

Csillagászati navigáció, intercept method

Bevezető

A csillagászati navigációt mindenki bonyolultnak, misztikusnak és megtanulhatatlannak gondolja, ezért gondoltuk Levi-vel, hogy ezt a tévhitet eloszlatjuk!

Ennek a jegyzetnek az a célja, hogy érthetően és a lehető leghatékonyabban átadjuk a csillagászati navigáció egy módszerét. Ebben az anyagban minimális tudományos/fogalmi áttekintés mellett gyakorlatorientáltan mutatjuk be az égitestek alapján történő pozíciómeghatározást egy módszerét, az intercept method-ot. A mellékelt formanyomtatvány segítségével a mögöttes összefüggések ismerete nélkül is lehetséges így a pozíciónk meghatározása.

Készítettünk egy videót is erről az [Ocean Sailing SE](#) YouTube csatornájára, aminek segítségével ez a jegyzet még jobban érthető fog válni. Köszönöm Erős Leventének a segítségét, mert a jegyzet írásában és szerkesztésében oroszlánrésze volt.

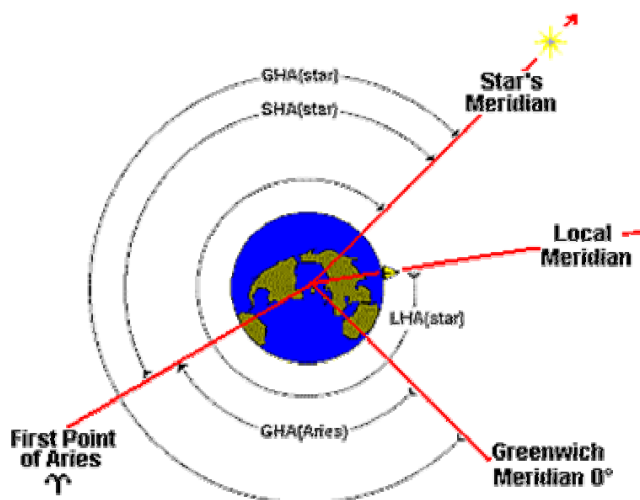
Jó tanács a tanuláshoz: ha nem értesz valamit, nem baj, a csillagászati navigáció számolását és szerkesztését 'csak' mechanikusan vagyis megértés nélkül is lehet csinálni.'

[Méder Áron, Ocean Sailing SE](#)

Fogalmak

GHA

Az égitest GHA (Greenwich Hour Angle) értéke az a szög, amelyet a Föld tengelyét és az égitestet is tartalmazó félsík és a 0°-os (greenwichi) meridián félsíkja egymással bezár. A félsíkokat a Föld tengelye határolja. A GHA 0° és 360° közé esik, mindig pozitív érték, a greenwichi félsíktól nyugati irányba mérendő. Az ábrán a félsíkok felülnézetből, piros vonalként látszanak.



LHA

Az égitest a hajó földrajzi hosszúságához viszonyított relatív állásszöge. Pontosabban fogalmazva az LHA a Föld tengelye által határolt és a hajót (hajó meridiánját) tartalmazó félsík, valamint a Föld tengelye által határolt és az égitestet tartalmazó félsíkok által bezárt, hajóhoz képesti nyugati irányban mért szög.

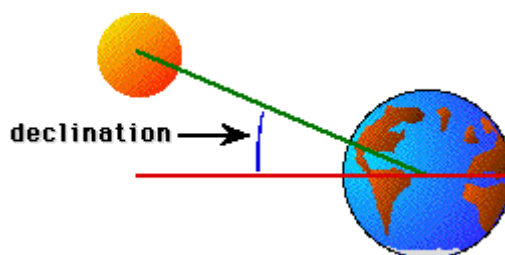
Az LHA a következő képlettel számolható ki:

$LHA = GHA \pm \text{földrajzi hosszúság}$,

ahol a keleti hosszúságot hozzáadjuk, a nyugati hosszúságot pedig kivonjuk a GHA-ból az LHA megkapásához.

Deklináció

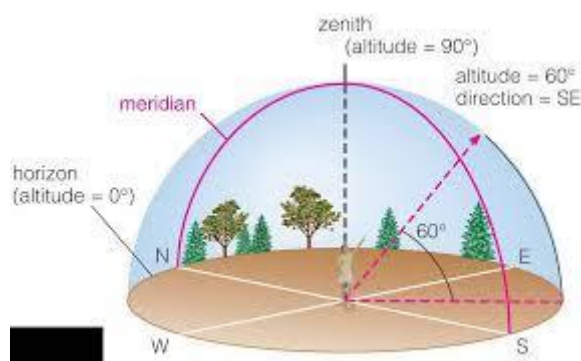
Az égitest deklinációja az Egyenlítő síkja és a Föld középpontját az égitesttel összekötő félegyenes által bezárt szög. Lehet északi és déli irányú. Az almanach ezt vagy az érték előjelével, vagy az irány explicit megjelenítésével jelöli.



[A kép [forrása](#)]

Horizont feletti magasság

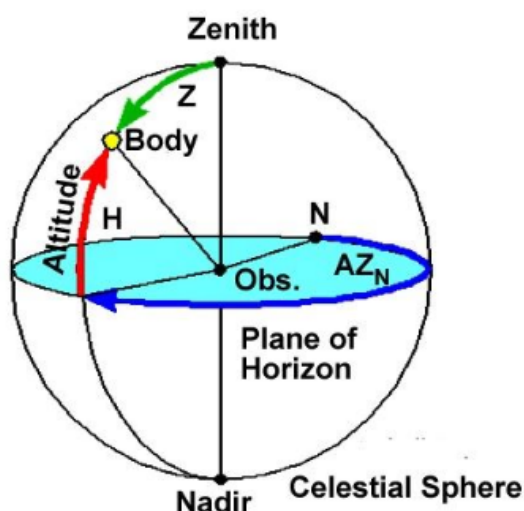
Angolul altitude. A Föld felszínét a nézőpontban érintő sík valamint a nézőpontot az égitesttel összekötő szakasz által bezárt szög.



[A kép [forrása](#)]

Azimut

Angolul azimuth. Az a szög, amelyet az északi irány (azaz a nézőpont meridiánja) valamint a nézőpontot és az égitestet is tartalmazó (megfigyelő számára) vertikális sík egymással bezár. Az ábrán AZ_N , a kék terület pedig a Föld felszínét a megfigyelő helyzetében érintő sík része.



[A kép [forrása](#)]

GMT

Greenwichi középido

Indexhiba

A sextáns mérési hibája, amely abból adódik, hogy a sextáns két tükre nem párhuzamos egymással.

Lépések nagyvonalakban

1. A hajózási almanach segítségével kikeressük a helymeghatározáshoz használt égitest pozícióját, azaz a GHA értékét és deklinációját (ezek függetlenek a mi pozíciónktól).
2. Kiszámoljuk, hogy mi lenne az égitest horizont feletti magassága és azimutja a feltételezett (durván – a valós pozíciónktól legfeljebb 50-100 tengerimérföldön belülre – becsült) pozíciónkból nézve, így megkapjuk az égitest becsült pozícióját.
3. Az égitest sextánssal mért horizont feletti magasságán különböző korrekciókat végzünk, amiből megkapjuk az égitest valós horizont feletti magasságát
4. Az égitest becsült pozícióban érvényes valamint valós horizont feletti magassága és a becsült pozícióban érvényes azimutja alapján megrajzoljuk a jelenlegi helyzetvonalunkat, amelyen rajta vagyunk. Végül több óra elteltével megismételjük a fenti lépéseket a (második) helyzetvonal megrajzolásáig, és a két helyzetvonal alapján a két mérés közötti elhajózást is figyelembe véve meghatározzuk a hajó pozícióját..

A következőkben e 4 lépést részletezzük egy példán keresztül, a navigációhoz használt égitest a Nap lesz.

1. lépés: Az égitest GHA-jának és deklinációjának meghatározása

Első lépésben töltjük ki a mellékelt űrlap ábrán látható részeit. Az idő rubrikáiba a sextánssal elvégzett mérés időpontjában aktuális greenwichi dátumot időt írjuk. Ez 1997 augusztus 30. 21 óra 14 perc 23 másodperc. A D. R. Latitude és D. R. Longitude a hajó becsült helyzete. A helyzetmeghatározás akkor lesz pontos, ha ez a becsült helyzet a valós pozíciónktól 50-100

tengerimérföldön belül van. A Sextant obs. alt. alatti felső rubrikába a Nap sextánszal mért horizont fölötti magassága kerüljön. Azt a mért értéket írjuk ide, amelyet úgy kapunk, hogy a napkorong épphogy érinti a horizontot a sextáns képén. A Height of eye rubrikába a szemünk tengerszint feletti magasságát írjuk. Ez nagyjából 3 méter. Végül az Index error rubrikába a sextáns indexhibáját írjuk.

Object Sun		D. R. Latitude 36° 54' S	
Date 30 8/97 Day Month		D. R. Longitude 174° 51' E	
TIME h m s 21 14 23 Corrected Time GMT/UTC		Sextant Corrections Index error Off+ 1.0' DK Height of eye 3 Dip	
		Sextant obs. alt. 27° 47.7' + .' - .' Ref. - .' Limb + .' True Altitude	

A hajózási almanachból (<https://thenauticalalmanac.com/>) olvassuk ki, hogy a mai nap aktuális órájában mennyi a Nap GHA-ja és deklinációja:

SATURDAY 30/AUGUST/1997									
UT	SUN				ARIES		MOON		
	GHA	Dec			GHA		GHA	v	Dec
0	179 49.2	N 9 3.9			338 13.5		212 57.6	12.5	N15
.									
.									
21	134 53.2	8 45.1			294 5.2		158 8.4	13.3	13 3
22	149 53.4	8 44.2			309 7.7		172 40.8	13.4	13 28
23	164 53.6	8 43.3			324 10.1		187 13.2	13.4	13 2
	SD=15.8	d=0.9					SD=14.8		

Ahogy látható, a mai dátumon (1997 augusztus 30-án) a Nap GHA-ja a GMT szerinti 21 órakor 134°53,2', deklinációja pedig 8°45,1'É. Ezen adatok mellett olvassuk ki a Nap adott naphoz tartozó d értékét. A d érték az égitest adott naphoz tartozó óránkénti átlagos deklinációváltozása, amely egyébként az adott nap egyes óráinak deklinációi különbségeként is megjelenik az egymás után

következő sorokban. A deklinációváltozás irányát (nö vagy csökken) is fel kell jegyeznünk. Ezt a mérés órájának és a rákövetkező órának deklinációértékeiből deríthetjük ki. Esetünkben a deklináció csökken, hiszen 22 órakor alacsonyabb, mint 21 órakor.

A fenti táblázatból kiolvasott, 21 óra 0 perc 0 másodpercre vonatkozó GHA és deklinációs értéket korrigálhatjuk a méréskor aktuális percre és másodpercre. Ehhez az almanach korrekciós táblázatai közül keressük ki a 14. percre vonatkozó táblát. Ilyenből egy létezik, tehát az év bármelyik napjának bármelyik óráján belül ugyanaz a korrekciós tábla használandó a 14. percre. E korrekciós táblának két része van, amely – nagyon fontos – függetlenek egymástól, még ha soraik egyvonalon is vannak.

A táblázat bal fele azt adja meg, hogy az adott perc különböző másodperceiben mennyivel szükséges korrigálnunk a fenti táblázatból adott órára kiolvasott GHA értéket, hogy megkapjuk az égitest adott órában, percben és másodpercben aktuális, pontos GHA értékét. Belátható, hogy függetlenül attól, hogy mi a dátum és óra, ez a korrekciós érték az adott perc adott másodpercére mindig ugyanaz lesz, hiszen a Föld egyenletes sebességgel forog. Esetünkben 14 perc 23 másodperc alatt 3 fokot és 35,8 szögpercet változott a Nap GHA értéke 14 perc és 23 másodperc alatt.

A táblázat jobb fele ezzel szemben azt mondja meg, hogy az égitest adott napra és órára ismert óránkénti átlagos deklinációváltozásának (d) ismeretében az adott percben mennyivel kell korrigálnunk a deklináció pontos órára vonatkozó deklinációját. Esetünkben az óránkénti deklinációváltozás átlagosan 0,9 fok az adott napon, bármely óra 14. percben ezért 0,2 fokkal kell korrigálni a 21:00-ra vonatkozó deklinációt. Ez logikus, hiszen ha az óránkénti deklinációváltozás 0,9°, akkor 14 perc, azaz 14/60 óra alatt körülbelül $0,9 \cdot 14/60 = 0,21$ fokot változik a deklináció.

MINUTE 14					
Sec	SUN & PLANETS	ARIES	MOON	v or d	corr
00	3 30.0	3 30.6	3 20.4	0.0	0.0
01	3 30.3	3 30.8	3 20.7	0.1	0.0
.					
.					
23	3 35.8	3 36.3	3 25.9	0.7	0.2
24	3 36.0	3 36.6	3 26.2	0.8	0.2
25	3 36.3	3 36.8	3 26.4	0.9	0.2
26	3 36.5	3 37.1	3 26.6	1.0	0.2

A következő lépés az égitest mérés időpontjában érvényes pontos GHA és deklinációértékének kiszámolása. Ehhez a napra vonatkozó táblázatból, majd a percre vonatkozó korrekciós táblázatból kiolvasott értékeket vigyük fel az űrlapra. A lenti ábrán a GHA rubrikái a következőt jelentik: 21 órakor a Nap GHA-ja 134°53,2'. 14 perc 23 másodperckor ezt 3°35,8'-cel kell korrigálni, így a Nap GHA-ja a mérés napján 21 óra 14 perc 23 másodperckor 138°29,0'. A lenti ábra deklinációra vonatkozó rubrikáinak jelentése a következő: 21 órakor a Nap deklinációja 8°45,1' északi irányban. Az óránkénti deklinációváltozás -0,9, hiszen a deklináció csökken, a 14. percben ez az órák deklinációhoz képest 0,2

szögperces deklinációváltozást jelent negatív irányban. Így a Nap deklinációja a mérés időpontjában, 21 óra 14 perckor 8 fok, 44,9 szögperc.

Nautical Almanac									
GHA		h	°	'	Dec				
		21	134	53.2	h	°	'	N	
Incr. for		m	s	°	'				
		14	23	3	35.8	'd'	°	'	
Total GHA			°	'	Total Dec				
		138	29.0			8	°	44.9	N

2. lépés: Az égitest becsült pozícióban érvényes horizont feletti magasságának és azimutjának kiszámítása – sight reduction

Ebben a lépésben az égitest pontos (méréskor érvényes) GHA-ja és deklinációja alapján azt számoljuk ki, hogy amennyiben a becsült pozíciókon lennénk, onnan mennyinek érékelnénk az égitest horizont feletti magasságát és azimutját. Ehhez az ún. sight reduction (a továbbiakban redukciós) táblázatokat fogjuk használni (ez jó fordítás magyarra?), amelyekkel tehát egy GHA-t és deklinációt transzformálunk horizont feletti magasságra és azimutra.

A redukciós táblázatok kizárólag egész szögértékű földrajzi szélesség és LHA értékekkel használhatók. Becsült földrajzi szélességünk $36^{\circ}54'D$, a Nap LHA-ját a becsült hosszúságunkon pedig a következőképpen számolhatjuk ki (mivel becsült hosszúságunk keleti, ezt hozzá kell adnunk a GHA-hoz):

$$LHA = GHA + \text{becsült hosszúság} = 138^{\circ}29' + 174^{\circ}51' = 313^{\circ}20'$$

A redukciós táblázatok használata érdekében becsült földrajzi szélességünket 37° -ra kerekítjük, becsült hosszúságunkat pedig $174^{\circ}31'$ -re változtatjuk annak érdekében, hogy a Nap LHA-ja kerek legyen. $LHA = 138^{\circ}29' + 174^{\circ}31' = 313^{\circ}$. (Ez a kerekítés legrosszabb esetben is fél fok, azaz körülbelül 30 tmf egy irányban, körülbelül 45 tmf eredőben, ami még nem veszélyezteti a helyzetmeghatározás pontosságát. – ez igaz?) A módosított becsült hosszúságot mostantól választott hosszúságnak, a módosított becsült szélességet pedig választott szélességnek fogjuk hívni, a félreértéseket elkerülendő. A választott szélességgel és hosszúsággal immáron kitölthetjük az Űrlap Sight Reduction részlegének alábbi részét:

Total GHA	138°	29.0'	
Sight Red			
Chosen Longitude	174°	31.0'	+ E
LHA	313°		
Chosen Latitude	37°		S
Dec	8°	44.9'	N

A kitöltött rubrikák jelentése a következő. A Chosen Longitude-hoz vesszük fel az LHA-t kerekké tévő választott földrajzi hosszúságunkat, és bejelöljük azt, hogy keleti vagy nyugati hosszúságról van-e szó (a táblázat az égtájak melletti előjelekkel segít az LHA kiszámításában). Az LHA rubrikába az égitest fent ismertetett módon, választott hosszúságból és GHA-ból kiszámolt LHA értékét írjuk. A Chosen Latitude rubrikába kerül az egészre kerekített választott földrajzi szélességünk, a Dec rubrikáiba pedig az égitest korábban kiszámolt, másodpercre korrigált deklinációja.

Következő lépésként a redukciós táblázatból kiolvassuk, hogy a választott helyzetünkben tartózkodva mennyi lenne az égitest horizont feletti magassága (Hc) és az a Z érték, amely az égitest azimutjának kiszámításához kell. E lépésben tehát azt határozzuk meg, hogy a választott hosszúságon és szélességen tartózkodva milyen magasan és milyen irányban látnánk az égitestet. A redukciós táblázatból Hc és Z mellett kiolvasható egy d érték is, amely azt mutatja meg, hogy az égitest deklinációjának 1 fokos változása mellett hány szögperccel változik Hc a választott pozícióból nézve.

A redukciós táblázatok formátuma többféle lehet, itt két példát mutatunk be.

- a) Minden földrajzi szélességhez kétféle redukciós táblázat tartozik. Az egyik fejlécében a „LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION”, a másik fejlécében a „LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION” szöveg található. Előbbit akkor használjuk, ha a földrajzi szélességünknek és az égitest deklinációjának iránya (északi vagy déli) azonos, utóbbit pedig ellenkező esetben. Ezen túl is több táblázat tartozhat adott földrajzi szélességhez, amelyek egész szögértékű deklinációkhoz tartozó táblázatrészekre tagolódnak.

Esetünkben a választott szélesség déli, míg a Nap deklinációja északi irányú, így a 37 fokos szélességhez tartozó, „LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION” fejlécű redukciós táblázatot kell használnunk, ezek közül is azt, amelyikben megtaláljuk a 8 fokos deklinációhoz tartozó táblázatrészt:

Latitude 37°		Declination (0° – 14°) CONTRARY name to Latitude													
LHA	.	7°				8°				9°				.	LHA
		Hc	d	Z		Hc	d	Z		Hc	d	Z			
0	.	46 00	-60	-1		45 00	-60	180		44 00	-60	180		.	360
1	.	45 59	-60	179		44 59	-60	179		43 59	-60	179		.	359
2	.	45 58	-60	177		44 58	-60	177		43 58	-60	177		.	358
.	.	.	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.
.	.	.	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.
45	.	29 09	-46	127		28 23	-46	127		27 37	-46	128		.	315
46	.	28 31	-46	126		27 45	-46	126		26 59	-46	127		.	314
47	.	27 51	-45	125		27 06	-45	126		26 21	-46	126		.	313
48	.	27 12	-45	124		26 27	-45	125		25 42	-45	125		.	312
49	.	26 32	-44	123		25 48	-45	124		25 03	-45	125		.	311
.	.	.	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.
.	.	.	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.
.	.	.	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.

- b) Minden LHA értékhez kétféle táblázat tartozik (<https://msi.nga.mil/Publications/SRTMar>). Az egyik fejlécében a „LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION”, a másik fejlécében a „LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION” szöveg található. Előbbit akkor használjuk, ha a földrajzi szélességünknek és az égitest deklinációjának iránya (északi vagy déli) azonos, utóbbit pedig ellenkező esetben. Ezen túl is több táblázat tartozhat adott LHA értékhez, amelyek egész szögértékű földrajzi szélességekhez tartozó táblázatrészekre tagolódnak.

Esetünkben a választott szélesség déli, míg a Nap deklinációja északi irányú, így a 313 fokos LHA-hoz tartozó, „LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION” fejlécű redukciós táblázatot kell használnunk, ezek közül is azt, amelyikben megtaláljuk a 37 fokos földrajzi szélességhez tartozó táblázatrészt:

LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION												L.H.A. 47°, 313°													
32°				33°				34°				35°				36°				37°				Dec.	
Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z				
115.7	35	20.1	-39.1	116.3	34	53.3	-40.1	116.9	34	25.8	-40.9	117.5	33	57.8	-41.7	118.1	33	29.2	-42.4	118.7	33	00.1	-43.2	119.3	0
116.6	34	41.0	-39.6	117.2	34	13.2	-40.4	117.8	33	44.9	-41.2	118.4	33	16.1	-42.0	119.0	32	46.8	-42.8	119.6	32	16.9	-43.5	120.1	1
117.5	34	01.4	-40.0	118.1	33	32.8	-40.8	118.7	33	03.7	-41.6	119.3	32	34.1	-42.4	119.9	32	04.0	-43.1	120.4	31	33.4	-43.9	120.9	2
118.4	33	21.4	-40.4	119.0	32	52.0	-41.2	119.6	32	22.1	-41.9	120.2	31	51.7	-42.7	120.7	31	20.9	-43.5	121.2	30	49.5	-44.1	121.7	3
119.3	32	41.0	-40.7	119.9	32	10.8	-41.5	120.5	31	40.2	-42.3	121.0	31	09.0	-43.0	121.5	30	37.4	-43.7	122.0	30	05.4	-44.4	122.5	4
120.2	32	00.3	-41.1	120.8	31	29.3	-41.8	121.3	30	57.9	-42.6	121.8	30	26.0	-43.3	122.3	29	53.7	-44.0	122.8	29	21.0	-44.7	123.3	5
121.1	31	19.2	-41.5	121.6	30	47.5	-42.2	122.1	30	15.3	-42.9	122.6	29	42.7	-43.5	123.1	29	09.7	-44.2	123.6	28	36.3	-44.9	124.1	6
122.0	30	37.7	-41.7	122.5	30	05.3	-42.5	123.0	29	32.4	-43.1	123.5	28	59.2	-43.9	123.9	28	25.5	-44.5	124.4	27	51.4	-45.1	124.8	7
122.8	29	56.0	-42.1	123.3	29	22.8	-42.7	123.8	28	49.3	-43.5	124.2	28	15.3	-44.1	124.7	27	41.0	-44.8	125.1	27	06.3	-45.4	125.6	8
123.7	29	13.9	-42.3	124.1	28	40.1	-43.1	124.6	28	05.8	-43.7	125.0	27	31.2	-44.4	125.5	26	56.2	-45.0	125.9	26	20.9	-45.6	126.3	9
124.5	28	31.6	-42.7	124.9	27	57.0	-43.3	125.4	27	22.1	-44.0	125.8	26	46.8	-44.6	126.2	26	11.2	-45.2	126.6	25	35.3	-45.9	127.0	10
125.3	27	48.9	-42.9	125.7	27	13.7	-43.6	126.2	26	38.1	-44.2	126.6	26	02.2	-44.8	127.0	25	26.0	-45.5	127.3	24	49.4	-46.0	127.7	11
126.1	27	06.0	-43.1	126.5	26	30.1	-43.8	126.9	25	53.9	-44.4	127.3	25	17.4	-45.0	127.7	24	40.5	-45.6	128.1	24	03.4	-46.2	128.4	12

Az értékek a két táblázatban a pontosságtól eltekintve megegyeznek, dátumtól és évtől függetlenek, hiszen csupán ugyanazon értékek (LHA, deklináció) matematikai transzformációinak eredményeit tartalmazzák. A továbbiakban az a) pontban bemutatott táblázattal dolgozunk.

A redukciós táblázatból kiolvasott értékeket következő lépésben felvezetjük az űrlap alábbi részére:

Sight Reduction Tables

Hc	27° 06'		
'd'	45'		
Calc. Alt			

Dec	8° 44.9'	N
-----	----------	---

Z	126°
---	------

Azimuth (Zn) 54°

N. Latitude
If LHA > 180° Zn = Z
If LHA < 180° Zn = 360 - Z

S. Latitude
If LHA > 180° Zn = 180 - Z
If LHA < 180° Zn = 180 + Z

Esetünkben Hc rubrikájába beírjuk a redukciós táblázatból kiolvasott 27°06' értéket valamint a -45 fokos d értéket. Az azimuth (Zn) kiszámolásához a következő szabályt kell követnünk:

- Ha az északi féltekén vagyunk, és
 - $LHA \geq 180$, akkor $Zn = Z$
 - $LHA < 180$, akkor $Zn = 360 - Z$
- Ha a déli féltekén vagyunk, és
 - $LHA \geq 180$, akkor $Zn = 180 - Z$
 - $LHA < 180$, akkor $Zn = 180 + Z$

Mivel a Z érték 126° és a déli féltekén vagyunk, az azimuth kiszámításához 180°-ból ki kell vonnunk a Z-t. A választott pozícióinkban tehát 54° a Nap azimuthja (tehát Északhoz képesti iránya).

Az égitest választott pozícióban észlelt horizont feletti magasságának kiszámításához még korrigálnunk kell a Hc értéket a redukciós táblázatból kiolvasott d érték segítségével, amely tehát azt adja meg, hogy a deklináció 1 fokos változása esetén hány szögpercet módosul az égitest horizont feletti magassága. Ehhez az interpolációs táblázatot használjuk, amelyre itt két példa látható.

INCREMENTS OF DECLINATION -									
d	1	.	.	43	44	45	46	.	60
min	=====			=====			=====		min
0	0	.	.	0	0	0	.	.	0
1	0	.	.	1	1	1	.	.	1
2	0	.	.	1	1	2	.	.	2
3	0	.	.	2	2	2	.	.	3
4	0	.	.	3	3	3	.	.	4
45	.	.	.	32	33	34	.	.	45
46	.	.	.	33	34	34	.	.	46
47	.	.	.	34	34	35	.	.	47
48	.	.	.	34	35	36	.	.	48
49	.	.	.	35	36	37	.	.	49

A fenti táblában a táblázat sorai két szélén álló értékek jelentik az égitest deklinációjának kerek szögértéken túli szögperc részét, amely esetünkben 44,9', de a példában a táblázat precizitása miatt 45'-re kerekítettük. A táblázat oszlopai a redukciós táblázatból kiolvasott d értékeknek felelnek meg. Esetünkben ez a d érték is 45, a táblázat megfelelő cellájából pedig azt olvashatjuk ki, hogy Hc-t az égitest deklinációja törtrészének ismeretében 34 szögperccel kell korrigálnunk.

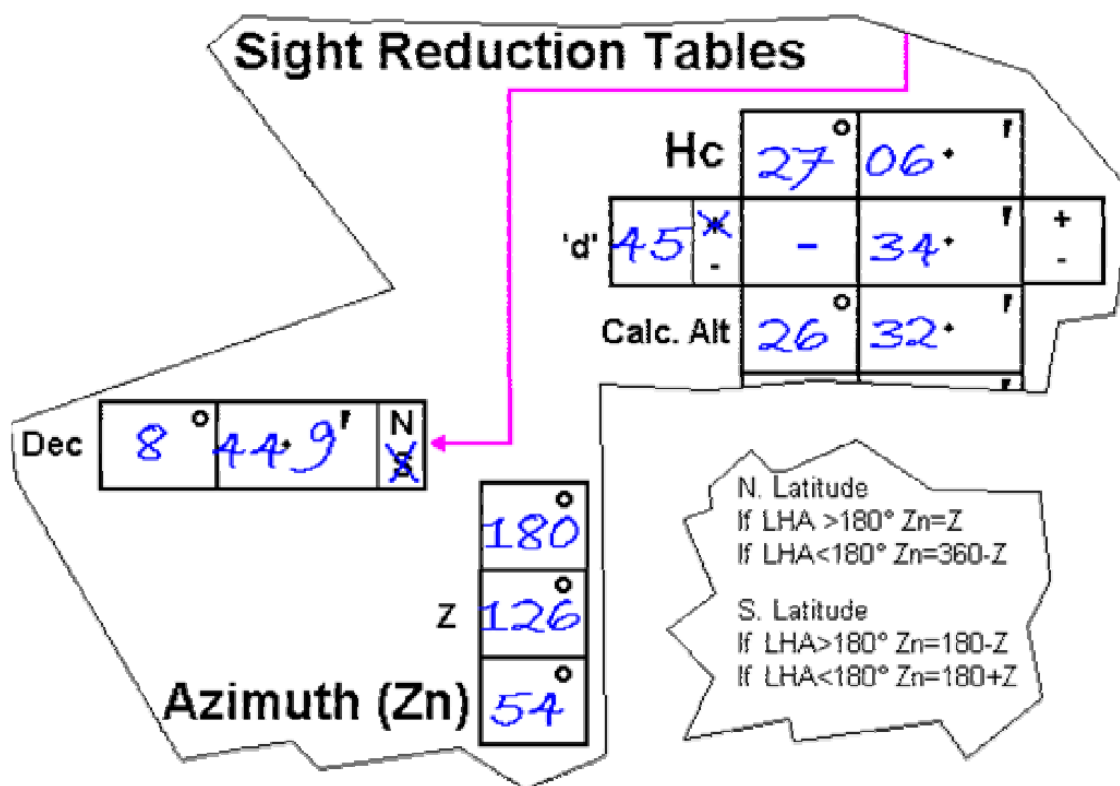
A lenti táblázat (<https://msi.nga.mil/Publications/SRTMar>) ettől annyiban tér el, hogy a d érték tízes és egyes valamint első tizedes helyértékeihez tartozó korrekciókat külön-külön kell kiolvasnunk, majd összeadnunk. Itt a fenti d (-45,4) és deklináció-törtrész értékekre 34,1 szögperc adódik, mint korrekció. A továbbiakban a fenti táblázattal fogunk továbbdolgozni.



OCEAN SAILING SE
WWW.OCEANSAILING.MEDER.HU

Dec. Inc.	Altitude Difference (d)																	Double Second Diff. and Corr.	
	Tens					Decimals		Units											
	10'	20'	30'	40'	50'	↓	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'			
44.0	7.3	14.6	22.0	29.3	36.6	.0	0.0	0.7	1.5	2.2	3.0	3.7	4.4	5.2	5.9	6.7	1.1 3.2 5.3 7.5 9.6 11.7 13.9 16.0 18.1 20.3 22.4 24.5 26.7 28.8 30.9 33.1 35.2	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6	
44.1	7.3	14.7	22.0	29.4	36.7	.1	0.1	0.8	1.6	2.3	3.0	3.8	4.5	5.3	6.0	6.7			
44.2	7.3	14.7	22.1	29.4	36.8	.2	0.1	0.9	1.6	2.4	3.1	3.9	4.6	5.3	6.1	6.8			
44.3	7.4	14.8	22.1	29.5	36.9	.3	0.2	1.0	1.7	2.4	3.2	3.9	4.7	5.4	6.2	6.9			
44.4	7.4	14.8	22.2	29.6	37.0	.4	0.3	1.0	1.8	2.5	3.3	4.0	4.7	5.5	6.2	7.0			
44.5	7.4	14.8	22.3	29.7	37.1	.5	0.4	1.1	1.9	2.6	3.3	4.1	4.8	5.6	6.3	7.0			
44.6	7.4	14.9	22.3	29.7	37.2	.6	0.4	1.2	1.9	2.7	3.4	4.2	4.9	5.6	6.4	7.1			
44.7	7.5	14.9	22.4	29.8	37.3	.7	0.5	1.3	2.0	2.7	3.5	4.2	5.0	5.7	6.5	7.2			
44.8	7.5	15.0	22.4	29.9	37.4	.8	0.6	1.3	2.1	2.8	3.6	4.3	5.0	5.8	6.5	7.3			
44.9	7.5	15.0	22.5	30.0	37.5	.9	0.7	1.4	2.2	2.9	3.6	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3			
45.0	7.5	15.0	22.5	30.0	37.5	.0	0.0	0.8	1.5	2.3	3.0	3.8	4.5	5.3	6.1	6.8			
45.1	7.5	15.0	22.5	30.0	37.6	.1	0.1	0.8	1.6	2.4	3.1	3.9	4.6	5.4	6.1	6.9			
45.2	7.5	15.0	22.6	30.1	37.6	.2	0.2	0.9	1.7	2.4	3.2	3.9	4.7	5.5	6.2	7.0			
45.3	7.5	15.1	22.6	30.2	37.7	.3	0.2	1.0	1.7	2.5	3.3	4.0	4.8	5.5	6.3	7.1			
45.4	7.6	15.1	22.7	30.3	37.8	.4	0.3	1.1	1.8	2.6	3.3	4.1	4.9	5.6	6.4	7.1			
45.5	7.6	15.2	22.8	30.3	37.9	.5	0.4	1.1	1.9	2.7	3.4	4.2	4.9	5.7	6.4	7.2			
45.6	7.6	15.2	22.8	30.4	38.0	.6	0.5	1.2	2.0	2.7	3.5	4.2	5.0	5.8	6.5	7.3			
45.7	7.6	15.3	22.9	30.5	38.1	.7	0.5	1.3	2.0	2.8	3.6	4.3	5.1	5.8	6.6	7.4			
45.8	7.7	15.3	22.9	30.6	38.2	.8	0.6	1.4	2.1	2.9	3.6	4.4	5.2	5.9	6.7	7.4			
45.9	7.7	15.3	23.0	30.6	38.3	.9	0.7	1.4	2.2	3.0	3.7	4.5	5.2	6.0	6.7	7.5			

Hc korrekciójának ismeretében immáron hiánytalanul kitölthetjük a következő rubrikákat:



A d érték sorába felvesszük a negatív előjelet (hiszen d -45 volt) (ezt az összefüggést jól látom?), majd az interpolációs táblázatból kiolvasott 34 fokot beírjuk a rákövetkező rubrikába. A Calc. Alt, azaz számított horizont feletti magasság értéket a felső két sorban szereplő Hc érték és korrekció összeadásával kapjuk, esetünkben $27^{\circ}06' - 34' = 26^{\circ}32'$.

3. lépés: Az égitest mért pozíciójának korrekciója

Ebben a lépésben a sextánszal mért magasságértéken különböző korrekciókat végzünk. Ezek a következők:

- a sextáns indexhibája miatti rekció
- a mérést végző szemmagassága miatti korrekció
- a légkör fénytörése miatti korrekció
- az égitest kiterjedése miatti korrekció

A sextáns indexhibáját már korábban felvittük az űrlapra.

A mérést végző szemmagassága miatti korrekcióhoz (dip correction) használt táblázatból kiolvassuk, hogy adott szemmagasság mellett hány fokkal korrigálandó a horizont és az égitest által bezárt szög. Minél magasabban végezzük a mérést, annál inkább nő az égitest mért horizont fölötti magassága a valós, Föld felszínén tapasztalt horizont fölötti magasságához képest. Egy tetszőleges, ún. dip correction table-ből (pl. https://www.siranah.de/manuals/Table_Dip.pdf) kiolvashatjuk ezt a korrekciós értéket:

DIP CORRECTION	
Ht. of eye (m)	Corr
2.4	-2.8
2.6	-2.9
2.8	-3.0
3.0	-3.1
3.2	-3.2
3.4	-3.3
3.6	-3.4
3.8	-3.5
4.0	

Esetünkben 3 méteres szemmagasság mellett ez -3,1 szögperc.

A a légkör fénytörése miatti korrekcióhoz szükséges táblázat (pl: https://www.siranah.de/manuals/Table_Refraction.pdf) az égitest mért horizont feletti magasságához adja meg a szükséges korrekciót. Ebből keressük ki a mért horizont feletti magassághoz legközelebbi értéket, és olvassuk ki a hozzá tartozó korrekciót:

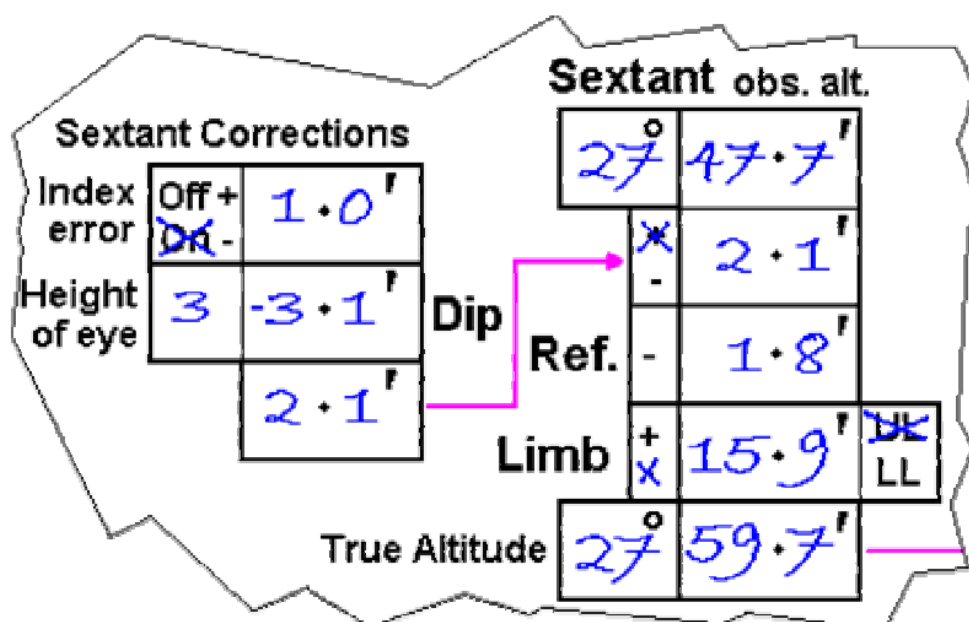
REFRACTION CORRECTIONS			
Alt	Corr	Alt	Corr
11 14	-4.7	24 11	-2.1
11 29	-4.6	25 14	-2.0
11 45	-4.5	26 22	-1.9
12 01	-4.4	27 36	-1.8
12 18		28 56	-1.7
		30 24	-1.6

Esetünkben $27^{\circ}47,7'$ mért értékhez $-1,8$ szögperces korrekció tartozik. (kérdés: itt gondolom nem árt a dip és index correction utáni mért értéket használni, ugye?)

Végül az égitest kiterjedése miatti korrekciót kell elvégeznünk. Az égitest felső és alsó széle, rendre „upper limb” (UL) valamint „lower limb” (LL) szerint végezhetünk korrekciót. Mivel mi kezdetben a Nap alsó szélének horizont fölötti magasságát mértük ki a sextánszal, a LL korrekció lesz releváns számunkra, amely a példában $15,9'$ -re adódik. Korrekciós tábla például itt érhető el:

https://www.thenauticalalmanac.com/Increments_and_Corrections/Altitude_Correction_Tables.pdf

Mindezen korrekciókat ismerve kitölthetjük az űrlap vonatkozó részét, ahol a mért horizont fölötti magassághoz előjelhelyesen hozzáadva a korrekciókat megkapjuk az égitest valós pozíciókban mért valós horizont fölötti magasságát:



Sextant Corrections

Index error	Off + DK -	$1.0'$
Height of eye	3	$-3.1'$
		$2.1'$

Dip →

Sextant obs. alt.

27°	$47.7'$
X	$2.1'$
Ref.	$- 1.8'$
Limb	$+ 15.9'$ DK LL
True Altitude	$27^{\circ} 59.7'$

Így a Nap valós horizont feletti magassága $27^{\circ}59,7'$ -re adódik.

A valós pozíció meghatározása

Utolsó lépésben az égitest (almanach alapján, a becsült pozícióra) számított horizont feletti magassága és a korrigált (mért) magassága segítségével kiszámítjuk a valós pozíciókat. Ehhez első lépésben vonjuk ki a korrigált horizont feletti magasságot (True Alt.) a számított horizont feletti magasságból (Calc. Alt.) az űrlap megfelelő részén:

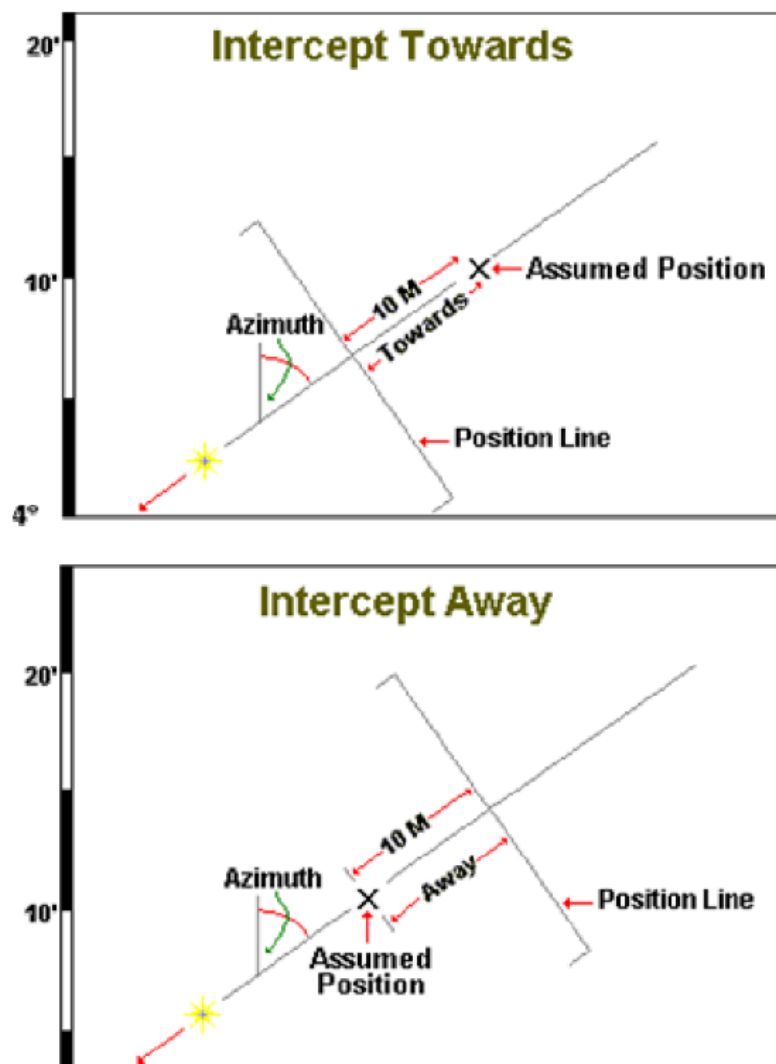
N. Latitude If LHA > 180° Zn = Z If LHA < 180° Zn = 360 - Z S. Latitude If LHA > 180° Zn = 180 - Z If LHA < 180° Zn = 180 + Z	180° Z	Calc. Alt. $26^\circ 32'$ True Alt. $27^\circ 59' 7''$	1 $27.7'$ $To.$ Aw.
	126 Z	If true > calc. Alt then intercept is towards	
	Azimuth (Zn) 54°	Intercept = 87.7 <u>87.7 miles T</u>	

Amennyiben a különbség negatív, a becsült pozíciótól az égitest felé (To.), ellenkező esetben a becsült pozíciótól és az égitesttől elfelé (Aw.) lesz a valós pozíció. Esetünkben $-1^\circ 27,7'$ az eredmény, tehát az égitest felé vagyunk a becsült pozíciótól.

4. lépés: A helyzetvonal megrajzolása

Gondoljunk bele, mit jelent a pozíciók szempontjából az, hogy az égitestet valamilyen horizont feletti szög alatt látjuk: Ha ez a horizont feletti szög 90° , a Föld felszínén egyetlen pontban lehetünk, méghozzá az égitest azott pillanatbani deklinációja és GHA-ja által meghatározott pontban. Ha a horizont feletti szög 89° , már nem egyértelmű a pozíció, de kijelenthető, hogy azon az 1 tmf sugarú körvonalon vagyunk, amely minden pontjáról 89° alatt látszik az égitest. Ha a horizont feletti szög 45° , akkor pedig egy, a földfelszínen lévő, több ezer tmf átmérőjű körön vagyunk, amely bármely pontjáról ilyen magassan látszik az égitest.

A fent említett körvonal egy kis szakaszát egyenesnek tekintjük, és felrajzoljuk a térképre. Ezt az egyenes vonalat nevezzük helyzetvonalnak. A helyzetvonal felrajzolásához a választott pozícióból az égitest azimutjának irányában vonalat húzunk (ez még nem a helyzetvonal), majd ezen vonalra felmérjük a mért és választott pozícióban valós horizont feletti magasságok közötti különbséget tengerimérföldben (a példában 87,7 tmf), a különbség előjelének függvényében az égitest felé vagy attól elfelé (a példában az égitest felé). Az így kijelölt ponton állítsunk merőleget az azimutirányú vonalra. Ez lesz a helyzetvonal:

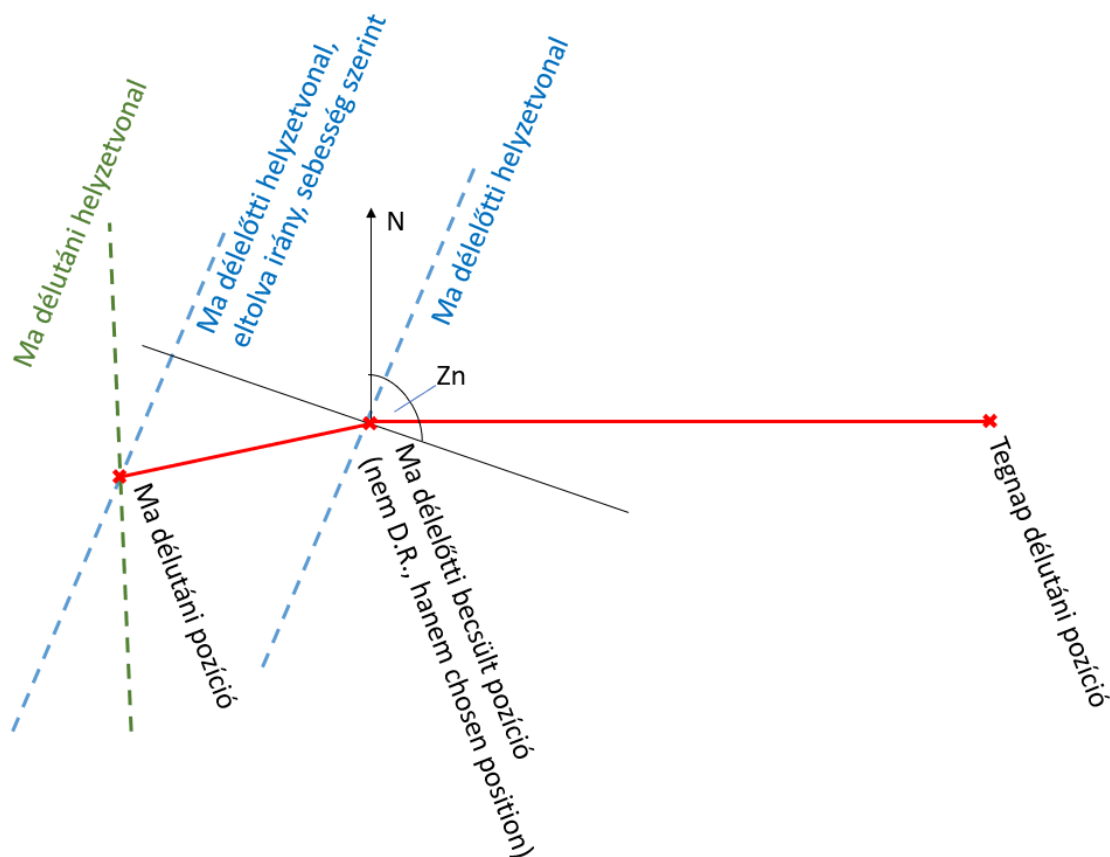


Egy helyzetvonal még nem definiálja a pozíciókat egyértelműen, ezért a következőt kell tennünk:

A mérést követő pár óra elmúltával végezzünk újabb mérést, és a fent leírt módszerrel húzzunk egy új helyzetvonalat. Az égitest ekkorra elmozdul, így más lesz az azimutja, tehát az új helyzetvonal a régi helyzetvonallal szöget fog bezárni. Ezen új helyzetvonal sem definiálja egyértelműen, hogy az új mérés időpontjában hol vagyunk, csupán azt tudjuk, hogy az új mérés időpontjában valahol az új helyzetvonalon vagyunk.

Az új mérés időpontjában érvényes pozíciónk meghatározásához tehát fogjuk a régi helyzetvonalat, és toljuk azt el a két mérés közti átlagos irányunkba annyi mérfölddel, amennyit a két mérés között hajóztunk (az átlagsebességünkből ítélve).

Az eltolt régi helyzetvonal és az új helyzetvonal metszéspontja az új mérés időpontjában érvényes pozíciónk.



[saját ábra]

Hasznos anyagok

A szöveg a videóhoz szintén csatolt „[Astro Navigation with Tables](#)” c. anyag alapján és annak kibővítésével készült. Ezen anyagból származnak a forrásmegjelölés nélküli ábrák is. A további forrásokat a megfelelő ábrák alatt és a szövegben jeleztük. A számolási űrlap az [angol nyelvű leírás](#) utolsó oldala.

A fentiek mellett a számítás gyakorlására hasznos lehet a következő oldal: <https://www.suncalc.org/>

A következő oldal különböző pozícióformátumok között konvertálhatunk:

<https://coordinates-converter.com/>

Ha látható horizont nélkül szeretnénk horizont feletti magasságot mérni sextánszal (akár a szárazföld belsejében vagy gyakorlás céljából), használhatunk mesterséges horizontot:

<https://www.davisinstruments.com/products/artificial-horizon>

Az anyaggal kapcsolatos kérdéseket és visszajelzéseket a következő e-mail címeken várjuk és előre is köszönjük: eros.levente@gmail.com mederaron@gmail.com.