9	10.6	10.4	10.1
28	12.6	12.0	11.6	11.3	11.0	10.7	10.4	10.2
30	12.7	12.1	11.7	11.4	11.1	10.8	10.6	10.4
32	12.9	12.2	11.9	11.5	11.2	11.0	10.7	10.5
34	13.0	12.3	12.0	11.6	11.3	11.1	10.8	10.6
36	13.1	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	10.9	10.7
38	13.2	12.5	12.1	11.8	11.5	11.2	11.0	10.8
40	13.3	12.6	12.2	11.9	11.6	11.3	11.1	10.8
42	13.4	12.7	12.3	12.0	11.7	11.4	11.2	10.9
44	13.4	12.7	12.4	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0
46	13.5	12.8	12.4	12.1	11.8	11.5	11.3	11.0
48	13.6	12.9	12.5	12.2	11.9	11.6	11.3	11.1
50	13.6	12.9	12.5	12.2	11.9	11.6	11.4	11.1
52	13.6	13.0	12.6	12.3	12.0	11.7	11.4	11.2
54	13.7	13.0	12.6	12.3	12.0	11.7	11.5	11.3
56	13.7	13.1	12.7	12.4	12.1	11.8	11.5	11.3
58	13.8	13.1	12.7	12.4	12.1	11.8	11.6	11.3
60	13.8	13.1	12.8	12.4	12.1	11.9	11.6	11.4
62	13.9	13.2	12.8	12.5	12.2	11.9	11.7	11.4
64	13.9	13.2	12.8	12.5	12.2	11.9	11.7	11.5
66	14.0	13.2	12.9	12.5	12.3	12.0	11.7	11.5
70	14.1	13.3	12.9	12.6	12.3	12.0	11.8	11.6
80	14.2	13.5	13.1	12.8	12.5	12.2	11.9	11.7
90	14.3	13.6	13.2	12.9	12.6	12.3	12.1	11.9

MONTHLY C

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
+0.3'	+0.2'	+0.1'	0.01'	-0.11'	-0.2'

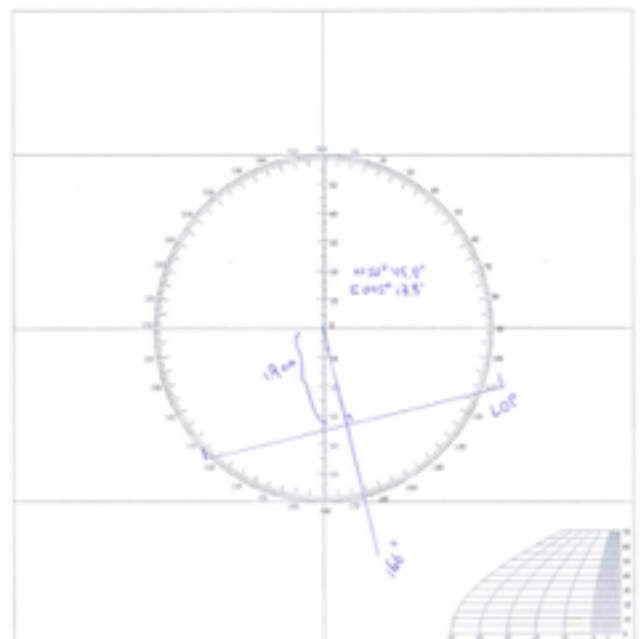
Nu kunnen we de hoeken vergelijken. H_c is de hoek die we gehad zouden hebben als we op de DR positie gekeken zouden hebben. H_o is wat we gezien hebben. Het verschil bepaald of we nu dichterbij of verder weg zijn dan we denken en hoeveel. Het plaatje hiernaast geeft naar mijn idee een goed beeld van wat de bedoeling is, waarbij je voor AP (assumed position) DR mag nemen.



De berekende hoogte was $55^\circ 36.5'$ en de geobserveerde $55^\circ 38.4'$. Een verschil van $1.9'$. De geobserveerde hoogte was groter dan de berekende dus we hebben een situatie als bij H_{o1} in het plaatje en we zijn dichterbij (towards) de zon dan onze DR-positie.

Als laatste kun je dan de gevonden LOP in de kaart of op een plotting sheet tekenen. Op mijn elektronische kaart lukte het even niet dus nog maar even een plotting sheet geprint en ingetekend.

De 1.9 nm afstand heb ik er lukraak ingezet maar moet natuurlijk afgemeten worden!



Conclusie

Al met al heb ik nu zo'n 6 bladzijden vol geschreven over deze berekening. Het klinkt op het eerste gezicht wat overweldigend. Maar met wat oefening is het binnen de 5 minuten te doen. Omdat achter de tabellen gewoon een rekensom zit is het geheel ook prima middels een rekenmachine te doen. Natuurlijk zijn er ook al de nodige apps voor. Eentje gebruik ik zo meestal om mijn papieren rekenwerk te controleren. Dat heb ik ook met deze som gedaan.

Hc zoals berekend was $55^{\circ} 36.5$ tegen $55^{\circ} 36.3$ volgens de berekening. Ik kwam op een Z van 166° tegenover een berekende van 156.5° toch eigenlijk wel een aanzienlijk verschil waarvan ik nog eens goed moet gaan bedenken of dat acceptabel is..

Ik blijf nog een tijdje oefenen en ga bij gelegenheid ook de maan, planeten en sterren in de sommen betrekken. Tegen de tijd dat ik dat goed door heb zal ik een vervolg schrijven op dit documentje.

