



Prekessio muuttaa tähtitaivasta

Veikko Mäkelä

• Ursan jäsenilta, 28.11.2023

Esityksen sisältö

- Puhujan esittely
- Hiukan peruskäsitteitä
- Kevyesti prekessioilmiön fysiikasta
- Prekessioilmiön löytöhistoriaa
- Tarkasteltavista ajanjaksoista
- Prekession vaikutuksista tähtitaivaaseen
 - Tasaus- ja seisauspisteiden vaeltaminen
 - Taivaannavan liike ja napatähdet
 - Eri vuodenaikojen tähtitaivaan ilme Suomen leveysasteilla

Puhujan esittely

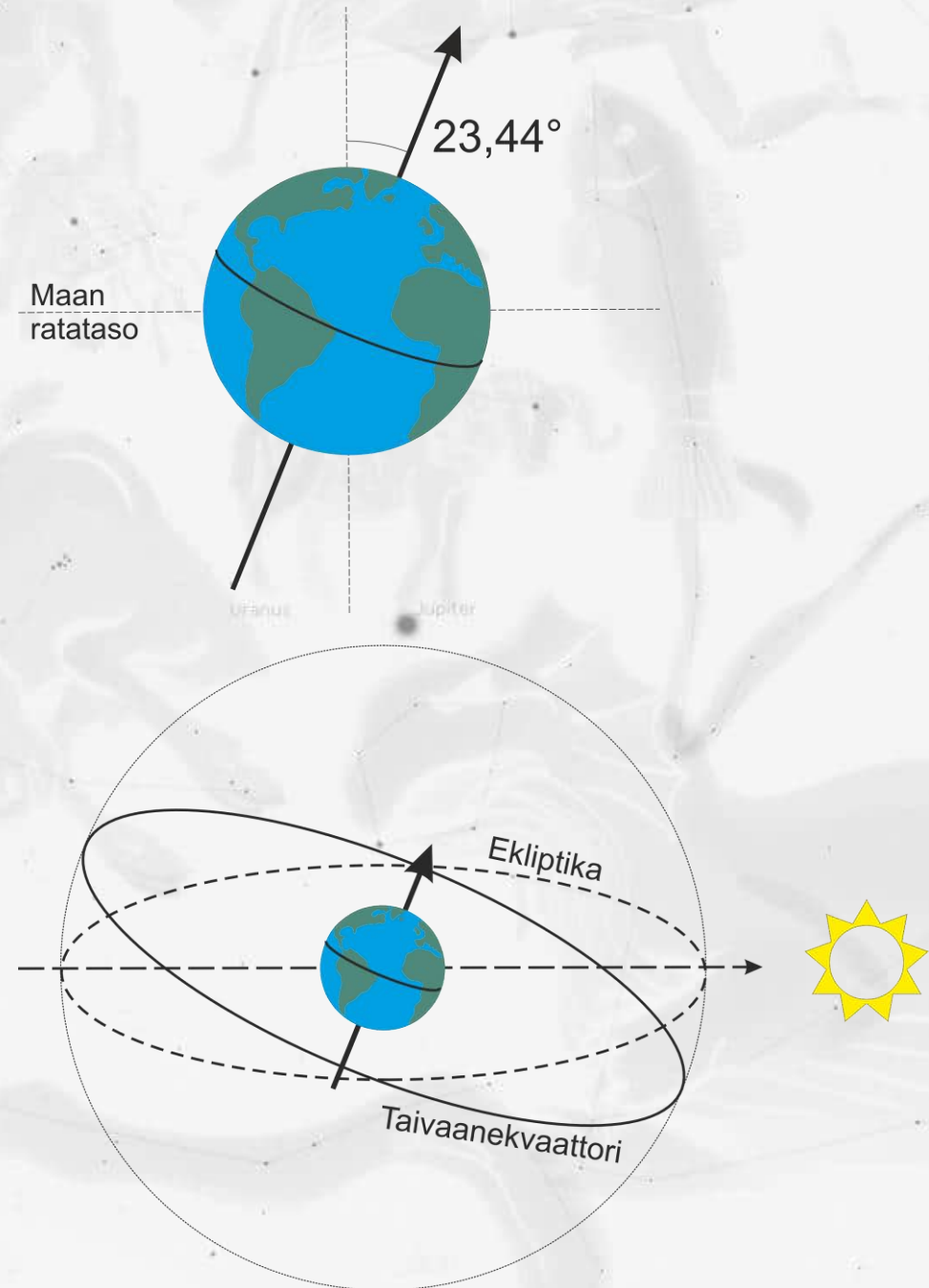
Veikko Mäkelä

- Tähtiharrastuksen moniottelija
 - Aktiivitoimija Ursa ry:ssä, tähtitaivaskursseja, kirjatuohtanta, mm. Tähdet-vuosikirjan tekijäryhmässä, Tähtitaivas paljain silmin, harrastusryhmätoiminnassa, ym.
- FM, tähtitiede, Helsingin yliopisto 2016
- Tietojärjestelmäprojektipäällikkö ja projektitoimistoasiantuntija; Helsingin yliopisto, Tietotekniikkakeskus



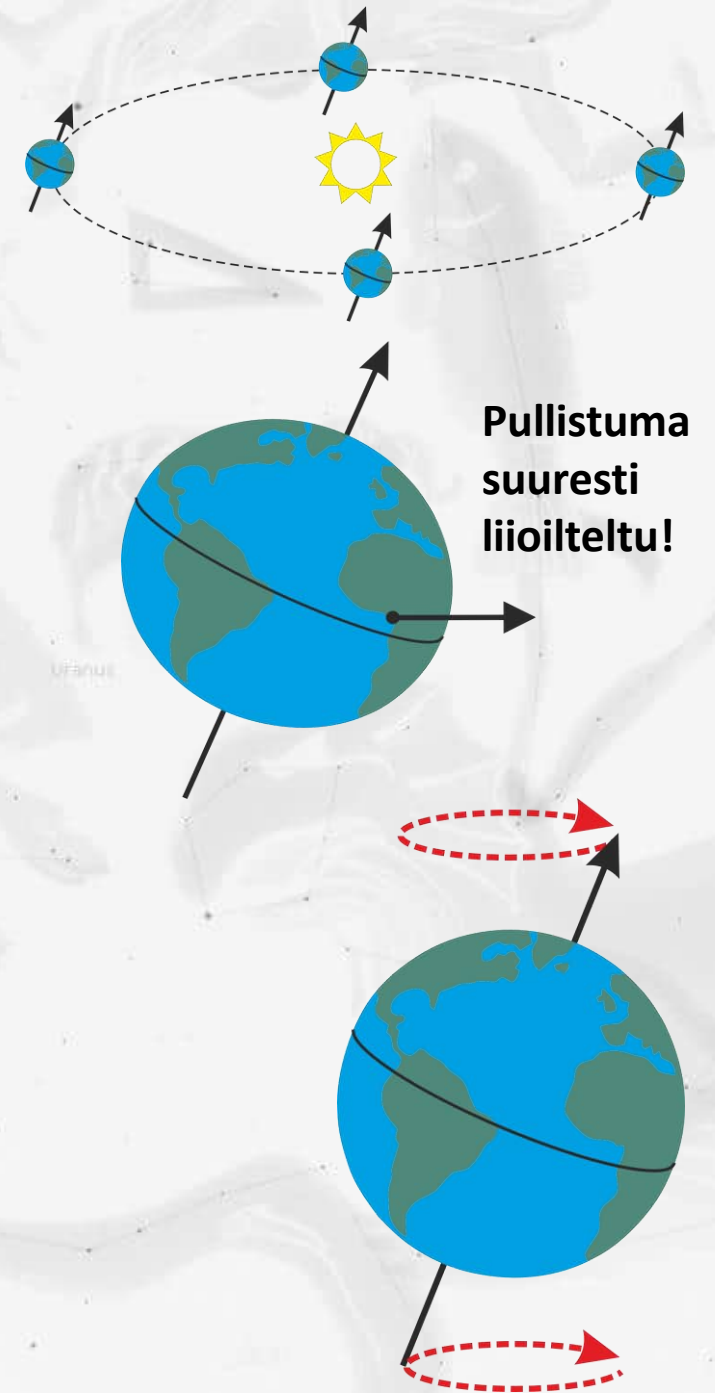
Hiukan peruskäsitteitä

- Maan akseli on noin $23,4^\circ$ kallellaan planeetan ratatasoa (kiertorataa Auringon ympäri) vastaan, vaihtelee pitkässä jaksossa $\pm 1^\circ$.
- Maan päiväntasaajan jatke avaruudessa kuvautuu taivaalle *taivaanekvaattorina*
- Maan ratataso kuvautuu Auringon näennäisenä liikkeenä taivaalla, tätä reittiä kutsutaan *ekliptikaksi* [lat. *ecliptica*, kreikk. *ékleiptikós*, *ἐκλειπτικός* ~ ”pimennysten”]
- Ekliptikan ympärillä olevaa vyöhykettä, jossa Kuu ja planeetat näyttävät liikkuvan kutsutaan *eläinradaksi*.
- Taivaanekvaattorin ja ekliptikan risteyspisteissä sijaitsevat *kevät- ja syystasauspisteet*, ja ekliptikan ”pohjoisimmassa” ja ”eteläisimmässä” pisteessä ovat *seisauspisteet*.



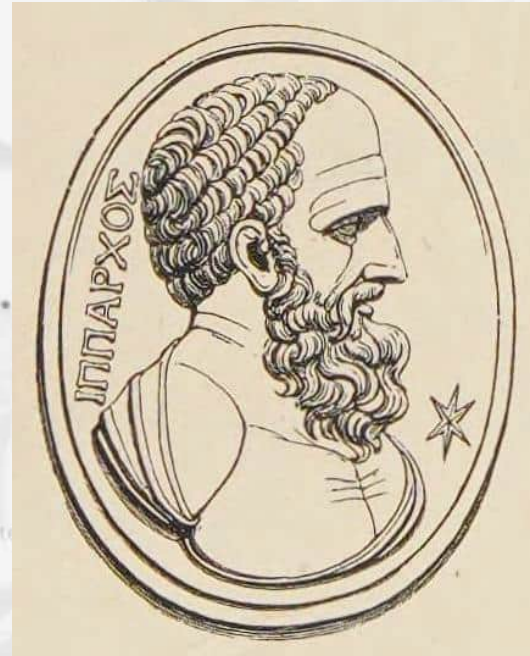
Prekessioilmiön fysiikasta

- Maapallon akseli osoittaa normaalin vuotuisen kierron aikana samaan suuntaan avaruudessa, kohti *taivaannapaa*
- Maa on lievästi litistynyt, halkaisija päiväntasaajalla on 43 km suurempi kuin napojen kautta mitattu läpimitta
- Koska Maan akseli on kallellaan planeetan ratatasoa varten, Aurinko, Kuu ja planeetat vaikuttavat päiväntasaajan massapullistumaan siten, että ne pyrkivät oikaisemaan akselia ratatason suuntaiseksi
 - pyörivä kappale (Maa) kuitenkin vastustaa pyörimistason muutosta
 - syntyy vääntömomentti, joka saa Maan akselin hitaaseen hyrräliikkeeseen eli piirtämään ympyrää kaltevuuden kuitenkin pysyessä vakiona, yhteen kierrokseen kuluu vajaa 26 000 vuotta
- Akselin suunnan kiertyminen muuttaa taivaannavan ohella myös ekvaattorin ja ekliptikan keskinäistä asentoa
- Maan ratataso poikkeaa hiukan muiden planeettojen vastaavista, jolloin muiden planeettojen vetovoimat saavat myös Maan ratatason asennon kiertymään
 - Tämän vaikutus on kuitenkin noin 1/500 verrattuna edelliseen ns. lunisolaariseen eli päiväntasaajan prekessioon



Prekessioilmiön löytöhistoriaa

- Prekession aiheuttama tasauspisteiden liike taivaalla tunnettiin jo antiikissa
- Varmistamattomien väitteiden mukaan ilmiö olisi tunnettu jo Egyptissä, Babyloniassa ja Maya-kulttuurissa
- Kiistanalaiset tiedot väittävät myös, että *Ariktarkhos Samoslainen* (310–230 eaa.) olisi tuntenut ilmiön
- Yleensä prekession löytäjänä pidetään kuitenkin *Hipparkhos Nikaialaista* (190–127 eaa.)
 - *Ptolemaios* kertoo Hipparkhoksen mitanneen Spican ja toisen tähden pituusasteen taivaalla suhteessa syyspäiväntauspisteeseen ja verranneen näitä aiempien tutkijoiden *Timokhariin* (320–260 eaa.) ja *Aristilluksen* (n. 280 eaa.) tuloksiin. Tasauspisteestä referenssinä hän käytti kuunpimennyksen keskihetkeä.
 - Hipparkhos päätyi siihen, että muutos sijainneissa on ainakin 1° vuosisadassa
- *Ptolemaios* (85–165 jaa.) jatkoi tutkimuksia
 - Hän käytti kehittyneempää menetelmää, jossa tähtien sijaintia verrattiin Kuun asemaan, mutta tämä ei edellyttänyt kuunpimennyksiä. Hänen vertaili tuloksiaan aiempien tutkijoiden tuloksiin, nyt vertailujakso oli kuitenkin jo 400 vuotta.
 - Ptolemaios päätyi kutakuinkin samaan tulokseen kuin Hipparkhos



Prekession vaikutukset tähtitaivaaseen

- Tunnetuimmat prekession aiheuttamat ilmiöt tähtitaivaalla ovat
 - tasaus- ja seisauspisteiden liike pitkin ekliptikkaa ja tähtien suhteen
 - taivaannavan hidas ympyräliike ja napaa lähellä olevien tähtien ("napatähtien") vaihtuminen aikojen saatossa
- Helposti kuitenkin unohdetaan, että
 - prekessio muuttaa myös vuodenajoittain näkyvän tähtitaivaan ilmettä vuosituhsien kuluessa



Tarkasteltavista ajanjaksoista

Maailmalla



Suomen alueella



Tasaus- ja seisauspisteiden liike ekliptikalla

- Prekessio aiheuttaa ekliptikan ja taivaanekvaattorin risteyskohtien eli kevät- ja syystasauspisteiden siirtymisen ekliptikalla oikealle (länteen), vastaavasti tiettenkin kiertyvät myös kesä- ja talvipäivänseisauspisteet
 - Prekessio muuttaa myös tähtien koordinaatteja, koska koordinaatisto on sidottu kevättasauspisteeseen
- Kevättasauspisteen merkinä on edelleen Oinaan merkki (Υ), koska piste oli Oinaan alueella noin 2 000 eaa. – 100 eaa.
 - myös astrologien eläinradan huoneet noudattavat tuota yli 2 000 vuoden takaista järjestystä, jolloin länsimaisen astrologian rakennelma muodostettiin

Kevättasauspisteen liike 8000 eaa. – 2000 jaa.
Stellarium / Veikko Mäkelä



Taivaannavan liike ja napatähdet

Pohjoisen taivaannavan liike
8 000 eaa. – 2 000 jaa.
Stellarium / Veikko Mäkelä

- Maapallon akselin jatke osoittaa taivaalla kohti taivaannapaa
- Maan akselin tehdessä hyrräliikettä myös taivaannavan paikka muuttuu
- Napatähdet ovat olleet tärkeitä pohjoisen ilmansuunnan osoittajia, koska eivät taivaan kiertäessä juurikaan muuta suuntaa
- Nykyaikana lähinnä napaa on Pohjantähti
- Noin 1 700 eaa. – 300 jaa. navan osoittimena toimivat Pienen karhun Kochab ja Pherkad
- Suurten pyramidien rakentamisen aikoihin noin 2 500 eaa. egyptiläisille napatähtenä toimi Lohikäärmeen Thuban.
- Noin 5 000 eaa. navan tienoilla on ollut Lohikäärmeen Edasich



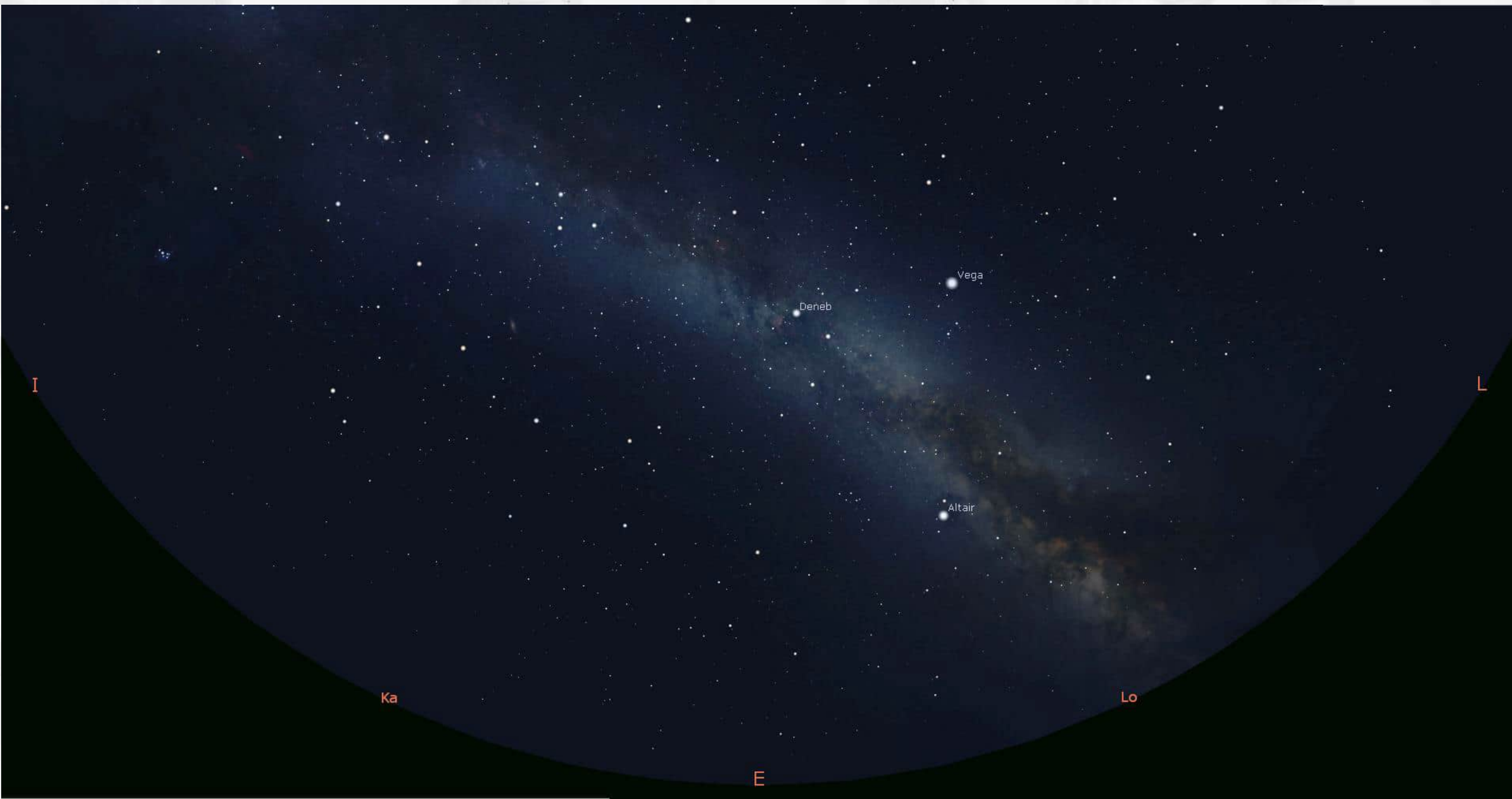
Tähtitaivaan ilmeen muuttuminen

- Edellä mainitut prekession vaikutukset tunnetaan paremmin, ja ne mainitaan useammin, onhan tasauspisteillä ja napatähdillä suuri merkitys mm. suuntauksissa ja navigoinnissa
- Helposti jää kuitenkin huomaamatta, että myös eri vuodenaikoina näkyvän tähtitaivaan ilme muuttuu tuhansien vuosien kuluessa: esimerkiksi syksyn, keskitalven ja kevään tähtitaivaalla on näkyvissä hiukan eri kuvioita kuin nykyään näemme
- Tähtitaivaan ilmeen muuttuminen on voimakkaampaa täällä pohjoisilla leveysasteilla, koska maantieteellinen sijaintimme rajoittaa eteläisempien kuvioden näkemistä, myös kesäaika rajoittaa tietyn taivaan osan näkymistä
- Eteläisemmillä leveysasteilla vaihtelu ei ole niin voimakasta, joskin sielläkin eri vuodenaikojen kuviot ovat vaihtuneet, vaikkapa keskikesällä tai -talvella ilta- tai aamutaivaalla.
 - Tämä on hyvä huomioda, kun tulkitaan joidenkin tähtikuvioden merkitystä muinaisille ihmisille
- Seuraavassa joitain esimerkkejä Etelä-Suomen taivaasta valikoituina hetkinä

Syyspäiväntasaus, iltataivas – 2000 jaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä





Syyspäiväntasaus, iltataivas – 2 500 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä



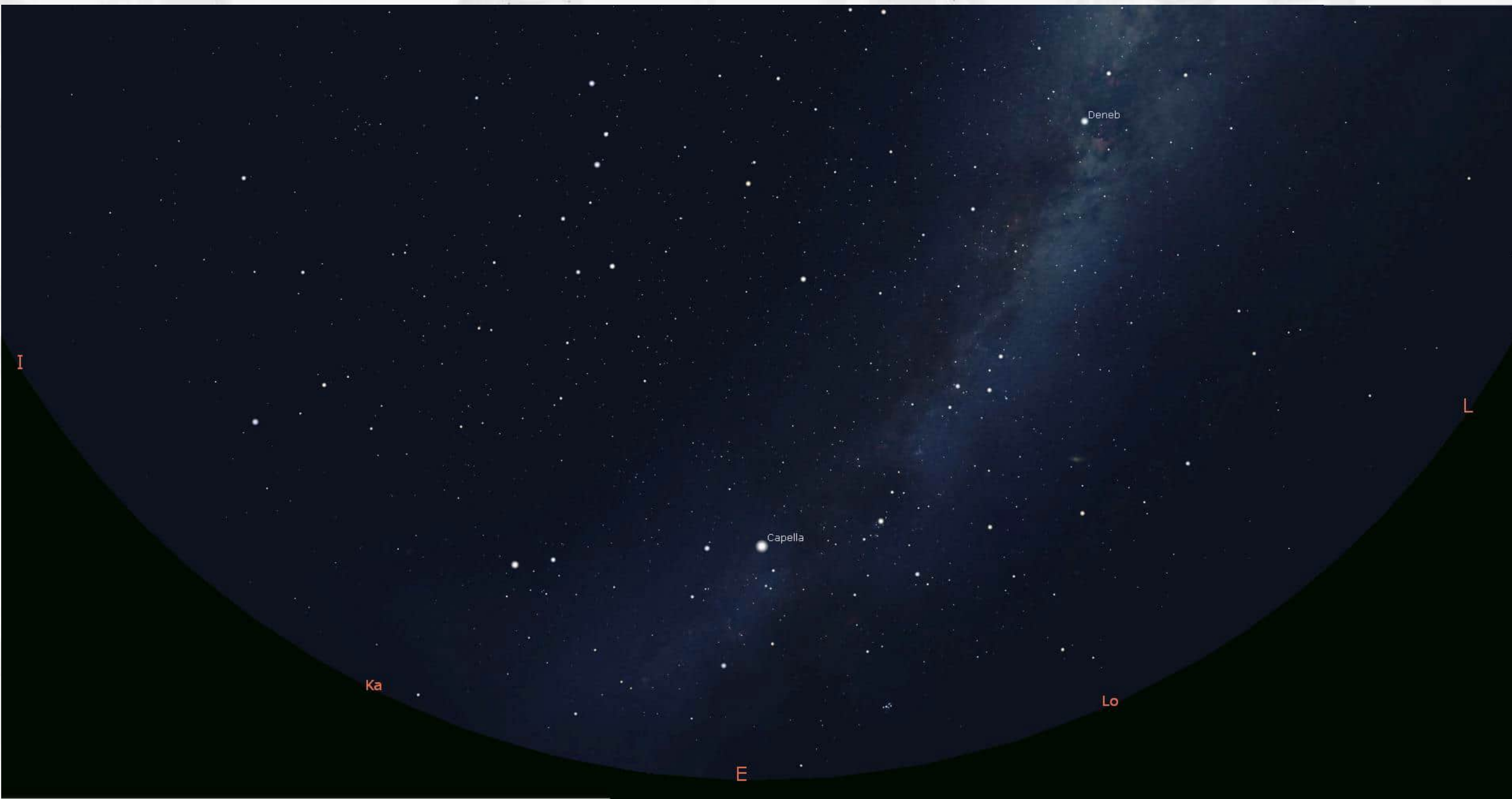
Syyspäiväntasaus, iltataivas – 5 000 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä



Syyspäiväntasaus, iltataivas – 8 000 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä



Talvipäivänseisaus, keskiyö – 2 000 jaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä



Talvipäivänseisaus, keskiyö – 0 jaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä



Talvipäivänseisaus, keskiyö – 2 500 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

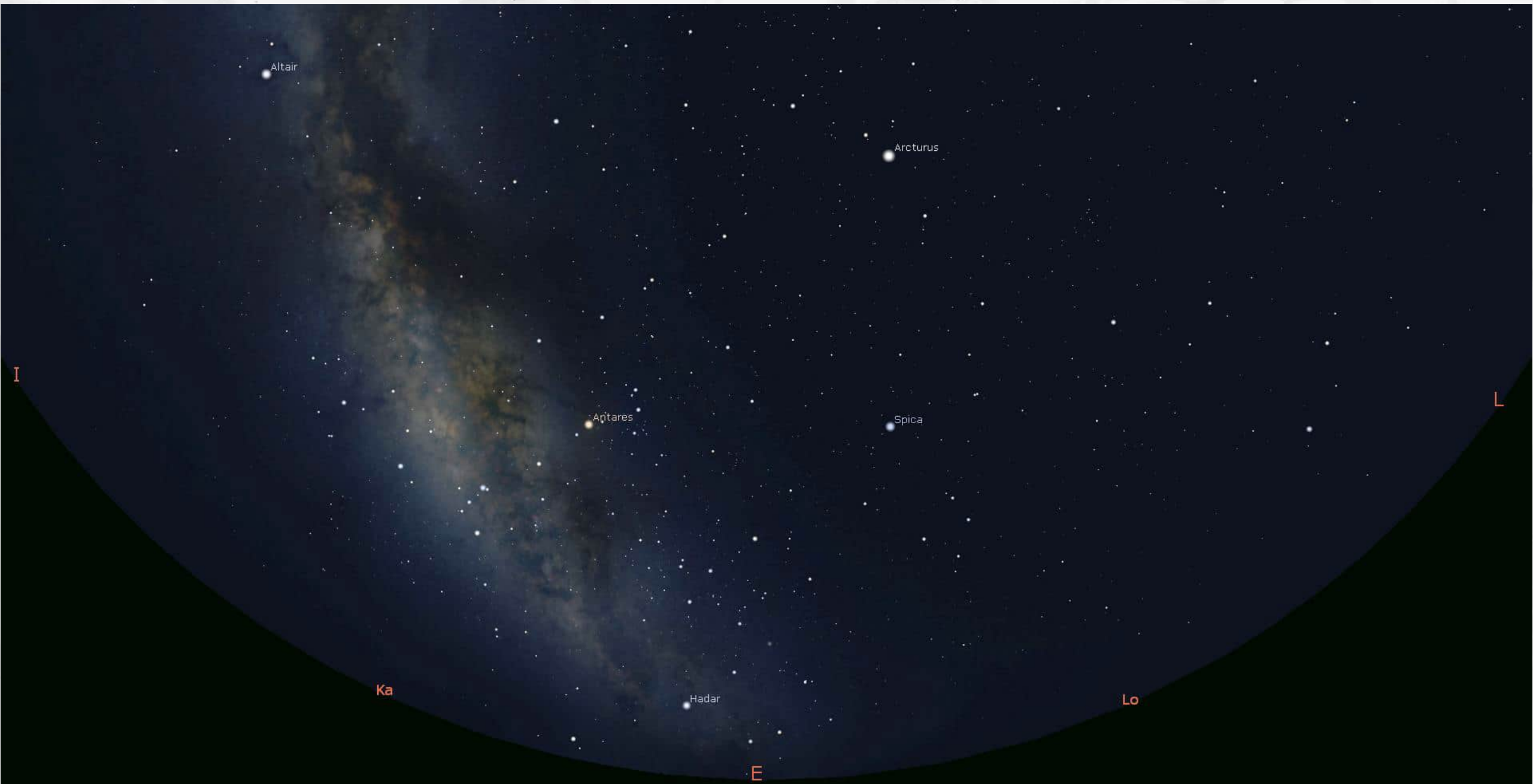


Talvipäivänseisaus, keskiyö – 5 000 eaa.



Talvipäivänseisaus, keskiyö – 8 000 eaa.

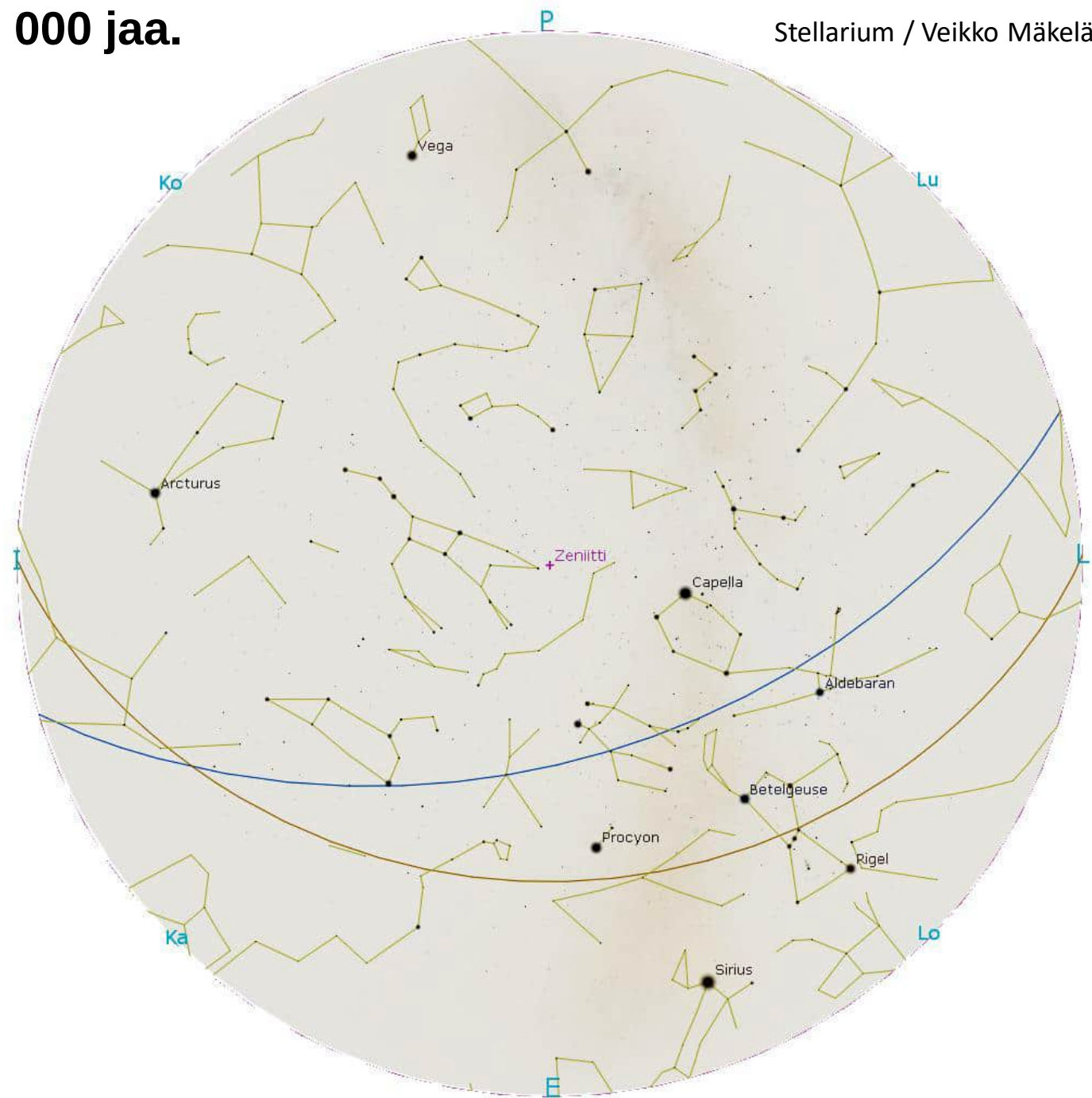
Stellarium / Veikko Mäkelä



Kevätpäiväntasaus, illan tähtikartta – 2 000 jaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

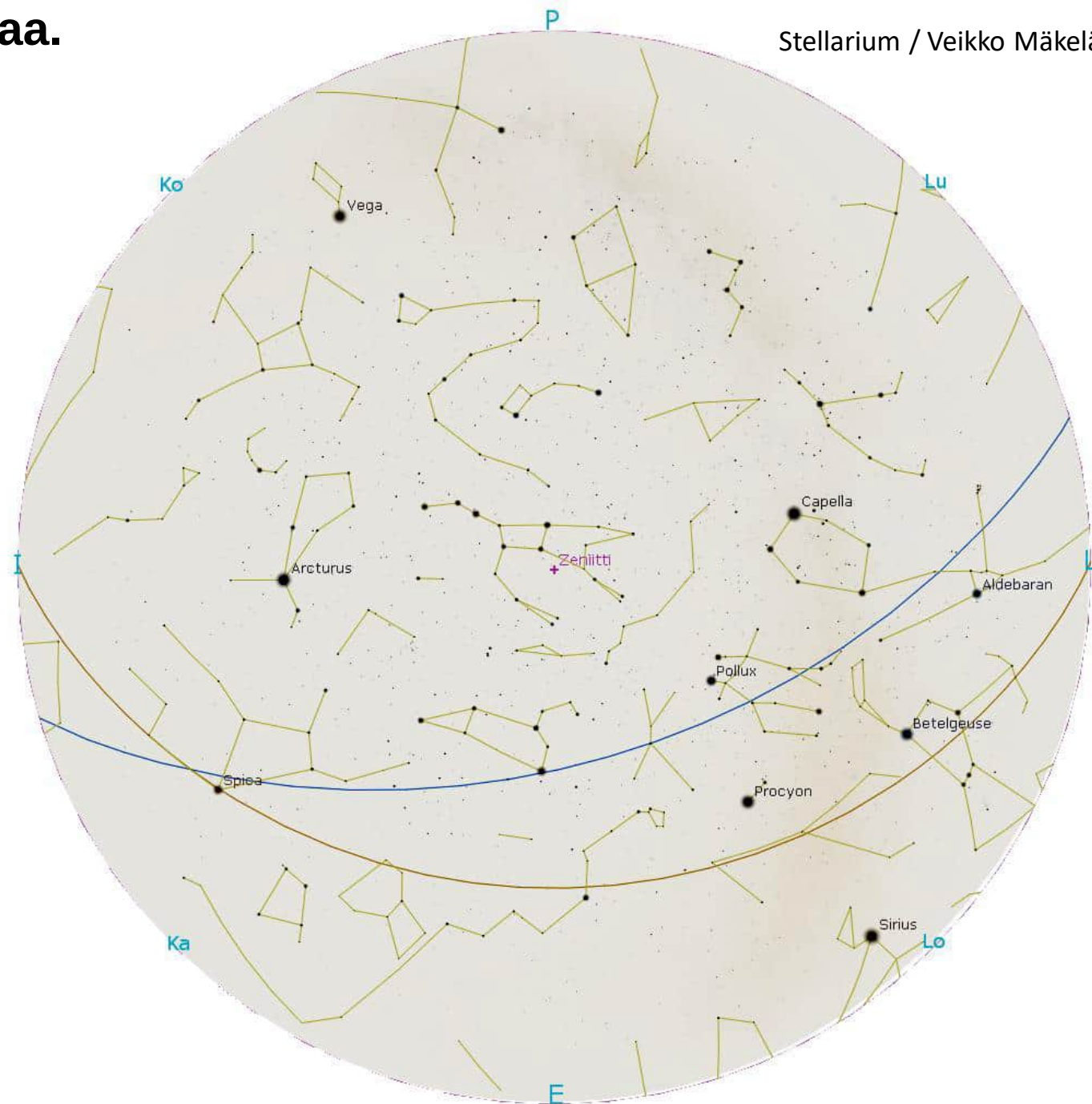
- Talven kirkkaat tähtikuviot kiertymässä lounaaseen
- Orion ja Sirius hyvin näkyvissä
- Iso karhun Otavan kiertymässä taivaanlaella



Kevätpäiväntasaus, illan tähtikartta – 0 jaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

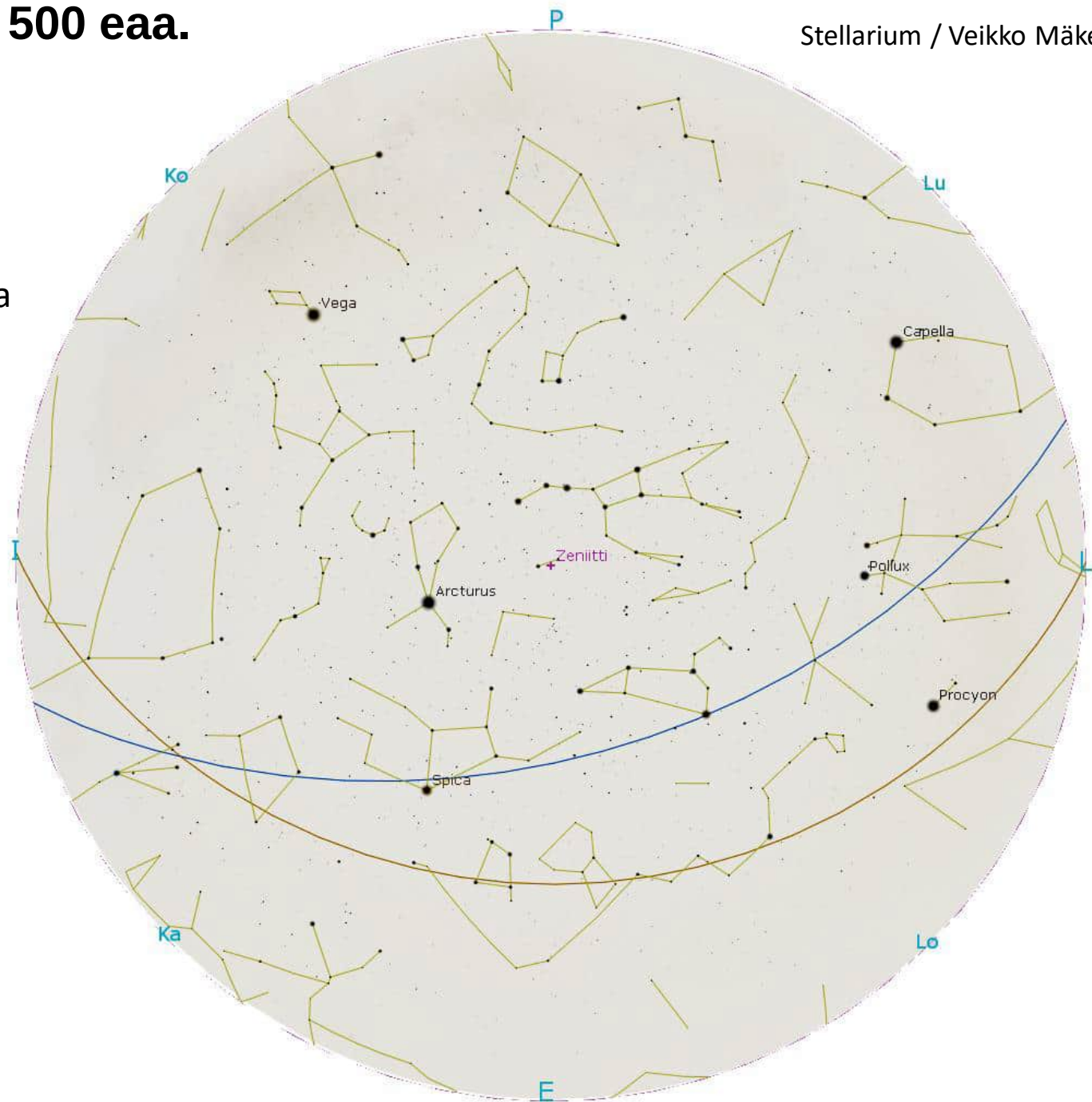
- Ei merkittävää ero nykyaikaan
- Orion ja Sirius ja matalammalla lounaassa
- Iso karhu aivan taivaanlaella



Kevätpäiväntasaus, illan tähtikartta – 2 500 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

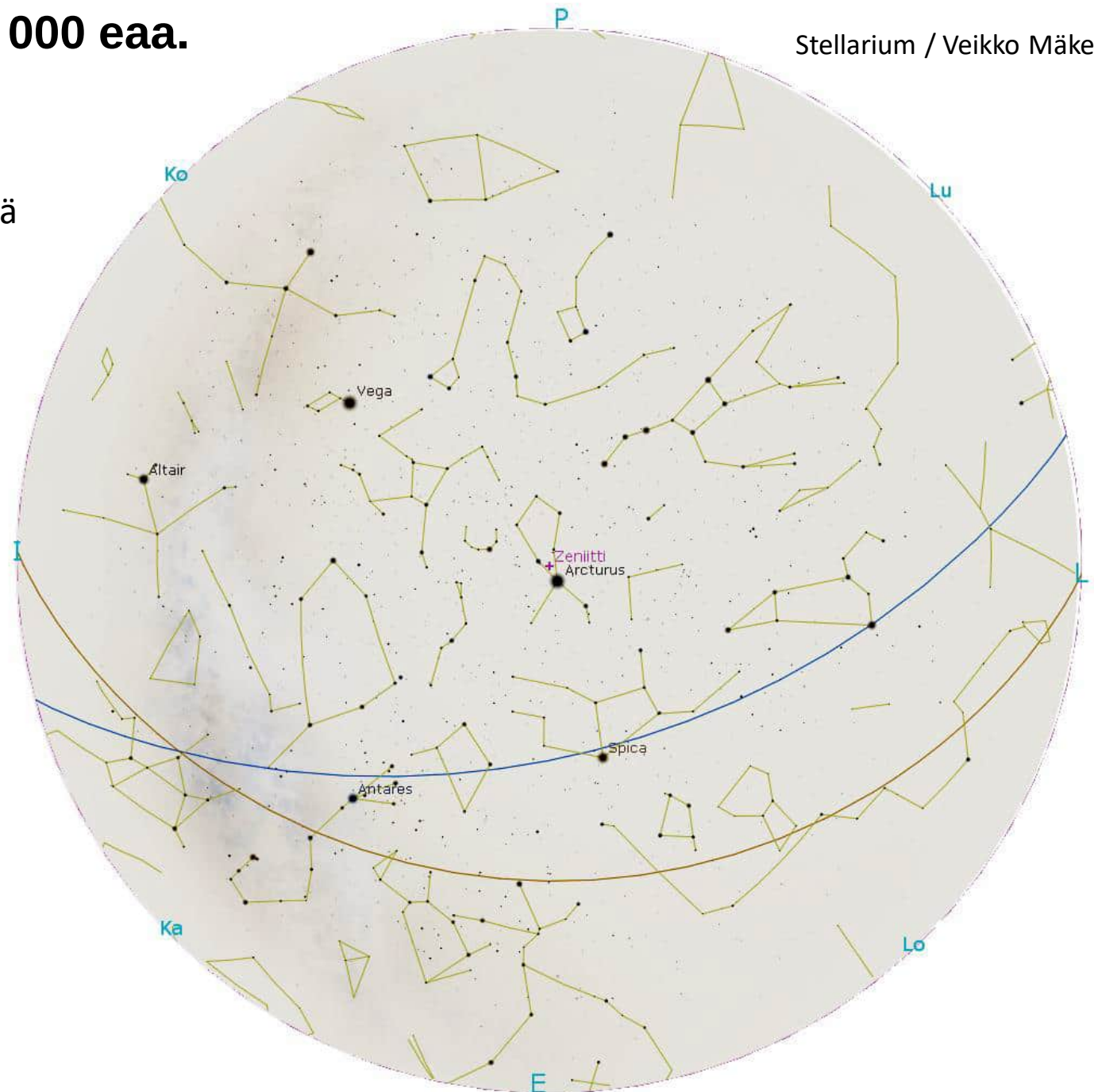
- Nykyisen talven kuviot jo laskeneet/laskemassa länteen
- Etelässä Arcturus, Leijonan Regulus ja Neitsyen Spica
- Iso karhu taivaanlaen pohjoispuolella ”nuringpään”



Kevätpäiväntasaus, illan tähtikartta – 5 000 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

- Arcturus ja Karhunvirtija taivaanlaella, Spica etelässä
- Ison karhu luoteessa pystyasennossa
- Kesäkolmio (Vega, Deneb, Altair) idän–koillisen suunnalla
- Merkittävän uusi kuvio on Skorpioni Antares tähtineen
- Linnunradan keskuksen kirkkaat tähtipilvet nousemassa



Kevätpäiväntasaus, illan tähtikartta – 8 000 eaa.

Stellarium / Veikko Mäkelä

- Linnunradan kirkkaat osat korkealla, kesäkolmio idässä, Skorpionin ja Jousimiehen alue hallitsee etelässä
- Etelässä näkyvissä nykyaikana meille näkymättömiä kuvioita: Susi, Kentauri
- Arcturus korkealla lännessä

