

**Hendrik Voll Ph.D**

**Professor**

**Tallinna Tehnikaülikool (III-A 124)**

**Keskkonnatehnika instituut**

**Kütte ja ventilatsiooni õppetool**

**[Hendrik.voll@ttu.ee](mailto:Hendrik.voll@ttu.ee)**



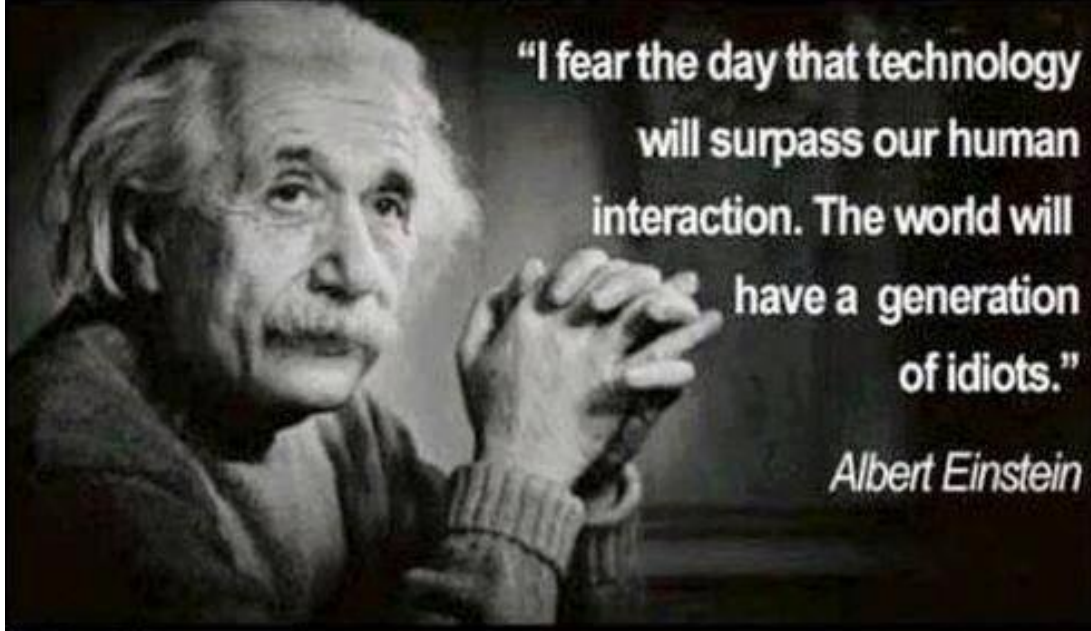
**Euroopa Liit  
Euroopa Sotsiaalfond**



**Eesti tuleviku heaks**



**Üldhariduse pedagoogide  
kvalifikatsiooni tõstmise 2008-2014**



# Teema aluseks olevad dokumendid

- **Hoonete energiatõhususe kohta**

EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2010/31/EL 19.mai 2010

olulisim suunis,

- alates 01.01.2019 avalik sektor ja 01.01.2021 kõik kinnisvaraomanikud peavad ehitama vaid liginullenergiahooneid
- 30.juuni 2012 tuleb esitada riiklik kava koos normidega
- 5 aasta tagant tuleb üle vaadata

- **Energiatõhususe kava 2011**

EUROOPA KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE

olulisemad suunised

- alates 01.01.2019 peab igal aastal vähemalt 3% avaliku sektori hoonetest rekonstrueerima 10 parema energiatõhususega hoone hulka
- Rakendada rohkem energiatulemuslikkuse lepinguid

**Energiatõhusa hoone paigutus  
ilmakaarte suhtes, kas on oluline?**

**Kes defineeris esimesena  
energiatõhusa hoone?**

## Socrates in Ancient Greek

Socrates began his discourse by asking a question: „ When someone wishes to build the proper house, must he make it as pleasant to live in and as useful it can be?“ After his students answered in the affirmative, the master then asked, „ Is it not pleasant to have the house cool in summer and warm in winter?“ And when the student assented to this as well, Socrates then closed the discussing by affirming, „Now in houses whth a southern orientaton, the sun's rays penetrate into the covered porches, but in summer the path of the sun is right over our heads and above the roof, so we have shade...

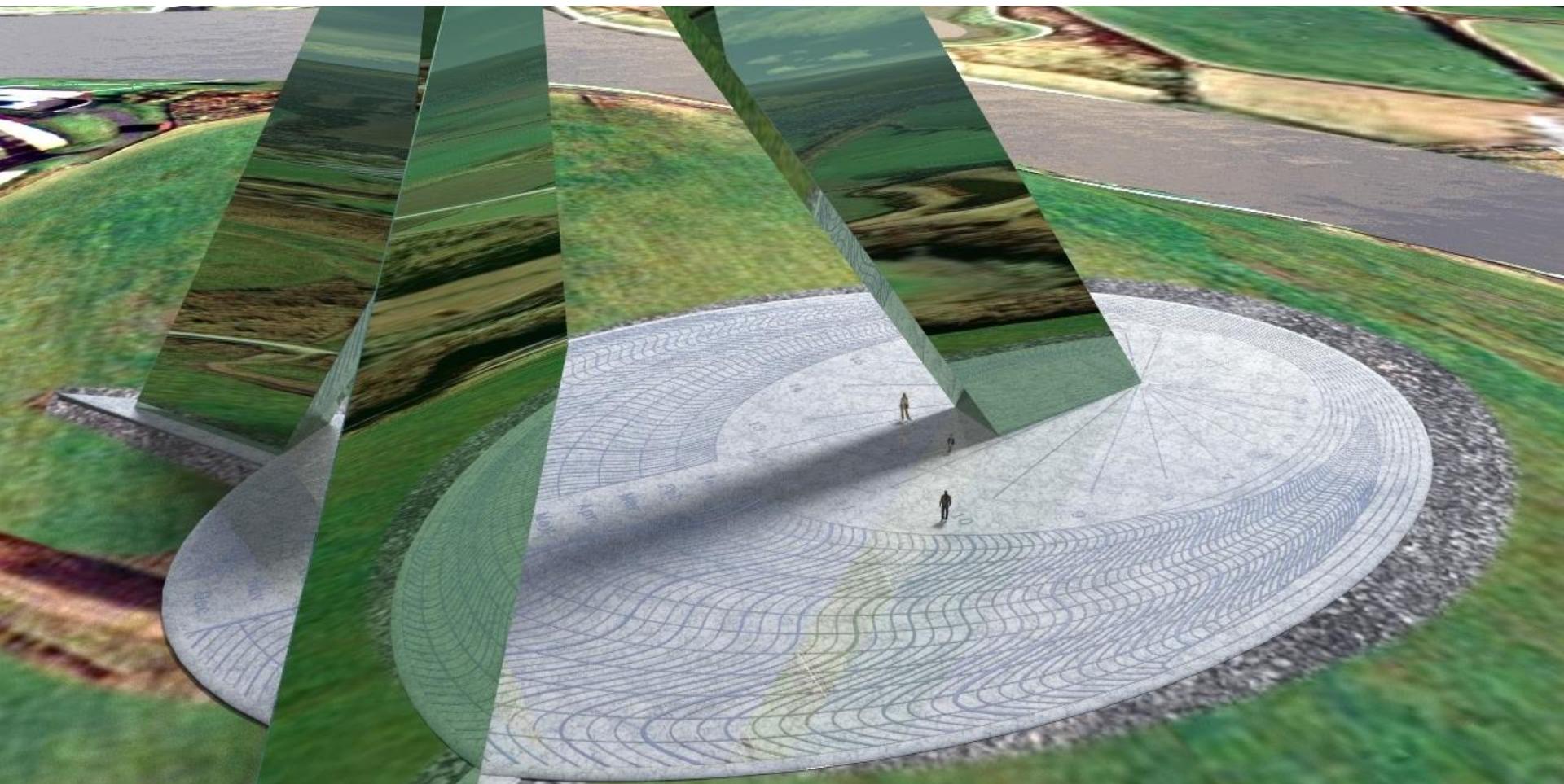
Let it shine The 600 year story of solar energy, J. Perlin

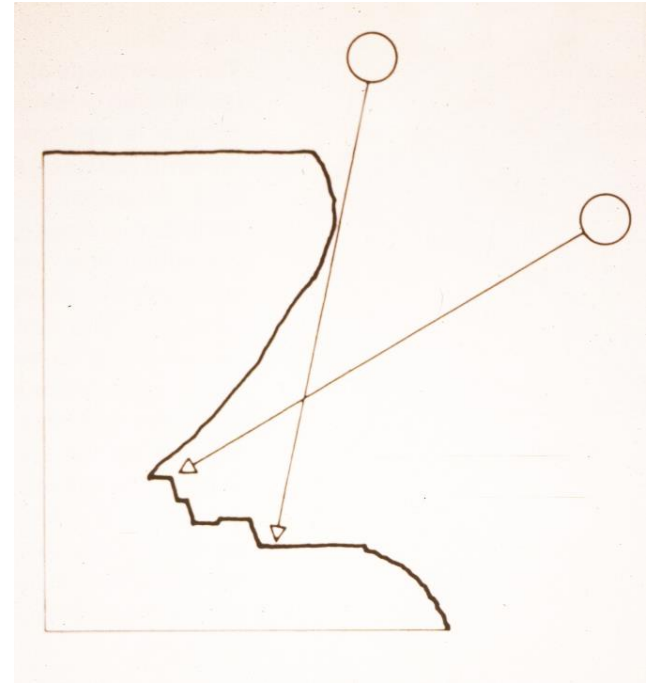
## Aristoteles in Ancient Greek

„What type of housing are we to build for slaves and freemen, for women and men, for foreigners and citizens?“ And then he answered, „For well-being and health, the homestead should be airy in summer and sunny in winter. A homestead possessing these qualities would be longer than it is deep; and its main front would face south.

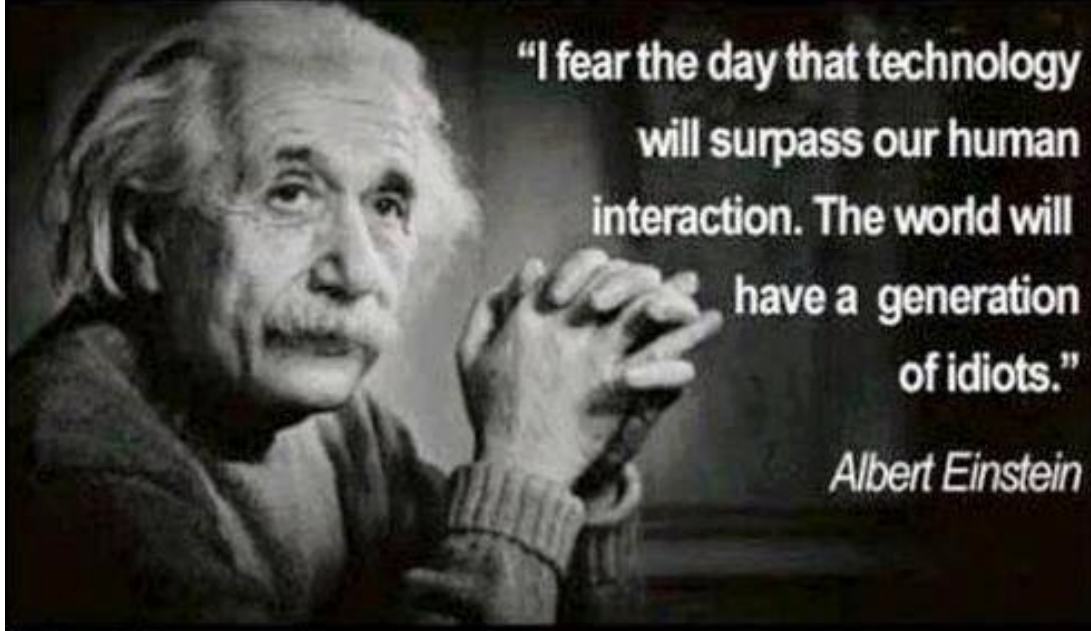
Let it shine The 600 year story of solar energy, J. Perlin

**Kui mitu aastat tagasi avastati päikesekell ja kes olid avastajad?**









“I fear the day that technology  
will surpass our human  
interaction. The world will  
have a generation  
of idiots.”

*Albert Einstein*









**Mis on akna eesmärk?**



You see it happened exactly so in Riga

**Once you close the curtains they remain closed**

**Päikesegeomeetria (geograafia)  
„tarkus“ kullahinnaga?**

**Mis eesmärgid/tingimused võiksid  
olla hoones tagatud?**

# **Soojuslik sisekliima**

(Temperatuur, niiskus, tõmbus)

# **Õhu kvaliteet**

(Gaasilised saasteained ja tahked osakesed)

# **Valgus**

(Otsene päikese kiirgus ja hajuskiirgus)

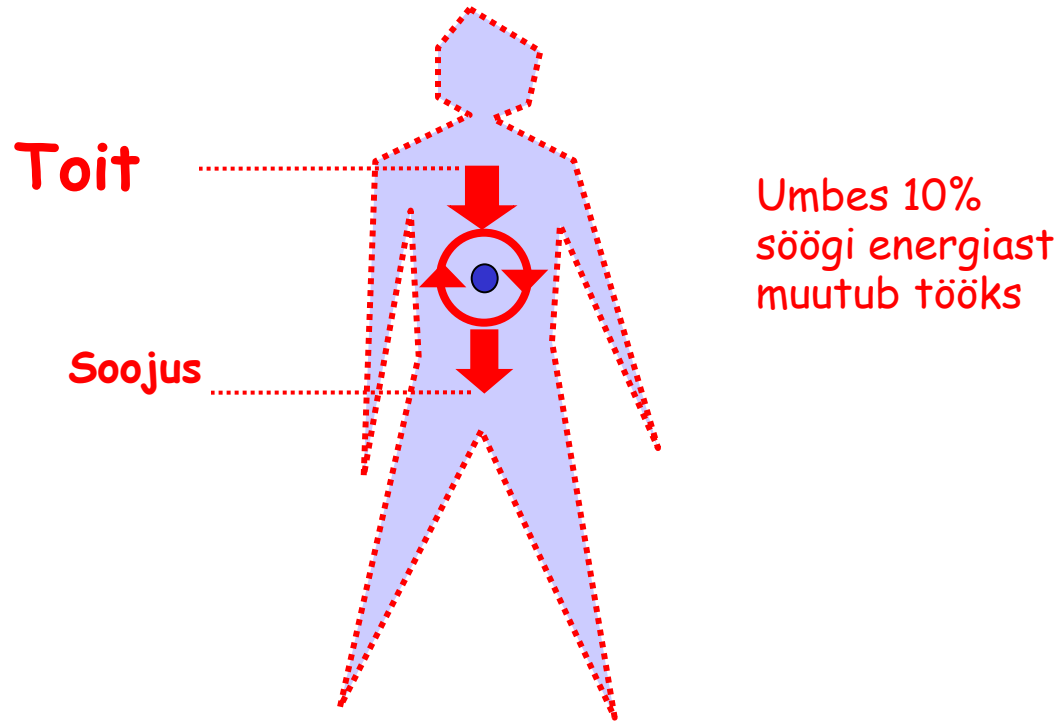
# **Müra**

(müratase, vibratsioon)

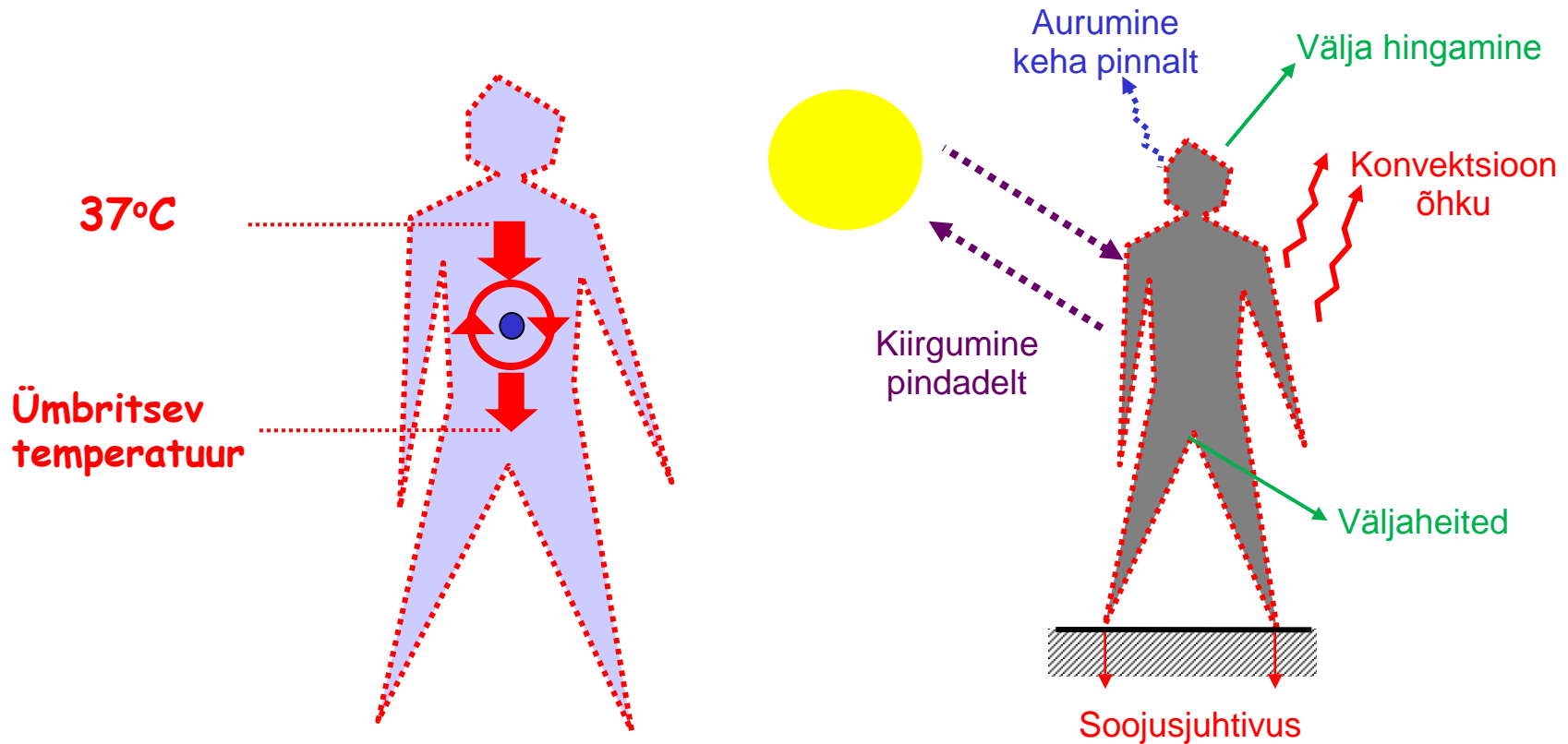
**jm õhu ionisatsioon ja  
elektromagnetlained**

**Inimese soojusvahetus  
ümbritseva keskkonnaga**

Ainevahetuse poolt genereeritud energiast kulutab inimene mehaanilise töö tegemiseks umbes 10% ülejäänud ainevahetuse energiast muutub soojuseks.



Ainevahetuse poolt tekib kehas soojus, mis tõstab inimese sisetemperatuuri keskmiselt  $37^{\circ}\text{C}$ . Et keha temperatuur ei tõuseks liiga kõrgeks peab see soojus kehast lahkuma.



Ainevahetuse poolt tekitatud soe eraldub kehast peamiselt soojusjuhtivuse, konvektsiooni, kiirgumise ja aurumise teel ümbritsevasse pindadesse.

Juhul kui sooja eraldumine ei taga kehatemperatuuri  $37^{\circ}\text{C}$  käivitub lisajahutust tekitav higistamine. Keha pinnalt auruv vesi jahutab efektiivselt, kuid märg keha on siiski ebameeldiv.



Kui kehast eralduv soojavool on liiga suur, siis keha jahtub, ihu pinnatemperatuur langeb ning sooja loovutamine väheneb. Käivitub sooja tekitav lihasevabin. Kõik see tundub ebameeldiv.

Soojust transportivaks keskkonnaks inimorganismis on veri. Organismis tsirkuleeriv veri jahtub nahaalustes piirkondades ja soojeneb siseorganites - südames, maksas, neerudes.

Kui inimest ümbritseva keskkonna temperatuur on madalam "mugavuspiirist", siis nahaalused veresooned ahanevad, nahk muutub kahvatuks ja kuivaks (kananahk). Naha temperatuuri alanemisega väheneb soojuskadu konvektiivse ja kiirgusülekanne teel, väheneb niiskuse aurumine. Keskkonna temperatuuri edasisel alanemisel võib organism külmetuda, muutudes vastuvõtlikuks haigustele.

Kui inimest ümbritseva keskkonna temperatuur tõuseb üle "mugavuspiiri", siis nahaalused veresooned laienevad, naha temperatuur tõuseb. Selle tulemusena suureneb soojuskadu ja aurumine naha pinnalt. Kui äraantav soojushulk ei ole piisav, hakkavad tööle higinäärmed.

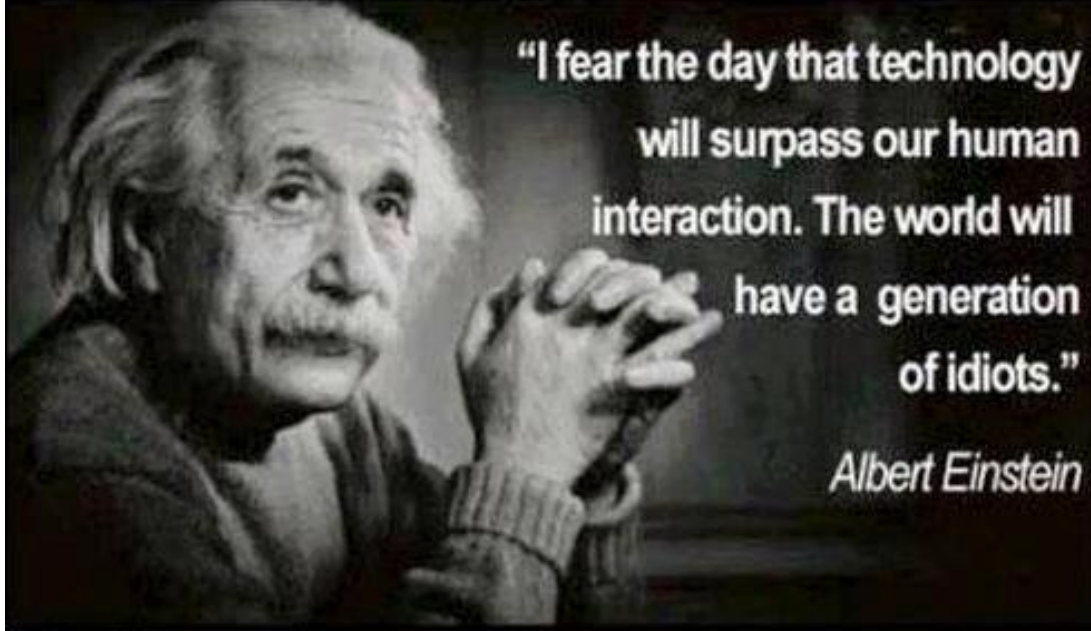
**Milline kehaosa hakkab kõige  
esimesena „külmavärisema“?**



**Kaelalihased on esimesed, keha üritab säilitada peaaju temperatuuri**



Inimese keha ei ole võimeline tekitama olukorda, et osal kehast veresooned ahanevad, teisel osal aga laienevad. Keha soojusregulatsioon ei suuda täita vasturääkivaid korraldusi. Tekkinud olukorras leiab aset organismi osaline alajahtumine, mille tulemuseks on ebamugavustunne ja/või külmetushaigused.



"I fear the day that technology  
will surpass our human  
interaction. The world will  
have a generation  
of idiots."

*Albert Einstein*







Burning mirror  
<http://www.math.nyu.edu>

# Londoni koletis: pilvelõhkuja sulatab autosid ja süütab uksematte

Katrin Pauts, 5. september 2013, 06:59



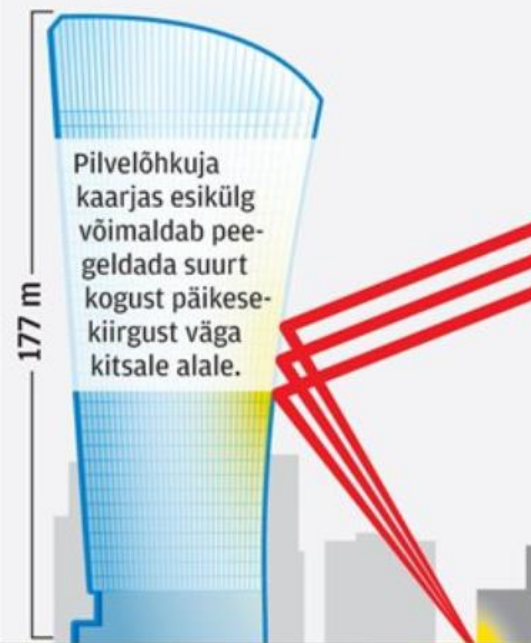
2  
fotot

Londonlased on hädas uhiuue pilvelõhkujaga, millelt peegelduv päikesekiirgus on nii raju, et suudab sulatada auto ja praadida muna. Klaasmonstrumist ohutuks möödumiseks on hädavajalikud tumedad prillid.

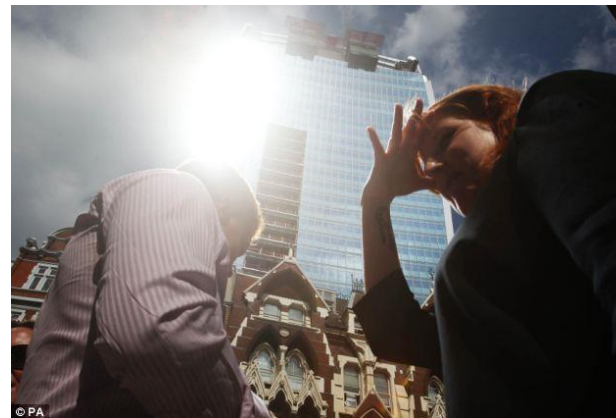
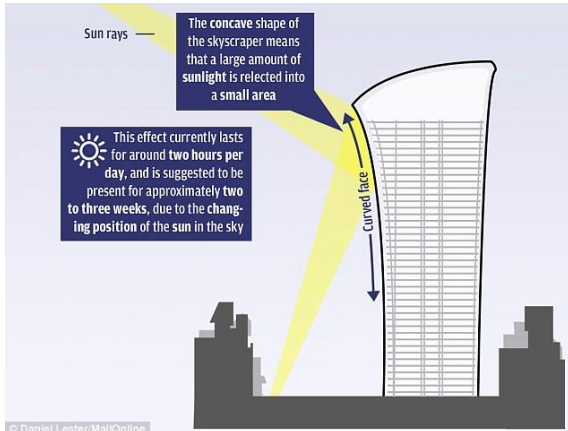
DELL

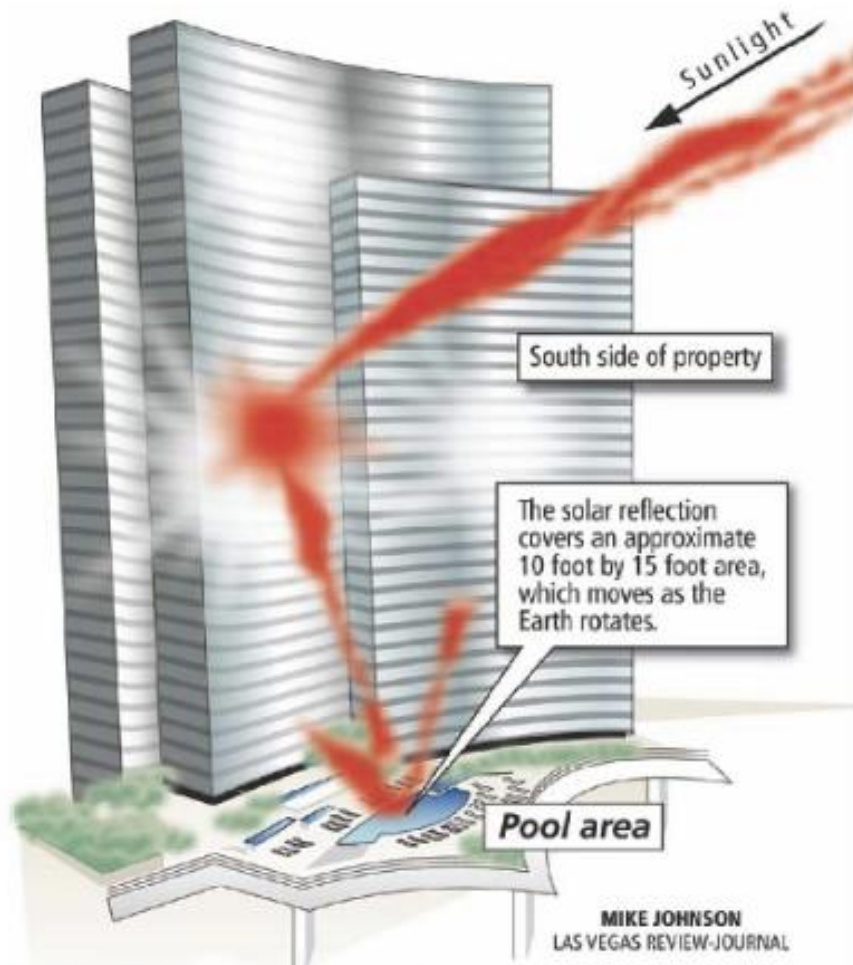
## Londoni kõrvetav pilvelõhkuja

Londoni pilvelõhkuja suudab võimendada päikesekiirgust nii, et see on võimeline oma teele jäävaid objekte sulatama ja süütama.



Vastavalt päikese asendile vältab hävitav päikeselööm iga päev kaks tundi, ennustuste kohaselt jätkub see veel kolm nädalat.





MIKE JOHNSON/LAS VEGAS REVIEW-JOURNAL



*Bill Pintas' melted plastic newspaper bag.*



**Juhul kui arhitekt/insener mõistab päevavalgust ja selle iseloomu on tal kõik eeldused projekteerida/ehitada maja, milles on hea sisekliima ja mis on madala(ma) energiatarbega.**

# Mis on päevavalgus?

- Päevavalgus on üldise päikesekiirguse nähtav osa. Päevavalgus koosneb päikesevalguse ja taevavalguse kombinatsioonist, kus päikesevalgus on otsese päikesekiirguse nähtav osa ja taevavalgus taeva hajukiirguse nähtav osa.



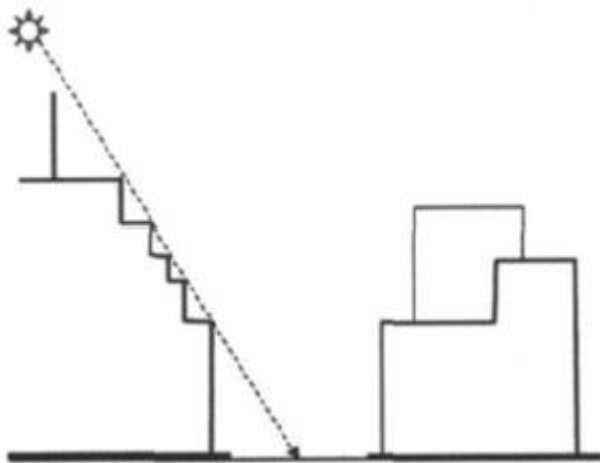
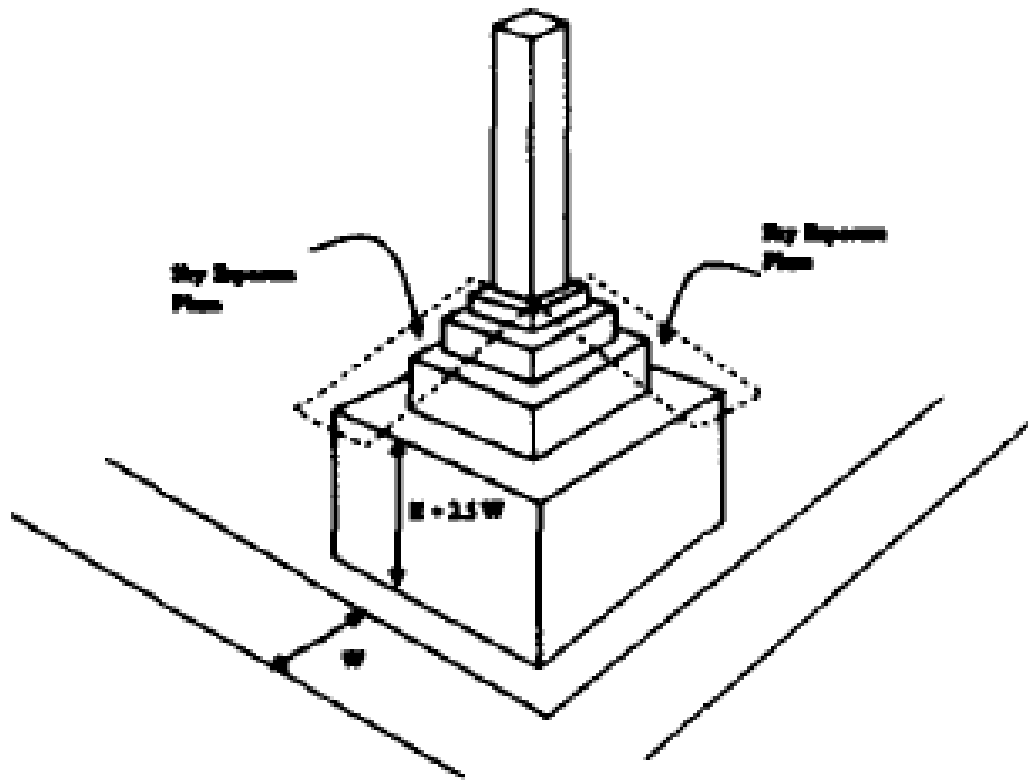
# Otsene päikesekiirgus elamutes/eramutes

- Elamutes, koolieelsetes lasteasutustes, õppeasutustes, hoolekandeaasutustes, haiglates planeeringute koostamisel tuleb hoonete asukoht ja orientatsioon valida selliselt, et eluruumides oleks kindlustatud vähemalt 3-tunnine katkematu insolatsioon(otsese päikesekiirguse pääsemine ruumi) päevas ajavahemikul 22.aprillist kuni 22.augustini).



- Suurbritannia
- Saksamaa
- Venemaa
- Holland
- Portugal
- Hispaania
- Sveits
- Eesti
- USA
- Jaapan
- Austraalialia
- Iisrael
- ...

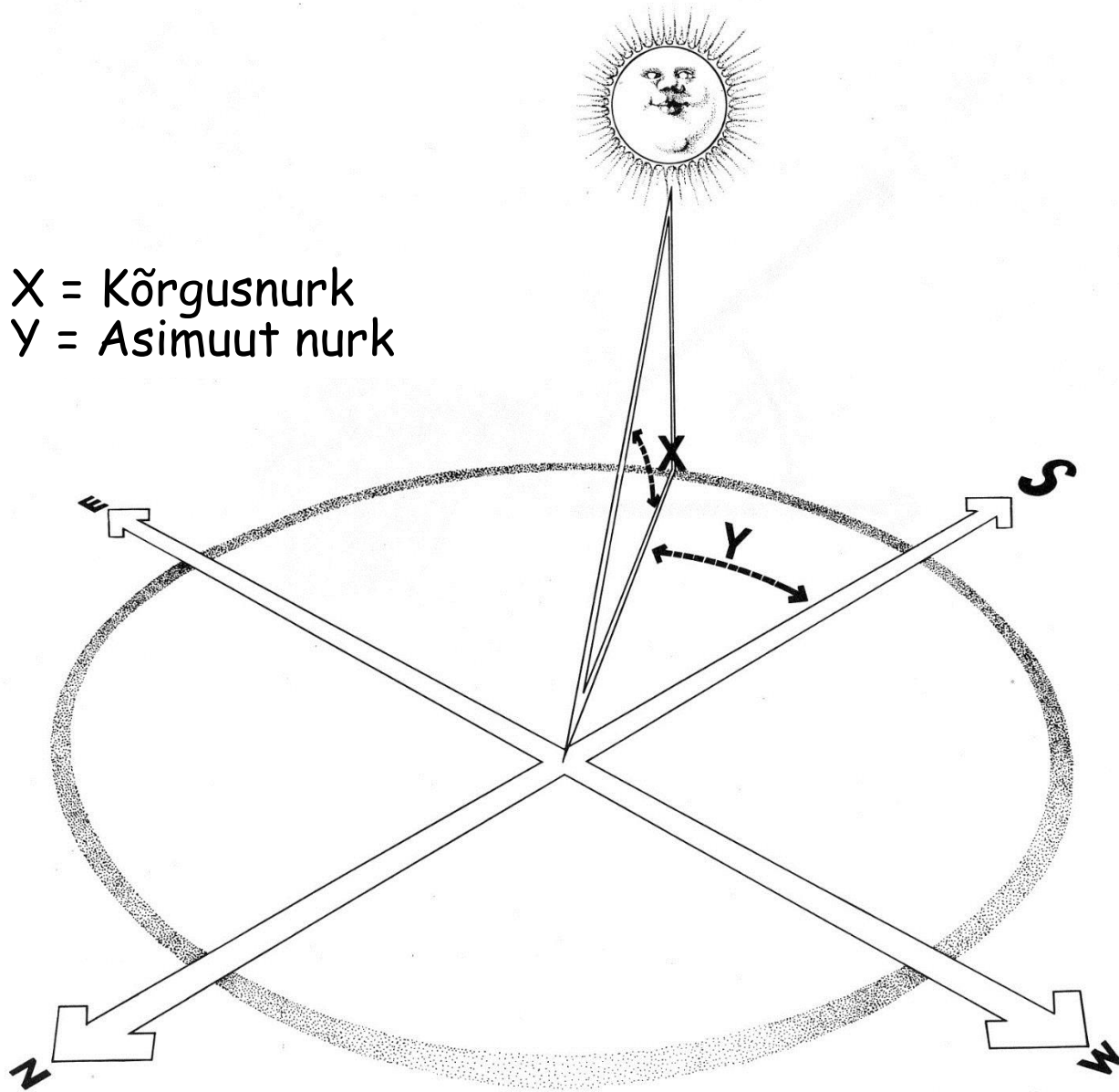




*Figure 3: Wedding-cake style building in New York.*



X = Kõrgusnurk  
Y = Asimuut nurk



**Kui kaugel asub päike Maast?**

**Kui kiiresti levib valgus?**

**Kui kiiresti jõuab päikesevalgus  
päikeselt Maale?**

**Mitu tundi kestab kõige pikem ja kõige  
lühem päev Tallinnas (päikese tõusust  
kuni loojanguni)?**

**Mis kuupäeval ja kellaajal on Tallinnas päikese kõrgusnurk maksimaalne ja millal minimaalne? Kui suured on päikese kõrgusnurga maksimaalne ja minimaalne väärtus?**

**Maksimaalne on päikese kõrgusnurk 21.  
juuni keskpäeval  $54,3^\circ$  ja minimaalne  
21 detsembri keskpäeval  $7,3^\circ$**

**Päikese trajektoor on täpselt identne  
21 novembris ja 21 ....?**

**21 juuni**

**21 mai/juuli**

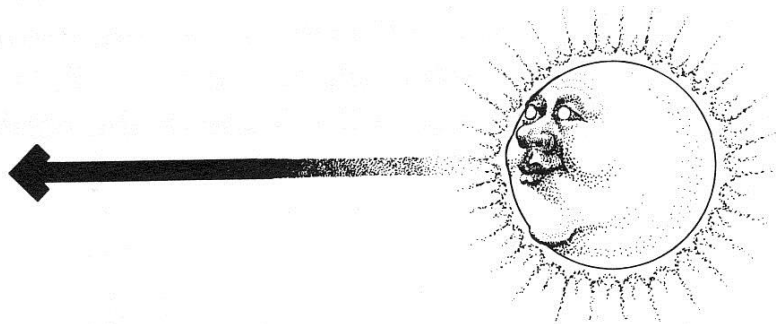
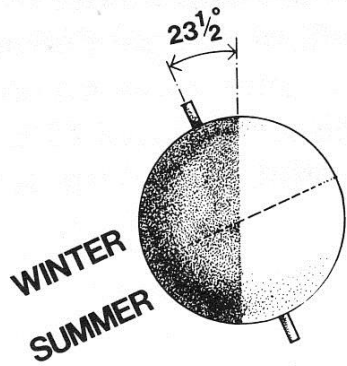
**21 aprill/august**

**21 märts/september**

**21 veebruar/oktoober**

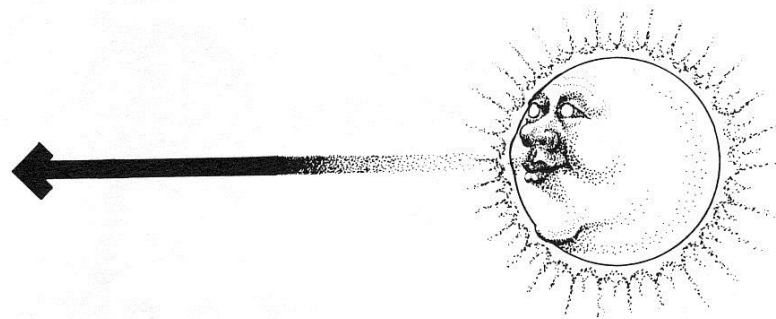
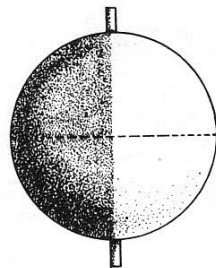
**21 jaanuar/november**

**21 detsember**

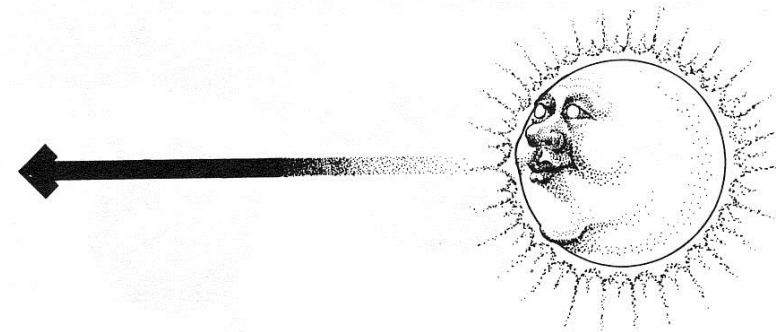
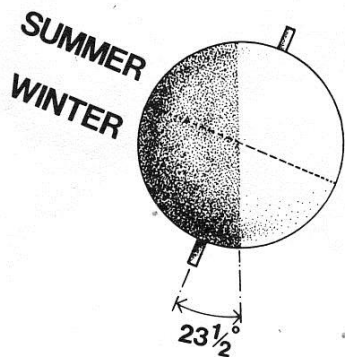


Dec. 21

SPRING / AUTUMN  
AUTUMN / SPRING



Mar./Sept. 21



June 21

**Mis on Tallinna laiuskraad?**

# Päikese Kõrgusnurk keskpäeval:

$$\text{Kõrgusnurk} = 90^\circ - \text{laiuskraad} + \text{Deklinatsioon}$$

Laiuskraad             $\sim 59,2^\circ$

Deklinatsioon:    Detsember 21        =      $-23.5^\circ$   
                         Märts/Sept. 21       =        $0^\circ$   
                         Juuni 21                =      $+23.5^\circ$

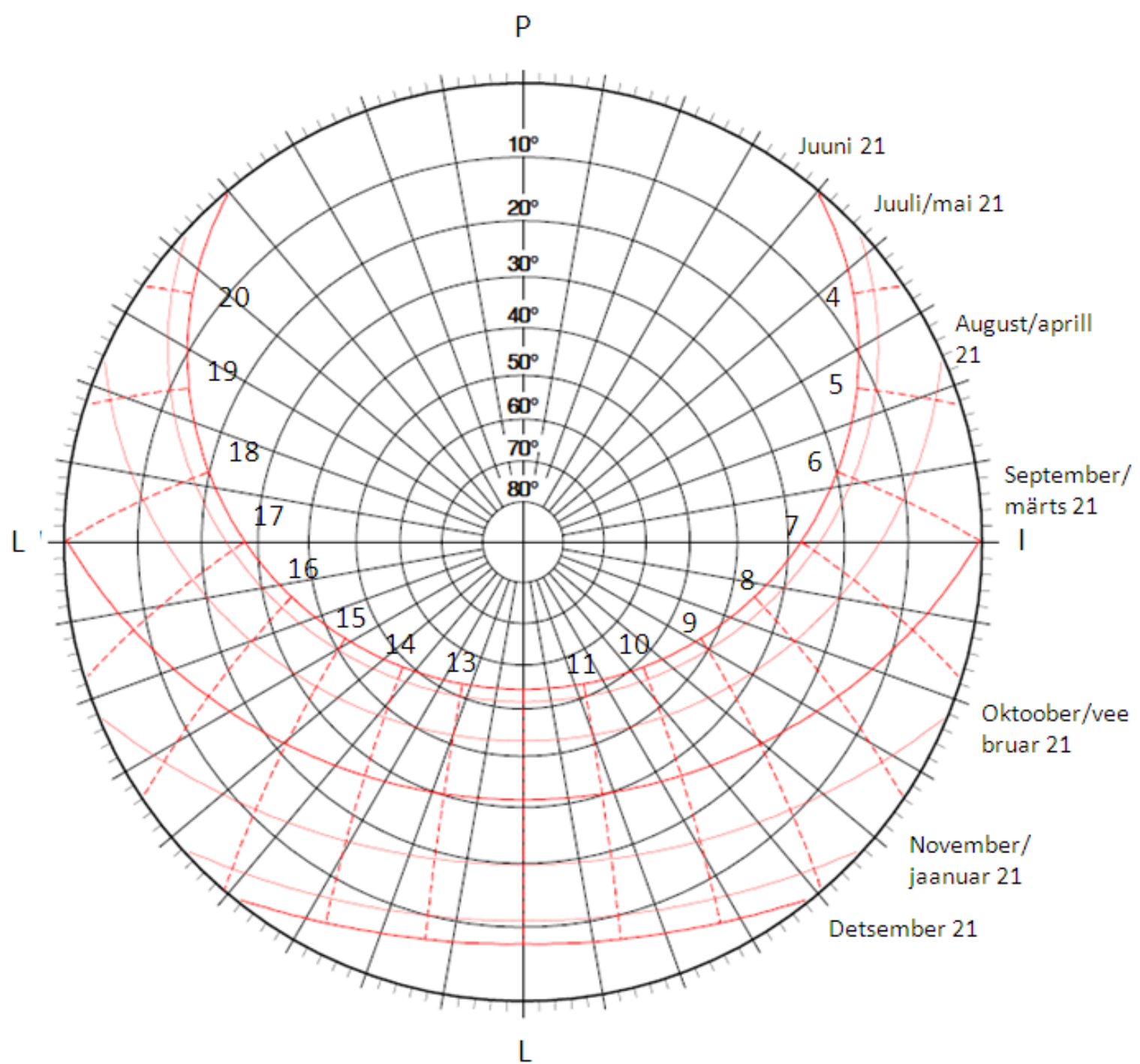
## Päikese kõrgusnurk keskpäeval Tallinnas:

$$\text{Dets. 21} \qquad \qquad \qquad 90^\circ - 59,2^\circ - 23.5^\circ = 7,3^\circ$$

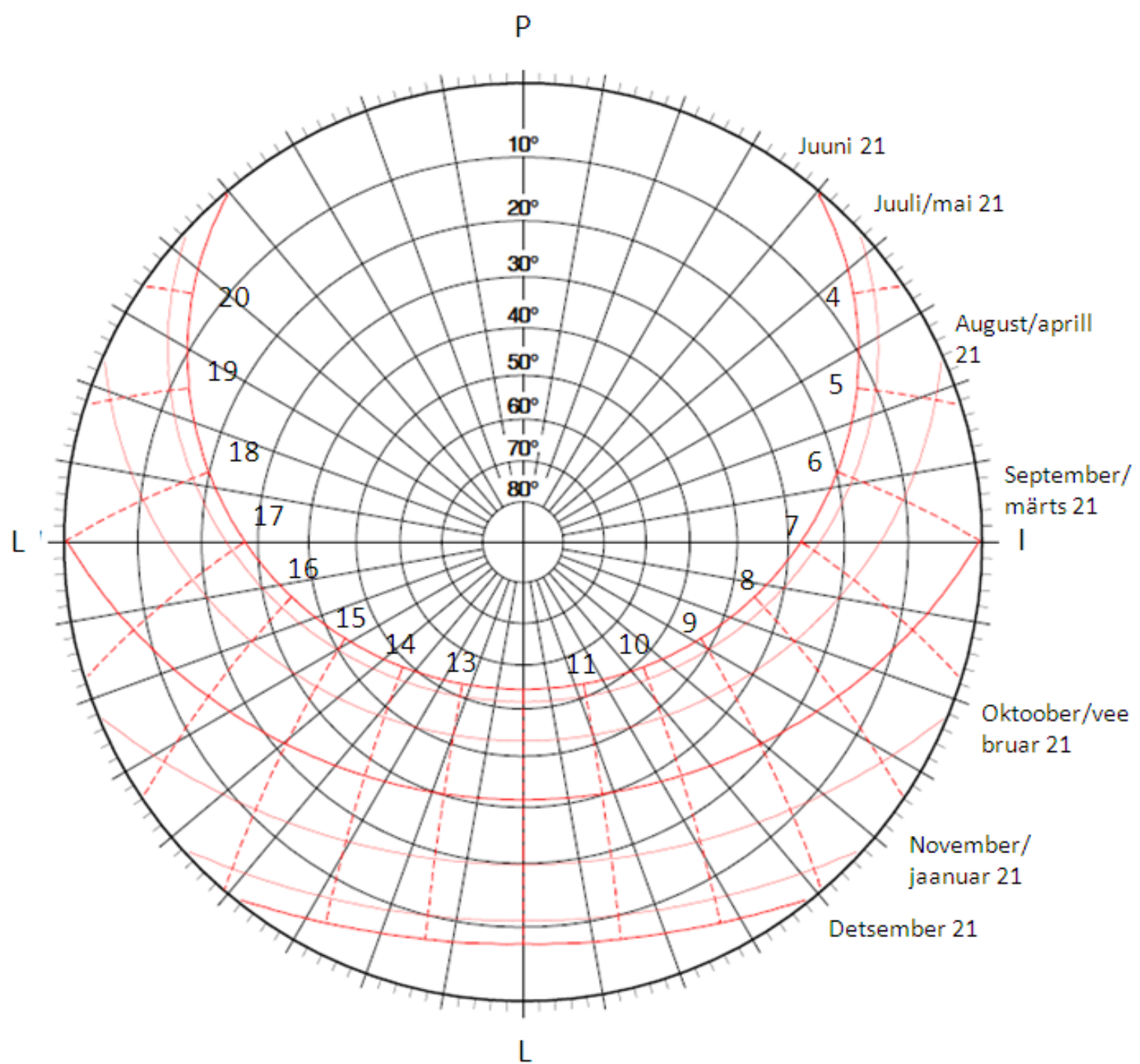
$$\text{Sept./Mar. 21} \quad 90^\circ - 59,2^\circ + 0^\circ = 30,8^\circ$$

$$\text{June 21} \qquad \qquad \qquad 90^\circ - 59,2^\circ + 23.5^\circ = 54,3^\circ$$

**Kui pikk on päev Tallinnas 21 märts?**



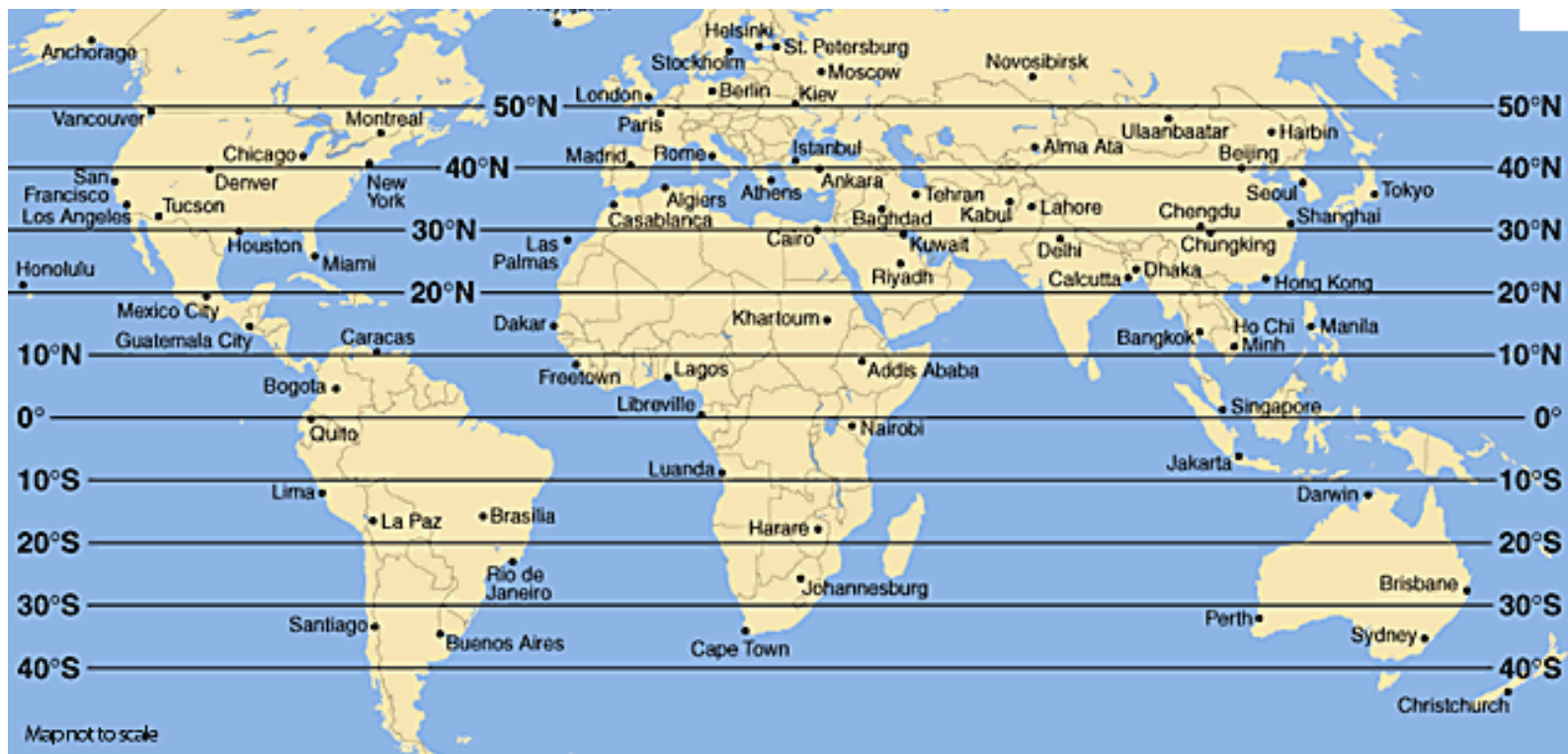
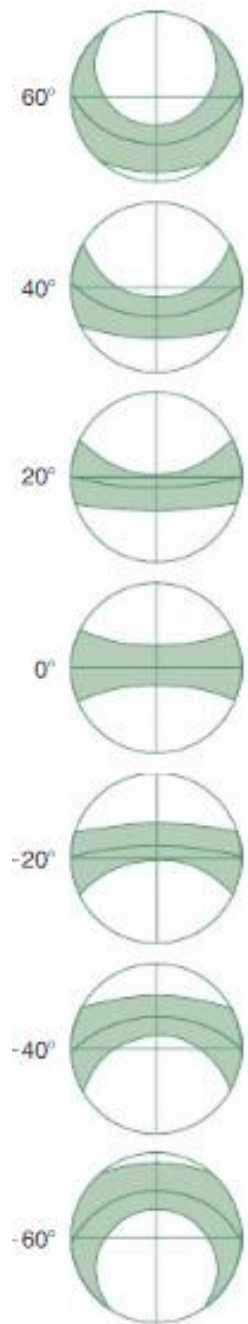
**Mitu minutit, tundi või päeva aastas  
paistab päike Tallinnas  
põhjafassaadile?**

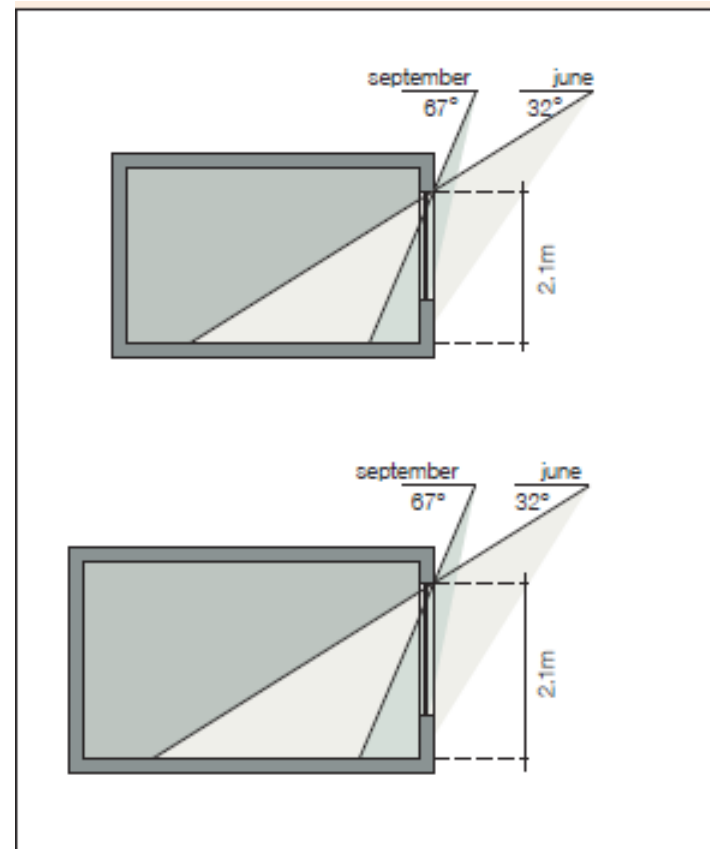
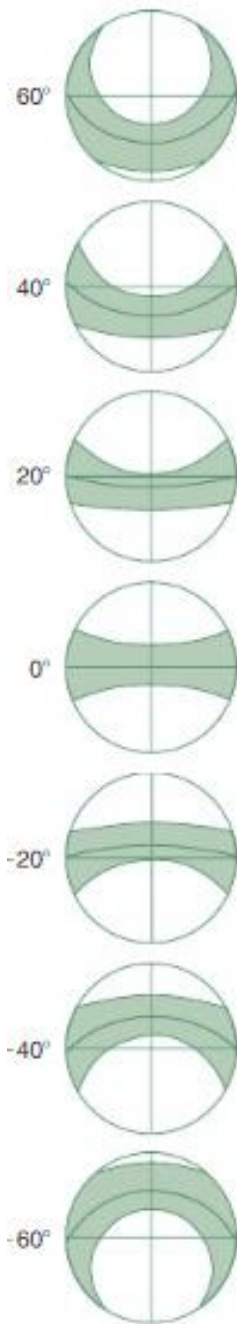


**Mis ilmakaarde soovitate paigaldada  
päikesepaneelid/kollektorid Eestis?**

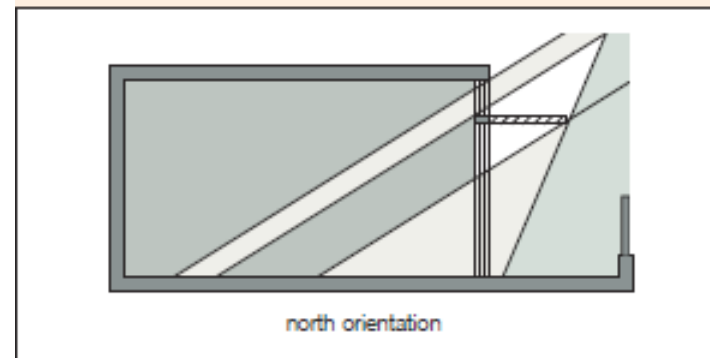
**Mis ilmakaarde soovitate paigaldada  
päikesepaneelid/kollektorid Ekvaatori  
laiuskraadil?**

**Mis ilmakaarde soovitate paigaldada  
päikesepaneelid/kollektorid  
Austraalias?**



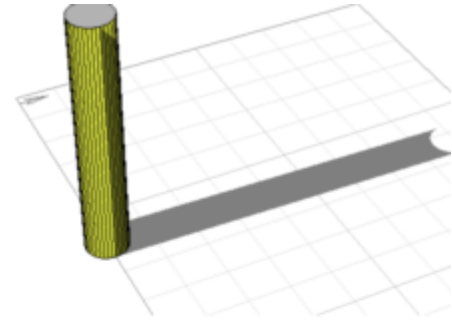
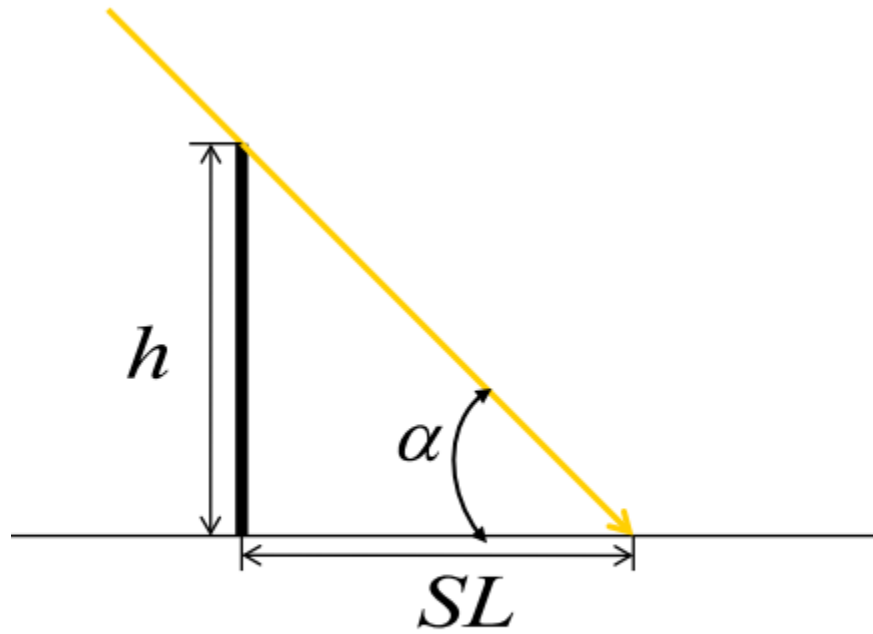


03.34. Higher ceilings and higher window heads allow deeper sunlight penetration.



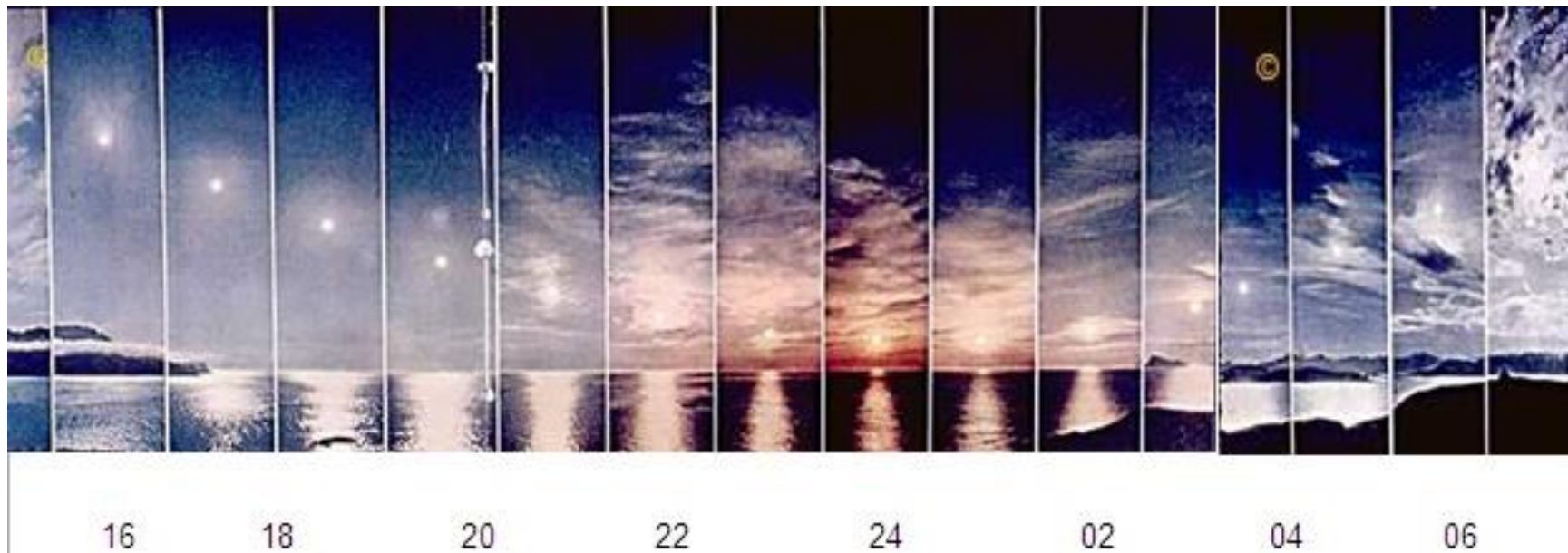
03.35. On north facing windows, projecting horizontal louvres admit winter sun while shading summer sun.

Kui pika varju tekitab 2m mees 21  
juunil kell 12 ja 21 detsembril kell 12  
päeval?

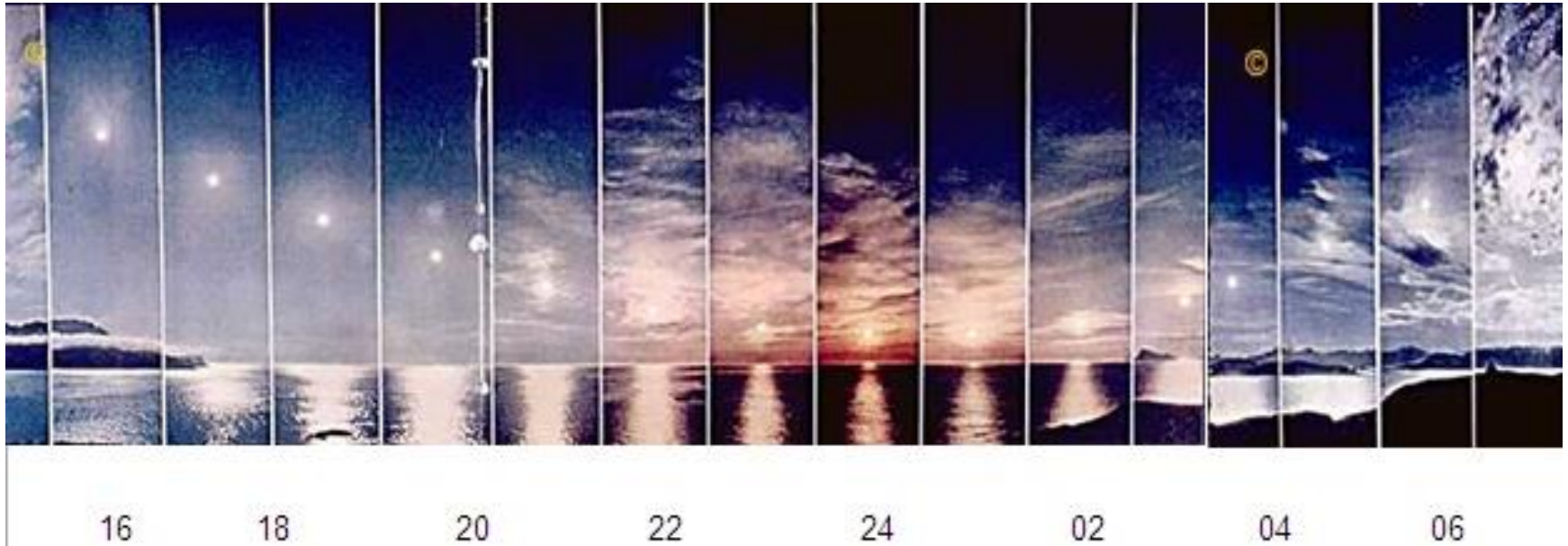


$$SL = \frac{h}{\tan \alpha}$$

21 juuni ca 1,4 meetrit ja  
21 detsember ca 15,6 meetrit!!!



Millega tegu?



Mis laiuskraadil asub põhjapolaarjoon  
ja millisel laiuskraadil lõunapolaarjoon?

Rusikareegel: Kontorites blokeeri otsene päikesekiirgus aga kavanda majad nii et neis oleks piisavalt hajuvalgust

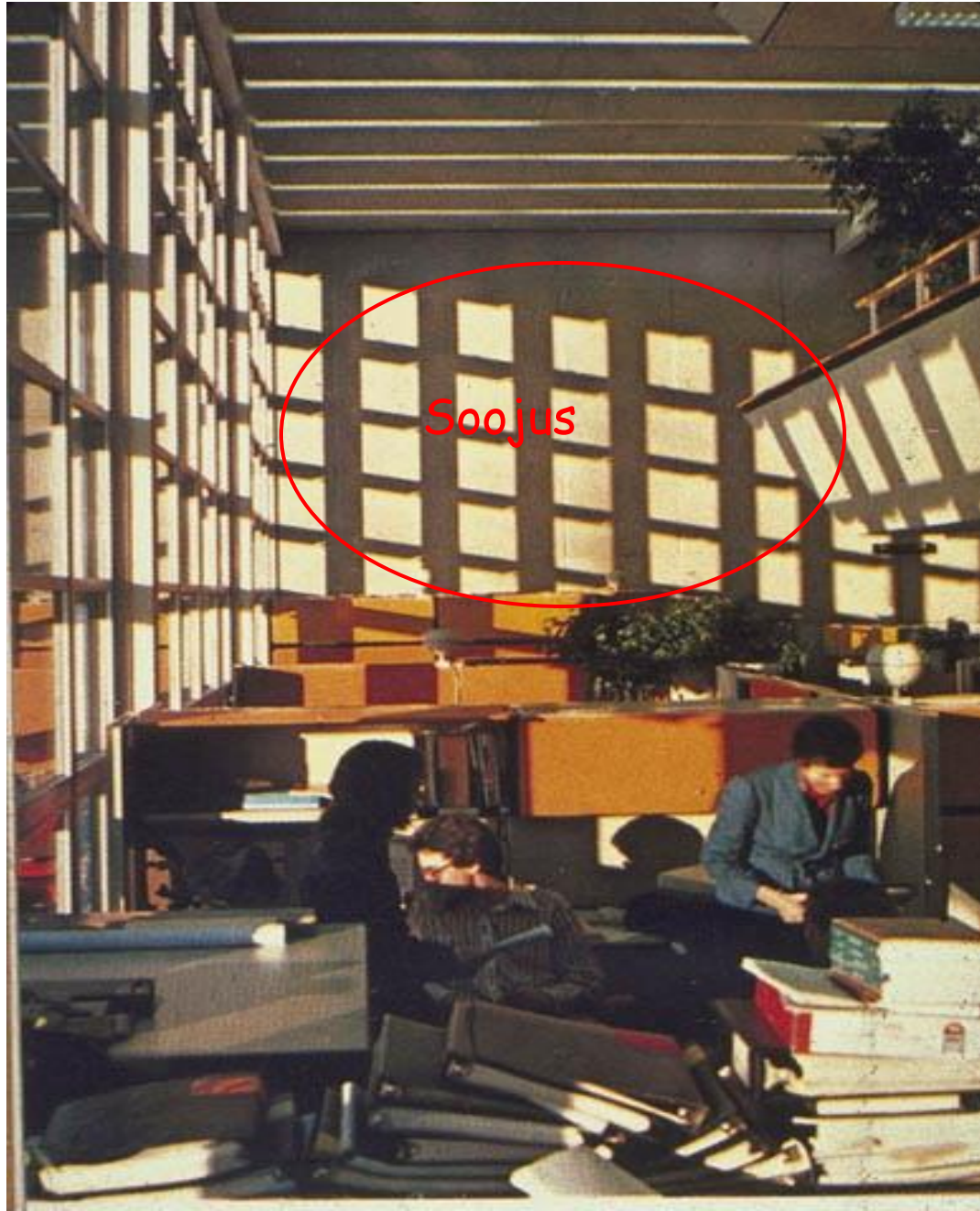


PÄIKESEKIIRGUS  
EI!!



HAJUSKIIRGUS  
JAH!!

**Juhul kui sa seda reeglit ei jälgi...**



Soojus

Inimese keha ei ole võimeline tekitama olukorda, et osal kehast veresooned ahanevad, teisel osal aga laienevad. Keha soojusregulatsioon ei suuda täita vasturääkivaid korraldusi. Tekkinud olukorras leiab aset organismi osaline alajahtumine, mille tulemuseks on ebamugavustunne ja/või külmetushaigused.

- Otsene päike kontorites...kardinad suletakse, elektri valgustus peale...sisetemperatuur tõuseb...installeeritud jahutusvõimsus ei suuda tihti olukorda lahendada... palav...rahulolematud töötajad... produktiivsuse langus... üürnike lahkumine...süüdlaste otsimine...kohus...



- Korra kardinad suletud suur toenäosus, et sellisesse asendisse nad jäävadki

*Pilvine ilm*



*Päikesepaisteline ilm*





You see it happened exactly so in Riga

**Once you close the curtains they remain closed**

Mis sarnasus? Mis erinevus ?







# Rusikareegel: Eramu kavandamisel



PÄIKESKIIRGUS  
„JAH“!!

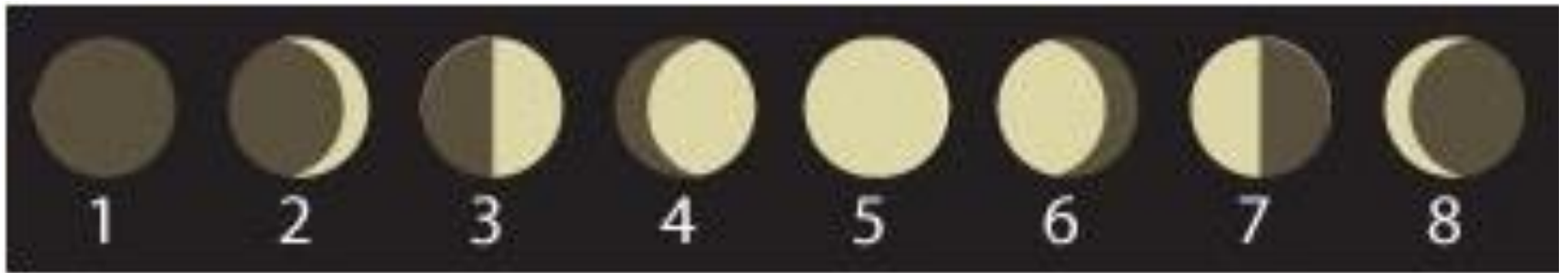


HAJUSKIIRGUS  
JAH!!

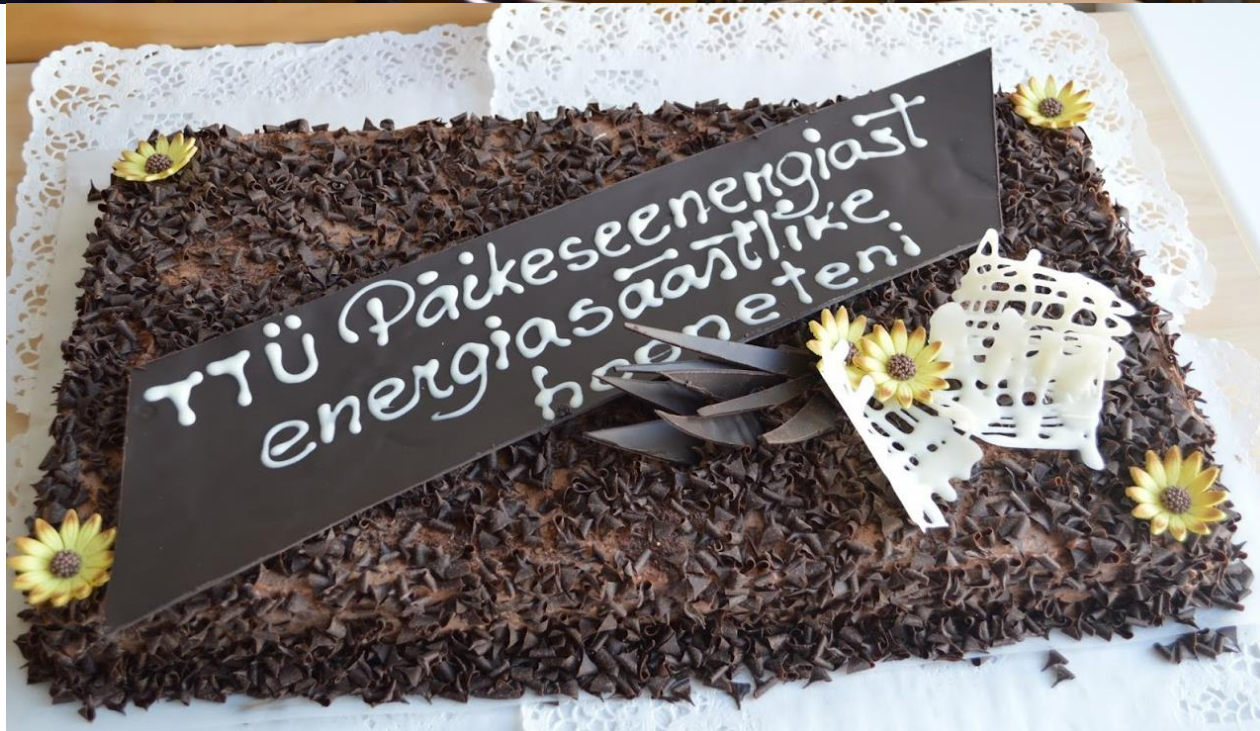
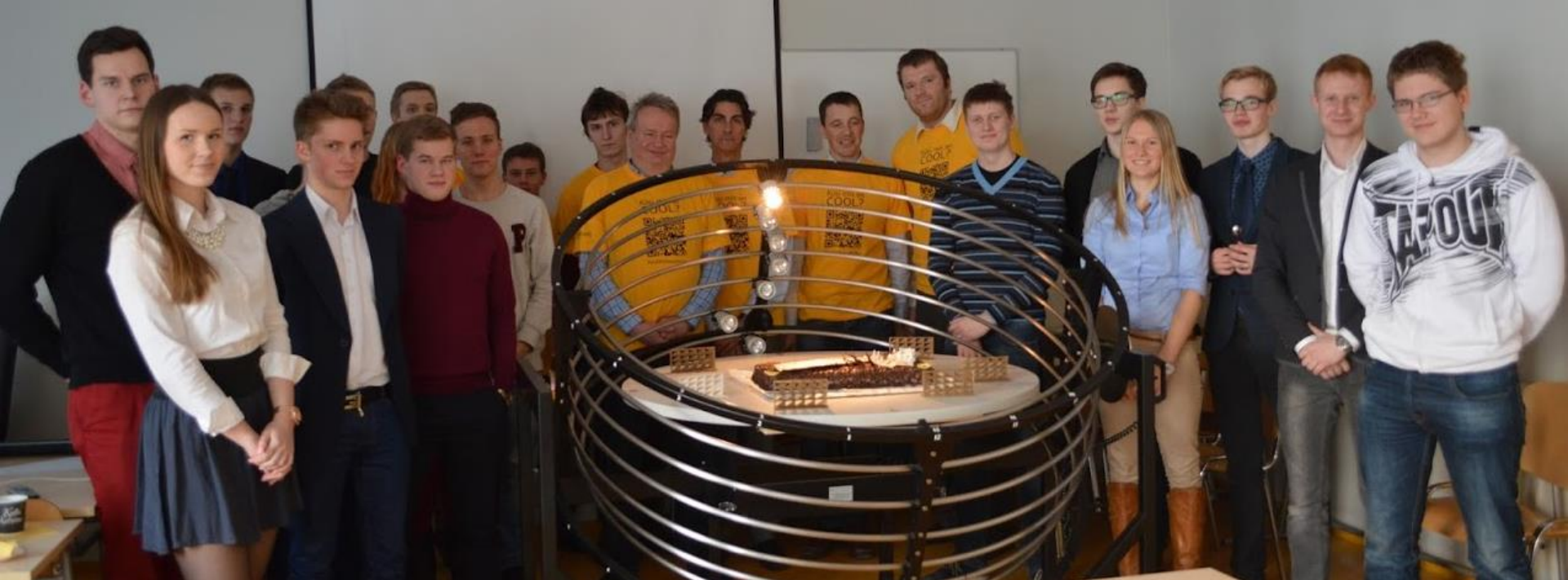


**Kui kaugel asub Kuu maast?**

**Mitme päevaga teeb kuu Maale tiiru  
peale?**



Leia pildilt terminaator.....



**Täna tähelepanu eest!**

Email [hendrik.voll@ttu.ee](mailto:hendrik.voll@ttu.ee)

Telefon 6202510