



TÄHETORNI KALENDER 2025



TÜ TARTU OBSERVATOORIUM

**TARTU
TÄHETORNI KALENDER
2025. AASTAKS**

CI AASTAKÄIK

Tõravere 2024

Koostanud-toimetanud T. Viik, L. Leedjärv, K. Annuk.

ISSN 3059-6262

Vastavalt Eesti Vabariigi autorikaitse seadusele on Tähetorni
Kalendri andmete ilma loata edasitrukkimine keelatud.

© TÜ Tartu Observatoorium

Kalendri seletus

Aeg kalendris on vastavalt Ida-Euroopa ajasüsteemile, talvel talveaeg (UTC+2) ja suvel suveaeg (UTC+3). 2025. aastal toimub üleminek talveajalt suveajale 30. märtsil kell 3.00 ja üleminek suveajalt talveajale 26. oktoobril kell 4.00. Ida-Euroopa aeg on päikeseajast Eestis igal pool ees. Et keskmist kohalikku päikeseaega saada, tuleb Ida-Euroopa talveajast lahutada järgmised arvud:

Tartus	13 ^m	Viljandis	18 ^m
Tallinnas	21 ^m	Rakveres	15 ^m
Haapsalus	26 ^m	Kohtla-Järvel	11 ^m
Kuressaares	30 ^m	Narvas	7 ^m
Pärnus	22 ^m	Valgas	16 ^m
Paides	18 ^m	Võrus	12 ^m

Samad arvud kehtivad ligikaudselt ka nende linnade lähema ümbruse kohta.

Üleminek ühelt ajasüsteemilt teisele. Päikese liikumisega on seotud kolm erisugust ajasüsteemi: 1) *tõeline päikeseaeg*, 2) *kohalik keskmine aeg* ja 3) *vööndiaeg*, meil näiteks Ida-Euroopa aeg. Üleminek ühelt ajasüsteemilt teisele toimub järgmiste reeglite põhjal:

$$\text{kohalik keskmine aeg} = \text{tõeline päikeseaeg} + \text{ajavõrrand};$$

$$\text{Ida-Euroopa talveaeg} = \text{kohalik keskmine aeg} + (2^t - \text{koha idapikkus}).$$

Vastupidise ülesande korral — Ida-Euroopa aja järgi arvutada kohalik keskmine ja tõeline päikeseaeg:

$$\text{kohalik keskmine aeg} = \text{Ida-Euroopa talveaeg} - (2^t - \text{koha idapikkus});$$

$$\text{tõeline päikeseaeg} = \text{kohalik keskmine aeg} - \text{ajavõrrand}.$$

Täheaeg. Astronoomiliste vaatluste puhul kasutatakse tähtede ööpäevase liikumisega seotud täheaega, mis leitakse kohaliku keskmise aja põhjal järgmiselt:

$$\text{täheaeg} = \text{täheaeg keskm. keskp.} + \text{kohalik keskm. aeg} - 12^t + \text{õiend}.$$

Pöördülesanne lahendatakse valemi abil:

$$\text{kohalik keskm. aeg} = 12^t + \text{täheaeg} - \text{täheaeg keskm. keskp.} - \text{õiend}.$$

Õiendid leiame, arvestades, et täheaeg läheb keskmisest päikeseajast ühe minuti jooksul ette 0,16 sekundit ja ühe tunni jooksul 9,86 sekundit, keskmine päikeseaeg jääb aga täheajast maha ühe täheaja minuti ja ühe täheaja tunni jooksul vastavalt 0,16 ja 9,86 sekundit.

Päikese- ja kuuvarjutusi on kirjeldatud leheküljel 10.

Kuude tabelid sisaldavad

1. ja 12. veerus — kuu- ja nädalapäevi;
- 2.–8. veerus — Päikese ja Kuu tõusu- ja loojanguaegu, päeva pikkust Tartus, ja Kuu ekvatoriaalseid koordinaate (geotsentrilised, kuupäeva alguses);
- 13.–24. veerus — Päikese ja Kuu tõusu- ja loojanguaegu Tallinnas, Võrus ja Kärdlas.

Tõusud ja loojangud vastavad momendile, mil Kuu või Päikese ülemine äär on parajasti horisondil.

Päikese ja Kuu tõusu- ja loojanguajad Eesti teiste suuremate linnade jaoks leitakse Tartu, Tallinna, Võru või Kärdla tõusu- ja loojanguaegadest järgmiselt:

Tartu tõusu- või loojanguajale liita:

Kuressaares..... 17^m
Pärnus..... 9^m
Viljandis..... 5^m

Võru tõusu- või loojanguajale liita:

Valgas 4^m

Tallinna tõusu- või loojanguajast lahutada:

Rakveres..... 6^m
Kohtla-Järvel..... 10^m
Narvas..... 14^m

Kärdla tõusu- või loojanguajast lahutada:

Haapsalus..... 3^m
Paides 11^m

Viga ei ületa sel juhul 1–2 minutit.

9., 10. ja 11. veerus on andmed, mis on tarvilikud astronoomiliste vaatluste jaoks: *Päikese kääne* ehk deklinatsioon 0,1 täpsusega, *ajavõrrand* ehk keskmine miinus tõeline päikeseaeg ja *täheaeg* 1 sekundi täpsusega – kõik keskmisel keskpäeval Tartus (Tartu kohalik aeg). Kuigi need andmed on Tartu jaoks, võib neid tarvitada igal pool Eestis keskmise keskpäeva (kohaliku aja) järgi, seejuures tekib deklinatsioonis kuni 0,3 ja täheajas kuni 3 sekundi suurune viga, kuna ajavõrrandis märgatavaid viga ei teki.

Päikese koordinaadid. Päikese kääne on kalendris vahetult antud; Päikese otsetõusu leiame (Tartu keskmise keskpäeva jaoks) järgmise valemi järgi:

$$\text{Päikese otsetõus} = \text{täheaeg keskml. keskml.} + \text{ajavõrrand.}$$

Päikese kulmineerimisaeg ja -kõrgus. Päikese kulmineerimisaja jaoks kehtib seos: *Päikese kulmineerimisaeg kohalikus keskmises ajas* = $12^t + \text{ajavõrrand.}$

Siit võib üle minna ka Ida-Euroopa ajale. Päikese kulmineerimiskõrgus leitakse valemi abil: *kulmineerimiskõrgus* = *kääne* + 90° – *koha põhjalaius*.

See valem on kasutatav iga taevakeha kulmineerimiskõrguse arvutamiseks, kusjuures juhul, kui tulemus on üle 90°, võetakse selle täiendus 180°-ni.

Kuu faaside täpsed kellaajad leiduvad kuude tabelite tekstiosas. *Kuu ühendused planeetidega, perigeest, apogeest ja sõlmedest läbimine* on samas. Sealsamas on toodud veel *tsiviilse, nautilise ja astronoomilise hämariku* (koidu ja eha) vältus geograafilisel laiusel 59°. Vastavateks Päikese negatiivse kõrguse ülempiirideks on 6°, 12° ja 18°. Andmeid võib ilma suurema veata kasutada kõikjal Eestis.

Planeetid. Tabelites on antud planeetide *otsetõus* (rektastensioon) ja *kääne* (deklinaatsioon) ning *tõusude ja loojangute ajad*, mis on arvutatud Tartu jaoks. Teiste linnade jaoks võib kasutada samu õiendeid, mis Päikese ja Kuu tõusude ja loojangute jaoks, kuid planeetide suurte käänete puhul tekib siin viga, mis Põhja-Eestis võib halvemal juhul ulatuda peaaegu 20 minutini ühele või teisele poole.

Andmed **planeetide nähtavuse** kohta koos nende liikumise kirjeldusega ja teiste andmetega leiduvad planeetide tabelite tekstiosas.

Tabelites olevate andmete esitamisel on kasutatud üldlevinud ümardamise reegleid.

TABELKALENDER 2025

Jaanuvar	Veebruar	Märts
E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
7:☽ 14:☺ 21:☾ 29:☼	5:☽ 12:☺ 20:☾ 28:☼	6:☽ 14:☺ 22:☾ 29:☼
Aprill	Mai	Juuni
E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
5:☽ 13:☺ 21:☾ 27:☼	4:☽ 12:☺ 20:☾ 27:☼	5:☽ 11:☺ 18:☾ 25:☼
Juuli	August	September
E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
2:☽ 10:☺ 18:☾ 24:☼	1:☽ 9:☺ 16:☾ 23:☼ 31:☽	7:☺ 14:☾ 21:☼ 30:☽
Oktoober	November	Detsember
E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	E T K N R L P 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
7:☺ 13:☾ 21:☼ 29:☽	5:☺ 12:☾ 20:☼ 28:☽	5:☺ 11:☾ 20:☼ 27:☽

Eesti Vabariigi rahvuspüha ja riigipühad

1. jaanuar	Uusaasta
24. veebruar	Iseseisvuspäev, Eesti Vabariigi aastapäev, rahvuspüha, lipupäev
18. aprill	Suur Reede
20. aprill	Ülestõusmispühade 1. püha
1. mai	Kevadpüha
8. juuni	1. nelipüha
23. juuni	Võidupüha, lipupäev
24. juuni	Jaanipäev, lipupäev
20. august	Taasiseseisvumispäev, lipupäev
24. detsember	Jõululaupäev
25. detsember	1. jõulupüha
26. detsember	2. jõulupüha

Tähtpäevi ja usupühi

3. jaanuar	Vabadussõjas võidelnute mälestuspäev, lipupäev
6. jaanuar	Kolmekuningapäev
14. jaanuar	Taliharjapäev
17. jaanuar	Tõnispäev
25. jaanuar	Paavlipäev
2. veebruar	Tartu rahulepingu aastapäev, lipupäev, Küünlapäev
9. veebruar	Luuvalupäev
14. veebruar	Valentinipäev
16. veebruar	Leedu iseseisvuspäev
22. veebruar	Peetripäev
24. veebruar	Madisepäev
4. märts	Vastlapäev
5. märts	Tuhkapäev, palvepäev
8. märts	Naistepäev
12. märts	Korjusepäev
14. märts	Emakeelepäev, lipupäev
25. märts	Paastumaarjapäev
1. aprill	Karjalaskepäev
13. aprill	Palmipuudepüha
21. aprill	Ülestõusmispühade 2. püha
23. aprill	Jüripäev, Veteranipäev, lipupäev
1. mai	Volbripäev
9. mai	Euroopapäev, lipupäev
9. mai	2. nelipüha
10. mai	3. nelipüha
11. mai	Emadepäev, lipupäev
25. mai	Urbanipäev
29. mai	Taevaminemispüha
4. juuni	Eesti lipu päev, lipupäev

14. juuni	Leinapäev, lipupäev (lipud heisatakse leinalipuna)
27. juuni	Seitsmemagajapäev
29. juuni	Peetripäev
2. juuli	Heinamaarjapäev
10. juuli	Seitsmevennapäev
13. juuli	Karusepäev
20. juuli	Eliapäev
22. juuli	Madlipäev
25. juuli	Jaagupipäev
26. juuli	Annepäev
29. juuli	Olevipäev
10. august	Lauritsapäev
15. august	Rukkimaarjapäev
23. august	Kommunismi ja natsismi ohvrite mälestuspäev
24. august	Pärtlipäev
1. september	Teadmiste päev, lipupäev
8. september	Ussimaarjapäev
14. september	Vanavanemate päev
21. september	Madisepäev
22. september	Vastupanuvõitluse päev
29. september	Mihklipäev
5. oktoober	Õpetajate päev
12. oktoober	Lõikustänupüha
14. oktoober	Kolletamispäev
18. oktoober	Luukapäev
18. oktoober	Hõimupäev, lipupäev
31. oktoober	Usupuhastuspüha
1. november	Pühakutepäev
2. november	Hingedepäev
9. november	Isadepäev, lipupäev
10. november	Mardipäev
16. november	Taassünni päev
18. november	Läti iseseisvuspäev
25. november	Kadripäev
26. november	Kodanikupäev
30. november	Andresepäev
30. november	1. advent
6. detsember	Nigulapäev
13. detsember	Luutsinapäev
21. detsember	Toomapäev
27. detsember	3. jõulupüha
28. detsember	Süütalastepäev
31. detsember	Vana-aasta

Aastaajad ja Päikese näiv liikumine

Aastaaegade vahetus toimub 2025. aastal järgmistel ajamomentidel:

kevade algus	20. märtsil	kell 11.02,
suve algus	21. juunil	kell 5.42,
sügise algus	22. septembril	kell 21.20,
talve algus	21. detsembril	kell 17.03.

Päike on kõige lähemal Maale 4-ndal jaanuaril ja kõige kaugemal Maast 3-ndal juulil.

Päikese- ja kuuvarjutused

1. Täielik kuuvarjutus 14. märtsil. Eestis on näha ainult poolvarjulise varjutuse algus, mis algab mõni minut enne kella 6 hommikul, kuid umbes kolmveerand tunni pärast Kuu loojub ja edasi ei ole enam varjutust näha. Varjutus on vaadeldav Euroopa ja Aafrika läänepoolses osas, Põhja-Ameerikas, Lõuna-Ameerikas, Vaiksel Ookeanil, Atlandi Ookeanil, Antarktikas ja osaliselt Austraalias.
2. Osaline päikesevarjutus 29. märtsil on Eestis nähtav. Varjutuse algus on kell 12.56, maksimaalne faas kell 13.39 ja varjutuse lõpp kell 14.22. Kellaajad on antud Eesti keskosa kohta ja Eestimaa erinevates paikades võivad nad mõne minuti võrra erineda. Varjutus on nähtav Euroopas, Aasia põhjaosas, Aafrika loodeosas, Põhja-Ameerikas, Lõuna-Ameerika põhjaosas, Atlandi Ookeanil ja Arktikas.
3. Täielik kuuvarjutus 7. septembril on Eestis nähtav. Poolvarjulise ja osalise varjutuse algus ei ole nähtav kuna siis ei ole Kuu veel tõusnud. Kuu tõuseb Eesti keskosas veidi enne kella 20.00, Eestimaa erinevates paikades võib see erineda kuni kümnekond minutit. Alates Kuu tõusmisest on varjutus kuni lõpuni nähtav. Täisvarjutus algab kell 20.30, maksimum on kell 21.12 ja täisvarjutuse lõpp kell 21.53. Osaline varjutus lõpeb kell 22.56 ja poolvarjulise varjutuse lõpp on kell 23.55. Varjutus on hästi jälgitav Euroopas, Aasias, Austraalias, Aafrikas, Põhja-Ameerika lääneosas, Lõuna-Ameerika idaosas, Atlandi Ookeanil, Vaiksel Ookeanil, India Ookeanil, Antarktikas ja Arktikas.
4. Osaline päikesevarjutus 21. septembril ei ole Eestis nähtav. Varjutus on jälgitav Vaiksel Ookeanil, Atlandi Ookeanil, Antarktikas ja Austraalia lõunaosas.

Tähtsamad meteorivoolud

Vool	Esinemise aeg	Maksimumi aeg	Keskm. arv tunnis maks. ajal	Radiant	
				α	δ
Kvadrantiidid	28.12–12.01	3/4.01	≥ 110	15 18	+50
Lüriidid	14.04–30.04	21/22.04	~ 18	18 04	+34
Eeta-akvariidid	19.04–28.05	5/6.05	50	22 32	-1
Delta-akvariidid	18.07–21.08	28/29.07	16	22 40	-16
Perseiidid	17.07–24.08	11/12.08	~ 100	3 12	+58
Drakoniidid	6.10–10.10	7/8.10	~ 10	17 28	+54
Orioniidid	2.10– 7.11	20/21.10	20	6 20	+16
Leoniidid	6.11–30.11	16/17.11	~ 15	10 08	+22
Geminiidid	6.12–19.12	13/14.12	80	7 28	+33
Ursiidid	17.12–26.12	22/23.12	~ 10	14 32	+76

Eesti linnade geograafilised koordinaadid

Linn	Põhja-laius	Ida-pikkus	Linn	Põhja-laius	Ida-pikkus
	° /	t. m		° /	t. m
Antsla	57 50	1 46.1	Paide	58 54	1 42.2
Elva	58 13	1 45.7	Paldiski	59 21	1 36.2
Haapsalu	58 57	1 34.1	Põltsamaa	58 39	1 43.9
Jõgeva	58 45	1 45.6	Põlva	58 03	1 49.2
Jõhvi	59 22	1 49.7	Pärnu	58 23	1 38.0
Kallaste	58 40	1 48.7	Rakvere	59 21	1 45.4
Keila	59 18	1 37.7	Rapla	59 00	1 37.9
Kilingi-Nõmme	58 9	1 39.9	Sindi	58 24	1 38.6
Kiviõli	59 21	1 47.8	Suure-Jaani	58 32	1 41.9
Kohtla-Järve	59 24	1 49.0	Tallinn	59 26	1 39.0
Kunda	59 31	1 46.2	Tapa	59 16	1 43.9
Kuressaare	58 15	1 29.9	Tartu	58 23	1 46.9
Kärdla	59 0	1 31.0	Tõrva	58 0	1 43.7
Mustvee	58 51	1 47.8	Türi	58 48	1 41.7
Mõisaküla	58 5	1 40.8	Valga	57 47	1 44.1
Narva	59 23	1 52.8	Viljandi	58 22	1 42.3
Otepää	58 3	1 46.0	Võru	57 50	1 48.0

Jaanuar

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s	
1.K	9 1	15 33	6 32	10 50	16 45	19 41.8	-26 6	-22 57.7	3 37	18 45 18
2.N	9 0	15 34	6 34	11 0	18 27	20 39.2	-22 39	-22 52.4	4 5	18 49 14
3.R	9 0	15 36	6 36	11 5	20 7	21 34.1	-17 55	-22 46.5	4 33	18 53 11
4.L	8 59	15 37	6 38	11 9	21 43	22 26.4	-12 12	-22 40.2	5 0	18 57 7
5.P	8 58	15 39	6 41	11 11	23 18	23 16.8	- 5 51	-22 33.5	5 27	19 1 4
6.E	8 58	15 41	6 43	11 13	***	0 6.2	+ 0 48	-22 26.3	5 53	19 5 1
7.T	8 57	15 42	6 45	11 15	0 54	0 56.1	+ 7 27	-22 18.7	6 19	19 8 57
8.K	8 56	15 44	6 48	11 19	2 33	1 47.5	+13 46	-22 10.6	6 45	19 12 54
9.N	8 55	15 46	6 51	11 25	4 16	2 41.7	+19 22	-22 2.1	7 10	19 16 50
10.R	8 54	15 48	6 54	11 38	6 2	3 39.4	+23 54	-21 53.2	7 34	19 20 47
11.L	8 53	15 50	6 57	12 4	7 42	4 40.2	+27 1	-21 43.8	7 57	19 24 43
12.P	8 52	15 51	6 59	12 57	8 57	5 43.0	+28 25	-21 34.1	8 21	19 28 40
13.E	8 51	15 53	7 2	14 21	9 39	6 45.7	+27 0	-21 23.9	8 43	19 32 36
14.T	8 49	15 55	7 6	15 59	9 58	7 46.0	+25 53	-21 13.3	9 5	19 36 33
15.K	8 48	15 58	7 10	17 36	10 7	8 42.2	+22 23	-21 2.2	9 26	19 40 30
16.N	8 47	16 0	7 13	19 7	10 12	9 34.2	+17 50	-20 50.8	9 46	19 44 26
17.R	8 45	16 2	7 17	20 33	10 15	10 22.2	+12 37	-20 39.0	10 6	19 48 23
18.L	8 44	16 4	7 20	21 54	10 16	11 7.1	+ 7 1	-20 26.8	10 25	19 52 19
19.P	8 42	16 6	7 24	23 14	10 17	11 50.1	+ 1 16	-20 14.2	10 44	19 56 16
20.E	8 41	16 8	7 27	***	10 18	12 32.2	- 4 27	-20 1.3	11 1	20 0 12
21.T	8 39	16 11	7 32	0 34	10 20	13 14.6	- 9 57	-19 47.9	11 18	20 4 9
22.K	8 37	16 13	7 36	1 56	10 22	13 58.3	-15 6	-19 34.2	11 34	20 8 5
23.N	8 35	16 15	7 40	3 22	10 27	14 44.2	-19 44	-19 20.1	11 50	20 12 2
24.R	8 34	16 17	7 43	4 51	10 35	15 33.2	-23 37	-19 5.7	12 4	20 15 59
25.L	8 32	16 20	7 48	6 20	10 53	16 25.8	-26 33	-18 50.9	12 18	20 19 55
26.P	8 30	16 22	7 52	7 38	11 30	17 21.8	-28 14	-18 35.8	12 31	20 23 52
27.E	8 28	16 24	7 56	8 30	12 39	18 20.4	-28 27	-18 20.3	12 44	20 27 48
28.T	8 26	16 27	8 1	8 56	14 13	19 19.9	-27 3	-18 4.5	12 55	20 31 45
29.K	8 24	16 29	8 5	9 8	15 56	20 18.7	-24 2	-17 48.4	13 6	20 35 41
30.N	8 22	16 32	8 10	9 15	17 40	21 15.5	-19 35	-17 31.9	13 16	20 39 38
31.R	8 20	16 34	8 14	9 19	19 21	22 9.9	-13 59	-17 15.2	13 25	20 43 34

Päike. Lähim seis Maale 4-ndal. 19-ndal kell 22 astub Veevalaja märki, 19-ndal kell 22 liigub Kaljukitse tähtkujju.

Kuu on 8-ndal perigees, 21-sel apogeas.

Kuu faasid. Esimene veerand 7-ndal kell 1.56, täiskuu 14-ndal kell 0.27, viimane veerand 21-sel kell 22.31, noorkuu 29-ndal kell 14.36.

Kuu on 5-ndal tõususõlmes, 19-ndal veerusõlmes.

Jaanuar

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.K	9 17	15 32	11 10	16 42	8 55	15 36	10 44	16 49	9 22	15 44	11 13	16 56
2.N	9 17	15 34	11 16	18 28	8 55	15 37	10 55	18 29	9 21	15 45	11 21	18 40
3.R	9 16	15 35	11 18	20 11	8 55	15 39	11 2	20 7	9 21	15 47	11 24	20 21
4.L	9 16	15 37	11 19	21 50	8 54	15 40	11 6	21 43	9 20	15 48	11 26	21 59
5.P	9 15	15 38	11 19	23 27	8 53	15 42	11 9	23 17	9 19	15 50	11 27	23 35
6.E	9 14	15 40	11 20	***	8 53	15 43	11 12	***	9 18	15 52	11 28	***
7.T	9 13	15 42	11 20	1 5	8 52	15 45	11 15	0 52	9 18	15 53	11 29	1 12
8.K	9 12	15 44	11 21	2 46	8 51	15 47	11 20	2 29	9 17	15 55	11 32	2 53
9.N	9 11	15 46	11 25	4 33	8 50	15 49	11 28	4 11	9 16	15 57	11 36	4 38
10.R	9 10	15 48	11 33	6 23	8 49	15 50	11 42	5 55	9 15	15 59	11 46	6 26
11.L	9 9	15 50	11 54	8 8	8 48	15 52	12 10	7 33	9 13	16 1	12 10	8 9
12.P	9 8	15 52	12 45	9 26	8 47	15 54	13 4	8 47	9 12	16 3	13 2	9 25
13.E	9 6	15 54	14 14	10 3	8 46	15 56	14 27	9 30	9 11	16 5	14 29	10 4
14.T	9 5	15 56	15 56	10 17	8 45	15 58	16 3	9 52	9 10	16 7	16 10	10 20
15.K	9 3	15 58	17 37	10 23	8 43	16 0	17 38	10 2	9 8	16 9	17 49	10 28
16.N	9 2	16 0	19 11	10 25	8 42	16 2	19 8	10 9	9 7	16 11	19 22	10 31
17.R	9 0	16 2	20 39	10 26	8 41	16 4	20 33	10 12	9 5	16 14	20 48	10 32
18.L	8 59	16 5	22 2	10 25	8 39	16 6	21 53	10 14	9 4	16 16	22 11	10 33
19.P	8 57	16 7	23 24	10 25	8 38	16 8	23 12	10 16	9 2	16 18	23 32	10 33
20.E	8 55	16 9	***	10 24	8 36	16 10	***	10 18	9 0	16 20	**	10 33
21.T	8 54	16 12	0 45	10 24	8 35	16 13	0 31	10 20	8 59	16 23	0 53	10 34
22.K	8 52	16 14	2 10	10 24	8 33	16 15	1 52	10 24	8 57	16 25	2 16	10 35
23.N	8 50	16 17	3 38	10 26	8 31	16 17	3 17	10 30	8 55	16 27	3 43	10 38
24.R	8 48	16 19	5 11	10 31	8 30	16 19	4 45	10 40	8 53	16 30	5 15	10 45
25.L	8 46	16 21	6 45	10 44	8 28	16 22	6 12	10 59	8 51	16 32	6 46	11 0
26.P	8 44	16 24	8 8	11 17	8 26	16 24	7 28	11 38	8 49	16 35	8 6	11 35
27.E	8 42	16 26	8 57	12 28	8 24	16 26	8 20	12 46	8 47	16 37	8 56	12 45
28.T	8 40	16 29	9 18	14 8	8 22	16 28	8 48	14 18	8 45	16 39	9 20	14 22
29.K	8 38	16 31	9 26	15 56	8 20	16 31	9 3	15 59	8 43	16 42	9 30	16 9
30.N	8 35	16 34	9 29	17 43	8 18	16 33	9 11	17 42	8 41	16 44	9 34	17 54
31.R	8 33	16 37	9 30	19 27	8 16	16 36	9 16	19 21	8 39	16 47	9 37	19 37

Kuu ühendusi. 3-ndal kell 17 Veenusega, 4-ndal kell 19 Saturniga, 14-ndal kell 6 Marsiga, 16-ndal kell 17 Reegulusega. 25-ndal kell 2 Antaaresega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.54 ja 0.51, nautilise hämariku vältus 1.48 ja 1.43 ning astronoomilise hämariku vältus 2.38 ja 2.31.

Veebruar

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Ajavõrrand	Täheaeg
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.L	8 18	16 36	8 18	9 21	21 0	23 2.2	- 7 34	-16 58.1	13 33	20 47 31
2.P	8 16	16 39	8 23	9 23	22 37	23 53.1	- 0 45	-16 40.7	13 40	20 51 28
3.E	8 13	16 41	8 28	9 25	***	0 43.8	+ 6 6	-16 23.1	13 47	20 55 24
4.T	8 11	16 44	8 33	9 28	0 17	1 35.5	+12 37	-16 5.2	13 53	20 59 21
5.K	8 9	16 46	8 37	9 33	1 59	2 29.2	+18 26	-15 46.9	13 58	21 3 17
6.N	8 7	16 49	8 42	9 43	3 44	3 25.7	+23 12	-15 28.5	14 2	21 7 14
7.R	8 4	16 51	8 47	10 2	5 26	4 25.0	+26 36	-15 9.7	14 5	21 11 10
8.L	8 2	16 54	8 52	10 44	6 50	5 26.2	+28 22	-14 50.7	14 7	21 15 7
9.P	7 59	16 56	8 57	11 58	7 41	6 27.7	+28 25	-14 31.5	14 9	21 19 3
10.E	7 57	16 58	9 1	13 31	8 5	7 27.6	+26 47	-14 12.0	14 10	21 23 0
11.T	7 55	17 1	9 6	15 9	8 17	8 24.2	+23 42	-13 52.3	14 10	21 26 57
12.K	7 52	17 3	9 11	16 42	8 22	9 16.8	+19 28	-13 32.3	14 9	21 30 53
13.N	7 50	17 6	9 16	18 10	8 25	10 5.8	+14 26	-13 12.2	14 8	21 34 50
14.R	7 47	17 8	9 21	19 33	8 27	10 51.6	+ 8 54	-12 51.8	14 6	21 38 46
15.L	7 45	17 11	9 26	20 54	8 28	11 35.2	+ 3 8	-12 31.2	14 3	21 42 43
16.P	7 42	17 13	9 31	22 14	8 29	12 17.7	- 2 40	-12 10.4	13 59	21 46 39
17.E	7 40	17 15	9 35	23 35	8 30	13 0.0	- 8 18	-11 49.4	13 55	21 50 36
18.T	7 37	17 18	9 41	***	8 32	13 43.3	-13 37	-11 28.2	13 50	21 54 32
19.K	7 34	17 20	9 46	1 0	8 35	14 28.2	-18 26	-11 6.9	13 44	21 58 29
20.N	7 32	17 23	9 51	2 27	8 41	15 15.8	-22 34	-10 45.3	13 38	22 2 26
21.R	7 29	17 25	9 56	3 56	8 53	16 6.5	-25 48	-10 23.6	13 31	22 6 22
22.L	7 27	17 28	10 1	5 20	9 19	17 0.5	-27 55	-10 1.8	13 23	22 10 19
23.P	7 24	17 30	10 6	6 23	10 12	17 57.2	-28 41	-9 39.7	13 15	22 14 15
24.E	7 21	17 32	10 11	6 59	11 35	18 55.6	-27 56	-9 17.6	13 6	22 18 12
25.T	7 19	17 35	10 16	7 16	13 16	19 54.2	-25 34	-8 55.3	12 57	22 22 8
26.K	7 16	17 37	10 21	7 25	15 1	20 51.7	-21 41	-8 32.8	12 47	22 26 5
27.N	7 13	17 39	10 26	7 29	16 45	21 47.4	-16 27	-8 10.2	12 37	22 30 1
28.R	7 10	17 42	10 32	7 32	18 27	22 41.3	-10 12	-7 47.6	12 26	22 33 58

Päike. 18-ndal kell 12 astub Kalade märki, 16-ndal kell 9 liigub Veevalaja tähtkuju.

Kuu on 2-sel perigees, 18-ndal apogeas.

Kuu faasid. Esimene veerand 5-ndal kell 10.02, täiskuu 12-ndal kell 15.53, viimane veerand 20-ndal kell 19.32, noorkuu 28-ndal kell 2.45.

Kuu on 2-sel tõususõlmes, 15-ndal veerusõlmes.

Veebruar

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.L	8 31	16 39	9 30	21 8	8 14	16 38	9 19	20 59	8 37	16 49	9 38	21 16
2.P	8 29	16 42	9 30	22 48	8 12	16 40	9 22	22 35	8 34	16 52	9 39	22 55
3.E	8 26	16 44	9 31	** ** *	8 10	16 43	9 25	** ** *	8 32	16 54	9 40	** ** *
4.T	8 24	16 47	9 31	0 29	8 8	16 45	9 29	0 14	8 30	16 57	9 41	0 36
5.K	8 22	16 49	9 34	2 15	8 5	16 47	9 36	1 55	8 27	16 59	9 45	2 20
6.N	8 19	16 52	9 39	4 4	8 3	16 50	9 47	3 38	8 25	17 2	9 52	4 8
7.R	8 17	16 54	9 54	5 51	8 1	16 52	10 9	5 18	8 23	17 4	10 9	5 53
8.L	8 14	16 57	10 31	7 20	7 59	16 55	10 52	6 40	8 20	17 7	10 49	7 18
9.P	8 12	17 0	11 48	8 8	7 56	16 57	12 4	7 32	8 18	17 9	12 4	8 7
10.E	8 9	17 2	13 27	8 26	7 54	16 59	13 36	7 58	8 15	17 12	13 41	8 29
11.T	8 7	17 5	15 8	8 34	7 52	17 2	15 11	8 11	8 13	17 15	15 21	8 38
12.K	8 4	17 7	16 45	8 36	7 49	17 4	16 43	8 18	8 10	17 17	16 56	8 42
13.N	8 1	17 10	18 15	8 37	7 47	17 6	18 10	8 22	8 8	17 20	18 25	8 43
14.R	7 59	17 12	19 40	8 37	7 44	17 9	19 33	8 25	8 5	17 22	19 49	8 44
15.L	7 56	17 15	21 3	8 36	7 42	17 11	20 53	8 27	8 3	17 25	21 11	8 44
16.P	7 54	17 18	22 25	8 35	7 39	17 14	22 12	8 28	8 0	17 27	22 32	8 44
17.E	7 51	17 20	23 48	8 35	7 37	17 16	23 32	8 30	7 57	17 30	23 55	8 44
18.T	7 48	17 23	** ** *	8 35	7 34	17 18	** ** *	8 33	7 55	17 32	** ** *	8 45
19.K	7 45	17 25	1 15	8 36	7 32	17 21	0 55	8 37	7 52	17 34	1 20	8 47
20.N	7 43	17 28	2 46	8 39	7 29	17 23	2 21	8 45	7 49	17 37	2 50	8 51
21.R	7 40	17 30	4 20	8 46	7 27	17 25	3 49	8 59	7 47	17 39	4 22	9 1
22.L	7 37	17 33	5 49	9 7	7 24	17 28	5 10	9 27	7 44	17 42	5 48	9 24
23.P	7 34	17 35	6 53	9 58	7 22	17 30	6 13	10 20	7 41	17 44	6 52	10 17
24.E	7 32	17 38	7 24	11 27	7 19	17 32	6 50	11 41	7 39	17 47	7 24	11 43
25.T	7 29	17 40	7 35	13 13	7 16	17 35	7 10	13 19	7 36	17 49	7 38	13 26
26.K	7 26	17 43	7 40	15 2	7 14	17 37	7 20	15 3	7 33	17 52	7 45	15 14
27.N	7 23	17 45	7 42	16 49	7 11	17 39	7 26	16 46	7 30	17 54	7 48	17 0
28.R	7 20	17 48	7 42	18 34	7 8	17 42	7 30	18 26	7 27	17 57	7 49	18 43

Kuu ühendusi. 1-sel kell 7 Saturniga, 1-sel kell 22 Veenusega, 9-ndal kell 22 Marsiga, 13-ndal kell 1 Reegulusega. 21-sel kell 10 Antaaresega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.46 ja 0.43, nautilise hämariku vältus 1.35 ja 1.30 ning astronoomilise hämariku vältus 2.22 ja 2.16.

Märts

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.L	7 8	17 44	10 36	7 34	20 8	23 33.8	- 3 18	-7 24.7	12 14	22 37 55
2.P	7 5	17 47	10 42	7 36	21 51	0 26.0	+ 3 49	-7 1.8	12 2	22 41 51
3.E	7 2	17 49	10 47	7 38	23 36	1 19.0	+10 44	-6 38.8	11 50	22 45 48
4.T	6 59	17 51	10 52	7 42	** ** *	2 13.8	+17 1	-6 15.7	11 37	22 49 44
5.K	6 57	17 54	10 57	7 50	1 24	3 11.1	+22 14	-5 52.5	11 24	22 53 41
6.N	6 54	17 56	11 2	8 6	3 10	4 10.9	+26 4	-5 29.3	11 10	22 57 37
7.R	6 51	17 58	11 7	8 39	4 43	5 12.4	+28 14	-5 5.9	10 55	23 1 34
8.L	6 48	18 1	11 13	9 43	5 44	6 14.0	+28 40	-4 42.5	10 41	23 5 30
9.P	6 45	18 3	11 18	11 12	6 13	7 13.9	+27 24	-4 19.1	10 26	23 9 27
10.E	6 43	18 5	11 22	12 49	6 27	8 10.5	+24 39	-3 55.6	10 10	23 13 24
11.T	6 40	18 7	11 27	14 22	6 34	9 3.4	+20 43	-3 32.0	9 55	23 17 20
12.K	6 37	18 10	11 33	15 51	6 37	9 52.5	+15 56	-3 8.4	9 39	23 21 17
13.N	6 34	18 12	11 38	17 15	6 39	10 38.5	+10 33	-2 44.8	9 22	23 25 13
14.R	6 31	18 14	11 43	18 36	6 40	11 22.3	+ 4 51	-2 21.1	9 6	23 29 10
15.L	6 28	18 17	11 49	19 56	6 41	12 4.9	- 0 57	-1 57.4	8 49	23 33 6
16.P	6 26	18 19	11 53	21 17	6 42	12 47.2	- 6 39	-1 33.7	8 32	23 37 3
17.E	6 23	18 21	11 58	22 40	6 43	13 30.1	-12 6	-1 10.0	8 14	23 40 59
18.T	6 20	18 23	12 3	** ** *	6 45	14 14.5	-17 5	0 46.3	7 57	23 44 56
19.K	6 17	18 26	12 9	0 7	6 50	15 1.1	-21 27	0 22.6	7 39	23 48 53
20.N	6 14	18 28	12 14	1 35	6 59	15 50.5	-24 58	0 1.1	7 23	23 52 49
21.R	6 11	18 30	12 19	3 1	7 18	16 42.8	-27 26	0 24.8	7 5	23 56 46
22.L	6 9	18 33	12 24	4 13	7 57	17 37.7	-28 38	0 48.5	6 46	0 0 42
23.P	6 6	18 35	12 29	4 59	9 6	18 34.4	-28 26	1 12.2	6 28	0 4 39
24.E	6 3	18 37	12 34	5 22	10 38	19 31.6	-26 42	1 35.8	6 10	0 8 35
25.T	6 0	18 39	12 39	5 33	12 20	20 28.2	-23 29	1 59.4	5 52	0 12 32
26.K	5 57	18 42	12 45	5 39	14 3	21 23.5	-18 53	2 23.0	5 34	0 16 28
27.N	5 54	18 44	12 50	5 42	15 45	22 17.3	-13 7	2 46.5	5 16	0 20 25
28.R	5 51	18 46	12 55	5 45	17 27	23 10.1	- 6 29	3 9.9	4 58	0 24 22
29.L	5 48	18 48	13 0	5 47	19 10	0 2.7	+ 0 39	3 33.3	4 40	0 28 18
30.P	6 46	19 51	13 5	6 49	21 57	0 56.2	+ 7 50	3 56.7	4 22	0 32 15
31.E	6 43	19 53	13 10	6 52	23 48	1 51.6	+14 36	4 19.9	4 4	0 36 11

Päike. 20-ndal kell 11 astub Jäära märki, siirdudes taeva lõunapoolkeralt põhjapoolkerale, kevade algus. 12-ndal kell 10 liigub Kalade tähtkuju.

Kuu on 1-sel perigees, 17-ndal apogeas, 30-ndal perigees.

Kuu faasid. Esimene veerand 6-ndal kell 18.31, täiskuu 14-ndal kell 8.55, viimane veerand 22-sel kell 13.29, noorkuu 29-ndal kell 12.58.

Kuu on 1-sel tõususõlmes, 14-ndal veerusõlmes, 28-ndal tõususõlmes.

Märts

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.L	7 17	17 50	7 42	20 17	7 6	17 44	7 33	20 7	7 25	17 59	7 50	20 26
2.P	7 15	17 53	7 42	22 2	7 3	17 46	7 35	21 48	7 22	18 1	7 51	22 10
3.E	7 12	17 55	7 42	23 50	7 0	17 49	7 39	23 32	7 19	18 4	7 52	23 56
4.T	7 9	17 58	7 44	***	6 58	17 51	7 44	***	7 16	18 6	7 55	***
5.K	7 6	18 0	7 48	1 42	6 55	17 53	7 54	1 18	7 13	18 9	8 0	1 47
6.N	7 3	18 2	7 58	3 34	6 52	17 55	8 11	3 2	7 11	18 11	8 13	3 36
7.R	7 0	18 5	8 26	5 12	6 49	17 58	8 47	4 33	7 8	18 13	8 44	5 11
8.L	6 57	18 7	9 31	6 12	6 47	18 0	9 51	5 34	7 5	18 16	9 49	6 11
9.P	6 54	18 10	11 6	6 36	6 44	18 2	11 18	6 6	7 2	18 18	11 21	6 38
10.E	6 51	18 12	12 47	6 45	6 41	18 4	12 52	6 21	6 59	18 21	13 0	6 49
11.T	6 49	18 15	14 24	6 49	6 38	18 7	14 24	6 29	6 56	18 23	14 36	6 54
12.K	6 46	18 17	15 55	6 50	6 36	18 9	15 52	6 34	6 53	18 25	16 6	6 56
13.N	6 43	18 19	17 21	6 49	6 33	18 11	17 15	6 37	6 50	18 28	17 31	6 56
14.R	6 40	18 22	18 45	6 49	6 30	18 13	18 35	6 38	6 47	18 30	18 53	6 56
15.L	6 37	18 24	20 7	6 48	6 27	18 16	19 54	6 40	6 45	18 32	20 14	6 56
16.P	6 34	18 27	21 29	6 47	6 24	18 18	21 14	6 42	6 42	18 35	21 36	6 56
17.E	6 31	18 29	22 55	6 47	6 22	18 20	22 36	6 44	6 39	18 37	23 1	6 56
18.T	6 28	18 31	***	6 47	6 19	18 22	***	6 47	6 36	18 39	***	6 58
19.K	6 25	18 34	0 24	6 49	6 16	18 25	0 1	6 53	6 33	18 42	0 29	7 1
20.N	6 22	18 36	1 56	6 54	6 13	18 27	1 28	7 4	6 30	18 44	1 59	7 8
21.R	6 19	18 39	3 28	7 8	6 10	18 29	2 52	7 25	6 27	18 46	3 28	7 24
22.L	6 16	18 41	4 44	7 43	6 8	18 31	4 3	8 5	6 24	18 49	4 42	8 1
23.P	6 13	18 43	5 26	8 55	6 5	18 33	4 49	9 13	6 21	18 51	5 26	9 12
24.E	6 10	18 46	5 44	10 33	6 2	18 36	5 15	10 43	6 18	18 53	5 46	10 48
25.T	6 7	18 48	5 50	12 19	5 59	18 38	5 28	12 23	6 15	18 56	5 54	12 32
26.K	6 4	18 51	5 53	14 6	5 56	18 40	5 35	14 4	6 12	18 58	5 58	14 17
27.N	6 1	18 53	5 54	15 51	5 54	18 42	5 40	15 45	6 10	19 0	6 0	16 0
28.R	5 58	18 55	5 54	17 35	5 51	18 45	5 43	17 26	6 7	19 3	6 1	17 44
29.L	5 55	18 58	5 54	19 21	5 48	18 47	5 46	19 8	6 4	19 5	6 2	19 28
30.P	6 52	20 0	6 54	22 10	6 45	19 49	6 49	21 54	7 1	20 7	7 3	22 17
31.E	6 49	20 2	6 55	***	6 42	19 51	6 54	23 43	6 58	20 10	7 5	***

Kuu ühendusi. 1-sel kell 6 Merkuuriga, 9-ndal kell 2 Marsiga, 12-ndal kell 8 Reegu-lusega, 20-ndal kell 18 Antaaresega.

Hämarik. Tsiivilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.41 ja 0.41, nautilise hämariku vältus 1.27 ja 1.28 ning astronoomilise hämariku vältus 2.15 ja 2.19.

Aprill

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° '	° '	m.s	t.m.s
1.T	6 40	19 55	13 15	6 58	** ** *	2 49.8	+20 28	4 43.1	3 46	0 40 8
2.K	6 37	19 58	13 21	7 11	1 40	3 50.9	+24 58	5 6.2	3 28	0 44 4
3.N	6 34	20 0	13 26	7 37	3 24	4 54.2	+27 46	5 29.2	3 11	0 48 1
4.R	6 31	20 2	13 31	8 31	4 39	5 57.8	+28 42	5 52.1	2 53	0 51 57
5.L	6 29	20 4	13 35	9 56	5 19	6 59.5	+27 50	6 14.8	2 36	0 55 54
6.P	6 26	20 7	13 41	11 32	5 36	7 57.7	+25 23	6 37.5	2 19	0 59 51
7.E	6 23	20 9	13 46	13 7	5 45	8 51.6	+21 42	7 0.1	2 2	1 3 47
8.T	6 20	20 11	13 51	14 36	5 49	9 41.3	+17 6	7 22.5	1 46	1 7 44
9.K	6 17	20 13	13 56	16 1	5 51	10 27.6	+11 53	7 44.9	1 29	1 11 40
10.N	6 14	20 16	14 2	17 22	5 52	11 11.5	+ 6 18	8 7.0	1 13	1 15 37
11.R	6 12	20 18	14 6	18 42	5 53	11 54.0	+ 0 33	8 29.1	0 57	1 19 33
12.L	6 9	20 20	14 11	20 2	5 54	12 36.0	- 5 9	8 51.0	0 41	1 23 30
13.P	6 6	20 23	14 17	21 24	5 55	13 18.5	-10 40	9 12.8	0 26	1 27 26
14.E	6 3	20 25	14 22	22 49	5 57	14 2.5	-15 47	9 34.4	0 11	1 31 23
15.T	6 1	20 27	14 26	** ** *	6 01	14 48.5	-20 19	9 55.8	-0 2	1 35 20
16.K	5 58	20 29	14 31	0 17	6 9	15 37.2	-24 4	10 17.1	-0 17	1 39 16
17.N	5 55	20 32	14 37	1 44	6 24	16 28.7	-26 49	10 38.2	-0 31	1 43 13
18.R	5 52	20 34	14 42	3 2	6 54	17 22.6	-28 21	10 59.1	-0 44	1 47 9
19.L	5 50	20 36	14 46	3 56	7 52	18 18.1	-28 33	11 19.9	-0 57	1 51 6
20.P	5 47	20 39	14 52	4 26	9 15	19 14.1	-27 18	11 40.5	-1 10	1 55 2
21.E	5 44	20 41	14 57	4 40	10 50	20 9.5	-24 37	12 0.9	-1 22	1 58 59
22.T	5 42	20 43	15 1	4 48	12 29	21 3.6	-20 37	12 21.1	-1 34	2 2 55
23.K	5 39	20 45	15 6	4 52	14 8	21 56.3	-15 26	12 41.1	-1 45	2 6 52
24.N	5 36	20 48	15 12	4 55	15 47	22 47.9	- 9 18	13 0.9	-1 56	2 10 49
25.R	5 34	20 50	15 16	4 57	17 27	23 39.3	- 2 30	13 20.4	-2 6	2 14 45
26.L	5 31	20 52	15 21	4 59	19 11	0 31.6	+ 4 36	13 39.8	-2 16	2 18 42
27.P	5 28	20 55	15 27	5 02	21 00	1 25.9	+11 35	13 58.9	-2 25	2 22 38
28.E	5 26	20 57	15 31	5 7	22 54	2 23.3	+17 56	14 17.8	-2 34	2 26 35
29.T	5 23	20 59	15 36	5 16	** ** *	3 24.3	+23 9	14 36.5	-2 42	2 30 31
30.K	5 21	21 1	15 40	5 36	0 47	4 28.5	+26 46	14 54.9	-2 50	2 34 28

Päike. 19-ndal kell 22 astub Sõnni märki, 18-ndal kell 22 liigub Jäära tähtkuju.

Kuu on 14-ndal apogeas, 27-ndal perigeas.

Kuu faasid. Esimene veerand 5-ndal kell 5.15, täiskuu 13-ndal kell 3.22, viimane veerand 21-sel kell 4.35, noorkuu 27-ndal kell 22.31.

Kuu on 10-ndal veerusõlmes, 25-ndal tõususõlmes.

Aprill

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.T	6 46	20 5	6 58	0 4	6 40	19 53	7 1	** **	6 55	20 12	7 10	0 10
2.K	6 43	20 7	7 6	2 2	6 37	19 56	7 15	1 33	6 52	20 14	7 19	2 5
3.N	6 40	20 10	7 26	3 51	6 34	19 58	7 44	3 15	6 49	20 17	7 43	3 51
4.R	6 37	20 12	8 18	5 9	6 31	20 0	8 39	4 29	6 46	20 19	8 36	5 8
5.L	6 34	20 14	9 48	5 43	6 28	20 2	10 2	5 10	6 43	20 21	10 3	5 44
6.P	6 32	20 17	11 29	5 56	6 26	20 4	11 36	5 30	6 40	20 24	11 43	5 59
7.E	6 29	20 19	13 8	6 0	6 23	20 7	13 9	5 40	6 38	20 26	13 20	6 5
8.T	6 26	20 21	14 40	6 2	6 20	20 9	14 37	5 45	6 35	20 28	14 51	6 8
9.K	6 23	20 24	16 7	6 2	6 17	20 11	16 1	5 48	6 32	20 31	16 16	6 9
10.N	6 20	20 26	17 30	6 2	6 15	20 13	17 21	5 50	6 29	20 33	17 39	6 9
11.R	6 17	20 29	18 51	6 1	6 12	20 16	18 40	5 52	6 26	20 35	18 59	6 9
12.L	6 14	20 31	20 13	6 0	6 9	20 18	19 59	5 54	6 23	20 38	20 20	6 9
13.P	6 11	20 33	21 38	5 59	6 6	20 20	21 20	5 56	6 20	20 40	21 44	6 9
14.E	6 8	20 36	23 5	6 0	6 4	20 22	22 44	5 59	6 17	20 43	23 10	6 10
15.T	6 5	20 38	** **	6 1	6 1	20 24	** **	6 4	6 15	20 45	** **	6 13
16.K	6 2	20 41	0 37	6 5	5 58	20 27	0 11	6 13	6 12	20 47	0 40	6 18
17.N	6 0	20 43	2 9	6 15	5 56	20 29	1 36	6 30	6 9	20 50	2 10	6 31
18.R	5 57	20 45	3 31	6 42	5 53	20 31	2 52	7 2	6 6	20 52	3 30	6 59
19.L	5 54	20 48	4 25	7 40	5 50	20 33	3 46	7 59	6 3	20 54	4 24	7 57
20.P	5 51	20 50	4 49	9 8	5 48	20 36	4 18	9 20	6 1	20 57	4 51	9 23
21.E	5 48	20 53	4 59	10 48	5 45	20 38	4 34	10 54	5 58	20 59	5 2	11 2
22.T	5 45	20 55	5 3	12 31	5 42	20 40	4 43	12 31	5 55	21 1	5 8	12 43
23.K	5 43	20 58	5 5	14 13	5 40	20 42	4 49	14 9	5 52	21 4	5 11	14 23
24.N	5 40	21 0	5 5	15 54	5 37	20 45	4 53	15 47	5 50	21 6	5 12	16 3
25.R	5 37	21 2	5 5	17 36	5 35	20 47	4 56	17 26	5 47	21 8	5 13	17 45
26.L	5 34	21 5	5 5	19 22	5 32	20 49	4 59	19 8	5 44	21 11	5 14	19 30
27.P	5 32	21 7	5 6	21 15	5 29	20 51	5 3	20 56	5 42	21 13	5 16	21 21
28.E	5 29	21 10	5 8	23 13	5 27	20 53	5 9	22 49	5 39	21 16	5 19	23 17
29.T	5 26	21 12	5 14	** **	5 24	20 56	5 20	** **	5 36	21 18	5 26	** **
30.K	5 24	21 15	5 28	1 11	5 22	20 58	5 41	0 39	5 34	21 20	5 43	1 13

Kuu ühendusi. 5-ndal kell 22 Marsiga, 8-ndal kell 15 Reegulusega, 10-ndal kell 15 Merkuuriga, 17-ndal kell 1 Antaaresega, 25-ndal kell 4 Veenusega, 25-ndal kell 7 Saturniga, 26-ndal kell 4 Merkuuriga.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.42 ja 0.45, nautilise hämariku vältus 1.34 ja 1.45 ning astronoomilise hämariku vältus 2.33 ja 3.07. 25-ndal algab astronoomiline valge öö.

Mai

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Ajavõrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.N	5 18	21 4	15 46	6 18	2 20	5 34.3	+28 27	15 13.0	-2 57	2 38 24
2.R	5 16	21 6	15 50	7 34	3 16	6 39.0	+28 11	15 31.0	-3 3	2 42 21
3.L	5 13	21 8	15 55	9 10	3 41	7 40.2	+26 8	15 48.6	-3 9	2 46 18
4.P	5 11	21 11	16 0	10 48	3 53	8 36.8	+22 41	16 6.0	-3 15	2 50 14
5.E	5 8	21 13	16 5	12 21	3 59	9 28.5	+18 13	16 23.1	-3 20	2 54 11
6.T	5 6	21 15	16 9	13 48	4 2	10 16.2	+13 6	16 40.0	-3 25	2 58 7
7.K	5 4	21 17	16 13	15 10	4 4	11 0.8	+7 35	16 56.6	-3 29	3 2 4
8.N	5 1	21 20	16 19	16 29	4 5	11 43.5	+1 53	17 12.8	-3 32	3 6 0
9.R	4 59	21 22	16 23	17 49	4 6	12 25.4	-3 49	17 28.8	-3 35	3 9 57
10.L	4 57	21 24	16 27	19 10	4 7	13 7.7	-9 21	17 44.6	-3 37	3 13 53
11.P	4 54	21 26	16 32	20 33	4 9	13 51.1	-14 32	18 0.0	-3 39	3 17 50
12.E	4 52	21 28	16 36	22 0	4 12	14 36.7	-19 13	18 15.1	-3 40	3 21 47
13.T	4 50	21 30	16 40	23 28	4 19	15 24.8	-23 9	18 29.9	-3 41	3 25 43
14.K	4 48	21 33	16 45	***	4 32	16 15.8	-26 9	18 44.4	-3 41	3 29 40
15.N	4 46	21 35	16 49	0 50	4 57	17 9.4	-27 59	18 58.5	-3 40	3 33 36
16.R	4 43	21 37	16 54	1 52	5 46	18 4.7	-28 29	19 12.4	-3 39	3 37 33
17.L	4 41	21 39	16 58	2 28	7 2	19 0.5	-27 33	19 25.9	-3 37	3 41 29
18.P	4 39	21 41	17 2	2 47	8 33	19 55.6	-25 14	19 39.1	-3 35	3 45 26
19.E	4 37	21 43	17 6	2 56	10 9	20 49.1	-21 36	19 52.0	-3 32	3 49 22
20.T	4 36	21 45	17 9	3 1	11 45	21 40.8	-16 51	20 4.5	-3 29	3 53 19
21.K	4 34	21 47	17 13	3 5	13 20	22 31.1	-11 10	20 16.7	-3 25	3 57 16
22.N	4 32	21 49	17 17	3 7	14 55	23 20.8	-4 48	20 28.5	-3 20	4 1 12
23.R	4 30	21 51	17 21	3 9	16 33	0 11.0	+1 59	20 40.0	-3 15	4 5 9
24.L	4 28	21 53	17 25	3 11	18 17	1 2.9	+8 50	20 51.2	-3 10	4 9 5
25.P	4 27	21 55	17 28	3 15	20 6	1 57.8	+15 21	21 1.9	-3 4	4 13 2
26.E	4 25	21 57	17 32	3 22	22 0	2 56.6	+21 1	21 12.3	-2 57	4 16 58
27.T	4 23	21 58	17 35	3 36	23 47	3 59.5	+25 20	21 22.4	-2 50	4 20 55
28.K	4 22	22 0	17 38	4 6	***	5 5.5	+27 52	21 32.1	-2 42	4 24 51
29.N	4 20	22 2	17 42	5 7	1 3	6 12.1	+28 23	21 41.4	-2 34	4 28 48
30.R	4 19	22 4	17 45	6 40	1 41	7 16.5	+26 57	21 50.3	-2 26	4 32 45
31.L	4 18	22 5	17 47	8 21	1 59	8 16.5	+23 53	21 58.8	-2 17	4 36 41

Päike. 20-ndal kell 21 astub Kaksikute märki, 14-ndal kell 9 liigub Sõnni tähtkuju.

Kuu on 11-ndal apogeese, 26-ndal perigeese.

Kuu faasid. Esimene veerand 4-ndal kell 16.52, täiskuu 12-ndal kell 19.56, viimane veerand 20-ndal kell 14.59, noorkuu 27-ndal kell 6.02.

Kuu on 8-ndal veerusõlmes, 22-sel tõususõlmes.

Mai

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.N	5 21	21 17	6 5	2 50	5 20	21 0	6 25	2 10	5 31	21 23	6 23	2 49
2.R	5 18	21 19	7 24	3 43	5 17	21 2	7 41	3 7	5 29	21 25	7 41	3 43
3.L	5 16	21 22	9 6	4 2	5 15	21 5	9 15	3 34	5 26	21 27	9 20	4 5
4.P	5 13	21 24	10 48	4 10	5 12	21 7	10 51	3 48	5 23	21 30	11 1	4 14
5.E	5 10	21 27	12 24	4 13	5 10	21 9	12 22	3 55	5 21	21 32	12 35	4 18
6.T	5 8	21 29	13 53	4 14	5 8	21 11	13 48	3 59	5 18	21 34	14 3	4 20
7.K	5 5	21 31	15 17	4 13	5 5	21 13	15 9	4 2	5 16	21 37	15 26	4 21
8.N	5 3	21 34	16 38	4 13	5 3	21 15	16 28	4 3	5 14	21 39	16 46	4 21
9.R	5 0	21 36	17 59	4 12	5 1	21 18	17 46	4 5	5 11	21 41	18 7	4 21
10.L	4 58	21 38	19 22	4 12	4 58	21 20	19 6	4 7	5 9	21 44	19 29	4 21
11.P	4 56	21 41	20 49	4 12	4 56	21 22	20 29	4 10	5 6	21 46	20 54	4 22
12.E	4 53	21 43	22 19	4 13	4 54	21 24	21 55	4 15	5 4	21 48	22 23	4 24
13.T	4 51	21 45	23 51	4 17	4 52	21 26	23 21	4 23	5 2	21 50	23 53	4 29
14.K	4 49	21 48	** **	4 25	4 50	21 28	** **	4 37	5 0	21 53	** **	4 40
15.N	4 46	21 50	1 17	4 46	4 48	21 30	0 40	5 4	4 57	21 55	1 17	5 3
16.R	4 44	21 52	2 21	5 33	4 46	21 32	1 42	5 54	4 55	21 57	2 20	5 51
17.L	4 42	21 54	2 53	6 53	4 44	21 34	2 20	7 8	4 53	21 59	2 54	7 9
18.P	4 40	21 57	3 7	8 30	4 42	21 36	2 40	8 37	4 51	22 1	3 9	8 43
19.E	4 38	21 59	3 12	10 10	4 40	21 38	2 51	10 11	4 49	22 3	3 17	10 21
20.T	4 36	22 1	3 15	11 48	4 38	21 40	2 58	11 46	4 47	22 6	3 20	11 59
21.K	4 34	22 3	3 16	13 26	4 36	21 42	3 2	13 20	4 45	22 8	3 22	13 35
22.N	4 32	22 5	3 16	15 3	4 34	21 44	3 5	14 54	4 43	22 10	3 23	15 12
23.R	4 30	22 7	3 16	16 44	4 33	21 46	3 8	16 31	4 41	22 12	3 24	16 51
24.L	4 28	22 9	3 17	18 30	4 31	21 48	3 12	18 13	4 39	22 14	3 26	18 36
25.P	4 26	22 11	3 18	20 23	4 29	21 50	3 17	20 2	4 38	22 16	3 28	20 28
26.E	4 24	22 13	3 22	22 21	4 28	21 51	3 25	21 53	4 36	22 18	3 34	22 25
27.T	4 22	22 15	3 31	** **	4 26	21 53	3 41	23 37	4 34	22 19	3 45	** **
28.K	4 21	22 17	3 55	0 13	4 25	21 55	4 13	** **	4 33	22 21	4 12	0 14
29.N	4 19	22 19	4 56	1 31	4 23	21 56	5 15	0 53	4 31	22 23	5 13	1 30
30.R	4 18	22 21	6 33	2 4	4 22	21 58	6 45	1 33	4 30	22 25	6 48	2 6
31.L	4 16	22 23	8 20	2 17	4 21	22 0	8 24	1 53	4 28	22 26	8 33	2 20

Kuu ühendusi. 4-ndal kell 2 Marsiga, 5-ndal kell 21 Reegulusega, 14-ndal kell 7 Antaaresega, 22-sel kell 21 Saturniga, 24-ndal kell 3 Veenusega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.51 ja 1.01, nautilise hämariku vältus 1-sel 2.07. 16-ndal algab nautiline valge öö.

Juuni

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° '	° '	m.s	t.m.s
1.P	4 16	22 7	17 51	9 59	2 7	9 11.3	+19 36	22 7.0	-2 8	4 40 38
2.E	4 15	22 8	17 53	11 29	2 11	10 1.3	+14 32	22 14.8	-1 58	4 44 34
3.T	4 14	22 10	17 56	12 54	2 14	10 47.6	+ 9 0	22 22.2	-1 48	4 48 31
4.K	4 13	22 11	17 58	14 15	2 15	11 31.3	+ 3 17	22 29.1	-1 38	4 52 27
5.N	4 12	22 12	18 0	15 35	2 16	12 13.7	- 2 28	22 35.7	-1 28	4 56 24
6.R	4 11	22 14	18 3	16 55	2 18	12 56.0	- 8 3	22 41.9	-1 17	5 0 20
7.L	4 10	22 15	18 5	18 18	2 19	13 39.1	-13 19	22 47.7	-1 6	5 4 17
8.P	4 9	22 16	18 7	19 43	2 23	14 24.1	-18 7	22 53.1	-0 54	5 8 14
9.E	4 8	22 17	18 9	21 11	2 28	15 11.6	-22 15	22 58.1	-0 42	5 12 10
10.T	4 8	22 18	18 10	22 36	2 39	16 2.1	-25 28	23 2.7	-0 31	5 16 7
11.K	4 7	22 19	18 12	23 46	3 0	16 55.3	-27 35	23 6.9	-0 18	5 20 3
12.N	4 6	22 20	18 14	** ** *	3 41	17 50.8	-28 24	23 10.7	-0 6	5 24 0
13.R	4 6	22 21	18 15	0 30	4 50	18 47.0	-27 47	23 14.1	0 5	5 27 56
14.L	4 6	22 22	18 16	0 53	6 19	19 42.8	-25 43	23 17.0	0 18	5 31 53
15.P	4 5	22 22	18 17	1 4	7 54	20 36.9	-22 20	23 19.6	0 31	5 35 49
16.E	4 5	22 23	18 18	1 11	9 30	21 28.9	-17 48	23 21.7	0 44	5 39 46
17.T	4 5	22 23	18 18	1 14	11 3	22 18.9	-12 21	23 23.5	0 57	5 43 43
18.K	4 5	22 24	18 19	1 17	12 36	23 7.8	- 6 14	23 24.8	1 10	5 47 39
19.N	4 5	22 24	18 19	1 19	14 10	23 56.5	+ 0 18	23 25.7	1 23	5 51 36
20.R	4 5	22 25	18 20	1 21	15 48	0 46.3	+ 6 57	23 26.2	1 36	5 55 32
21.L	4 5	22 25	18 20	1 24	17 31	1 38.4	+13 22	23 26.3	1 49	5 59 29
22.P	4 5	22 25	18 20	1 29	19 20	2 34.1	+19 10	23 25.9	2 2	6 3 25
23.E	4 6	22 25	18 19	1 39	21 10	3 34.1	+23 54	23 25.2	2 15	6 7 22
24.T	4 6	22 25	18 19	2 00	22 41	4 38.0	+27 5	23 24.0	2 28	6 11 18
25.K	4 7	22 25	18 18	2 44	23 36	5 44.1	+28 23	23 22.5	2 41	6 15 15
26.N	4 7	22 25	18 18	4 4	** ** *	6 49.8	+27 42	23 20.5	2 54	6 19 12
27.R	4 8	22 24	18 16	5 45	0 2	7 52.3	+25 11	23 18.1	3 7	6 23 8
28.L	4 9	22 24	18 15	7 28	0 14	8 50.0	+21 14	23 15.3	3 19	6 27 5
29.P	4 9	22 23	18 14	9 4	0 20	9 42.8	+16 18	23 12.1	3 31	6 31 1
30.E	4 10	22 23	18 13	10 33	0 23	10 31.2	+10 46	23 8.4	3 43	6 34 58

Päike. 21-sel kell 5 astub Vähi märki, olles suurimas põhjapoolses eemaldumuses taevaekvaatorist, suve algus. 21-sel kell 17 liigub Kaksikute tähtkuju.

Kuu on 7-ndal apogeēs, 23-ndal perigeēs.

Kuu faasid. Esimene veerand 3-ndal kell 6.41, täiskuu 11-ndal kell 10.44, viimane veerand 18-ndal kell 22.19, noorkuu 25-ndal kell 13.31.

Kuu on 4-ndal veerusõlmes, 18-ndal tõususõlmes.

Juuni

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.P	4 15	22 24	10 1	2 22	4 20	22 1	10 1	2 2	4 27	22 28	10 12	2 27
2.E	4 13	22 26	11 34	2 24	4 18	22 3	11 30	2 8	4 25	22 30	11 44	2 30
3.T	4 12	22 27	13 1	2 24	4 17	22 4	12 54	2 11	4 24	22 31	13 10	2 31
4.K	4 11	22 29	14 24	2 24	4 16	22 5	14 14	2 14	4 23	22 33	14 32	2 31
5.N	4 10	22 30	15 45	2 23	4 15	22 7	15 33	2 16	4 22	22 34	15 53	2 32
6.R	4 9	22 32	17 7	2 23	4 14	22 8	16 52	2 18	4 21	22 35	17 14	2 32
7.L	4 8	22 33	18 32	2 23	4 13	22 9	18 14	2 20	4 20	22 37	18 38	2 33
8.P	4 7	22 34	20 1	2 24	4 13	22 10	19 38	2 24	4 19	22 38	20 5	2 35
9.E	4 6	22 36	21 33	2 27	4 12	22 11	21 4	2 31	4 18	22 39	21 35	2 39
10.T	4 5	22 37	23 2	2 34	4 11	22 12	22 27	2 44	4 18	22 40	23 3	2 48
11.K	4 4	22 38	** **	2 50	4 11	22 13	23 36	3 6	4 17	22 41	** **	3 6
12.N	4 4	22 39	0 14	3 29	4 10	22 14	** **	3 49	4 16	22 42	0 13	3 47
13.R	4 3	22 40	0 56	4 41	4 10	22 15	0 21	4 57	4 16	22 43	0 56	4 57
14.L	4 3	22 40	1 14	6 14	4 9	22 16	0 45	6 23	4 15	22 44	1 16	6 29
15.P	4 2	22 41	1 21	7 54	4 9	22 16	0 59	7 57	4 15	22 44	1 25	8 6
16.E	4 2	22 42	1 25	9 33	4 9	22 17	1 7	9 31	4 15	22 45	1 30	9 43
17.T	4 2	22 42	1 26	11 9	4 9	22 17	1 11	11 4	4 15	22 45	1 32	11 19
18.K	4 2	22 43	1 26	12 44	4 9	22 18	1 15	12 36	4 15	22 46	1 34	12 53
19.N	4 2	22 43	1 27	14 20	4 9	22 18	1 18	14 9	4 15	22 46	1 35	14 28
20.R	4 2	22 43	1 27	16 0	4 9	22 18	1 21	15 45	4 15	22 47	1 36	16 7
21.L	4 2	22 44	1 28	17 46	4 9	22 19	1 25	17 27	4 15	22 47	1 38	17 52
22.P	4 2	22 44	1 30	19 39	4 9	22 19	1 31	19 15	4 15	22 47	1 41	19 43
23.E	4 3	22 44	1 37	21 34	4 10	22 19	1 43	21 2	4 15	22 47	1 49	21 35
24.T	4 3	22 44	1 52	23 10	4 10	22 19	2 6	22 31	4 16	22 47	2 7	23 9
25.K	4 4	22 43	2 32	** **	4 10	22 19	2 52	23 27	4 16	22 47	2 50	** **
26.N	4 4	22 43	3 55	0 2	4 11	22 18	4 11	23 55	4 17	22 47	4 12	0 2
27.R	4 5	22 43	5 42	0 22	4 12	22 18	5 50	** **	4 18	22 46	5 56	0 25
28.L	4 6	22 42	7 28	0 30	4 12	22 18	7 30	0 9	4 18	22 46	7 40	0 34
29.P	4 7	22 42	9 7	0 33	4 13	22 17	9 5	0 16	4 19	22 45	9 18	0 39
30.E	4 7	22 41	10 38	0 34	4 14	22 17	10 33	0 20	4 20	22 45	10 48	0 41

Kuu ühendusi. 1-sel kell 13 Marsiga, 2-sel kell 4 Reegulusega, 10-ndal kell 13 Antaaresega, 19-ndal kell 7 Saturniga, 27-ndal kell 9 Merkuuriga, 29-ndal kell 13 Reegulusega, 30-ndal kell 4 Marsiga.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 1.15 ja 1.27.

Juuli

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.T	4 11	22 22	18 11	11 57	0 25	11 16.5	+ 4 58	23 4.4	3 55	6 38 54
2.K	4 12	22 22	18 10	13 18	0 26	11 59.9	- 0 53	23 0.0	4 6	6 42 51
3.N	4 13	22 21	18 8	14 38	0 27	12 42.6	- 6 35	22 55.1	4 17	6 46 47
4.R	4 14	22 20	18 6	16 0	0 29	13 25.6	-11 59	22 49.9	4 28	6 50 44
5.L	4 15	22 19	18 4	17 25	0 32	14 10.2	-16 56	22 44.3	4 39	6 54 41
6.P	4 17	22 18	18 1	18 52	0 36	14 56.9	-21 16	22 38.3	4 49	6 58 37
7.E	4 18	22 17	17 59	20 19	0 45	15 46.6	-24 45	22 31.8	4 58	7 2 34
8.T	4 19	22 16	17 57	21 36	1 1	16 39.2	-27 11	22 25.0	5 8	7 6 30
9.K	4 21	22 15	17 54	22 29	1 35	17 34.3	-28 21	22 17.9	5 16	7 10 27
10.N	4 22	22 14	17 52	22 58	2 35	18 30.8	-28 6	22 10.3	5 25	7 14 23
11.R	4 24	22 13	17 49	23 13	4 0	19 27.4	-26 23	22 2.3	5 33	7 18 20
12.L	4 25	22 11	17 46	23 20	5 36	20 22.8	-23 15	21 54.0	5 40	7 22 16
13.P	4 27	22 10	17 43	23 24	7 13	21 16.0	-18 53	21 45.3	5 47	7 26 13
14.E	4 29	22 8	17 39	23 27	8 49	22 7.1	-13 31	21 36.2	5 54	7 30 10
15.T	4 30	22 7	17 37	23 29	10 22	22 56.6	- 7 27	21 26.8	6 0	7 34 6
16.K	4 32	22 5	17 33	23 31	11 55	23 45.3	- 0 58	21 17.0	6 6	7 38 3
17.N	4 34	22 4	17 30	23 34	13 31	0 34.3	+ 5 39	21 6.8	6 11	7 41 59
18.R	4 36	22 2	17 26	23 38	15 10	1 25.0	+12 3	20 56.3	6 16	7 45 56
19.L	4 37	22 0	17 23	23 45	16 55	2 18.5	+17 54	20 45.4	6 20	7 49 52
20.P	4 39	21 58	17 19	24 00	18 42	3 15.7	+22 49	20 34.2	6 23	7 53 49
21.E	4 41	21 57	17 16	** ** *	20 21	4 16.8	+26 23	20 22.6	6 26	7 57 45
22.T	4 43	21 55	17 12	0 32	21 30	5 20.8	+28 15	20 10.6	6 29	8 1 42
23.K	4 45	21 53	17 8	1 36	22 5	6 25.7	+28 13	19 58.4	6 31	8 5 39
24.N	4 47	21 51	17 4	3 10	22 21	7 28.7	+26 20	19 45.8	6 32	8 9 35
25.R	4 49	21 49	17 0	4 53	22 28	8 28.0	+22 52	19 32.9	6 33	8 13 32
26.L	4 51	21 47	16 56	6 33	22 32	9 22.7	+18 13	19 19.6	6 33	8 17 28
27.P	4 53	21 45	16 52	8 6	22 35	10 13.0	+12 48	19 6.0	6 32	8 21 25
28.E	4 55	21 42	16 47	9 33	22 36	10 59.8	+ 6 58	18 52.2	6 31	8 25 21
29.T	4 57	21 40	16 43	10 56	22 37	11 44.3	+ 1 1	18 38.0	6 29	8 29 18
30.K	4 59	21 38	16 39	12 18	22 39	12 27.6	- 4 51	18 23.5	6 27	8 33 14
31.N	5 2	21 36	16 34	13 40	22 41	13 10.9	-10 26	18 8.7	6 24	8 37 11

Päike. Kaugeim seis Maast 4-ndal. 22-sel kell 15 astub Lõvi märki, 20-ndal kell 22 liigub Vähi tähtkuju.

Kuu on 5-ndal apogeas, 20-ndal perigeas.

Kuu faasid. Esimene veerand 2-sel kell 22.30, täiskuu 10-ndal kell 23.37, viimane veerand 18-ndal kell 3.38. noorkuu 24-ndal kell 22.11.

Kuu on 1-sel veerusõlmes, 15-ndal tõususõlmes, 28-ndal veerusõlmes.

Juuli

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.T	4 8	22 41	12 4	0 34	4 15	22 16	11 56	0 23	4 21	22 44	12 13	0 42
2.K	4 10	22 40	13 27	0 34	4 16	22 16	13 16	0 25	4 22	22 43	13 35	0 42
3.N	4 11	22 39	14 50	0 33	4 17	22 15	14 35	0 27	4 23	22 43	14 57	0 42
4.R	4 12	22 38	16 14	0 33	4 18	22 14	15 56	0 30	4 24	22 42	16 20	0 43
5.L	4 13	22 37	17 41	0 34	4 19	22 13	17 20	0 33	4 26	22 41	17 46	0 44
6.P	4 14	22 36	19 12	0 36	4 20	22 13	18 46	0 39	4 27	22 40	19 16	0 48
7.E	4 16	22 35	20 44	0 41	4 21	22 12	20 11	0 49	4 28	22 39	20 45	0 54
8.T	4 17	22 34	22 4	0 53	4 23	22 11	21 26	1 7	4 30	22 38	22 4	1 8
9.K	4 19	22 33	22 57	1 22	4 24	22 9	22 20	1 42	4 31	22 36	22 56	1 40
10.N	4 20	22 31	23 21	2 24	4 26	22 8	22 50	2 42	4 33	22 35	23 22	2 41
11.R	4 22	22 30	23 31	3 54	4 27	22 7	23 7	4 5	4 34	22 34	23 34	4 9
12.L	4 24	22 28	23 35	5 34	4 29	22 6	23 16	5 39	4 36	22 32	23 40	5 47
13.P	4 26	22 27	23 37	7 15	4 30	22 4	23 21	7 15	4 38	22 31	23 43	7 26
14.E	4 27	22 25	23 37	8 53	4 32	22 3	23 25	8 49	4 39	22 29	23 44	9 3
15.T	4 29	22 24	23 37	10 29	4 33	22 2	23 28	10 22	4 41	22 28	23 45	10 38
16.K	4 31	22 22	23 37	12 5	4 35	22 0	23 31	11 54	4 43	22 26	23 46	12 13
17.N	4 33	22 20	23 38	13 42	4 37	21 58	23 34	13 28	4 45	22 24	23 48	13 49
18.R	4 35	22 18	23 40	15 24	4 38	21 57	23 39	15 6	4 47	22 23	23 50	15 30
19.L	4 37	22 16	23 44	17 12	4 40	21 55	23 48	16 50	4 49	22 21	23 56	17 17
20.P	4 39	22 14	23 54	19 4	4 42	21 53	** **	18 35	4 51	22 19	** **	19 7
21.E	4 41	22 12	** **	20 48	4 44	21 52	0 5	20 11	4 53	22 17	0 8	20 48
22.T	4 43	22 10	0 21	21 58	4 46	21 50	0 39	21 20	4 55	22 15	0 37	21 57
23.K	4 45	22 8	1 25	22 27	4 48	21 48	1 43	21 57	4 57	22 13	1 42	22 29
24.N	4 47	22 6	3 4	22 38	4 50	21 46	3 15	22 15	4 59	22 11	3 19	22 42
25.R	4 49	22 4	4 52	22 43	4 52	21 44	4 56	22 24	5 1	22 9	5 5	22 48
26.L	4 52	22 2	6 35	22 45	4 54	21 42	6 34	22 29	5 3	22 7	6 46	22 51
27.P	4 54	22 0	8 11	22 45	4 56	21 40	8 6	22 33	5 5	22 5	8 21	22 52
28.E	4 56	21 57	9 40	22 45	4 58	21 38	9 33	22 35	5 7	22 2	9 49	22 52
29.T	4 58	21 55	11 5	22 44	5 0	21 36	10 55	22 37	5 9	22 0	11 13	22 53
30.K	5 0	21 53	12 29	22 44	5 2	21 34	12 16	22 39	5 12	21 58	12 36	22 53
31.N	5 3	21 50	13 53	22 44	5 4	21 32	13 37	22 42	5 14	21 56	13 59	22 54

Kuu ühendusi. 7-ndal kell 21 Antaaresega, 16-ndal kell 13 Saturniga, 23-ndal kell 7 Jupiteriga, 26-ndal kell 23 Reegulusega, 28-ndal kell 23 Marsiga.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 1.23 ja 1.09, 28-ndal lõpeb nautiline valge öö.

August

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Ajavõrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.R	5 4	21 34	16 30	15 4	22 44	13 55.1	-15 34	17 53.6	6 20	8 41 8
2.L	5 6	21 31	16 25	16 31	22 51	14 41.1	-20 7	17 38.2	6 16	8 45 4
3.P	5 8	21 29	16 21	17 59	23 3	15 29.8	-23 53	17 22.5	6 11	8 49 1
4.E	5 10	21 27	16 17	19 21	23 28	16 21.3	-26 40	17 6.6	6 6	8 52 57
5.T	5 12	21 24	16 12	20 25	** **	17 15.5	-28 14	16 50.3	6 0	8 56 54
6.K	5 15	21 22	16 7	21 2	0 17	18 11.6	-28 27	16 33.8	5 53	9 0 50
7.N	5 17	21 19	16 2	21 20	1 34	19 8.4	-27 11	16 17.1	5 46	9 4 47
8.R	5 19	21 17	15 58	21 30	3 8	20 4.6	-24 28	16 0.1	5 38	9 8 43
9.L	5 21	21 15	15 54	21 35	4 47	20 59.1	-20 23	15 42.8	5 29	9 12 40
10.P	5 23	21 12	15 49	21 38	6 26	21 51.7	-15 11	15 25.2	5 20	9 16 37
11.E	5 26	21 10	15 44	21 40	8 2	22 42.6	-9 9	15 7.5	5 11	9 20 33
12.T	5 28	21 7	15 39	21 42	9 38	23 32.4	-2 34	14 49.5	5 1	9 24 30
13.K	5 30	21 4	15 34	21 44	11 14	0 22.1	+4 11	14 31.2	4 50	9 28 26
14.N	5 32	21 2	15 30	21 47	12 53	1 13.0	+10 46	14 12.7	4 39	9 32 23
15.R	5 34	20 59	15 25	21 53	14 37	2 6.1	+16 49	13 54.0	4 27	9 36 19
16.L	5 37	20 57	15 20	22 5	16 24	3 2.2	+21 58	13 35.1	4 14	9 40 16
17.P	5 39	20 54	15 15	22 29	18 05	4 1.8	+25 50	13 15.9	4 2	9 44 12
18.E	5 41	20 51	15 10	23 19	19 25	5 4.1	+28 5	12 56.5	3 48	9 48 9
19.T	5 43	20 49	15 6	** **	20 08	6 7.5	+28 32	12 37.0	3 35	9 52 6
20.K	5 45	20 46	15 1	0 43	20 29	7 9.9	+27 10	12 17.2	3 20	9 56 2
21.N	5 48	20 43	14 55	2 23	20 38	8 9.2	+24 11	11 57.2	3 6	9 59 59
22.R	5 50	20 41	14 51	4 04	20 43	9 4.5	+19 55	11 37.1	2 51	10 3 55
23.L	5 52	20 38	14 46	5 39	20 46	9 55.8	+14 44	11 16.7	2 35	10 7 52
24.P	5 54	20 35	14 41	7 9	20 47	10 43.5	+9 1	10 56.2	2 19	10 11 48
25.E	5 56	20 32	14 36	8 34	20 49	11 28.7	+3 3	10 35.5	2 3	10 15 45
26.T	5 59	20 30	14 31	9 56	20 50	12 12.5	-2 55	10 14.6	1 46	10 19 41
27.K	6 1	20 27	14 26	11 19	20 51	12 55.9	-8 40	9 53.6	1 29	10 23 38
28.N	6 3	20 24	14 21	12 43	20 54	13 39.9	-14 1	9 32.4	1 11	10 27 35
29.R	6 5	20 21	14 16	14 9	20 59	14 25.4	-18 48	9 11.1	0 53	10 31 31
30.L	6 7	20 18	14 11	15 36	21 8	15 13.1	-22 50	8 49.6	0 35	10 35 28
31.P	6 10	20 16	14 6	17 2	21 26	16 3.4	-25 57	8 28.0	0 16	10 39 24

Päike. 22-sel kell 23 astub Neitsi märki, 10-ndal kell 21 liigub Lõvi tähtkuju.

Kuu on 1-sel apogeas, 14-sel perigeas, 29-ndal apogeas.

Kuu faasid. Esimene veerand 1-sel kell 15.41, täiskuu 9-ndal kell 10.55, viimane veerand 16-ndal kell 8.12, noorkuu 23-ndal kell 9.06, esimene veerand 31-sel kell 9.25.

Kuu on 11-ndal tõususõlmes, 24-ndal veerusõlmes.

August

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.R	5 5	21 48	15 19	22 45	5 6	21 29	15 0	22 47	5 16	21 53	15 25	22 56
2.L	5 7	21 46	16 49	22 48	5 8	21 27	16 25	22 54	5 18	21 51	16 54	23 1
3.P	5 10	21 43	18 21	22 57	5 10	21 25	17 51	23 8	5 20	21 48	18 24	23 11
4.E	5 12	21 41	19 49	23 17	5 12	21 23	19 12	23 35	5 23	21 46	19 48	23 33
5.T	5 14	21 38	20 54	** **	5 14	21 20	20 14	** **	5 25	21 44	20 53	** **
6.K	5 17	21 36	21 27	0 4	5 16	21 18	20 53	0 24	5 27	21 41	21 27	0 22
7.N	5 19	21 33	21 40	1 26	5 18	21 16	21 14	1 40	5 29	21 39	21 43	1 42
8.R	5 21	21 30	21 46	3 5	5 20	21 13	21 25	3 12	5 32	21 36	21 50	3 19
9.L	5 24	21 28	21 48	4 48	5 23	21 11	21 31	4 50	5 34	21 34	21 54	5 0
10.P	5 26	21 25	21 49	6 30	5 25	21 8	21 36	6 27	5 36	21 31	21 56	6 40
11.E	5 28	21 23	21 49	8 9	5 27	21 6	21 39	8 2	5 38	21 28	21 57	8 18
12.T	5 31	21 20	21 49	9 46	5 29	21 3	21 41	9 37	5 41	21 26	21 57	9 55
13.K	5 33	21 17	21 49	11 25	5 31	21 1	21 44	11 12	5 43	21 23	21 58	11 32
14.N	5 35	21 14	21 50	13 6	5 33	20 58	21 49	12 50	5 45	21 20	22 0	13 13
15.R	5 38	21 12	21 53	14 53	5 35	20 56	21 56	14 32	5 48	21 18	22 5	14 58
16.L	5 40	21 9	22 0	16 44	5 38	20 53	22 9	16 17	5 50	21 15	22 14	16 48
17.P	5 42	21 6	22 19	18 32	5 40	20 51	22 35	17 57	5 52	21 12	22 35	18 32
18.E	5 45	21 3	23 7	19 54	5 42	20 48	23 27	19 14	5 54	21 10	23 25	19 53
19.T	5 47	21 1	** **	20 33	5 44	20 46	** **	20 0	5 57	21 7	** **	20 34
20.K	5 49	20 58	0 35	20 48	5 46	20 43	0 50	20 22	5 59	21 4	0 51	20 51
21.N	5 52	20 55	2 21	20 54	5 48	20 40	2 27	20 33	6 1	21 1	2 34	20 59
22.R	5 54	20 52	4 5	20 56	5 51	20 38	4 6	20 40	6 4	20 59	4 17	21 2
23.L	5 56	20 49	5 43	20 57	5 53	20 35	5 40	20 43	6 6	20 56	5 53	21 3
24.P	5 59	20 46	7 15	20 56	5 55	20 32	7 8	20 46	6 8	20 53	7 24	21 4
25.E	6 1	20 44	8 42	20 56	5 57	20 30	8 33	20 48	6 10	20 50	8 50	21 4
26.T	6 3	20 41	10 6	20 55	5 59	20 27	9 54	20 50	6 13	20 47	10 14	21 4
27.K	6 6	20 38	11 31	20 55	6 1	20 24	11 16	20 52	6 15	20 44	11 38	21 5
28.N	6 8	20 35	12 57	20 56	6 3	20 21	12 39	20 56	6 17	20 42	13 3	21 6
29.R	6 10	20 32	14 26	20 58	6 6	20 19	14 3	21 2	6 20	20 39	14 30	21 10
30.L	6 13	20 29	15 57	21 3	6 8	20 16	15 30	21 12	6 22	20 36	16 0	21 17
31.P	6 15	20 26	17 28	21 16	6 10	20 13	16 53	21 32	6 24	20 33	17 28	21 32

Kuu ühendusi. 4-ndal kell 5 Antaaresega, 12-ndal kell 18 Saturniga, 20-ndal kell 0 Jupiteriga, 21-sel kell 19 Merkuuriga, 26-ndal kell 20 Marsiga, 31-sel kell 13 Antaaresega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.57 ja 0.49, nautilise hämariku vältus 2.37 ja 1.57, 18-ndal lõpeb astronoomiline valge öö.

September

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° '	° '	m.s	t.m.s
1.E	6 12	20 13	14 1	18 14	22 2	16 56.3	-27 56	8 6.3	-0 2	10 43 21
2.T	6 14	20 10	13 56	19 2	23 7	17 51.3	-28 38	7 44.4	-0 21	10 47 17
3.K	6 16	20 7	13 51	19 26	** **	18 47.4	-27 54	7 22.4	-0 41	10 51 14
4.N	6 18	20 4	13 46	19 39	0 35	19 43.4	-25 43	7 0.3	-1 1	10 55 10
5.R	6 21	20 2	13 41	19 45	2 13	20 38.4	-22 8	6 38.1	-1 21	10 59 7
6.L	6 23	19 59	13 36	19 49	3 53	21 31.8	-17 19	6 15.7	-1 41	11 3 4
7.P	6 25	19 56	13 31	19 51	5 32	22 23.6	-11 29	5 53.3	-2 2	11 7 0
8.E	6 27	19 53	13 26	19 53	7 9	23 14.6	- 4 57	5 30.8	-2 23	11 10 57
9.T	6 29	19 50	13 21	19 55	8 48	0 5.4	+ 1 57	5 8.1	-2 44	11 14 53
10.K	6 31	19 47	13 16	19 58	10 29	0 57.2	+ 8 49	4 45.4	-3 5	11 18 50
11.N	6 34	19 44	13 10	20 3	12 14	1 51.0	+15 15	4 22.6	-3 26	11 22 46
12.R	6 36	19 41	13 5	20 12	14 3	2 47.7	+20 49	3 59.8	-3 47	11 26 43
13.L	6 38	19 39	13 1	20 31	15 49	3 47.5	+25 6	3 36.8	-4 8	11 30 39
14.P	6 40	19 36	12 56	21 12	17 18	4 49.9	+27 47	3 13.8	-4 30	11 34 36
15.E	6 42	19 33	12 51	22 27	18 12	5 53.4	+28 38	2 50.7	-4 51	11 38 33
16.T	6 44	19 30	12 46	** **	18 37	6 55.6	+27 41	2 27.6	-5 13	11 42 29
17.K	6 47	19 27	12 40	0 3	18 49	7 55.0	+25 5	2 4.4	-5 34	11 46 26
18.N	6 49	19 24	12 35	1 43	18 54	8 50.3	+21 11	1 41.2	-5 55	11 50 22
19.R	6 51	19 21	12 30	3 18	18 58	9 41.7	+16 17	1 17.9	-6 17	11 54 19
20.L	6 53	19 18	12 25	4 48	18 59	10 29.6	+10 46	0 54.6	-6 38	11 58 15
21.P	6 55	19 16	12 21	6 14	19 0	11 15.0	+ 4 54	0 31.3	-7 0	12 2 12
22.E	6 58	19 13	12 15	7 36	19 2	11 58.9	- 1 3	0 7.9	-7 20	12 6 8
23.T	7 0	19 10	12 10	8 59	19 3	12 42.2	- 6 53	0 15.5	-7 41	12 10 5
24.K	7 2	19 7	12 5	10 22	19 5	13 26.0	-12 23	0 38.8	-8 2	12 14 2
25.N	7 4	19 4	12 0	11 47	19 9	14 11.0	-17 22	-1 2.2	-8 23	12 17 58
26.R	7 6	19 1	11 55	13 14	19 16	14 58.0	-21 39	-1 25.6	-8 44	12 21 55
27.L	7 8	18 58	11 50	14 41	19 30	15 47.3	-25 4	-1 48.9	-9 4	12 25 51
28.P	7 11	18 56	11 45	15 59	19 57	16 39.1	-27 25	-2 12.3	-9 24	12 29 48
29.E	7 13	18 53	11 40	16 57	20 49	17 32.8	-28 32	-2 35.6	-9 44	12 33 44
30.T	7 15	18 50	11 35	17 29	22 7	18 27.8	-28 18	-2 58.9	-10 4	12 37 41

Päike. 22-sel kell 20 astub Kaalude märki, siirdudes taeva põhjapoolkeralt lõunapoolkerale, sügise algus. 16-ndal kell 22 liigub Neitsi tähtkuju.

Kuu on 10-ndal perigees, 26-ndal apogeas.

Kuu faasid. Täiskuu 7-ndal kell 21.09, viimane veerand 14-ndal kell 13.33, noorkuu 21-sel kell 22.54, esimene veerand 30-ndal kell 2.54.

Kuu on 8-ndal tõususõlmes, 21-sel veerusõlmes.

September

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.E	6 17	20 23	18 44	21 49	6 12	20 11	18 4	22 10	6 26	20 30	18 42	22 7
2.T	6 19	20 20	19 29	22 56	6 14	20 8	18 52	23 15	6 29	20 27	19 29	23 13
3.K	6 22	20 17	19 49	** **	6 16	20 5	19 19	** **	6 31	20 24	19 50	** **
4.N	6 24	20 14	19 56	0 30	6 18	20 2	19 33	0 40	6 33	20 21	20 0	0 45
5.R	6 26	20 11	20 0	2 12	6 20	19 59	19 41	2 16	6 35	20 19	20 5	2 25
6.L	6 29	20 9	20 1	3 55	6 23	19 57	19 46	3 55	6 38	20 16	20 7	4 7
7.P	6 31	20 6	20 1	5 37	6 25	19 54	19 49	5 32	6 40	20 13	20 8	5 47
8.E	6 33	20 3	20 1	7 17	6 27	19 51	19 52	7 9	6 42	20 10	20 9	7 26
9.T	6 35	20 0	20 1	8 58	6 29	19 48	19 55	8 46	6 44	20 7	20 10	9 6
10.K	6 38	19 57	20 2	10 41	6 31	19 45	19 59	10 26	6 46	20 4	20 12	10 48
11.N	6 40	19 54	20 4	12 29	6 33	19 43	20 5	12 10	6 49	20 1	20 15	12 35
12.R	6 42	19 51	20 9	14 22	6 35	19 40	20 16	13 57	6 51	19 58	20 22	14 26
13.L	6 45	19 48	20 23	16 14	6 37	19 37	20 37	15 41	6 53	19 55	20 38	16 16
14.P	6 47	19 45	20 59	17 48	6 40	19 34	21 20	17 8	6 55	19 52	21 17	17 46
15.E	6 49	19 42	22 17	18 39	6 42	19 31	22 34	18 2	6 58	19 49	22 34	18 38
16.T	6 51	19 39	23 58	18 58	6 44	19 28	** **	18 30	7 0	19 46	** **	19 0
17.K	6 54	19 36	** **	19 5	6 46	19 26	0 8	18 43	7 2	19 43	0 13	19 10
18.N	6 56	19 33	1 42	19 8	6 48	19 23	1 45	18 50	7 4	19 40	1 55	19 14
19.R	6 58	19 30	3 21	19 9	6 50	19 20	3 19	18 55	7 7	19 38	3 32	19 16
20.L	7 1	19 27	4 53	19 9	6 52	19 17	4 48	18 57	7 9	19 35	5 3	19 16
21.P	7 3	19 24	6 21	19 8	6 54	19 14	6 13	18 59	7 11	19 32	6 30	19 16
22.E	7 5	19 21	7 46	19 8	6 57	19 12	7 35	19 1	7 13	19 29	7 54	19 17
23.T	7 7	19 18	9 10	19 7	6 59	19 9	8 56	19 3	7 16	19 26	9 17	19 17
24.K	7 10	19 15	10 35	19 8	7 1	19 6	10 18	19 7	7 18	19 23	10 42	19 18
25.N	7 12	19 12	12 3	19 9	7 3	19 3	11 43	19 12	7 20	19 20	12 8	19 20
26.R	7 14	19 9	13 34	19 13	7 5	19 0	13 8	19 20	7 22	19 17	13 37	19 26
27.L	7 17	19 6	15 5	19 22	7 7	18 57	14 33	19 36	7 25	19 14	15 6	19 37
28.P	7 19	19 3	16 28	19 45	7 9	18 55	15 49	20 5	7 27	19 11	16 27	20 2
29.E	7 21	19 0	17 26	20 36	7 11	18 52	16 47	20 57	7 29	19 8	17 25	20 54
30.T	7 24	18 57	17 54	21 59	7 14	18 49	17 21	22 13	7 31	19 5	17 55	22 15

Kuu ühendusi. 8-ndal kell 23 Saturniga, 16-ndal kell 14 Jupiteriga, 19-ndal kell 15 Reegulusega, 24-ndal kell 18 Marsiga, 27-ndal kell 21 Antaaresega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.43 ja 0.41, nautilise hämariku vältus 1.39 ja 1.31 ning astronoomilise hämariku vältus 2.48 ja 2.26.

Oktoober

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s	
1.K	7 17	18 47	11 30	17 46	23 40	19 22.8	-26 40	-3 22.2	-10 23	12 41 37
2.N	7 19	18 44	11 25	17 54	** **	20 17.1	-23 40	-3 45.4	-10 43	12 45 34
3.R	7 22	18 41	11 19	17 59	1 17	21 10.1	-19 24	-4 8.6	-11 1	12 49 31
4.L	7 24	18 38	11 14	18 2	2 55	22 1.8	-14 2	-4 31.7	-11 20	12 53 27
5.P	7 26	18 36	11 10	18 4	4 32	22 52.7	- 7 49	-4 54.8	-11 38	12 57 24
6.E	7 28	18 33	11 5	18 6	6 10	23 43.6	- 1 1	-5 17.8	-11 56	13 1 20
7.T	7 31	18 30	10 59	18 9	7 52	0 35.6	+ 6 0	-5 40.7	-12 14	13 5 17
8.K	7 33	18 27	10 54	18 13	9 37	1 29.6	+12 48	-6 3.6	-12 31	13 9 13
9.N	7 35	18 24	10 49	18 21	11 29	2 26.8	+18 53	-6 26.4	-12 47	13 13 10
10.R	7 37	18 22	10 45	18 36	13 21	3 27.6	+23 48	-6 49.1	-13 3	13 17 6
11.L	7 40	18 19	10 39	19 9	15 1	4 31.4	+27 6	-7 11.7	-13 19	13 21 3
12.P	7 42	18 16	10 34	20 14	16 9	5 36.6	+28 30	-7 34.2	-13 34	13 25 0
13.E	7 44	18 13	10 29	21 46	16 42	6 40.8	+27 59	-7 56.6	-13 49	13 28 56
14.T	7 46	18 11	10 25	23 26	16 58	7 41.7	+25 44	-8 19.0	-14 3	13 32 53
15.K	7 49	18 8	10 19	** **	17 05	8 38.2	+22 5	-8 41.2	-14 16	13 36 49
16.N	7 51	18 5	10 14	1 3	17 9	9 30.2	+17 25	-9 3.2	-14 29	13 40 46
17.R	7 53	18 3	10 10	2 33	17 11	10 18.4	+12 4	-9 25.2	-14 41	13 44 42
18.L	7 56	18 0	10 4	3 59	17 12	11 3.7	+ 6 21	-9 47.0	-14 53	13 48 39
19.P	7 58	17 57	9 59	5 21	17 14	11 47.4	+ 0 29	-10 8.7	-15 4	13 52 35
20.E	8 0	17 55	9 55	6 43	17 15	12 30.4	- 5 19	-10 30.2	-15 14	13 56 32
21.T	8 3	17 52	9 49	8 5	17 17	13 13.8	-10 52	-10 51.6	-15 24	14 0 29
22.K	8 5	17 49	9 44	9 29	17 20	13 58.3	-15 59	-11 12.8	-15 33	14 4 25
23.N	8 7	17 47	9 40	10 55	17 26	14 44.7	-20 28	-11 33.8	-15 42	14 8 22
24.R	8 10	17 44	9 34	12 22	17 38	15 33.4	-24 7	-11 54.7	-15 49	14 12 18
25.L	8 12	17 41	9 29	13 43	18 0	16 24.5	-26 46	-12 15.4	-15 57	14 16 15
26.P	7 14	16 39	9 25	13 48	17 42	17 17.5	-28 13	-12 35.9	-16 3	14 20 11
27.E	7 17	16 36	9 19	14 29	18 50	18 11.6	-28 22	-12 56.2	-16 8	14 24 8
28.T	7 19	16 34	9 15	14 50	20 16	19 5.8	-27 10	-13 16.3	-16 13	14 28 4
29.K	7 21	16 31	9 10	15 2	21 49	19 59.2	-24 39	-13 36.2	-16 17	14 32 1
30.N	7 24	16 29	9 5	15 8	23 23	20 51.2	-20 54	-13 55.8	-16 21	14 35 58
31.R	7 26	16 27	9 1	15 11	** **	21 41.8	-16 5	-14 15.3	-16 23	14 39 54

Päike. 23-ndal kell 6 astub Skorpioni märki, 31-sel kell 10 liigub Kaalude tähtkuju.

Kuu on 8-ndal perigees, 24-ndal apogees.

Kuu faasid. Täiskuu 7-ndal kell 6.47, viimane veerand 13-ndal kell 21.13, noorkuu 21-sel kell 15.25, esimene veerand 29-ndal kell 18.21.

Kuu on 5-ndal tõususõlmes, 18-ndal veerusõlmes.

Oktoober

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.K	7 26	18 54	18 5	23 37	7 16	18 46	17 39	23 44	7 34	19 2	18 8	23 50
2.N	7 28	18 51	18 10	***	7 18	18 43	17 49	***	7 36	19 0	18 15	***
3.R	7 31	18 48	18 12	1 18	7 20	18 41	17 55	1 19	7 38	18 57	18 18	1 30
4.L	7 33	18 45	18 13	2 58	7 22	18 38	18 0	2 55	7 40	18 54	18 20	3 9
5.P	7 35	18 42	18 13	4 38	7 24	18 35	18 3	4 32	7 43	18 51	18 21	4 48
6.E	7 38	18 39	18 13	6 19	7 27	18 32	18 6	6 9	7 45	18 48	18 22	6 27
7.T	7 40	18 36	18 14	8 2	7 29	18 30	18 9	7 49	7 47	18 45	18 23	8 10
8.K	7 42	18 34	18 15	9 51	7 31	18 27	18 15	9 34	7 50	18 42	18 26	9 58
9.N	7 45	18 31	18 19	11 46	7 33	18 24	18 24	11 23	7 52	18 39	18 31	11 51
10.R	7 47	18 28	18 30	13 43	7 35	18 21	18 41	13 14	7 54	18 37	18 44	13 46
11.L	7 49	18 25	18 57	15 30	7 38	18 19	19 16	14 52	7 57	18 34	19 14	15 29
12.P	7 52	18 22	20 2	16 37	7 40	18 16	20 21	16 0	7 59	18 31	20 20	16 37
13.E	7 54	18 19	21 40	17 5	7 42	18 13	21 52	16 35	8 1	18 28	21 55	17 7
14.T	7 56	18 16	23 25	17 16	7 44	18 11	23 29	16 52	8 4	18 25	23 38	17 19
15.K	7 59	18 13	***	17 20	7 46	18 8	***	17 1	8 6	18 22	***	17 25
16.N	8 1	18 11	1 5	17 21	7 49	18 5	1 4	17 6	8 8	18 20	1 16	17 27
17.R	8 4	18 8	2 38	17 21	7 51	18 3	2 34	17 9	8 11	18 17	2 48	17 28
18.L	8 6	18 5	4 5	17 21	7 53	18 0	3 58	17 11	8 13	18 14	4 15	17 29
19.P	8 9	18 2	5 30	17 21	7 55	17 57	5 20	17 13	8 15	18 11	5 38	17 29
20.E	8 11	17 59	6 53	17 20	7 58	17 55	6 40	17 15	8 18	18 9	7 1	17 29
21.T	8 13	17 57	8 17	17 20	8 0	17 52	8 2	17 18	8 20	18 6	8 24	17 30
22.K	8 16	17 54	9 44	17 21	8 2	17 50	9 25	17 23	8 23	18 3	9 49	17 32
23.N	8 18	17 51	11 13	17 25	8 5	17 47	10 50	17 30	8 25	18 1	11 17	17 37
24.R	8 21	17 49	12 44	17 32	8 7	17 45	12 15	17 43	8 27	17 58	12 46	17 46
25.L	8 23	17 46	14 10	17 50	8 9	17 42	13 34	18 7	8 30	17 55	14 10	18 6
26.P	7 26	16 43	14 18	17 30	7 11	16 40	13 38	17 50	7 32	16 53	14 16	17 47
27.E	7 28	16 41	14 55	18 41	7 14	16 37	14 20	18 57	7 35	16 50	14 55	18 57
28.T	7 31	16 38	15 12	20 11	7 16	16 35	14 43	20 20	7 37	16 48	15 14	20 26
29.K	7 33	16 35	15 19	21 48	7 18	16 32	14 56	21 51	7 39	16 45	15 23	22 1
30.N	7 36	16 33	15 22	23 25	7 21	16 30	15 4	23 24	7 42	16 43	15 27	23 36
31.R	7 38	16 30	15 23	***	7 23	16 27	15 9	***	7 44	16 40	15 30	***

Kuu ühendusi. 6-ndal kell 5 Saturniga, 14-ndal kell 2 Jupiteriga, 16-ndal kell 20 Reegulusega, 21-sel kell 1 Veenusega, 23-ndal kell 19 Merkuuriga, 25-ndal kell 3 Antaaresega.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.44 ja 0.47, nautilise hämariku vältus 1.32 ja 1.38 ning astronoomilise hämariku vältus 2.19 ja 2.25.

November

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s	
1.L	7 28	16 24	8 56	15 14	0 57	22 31.5	-10 21	-14 34.5	-16 25	14 43 51
2.P	7 31	16 22	8 51	15 16	2 32	23 21.1	- 3 56	-14 53.5	-16 26	14 47 47
3.E	7 33	16 19	8 46	15 19	4 9	0 11.7	+ 2 53	-15 12.2	-16 26	14 51 44
4.T	7 35	16 17	8 42	15 22	5 52	1 4.3	+ 9 45	-15 30.7	-16 26	14 55 40
5.K	7 38	16 15	8 37	15 28	7 41	2 0.3	+16 13	-15 48.9	-16 24	14 59 37
6.N	7 40	16 12	8 32	15 40	9 35	3 0.4	+21 45	-16 6.9	-16 22	15 3 33
7.R	7 43	16 10	8 27	16 5	11 27	4 4.7	+25 51	-16 24.6	-16 19	15 7 30
8.L	7 45	16 8	8 23	16 57	12 54	5 11.7	+28 3	-16 42.0	-16 15	15 11 27
9.P	7 47	16 6	8 19	18 24	13 41	6 18.8	+28 12	-16 59.2	-16 10	15 15 23
10.E	7 50	16 4	8 14	20 5	14 3	7 23.1	+26 24	-17 16.0	-16 5	15 19 20
11.T	7 52	16 2	8 10	21 45	14 13	8 22.7	+23 0	-17 32.6	-15 58	15 23 16
12.K	7 54	15 59	8 5	23 19	14 19	9 17.1	+18 29	-17 48.9	-15 51	15 27 13
13.N	7 57	15 57	8 0	***	14 22	10 6.8	+13 13	-18 4.8	-15 43	15 31 9
14.R	7 59	15 55	7 56	0 46	14 23	10 53.1	+ 7 33	-18 20.5	-15 34	15 35 6
15.L	8 1	15 53	7 52	2 9	14 25	11 37.0	+ 1 43	-18 35.8	-15 24	15 39 2
16.P	8 4	15 52	7 48	3 30	14 26	12 20.0	- 4 3	-18 50.8	-15 13	15 42 59
17.E	8 6	15 50	7 44	4 51	14 28	13 2.9	- 9 37	-19 5.5	-15 1	15 46 56
18.T	8 8	15 48	7 40	6 14	14 31	13 46.9	-14 47	-19 19.8	-14 49	15 50 52
19.K	8 10	15 46	7 36	7 39	14 37	14 32.7	-19 24	-19 33.8	-14 35	15 54 49
20.N	8 13	15 44	7 31	9 5	14 47	15 20.8	-23 14	-19 47.4	-14 21	15 58 45
21.R	8 15	15 43	7 28	10 29	15 5	16 11.4	-26 7	-20 0.7	-14 6	16 2 42
22.L	8 17	15 41	7 24	11 40	15 41	17 4.1	-27 50	-20 13.6	-13 50	16 6 38
23.P	8 19	15 39	7 20	12 28	16 41	17 58.1	-28 17	-20 26.1	-13 34	16 10 35
24.E	8 21	15 38	7 17	12 54	18 2	18 52.2	-27 23	-20 38.2	-13 16	16 14 31
25.T	8 23	15 36	7 13	13 8	19 31	19 45.4	-25 11	-20 50.0	-12 58	16 18 28
26.K	8 25	15 35	7 10	13 16	21 3	20 37.0	-21 48	-21 1.4	-12 40	16 22 25
27.N	8 27	15 34	7 7	13 20	22 34	21 26.8	-17 22	-21 12.3	-12 20	16 26 21
28.R	8 29	15 32	7 3	13 23	***	22 15.2	-12 3	-21 22.9	-12 0	16 30 18
29.L	8 31	15 31	7 0	13 25	0 4	23 3.1	- 6 4	-21 33.1	-11 39	16 34 14
30.P	8 33	15 30	6 57	13 28	1 36	23 51.4	+ 0 23	-21 42.8	-11 17	16 38 11

Päike. 22-sel kell 4 astub Amburi märki, 23-ndal kell 12 liigub Skorpioni tähtkuju. 30-ndal kell 1 liigub Maokandja tähtkuju.

Kuu on 6-ndal perigees, 20-ndal apogees.

Kuu faasid. Täiskuu 5-ndal kell 15.19, viimane veerand 12-ndal kell 7.28, noorkuu 20-ndal kell 8.47, esimene veerand 28-ndal kell 8.59.

Kuu on 1-sel tõususõlmes, 14-ndal veerusõlmes, 28-ndal tõususõlmes.

November

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.L	7 41	16 28	15 24	1 2	7 25	16 25	15 12	0 57	7 47	16 38	15 31	1 12
2.P	7 43	16 25	15 24	2 39	7 28	16 23	15 15	2 31	7 49	16 35	15 32	2 48
3.E	7 46	16 23	15 25	4 19	7 30	16 20	15 19	4 7	7 52	16 33	15 33	4 27
4.T	7 48	16 20	15 26	6 4	7 32	16 18	15 23	5 49	7 54	16 30	15 36	6 11
5.K	7 51	16 18	15 29	7 56	7 34	16 16	15 31	7 36	7 57	16 28	15 40	8 2
6.N	7 53	16 15	15 37	9 55	7 37	16 14	15 44	9 29	7 59	16 25	15 50	9 59
7.R	7 56	16 13	15 56	11 52	7 39	16 11	16 11	11 18	8 1	16 23	16 11	11 53
8.L	7 58	16 11	16 45	13 22	7 41	16 9	17 4	12 44	8 4	16 21	17 3	13 21
9.P	8 1	16 8	18 16	14 6	7 44	16 7	18 30	13 33	8 6	16 19	18 32	14 7
10.E	8 3	16 6	20 3	14 22	7 46	16 5	20 9	13 57	8 9	16 16	20 16	14 26
11.T	8 5	16 4	21 47	14 29	7 48	16 3	21 48	14 9	8 11	16 14	21 58	14 34
12.K	8 8	16 2	23 23	14 31	7 51	16 1	23 20	14 15	8 14	16 12	23 33	14 37
13.N	8 10	15 59	** **	14 32	7 53	15 59	** **	14 19	8 16	16 10	** **	14 39
14.R	8 13	15 57	0 52	14 32	7 55	15 57	0 46	14 22	8 18	16 8	1 2	14 40
15.L	8 15	15 55	2 17	14 32	7 57	15 55	2 8	14 24	8 21	16 6	2 26	14 40
16.P	8 18	15 53	3 40	14 32	8 0	15 53	3 28	14 26	8 23	16 4	3 48	14 41
17.E	8 20	15 51	5 3	14 32	8 2	15 52	4 48	14 29	8 25	16 2	5 10	14 42
18.T	8 22	15 49	6 28	14 33	8 4	15 50	6 10	14 33	8 28	16 0	6 34	14 44
19.K	8 25	15 47	7 56	14 36	8 6	15 48	7 34	14 40	8 30	15 58	8 0	14 48
20.N	8 27	15 45	9 26	14 43	8 8	15 46	8 59	14 51	8 32	15 56	9 29	14 56
21.R	8 30	15 44	10 54	14 57	8 10	15 45	10 21	15 12	8 35	15 55	10 55	15 12
22.L	8 32	15 42	12 8	15 29	8 13	15 43	11 30	15 48	8 37	15 53	12 7	15 47
23.P	8 34	15 40	12 55	16 31	8 15	15 42	12 19	16 48	8 39	15 51	12 54	16 48
24.E	8 36	15 39	13 16	17 56	8 17	15 40	12 47	18 7	8 41	15 50	13 18	18 11
25.T	8 39	15 37	13 26	19 30	8 19	15 39	13 2	19 35	8 43	15 48	13 30	19 43
26.K	8 41	15 35	13 31	21 5	8 21	15 37	13 11	21 5	8 46	15 47	13 36	21 16
27.N	8 43	15 34	13 33	22 38	8 23	15 36	13 17	22 34	8 48	15 45	13 39	22 48
28.R	8 45	15 33	13 34	** **	8 25	15 35	13 21	** **	8 50	15 44	13 41	** **
29.L	8 47	15 31	13 34	0 11	8 27	15 34	13 24	0 4	8 52	15 43	13 42	0 20
30.P	8 49	15 30	13 35	1 45	8 28	15 33	13 27	1 35	8 54	15 41	13 43	1 53

Kuu ühendusi. 2-sel kell 13 Saturniga, 10-ndal kell 10 Jupiteriga, 13-ndal kell 12 Reegulusega, 29-ndal kell 21 Saturniga.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.40 ja 0.41, nautilise hämariku vältus 1.27 ja 1.28 ning astronoomilise hämariku vältus 2.17 ja 2.15.

Detsember

Päev	Tartus									
	Päikese		Päeva pikkus	Kuu				Kesk. keskp. (kohalik aeg)		
	tõus	looj.		tõus	looj.	α	δ	Päikese kääne	Aja-võrrand	Täheaeg
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	° /	° /	m.s	t.m.s
1.E	8 35	15 29	6 54	13 31	3 12	0 41.4	+ 7 1	-21 52.2	-10 55	16 42 7
2.T	8 37	15 28	6 51	13 35	4 54	1 34.5	+13 30	-22 1.1	-10 32	16 46 4
3.K	8 39	15 27	6 48	13 44	6 44	2 31.7	+19 23	-22 9.6	-10 9	16 50 0
4.N	8 40	15 26	6 46	14 1	8 38	3 33.8	+24 8	-22 17.7	-9 45	16 53 57
5.R	8 42	15 25	6 43	14 38	10 21	4 40.1	+27 13	-22 25.3	-9 20	16 57 54
6.L	8 44	15 24	6 40	15 51	11 30	5 48.6	+28 16	-22 32.5	-8 55	17 1 50
7.P	8 45	15 24	6 39	17 31	12 4	6 56.0	+27 13	-22 39.3	-8 30	17 5 47
8.E	8 47	15 23	6 36	19 17	12 19	7 59.6	+24 18	-22 45.6	-8 3	17 9 43
9.T	8 48	15 23	6 35	20 56	12 26	8 57.8	+19 58	-22 51.5	-7 37	17 13 40
10.K	8 49	15 22	6 33	22 28	12 31	9 50.7	+14 44	-22 56.9	-7 10	17 17 36
11.N	8 51	15 22	6 31	23 54	12 33	10 39.3	+ 9 0	-23 1.9	-6 42	17 21 33
12.R	8 52	15 22	6 30	***	12 35	11 24.7	+ 3 5	-23 6.4	-6 14	17 25 29
13.L	8 53	15 21	6 28	1 17	12 36	12 8.4	- 2 47	-23 10.5	-5 46	17 29 26
14.P	8 54	15 21	6 27	2 38	12 38	12 51.6	- 8 26	-23 14.1	-5 18	17 33 23
15.E	8 55	15 21	6 26	4 0	12 41	13 35.3	-13 42	-23 17.3	-4 49	17 37 19
16.T	8 56	15 21	6 25	5 24	12 46	14 20.6	-18 25	-23 19.9	-4 20	17 41 16
17.K	8 57	15 21	6 24	6 50	12 54	15 8.0	-22 25	-23 22.1	-3 50	17 45 12
18.N	8 58	15 21	6 23	8 15	13 10	15 58.0	-25 31	-23 23.9	-3 21	17 49 9
19.R	8 59	15 22	6 23	9 31	13 40	16 50.4	-27 30	-23 25.2	-2 51	17 53 5
20.L	8 59	15 22	6 23	10 26	14 33	17 44.4	-28 14	-23 26.0	-2 21	17 57 2
21.P	9 0	15 23	6 23	10 58	15 50	18 39.0	-27 37	-23 26.3	-1 51	18 0 58
22.E	9 0	15 23	6 23	11 15	17 18	19 32.8	-25 40	-23 26.1	-1 22	18 4 55
23.T	9 1	15 24	6 23	11 24	18 49	20 25.0	-22 29	-23 25.5	-0 52	18 8 52
24.K	9 1	15 24	6 23	11 29	20 20	21 15.2	-18 14	-23 24.4	-0 22	18 12 48
25.N	9 1	15 25	6 24	11 33	21 49	22 3.5	-13 8	-23 22.9	0 7	18 16 45
26.R	9 1	15 26	6 25	11 35	23 18	22 50.6	- 7 22	-23 20.9	0 37	18 20 41
27.L	9 2	15 27	6 25	11 37	***	23 37.5	- 1 11	-23 18.4	1 6	18 24 38
28.P	9 2	15 28	6 26	11 40	0 49	0 25.3	+ 5 13	-23 15.4	1 36	18 28 34
29.E	9 1	15 29	6 28	11 43	2 24	1 15.4	+11 32	-23 12.0	2 5	18 32 31
30.T	9 1	15 30	6 29	11 49	4 6	2 9.0	+17 26	-23 8.1	2 34	18 36 27
31.K	9 1	15 31	6 30	12 1	5 55	3 7.3	+22 28	-23 3.7	3 2	18 40 24

Päike. 21-sel kell 17 astub Kaljukitse märki, olles suurimas lõunapoolses eemaldumuses taevaekvaatorist, talve algus. 18-ndal kell 9 liigub Amburi tähtkujju.

Kuu on 4-ndal perigees, 17-ndal apogees.

Kuu faasid. Täiskuu 5-ndal kell 1.14, viimane veerand 11-ndal kell 22.52, noorkuu 20-ndal kell 3.43, esimene veerand 27-ndal kell 21.10.

Kuu on 11-ndal veerusõlmes, 26-ndal tõususõlmes.

Detsember

Päev	Tallinnas				Võrus				Kärdlas			
	Päikese		Kuu		Päikese		Kuu		Päikese		Kuu	
	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.	tõus	looj.
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
1.E	8 51	15 29	13 36	3 23	8 30	15 32	13 31	3 10	8 56	15 40	13 45	3 31
2.T	8 53	15 28	13 38	5 8	8 32	15 31	13 37	4 51	8 57	15 39	13 48	5 14
3.K	8 55	15 27	13 43	7 1	8 34	15 30	13 47	6 39	8 59	15 38	13 55	7 6
4.N	8 57	15 26	13 55	9 0	8 35	15 29	14 6	8 31	9 1	15 37	14 9	9 3
5.R	8 58	15 25	14 27	10 48	8 37	15 28	14 45	10 12	9 3	15 36	14 44	10 49
6.L	9 0	15 24	15 41	11 57	8 39	15 27	15 57	11 21	9 4	15 35	15 57	11 57
7.P	9 2	15 23	17 27	12 25	8 40	15 27	17 36	11 57	9 6	15 35	17 41	12 27
8.E	9 3	15 22	19 17	12 36	8 42	15 26	19 19	12 14	9 8	15 34	19 29	12 40
9.T	9 5	15 22	20 59	12 40	8 43	15 26	20 58	12 23	9 9	15 34	21 10	12 46
10.K	9 6	15 21	22 34	12 42	8 44	15 25	22 28	12 28	9 10	15 33	22 43	12 49
11.N	9 8	15 21	** **	12 43	8 46	15 25	23 53	12 31	9 12	15 33	** **	12 50
12.R	9 9	15 20	0 2	12 43	8 47	15 25	** **	12 34	9 13	15 32	0 11	12 51
13.L	9 10	15 20	1 26	12 43	8 48	15 24	1 15	12 36	9 14	15 32	1 34	12 51
14.P	9 11	15 20	2 49	12 43	8 49	15 24	2 35	12 39	9 15	15 32	2 56	12 52
15.E	9 12	15 20	4 13	12 44	8 50	15 24	3 56	12 43	9 16	15 32	4 19	12 54
16.T	9 13	15 20	5 40	12 46	8 51	15 24	5 19	12 49	9 17	15 32	5 45	12 58
17.K	9 14	15 20	7 9	12 51	8 52	15 24	6 44	12 58	9 18	15 32	7 13	13 4
18.N	9 15	15 20	8 38	13 3	8 53	15 25	8 7	13 16	9 19	15 32	8 40	13 18
19.R	9 16	15 20	9 58	13 29	8 53	15 25	9 21	13 47	9 20	15 32	9 58	13 46
20.L	9 16	15 21	10 54	14 22	8 54	15 25	10 17	14 40	9 20	15 33	10 53	14 39
21.P	9 17	15 21	11 22	15 43	8 54	15 26	10 50	15 55	9 21	15 33	11 23	15 58
22.E	9 18	15 22	11 34	17 16	8 55	15 26	11 9	17 22	9 22	15 34	11 37	17 29
23.T	9 18	15 22	11 40	18 50	8 55	15 27	11 20	18 51	9 22	15 34	11 45	19 2
24.K	9 18	15 23	11 43	20 23	8 56	15 28	11 26	20 21	9 22	15 35	11 48	20 34
25.N	9 18	15 24	11 44	21 55	8 56	15 28	11 30	21 49	9 22	15 36	11 50	22 4
26.R	9 19	15 25	11 44	23 26	8 56	15 29	11 33	23 17	9 23	15 37	11 52	23 34
27.L	9 19	15 26	11 45	** **	8 56	15 30	11 36	** **	9 23	15 38	11 53	** **
28.P	9 19	15 27	11 45	0 59	8 56	15 31	11 40	0 47	9 23	15 39	11 54	1 6
29.E	9 18	15 28	11 47	2 36	8 56	15 32	11 44	2 21	9 23	15 40	11 57	2 43
30.T	9 18	15 29	11 50	4 22	8 56	15 33	11 52	4 2	9 22	15 41	12 1	4 27
31.K	9 18	15 30	11 58	6 14	8 56	15 35	12 5	5 49	9 22	15 42	12 11	6 18

Kuu ühendusi. 7-ndal kell 18 Jupiteriga, 10-ndal kell 9 Reegulusega, 18-ndal kell 14 Antaaresega, 27-ndal kell 5 Saturniga.

Hämarik. Tsiviilse hämariku vältus 1-sel ja 16-ndal vastavalt 0.52 ja 0.55, nautilise hämariku vältus 1.45 ja 1.49 ning astronoomilise hämariku vältus 2.34 ja 2.39.

Planeedid ja Pluuto

Päev	Merkuur				Veenus			
	α	δ	tõus	looj.	α	δ	tõus	looj.
	t.m	° '	t.m	t.m	t.m	° '	t.m	t.m
1.jaan	17 15.8	-21 55	7 24	14 8	22 1.2	-13 37	10 58	20 6
11.jaan	18 15.5	-23 36	8 1	14 12	22 39.9	- 9 6	10 24	20 37
21.jaan	19 21.3	-23 25	8 25	14 42	23 14.5	- 4 23	9 48	21 3
31.jaan	20 29.7	-21 1	8 29	15 37	23 44.6	+ 0 16	9 9	21 24
10.veebr	21 39.1	-16 12	8 18	16 49	0 8.8	+ 4 35	8 25	21 36
20.veebr	22 48.2	- 9 2	7 55	18 12	0 24.6	+ 8 12	7 37	21 35
2.märts	23 51.1	- 0 30	7 22	19 31	0 28.9	+10 36	6 45	21 15
12.märts	0 28.0	+ 5 55	6 37	20 5	0 19.2	+11 3	5 53	20 26
22.märts	0 19.5	+ 5 54	5 50	19 10	23 58.7	+ 9 7	5 7	19 12
1.apr	23 53.0	+ 1 3	6 16	18 32	23 39.6	+ 5 42	5 33	18 50
11.apr	23 51.6	- 1 50	5 55	17 38	23 32.5	+ 2 37	5 6	17 46
21.apr	0 17.6	- 0 43	5 34	17 35	23 39.8	+ 1 3	4 44	17 5
1.mai	1 1.0	+ 3 23	5 11	18 8	23 58.5	+ 1 4	4 24	16 46
11.mai	1 57.4	+ 9 28	4 47	19 8	0 24.9	+ 2 21	4 2	16 42
21.mai	3 8.2	+16 31	4 25	20 35	0 56.4	+ 4 32	3 40	16 49
31.mai	4 35.4	+22 43	4 16	22 21	1 31.4	+ 7 19	3 17	17 4
10.juuni	6 8.2	+25 18	4 40	23 41	2 9.3	+10 23	2 54	17 24
20.juuni	7 27.3	+23 49	5 39	23 57	2 49.6	+13 29	2 32	17 48
30.juuni	8 25.3	+20 2	6 36	23 34	3 32.3	+16 24	2 13	18 14
10.juuli	9 0.1	+15 46	7 7	22 50	4 17.4	+18 53	1 58	18 41
20.juuli	9 7.4	+12 47	6 56	21 55	5 4.6	+20 45	1 48	19 6
30.juuli	8 46.6	+12 49	5 55	20 55	5 53.6	+21 49	1 47	19 26
9.aug	8 23.9	+15 28	4 33	20 16	6 43.7	+21 57	1 57	19 37
19.aug	8 39.0	+17 23	3 55	20 10	7 34.3	+21 6	2 16	19 39
29.aug	9 36.5	+15 28	4 29	20 12	8 24.5	+19 16	2 44	19 32
8.sept	10 49.9	+ 9 22	5 50	19 59	9 13.8	+16 31	3 18	19 17
18.sept	11 58.5	+ 1 34	7 11	19 36	10 1.9	+12 60	3 55	18 58
28.sept	12 59.9	- 6 7	8 23	19 8	10 48.8	+ 8 51	4 32	18 35
8.okt	13 57.1	-12 57	9 29	18 38	11 34.9	+ 4 16	5 10	18 11
18.okt	14 51.7	-18 34	10 27	18 9	12 20.6	- 0 34	5 48	17 46
28.okt	15 41.9	-22 31	10 13	16 44	13 6.7	- 5 27	5 26	16 20
7.nov	16 15.7	-24 0	10 21	16 23	13 53.5	-10 10	6 5	15 56
17.nov	16 2.3	-21 20	8 57	15 57	14 41.7	-14 29	6 45	15 34
27.nov	15 18.5	-15 57	6 51	15 20	15 31.7	-18 12	7 26	15 16
7.dets	15 30.9	-16 33	6 31	14 48	16 23.7	-21 6	8 4	15 3
17.dets	16 19.6	-20 7	7 12	14 28	17 17.5	-22 59	8 36	15 0
27.dets	17 20.7	-23 7	8 2	14 22	18 12.3	-23 43	8 59	15 8

Planeedid ja Pluuto

Päev	Marss				Jupiter			
	α	δ	tõus	looj.	α	δ	tõus	looj.
	t.m	° /	t.m	t.m	t.m	° /	t.m	t.m
1.jaan	8 20.6	+23 32	16 39	10 55	4 47.6	+21 47	13 27	7 4
11.jaan	8 5.3	+24 37	15 32	10 13	4 43.5	+21 42	12 44	6 20
21.jaan	7 48.2	+25 30	14 24	9 29	4 40.7	+21 39	12 3	5 38
31.jaan	7 32.8	+26 3	13 23	8 41	4 39.3	+21 39	11 23	4 57
10.veebr	7 21.8	+26 14	12 30	7 53	4 39.4	+21 41	10 43	4 18
20.veebr	7 16.4	+26 8	11 48	7 7	4 40.9	+21 46	10 4	3 41
2.märts	7 16.7	+25 49	11 14	6 24	4 43.7	+21 53	9 27	3 6
12.märts	7 21.9	+25 21	10 46	5 44	4 47.8	+22 2	8 49	2 32
22.märts	7 31.2	+24 45	10 23	5 6	4 53.0	+22 13	8 13	2 0
1.apr	7 43.7	+24 1	11 6	5 31	4 59.1	+22 24	8 38	2 28
11.apr	7 58.7	+23 7	10 52	4 56	5 6.2	+22 35	8 4	1 58
21.apr	8 15.5	+22 3	10 40	4 22	5 14.0	+22 45	7 31	1 29
1.mai	8 33.7	+20 49	10 31	3 49	5 22.4	+22 55	6 58	0 59
11.mai	8 52.9	+19 25	10 25	3 15	5 31.3	+23 3	6 26	0 30
21.mai	9 12.9	+17 49	10 19	2 42	5 40.6	+23 10	5 55	0 1
31.mai	9 33.4	+16 4	10 15	2 8	5 50.2	+23 14	5 25	23 30
10.juuni	9 54.3	+14 8	10 12	1 35	5 60.0	+23 16	4 55	23 0
20.juuni	10 15.4	+12 4	10 9	1 1	6 9.9	+23 16	4 25	22 31
30.juuni	10 36.9	+9 51	10 7	0 27	6 19.8	+23 14	3 56	22 1
10.juuli	10 58.5	+7 31	10 5	23 50	6 29.7	+23 9	3 28	21 31
20.juuli	11 20.4	+5 5	10 4	23 16	6 39.4	+23 2	2 59	20 59
30.juuli	11 42.6	+2 35	10 3	22 42	6 48.9	+22 53	2 31	20 28
9.aug	12 5.2	+0 0	10 3	22 9	6 58.1	+22 42	2 3	19 56
19.aug	12 28.1	-2 36	10 4	21 36	7 6.8	+22 30	1 35	19 23
29.aug	12 51.6	-5 13	10 5	21 3	7 15.0	+22 17	1 5	18 49
8.sept	13 15.6	-7 49	10 7	20 30	7 22.6	+22 4	0 36	18 15
18.sept	13 40.4	-10 21	10 10	19 58	7 29.4	+21 51	0 5	17 41
28.sept	14 5.9	-12 48	10 13	19 27	7 35.4	+21 39	23 31	17 5
8.okt	14 32.4	-15 8	10 18	18 57	7 40.4	+21 28	22 58	16 29
18.okt	14 59.8	-17 18	10 23	18 28	7 44.3	+21 20	22 24	15 52
28.okt	15 28.5	-19 15	9 29	17 1	7 47.0	+21 15	20 48	14 14
7.nov	15 58.0	-20 56	9 34	16 36	7 48.3	+21 12	20 10	13 36
17.nov	16 28.6	-22 19	9 38	16 14	7 48.3	+21 14	19 31	12 57
27.nov	17 0.1	-23 21	9 41	15 56	7 46.9	+21 19	18 49	12 17
7.dets	17 32.4	-23 60	9 40	15 43	7 44.1	+21 28	18 5	11 37
17.dets	18 5.3	-24 13	9 36	15 34	7 40.2	+21 39	17 20	10 55
27.dets	18 38.6	-24 0	9 27	15 31	7 35.3	+21 52	16 33	10 13

Planeedid ja Pluuto

Päev	Saturn				Uraan			
	α	δ	tõus	looj.	α	δ	tõus	looj.
	t.m	° '	t.m	t.m	t.m	° '	t.m	t.m
1.jaan	23 6.0	-7 55	11 22	21 45	3 25.3	+18 26	12 36	5 11
11.jaan	23 9.1	-7 35	10 43	21 11	3 24.4	+18 23	11 57	4 30
21.jaan	23 12.5	-7 12	10 5	20 37	3 23.9	+18 22	11 17	3 50
31.jaan	23 16.3	-6 47	9 27	20 5	3 23.7	+18 21	10 37	3 11
10.veebr	23 20.4	-6 21	8 48	19 33	3 23.9	+18 22	9 58	2 31
20.veebr	23 24.7	-5 53	8 10	19 1	3 24.5	+18 24	9 20	1 53
2.märts	23 29.2	-5 24	7 33	18 29	3 25.3	+18 28	8 40	1 15
12.märts	23 33.8	-4 55	6 54	17 58	3 26.6	+18 32	8 2	0 38
22.märts	23 38.3	-4 26	6 16	17 26	3 28.0	+18 38	7 23	0 1
1.apr	23 42.8	-3 58	6 38	17 54	3 29.8	+18 44	7 45	0 24
11.apr	23 47.1	-3 31	6 1	17 22	3 31.8	+18 51	7 6	23 44
21.apr	23 51.3	-3 6	5 23	16 49	3 33.9	+18 59	6 27	23 8
1.mai	23 55.2	-2 42	4 44	16 16	3 36.2	+19 7	5 50	22 32
11.mai	23 58.8	-2 20	4 6	15 43	3 38.6	+19 15	5 11	21 57
21.mai	0 2.1	-2 2	3 29	15 9	3 41.0	+19 23	4 33	21 21
31.mai	0 4.9	-1 46	2 50	14 34	3 43.3	+19 31	3 55	20 45
10.juuni	0 7.2	-1 34	2 12	13 58	3 45.7	+19 39	3 17	20 9
20.juuni	0 8.9	-1 25	1 34	13 22	3 47.9	+19 46	2 39	19 34
30.juuni	0 10.1	-1 20	0 55	12 44	3 50.0	+19 52	2 0	18 57
10.juuli	0 10.7	-1 19	0 16	12 5	3 51.9	+19 58	1 22	18 20
20.juuli	0 10.7	-1 23	23 33	11 26	3 53.6	+20 3	0 44	17 44
30.juuli	0 10.0	-1 30	22 54	10 45	3 55.0	+20 7	0 5	17 6
9.aug	0 8.8	-1 40	22 14	10 3	3 56.2	+20 11	23 23	16 28
19.aug	0 7.0	-1 54	21 35	9 21	3 57.0	+20 13	22 44	15 51
29.aug	0 4.8	-2 10	20 55	8 37	3 57.4	+20 14	22 5	15 12
8.sept	0 2.2	-2 28	20 15	7 54	3 57.6	+20 15	21 26	14 32
18.sept	23 59.5	-2 47	19 35	7 9	3 57.3	+20 14	20 46	13 53
28.sept	23 56.6	-3 6	18 55	6 25	3 56.7	+20 12	20 6	13 13
8.okt	23 53.9	-3 24	18 14	5 41	3 55.8	+20 10	19 27	12 32
18.okt	23 51.4	-3 39	17 35	4 58	3 54.7	+20 6	18 46	11 51
28.okt	23 49.2	-3 52	15 55	3 15	3 53.2	+20 2	17 6	10 9
7.nov	23 47.6	-4 1	15 15	2 33	3 51.7	+19 57	16 26	9 28
17.nov	23 46.5	-4 6	14 34	1 52	3 50.0	+19 52	15 46	8 46
27.nov	23 46.0	-4 7	13 55	1 12	3 48.2	+19 47	15 6	8 4
7.dets	23 46.2	-4 3	13 16	0 33	3 46.5	+19 42	14 25	7 23
17.dets	23 47.1	-3 55	12 36	23 52	3 44.9	+19 37	13 46	6 41
27.dets	23 48.5	-3 43	11 57	23 16	3 43.6	+19 32	13 5	6 0

Planeedid ja Pluuto

Päev	Neptuun				Pluuto			
	α	δ	tõus	looj.	α	δ	tõus	looj.
	t.m	° '	t.m	t.m	t.m	° '	t.m	t.m
1.jaan	23 52.1	-2 15	11 31	23 8	20 16.2	-23 7	10 33	16 54
11.jaan	23 52.7	-2 11	10 51	22 29	20 17.6	-23 3	9 55	16 17
21.jaan	23 53.5	-2 6	10 12	21 52	20 18.9	-22 60	9 16	15 40
31.jaan	23 54.5	-1 59	9 33	21 14	20 20.3	-22 56	8 38	15 2
10.veebr	23 55.6	-1 52	8 54	20 36	20 21.7	-22 53	7 59	14 25
20.veebr	23 56.8	-1 44	8 15	19 59	20 22.9	-22 50	7 21	13 47
2.märts	23 58.1	-1 35	7 36	19 23	20 24.1	-22 47	6 42	13 10
12.märts	23 59.4	-1 26	6 57	18 45	20 25.2	-22 45	6 3	12 31
22.märts	0 0.8	-1 17	6 18	18 8	20 26.1	-22 44	5 25	11 54
1.apr	0 2.2	-1 8	6 39	18 31	20 26.9	-22 43	5 46	12 15
11.apr	0 3.6	-0 60	6 0	17 54	20 27.5	-22 43	5 7	11 37
21.apr	0 4.9	-0 52	5 22	17 17	20 27.9	-22 43	4 28	10 57
1.mai	0 6.1	-0 44	4 42	16 40	20 28.1	-22 44	3 50	10 18
11.mai	0 7.1	-0 38	4 4	16 2	20 28.1	-22 46	3 11	9 39
21.mai	0 8.1	-0 32	3 25	15 25	20 27.9	-22 49	2 31	8 58
31.mai	0 8.9	-0 27	2 45	14 46	20 27.6	-22 52	1 53	8 18
10.juuni	0 9.5	-0 24	2 6	14 8	20 27.0	-22 55	1 13	7 38
20.juuni	0 9.9	-0 22	1 28	13 30	20 26.4	-22 59	0 34	6 57
30.juuni	0 10.1	-0 21	0 48	12 50	20 25.6	-23 3	23 51	6 16
10.juuli	0 10.1	-0 21	0 9	12 11	20 24.7	-23 8	23 11	5 36
20.juuli	0 9.9	-0 23	23 26	11 32	20 23.7	-23 12	22 31	4 54
30.juuli	0 9.5	-0 26	22 46	10 51	20 22.7	-23 16	21 52	4 13
9.aug	0 9.0	-0 30	22 7	10 11	20 21.8	-23 20	21 12	3 33
19.aug	0 8.3	-0 35	21 28	9 31	20 20.8	-23 23	20 32	2 51
29.aug	0 7.5	-0 41	20 48	8 50	20 20.0	-23 26	19 53	2 11
8.sept	0 6.5	-0 47	20 8	8 9	20 19.3	-23 29	19 14	1 31
18.sept	0 5.6	-0 54	19 29	7 28	20 18.7	-23 31	18 34	0 50
28.sept	0 4.5	-1 0	18 49	6 47	20 18.3	-23 32	17 54	0 10
8.okt	0 3.5	-1 7	18 9	6 6	20 18.1	-23 32	17 15	23 27
18.okt	0 2.6	-1 13	17 30	5 25	20 18.0	-23 32	16 35	22 47
28.okt	0 1.7	-1 18	15 50	3 44	20 18.2	-23 31	14 56	21 9
7.nov	0 1.0	-1 23	15 11	3 4	20 18.6	-23 30	14 17	20 30
17.nov	0 0.5	-1 26	14 31	2 23	20 19.2	-23 28	13 38	19 52
27.nov	0 0.1	-1 28	13 52	1 44	20 19.9	-23 25	12 59	19 13
7.dets	23 59.9	-1 29	13 13	1 4	20 20.8	-23 22	12 20	18 35
17.dets	23 59.9	-1 28	12 33	0 24	20 21.9	-23 19	11 41	17 58
27.dets	0 0.1	-1 27	11 54	23 42	20 23.1	-23 15	11 2	17 21

Planeetide nähtavus

Jaauar

Merkuur on nähtamatu.

Veenus paistab õhtuti edela-läänetaevas ehatähena. Veenus paistab konkurentstult heledaima tähena taevast; heledus -4,4 tähesuurust. Veenus loojub kuu alguses 4,5 tundi pärast Päikest, edaspidi pikeneb vaatlusaeg ligikaudu 5 tunnile. Planeet paikneb Veevalaja tähtkujus; kuu viimasel dekaadil siirdub Veenus Kalade tähtkujusse. 18-ndal möödub Veenus Saturnist pisut enam kui 2 kraadi lõuna poolt. 31-se õhtul on Veenus möödumas Neptuunist (kaheksas tähesuurus), asudes 3 kraadi ja 15 kaareminuti kaugusel Neptuunist põhja pool. 10-ndal on Veenusel suurim ida-poolne eemaldumus Päikesest (47,2 kraadi).

Marss on 16-ndal vastasseisus Päikesega, heledus -1,2 tähesuurust. Lähim asend Maale 12-ndal. Planeet on vaadeldav kogu öö punaka tooniga tähena, vaatlustingimused on väga head: kesköö paiku särab Marss kõrgel lõunataevas. Marss liigub Vähi tähtkujust Kaksikute tähtkujusse. 22-sel möödub Marss Polluksist veidi alla 2 ja poole kraadi lõuna poolt.

Jupiter on nähtav suurema osa ööst (õhtupoole) Sõnni tähtkujus. Jupiteri vaatlustingimused on samuti väga head. Kuigi madalamal paiknevast ja märksa varem loojuvast Veenusest tuhmimana, esineb Jupiter siiski talvise jaanuariöös väga heleda tähena (-2,5 tähesuurust). Kahe kõrgel paistva heleda planeedi võrdluses asub veidi tuhmim ja punasem Marss taevafääril vasakul, Jupiter paremal pool (kuigi mitte lähistikku). Jupiter paikneb Aldebarani lähedal, lähim asend 31-sel (5 kraadi).

Saturn on nähtav õhtutaevas lõuna-edelasuunal Veevalaja tähtkujus. Teiste nähaolevate planeetidega võrreldes on Saturn tublisti tuhmim (1,1 tähesuurust). Kuu algul loojub Saturn 6 tundi pärast Päikest, kuid edaspidi hakkab Saturn kiiremini loojuma. Suurema osal kuust (v.a kuu alguses) paikneb Saturn Veenuse lähedal. Selline kombinatsioon teeb vaatepildi kindlasti kaunimaks.

4-ndal kell 19.41 kuni 20.42 katab Kuu Saturni.

Veebruar

Merkuuril on 9-ndal ülemine ühendus Päikesega. Planeet ilmub kuu lõpus, 27-nda paiku, õhtuti madalasse ehavöösse, asudes Kalade tähtkujus.

Veenus on nähtav õhtuti väga heledana (-4,5 tähesuurust) edelataevas, õigustades igati Ehatähe nimetust. Kuu algul 5 tunni lähedane vaatlusaeg tasapisi lüheneb. Kuu keskel loojub planeet 4 ja pool tundi pärast Päikest, kuu lõpus läheneb vaatlusaeg kolmele ja poolele tunnile. Veenus asub Kalade tähtkujus.

Marss paistab uhke punase tähena kogu öö Kaksikute tähtkujus. Heledus kuu keskpaiku -0,7 tähesuurust. 9-ndal kell 21.34 möödub Kuu serv Marsist vaid 1 kaareminuti kauguselt põhja poolt. 24-ndal muutub Marsi liikumine päripidiseks.

Jupiter on nähtav õhtupoole ööd Sõnni tähtkujus. 4-ndal muutub Jupiteri liikumine päripidiseks. Jupiter paistab endiselt Aldebarani lähedal. 4-ndal muutub Jupiteri liikumine päripidiseks.

Saturn on kuu algupoolel nähtav õhtuti madalast edelataevas Veevalaja tähtkujus. Planeet loojub küünlapäeva aegu 3 ja pool tundi pärast Päikest. Edaspidi vaatlusaeg üha lüheneb ning teise dekaadi lõpus, 19-nda paiku, kaob Saturn ehavalgusse.

Märts

Merkuur on vaadeldav kuu algupoolel õhtuti madalas ehataevas. Maksimaalselt loojub planeet 2 tundi pärast Päikest. Merkuur läheneb Veenusele; 12-ndal möödub Merkuur Veenusest 5 ja pool kraadi lõuna poolt. 14-nda paiku kaob Merkuur uuesti ehavalgusse. 8-ndal on Merkuuril suurim idapoolne eemaldumus Päikesest (18,2 kraadi); heledus -0,3 tähesuurust. 24-ndal on Merkuuril alumine ühendus Päikesega.

Veenus on vaadeldav õhtuti ehatähena Kalade tähtkujus, külastades paariks päevaks ka Pegasuse tähtkuju. Kuu alates loojub Veenus 3,5 tundi pärast Päikest. Vaatlusaeg lüheneb aga kiiresti ning 23-nda paiku kaob planeet ehavalgusse. Samas ilmub Veenus juba 6-nda paiku nähtavale ka hommikuti koidutähena. Kuu 3-ndal dekaadil tõuseb Veenus umbes tund enne Päikest. 23-ndal on Veenusel alumine ühendus Päikesega.

Marss paistab kogu öö Kaksikute tähtkujus; kuu teises pooles loojub planeet pisut enne hommiku saabumist. 30-ndal möödub Marss Polluksist 4 kraadi lõuna poolt.

Jupiter on vaadeldav õhtupoole ööd Sõnni tähtkujus, heledusega -2,2 tähesuurust. Planeedi vaatlustingimused on head.

Saturn on nähtamatu; 12-ndal ühendus Päikesega.

Aprill

Merkuur on nähtamatu; 21-sel suurim läänepoolne eemaldumus Päikesest.

Veenus paistab hommikuti madalas koidutaevas Kalade tähtkujus, tõustes tund aega enne Päikest.

Marss on vaadeldav punase säraga tähena suurema osa ööst (õhtupoole), heledus kuu keskpaiku 0,7 tähesuurust. Marss liigub Kaksikute tähtkujust Vähi tähtkujju.

Jupiter on nähtav õhtupoole ööd Sõnni tähtkujus, loojudes ümmarguselt kesköö paiku või veidi hiljem. Planeedi vaatlustingimused on endiselt head.

Saturn on nähtamatu.

Mai

Merkuur on nähtamatu; 30-ndal ülemine ühendus Päikesega.

Veenus on nähtav hommikuti väga madalas koidutaevas, tõustes pisut vähem kui tund, kuu lõpus täpselt tund enne Päikest. Veenus asub Kalade tähtkujus, paar päeva ka Vaala tähtkujus.

Marss paistab õhtupoole ööd. Kuu algul on punaka planeedi heledus 1,0, kuu lõpus 1,3 tähesuurust. Kuu lõpus liigub Marss Vähi tähtkujust Lõvi tähtkujju. 5-ndal möödub Marss poole kraadi kauguselt Sõime hajúsparve (M44) tsentrist.

Jupiter on vaadeldav õhtupoole ööd. Planeedi vaatlusaeg kuu jooksul lüheneb ning nähtavus halveneb: kuu algul paistab Jupiter ligemale keskööni, kuu lõpus aga loojub vaid poolteist tundi pärast Päikest. Jupiteri koidutähtkujuks on Sõnn.

Saturn on nähtamatu.

Juuni

Merkuur on nähtamatu.

Veenus paistab hommikuti madalas koiduvöös., heledus -4,2 tähesuurust. Vaatlusaeg aegamööda pikeneb: kuu algul tõuseb planeet 1 tund, kuu lõpus aga 2 tundi

enne Päikest. Veenus liigub Kalade tähtkujust läbi Vaala Jäära tähtkujju, kuu lõpus aga Sõnni tähtkujju. 1-sel on Veenusel suurim läänepoolne eemaldumus Päikesest (45,9 kraadi).

Marss on kehvades tingimustes vaadeldav õhtuti madalas ehataevas; jaanilaupäeva paiku kaob planeet ehavalgusse. 17-nda möödub *Marss* Reegulusest pooleteise täiskuu läbimõõdu võrra põhja poolt.

Jupiter paistab kuu varases alguses õhtuti väga madalas loodetaevas (Sõnni tähtkujus). 4-nda paiku kaob *Jupiter* ehavalgusse. 24-ndal on *Jupiteril* ühendus Päikesga.

Saturn ilmub kuu keskpaiku hommikuti madalasse kagutaevasse, planeet asub Kalade tähtkujus. Vaatlusaeg kuu lõpuks pikeneb.

Juuli

Merkuur on nähtamatu; 4-ndal suurim idapoolne eemaldumus Päikesest.

Veenus on nähtav hommikuti madalas kirdetaevas. Vaatlusaeg pikeneb: kuu keskpaiku tõuseb *Veenus* umbes 2,5 tundi enne Päikest, kuu lõpus aga enam kui 3 tundi enne Päikest. *Veenus* asub Sõnni tähtkujus, kuu lõpus liigub läbi Orioni Kaksikute tähtkujju. 13-ndal möödub *Veenus* Aldebaranist 3,1 kraadi põhja poolt.

Marss on nähtamatu.

Jupiter ilmub 13-nda paiku hommikuti madalasse koiduvöösse kirdetaevas, asudes *Veenusest* allpool ja vasakul. Vaatlusaeg hakkab kohe ka pikinema. Kuu lõpus tõuseb *Jupiter* 2 ja pool tundi enne Päikest. *Jupiter* asub Kaksikute tähtkujus.

Saturn on nähtav hommikupoole ööd idataevas Kalade tähtkujus; heledus 0,9 tähesuurust. Planeedi vaatlusaeg on pikemas. Terve kuu vältel on *Saturnist* umbes 1 kraadi kaugusel *Neptuun* (7,9 tähesuurust). 6-ndal möödub *Saturn* *Neptuunist* 58 kaareminutit lõuna poolt. 13-ndal muutub *Saturni* liikumine vastupidiseks.

Endine planeet *Pluuto* on 25-ndal vastasseisus Päikesega; asub *Kaljukitse* tähtkujus, heledus 14,4 tähesuurust.

August

Merkuuril on 1-sel alumine ühendus Päikesega. Planeet ilmub 17-nda paiku hommikuti madalasse koidutaevasse, hakates tõusma maksimaalselt 2 tundi enne Päikest. Kuu lõppedes kaob *Merkuur* uuesti koiduvalgusse. *Merkuur* liigub Vähi tähtkujust Lõvi tähtkujju. 19-ndal on *Merkuuril* suurim läänepoolne eemaldumus Päikesest (18,6 kraadi); heledus 0,0 tähesuurust.

Veenus on vaadeldav hommikuti väga heleda tähena idataevas. Planeet tõuseb 3,5 tundi enne Päikest, heledus -4,0 tähesuurust. Kuu kahel esimesel dekaadil on *Veenuse* lähedal *Jupiter*. *Veenus* liigub Kaksikute tähtkujust Vähi tähtkujju. 12-ndal möödub *Veenus* *Jupiterist* 0,9 kraadi lõuna poolt. 20-ndal möödub *Veenus* *Pollukisist* 7 kraadi lõuna poolt.

Marss on nähtamatu.

Jupiter paistab hommikupoole ööd heleda tähena Kaksikute tähtkujus. Koos *Veenusega* pakub planeedipaar uhket vaatepilti.

Saturn on nähtav kuu algul peaaegu kogu öö (hommikupoole); umbes nädal peale kuu algust hakkab planeet paistma kogu öö Kalade tähtkujus. *Saturni* heledus on 0,8 tähesuurust. *Saturni* lähistel paikneb endiselt *Neptuun* (kuu algul on planeetide vahekaugus 1 kraad, kuu lõpus 1,75 kraadi).

September

Merkuur on nähtamatu; 13-ndal ülemine ühendus Päikesega.

Veenus paistab hommikuti koidutaevas. Vaatlusaeg tasapisi lüheneb. Kuu keskel tõuseb Veenus 3 tundi enne Päikest, kuu lõpus 2,5 tundi enne Päikest. Planeet liigub Vähi tähtkujust Lövi tähtkujju. 1-sel paikneb Veenus 1 kraadi kauguselt Sõime täheparve tsentrilt. 19-ndal möödub Veenus Reegulusest 0,4 kraadi põhja poolt.

Marss on nähtamatu.

Jupiter on nähtav hommikupoole ööd Kaksikute tähtkujus, heledus -2,1 tähesuurust.

Saturn on 21-sel vastasseisus Päikesega; heledus 0,6 tähesuurust. Planeet on vaadeldav kogu öö Kalade tähtkujus; päris kuu lõpus liigub Saturn Veevalaja tähtkujju.

Neptuun on 23-ndal vastasseisus Päikesega, asub Kalade tähtkujus, heledus 7,8 tähesuurust. Neptuun paikneb Saturnist 2,5 kraadi kirde pool.

Oktoober

Merkuur on nähtamatu; 30-ndal suurim idapoolne eemaldumus Päikesest.

Veenus on nähtav hommikuti idataevas koidutähena. Vaatlusaeg aegamööda lüheneb. Kuu teises pooles tõuseb Veenus umbes 2 tundi enne Päikest. Veenus liigub Lövi tähtkujust Neitsi tähtkujju. Kuu lõpus läheneb Veenus Spiikale.

Marss on nähtamatu.

Jupiter paistab hommikupoole ööd Kaksikute tähtkujus; vaatlusaeg pikeneb. 12-ndal möödub Jupiter Polluksist 6,5 kraadi lõuna poolt.

Saturn on päris kuu algul nähtav kogu öö Veevalaja tähtkujus. Edaspidi hakkab Saturn hommikuti varem loojuma, kuid on siiski suurema osa ööst (õhtupoole) vaadeldav.

November

Merkuuril on 20-ndal alumine ühendus Päikesega. Planeet ilmub kuu lõpus, 28-nda paiku, hommikuti madalasse kagutaevasse, hakates tõusma 2 tundi enne Päikest. Merkuur asub Kaalude tähtkujus, tunduvalt heledamast Veenusest kõrgemal.

Veenus on nähtav hommikuti madalas koidutaevas kagusuunal. Vaatlusaeg lüheneb aegamööda edasi, kuu lõpus tõuseb Veenus tund enne Päikest. Planeet liigub Neitsi tähtkujust Kaalude tähtkujju. 2-sel möödub Veenus Spiikast (sel ajal veel nähtamatu) 3,5 kraadi põhja poolt.

Marss on nähtamatu.

Jupiter paistab üha pikemat aega hommikupoole ööd heleda tähena Kaksikute tähtkujus. 11-ndal muutub Jupiteri liikumine vastupidiseks.

Saturn on nähtav õhtupoole ööd Veevalaja tähtkujus. 28-ndal muutub Saturni liikumine päripidiseks. *Uraan* on 21-sel vastasseisus Päikesega; asub Sõnni tähtkujus, heledus 5,6 tähesuurust.

Detsember

Merkuur on vaadeldav kuu esimeses pooles hommikuti koiduvöös, tõustes üle 2 tunni enne Päikest. 18-nda paiku kaob Merkuur koiduvalgusse. Merkuur liigub Kaalude tähtkujust läbi Skorpioni Maokandja tähtkujju. 7-ndal on Merkuuril suurim läänepoolne eemaldumus Päikesest (20,7 kraadi), heledus -0,4 tähesuurust.

Veenus on nähtav kuu algul hommikuti väga madalas koidutaevas. Teise dekaadi algul kaob Veenus koiduvalgusse. Veenus liigub nagu Merkuurgi Kaalude tähtkujust läbi Skorpioni tähtkuju Maokandja tähtkuju. 9-ndal möödub Veenus nähtamatust Antaaresest 5 kraadi põhja poolt.

Marss on nähtamatu.

Jupiter on vaadeldav heleda tähena heades tingimustes suurema osa ööst (hommikupoole) Kaksikute tähtkujus. Kuu lõpus paistab Jupiter kogu öö, heledus -2,7 tähesuurust. 15-ndal möödub Jupiter Polluksist 6,5 kraadi lõuna poolt.

Saturn paistab õhtuti enam-vähem endistes tingimustes lõuna-edelataevas Veevalaja tähtkujus, heledus 1,1 tähesuurust.

Kestliku arengu kasinad valikud

Arvi Freiberg

Helge tulevik ja jätkuv areng on läbi aegade olnud inimesi ühendav mure. Olmetasandil õhutab seda loomulik vajadus, et ka homme leib laual oleks ning alateadlik tung, et järglased oma emadest-isadest kindlasti paremini elaksid. Korduvatest sõdadest ja teistest mastaapsetest hädadest – nagu viimane pandeemia – hoolimata on see trend tsivilisatsiooni jälgitava ajaloo jooksul üsna hästi paika pidanud. Sedavõrd pikk kogemus ja progressinähtuste universaalsus jättis vaevata mulje, et nõndaviisi saab see alati olema. Nii sai tasapisi pidevast arengust majanduslik enesestmõistetavus. Fetiš, mida vähesed julgesid arvustada, eitamisest rääkimata.

Esimese tõsise mõra sellesse näiliselt vankumatusse materiaalse heaolu kasvu usu müüri löid alla 30-aastased Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi majandusteadlased. Nende rohkem kui pool sajandit tagasi ilmunud raamat „Kasvu piirid“ (Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows jt, 1972) selgitab, kuidas viis tegurit – rahvastik, põllumajandustoodang, tööstustoodang, saastamine ja taastumatud loodusressursid – inimkonna käekäiku muudavad ja kujundavad. Teoses jõutakse järeldusele, et lõplike ressurssidega maailmas peab areng varem või hiljem toppama ja et vanamoodi edasi toimetades hakkavad kõik inimühiskonna heaolu kirjeldavad näitajad varsti katastroofiliselt langema. „Varsti“ all tuleb siin mõista hoomatavat, inimese elueaga võrreldavat ajavahemikku 50 kuni 100 aastat. „Kasvu piiride“ autorid said oma arvutustes muidugi toetuda vaid varasematele majandusnäitajatele. On ülimalt tähelepanuväärne, et kuni viimase ajani täiendatud andmetega tehtud rehkendused on esialgse mudeli järeldusi üksnes kinnitanud. „Kasvu piirid“ oli eriline, kuna see kasutas esmakordselt arvutitehnoloogiat ja teaduslikku meetodit inimkonna tuleviku analüüsimiseks. Seetõttu oleks siinkirjutaja arvates igati põhjendatud selle teedrajava uurimuse seni veel elus olevate autorite esitamine Nobeli majanduspreemiale.

Miks aga ei teadvustatud seda põhimõttelist ja tagantjärele tarkusena ilmselget riski palju varem Sellel on lisaks ülalmainitud igikestva majanduskasvu virvatu-tele üks üllatavalt lihtne matemaatiline selgitus. Nimelt iseloomustab piiratud ressursside tingimustes toimuvat arengut sageli sigmoidaalne funktsioon. Selle – tavakeeles ka S-kujuliseks funktsiooniks kutsutu – väärtus kasvab esialgu üsna märkamatult. Tasapisi lisanduvad annused kosuvad lähenedes teatud piirsuurusele. Seepeale käivitub vastupidine, ressursside kahanemise või nende kättesaadavuse halvenemisega seotud faas, mis päädib arengu soikumisega. Sobivaks näiteks sellise käitumise kohta on maakera rahvastiku muutumise dünaamika. Ajaloo hämaruses oli kasv nii vaevuline, et esimene miljardiasukani jõuti alles 1805. aastal. Edasi läks juba lõbusamalt. Teine miljard korjus 120 aastaga, kolmas 35 aastaga ja nii järjest kasvavas tempos kuni kuuenda, seitsmenda ja kaheksanda miljardini, milleks igäühele kulus vaid napp 12 aastat. Täna, kus maakeral tatsab ringi ligi 8,2 miljardit inimest, on jälgitavat sündide arvu kahanemist ar-

vestades alust ennustada edasist rahvastiku kasvutempo aeglustumist kuni selle täieliku hääbumiseni aastal 2086. Siis võiks Maal elada ligi 10,4 miljardit inimest (<https://ourworldindata.org/population-growth-over-time>). Sealt edasi on oodata vaid elanikkonna kiiret vähenemist ja seejärel rahunemist mingil uute tingimustega määratud madalamal tasemel. Seesugused arengud, kuigi mõnevõrra väiksemas mastaabis, on juba jälgitavad Hiinas, mille rahvastik kahanes möödunud aastal umbes 2 miljoni inimese võrra.

Sarnaselt rahvaarvuga on pika vinnaga ka majandusprotsessid. Pisut järele mõeldes käivitus meid tänapäeval mõjutav majandustsükkel juba ülemöödunud sajandil. Siis kui üle 150 aasta tagasi hakati, traditsioonilisele biokütusele lisaks, maa-koos miljonite aastate jooksul kuhjunud fossiilseid kütuseid (kivisütt, naftat ja gaasi) ammutama. S-funktsiooni kohaselt jäi esialgu uue kütuse mõju globaalsele majandusele peaaegu märkamatuks. Aga fossiilkütused tulid selleks, et jääda. Nende panus maailma energiabilanssi üha suurenes, võrdsustades biomassi osaga kohe peale Esimest maailmasõda. Sestpeale on need energiarikkad ja suhteliselt odavad kütused maailma energiaturul aina domineerinud, kattes tänagi ligikaudu 81% globaalsest energiavajadusest. Suuresti tänu fossiilkütustele hakkasid 1950. aastatest alates eksponentsiaalselt kasvama nii inimkonna majanduslik ja tehnoloogiline võimekus, rahvastik kui ka tarbimine. See tänaseni kestav plahvatuslik areng kannab erialakirjanduses nime „suur kiirendus“ (ing „The Great Acceleration“) (Steffen, Grinevald jt, 2011).

Nüüd, ligi kolmveerand sajandit pärast suure kiirenduse tinglikku algust, avalduvad selgelt toimunud majandusbuumi varjuküljed – muutused, mis on andnud alust meie ajajärku antropotseeniks ehk inimeste ajastuks (Steffen, Grinevald jt, 2011; Syvitski jt, 2020) kutsuda. Selle termini pakkusid välja teadlased, et kirjeldada aega, mil inimtegevuse mõju, nagu kliimamuutused, bioloogilise mitmekesisuse vähenemine, maakasutuse muutmine ja keskkonna saastatus, on osutunud nii ulatuslikuks, et see on nähtav Maa geoloogilistes kihtides. Kuigi ametlikku tunnustust antropotseenil veel ei ole, jätkub selle üle vilgas arutelu teaduslikes ringkondades. Ülal öelduga haakub niinimetatud Olduvai teooria, mille järgi kaasaegne tööstusivilisatsioon on ajutine ja, et selle eluiga *per capita* ehk inimese kohta hinnatud energiatarbimise järgi on parimal juhul sadakond aastat (Duncan, 1993). Teooria on saanud nime Olduvai kuristikust Tansaania, kus leiti inimkonna varajasi jälgi, sümboliseerides nii inimarengu algust kui ka potentsiaalset tagasipöördumist algolekusse pärast tööstusivilisatsiooni kollapsit. Kuigi mitmed Olduvai teooria prognoosid ja ajakavad ei ole siiani õigeks osutunud, on see huvitav hüpotees, mis üsna dramaatilises vormis juhib tähelepanu inimkonna jätkusuutlikkuse küsimustele ning vajadusele kiiresti leida säästlikumaid lahendusi energia ja muude ressursside kasutamisel.

Mõistagi on maailmaorganisatsioonid oma võimaluste piires neile ähvardavatele hädadele reageerida üritanud. ÜRO poolt aastal 2015 ellu kutsutud säästva arengu projekt Agenda 2030 näiteks on vägagi ambitsioonikas (<https://sdgs.un.org/2030agenda>). Selle eesmärgiks on ei rohkem ega vähem kui 2030. aastaks tagada maailmas majandusareng, sotsiaalne õiglus ja keskkonnahoid nii, et tulevased põlvkonnad saaksid kasutada samu ressursse ja elada sarnases keskkonnas nagu praegune põlvkond. Kuigi see ponnistus veel kestab, on päris ilmne, et suutmatus tavapärasest majanduskasvust loobuda pärsib oluliselt enamiku teiste püstitatud sihtide saavutamist

(<https://sdgs.un.org/gsdrr/gsdrr2023>). Olen sellest põgusalt juba teises kohas kirjutanud (<https://arvamus.postimees.ee/7865437/arvi-freiberg-kus-viga-naed-laitaseal-teadus-tuleb-ja-aitab>).

Miks siis ikkagi – võib-olla liiga jõuliselt väljendudes, surm silme ees olukorras – nii kramplikult majanduskasvust kinni hoitakse? Kindlasti on ühiskonda majanduskasvu oludes lihtsam tüürida, mis seletab poliitikute ja majandusliidrite ühist huvi. Üksiti tuleb arvestada vähemalt kolme permanentse sunniga.

Esiteks: rahvastiku jätkuv kasv. Jälgitavale kasvu aeglustumisele vaatamata, paisus maailma elanikkond 2023. aastal ikkagi tervelt 66 miljoni inimese võrra. See on pea Prantsusmaa jagu inimesi, kes kohe toitmist-katmist vajavad. Ülerahvastumine on kahtlemata üks peamisi tänapäeval maailma vaevavaid probleeme. Selle eest hoiatas ettenägelikult juba ümmarguselt kaks sajandit tagasi elanud inglise majandus- ja rahvastikuteadlane Thomas Malthus (1766–1833), kelle eluajal oli Maa praegusega võrreldes suhteliselt hõredalt asustatud. Juba praegu nõuab toidu kasvatamine looduslikku tasakaalu riivavat intensiivset põllumajandust ning meeletutes kogustes puhast vett. Planetaarsetest piiridest rääkides on kasulik teada, et otseselt põllumajandusega on tänapäeval hõivatud rohkem kui 38% globaalsest maismaast ning et inimesed tarbivad ühel või teisel moel tervelt kolmandiku looduse aastaringsest taimsest toodangust (Running, 2012).

Teiseks: suurenev *per capita* tarbimine, mida tavaelus pahatihti progressiga samastatakse. Arenenud tööstusriikides on vajaduspõhine tarbimine üha enam nautingupõhise liigtarbimisega asendumas. Priiskava elustiili vältimatud varjuküljed on aga kasvav süsiniku jalajärg ning suurenev sotsiaalne ebavõrdsus. Mõlemat tuleks praeguse parima teadmise kohaselt pigem vältida (Wiedmann, Lenzen jt, 2020; Millward-Hopkins, 2022).

Kolmandaks: talletatud rikkuse säilitamine ja tõstmine. Lisaks erakätes olevale varale kuuluvad sellesse hulka ühiskasutuses olevad rajatised ja taristud. Samuti ühiskondliku pealishitise elementidega nagu riigiaparaat, kohtud ja sõjavägi, seotud struktuurid.

Globaalse rikkuse hindamine on keeruline ja sõltub paljudest teguritest. Aga üks on kindel, selle pelk säilitaminegi on kulukas ettevõtmine. Rääkimata vara paisutamisest, mis nõuab järjest uusi turgutavaid investeeringuid. Asjaolud, mis on hästi tuttavad igale maja või suvila omanikule. Võttes aluseks maailma eranetovarad, mille väärtuseks 2023. aastal hinnati 432 triljonit USA dollarit (<https://www.ubs.com/global/en/wealthmanagement/insights/global-wealth-report.html>), ja tinglikku amortisatsiooninormi 1% aastas, saame rikkuse talletamiseks vajalikuks summaks 4,32 triljonit USA dollarit aastas. Moodustades umbes 4,1% sama aasta maailma sisemajanduse kogutoodangust, on see võrreldav põllumajanduse, metsanduse ja kalanduse kogupanusega sellesse. Arvestades kogutoodangu pikaajalist kasvu püsihindades umbes 3,2% aastas (https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADV-EC/WEOWorld), ei saa meie rehkendus olla liiga täpne. Sellegipoolest annab see olulise vihje, et pelgalt rahvastiku kasvu kontrolli alla saamisega ja veidi kasiinama tarbimisega me kõnesolevaid globaalseid probleeme ei lahenda. Sest ajas kuhjunud väärt vara, mis looduseadustele alludes järjest oma headust kaotab ehk amortiseerub, on lihtsalt liiga palju saanud (Garrett, 2015). Probleemi mastaapsust aitab vast hoomata teadmine, et lähiaegadel (mõõtmisvea piires) võrdsustub massiühikutes mõõdetud inimtegevuse tagajärg ehk antropogeenne mass Maa

naturaalse biomassiga (Elhacham, Ben-Uri jt, 2020). Õdvastav vahe seisneb selles, et kui biomass, mille väärtuseks hinnatakse 1,1 teratonna (Tt; 1 Tt = 10^{12} t), ajas kergelt kahaneb, siis antropogeenne mass kasvab jätkuvalt tohutu kiirusega.

Kestliku arengu võimaluste aruteludel satuvad viimasel ajal üha sagedamini jututeema keskmesse niinimetatud „heaolu ilma kasvuta“ tulevikumudelid, mida inglise keeles tähistatakse terminiga „degrowth“ (Jackson, 2009; Kallis, Kostakis jt, 2018). Eesti keeles on selle vastena kinnistumas üsna suupärane „tasaareng“. Sisult küll veidi vastuoluline mõiste viitab arusaamale, et majanduse pidev kasv ei ole jätkusuutlik ei keskkonna ega ühiskonna seisukohalt ning et materiaalse rikkuse tagaajamise asemel tuleks võtta suund parema elukvaliteedi, ühiskondliku heaolu ja looduse säilitamise poole. Väärtustama peaks keskkonnasõbralikumaid majandustavasid, tarbimise vähendamist ja ressursside ümberjaotamist. Kiiduväärsed eesmärgid kõik, kuid üksnes kasvust loobumine ei lahenda laias laastus ühtegi inimkonna ees tõusetunud eksistentsiaalset probleemi. Mõtelgem oma igapäevaste söögikordade peale. Oleme määratud seda rutiini kordama kogu elu vältel. Lihtsalt selleks, et oma füüsilist ja vaimset mina säilitada. Praegu kulutab inimkond igas sekundis ligikaudu 20 teradžaui (TJ) energiat (<https://www.voronoiaapp.com/energy/Fossil-Fuels-Accounted-for-81-of-the-Worlds-Energy-Mix-in-2023-1695>), mis aina taastootmist ootab. Inimeste minimaalset energiavajadust umbes 20-kordselt ületades on see sama tupiktee, mis meid siia on toonud, kuid ei võimalda endistviisi jätkata

Loodusteadusliku teooria tasemel on arutelud tasaarengu väljavaadete üle kestnud juba vähemalt pool sajandit. Algust tegi rumeenia päritolu matemaatik Nicholas Georgescu-Roegen (1906—1994), kes esmakordselt vaatles majandustegevust osana suuremast ökoloogilisest süsteemist (Bobulescu, 2015). Tõdedes, et peale energia vajab majandus mitmeid teisi ressursse nagu puhas õhk, vesi ja mineraalsed ained, kritiseeris ta peavoolu majandusteadust planeedi füüsiliste piirangute (Running, 2012) eiramise eest. Georgescu-Roegenit pani eriti muretsema põllumajanduse ja industrialiseerimise roll tootmisbaaside kiireneval ammendumisel. Väites, et tehnoloogilised edusammud ei suuda lahendada ressursikasutuse põhiprobleemi, viitas ta sellele, et isegi „rohelised tehnoloogiad“ tarbivad piiratud varusid jätkusuutmatul määral. Lõplikke loodusressursse ei saa täielikult ringlusse võtta ega taastada, põhjustades ökoloogiliste varude pöördumatut kuhtumist. Kõik need mõtted – ehkki pea pool sajandit tagasi väljendatud – oleksid kui täna homimikusest ajalehest välja lõigatud.

Georgescu-Roegeni bioökonoomilise lähenemise juuri tasub aga veelgi varasemast minevikust otsida. Poola-ameerika päritolu matemaatik ja biofüüsik Alfred Lotka (1880–1949) oli esimene, kes hakkas bioloogilisi ja ökoloogilisi süsteeme mõtestama termodünaamika seadustest lähtudes. Tema 1922. aasta töö „Panus evolutsiooni energiakäsitluse“ (Lotka, 1922) oli murranguline artikkel, milles ta postuleeris, et evolutsiooniprotsessi juhivad organismide energiavajadused. Need toimivad kui muundurid, mis järjest energiat kasulikuks tööks – sealhulgas kasvuks ja paljunemiseks – teisendavad ning samal ajal kooskõlas termodünaamika teise seadusega jääksoojust emiteerivad. Lotkale sekundeeris vene geokeemik Vladimir Vernadski (1863–1945), kellele kuulub ka biosfääri avastamise au (Edmunds ja Bogush, 2012). Vernadski oli veendunud, et elusorganismid mängivad põhirolli päikeseenergia muutmisel keemiliseks energiaks, mis omakorda juhivad ökoloogilisi protsesse. Seepärast peavad Maa pindmine kiht ja atmosfäär olema elust sügavalt

mõjutatud ehk teadusliku slängi kasutades viibima mittetasakaalulises olekus. Seisukoht, mille vaimustavat paikapidavust atmosfääri osas kinnitas eelmise sajandi 60-ndatel aastatel inglise keemik James Lovelock (1919—2022). Laiemale üldsusele võiks see tuttav olla Gaia hüpoteesi nime all (Lovelock ja Margulis, 1974).

Georgescu-Roegeni järgi võib hoopis taandareng olla parim – kui mitte ainuke – võimalus inimkonna eksisteerimiseks lisaaega juurde osta. Soovides vähendada ökoloogilist jalajälge, ressursikasutust ja sotsiaalseid ebavõrdsusi, peame ühiskonnana suutma tunnistada, et see võib olla saavutatav vaid majanduse olulise kokkutõmbamise ja tarbimise madalamal tasemel stabiliseerimise hinnaga. Kuna Georgescu-Roegeni tulemused seadsid kahtluse alla peavoolu majandusmudelid ja planetaarsete piiride riived polnud toona tänase olukorraga võrreldes veel nii silmatorkavad, siis neid tema eluajal ka suures osas eirati.

Ehkki positiivsed ajaloolised näited stagneerunud ühiskondade õitsengust puuduvad, väärivad moodsa aja globaalse kasinuse võimalikud tagajärjed süsteemset uurimist (Kleidon, 2012; Garrett, 2014). Artiklis (Garrett, 2014) käsitletud mudel näiteks ennustab pikaajalise majanduskasvu puudumisel ühiskonna järjest nõrgenevat suutlikkust või isegi kollapsit seista vastu korduvatele suurtele looduskatastroofidele. Meie suhteline saamatus globaalsele pandeemiale reageerimisel peaks kõigil veel hästi meeles olema. Tasaarengu õnnestumise üheks eelduseks peetakse võrdsemat sissetulekute jaotust ja väiksemat varanduslikku kihistumist. Asjaolu, millega seletatakse paradoksaalset fakti, et kõige õnnelikumad inimesed elavad suhteliselt väikese majandusliku ebavõrdsusega, aga „aastaringiselt kehva suusailmaga“ Põhjamaades. Ajakirjanduse andmetel mõnedes riikides toimunud ja esmapilgul arusaamatud raha inimestele kätte jagamised (nõndanimetatud „lennukilt raha loopimised“) ning tööpäevade lühendamised sissetulekute säilitamisega, tunduvad olevat kantud sarnasest sotsiaalsete pingete vähendamise ideaalist. Maailma ajalooline kogemus siiski kinnitab kõikide „igapäevaste võimete järgi ja igapäevaste vajaduste järgi“ tüüpi ideoloogiate vältimatut põrumist. Seetõttu ei saa pahaks panna, et kasinuse lõputu õuduse asemel enamik võimalikult kaua kestvat kasvufestivali eelistab.

Lotka, Vernadski ja Georgescu-Roegeni ideed aitavad mõista, kuidas bioloogilised ja majandussüsteemid suhestuvad oma energiakeskkonnaga. Ülekaalukas kogemus tööpoolest kinnitab, et majandusel on energiaga seatud piirid (Brown, Burnside jt, 2011). Kuigi seos pole täpselt proportsionaalne, on selge, et majanduskasvu võib loota vaid üha enam energiat kulutades. Kummatigi pole küllusliku ja odava energia olemasolu tänapäeval enam arenguks piisav tingimus. Sobivad ainult elukeskkonda võimalikult säästvad energiaallikad. Nagu juba eelpool tõdetud, enamik globaalsest energiavajadusest kaetakse endiselt iidisel moel orgaanilist kütust põletades. Lisaks madalale kasutegurile eritub isegi puhtal põlemisel atmosfääri süsihappegaasi ja veeauru. Mõlemad on aktiivsed kasvuhoonegaasid. Kuivõrd tänapäevase kliima soojenemise juurpõhjuseks peetakse inimtekkelise süsihappegaasi ja teiste sarnaste pikaajaliste kasvuhoonegaaside nagu metaani ja naerugaasi akumulereerumist Maa atmosfääris, siis seda me enam endale lubada ei saa (Nordell ja Gervet, 2009). Ehkki tänapäeval on kliimamuutuste küsimused saanud keskseks arutelu teemaks, ei ole fossiilkütuste ammendumise pikaajalise mõju probleemid kuhugi kadunud või kuidagi vähenenud. Nähtava tarbimise jätkudes tuleb kardest kiiremini põhi ette ka neil. Hinnangud erinevad, kuid realistlikumad neist ei paku isegi kivisöe puhul enam ühest sajandist pikemat armuaega.

Seevastu kasvuhoonegaaside emiteerimise patust puhta päikeseenergia potentsiaali inimkonna energiavajaduse katmisel peetakse üsna üksmeelselt piirituks. Teadlase teine mina on kahtlemine. Sestap oleks hea seda asja veidi lähemalt uurida. Hinnanguliselt kiirgab kogu Maa pinnale päikeseenergiat keskmise võimsusega umbes 95 000 teravatti (TW). Maismaad (29% maakera kogupinnast, millest omakorda 20–25% moodustavad kõrbed) toidab ligikaudu 27 550 TW voog, mis rohkem kui 1000-kordselt ületab inimkonna praegust primaarse energia tarbimiskiirust (umbes 20 TW). Tundub pikaks ajaks enam kui piisavalt. Siiski tuleb arvestada, et päikeseenergia potentsiaal sõltub erinevate regioonide päikesekiirgusest, mis varieerub vastavalt laiuskraadidele, kliimale ja muudele geograafilistele tingimustele. Sahara kõrb saaks toota hiiglasliku osa maailmale vajaminevast energiast tänu suurele aastaringsele kiirguse intensiivsusele. Aga kui keskmiselt katta 1–2% maismaast (mis võiks olla võimalik), tavalise 20% kasuteguriga päikesepaneelidega, jätkuks praeguse arengutempo juures kättesaadavast päikeseenergia võimsusest (55–110 TW) parimal juhul jälle vaid käesoleva sajandi lõpuni. Päikeseenergia kasutuselevõttu takistavad veel tema varieeruvus ja pikaajalise salvestamise piirangud, kuigi need on ilmselt lahendatavad edasiste tehnoloogiliste arengutega. Kuuldavasti Jaapan (<https://teadus.postimees.ee/8007741/jaapani-kosmiline-paikeseelektrijaam-esimene-energiavoog-jouab-sealt-maale-juba-jargmisel-aastal>) ja Island (<https://tehnika.postimees.ee/8127537/island-hakkab-saama-esimese-riigina-kosmosejaamast-paikeseenergiat>) juba planeerivad kosmilisi päikeseelektrijaamu, mis kogu aeg täisvõimsusel siravat Päikest naudivad.

Päikeseenergia inimkonna energeetika tähelepanu keskmesse sättimine peaks füüsikat õppinud lugejale meenutama, et meie planeet on termodünaamilises mõttes avatud, mitte isoleeritud süsteem ja tema energiavood on paratamatult osa energia liikumisest terves universumis (Dyson, 1979). Energia kui füüsika üks põhimõisteid on aegade jooksul tublisti teisenenud. 17. sajandi Newtoni mehhaanika kirjeldas energiat kui liikuvate masside omadust tööd teha. Seda definitsiooni täpsustas 19. sajandil küpsenud termodünaamika, näidates, et tegelikkuses saab vaid osa olemasolevast energiast tööks teisendada. Igapäevakeeles öeldes, töö tegemiseks kulutada. Võime pärast ehitada, säilitada ja soovi korral ka süsteeme hävitada kutsutakse termodünaamikas seda energia osa „vabaks energiaks“. Töö tegemiseks mitte sobiv energia hajub ümbritsevasse keskkonda seda soojendades. 20. sajandi alguses (1905) samastas Einstein oma erirelatiivsusteoorias energia massiga. Seni viimast läbimurret energia rikka olemuse mõistmisel tähistab Portsmouthi ülikooli professori Melvin Vopsoni alles mõne aasta tagune uurimus (Vopson, 2019), mis seob omavahel energia, massi ja informatsiooni. Selle järgi saabub vältimatult aeg, kui lõplike ressursside poolt kammitsetud inimkond ei suuda enam rohkem infot luua ega säilitada. Olukord, mida Vopson on tähistanud jõulise nimega informatsiooniline katastroof (https://arvamus.postimees.ee/7436056/teadlase-pilguga-arvi-freiberg-kas-teadmistel-on-piirid_fbclid=IwAR2cL4YabRcGFNhHfg1Ba3Ote1yb3m6gd3gGKBq93yxb-ecEgH7tKMakOGg, Vopson, 2020).

Viimane asjaolu muutis jäädavalt inimkonna universumi tunnetust. Ühe huvitava mullistusena tekkis arusaam, et kõiki looduse keerukaid kooslusi – galaktikaid, tähti, planeete, eluloodust ja isegi inimühiskonda – võiks ja tuleks käsitleda kui üksikuid korrastatud struktuure järjest kiirenevalt paisuvas ja seega üha ilmetu-

maks muutuvus universumis. Energia on paisuvas universumis ainuke korrastatud struktuuride tekkimist soosiv füüsikaline tegur (Prigogine, Nicolis jt, 1972). Kosmos sisaldab energiat kõige erinevates vormides, sealhulgas gravitatsioonina, valgusena, tuumaenergiana ja soojusena. Suurimat rolli eluslooduses mängib keemilistes sidemetes salvestatud energia. Selle energiavormi osatähtsus universumi energiabilansis on aga pigem marginaalne (Dyson, 1971). Struktuurid – nii elus kui elutud – on avatud mittetasakaalulised objektid, mis neelavad, töötlevad ja vabastavad (hajutavad) energiat. Nõndanimetatud „suur ajalugu“ – lugu, mis vaatleb kosmilist evolutsiooni ühtse protsessina, hõlmates aega ligi 14 miljardi aasta tagusest „suurest paugust“ kuni kaasaegse kõrgtehnoloogilise kultuurini – on sellise holistliku lähenemise loomulik tulemus (Aunger, 2007; Chaisson, 2014).

Tervikliku kosmilise evolutsiooni idee on iseenesest tore mõte. Aga kuidas ilma poeesiat appi võtmata võrrelda selliseid esimesel pilgul võrreldamatuid objekte nagu Päike ja inimene või galaktikate parve ja sipelgapesa. Sobiva ühisnimetaja otsingul hakati võrdlema erinevaid struktuure läbiva energia võimsustihedust ehk massiühikut ühe sekundi jooksul läbivaid energiavoogusid (Chaisson, 2014). See vaade osutus viljakaks, avastades suuri lahknevusi struktuure läbivates energiavoogudes. Näiteks meie kodugalaktikat Linnuteed ja teisi sarnaseid tähekoogumeid iseloomustav võimsustihedus on umbes 10^{-5} W/kg, samas kui inimühiskonna puhul ulatub see 50 W/kg (arvestades, et 8 miljardit inimest tarbivad energiat võimsusega 20 TW). Sellesse pea seitset suurusjärku hõlmavasse vahemikku mahuvad Päike ja tema tähesugulased (0,0001 W/kg), Maa koos sarnaste planeetidega (0,001 W/kg), taimed (0,1–1 W/kg) ja imetajad, sealhulgas inimesed (1–10 W/kg) (Chaisson 2024). Inimest iseloomustav arv (2 W/kg) näiteks saadakse hüpoteetilise keskmise inimese võimsuse (130 W, arvatud ööpäevas tarbitud toidu energiakoguse järgi) jagamisel tema keha massiga (65 kg). Neid arve analüüsid leidis Eric Chaisson koos kosmilise evolutsiooni eripärast etappi tinglike nimedega: Linnutee, Päike, Maa, taimed, loomad ja inimühiskond (Chaisson, 2014). Seevastu Robert Aunger peab kosmilise ajaloo periodiseerimisel õigemaks eristada vaid nelja ajastut: kosmoloogilist, bioloogilist, kultuurilist ja tehnoloogilist (Aunger, 2007).

Sõltumata konkreetsest lahterdusest näeme, et universumi energia võimsustihedus kasvab oleviku suunas üha kiirenevas tempos. Samuti kasvab see märgatavalt iga ajastu piires. Võrreldes 300 000 aastat tagasi elanud kütide-korilastega, on moodsa inimese käsutuses keskmiselt kümneid või isegi sadu kordi rohkem energiat. Kõige energiaaplamad on seejuures inimeste endi sepietatud asjad – masinad, nutiseadmed, arvutid ja nendel baseeruvad rakendused nagu tehismutt. Kui tavalist 100-hobujõulise mootoriga sõiduautot iseloomustab arv 60 W/kg, siis näiteks tehismuttele treeningkeskusi 200 W/kg, laevu ja lennukeid käitavaid gaasiturbiine 2000 W/kg ning turboreaktiivmootoreid juba ajastu tehnilise progressi piire korpav arv 20 000 + W/kg.

Olgugi, et viimased arvud peegeldavad eelkõige hiljutist tehnoloogilist arengut, pole alust loota sellega kaasnevat inimkonna energianälja leebumist. Pigem vastupidi. Efektivesamad, paremad ja kättesaadavamad tooted üksnes annavad võimalusi rohkematele (kohaseks näiteks võiks olla globaalse turismi areng) ja tekitavad uusi vajadusi turundusnipina inimeste alateadvuslikke kirgi takka utsitades. Seda rikošetiefekti (ing rebound effect) nime all tuntuks räägitud paradoksi märkas juba 1865. aastal inglise majandusteadlane William Jevons (1835–1882) (Font Vivanco, McDowall jt, 2016).

Aga mis võiks olla selle järjest kiireneva „energiapõletamise“ sügavam sisu Lotka – Vernadski – Lovelocki uurimistööd ladusid vundamendi teadmisele, et elu Maal on termodünaamiline mittetasakaaluline seisund, mida Maad läbivad energiavood võimaldavad ja stabiliseerivad (Prigogine, Nicolis jt, 1972; Kleidon, 2010; Kleidon, 2012). Maa mittetasakaalulisus väljendub tema atmosfääri ebatavalises koostises (sisaldades näiteks ülemäära palju hapnikku ja metaani, kuid liiga vähe veeauru), samuti tema pinnavormide suurtes kõrgusevahedes ehk topograafilistes gradientides. Igasuguste iseärasuste (täpsemalt öeldes, potentsiaali gradientide) kauane püsimine näib olevat vastuolus keskkoolist tuttava termodünaamika teise seadusega. See võrdlus pole siiski päris asjakohane, sest koolitükkides tavaliselt isoleeritud süsteemide kirjeldamisest kaugemale ei jõuta. Kosmoses paiknev Maa on aga avatud süsteem – eluslooduse mõistes organism – mis tarbib kõrge väärtusega Päikese kiirgusenergiat, samal ajal „mürgistuse vältimiseks“ madala kvaliteediga soojusenergiat väljutades. Toitava voo kuhtumisel või tema kvaliteedi kukkumisel laguneb ka „korratusest tekkinud kord“ ehk mittetasakaaluline seisund. Axel Kleidoni arvutuste järgi kulub Maa püsivas nihkeseisundis hoidmiseks igas sekundis 1750 TJ vaba energiat, mis teeb veidi alla 2% kogu Maa poolt omastatud päikeseenergiast (Kleidon, 2012). Elu aluseks oleva fotosünteesi panus sellesse voogu on umbes 215 TW. Sellest omakorda üle 30 TW kulub praegu inimkonna toitmiseks ja see arv, nagu eelnevalt selgitatud, lähitulevikus jätkuvalt kasvab. Väärrib üle kordamist, et energia tarbimise käigus energia hulk ei vähene (seda ei luba termodünaamika esimene seadus), küll aga kidub tema väärtus ehk kvaliteet. Energia kvaliteeti võib hinnata mitmel moel (Dyson, 1971). Selle kirjatüki teemast lähtudes piisab teadmisest, et kuumema keha (Päike) kiirgus on jahedama keha (Maa) kiirgusest üksjagu (umbes 20 korda) kvaliteetsem.

Hindamaks inimkonna mõju ümbritsevale looduskeskkonnale, tuleb fotosünteesi päriolu toitevoole lisada põhiliselt fossiilkütustest ammutatud vaba energia voog (20 TW). Nii saame kokku tubli 50 TW. Lootus, et see inimtegevusest vahetult mõjutatud energiavoog, mis muuseas märgatavalt ületab Maa geoloogiliste protsesside koguvõimsust (< 40 TW) (Kleidon 2012), mitte kuidagi Maa heaolu ei ohusta, on üsna lühinägelik. Sisuliselt on absoluutsest tasakaalust väljas oleva Maa puhul tegemist mittelineaarselt käituva kriitilise süsteemiga, kus isegi väikesed muutused võivad põhjustada süsteemi üleminekut raskesti ennustatavasse pöördumatusse olekusse või kriisi. Igapäevaseks teemaks tõusnud kliimasoojenemine võib olla üks projektsioon sellisest protsessist. Üha mastaapsemaks muutunud ja sagenenud looduskatastroofid teine. Ookeanide ja metsade viimasel ajal ootamatult vähenenud süsihappegaasi sidumine kolmas (<https://grist.org/international/what-happens-to-the-world-if-forests-stop-absorbing-carbon-ask-finland/>). Mittelineaarse süsteemi reaktsiooni olemuslikus määramatuses peitub ka kõikvõimalike geomudimiste (see võiks vast olla otsetõlkelise geoinseneeria suupärasem vorm) suurim oht (https://teadus.postimees.ee/7976479/uus-oht-geoinseneeria-abil-paiksevalgusevahetu-tokestamise-tulemus-voib-olla-kohutav_cx_testId=13&cx_testVariant=cx_1&cx_artPos=6&cx_experienceId=EX0PLHUETPT1#cxrecs_s). Isegi tuleviku üliintelligentne tehisnutt ei ole suuteline kõiki nende manipulatsioonide tulemusi ette ennustama. Sarnasel põhjusel hoiatab Kleidon (Kleidon, 2012) liiga mõtlematult agara fossiilkütuste asendamise eest päikese- või tuuleenergiaga. Energia jäävuse seaduse järgi lahutub niimoodi toodetud vaba energia planeedi summaar-

sest vabast energiast, mis kahtlemata viimase tasakaaluolekut mõjutab. Muide, mittetasakaaluline ehk mitte veel tasakaalus olek seostub loomuldasa kaduva seisundiga. Mis üksiti viitab meile tuntud eluvormide põhimõttelisele ajutisusele. Füüsikateooriad kahjuks veel inimühiskonna tulevikku ette ennustada ei suuda. Termodünaamika küll seab piirid, mida saab ja mida ei saa teha, kuid jätab lahti-seks kõik tegemiste rajad. Nii et kaugemale nägemiseks peab endiselt homme sündima. Küll aga saame kindlas kõneviisis rääkida, et ilma energiata pole võimalik head teha. Vaimusilmas näen, kuidas mu prantslasest sõber selle peale mühataks: *cherchez l'énergie* (otsige energiat)

Kasutatud kirjandus

- Aunger, R. (2007). A rigorous periodization of 'big' history. *Technological Forecasting and Social Change* 74(8): 1164–1178.
- Barnosky, A. D., J. H. Brown, G. C. Daily, R. Dirzo, A. H. Ehrlich, P. R. Ehrlich, J. T. Eronen, M. Fortelius, E. A. Hadly, E. B. Leopold, H. A. Mooney, J. P. Myers, R. L. Naylor, S. Palumbi, N. C. Stenseth and M. H. Wake (2014). Introducing the Scientific Consensus on Maintaining Humanity's Life Support Systems in the 21st Century: Information for Policy Makers. *The Anthropocene Review* 1(1): 78–109.
- Bobulescu, R. (2015). From Lotka's biophysics to Georgescu-Roegen's bioeconomics. *Ecological Economics* 120: 194–202.
- Brown, J. H., W. R. Burnside, A. D. Davidson, J. P. DeLong, W. C. Dunn, M. J. Hamilton, N. Mercado-Silva, J. C. Nekola, J. G. Okie, W. H. Woodruff and W. Zuo (2011). Energetic Limits to Economic Growth. *BioScience* 61(1): 19–26.
- Chaisson, E. J. (2014). The Natural Science Underlying Big History. *The Scientific World Journal* 2014(1): 384912.
- Chaisson, E. J. (2024). Energy Budgets of Evolving Nations and Their Growing Cities. *Energies* 15: 8212.
- Duncan, R. C. (1993). The life-expectancy of industrial civilization: The decline to global equilibrium. *Population and Environment* 14(4): 325–357.
- Dyson, F. J. (1971). Energy in the universe. *Scientific American* 225(3): 50–59.
- Dyson, F. J. (1979). Time without end: Physics and biology in an open universe. *Reviews of Modern Physics* 51(3): 447–460.
- Edmunds, W. M. and A. A. Bogush (2012). Geochemistry of natural waters – The legacy of V.I. Vernadsky and his students. *Applied Geochemistry* 27(10): 1871–1886.
- Font Vivanco, D., W. McDowall, J. Freire-González, R. Kemp and E. van der Voet (2016). The foundations of the environmental rebound effect and its contribution towards a general framework. *Ecological Economics* 125: 60–69.
- Garrett, T. J. (2014). Long-run evolution of the global economy: 1. Physical basis. *Earth's Future* 2(3): 127–151.
- Garrett, T. J. (2015). Long-run evolution of the global economy – Part 2: Hindcasts of innovation and growth. *Earth Syst. Dynam.* 6(6): 673–688.
- Gowdy, J. and L. Krall (2013). The ultrasocial origin of the Anthropocene. *Ecological Economics* 95: 137–147.
- <https://arvamus.postimees.ee/7436056/teadlase-pilguga-arvi-freiberg-kas-teadmistel-on-piirid> fbclid=IwAR2cL4YabRcGFNhHfg1Ba3Ote1yb3m6gd3gGKBq93yxb-ecEgH7tKMakOGg.

<https://grist.org/international/what-happens-to-the-world-if-forests-stop-absorbing-carbon-ask-finland/>.
<https://ourworldindata.org/population-growth-over-time>.
<https://sdgs.un.org/2030agenda>.
<https://sdgs.un.org/gsdrgsd2023>.
<https://teadus.postimees.ee/7976479/uus-oht-geoinseneria-abil-paiksevalgusevahetu-tokestamise-tulemus-voib-olla-kohutav> `cx_testId=13&cx_testVariant=cx_1&cx_artPos=6&cx_experienceId=EX0PLHUETPT1#cxrecs_s`.
<https://teadus.postimees.ee/8007741/jaapani-kosmiline-paikeselektrijaam-esimene-energiavoog-jouab-sealt-maale-juba-jargmisel-aastal>.
<https://tehnika.postimees.ee/8127537/island-hakkab-saama-esimese-riigina-kosmosejaamast-paikeseenergiat>.
<https://www.ubs.com/global/en/wealthmanagement/insights/global-wealth-report.html>.
<https://www.voronoiaapp.com/energy/Fossil-Fuels-Accounted-for-81-of-the-Worlds-Energy-Mix-in-2023-1695>.
<https://arvamus.postimees.ee/7865437/arvi-freiberg-kus-viga-naed-laita-seal-teadus-tuleb-ja-aitab>.
<https://ourworldindata.org/population-growth-over-time>.
<https://sdgs.un.org/2030agenda>.
<https://sdgs.un.org/gsdrgsd2023>.
https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADV-EC/WEOWORLD.
 Jackson, T. (2009). *Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet*. Routledge.
 Kallis, G., V. Kostakis, S. Lange, B. Muraca, S. Paulson and M. Schmelzer (2018). Research On Degrowth. *Annual Review of Environment and Resources* 43(Volume 43, 2018): 291–316.
 Kleidon, A. (2010). Life, hierarchy, and the thermodynamic machinery of planet Earth. *Physics of Life Reviews* 7(4): 424–460.
 Kleidon, A. (2012). How does the Earth system generate and maintain thermodynamic disequilibrium and what does it imply for the future of the planet *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 370(1962): 1012–1040.
 Lotka, A. J. (1922). Contribution to the Energetics of Evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 8: 147–151.
 Lovelock, J. E. and L. Margulis (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the gaia hypothesis. *Tellus* 26(1–2): 2–10.
 Meadows, Donella H., Meadows, Dennis L., Randers, Jørgen and Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth*. New York, Universe Books.
 Nordell, B. and B. Gervet (2009). Global energy accumulation and net heat emission. *International Journal of Global Warming* 1(1–3): 378–391.
 Prigogine, I., G. Nicolis and A. Babloyantz (1972). Thermodynamics of evolution. *Physics Today* 25(11): 23–28.
 Running, S. W. (2012). A Measurable Planetary Boundary for the Biosphere. *Science* 337(6101): 1458–1459.
 Syvitski, J., C. N. Waters, J. Day, J. D. Milliman, C. Summerhayes, W. Steffen, J. Zalasiewicz, A. Cearreta, A. Gałuszka, I. Hajdas, M. J. Head, R. Leinfelder, J. R. McNeill, C. Poirier, N. L. Rose, W. Shotyk, M. Wagreich and M. Williams (2020).

Extraordinary human energy consumption and resultant geological impacts beginning around 1950 CE initiated the proposed Anthropocene Epoch. *Communications Earth & Environment* 1(1): 32.

Steffen, W., J. Grinevald, P. Crutzen and M. John (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. A* 369: 842–867.

Wiedmann, T., M. Lenzen, L. T. Keyßer and J. K. Steinberger (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature Communications* 11(1): 3107.

Moodsate kliimauuringute algus Eestis

Sirje Keevallik

Selleks, et 1980-ndatel aastatel saaksid Eestis hakata arenema edukad kliimauuringud, oli vaja kombinatsiooni isiklikust energiast, kõrgetasemelisest matemaatikast ja võimalusest käia teaduslikel üritusel väljaspool praktiliselt suletud Nõukogude Liitu.

1978. aastal sai Eesti NSV Teaduste Akadeemia Astrofüüsika ja Atmosfäärifüüsika Instituudi (AAD) vanemteadur Olev Avaste uskumatu võimaluse töötada kolm kuud Ameerika Ühendriikides. Ta viibis 1. septembrist kuni 26. novembrini Fort Collinsis, Colorado Riiklikus Ülikoolis. Olev Avaste oli 1975. aastal kaitsnud doktoritöö „Lühilaineline kiirgusväli Maa atmosfääris“, mille oluliseks osaks oli päikesekiirguse levimine vahelduva pilvisuse tingimustes. Tema energia, suurepärase suhtlemisoskus ja hea inglise keel olid eelduseks, et tal tekkis sõpru rahvusvahelises teadusmaailmas. Fort Collinsis aga valmis kollektiivne monograafia ookeanide kohal oleva pilvevälja hinnangust (Avaste jt, 1979).

Satelliitmeteoroloogia alguseks võib lugeda Explorer 7 saatmist orbiidile 13. oktoobril 1959. Sellel kasutati Maa kiirgusbilansi mõõtmiseks Verner Suomi radiomeetrit, mis koosnes mustast ja valgest poolsfäärist. Idee oli lihtne: must neelab kõik, valge ainult infrapunase kiirguse.

1970. aastateks olid oma töö teinud juba TIROS-seeria satelliidid (*Television and Infrared Observational Satellite*), mida hiljem hakati kutsuma NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) satelliitideks. Monograafia ilmumise ajaks oli töös juba NOAA-4, mille nähtavas spektriosas skaneeriva radiomeetri andmed olid saadaval aastatel 1975—1976.

Esimeste meteoroloogiliste satelliitide infost olid huvitatud mitmed valdkonnad. Militaristidele pidid muidugi füüsikud andma tähtsaima teabe: kus ja millal on Maa kohal pilvevabad alad. See küsimus oli statistiliselt täiesti asjakohane, sest ligikaudu pool maakerast on pilves. Aga sellised atmosfäärifüüsikutele olulised atmosfääri seisundit iseloomustavat suurused nagu kiirgusbilanss ja pilvkatte ulatus ning paksus globaalses plaanis olid tollal veel täiesti uurimata. Nii ongi ülalnimetatud kollektiivses monograafias pigistatud satelliidipiltidest välja nii palju kui võimalik: eri andmestike võrdlus, pilvevälja aastane muutlikkus ookeanide kohal, pilvisuse trendid mõne väiksema piirkonna kohal. Kõige paljulubavamad olid aga esimesed vihjed sellele, et pilvehulka saab hinnata Maa kiirgusbilansi komponentide kaudu. Selleks võeti aluseks vaatlustest tuntud tõde, et pilved on nähtavas kiirguses heledamad kui aluspind, mistõttu ülalt vaadates peaks Maa albeedo ehk peegeldunud kiirguse suhe pealelangevasse olema järgmine:

$$A = A_S(1 - C) + CA_C, \quad (1)$$

kus A on mingi piirkonna albeedo, A_S on selge taeva albeedo, C on pilvehulk ja A_C on pilvkatte albeedo.

Paneme tähele, et kollektiivse monograafia paljude autorite hulgas on ka AAI teadur Olavi Kärner, pühendunud matemaatik. Et satelliidiandmeid on erinevaid ja palju, oli vaja kedagi, kes oskaks neid statistiliselt töödelda ja seeläbi suurest arvudemassist olulise välja sõeluda. Nii võttiski Olev Avaste kampa Olavi Kärneri, kelle 1974. aastal kaitstud kandidaaditöö sisuks oli Tõravere aktinomeetriaaamas registreeritud pilvisuse ja summaarse kiirguse andmete ajalise muutlikkuse uurimine. Juba siin näitas Olavi end oivalise aegridade analüüsi spetsialistina.

Järgmisena naasis Olev Avaste Ameerikast suure magnetlindiga, millel olid NOAA satelliitide skaneeriva radiomeetri andmed planetaarse albeedo kuu keskmiste väärtuste kohta ajavahemikul 1974–1977 võõndis laiusel 60°S–60°N. Kastide suurus oli 2,5° x 2,5°. Sama lahutusega 15 päeva keskmised olid pärit Nimbus-3 mõõtmistest ajavahemikus 1969–1970.

Peagi valmis nende andmete põhjal esimene uurimus (Avaste jt, 1981), kus valemit (1) kasutades hinnati pilvisuse hulka võõtmes 45°N–45°S. Viidati ka raskusele, et mingi ruudu kohal oleva planetaarse albeedo väärtus võib tähendada kaht täiesti erinevat asja: pilvede väike albeedo ja ruudu suur kaetus või pilvede suur albeedo ja vähene hulk. Kokkuvõttes aga tõdeti, et seniste meetoditega saab pilvehulga kohta rahuldavaid tulemusi vaid siis, kui on tegemist ühtlase aluspinnaga või piirkonnaga, kus on vähe pilvi.

Kohe järgnes ka esialgne uurimus pilvede ülapiiri temperatuuri kohta (Avaste jt, 1982). Siin kasutati valemile (1) sarnast valemit planeedilt lahkuva soojuskiirguse jaoks:

$$\Phi = \Phi_S(1 - C) + C\Phi_C, \quad (2)$$

kus Φ on mingist piirkonnast lahkuv pikalaineline kiirgus, Φ_S on selge taeva korral lahkuv pikalaineline kiirgus, C on pilvehulk ja Φ_C on pilvkattelt lahkuv pikalaineline kiirgus.

Nii sai lisaks pilvede hulgale mingi täpsusega määrata ka pilvede ülapiiri kõrguse eeldusel, et nii aluspind kui ka pilved kiirgavad nagu absoluutselt must keha. Loomulikult analüüsiti vaid ookeani kohal olevaid ruute, sest temperatuuri ebahütlane jaotumine maismaal ei andnud viisakaid hinnanguid suuremalt alalt lähtuva soojuskiirguse kohta.

Need uurimused jõudsid kähku ka rahvusvahelisele areenile. Esialgsed tulemused kandis Olev Avaste ette IAMAP-i konverentsil juba aastal 1981. Minul aga õnnestus osaleda COSPAR-i (*Committee on Space Research*) konverentsil, misjärel meie ettekande laiendus jõudis trükki (Avaste jt, 1985). Samuti sain rääkida pilvisuse parameetritest eri kliimavööndites IAMAP-i konverentsil 1985. aastal Honolulu.

Aga läheme ajas veidi tagasi. 1983. aastal oli kaheteistkümmel Eesti teadlasel võimalus osaleda Hamburgis toimival IUGG (*International Union of Geodesy and Geophysics*) peaassambleel. Nimelt võttis Eesti NSV Teaduste Akadeemia Termofüüsika ja Elektrofüüsika Instituudi uurimislav Aju-Dag nad pardale ja viis Hamburgi, kus meremehed muutusid tusasteks, sest pikalt kai ääres seismine polnud neile kasulik. Tollal oli üsna vabalt maailmas ringi liikuv Olev Avaste parajasti Rahvusvahelise Kiirguskomisjoni (IRC) liige ja pidi edasi liikuma Rahvusvahelise Meteoroloogia ja Atmosfäärifüüsika Assotsiatsiooni (IAMAP) Täitevkomiteesse. Ta arvas, et mina võiksin tema asemel tegutseda kiirguskomisjonis ja oli sel teemal juba komisjoni esimehe Hans-Jürgen Bollega rääkinud. Kui ma tema saatel komisjoni istungile ilmusin, nägin mõnevõrra üllatunud nägusid – mu eesnimi ei lubanud ju aimata, mis soost on kandidaat. Igal juhul tegutsesin kiirguskomisjonis aastatel

1983–1992 ja 1996–2004. Vahepeal oli liikmeks Olavi Kärner, nii et Eesti järjepidevus seal ei katkenud. Peagi saabus Tõraverre järgmine magnetlint. Sedapuhku oli selle transportinud üle ookeani Kirill Kondratjev ja see sisaldas Nimbus-7 andmeid ajavahemikul novembrist 1978 kuni oktoobrini 1986. Paljude muude programmide seas oli sellel satelliidil spetsiaalne eksperiment Maa kiirgusbilansi hindamiseks, mille tarbeks oli 10 Päikese poole ja 12 Maa poole suunatud kanalit. Osa neist läks üsna kähku rivist välja, aga ülejäänud registreerisid peegeldunud kiirgust lainepikkuste vahemikus 0,2–3,8 μm ja kogukiirgust lainepikkuste vahemikus 0,2–50 μm . Siit sai hõlpsasti eraldada kiirguse lühilainelise ja pikalainelise osa. Ruutude suurus arhiivis oli sedapuhku 500 km².

Esimesed artiklid ilmusid jälle Moskvas ja käsitlesid pilvitu taeva planetaarse albeedo määramist ning kuu keskmise pilvisuse ümberjaotumist suures piirkonnas, milles aasta keskmine pilvehulk jääb samaks. Jälle ruttasime seda esitama väljaspool Nõukogude Liitu, sedapuhku 1988. aastal toimunud Rahvusvahelisel Kiirguskonverentsil IRS (International Radiation Symposium) Lille'is (Keevallik ja Kärner, 1989a). 1989. aasta IAMAP-i konverentsil aga oli teemaks juba pilvede kiirgusmõjutus ehk vahe hüpoteetiliselt pilvitul atmosfäärilt lähtuva ja satelliidilt tegelikult mõõdetud kiirgusvoogude vahel (Keevallik ja Kärner, 1989b).

Edasi võttis Olavi käsile süvamatemaatilise statistika, mis lubas pilvehulga empiirilisest sagedusjaotustest eraldada normaaljaotuste komponendid. Kõigepealt võeti vanade maapealsete vaatluste alusel koostatud pilveatlase andmed ja katsetati seda NSV Liidu Euroopa-osa jaoks aastatel 1979–1981. Tulemusena sai selgesti eristada pilverežiime, mis on seotud tsüklonaalse ja antitsüklonaalse tsirkulatsiooniga. Loomulikult oli himu rakendada sama meetodit Nimbus-7 kiirgusandmetest tuletatuga. Seda saigi tehtud väga väikese osa kohal troopilisest ookeanist, kus pilvede sagedusjaotustest ilmses El Niño mõju. Nüüd tuli Olavil hulljulge plaan mitte enam loota konverentsietekannetele järgnenud publikatsioonidele, vaid saata artikkel otse mingisse mainekasse ajakirja. Nii saigi tehtud ja artikkel pärast pool aastat kestnud ümbertegemist avaldatud (Kärner ja Keevallik, 1990). Sellest innustust saanud, tuli Olavi välja järjekordse esialgu võimatuna tundunud mõttega: Maa kiirgusbilansi põhilisteks modulaatoriteks on pilved. Nende jaotust ja ümberjaotust on palju kirjeldatud, pilvede kiirgusmõjutust ja kiirgusbilansi tundlikkust pilvevälja muutuste suhtes uuritud. Miks mitte kirjutada ingliskeelne monograafia

Aga vahepeal tuli korraldada Rahvusvaheline Kiirguskonverents IRS'92.

Olev Avaste oli kogu elu jooksul agaralt tegev teadustöö organiseerimisel. Ta valiti IRC liikmeks 1975. aastal ja juba järgmise aasta sümposiumil IRS'76 Garmisch-Partenkirchenis kutsus ta IRC liikmeid üles korraldama järgmine kohtumine Tallinnas. Sel aastal komisjonis siiski hääletamiseni ei jõutud. See toimus 1977. aastal IAMAP-i konverentsi ajal Seattle'is. Tallinnale oli vahepeal tekkinud konkurendiks Fort Collins, Colorado, mis ka järgmise sümposiumi koha endale sai. Avaste ei jätnud jonnki, vaid esitas Tallinna kandidatuuri IRS'84 toimumise kohaks. Jälle toimus hääletamine IAMAP-i konverentsil Hamburgis aastal 1981. Seekord tuli Tallinnal hääletega 8: 13 alla jääda itaallaste pakutud Perugia. Kuna IRS'88 oli pea automaatselt antud kiirguskomisjoni tollase presidendi Jacqueline Lenoble'i kodulinnale Lille'ile, siis tuli Tallinnal jälle neli aastat oodata. Aga Lille'is me võitsime. Asusime kohe tegutsema. Tagasilööki tuli aastal 1991 Viinis IUGG peaassambleel, kus kohal olles kuulsime putšist Moskvas ja tankidest Tallinnas. Siis tuli ka päevavalgele, kes on kes... Esialgu jäi küsimus lahtiseks. Aga et poliitiline olukord stabiliseerus pea-

gi, jätkasime ettevalmistusi.

Kiirguskonverentside ajalugu algab aastaga 1932. Teemaatika on alati olnud seotud sellega, mis maailmas on parajasti aktuaalne. Nii käsitles IRS'32 peamiselt mõõtmistehnika probleeme, IRS'64 kiirguslevi teooriat ja infrapunaspektroskoopiat, aga ka kiirgusvälja seoseid atmosfääri tsirkulatsiooniga ja kiirgusvoogude vertikaalprofiilide mõõtmist. IRS'76 pani rõhu aerosoolile ja atmosfääri kaugelelidarite ja satelliitide abil. Et IRS'88 peamised teemad olid seotud pilvede ja kiirgusbilansiga ning huvi kiirguse ja kliima seoste vastu üha kasvas, siis otsustasime pärast pikki vaidlusi instituudis sellega jätkata.

Sümposiooni korraldamisest poliitilise ja majandusliku turbulentsi tingimustes võiks kirjutada terve raamatu. Siin piisab ehk sellest, et eelarveid tuli teha kolm: rublades, dollarites ja Eesti kroonides. Külaliste kutsujaks oli AAI eesotsas tollase direktori Tõnu Viigiga. Kogu sekretäritöö võttis enda õlgadele imeline Tiiu Pehk. Aga sellest jäi väheks, sest poliitilise olukorra muutumise järel ei töötanud enam tavalised toimeahelad. Õnneks oli AAI-l abiks võtta 1989. aastal loodud optimistlik infotehnoloogiaettevõtte ASTRODATA, kus ka kõige raskemad ülesanded lahendati nalja ja naeru saatel. Ettevõtet juhtis Jaak Anton, talle sekundeerisid Peeter Kalamees ja Kaarel Ross.

Sümposioonil oli neli sektsiooni, millel kõigil oli rahvusvahelise juhataja kõrval ka keegi Eestist. Nii olid ametis Sirje Keevallik (*Cloud Radiative Interactions*), Olavi Kärner (*Radiation and Dynamics in Climate*), Rein Rõõm (*Remote Sensing of the Atmosphere and the Land Surface*) ja Aavo Heinlo (*Fundamental Problems of Atmospheric Radiation*). Kogu konverents aga oli pühendatud Olev Avastele, kes suri 18. juulil 1991.

Sümposioonil oli 174 osavõtjat 21-st riigist, sealhulgas 22 Eestist. Teeside arv oli 311, sealhulgas 13 Eestist. Päevselge, et rahvusvahelise konverentsi toomine koju kätte lubas selles osaleda ka neil, kes naljalt välismaale ei pääsenud – nõukogude ajal poliitilistel põhjustel ja uuel ajal rahapuudusel.

Oli kombeks, et konverentsikogumiku toimetajateks on sümposiooni kohalikud korraldajad. Nii ka seekord (Keevallik ja Kärner, 1993). Selles kogumikus on Eesti teadlaste artikleid 10.

Pärast lühikest hingetõmbeaega jätkasime monograafiaga. Vahepeal oli Nimbus-7 andmete põhjal tekkinud kaheparameetrilise efektiivse pilvisuse kontseptsioon (Kärner jt, 1992). Lähtuti ikka valemist (1) ja (2), aga täpsustati aluspinna albeedo määramist, mis lubas 500 km² suuruste ruutude baasil anda kuu keskmise selge taeva albeedo kogu vööndis 58,5°S–58,5°N jaanuari ja juuli jaoks. Pilvekihi tsonaalne albeedo loeti sõltuvaks Päikese seniitnurgast, lahkuv pikalaineline kiirgus selge taeva puhul arvutati temperatuuri ja niiskuse ning CO₂ ja O₃ kontsentratsiooni kliimaatilistest andmetest. Teatud piirangutega tuletati soojuskiirguse andmetest pilvekihi ülemise piiri kõrgus. Defineeriti ka efektiivse pilvisuse mõiste. Nimelt lähtuti asjaolust, et pilvehulk C on võrdeline planetaarse albeedo ja selge taeva albeedo vahega ($A - A_S$), jättes tähelepanuta pilvede vertikaalse jaotuse ja selle mõju. Samuti võib muutuda pilvede albeedo, aga ka see taandati pilvehulga muutusteks, sest tollal pakkus huvi peamiselt pilvkatte energaetiline efekt. Nii tekkisid 8 aasta kuukeskmised kaardid efektiivse pilvisuse hulga ja pilvede ülapiiri kõrguse kohta koos ruutkeskmise hälbega. Need saidki monograafia alustaladeks (Kärner ja Keevallik, 1993).

Monograafia publitseerimine oli tihedasti seotud kiirguskonverentsiga, sest konve-

rentsikogumiku kirjastajaks oli traditsiooniliselt A. Deepak Publishing, mille omanik Adarsh Deepak oli ühtlasi tunnustatud atmosfäärifüüsik. Seepärast saime temaga kergesti kaubale.

Poliitiliste mullistuste aega jäi veel üks oluline sündmus, mis avas Eesti kliimauuringutele tee Euroopa teadusmaailma – Läänemere Eksperimendi BALTEX loomine. Selle eestvedaja oli Ehrhard Raschke, kelle tegevus atmosfääri kiirguse valdkonnas oli laienenud huviks kogu energia ja vee ringkäigu vastu. Pärast raudse eesriide varisemist sai ta esimesena aru, et nüüd on lõpuks võimalus ühendada kõik Läänemere vesikonnas asuvate riikide meteoroloogilised, hüdrooloogilised ja okeanograafilised andmebaasid, et neid kasutada nii traditsioonilisteks kliimauuringuteks kui ka toimuva modelleerimiseks. Tallinnas toimunud kiirguskonverentsi ajal esitaski ta oma nägemuse. Eesti roll oli esialgu andmete ühtlustamine ja digitaliseerimine, aga tänu BALTEX-i teaduskonverentsidele, mida ühtekokku korraldati seitse, läks ka nn Idabloki maades rõhk teadustegevusele, nii et alates aastast 2001 kuni BALTEX-i lõpuni aastal 2013 kuulusin Eesti esindajana BALTEX-i teadusnõukogusse ja sain BALTEX-i viimasel teaduskonverentsil teha kokkuvõtte emotsionaalsest koostööst ida ja lääne vahel (Keevallik, 2013).

BALTEX-i teaduskonverentse hakati korraldama aastal 1995, seda tehti igal kolmandal aastal ja toimumiskohtadeks olid eranditult Läänemere saared. Eestist oli ettekandeid järgmiselt: Gotlandil 11, Rügenil 5, Ahvenamaal 9 ja Bornholmil 8. Viimasel kolmel konverentsil Saaremaal, Wolinil ja Ölandil oli igaühel Eestis 13 ettekannet. Kuningakodade huviliste jaoks lisan, et BALTEX-i viimase, 2013. aasta konverentsi esimesel päeval viibis kuulajate esireas ka Rootsi kuningas Carl XVI Gustaf. Paneme nüüd tähele huvitavat asjaolu: just sel aastal, mil ilmusid IRS'92 kogumik ja raamat efektiivsusest pilvisusest, kaitses Olavi Kärneri käe all valminud doktoritööd Piia Post, kellest aastal 2013 sai BALTEX-ist välja kasvanud projekti Baltic Earth teadusnõukogu liige ja aastal 2023 Tartu Ülikooli kliimateaduste professor. See tähendab, et Olev Avaste poolt istutatud ja Kärner-Keevalliku tandemi poolt hoolega kastetud taimed on kasvatanud ilusad õied.

Kasutatud kirjandus

- Avaste, O.A., G.G. Campbell, S.K. Cox, D. De Masters, O.Ü. Kärner, K.S. Shifrin, A.E. Smith, E.I. Steiner, and T.H. Vonder Haar. On the estimation of cloud-amount distribution above the World Oceans. Colorado: Atmosph. Science Pap. No. 309, Colorado State University, Fort Collins; 1979.
- Avaste jt 1981 = O.A. Авасте, О.Ю. Кярнер, С.Х. Кээваллик. О количестве облаков в зоне 45°с.ш.–45°ю.ш. над земным шаром. Метеорология и гидрология, 7, 54–60.
- Avaste jt 1982 = O. Авасте, О. Кярнер, С. Кээваллик. Оценка температуры верхней границы облачности над Мировым океаном. Метеорология и гидрология, 6, 54–59.
- Avaste, O., O. Kärner, S. Keevallik. Statistical estimation of cloudiness parameters. *Advances in Space Research*, 1985; 5, 6, 187–195.
- Keevallik, S., O. Kärner. On cloud amount probability distributions. In: *IRS'88: Current Problems in Atmospheric Radiation*. Ed. by J. Lenoble and J.-F. Geleyn, A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia; 1989a.
- Keevallik, S., O. Kärner. Statistical analysis of shortwave cloud forcing above the tropical oceans. *IAMAP V Scientific Assembly, Reading, 31 July – 11 August 1989*. Abstracts, RB–15; 1989b.

- Keevallik, Sirje and Olavi Kärner (Eds.). IRS'92: Current Problems in Atmospheric Radiation. A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia; 1993.
- Keevallik, Sirje. East and West and BALTEX. BALTEX Newsletter, 2013; No. 16.
- Kärner, O. and S. Keevallik. Gaussian components of cloud amount frequency distributions. *Theoretical and Applied Climatology*, 1990; 41, 69—79.
- Kärner, O., S. Keevallik and P. Post. A two-parameter approximation in cloudiness variability studies. *Atmospheric Research*, 1992; 27, 231—252.
- Kärner, Olavi and Sirje Keevallik. *Effective Cloud Cover Variations*. A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia; 1993.

Gravitatsioonilained gravitatsiooniläätstes

Laur Järv

Nii aegruumis edasi kanduvaid võbelusi kirjeldavad gravitatsioonilained kui gravitatsiooniläätse efekt, kus samast objektist hakkab paistma mitu kõrvuti asetsevat kujutist, olid mõlemad Einsteini üldrelatiivsusteooria ühed varasemad ennustused. Samas vaatluslikult õnnestus kosmoses esimest gravitatsiooniläätse näha pool sajandit ning esimesi gravitatsioonilaineid detekteerida sada aastat pärast nende algset matemaatilist tuletamist. Gravitatsioonilainete käitumisest gravitatsiooniläätse läbimisel räägivad hetkelgi vaid üksnes teoreetikute arvutused. Kuid vaatlusvõimsuste arenenedes peaks seegi nähtus loodetavasti varsti märgatud saama ning paarikümne aasta pärast võiks sellest kujuneda oluline täppisinfo allikaks Universumi koostise ja aluseaduste kohta.

Gravitatsioonilained

Tähetorni Kalendri tähelepanelikule lugejale on gravitatsioonilained tuttavad Piret Kuuse vastavast ülevaatest 2019. aasta Kalendris (Kuusk, 2018). Gravitatsioonilainete esmase registreerimise lugu Ameerika LIGO detektorite paari poolt on kaasaja teaduse vaieldamatu suursaavutus. Käsikäes LIGO-ga püüavad täna gravitatsioonilaineid ka eurooplaste Virgo ja jaapanlaste KAGRA ning mõne aasta pärast võiks seltskonnaga liituda lisaks ka LIGO-India. Käesoleva loo kirjutamise hetkeks on avaldatud kolme mõõtmisperioodi andmed kokku ligi saja gravitatsioonilainete sündmuse kohta ning teadlased ootavad põnevusega selle nimekirja peatset pikemist.

Kui tavaliselt mõtleme lainetest kui millegi ruumis edasi kanduvatest võngetest, näiteks helilained on õhu molekulide tiheduse perioodilised muutumised ja valguslained elektri- ja magnetvälja vastastikku teineteist genereerivad võnked, siis gravitatsioonilainete puhul on võnkumas tegelikult ruum ise. Üldrelatiivsusteoorias kirjeldab aegruumi struktuuri, täpsemalt aegruumi punktide vahelisi kauguseid diferentsiaalgeomeetria suurus nimega meetrika. Kui jagame meetrika väärtuse üldiseks taustaks (näiteks tühi tasane ruum või ühtlaselt paisuv kosmos) ning sellele lisanduvateks väikesteks häiritusteks, siis pannes antud lähendi Einsteini võrranditesse, saame häirituste jaoks tavalise lainevõrrandi, mis on üsna sarnane elektromagnetlainete omale. Seepärast on üsna sarnased ka tolle võrrandi lahendid, mida võime tõlgendada kui ruumis edasi kanduvaid võnkumisi, mis toimuvad laine leviku suunaga risti olevas tasandis. Kuivõrd meetrika mõõdab punktide kaugusi ruumis, siis näiteks z -telje suunas leviva gravitatsioonilaine korral tähendab see, et perioodiliselt venitatakse välja ja surutakse kokku kauguseid $x - y$ -tasandis. Kui sellise laine teele jääb mingi materiaalne objekt, siis ka tolle kõrgus ja laius muutuvad vastavalt. Gravitatsioonilainet võiks ette kujutada nii, et ruum teatud suunas natukene paisub, tõmbub kokku, paisub uuesti jne. Gravitatsioonilaine tekitatud suhtelist kauguste muutust $\frac{2\Delta l}{l}$ nimetatakse venituseks ning enamasti jääb

see sedavõrd tillukeseks, et mingit tuntavat mõju ainele ei oma. LIGO poolt mõõdetud venitus on suurusjärgus 10^{-18} m ehk sajandik prootoni efektiivsest läbimõõdust ja seda interferomeetri 4 km pikkuse õla kohta. Mõõtmine õnnestub vaid see-tõttu, et valgusel lastakse tuhandeid kordi piki õlga edasi-tagasi pendeldada, nii et sedasi akumuleerunud teepikkuse muutus osutub lõpuks täppisriistadega tabata-vaks.

Gravitatsioonilaine signaali eristamiseks juhuslikest keskkonna vibratsioonidest (näiteks rongiliikluse, ehitustööde või ka maavärinate tekitatuist) ongi vaja mitut üksteisest kaugel asuvat interferomeetrit, sest kohalikud mürad tõenäoliselt kokku ei lange. On veel teine põhjus, miks gravitatsioonilainete detektoreid on parem töös hoida mitu ja üksteisest kaugel. See on analoogiline sellega, miks loomad on kaks kõrva, tihti teine teisel pool pead. Asi on signaali suuna määramises. Kui on teada signaali jõudmise täpne aeg erinevatesse detektoritesse, siis on võimalik ka välja raalida, kust poolt see saabub. Üks detektor tunneb ära ainult selle, et signaal oli, kuid suuna kohta info puudub. Kaks detektorit suudavad fikseerida signaali suuna omavahelise telje sihis, aga mitte omavahelise teljega risti tasandis. Kolm detektorit saavad põhimõtteliselt juba suuna kätte, aga täpsus paraneb, kui detektoreid on veel.

Gravitatsioonilained teeb astronoomidele huvitavaks see, et Universumis pole praktiliselt midagi, mis nende levikut takistaks. Valgus või elektromagnetlained üldiselt kipuvad teele jäänud aineosakestel hajuma või neil lausa neelduma, nii et igasugused kosmilised tolmutpilved varjavad ja moonutavad selget vaadet kaugetele objektidele ning vahetult tähe selja tagant ei paista välja enam midagi. Aga gravitatsioonilained põrutavad tolmutpilvedest, tähtedest ja ka galaktikatest suurema mure ja häbita läbi, märkimisväärselt kahju kandmata ja jälgi jätmata. Natuke segane on ainult see, kas lained saavad minna ka läbi musta augu, sest must auk pole lihtsalt ainek koosnev materiaalne keha ruumis vaid omamoodi ruumi anomaalia, st samasugune aegruumi kõvera geometria nähtus nagu gravitatsioonilainedki.

Kui elektromagnetlainete kiirgamiseks on vaja panna eletrilaengud kiirendu-sega liikuma, näiteks jooksutada neid piki antenni edasi-tagasi, siis gravitatsioonilaine tekitab igasugune kiirendusega liikuv mass. Erandiks on ainult teatud väga süm-meetrilised konfiguratsioonid nagu ümber oma telje pöörlev või tsentraalselt pul-seeruv ühtlane keha, mille puhul gravitatsioonikiirguse välistab impulsi jäävuse seadus. Kuna ebaühtlasi ehk seega kiirendusega liikumisi on maailmas igal pool, sh mistahes võnkumised, siis on maailm risti-põiki täis ka gravitatsioonilaineid. Ainult nende lainete amplituud (ehk ülal mainitud venitus) on sedavõrd väike, et sää-raste „salasinate” registreerimine tundub ulmeline mõte. Märgatava laine saa-miseks on vaja astronoomilisi masse ja tohutut kiirendust, mida niisama naljalt ei kohta.

Piisavalt võimsaid gravitatsioonilaineid lubava konfiguratsiooni pakub teadagi tei-neteise ümber tiirlev mustade aukude paar. Must auk tekib jäänukina massiivse tähe plahvatuses supernoovana. Tema mass on võrdne vähemalt mitme Päikese massiga, aga raadius on vaid paar kilomeetrit. Vahel juhtub, et kaksiktähe mõlemad komponendid lõpetavad oma tähe-elu musta auguna, mis nõndaks teineteise üm-ber tiirlema jäävad. Iga sellise tiiruga genereeritakse kaks graviatsioonilaine võn-get, mis süsteemist energiat ära viivad ja aegamööda vähendavad mustade aukude omavahelist kaugust. Peale sadu miljoneid või lausa miljardeid aastaid tiirlemist on mustade aukude omavaheline kaugus langenud paarikümnele kilomeetrile, tiirle-

mise sagedus on kasvanud mitmekümne korrani sekundis ning joonkiirus ligineb juba kümnendikule valguse kiirusest. Niisugust röögatut olukorda ette kujutades võiksime ka juba intuiitiivselt tunda, kuidas ruum lihtsalt peab sellega kaasa laine-tama. Kokkutiirlemise viimane faas ja aukude ühinemine võtab lõpuks vaid murd-osa sekundist, ent selle jooksul kiirgub gravitatsioonilainetena energiahulk, mis on ületab kogu nähtavas Universumis paistvate tähtede tavapärase kiirguse energia. Kuigi lainete amplituud allikast kaugenedes järjest väheneb, on need meieni jõu-des siiski registreeritavad.

Mustade aukude paari ühinemine on kosmoses haruldane sündmus, aga aeg-ajalt seda siiski juhtub, kui võtta piisavalt ulatuslik ruumala. Seni mõõdetud gravitat-sioonilainete allikad on olnud hinnanguliselt sadade miljonite kuni üle miljardi valgusaasta kaugusel. Mastaapide hoomamiseks võime seda võrrelda Linnutee ga-laktika läbimõõduga 100 000 valgusaastat, kohaliku galaktikate grupi läbimõõduga 10 miljonit va, Virgo galaktikate parve ulatusega 100 miljonit va ning 100 000 galak-tikat koondava Laniakea superparve mõõtmega 500 miljonit va. Praeguste detek-torite tundlikkus võiks lubada tabada 5 miljardi valgusaasta tagant lähtuvat kahe musta augu ühinemise signaali, kaugemad jäävad hetkel liiga nõrgaks.

Gravitatsioonilaine tekitamiseks ei pea tiirlevat paari kindlasti moodustama mustad augud. Üheks või ka mõlemaks paariliseks võib samuti olla neutrontäht, mille mass jääb musta augu omale natuke alla, aga oma kilomeetrites mõõdetava raadiu-sega on ta samuti väga kompaktne objekt. Kahe neutrontähe kokkutiirlemise lõpus vallandub lisaks gravitatsioonilainetele ka elektromagnetlainete sähvatus, mille te-kitab suurel kiirusel kokku põrkav neutronitest täheaine. 2017. a mõõdetud gravi-tatsioonilainega käis sekundipealt kaasas samast suunast tulev gamma-kiirte pur-se, mis kinnitas Einsteini üldrelatiivusteooria matemaatilist ennustust, et gravitat-sioonilained levivad sama kiirusega nagu valgus. Kui valguse ja gravitatsioonilaine kiirused teineteisest kergeltki erineksid, siis sajatuhande valgusaasta teekonna lä-bimise järel pidanuks kiirem laine juba märkimisväärselt ette jõudma ning tunta-valt varem meile kohale jõudma.

Gravitatsiooniläätсед

Valguskiire paindumist massiivse keha poolt kõverdatud aegruumis ennustas Ein-stein ette kohe üldrelatiivsusteooriat luues ning kui Arthur Eddington selle efekti 1919. a päikesevarjutuse ajal ära mõõtis, siis oli see uue teooria esimene uhke kat-seline kinnitus. Tegelikult mõtiskles Einstein ka selle üle, et kui massiivne keha jääb valguskiirguse allika ning vaatleja vahepeale samale teljele, siis peaksid võrdsest vaatleja poole painduma nii kehast paremalt kui vasakult, ülevalt ja alt, ehk igast küljest mööduvad kiired. Otsesihis allikat näha ei ole, sest seda varjab tee peal ees olev massiivne keha, aga vaatlejani jõuavad ruumi kõveruse tõttu suunda muut-nud kiired, nii et vaatleja jaoks peaks nõnda allikast paistma ringikujuline kujutis. Einstein ei avaldanud oma arvutusi trükis enne kui 1936. a ning seepärast loetakse gravitatsiooniläätse teoreetiliseks esmakirjeldajaks vene füüsikut Orest Hvolsonit (1924), selle nähtuse vaatluslikeks avastajateks on aga ameerika Kitt Peaki observa-tooriumi astronoomid 1979. a.

Natuke meenutab gravitatsiooniläätse efekt valguskiirte koondamist optilise läätse poolt, ent siin on ka mõned olulised erinevused. Kui optilises läätses paindub kiir aine (klaasi) pinnal murdumise tõttu ja kujutis tekib vastavalt läätse pinna kujule, siis gravitatsiooniläätstes on painutajaks ruumi kõverus, mis on küll aine (massiiv-

se keha) gravitatsiooni poolt tekitatud, kuid paindumise kohas endas aine rolli ei mängi. Optilise läätse saab konstrueerida nii, et sellel on fookus, kuhu kõik läätse läbinud kiired koonduvad. Samas gravitatsiooniläättsel on ühe fookuspunkti asemel fookustelg, sest kuivõrd painutav kõverus sõltub objektist möödumise kaugusest, siis lähemalt mööduvad kiired painduvad rohkem ja piki telge on nende fookus läätsele lähemal. Siiski, tänu kiirte koondumisele toimib ka gravitatsiooniläätse signaali võimendajana, ehk kui otse oleks meieni jõudnud vaid üks kiir, siis paindumise geomeetria tõttu saabub erinevaid teid pidi kohale kiirte kimp.

Gravitatsiooniläätse tekitajaks võib olla mistahes mass, olgu selleks täht, must auk, galaktika või galaktikate parv. Mida suurem mass, seda suurem on mõju ruumi kõverusele ja seda võimsam lääts. Täpsemalt on läätse efekt võrdeline keha Schwarzschildi raadiusega, st mõttelise piiriga, milleni keha kokku surudes tekiks juba must auk. Seega tinglikult suure ruumalaga hõreda ning väikese ruumalaga tiheda objekti puhul saame sarnase võimsusega läätse.

Põnev, et see tekitav mass võib vahel olla muul moel „nähtamatu”, st selline, mis ise elektromagnetkiirgust ei neela ega kiirga. Näiteks üks meetod galaktikaid ümbritsevate tumeaine halode uurimiseks ongi vaadata, kuidas mingi galaktika materia otse kaugel enda taga olevate muude galaktikate valgust painutab. Väga harva juhtub, et läätse tekitav keha asub täiusliku täpsusega allika ja vaatluspunkti vaheliselt teljel ning on ideaalselt sümmeetrilise kujuga. Seepärast ei moodustu gravitatsiooniläätstes enamasti perfektse ringi kujutist, vaid ainult poolkaar või mõned kaarekesed või pigem on kujutis lihtsalt originaaliga võrreldes natuke välja venitatud.

Küllaltki omapärase etenduse saame, kui signaali allikaks on kauge supernoova, mille heleduse maksimaalne periood on möödeta mõne nädalaga. Kui sellise allika ja meie vahele jääb mingi galaktika või galaktikate parv, siis toimib gravitatsiooniläätse efekt ja valguskiired muidugi painduvad. Aga galaktika või nende parve massi ebaühtlasest jaotusest tulenevalt võivad meieni jõudvate kiirte teepikkused ühelt poolt ja teiselt poolt läätse keset olla märkimisväärselt erinevad. Seetõttu pole erinevaid radu pidi kohale saabuvad signaalid enam sünkroonis vaid ilmuvad meile erinevatel aegadel. Teoreetiliselt ennustas selliste kosmiliste „kordusaadete” võimalust esimesena norra astronoom Sjur Refsdal 1964. a. Seepärast nimetati tema auks ka esimene seda tüüpi vaadeldud objekt, mille kuma ilmus Hubble teleskoobi vaatevälja 2014. a novembris ja siis uuesti pisut teise nurga alt 2015. a novembris, kusjuures arvutused näitavad, et sama supernoova võis tõenäoliselt korraldada kolmandast suunast paista ka veel 40 aastat varem. Kõnealune SN Refsdal loitis 9 miljardit aastat tagasi ning sellest lähtuvate kiirtega tembutas läätse galaktikate parv MACS J1149+2223, mis asub meist pisut enam kui 5 miljardi valgusaasta kaugusel.

Gravitatsioonilained gravitatsiooniläätstes

Seda, mis juhtub gravitatsioonilainetega, kui nende allika ja vaatluspunkti vahele jääb gravitatsiooniläätse, proovisid esimestena teoreetiliselt kirjeldada J. K. Lawrence (1961) ja Hans Ohanian (1974). Võrreldes elektromagnetlainetega tuleb mängu mitu huvitavat erinevust.

Kõigepealt peame arutlema, millal saab lainet võtta kui kiirte kimpu. Nähtava valguse lainepikkus on sadades nanomeetrites ja ka madala sagedusega raadiolainete korral jääb see möödeta pigem meetrites, mis astronoomiliste objektide mõõtmetega võrreldes on väga väike. Nagu eelpool öeldud, oleks gravitatsiooniläätse

kontekstis täpsem lainepikkust võrrelda läätse Schwarzschildi raadiusega, mis tähe puhul on tüüpiliselt mõned kilomeetrid, Linnutee galaktikal kaks triljonit kilomeetrit ehk u 0,2 valgusaastat, Virgo galaktikate parvel u 35 valgusaastat. Igal juhul saame elektromagnetlainetega gravitatsiooniläätstes toimuvat praktiliselt alati probleemideta kirjeldada nn geomeetrilise optika lähendis, ehk käsitleda lainet kiirte kimbuna, mis läätstes murdub. Kuna lääts on võrreldes lainepikkusega suur, siis kiirguse lainelised omadused võib jätta arvestamata.

LIGO poolt mõõdetavate gravitatsioonilainete sagedus on kümnetes hertsides, mis tuleneb mustade aukude paari kokkutiirlemise orbiidil liikumise sagedusest. Nii-sugusele sagedusele vastav lainepikkus algab kusagilt poolesajast kilomeetrist ja ulatub kümne tuhande kilomeetrini. See tähendab, et kui läätseks on galaktika või galaktikate parv, siis võime ka gravitatsioonilaineid võtta kiirte – gravitatsioonikiirte – kimbuna nagu geomeetrilises optikas. Aga tähe tüüpi läätse puhul see lähendus enam ei kehti, sest tähtede Schwarzschildi raadius on samas suurusjärgus või isegi väiksem vaadeldavate gravitatsioonilainete enda tüüpilisest lainepikkusest. Sellisel juhul tuleb gravitatsiooniläätse arvutus algusest peale täiesti ümber teha ning kasutada hoopis laineoptika valemeid, mistõttu ilmub difraktsioon jms lainetele omased nähtused. Kui aga kujutame ette, et gravitatsioonilainete allikaks on kaugel galaktika keskmes tantsu keerutav supermassiivsete mustade aukude paar, siis nende genereeritud gravitatsioonilaine sagedus peab olema veel oluliselt madalam, nanohertsides. Eks ole, kaks paksu elukat peavad teineteise ümber tegema märksa suuremaid ringe kui miljon korda kõhnemate elukate paar, seega täisringi peale tegemise tempo on ka vastavalt väiksem. Sel juhul on gravitatsioonilainete lainepikkus sadades triljonites kilomeetrites, ehk suurem kui galaktika Schwarzschildi raadius. Nõnda saab supermassiivsete mustade aukude poolt üles aetud laine korral geomeetrilise optikaga läätse kirjeldada alles galaktikaparvede korral.

Teine aspekt on see, et mustade aukude paari tekitatud laine saavutab detekteerimiseks piisava intensiivsuse (amplituudi) enamasti alles kokkutiirlemise lõppstaadiumis, mis on suhteliselt lühike ja kestab alla sekundi. Selle kosmilise sirtsatuse sisse mahub suhteliselt tagasihoidlik arv laineharju. Nagu SN Refsdali puhul nägime, võib kiirte teekond läbi gravitatsiooniläätse olla küllaltki erineva pikkusega sõltuvalt materia tiheduse jaotusest läätstes. Ebasümmeetrilise läätse korral erinevad teekondade pikkused võrreldes sirtsatuse kestvusega palju ja seepärast saab sündmuse gravitatsioonilist kaja detektoris „kuulda” mitu korda. Seega tuleb tähelepanelik olla, et varem kõlanu korduseid mitte segi ajada uute sirtsude „esmaettekannetega”.

Kui suur lääts on vaid kergelt ebasümmeetriline, siis võib ette kujutada, kuidas naabertrajektoori mööda tulnud teine kiir peab läbima pisut pikema maa ning jääb seetõttu ainult tibakese maha. Seega sirtsud võivad detektoris osaliselt ka kattuda. Kui sedasi saavad kokku samasuunaliste võngete harjad, siis signaal võimendub, aga kui vastasuunaliste võngete harjad (ehk faasi nihe on pool perioodi), siis võivad need teineteist ka maha taandada. Kuna sirtsu kestel sagedus kasvab, siis ideaalne sünkroonsus on võimatu, ning tulemuseks on keerulise kujuga moonutatud signaal, mille mõned osad võimenduvad, mõned surutakse maha. Lõpusirtsule eelnevad võnkumised on samas suhteliselt stabiilsema sagedusega ning nende puhul võib hea lääts laineharjade liitumisel anda korraliku võimenduse. Kuna gravitatsioonilaine allikaks olev süsteem on astronoomilises mõttes väga kompaktne, ehk gravitatsioonikiired lähtuvad sisuliselt ühest punktist (paljudest punktidest koos-

neva allika nagu galaktika puhul kipuksid kiired üksteist keeruliselt võimendama ja taandama), siis mõnede uurijate hinnanguliste arvutuste järgi võiks ideaalne lääts anda lausa kuni tuhandekordse võimenduse. See nihutaks märkimisväärselt kättesaadavate allikate piiri ja muudaks tabatavaks oluliselt varajasemas Universumis toimunud sündmused.

Arvestus, kui suure suure tõenäosusega mõnd gravitatsiooniläätsest läbi käinud gravitatsioonilainet registreerida õnnestub, sõltub allikate ja võimalike läätsete tihedusest ning detektori tundlikkuse ulatusest. Kui võtta aluseks seniste mõõtmistega saadud hinnangud mustadest aukudest või ka neutrontähtedest koosnevate kompaksete astrofüüsikaliste kaksiksüsteemide kohta ning lugeda läätsete tihedust teadaoleva galaktikate jaotuse kohaselt, siis oma tehniliste võimete piirile viidud LIGO-Virgo-KAGRA detektorite komplekt võiks lähiaastatel olla võimeline märkama keskmiselt üht läätse poolt võimendatud või modifitseeritud lainesündmust aastas. Detektorite poolt seni kogutud gravitatsioonilainete andmetes kahjuks ühtegi läätse mõju tunnustega sündmust välja ei paista. Samas pole detektorid veel oma tippvõimekust päris saavutanud ka, seega jääme rahulikult ootele.

Läätsega gravitatsioonilainete esialgne mitteregistreerimine pakub siiski juba täna teatud positiivse teadmise killukeksi. Näiteks võimaldab see seada piirangu hüpoteetiliste alternatiivsete läätsete leidumise tihedusele. Mõned tumeaine mudelid pakuvad välja tavaliste ja supermassiivsete mustade aukude vahepealse massiga mustade aukude olemasolu. Hästi tuntud täheprotsessides sääraseid elukaid väga palju tekkida ei saa, sest selleks peaksid sajad tavalised mustad augud või tähed kuidagi omavahel kokku saama ja ühinema, mis pole üldse tõenäoline. Aga niisugused mustad augud võisid vahest tekkida ülivarase Universumi tihedas ainesupis ning seejärel oleksid neil mitmed sobivad omadused, et hiljem toimida tumeainena. Kui tumeaine koosneks valdavalt sellistest mustadest aukudest, siis peaks neid kosmoses päris tihedasti leiduma ning mõni neist oleks võinud juba läätsega gravitatsioonilainete teele jääda ja laine signatuurile mõju avaldada. Kuna seda pole juhtunud, siis järelikult ei saa selliseid musti auke ikka nii rohkelt olemas olla, kui mudel välja pakkus. Sama järeldus kehtib ka tumeaine kompaktselt tihedate minihalode või muude läätseks sobivate konfiguratsioonide kohta. Tulevikus detektorite arenedes lähevad sarnased piiranguid muidugi konkreetsemaks ja täpsemaks, või vastupidi viivad äkki just vahepealsete mustade aukude või minihalode avastamiseni.

Kaugemas tulevikku kavandatud kolmanda generatsiooni gravitatsioonilainete detektorid nagu Cosmic Explorer ja Einstein Telescope peaksid olema võimelised registreerima tohutul hulgal mustade aukude kokkutiirlemise gravitatsioonilainete sündmusi, vahest isegi kuni miljon aastas. Nende hulgas võiks omakorda esineda kümneid või sadu läätsest mõjutatud laineid, mis lisaks erakordsete üksiksündmuste analüüsile võimaldab hakata tegema ka statistikat. Seega lisaks infole ekstreemsete astrofüüsikaliste protsesside kohta, milleks mustade aukude (ja neutrontähtede) kokkutiirlemine kahtlemata on, hakkavad gravitatsioonilained „läbi valgustama” või, kui soovite, „läbi kuulama” seda osa Universumist, mis jääb allikate ja meie vahele. Saame elektromagnetlainest sõltumatut infot massi jaotuse kohta galaktikates ja nende parvedes ning koos elektromagnetlainetega täpsustada Universumi kui terviku paisumise dünaamikat allikast meieni kulgemise aja jooksul. Astronoomia areneb järjest enam multikanalilisuse suunas, kus lisaks elektromagnetlainete täielikule diapsoonile (gamma, röntgen, nähtav valgus, infrapuna, raa-

dio), saame kosmosest infot ka kosmilisi kiiri, neutriinosid ja gravitatsioonilaineid püüdes. Teatud mõttes on see analoogiline sellega, kuidas erinevad meeled nagu nägemine, kuulmine, haistmine jne üheskoos võimaldavad maailmast kokku panna terviklikuma pildi.

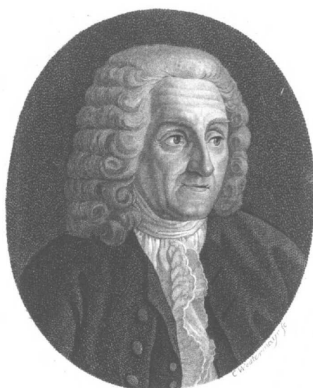
Veel enam, nii gravitatsioonilained ise kui nende käitumine läätses on väga heaks kontrolliks ka üldrelatiivsusteooria paikapidavusele. Seni rahuldava lahenduseta tumeaine ja tumeenergia probleemid ajendavad mõtlema, et vahest kuulub ka Einsteini üldrelatiivsusteooria mingil moel laiendamisele, nii nagu Einstein omal ajal asetas Newtoni gravitatsiooniteooria oma üldisema teooria raami. Teoreetikud on selliseid üldrelatiivsusteooriast kaugemale pürgivaid mudeleid välja pakkunud hulgam, kuid vähegi süstemaatilisem analüüs, mida need ennustavad gravitatsioonilaine kohta gravitatsiooniläätses, on täna alles algamas (Harikumar jt, 2024).

Kasutatud kirjandus

- P. Kuusk, Gravitatsioonilainete lugu jätkub, Tartu Tähetorni Kalender 2019. aastaks (2018) 95, 74–82.
- S. Harikumar, L. Järv, M. Saal, A. Wojnar, M. Biesiada, Propagation and lensing of gravitational waves in Palatini $f(\hat{R})$ gravity, Phys. Rev. D **109** (2024) 12, 124014 [doi: 10.1103/PhysRevD.109.124014].

Joseph-Nicolas Delisle

Tõnu Viik



Joseph-Nicolas Delisle

Joseph-Nicolas Delisle (04.04.1688–11.09.1768) oli prantsuse astronoom ja kartograaf. Muu hulgas on ta geograafide hulgas tuntud, kuna koostas Venemaa atlase ja Vaikse ookeani põhjaranniku kaardi, mida kasutas Vitus Bering.

Mitmekülgne Prantsuse teadlane Joseph-Nicolas Delisle sündis advokaadihariduse saanud Claude Delisle'i lasterikkas perekonnas. Isa Claude'i advokaaditöö ei rahuldanud ja ta kolis Alsace'ist Pariisi, kus hakkas andma geograafia ning ajaloo tunde. Ilmselt oli tegu sündinud pedagoogiga, sest tema kuulajaskond kasvas kiiresti. Kuulajate hulgas oli ka Orleánsi hertsog Philippe, kelle kaudu Claude'ile anti hiljem tsensori amet. Kuid Claude polnud üksnes õpetaja, vaid ta alustas ka teadustööd. Ta on

mitmete usaldusväärsete ajalooliste tööde autor, nagu näiteks „Siiami kuningriigi ajaloost“ (1684), „Ajalooline ning genealoogiline atlas“ (1718) ning talle palju kuulust toonud seitsmeköiteline „Üleüldise ajaloo lühikursus“, aga samuti ka „Sissejuhatus geograafiasse“, mis mõlemad ilmusid alles pärast ta surma (vastavalt 1731 ja 1746).

Claude Delisle'i esimene abikaasa Marie Malaine kinkis talle poja, kes sai nimeks Guillaume. Ema aga suri. 1674. a abiellus Claude teist korda, seekord advokaaditütre Nicole-Charlotte Millet de la Croyère'iga ja temaga oli Claude'il 11 last, nende hulgas kolm poega, kes koos Guillaume'iga läksid kõik Prantsusmaa ajalukku.

Vanim poeg Guillaume (1675–1726) sai kuulsaks kartograafiks, kes koostas juba kaheksa-aastasena geograafilisi kaarte, mis vaimustasid asjatundjaid. Seadnud endale eesmärgiks jätkata kuulsa Giovanni Domenico Cassini pojapoja César-François Cassini de Thury tööd kartograafia reformatsioonis, koostaski ta mitme maailmajao ja mitmete riikide täpsustatud kaardid, kusjuures isa Claude ja poolvend Joseph Nicolas aitasid teda selles. Tulemused olid aga niivõrd head, et Guillaume valiti 1702. a Pariisi teaduste akadeemiasse, küll mitte täisliikmeks, vaid nn élève'iks, so õpilaseks astronoomia alal. Lisaks täpsete kaartide koostamisele pani ta paika ka Pariisi meridiaani. Tõsi, algmeridiaani olid defineerinud Louis XIII ja Richelieu juba 1634. aastal Kanaaridesse kuuluva El Hierro (Ferro) saare läänetippu läbiva meridiaani järgi, sest seda peeti tollal tuntud maailma ääreks. Kuid kui 1695. a määrati Pariisi geograafiline pikkus – 20,5 kraadi, otsustas Guillaume defineerida selle algmeridiaanina ja ümardas tulemuse 20 kraadiks. See otsus jäi jõusse kuni 1884. a, mil sõlmiti rahvusvaheline kokkulepe Greenwichi meridiaani algmeridiaaniks lugemise kohta (prantslased muide jätkasid Pariisi meridiaani kasutamist

algmeridiaanina kuni 1911. aastani).

Tunnustus ei jäänud tulemata – 1718. a valiti ta Pariisi TA akadeemikuks ja kuninga Louis XV kutsus ta endale geograafiat õpetama ja nimetas ta esimeseks kuninglikuks geograafiks.

Teine poeg, Simon Delisle d'Herisset pühendas ennast isa jälgedes ajaloole, saades ajalooõpetajaks. Kuid ta kirjutas ka mitmeid uurimusi, näiteks 1702. a Pariisis ilmunud „Vanaaegse linna ja piiskopilossi kaitsmine Toul'is“. 1708. a Simon tõlkis prantsuse keelde Louis XIII aegse jesuiidi P. Petou „Kronoloogilised tabelid“ ja täiendas neid. Pärast isa surma 1720. a alustas Simon ettevalmistusi isa pooleli jäänud töö „Üleüldise ajaloo lühikursus“ väljaandmiseks. Tema nime küll selle alles 1731. a ilmunud seitsmeköitelise raamatu lehekülgedelt ei leia, kuid on selge, et ilma temata see teos poleks ilmunud. Simon suri 1726. a vaid mõni kuu pärast venna Guillaume'i surma.

Neljandast, vähem kuulsast vennast Louis de la Croyère'ist saab öelda niipalju, et ta valmistus preestri karjääriks, kuid loobus ja isa saatis ta Kanadasse, kus ta teenis sõjaväes 17 aastat. Siis pöördus tagasi Pariisi ja otsustas hakata tegelema astronoomiaga Joseph Nicolas kõrval. 1725. a sai ta tõenäoselt vendade abil Pariisi akadeemia adjunktiks, nii et sellel ajal olid kolm Delisle'i Pariisi akadeemias.

Claude'i kolmas poeg – Joseph Nicolas (edaspidi Delisle) – sündis Pariisis 4. aprillil 1688. Alghariduse sai ta isa käe all, kuid hiljem kirjutati ta eksternina sisse Mazariini kolledžisse, kus hakkas õppima matemaatikat, retoorikat, ladina ja kreeka keelt. Kuna perekond ei olnud jõukas, siis lahkus Delisle 1706. a kolledžist, et hakata endale leiba teenima. Just selle aasta 12. mail, astronoomide ennustatud ajal, toimus päikesevarjutus. See sündmus jättis noorukile nii sügava mulje, et ta otsustas hakata astronoomiks. Selleks õppis ta matemaatikat, mehaanikat ja fortifikatsiooni. See aga veel leiba lauale ei toonud ja Delisle hakkas tegelema joonestamisega, kuna avanes võimalus saada maamõõtja koht Martinique'i saarel. Kahjuks küll võeti sellele kohale keegi teine, enne kui Delisle'i kursused läbi said. Joonestamisest oli ikkagi kasu, sest see oli õpetanud, kuidas ka astronoomilisi rehkendusi lühendada ja lihtsustada. 1708. a külastas Delisle astronoomia observatooriumi, kus suhtles Jean Cassiniga ning teiste õpetlastega ja hakkas tegema seal vajalikke rehkendusi Joseph Lieutaud' käe all. Lisaks sellele ta kopeeris Cassini Kuu ja Päikese tabeleid. Ning 1711. a õnnestus Delisle'il saada ruum Luxembourggi palee kuplis, kus ta seadis sisse observatooriumi. Vaatlusriistu tal polnud ja raha nende ostmiseks samuti, nii tegi ta need riistad ise Loomulikult nendega ta mingeid täppismõõtmisi teha ei saanud, seepärast jätkas ta rehkendusi. Cassini palvel arvutas ta planeetide otsetõusud ja käänded sekundi täpsusega kõikide laiuste ja pikkuste jaoks. Esimese iseseisva vaatlusena jälgis ta kuuvarjutust 1712. a jaanuaris. Kohe pärast seda kukkus ta õnnetult ja pidi mõned nädalad kodus lamama. Ta hakkas uurima vanade õpetlaste töid, neid koguma ja nii moodustus tal arvestatav raamatukogu.

Alles 1714. a nimetas Pariisi akadeemia Delisle'i élève'iks akadeemik Giacomo Filippo Maraldi juurde. Delisle arendab tormilist tegevust – ta teeb palju vaatlusi, kirjutab neist aruandeid, koostab teadusartikleid. Ta vaatles Veenuse kattumisi Kuuga, Jupiteri ja selle kuid ning tegi järelduse, et Kuul atmosfääri ei ole.

1716. a Pariisi akadeemia kaotab õpilase ametikoha ja nimetab selle adjunktiks. Delisle saabki ekstraordinaarseks adjunktiks astronoomia alal. Kuid see ei paranda ta materiaalselt olukorda ning ta on sunnitud hakkama tegelema astroloogia ja horoskoopide koostamisega ning tegema arvutusi krahv de Boulainvilliers'ile. Need olid

Louis XV õukonnas väga populaarsed ja töid Delisle'ile raha sisse, kuid ta põlgas sügavalt seda tööd.

Siis jäi aga isa haigeks ja Delisle pöördus rahalise abi saamiseks akadeemia presidendi Jean-Paul Bignoni poole. Palve rahuldati ja lisaks sai ta ka matemaatikakateedri Kuninglikus kolledžis aastapalgaga 900 liivrit.

Delisle oskas teadlase ja õpetaja karjääri nii ühendada, et kumbki ei kannatanud. 1719. a ta haigestus raskelt ja tervenemine võttis mitu kuud. Järgmisel aastal alustas ta suurt projekti – kirjutada *Traktaat astronoomiast, mis on eksponeeritud ajalooliselt ja tõestatud vaatlustega*. Kõigepealt tahtis ta koguda kõikvõimalike astronoomiliste vaatluste tulemusi, siis võrrelda neid teooriaga ja nii kindlaks teha kõik senini lahendamata probleemid astronoomias. Ta kavatses raamatut alustada ajaloolise ülevaatega astronoomia arengust ja kirjeldada kõiki selles teaduses kasutatud meetodeid. Raamatu põhieesmärgiks nimetas ta huvi ja armastuse tekitamist astronoomia vastu ja aidata kaasa tõeliste astronoomide kujunemisele. Selleks ajaks oli Delisle kogunud suure raamatukogu, milles olid esindatud Tycho Brahe, Koperniku ja Kepleri raamatud, aga ka misjonäride toodud raamatud Hiinast ja Pärsias. Olles oma plaani kokku seadnud, taipas ta, et see käib talle üle jõu ja ta tahtis moodustada teadlaste rühma selleks tööks, kuid Prantsusmaalt neid leida ei õnnestunud. Ta kirjutas kahetsustundega, et tema kolleegid tegutsevad ainult enda kuulsuse nimel ega taha seda kellegagi jagada. Delisle oli juba 33-aastane, kuid ikka veel adjunkt ja edasise tõusu perspektiiv puudus. Septembris 1712 moodustati Bordeaux teaduse, kirjanduse ja kunstide akadeemia ning Delisle pöördus oma projektiga nende poole, kuid Bordeaux akadeemial ei jätkunud rahalisi vahendeid ning Delisle'ile õeldi ära.

Imelik küll, kuid Delisle polnudki sellest masendatud, sest juba siis koostas ta veel uhkemat projekti astronoomia ja geodeesia arendamiseks, oodates Peeter I kutsetulla kõike seda tegema Venemaal. Peeter I oli viibinud Pariisis 1717. aastal ja kohtus seal Guillaume Delisle'iga, kes ilmselt soovitas tsaarile oma venda. Selle peale koostas Delisle tsaarile ettekande astronoomiliste vaatluste ja geomeetriliste mõõtmiste kohta, mida Venemaal tuleks ette võtta. Ettekanne ise pole säilinud, kuid selle sisu on teada, sest Delisle kirjutas oma ettekandest ka tsaari ihuarst Laurentius Blumentrostile. Selles pidas Delisle kõige tähtsamaks algmeridiaani mõõtmist, sest selle abil saab Maa kuju määrata ja tõestada Descartes'i hüpoteesi Maa poolustelt väljavenitatuse kohta (pole ka midagi imestada, sest Maa poolustelt kokkusurutust kirjeldas Newton alles oma *Principia* kolmandas väljaandes 1726. a). Aga Delisle rõhutas ka selle meridiaani tähtsust merekaartide kasutamisel. Ja see mõjus tsaarile kindlasti palju rohkem kui Maa kuju. Ettekandes oli juttu Venemaa täpse kaardi koostamisest ja selleks paljude kohtade geograafiliste koordinaatide määramisest astronoomiliste vaatluste teel. Samuti ka taevakehade, eelkõige Kuu kauguse määramisest vaatlustega Peterburis ja näiteks Lõuna-Aafrikas, et baas pikem oleks.

Kui Peterburi teaduste akadeemia hilisem sekretär Johann Daniel Schumacher 1721. a Pariisi läks, siis oli tal kaasas volitus Laurentius Blumentrostilt Delisle'i kutsumiseks Peterburi akadeemiasse astronoomiks. Kuigi Delisle võttis kutse suure heameelega vastu, ei hakanud ta sugugi kiirustama, küll aga oma kirjas Blumentrostile kinnitas ta, et tema on kahtlemata õige mees Peterburi observatooriumi rajamiseks ja selle juhtimiseks. Kiri erilise tagasihoidlikkusega ei hiilanud, sest Delisle ülistas enda teadmisi, kiites oma võimeid ja töötahet ning märkides muuseas ära, et vast Keplerit saab temaga võrrelda, teisi selliseid lihtsalt pole olemas. Kirjas

palus ta võimalust kaasa võtta oma raamatukogu, milles olulisel kohal oli astronoomiliste vaatluste 15 köidet. Samuti lubas ta jätkata oma varasemat astronoomiaprojekti, millest ta arvas suurt tulu tõusvat ja millega Peeter I nimi igaveseks astronoomia annaalistesse kirjutatakse.

Kuid tsaaril oli muud tegemist – ta sõdis parajasti Pärsiaga. Alles aastal 1724 võttis Senat vastu otsuse luua akadeemia ja hakata kutsuma teadlasi välismaalt. Selline viivitamine Delisle'ile rõõmu ei teinud, kuid ta ei kaotanud aega, vaid kogus andmeid Venemaa kohta ja luges selle maa kohta käivaid raamatuid, tegeles ka astronoomiliste vaatlustega ja avaldas nende tulemusi.

1724. a külastas Delisle Inglismaad ja kohtus Isaac Newtoni ning Greenwichi observatooriumi direktori Edmond Halleyga, kes kinkis talle Kuu, Päikese ja planeetide tabelid, mis said laialt tuntuks alles 1749. a. Nii et Delisle oli kaua aega haruldaste andmete omanik.

Londoni Kuninglik selts hindas Delisle'i saavutusi väga kõrgelt ja valis ta seltsi liikmeks.

1724. a keskel teatas Delisle Vene saadiku Boris Kurakini kaudu oma tingimused lepingu sõlmimiseks: ta peab saama õiguse kaasa võtta ka oma noorema venna Louis de la Croyère'i ning astronoomiliste instrumentide remontimiseks mehaanik Pierre Vignoni. Lisaks peab ta saama 17 000 liivrit sõidukuludeks ja instrumentide ostuks ning akadeemias peab tema palk olema 12 000 liivrit aastas, Louis'l – 6 000 liivrit ja Mignonil – 4 000 liivrit. Need tingimused võeti vastu.

Samal ajal aga suri Peeter I. Delisle nägi suurt vaeva, et oma tagalat kindlustada kuningas Louis XV juures selleks, et kui Venemaa taganeb oma leppest, on tal vana koht Prantsusmaal ikka alles. Kuid Venemaalt tuli teade, et Jekaterina I jätab kõik lepped jõusse. Lõpuks kirjutas Delisle lepingule alla 9. augustil 1725. a, mis kohustas teda töötama Peterburis neli aastat. Aga tegelikult jäi Delisle Venemaale 21 aastaks.

Teekond Venemaale kestis neli kuud, sest Delisle külastas mitmeid Lääne-Euroopa tippastronoomide ning määras kolme punkti geograafilised koordinaadid – Coburgi ja Jena vahel asuval Rothensteini külal Tübingenis, Berliinil ja Tartul, sest ilm oli pidevalt kehv ja laskis vaid harva astronoomilisi vaatlusi teha.

Gdanskis ostis Delisle Jan Heveliuse pärijatelt kõik tema käsikirjad, sealhulgas 18-köitelise kirjavahetuse paljude Euroopa teadlastega. Delisle jõudis Peterburi 22. veebruaril 1726 ja alustas peatselt astronoomilisi vaatlusi algul kindralleitnant Matjuškini majas, hiljem Vassili saarel Kunstkamera lähedal (pärast Kunstkamera valmimist sai ta sinna korteri). Ta võttis osa Kunstkamera ehitamisest, sest sinna oli planeeritud rajada observatoorium, kuid mille Gaetano Quiaveri koostatud projektiga Delisle rahul polnud. Ta koostas ise observatooriumi uue projekti ja selle järgi kolmekorruselise observatooriumi valmiski. Aparatuur hangiti kohapeal, enamus sellest tuli Mereakadeemialt ja Peeter I kabinetist.

Koos Jacob Hermanniga avaldas ta 1728. aastal kolmeköitelise raamatu *Matemaatiline kokkuvõte*, mille teise osa astronoomiast ja geomeetriast kirjutas Delisle.

Veel enne observatooriumi valmimist avaldas Delisle 1729. a töö punkti geograafilise laiuse määramise uuest meetodist ja rakendas seda kohe Peterburi jaoks. Teine suur töö oli Jupiteri kuude süstemaatiline vaatlemine koos oma venna Louis'ga. Nende vaatluste abil sai täpsemalt määrata punktide geograafilist pikkust.

1732. a ehitas Delisle elavhõbedatermomeetri, mille nullpunktiks määras ta keeva vee temperatuuri ja jää sulamistemperatuur oli 150. See termomeeter mõõtis elav-

hõbedasamba kokkutõmbumist madalamate temperatuuride juures sajatuhandikes. Tema termomeetritel oli tavaliselt 2400–2700 astet, mis sobis Peterburi talvedega. Delisle'i termomeeter oli Venemaal kasutusel ligi sada aastat.

1735. a võttis Delisle kasutusele huvitava ajasignaali – täpselt kell 12 pidi Admiraliteedi bastionilt kõlama kahuripauk, mille järgi kõik Peterburi elanikud said oma kellasad kontrollida. See oli tegelikult ajateenistuse sisseseadmine Venemaal. Keskpäeva tähistavad kahuripaugud kõlasid kuni 1938. aastani, siis lõpetati selline teatamine ja alustati uuesti 1957. a.

1737. a alustas Delisle väga tõsist projekti. Koostades Venemaa kaarti, sai ta aru, et olemasolevaid kaarte üheks kokku viia ei õnnestu ning ta töötas välja detailse projekti kogu maa triangulatsiooniks nii mööda meridiaane kui ka paralleele. Just seda pidas Struve Delisle'i suureks teeneks. Kusagilt tuli seda tööd alustada ja selleks valis Delisle Baltimaad, ilmselt läheduse tõttu pealinnale ja ka tiheda asustuse tõttu, seejuures rõhutades Balti mere äärsete punktide täpsete geograafiliste koordinaatide tähtsust. Projekt nägi ette erinevate mõõtude ja mõõteriistade võrdlust, ühetüübiliste instrumentide kasutamist ja kvalifitseeritud vaatlejate ettevalmistamist. Projekt pidi kaasa aitama ka Maa kuju määramisele. Töö alustuseks mõõdeti 1737. a kevadel arssina pikkust prantsuse ja inglise tollides (1 arssin = 0,7112 m, 1 inglise toll = 25,4 mm ja 1 pouce ehk prantsuse toll on 27,07 mm). Sellele järgnes umbes 20 kilomeetri pikkuse baasijooni mõõtmine Soome lahe jääs Peterhofi ja Retusaari vahel, kasutades endakonstrueeritud mõõteriista. Edasised plaanid nägid ette ühendada triangulatsiooni teel Kroonlinn, astronoomia observatoorium Peterburis ja Duderhof. Mõeldud oli meridiaanikaare pikendamisele põhja poole, ka Rootsi territooriumile, kuid see töö jäi pooleli. Delisle tegi uue katse 1739. a, kuid ka see ebaõnnestus. Delisle'i õpilased N. Krasilnikov ja N. Kurganov määrasid mitmete Baltimaa punktide koordinaadid (Tallinn, Narva, Riia ja Kalana Hiiumaal – tollal Dagerort). 1745. a avaldatud Vene impeeriumi atlases on nende tööde kokkuvõtte olemas ja geograafilised kaardid on esitatud Delisle'i projektsioonis, mis on kooniline ekvidistantne projektsioon, kuid mitte päris, sest meridiaanid ei koondunud ühte punkti.

1740. a organiseeris Delisle vaatlusi Merkuuri üleminekust Päikese kettast. Kõigepealt määras ta piirkonna, kus seda kõige paremini saaks vaadelda ja valis varakult välja Lääne-Siberis asuva Obdorski linna, kuid muutis sinna teel olles oma plaani ja püstitas ajutise observatooriumi Berjozovos. Kuid kõik oli asjatu, sest vajalikul ajal oli taevas paksu pilvkatte all.

Kõigi nende tööde kõrval pööras Delisle palju tähelepanu vene astronoomide ja geodeetide kasvatamisele. Juba oma akadeemias viibimise esimestel kuudel tuli ta välja projektiga, milles lubas astronoomia alal välja õpetada noori vene inimesi. Kuna aga sel ajal akadeemias vene tudengeid polnud, siis anti Delisle'i hoole alla kaks magistrit-välismaalast – F. Mayer ja G. Krafft. Kummastki küll astronoomi ei saanud, sest Mayer suri varsti ja Krafft hakkas tegelema eksperimentaalfüüsikaga, olles siiski enne seda koostanud mitme aasta jaoks kalendreid. Delisle oli ka suur popularisaator, avaldades mitmeid artikleid astronoomia kohta Peterburi teataja lisades.

1731. a sai Delisle endale uue õpilase – Christian Nikolaus Winsheimi, kes oli Peterburisse tulnud 1718. a ja kes tegeles seal matemaatika õpetamisega. Kuna ta matemaatikat hästi tundis, siis sai ta kohe akadeemias astronoomia adjunktiks. Sama aasta juunis palus Delisle anda talle mõned vene rahvusest tudengid, kuid palve

suunas ta seekord mitte akadeemiasse, vaid Admiraliteedi kolleegiumisse. Palve rahuldati ja Delisle sai endale kaks õpilast – A. Krasilnikovi ja S. Popovi. Nendega tegeles ta kaks aastat, kuid Popov suri 1735. a See-eest Krasilnikov sai kuulsaks vene astronoomiks, kes muu hulgas määras Venemaa ulatuse Kamtšatkast kuni Hiiu- maani, eksides vaid 5 kaareminutit.

1732. aastal pöördus Delisle taas kord palvega Senati poole anda talle õpetamiseks geodeete ja saigi kohe 28 õpilast. Neist 8 saadeti peatselt geodeetilistele töödele Velikije Luki ja Pihkva kubermangudesse, ülejäänud 20 kohta teatakse väga vähe – näiteks ainult seda, et kolm neist võtsid osa Teisest Kamtšatka ekspeditsioonist.

1727. aastast alates töötas Delisle'i vend Louis ka akadeemias astronoomia profes- sorina. Ta saadeti Arhangel'ski kubermangu ja Koola poolsaarele linnade geograa- filisi koordinaate ja sekundpendli pikkust määrama ning tegema refraktsioonivaat- lusi. Tulemused avaldati 1732. a, kuid koordinaadid olid niivõrd halvasti määratud, et töö tuli teha uuesti.

1733. a võttis tsaarivalitsus ette Teise Kamtšatka ekspeditsiooni, mida on peetud suurimaks ettevõtmiseks maadeuurimises üldse ja mille eesmärgiks oli kaardista- da Siberi rannik ja osaliselt ka Põhja-Ameerika rannik. Senat ja Admiraliteedi kol- leegium määrasid sinna ka teiste teadlaste kõrval astronoomid Louis Delisle de la Croyère'i, A. Krasilnikovi, F. Popovi ning geodeetid A. Ivanovi, M. Ušakovi ja N. Tše- kini. Ekspeditsioon tegi Vitus Beringi juhtimisel kümne aasta jooksul ära hiiglasliku töö. Ekspeditsiooni käigus uppus Alaska rannikul Delisle'i vend Louis 1741. aastal.

Ka Kuu ja komeetide liikumise uurimisega tegeles Delisle ja mõned arvavad, et see oli Delisle, kes äratas Euleri huvi Kuu liikumise vastu. Huvitav on märkida, et 1742. ja 1744. aastal ilmunud töödes komeetide liikumise kohta kritiseerib ta ägedalt Cas- sinit, kes ikka pooldas Descartes'i keeriste teooriat ja kiidab Nicolas-Louis Lacaille'd ning Pierre Bouguer'i, kes kasutasid Newtoni gravitatsiooniteooriat. Ise ta jäi hätta 1742. a komeedi orbiidi arvutamise ja pöördus Euleri poole abi saamiseks. Euler reageeris kiiresti ja esitas orbiidi rehkenduse kolme vaatluse alusel. Muide, Euleri suur edu komeediorbiitide arvutamisel sundis J. Cassinit loobuma Descartes'i kee- riste teooriast. Delisle jätkas oma töö Venemaal kuni 1747. aastani, mil ta pöördus rikka mehena tagasi Prantsusmaale, kus ta jätkas oma tegevust Kuninglikus kolled- žis ja tegi vaatlusi Hôtel Cluny's, kuhu ta ehitas observatooriumi, mille hiljem tegi kuulsaks Charles Messier.

Delisle vaatlus päikesevarjutust 1748. a, kuuvarjutust 1750. a, Merkuuri üleminekut Päikese kettast 1756. a ja Halley komeeti 1758. a, mis oli ka palja silmaga nähtav. Se- da komeeti otsis Messier ka järgmisel aastal ja Delambre kirjutas, et ta tahtis väga seda leida esimesena, ja et seepärast teised ei hakanud otsimagi, et mitte Messieri segada Selle komeedi ilmumise kohta kirjutab Delisle, et on väga imelik, et selle avastas talupoeg Johann Georg Palitzsch palja silmaga. William Thynne Lynn on näidanud selle väite paikapidamatust, sest talupoeg oli Palitzsch vaid päritolult. Ta oli ise õppinud astronoomiat ja ladina keelt, rajanud botaanikaaiia, raamatuko- gu (3518 köidet), laboratooriumi ja muuseumi. Ning Halley komeedi avastamiseks kasutas ta päris head teleskoopi. Joseph Nicolas Delisle suri 12. septembril 1768. Juba 1763. a oli ta taandunud avalikust elust Abbaye-Sainte-Geneviève kloostri- sse Pariisis.

Selline oli siis ühe mehe elu, keda olid tunnustanud Pariisi akadeemia, Peterburi akadeemia, Rootsi Kuninglik akadeemia, Londoni Kuninglik Selts oma liikmeks va- limisega. Teda jäädakse astronoomide hulgas hindama peamiselt kui Päikese kau-

guse määramise Halley meetodi modifitseerijat ja geograafide hulgas kui Venemaa atlase ja Vaikse ookeani põhjaranniku kaardi koostajat, mida kasutas Vitus Bering. Venemaa mäletab teda kui Peterburi akadeemia esimest astronoomi ja observatooriumi rajajat. Kuid ikkagi ei suutnud NSVL teaduste akadeemia ajaloo koostajad jätta märkimata – muu tunnustuse taustal – et ta andis Prantsusmaale palju informatsiooni Venemaa geograafia kohta.

Kasutatud kirjandus

- W. T. Lynn, Joseph Nicolas Delisle, *The Observatory*, vol. 26, p. 175—177, 1903.
- M. G. Novljanskaya, G. E. Pavlova, Delisle'ide teaduslik dünastia, kogumikus *Istoriko-astronomicheskie issledovania*, lk.273--294, Nauka, 1987 (vene keeles).
- N. Nevskaja, Joseph-Nicolas Delisle (1688—1768), *Revue d'histoire des sciences*, tome 26 no 4, 289--313, 1973.
- Istoriya akademii nauk SSSR*, kd.1 (1724—1803), Izdatel'stvo Akademii Nauk, Moskva, 1958 (vene keeles).
- N. Nevskaja, Peterburi Teaduste Akadeemia poolt ettepanud triangulatsiooniprojektist (XVIII sajand), kogumikus *Materialy VIII Konferencii po istorii nauki v Pribaltike*, lk.15, Tartu, 1970 (vene keeles).
- http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph-Nicolas_Delisle

IN MEMORIAM



Madis Sulev

1937–2023

Meie hulgast on lahkunud Madis Sulev, Tartu Observatooriumi kunagise atmosfäärifüüsika sektori kauaaegne töötaja. Ta sündis 5. oktoobril 1937 Virumaal Undla vallas. Koolitee algas sõjaajal Kadrinas, jätkus keskkoolis Rakveres ja Tapal. Tartu Ülikooli füüsikaosakonna lõpetas Madis Sulev 1960. aastal geofüüsiku ja füüsikaõpetaja kutsega. Tööle asus ta tollase Füüsika ja Astronoomia Instituudi Juhan Rossi juhitud atmosfäärifüüsika sektoris. Kolm aastat aspirantuuris panid aluse 1966. aastal kaitstud kandidaadiväitekirjale „Maapinna kiirgusbilansi mõõtmise aparatuur ja meetodika“, juhendajaks J.D. Janiševski Geofüüsika Peaobservatooriumist Leningradis. Juba 1963. aastal oli Madis Sulev üleliidulise bilansomeetrite võrdluse peakorraldaja. Kiirgusmõõtmisteks spetsiaalse riistvara ehitamine, kiirgusmõõtmiste meetodika ning kiirgusmõõtmiste automatiseerimine jäid läbivaks teemaks kõigil järgnevatel aastakümnetel. Esimesed kolm aastakümnet Madis Sulevi teadustööst olid tihedas läbikäimises tollase NLiidu teiste instituutidega Ukrainas, Leningradis, Moskvast, Kaasanis ja mujal, kus teda tunti ja teati kui väljapaistvat aktinometriisti ja aparaadiehitajat. Uurimisteemadeks on aegade jooksul olnud kiirgusvälja ja pilvevälja statistiline kirjeldamine, maalähedase atmosfäärikihi energeetika, kiirgusprotsessid energiavõrdsuses. Juhan Rossi ja Ülo Mullamaa juhitud uurimisteemades olid teoreetilisi töid toetavad mõõtmised enamasti Madis Sulevi kanda ja juhtida. 1975. algasid Juhan Rossi ja Tiit Nilsoni eestvedamisel lennukimõõtmised põldude ja metsade peegeldusomaduste uurimiseks. Selleks vajalike mõõteseadmete valmimisel oli jällegi oluline osa Madis Sulevil. Koostöös Ain Ahoga valminud

käsfotomeetrid olid kasutusel aastaid nii Tartu Observatooriumis kui kolleegidel Soomes. Palju aastaid oli Madis Sulev NASA koordineeritava AERONET võrgu Tõravere päikesefotomeetri käigushoidja.

Tänu tema entusiastlikule fotograafiaga tegelemisele on säilinud pildid tollastest Tõraveres valminud mõõduriistadest ja neid loonud ning kasutanud inimestest. Töö kõrvalt on Madis Sulev juhtinud Tõravere ametiühingut, koolilaste fotoringi ja kardiringi, tema kirjutised raamatuis „Inimene ja ilm“ (Valgus, Tallinn 1970) ja „Universum valguses ja vihmas“ (OÜ Reves Grupp, Tallinn 2005) ning Tähetorni kalendreis on tutvustanud kiirgusprotsesse laiale lugejaskonnale.

Madis kasvatas koos abikaasa Meeriga üles kolm tublit poega.

Madis Sulev jäi pensionile 2012. aastal. Oma pensioniajal tegutses ta palju Tõravere aiamaal, kus ta oli hoolas aiapidaja juba sellest ajast peale, kui aiamaa rajati.

Madis suri 13. detsembril 2023. a Tõraveres, saadeti ära Nõo kirikus ning ta on maetud Elva kalmistule. Meile on temast jäänud helge mälestus kui väga heast kolleegist.

Andres Kuusk

IN MEMORIAM



Milvi Ilmas

1934—2024

Augusti lõpus saabus Tõravere observatooriumisse kurb uudis – manala teele oli läinud meie kauaaegne kolleeg Milvi Ilmas.

Allakirjutanu jagas oma esimesel kahekümnel töö-aastal (1971 kuni 1991) Milviga ühist teadustöö kabinetti, ent Milvi tegevus observatooriumis algas veel kümme aastat varem 1961. a septembris. Ta oli hariduselt küll füüsika õpetaja, lõpetanud 1957. aastal tollase Tallinna Pedagoogilise Instituudi ning töötanud seejärel Rakveres ja Tallinnas ka õpitud erialal. Liikunud perekondlikel põhjustel Tõravere, sai Milvist aga kiiresti vaatlustega tihedalt seotud tähefüüsik. Ilmselt mõjus soodsalt ka selleaegne uue observatooriumi käima paneku atmosfäär. Tähetorni kalendrid ja observatooriumi publikatsioonid on talletanud, et aastail 1963—1964 oli Milvi aktiivne tähespektrite fotografeerija, mille eest teda 1964. a kevadel juba premeeriti ja mille tulemuseks olid esimesed teadusartiklid 1965. aastal. Ametiredelil tähendas see nooremteaduri nimetust veebruaris 1966. a. Huvitav on tähele panna, et juba siis kujunes Milvi lemmik-uurimisobjektiks sümbiootiline kaksiktäht AG Peg, mille muutlikke spektreid ta vaatles ja analüüsis teatava sagedusega edaspidigi kuni oma teadlasekarjääri lõpuni. Kui lemmiktäht on selline kooslus, kus kõrvuti mõjutavad teineteist üks hästi kuum ja teine pigem jahedam objekt, siis pole imes tada, et lisaks vaatlustele sidus Milvi Ilmas oma töö ka teaduse teoreetilise poolega – spektrite modelleerimisega arvutite abil. Mudelite põhjal arvatud vesiniku ja heeliumi kiirgusspektrite võrdlemine vaatlusandmetega osutus nii edukaks, et 1975. aastal kaitses Milvi sel teemal kandidaaditöö ja jätkas nimetatud uuringutega oma viimaste töö-aastateni. Isikliku teadustöö kõrval juhendas Milvi Ilmas üliõpilast Laurits Leedjärve, kellest sai hiljem aastaiks 1999 kuni 2010 observatooriumi direktor. Ettevalmistuses selleks arenguks võis olla mängus Milvi koolitatud pedagoogikäsi. Nõudlikkust ja täpsust märkasid need kolleegid, kellelt Milvi kogus igal

aastal andmeid, et koostada Tähetorni Kalendrile ülevaadet ilmunud teadusartiklitest. Omalt poolt kinnitan, et 1980. aastal valminud kandidaaditöö sai eelnenud aspirantuuri ajal tugevat toetust Milvi kogemusest mudelarvutuste vallas.

Lisan mälestuse esimesest kokkupuutest otsekohe Milviga. Esimese kursuse tudengina 1966. aasta sügisel olin pandud Tõravere pimikus katsetama astrofotoplaatide valgustundlikkust. Ma polnud plaatide kasutamisel piisavalt kokkuhoidlik ning kogesin juurdesattunud vanema kolleegi sellekohast õpetlikku otseütlemist. Astronoom Milvi ja füüsik Emil kasvasid koos üles kaks tütart ja poja. Ema jäävad leinama mõlemad tütred.

Settinud mälestusele teispoolsusse lahkunud kaasastronoomist liitub teadmine, et tähe AG Peg uute spektrite pildistamine ja analüüsimine on Tõraveres endiselt päevakorral, ja et Milvi istutatud vanad õunapuud observatooriumi rahva aiamaal kannavad endiselt mahlaseid vilju.

Indrek Kolka

IN MEMORIAM



Margus Sisask

1944–2024

Palaval suvepäeval (5. juulil 2024) lahkus meie hulgast Tõravere kauaaegne elektroonikainsener Margus Sisask, keda kõik sõbrad ja kolleegid kutsusid lihtsalt Maksiks. Me tundsimeteda kui meest, kelle sõnale võis kindel olla. Aga seda me ei teadnud, et igal õhtul nõukogude ajal kuulas ta Ameerika Hääle eestikeelset saadet. Poeg Tõnu kinnitab, et teda toodi lasteaiast koju alati kell viis, sest pool kuus algas see saade. Kuid samas oli ta eestimeelsena alati valmis neid uudiseid analüüsima tõe kaaludel.

Margus oli Tallinna poiss, sündinud 22. jaanuaril 1944 ja lõpetanud 1962. a linna ühe parima keskkooli – Tallinna 10. Keskkooli – 11b klassi. Kool kannab nüüd uhkusega taas Nõmme Gümnaasiumi nime. Margus tuli Tartusse ülikooli füüsikat õppima ja nagu pea kõik tolleaegsed noored füüsikud, sattus lunoidivaatlejate lõbusasse kampa. Sellega oli ta ka oma elutee valinud, sest vastvalminud observatoorium Tõraveres vajas haritud töötajaid. Ja kuna tänapäevased vaatlusriistad on pungil täis elektroonikat, aga elektroonikat Margus tundis, siis oli üsna selge, et ta elektroonikaga tegelema hakkas. Kursusekaaslasest akadeemik Enn Saar rääkis, et kui Margus oli saanud valmis mingi uue skeemi või parandanud vana, siis olevat ta torganud pistiku pesasse sõnadega: “Nüüd kontrollime Ohmi seadust“ Ennu sõnade kohaselt polevat suitsu peaaegu mitte kunagi tõusnud, seega Ohmi seadus jäi õigeks

Akadeemik Einasto meenutab siiani, kuidas tema projekt – kosmoloogiliste objek-

tide vaatlemiseks kavandatud teleskoobi paigutamine hea astrokliimaga vaatluskohta, millest Nõukogude Liidu lagunemise tõttu kahjuks asja ei saanud – nõudis maastur UAZi toimetamist Kesk-Aasiasse. Selleks valiti välja kolm meest, kellest üks oli Margus. Poja Tõnu sõnul olevat isa rääkinud Lääne-Kasahstani magistraalist, mis kaardil nägi välja kui vägev asfalteeritud maantee, kuid tegelikkuses osutus lihtsalt pinnaseteeks, mis vihma ajal muutus peaaegu läbimatuks. Pealegi ei sõidetud sel teel kunagi üksi, vaid koguti kokku terve protsessioon, sest nii sai ju porimülkasse kinnijäänud auto sealt välja tõmmata.

Omal ajal tuli mul pea iga nädal Tallinnas käia. Väga sageli palus Margus minult küüti, sest selle uue iseseisvusaja alguses oli Tallinn täis mitmesuguseid huvitavaid firmasid, kelle kaudu oli võimalik saada vägagi defitsiitseid elektroonikadetaile. Ühel soojal kevadpäeval koju sõites jäin ma rooli taga tukkuma ja ärkasin Marguse valju karjatuse peale, nii et jõudsin veel auto kraavipervelt teele tagasi saada. Seega võlgnen ma Margusele kui mitte elu, siis tervisekahjustustest ja autoremondist pääsemise kohe kindlasti.

Neid elektroonikadetaile oli palju vaja siis, kui meie observatoorium läks arvutisidele üle. Siis oli Margus oma sõiduvees. Asi sai alguse arvutist CADMUS 9230, mis ühendati arvutivõrku mitme teise arvutiga Ants Kaasiku eestvedamisel ja Marguse tõhusal kaasabil. 1992. aastast alates hakati arvuteid ühendama Etherneti võrguga ja saadi esimesed e-maili aadressid. Enn Saar muretsetes Tartu lennuväljalt Nõukogude Armeed raadioreleeliini, mis tähendas, et me saime püsiühenduse muu maailmaga. Kuid andmete edastamise kiirus jäi suhteliselt väikeseks. Meil õnnestus hankida Sorosi stipendiumi abil Peterburi raadiouuringute instituudist uus raadioreleeliin. Selle ettevõtmise – releeliini muretsemise, paigaldamise, töölerakendamise ja tööshoidmise eestvedajaks oli Margus. Mul on selgesti veel meeles, kuidas me käisime Margusega Peterburis releeliini ostmise lepingut alla kirjutamas. See liin oli meil töös mitmeid aastaid, kuni liin ei suutnud enam rahuldada arvutajate oluliselt kasvanud nõudmisi andmemahu ja andmete edastamise kiiruse osas ning me olime sunnitud üle minema kaabelsidele.

Poja sõnul munsterdas isa end suvise puhkuse ajal akadeemia uurimislaevale elektroonika inseneriks, sõites niiviisi enamasti Läänemerel, kord isegi koos pojaga. See veel Marguse rännukihku ei leevendanud, sest 1960-ndate aastate lõpu poole käis ta Sihhote-Alini meteoriidi uurimisekspeditsiooniga meteoriidi langemispäigas Ussuurimaal, kust kord mingi pikka kasvu nastik kaasa toodi, kes vähe-malt üks kord Tõravere maja aknast alla kukkus ja maja elanikes õudseid üleelamisi põhjustas.

Ja veel, Tõravere resultatiivseima jahimehe Rein Tootsi jutust selgus, et Margus oli oma noorusajal muretsetanud endale üheraudse jahipüssi ja astunud jahimeeste seltskonda. Poeg Tõnu väidab, et kodus olevat laual olnud teinekord põdra- ja kitseliha.

Margus oli abielus Maarjamõisa haigla ühe parima anestezioloogi Helle-Mai Sisaskiga (neiupõlvenimega Brudel), keda siiani haiglas väga soojade sõnadega mäletatakse. Pole teada, kui palju siin on mängus pärilikkust, kuid kindel on see, et poeg Tõnu on pärinud isa huvi matkamise vastu, nii et Tõnu on paljud Euroopa ja Aasia riigid jalgrattal läbi sõitnud.

Marguse tervis ei olnud viimastel aastatel hea, ta oli mitmel korral haiglas ja Maarjamõisa haiglas ta meie hulgast lahkuski. Puhaku meie kolleeg ja sõber rahus

Tõnu Viik

IN MEMORIAM



Tarmo Oja

1934–2024

Eestlasest Rootsi astronoom Tarmo Oja sündis 21. detsembril 1934 Tallinnas. Nagu väga paljud eestlased, põgenes ka Ojade pere 1944. aastal Rootsi. Ta lõpetas gümnaasiumi Högre Allmänna Läroverket Uppsalas 1954. a ja astus samal aastal Uppsala ülikooli, mille lõpetas 1956 filosoofia kandidaadi kraadiga astronoomias, matemaatikas ja füüsikas. Litsensiaadikraadi sai ta 1963. a tähtede omaliikumiste mõõtmise eest kahes täheparves ja nende ümbruses Kassiopeia tähtkujus. Magistrikraadi sai ta 1965. a. Aastatel 1955–1966 töötas ta Uppsala ülikooli observatooriumis assistendina, neljal aastal (1961–1965) ka lektorina. Sõjaväeteenistuse läbis Tarmo Oja muuhulgas Rootsi Kaitseväge Uurimisasutuses (Försvarets Forskningsanstalt). 1966. a sai ta filosoofiadoktori kraadi väitekirjaga „A study of galactic structure in Cassiopeia” (Galaktika struktuuri uurimine Kassiopeia tähtkujus). Samal aastal omistati talle lisaks astronoomiadotsendi ametinimetuse. Alates 1969. aastast asendas ta üht Uppsala Ülikooli astronoomiaprofessorit ja valiti korraliseks professoriks 1970. a, kui ta määrati ülikooli põhjapoolse vaatlusjaama – Kvistabergi observatooriumi – direktoriks. Tarmo Oja tegi seal vaatlusi Schmidt tüüpi teleskoobiga, mille peegli diameeter oli 135 cm. Oja töötas sellel ametikohal kuni pensionile minekuni 1999. a, kuid jätkas tegutsemist samas kuni 2006. aastani. Ta on peamiselt tegelenud meie Galaktika, Linnutee ehitusega, rakendades fotomeetrilisi ja stellaarstatistilisi meetodeid, mõõtnud muutlike tähtede heledust ning võtnud osa Uppsala instituudi asteroidide vaatlusprogrammist. Tema järgi on saanud nime asteroid 5080 Oja, mille avastas 2. märtsil 1976 C.-I. Lagerkvist Kvistabergis.

Tarmo Oja oli tubli pereisa: koos abikaasa Silviga (sünd. Grünberg) on ta üles kasvatanud Linda, Salme ja Reinu. President Lennart Meri autasustas teda 2001. a Valgetähe V klassi teenetemärgiga teadusliku panuse eest. Teada on ka Tarmo suur filateeliahuvi ning et ta on võtnud osa paljude eesti organisatsioonide tööst Rootsis. Veebientsüklopeedias Wikipedia on temast praegu artiklid eesti, inglise ja itaalia keeles.

Vaatame nüüd, kuidas kulges Tarmo Oja tee teaduse juurde. Ise ta väidab, et kui ta oli veel väikene poiss, siis isa selgitas talle aatomite ehitust – tuuma ümber tiirlevaid elektrone – ja võrdles seda Päikese ja selle ümber tiirlevate planeetidega. Ja neil tekkis küsimus, et kas võib olla veel väiksemaid süsteeme, näiteks selliseid, et ühel elektronil võiks olla elu nagu maakeral, või vahest suuremaid, kus päikesesüsteemid etendaksid aatomi osa. Uppsalas viis Ojade perekonnatuttav, endine Eesti Vabariigi diplomaat ja konsul Valter Kotsar Tarmo kokku observatooriumis töötava professori Åke Wallenquistiga (1904–1994), kelle juhendamisel nad käisid Uppsala suure teleskoobiga vaatamas Põhjanaela ja Kuud, mis on Tarmo arvates küll vist kõige huvitavam taevane objekt, mida teleskoobiga vaadata saab. Kui Tarmo ülikooli astus, siis huvitas teda keemia rohkem kui astronoomia. Aga keemiat õppida ilma matemaatika ja füüsikata ei saa. Nii alustaski ta matemaatikaga ja veidi hiljem ka astronoomia ning füüsikaga. Keemia jäigi sinnapaika ja asemele tuli astronoomia, kus Tarmo juhendajaks sai Åke Wallenquist.

Eesti astronoomidest on Tarmo Ojal vast kõige rohkem läbikäimist olnud Jaan Einastol, Heino Eelsalul ja Peep Kalvil. Tarmo Oja suri 18. novembril 2024. a.

Tõnu Viik

IN MEMORIAM



Eero Siljander

1953–2024

23. novembril 2024 lahkus meie seast Eero Siljander, Eesti Muinastadeseltsi liige, Soome Muinastadeseltsi asutajaliige, tuntud arheoloogia propageerija ja estofiil. Ta sündis 28. veebruaril 1953 Herralas Päijät-Häme maakonna Hollola kihelkonnas, kus käis koolis ja veetis oma nooruse. Kuigi tal tuli täiskasvanuna vahel olla kodust kaugel ja teinekord isegi pikemaks ajaks, jäi Herrala tema püsivaks elupaigaks kuni surmani. Kodust eemal olles hankis ta teadmisi oma huvialade arendamiseks. Kahjuks ei antud talle võimalust neid siduda elatist tagava tööga, millest ta eriti rääkida ei armastanud. Olgugi, et töödejuhataja amet soliidises Kemppi keevitusagregaatide valmistavas ettevõttes polnud sugugi paha, pakkusid Eerole hoopis sügavamat huvi ajaloo ja eriti esiajaga seotud teemad, millele ta oma tööst vaba aja pühendas.

Ilmselt oli oma roll sellise huvi kujunemisel ka muististe poolest rikkal Lähis-Idal, kus Eero noores meheas ÜRO rahuvalvajana (nn sinikiivrina) teenis. Hiljem viis kiindumus muinasaja vastu ta mittestatsionaarina arheoloogia õpingutele Helsingi Ülikooli. Sealt saadud teadmistega pühendus ta harrastusarheoloogiale, asudes seejuures rakendama oma organisatoorseid võimeid Päijät-Häme harrastusarheoloogia ühingus (*Päijät-Hämeen tutkimusseura*) ja mitmes muus ajaloo tegelevas rühmituses. Nende tegevuse kajastamiseks koostas ta infolehti, millest aegamööda kujunesid regulaarselt ilmuvad väljaanded. Tekkis laialdane suhtlusvõrgustik, mis peagi ulatus Soomest ka iseseisvuse taastanud Eestisse, ning loodi sidemed Eesti arheoloogide ja muinastadeuurijatega. Soodsa hoiaku Eestisse ja eestlastesse sai ta kaasa kodust, kus oli tegeldud Eesti suunalise heategevusega. Eero otsustas sooritada eesti keele kursused, mis läbikäimist eestlastega omakorda soodustas ja võimaldas tutvuda eestikeelse erialakirjandusega. Eriti tihedaks kujunesid sidemed arheoloogide Arvis Kiristaja ja Aivar Kriiskaga, kelle suvistel arheoloogilistel kaevamistel Eero osales koos oma Soome tuttavatega aastaid.

Soomes oli 1970–1990. aastatel muutunud populaarseks harrastuseks kaljumaalینگute otsimine, mis kannustas eriti kunstnikke ja harrastusarheolooge, mh ka Eerot. Tal kujunes usalduslik vahekord Soome juhtivate kaljutaide uurijate Pekka Kivikäse

ja Timo Miettisega. Sealsele kaljutaide harrastusele lisas omalt poolt indu Eero Autio, kes oli avaldanud soomekeelse raamatu Karjala kaljujoonistest. Neil kaljutaideuurijatel olid eestlastest muinastaidehuvilistega tekkinud sidemed juba enne Eesti Muinastadeseltsi (EMTS) asutamist 1988. aastal Tartu observatooriumi egiidi all. Kui EMTS loodi, siis astus sellesse mitmeid kaljutaidest innustunud soomlasi. Peagi tutvus ka Eero Siljander seltsi tegevusega ning liitus EMTSiga 1996. aastal. Sellest alates osales ta väga rohketel seltsi üritustel: ekspeditsioonidel, reisidel, koosolekutel, näitustel, seminaridel jne. Temale omaselt ei rahuldunud ta lihtsa osalemisega, vaid lõi aktiivselt kaasa ka nende korraldamises. Eriti intensiivselt pärast seda, kui EMTSi soomlastest liikmete initsiatiivil asutati 1998. aastal Soome Muinastadeselts. Nende kahe sösarseltsi vahel lepiti siis kokku, et liikmeskond võib kummagi seltsi tegevusest võrdsetel alustel osa võtta. See käivitas teatud mõttes reise, konverentside, seminaride jms kuldaja. Kuna Venemaal juba tegutses EM-TSi Peterburi osakond, siis asuti kevadeti korraldama ühiseid seminare Peterburis muinastaide, etnograafiliste ja arheoloogiliste kogudega tutvumiseks Ermitaažis, Etnograafiamuuseumis (Kunstkameras), Peterburi ülikoolis, Vene muuseumis jm. Suviti aga muutusid populaarseteks ühised muinastaidereisid Karjalasse, Uuralitesse, Siberisse jt Venemaa aladele. Tänu Eero Siljanderi aktiivsusele avanesid samal ajal EMTSi liikmetele võimalused tutvuda Prantsusmaa ja Hispaania paleoliitilise koopaide ning Soome, Itaalia, Portugali ja Hispaania kaljutaide leiualadega avakaljudel.

Eero olulisus EMTSi tegemistes kajastub kõige selgemini statistilistes andmetes. Ta on osa võtnud 19-st EMTSi koosolekust ja pidanud neis 18 ettekannet, peamiselt muinastaide, kuid ka keskaja ja sõjaajaloo teemadel. Eriti suur roll on tal olnud aga muinastaide reise korraldamisel. EMTSi liikmeid on ta kaasanud 20 reisile Soome kaljumaalingu juurde, 10 reisile Venemaale (peamiselt Siberisse ja Uurali mägedesse), mitmele Prantsusmaa, Rootsi, Portugali ja Hispaania reisile. Siberi ja Uurali reisidest on ta koostöös teiste reisikaaslastega välja andnud koguni kolm raamatut: **Kinos, Seppo; Siljander, Eero.** Uralilta Jeniseille: Etelä-Uralin, Tomjoen ja Hakasian kalliokuvia. Jyväskylä: Muinaistaidekeskus Kivikäs, 2001. – 96 s.: kuv. (Kallio-maalausraportteja 2).

Siljander, Eero; Kinos, Seppo; Poikalainen, Väino. Altain vuorilta Baikalin kallioliile. Matkoja Altain, Ylä-Lenan ja Baikalin kalliokuvulle. Jyväskylä: Muinaistaidekeskus Kivikäs, 2005. – 81 s.: kuv. (Kallio-maalausraportteja 3).

Poikalainen, Väino; Siljander, Eero. Matka Tuvaan ja Keski-Uralille: Esihistorillisia kohteita sekä kalliotaidetta. Tartu: [Väino Poikalainen], 2012. – 105 s.: kuv.

Põhiosa energiast rakendas Eero Siljander siiski Soomes arheoloogia, kirikuloo, sõjaajaloo jm valdkondades tegutsemisele. See vajaks muidugi omaette käsitlust. Ühte tema suursaavutust tuleks aga kindlasti esile tõsta. Selleks oli ajakirja „Hiisi“ käivitamine, mille peatoimetajaks oli ta päris algusest peale. „Hiisi“ eelkäijaks oli väljaanne *Päijät-Hämeen tutkimusseuran arkeologisia tiedonantoja* (Päijät-Häme Uurimisseltsi arheoloogilisi teateid. Toim. Eero Siljander. Herrala, 1997–2002). Seda väljaannet hiljem asendanud ajakiri „Hiisi“ on kahe aastakümne jooksul arenenud üha täiuslikumaks nii artiklite kvaliteedilt kui trükitehniliselt ning selles on ka mitmed eesti autorid oma artikleid avaldanud. EMTSi liikmeskond on väga tänulik Eero Siljanderile mitmekülgse panuse eest seltsi tegevusse ja koostöö arendamisse Soomega ning jääb teda helgelt mäletama.

Väino Poikalainen

Sisukord

Kalendri seletus	5
------------------------	---

I. Kalender 2025. aastaks

Tabelkalender 2025	7
Eesti Vabariigi rahvuspüha ja riigipühad	8
Tähtpäevi ja usupühi	8
Aastaajad ja Päikese näiv liikumine	10
Päikese- ja kuuvarjutused	10
Tähtsamad meteorivoolud	11
Eesti linnade geograafilised koordinaadid	11
Kuude tabelid	12
Planeedid ja Pluuto	36
Planeetide nähtavus	40

II. Kalendri lisa

Kestliku arengu kasinad valikud <i>A. Freiberg</i>	45
Moodsate kliimauuringute algus Eestis <i>S. Keevallik</i>	57
Gravitatsioonilained gravitatsiooniläätstes <i>L. Järv</i>	63
Joseph-Nicolas Delisle <i>T. Viik</i>	71
Madis Sulev. In Memoriam. <i>A. Kuusk</i>	79
Milvi Ilmas. In Memoriam. <i>I. Kolka</i>	81
Margus Sisask. In Memoriam. <i>T. Viik</i>	83
Tarmo Oja. In Memoriam. <i>T. Viik</i>	85
Eero Siljander. In Memoriam. <i>V. Poikalainen</i>	87