



LAURI KULPSOO / SCANPIX

Ain Kallis, esiplaanil aktinomeeter.

Miks me mõõdame päikesekiirgust?

■ VASTAB TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI DOTSENT, EESTI METEOROLOOGIA JA HÜDROLOOGIA INSTITUUDI PEASPETSIALIST

AIN KALLIS

Kumb on tähtsam, päike või kuu? Aga loomulikult kuu, sest ta paistab öösel, kui on pime, päike aga päeval, kui on niigi valge!

Igipölistest aegadest saadik on inimesed teadnud, et Päike on väga olulisel kohal meie elus. Mida ta endast aga kujutab ja kuidas ta meid mõjutab – see oli juba keerulisem küsimus.

“Päikese kiired on pidanud pikka ja kõverat teed käima, enne kui nad meie juures ennast jälle soojusena avaldasid. Kui mõni pärima hakkab, kust meie ja kõige looduse eluallikas oma määratu soojuse tagavara võtnud, siis ei saa ta teadusmeeste käest mitte vastust. Nad seletavad ainult, et vastus niisuguse küsimise päle inimliku mõistuse piiridest juba väljaspoole on.” (Stud. math. J. Sarv, Postimees, 06.02.1902.)

Kui “teadusmehed” sajandi eest ei teadnud Päikese energiaallika kohta midagi väita, siis terastel saarlastel oli üpris tõepärane hüpotees Päikese olemusest: “Päike on üks suur tulekuul, mis nii kaua maailma soendab kui viimsepäevani. Siis ta pääseb lahti ja põletab kõik maailma ära.” (Andres Kuperjanov, Uskumusi ja tõlgendusi, 2004.)

TEKK MUUDAB ELU PALAVAKS

Saja aasta vältel on teadmised meie planeedisüsteemi keskset kujust märksa täienenud. Teatmeteostest võime lugeda, et Päike on Maale kõige lähem täht, mille mass – $1,99 \cdot 10^{30}$ kg (330 000 korda suurem Maa massist) moodustab 99,9 protsenti kogu Päikesesüsteemi massist. Tema poolt välja kiiratavast

energiast jõuab Maad ümbritseva atmosfääri ülapiirile vaid pool miljardikku osa, mis moodustab aastas ligikaudu $5,4 \cdot 10^{12}$ teradžauli ehk $1,3 \cdot 10^{24}$ kalorit. Sedagi hajutavad, neelavad ja peegeldavad õhuosakesed ja pilved. Pinnases neeldub vaid pool kiirgusest, mis oli jõudnud atmosfääri ülapiirile.

Ometi piisab sellest kogu atmosfääri õhumasside ja ookeanide vee liikuma panemiseks ning elu säilitamiseks biosfääris. Kui maakeral poleks päikesekiirguse erinevusi, siis poleks ka erinevusi õhurõhus, poleks tuuli, ookeanihoovusi ja palju muud, mis kujundab kliimat. Seega on igati õige väita, et Päike on ilmastikuteatri peanäitejuht.

Võrdluseks olgu öeldud, et Maa sisemusest eraldub meie laiuskraadil aasta jooksul sama kogus soojust, kui palju annab Päike suvisel keskpäeval ühe tunniga!

Peaksime olema rahul nii Maa kui ka planeedi asukohaga Päikesesüsteemis, samuti praeguse atmosfääri koostisega. Kui tiirleksime praegusest kaugemal orbiidil, külmuksime, lähemal Päikesele aga kõrbeksime. Ka on atmosfäär meid katmas päris parajalt paksu vaibana: kui seda, nn kasvuhooneefekti poleks, siis oleks Eesti keskmine aastane temperatuur mitte +5 kraadi (maakeral 15°) ümber, vaid ligi 23 pügala võrra külmem. Kui see “tekk” muutub liialt paksuks, läheb kogu planeedi eluolu pehmelt öeldes palavaks. Kasvuhooneefekti tugevnemist seostatakse nii õhus leiduva aerosooli (tolm, suits, vulkaanipursete produktid jne), veeauru, pilvede kui ka kasvuhoonegaaside (metaan, süsinikdioksiid, kloori- ja broomiühendid jne) hulga suurenemisega atmosfääris.

MÕÕTMISED KÄIVAD ÜHEKSAS JAAMAS

Üks viis uurida atmosfääris toimuvaid protsesse, nende hulgas muutusi kliimas, on mõõta päikesekiirgust. Palja silmaga me ei suuda täheldada taolisi muutusi, sest inimsilm suudab tajuda vaid umbes poolt päikesekiirguse spektrist. Kui õhu temperatuuri on kraadiklaasiga hinnatud enam-vähem korralikult ligi kaks sajandit, siis kiirgust on suudetud mõõta vahest poole vähem. Põhjus: termomeetrid on lihtsama ehitusega, igaüks mõistab saadud suurusi, nende vajalikkust.

Päikesekiirgust mõõtev aktinomeetiline aparatuur on palju keerulisem, mõõtetulemusi sageli raske lahti mõtestada. Seetõttu ongi kiirgusjaamasid maailmas suhteliselt vähe. Eestis said aktinomeetriselised mõõtmised alguse päris varakult – 1904. aastal Tartu Ülikooli juures. Kolmekümnendail aastail oli professor Kaarel Kirdel kasutada üks Euroopa paremaid instrumente – Ängströmi pürheliomeeter Nr 197. See aga kadus sõjamoõllus.

Pidevad, senini kestvad mõõtmised algasid alles 1950. aastal, alguses Tartu külje all, hellitavalt Eesti aktinomeetria isaks kutsutava Juhani Rossi juhtimisel. Alates 1965. aasta sügisest kolis kiirgusjaam koos astronoomidega 20 km kaugusele, Tõravere. Momendil registreeritakse päikesekiirguse hulkasid üheksas Eesti ilmajaamas. Need on Tartu-Tõravere, Tiirikoja, Tallinn-Harku, Pärnu, Vilsandi, Pakri, Narva-Jõesuu, Roomassaare ja Haapsalu. Lisaks veel 14 jaamas mõõdetakse päikese- paiste kestust.

Päikesekiirguse muutumist on seega jälgitud, moodsamalt öeldes – seiratud ehk monitooritud, üle poole sajandi. Vaatlusread nii Tartus-Tõraveres kui Mustvee külje all asuval Tiirikojal on kujunenud üheks pikemaks Põhja-Euroopas. Ilmselt ka kvaliteetseks, ega's muidu oleks tehtud esimesele neist 1992. aastal ettepanek kandidideerida päikesekiirguse mõõtmiste baasjaamade võrgu BSRN (Baseline Surface Radiation Network) liikmeks. Nimetatud võrk loodi selleks, et siduda satelliitidelt tehtavaid mõõtmisi vaatlustega maapealsetes jaamades, teha



osa kiirgusmõõturiest Tõraveres.

väga täpseid kiirgusmõõtmisi maakera eri osades ning ühtlasi älgida Maa kiirgusrežiimi pikaajalisi muutusi.

Tartu-Tõravere meteojaam on alates 1999. aastast BSRN-võrku täisliige. Kokku kuulub võrku momendil 35 jaama, neist seitse asuvad Euroopas. Meist ida pool on järgmine sõsarjaam alles Hiinas ja Jaapanis, läänes aga Lindenbergi jaam Saksamaal. Kiirgusmõõtmisi baasjaamades püütakse teha ühtede ja samade sensoritega, samuti ühtse mõõtmismetoodika alusel.

Raskeks teeb töö taolistes jaamades tööik, et mõõtmised toimuvad väga tiheidalt – iga kuue sekundi tagant! Nende alusel arvutatakse minuti keskmised, samuti selles ajavahemikus tehtud maksimaalsed ning minimaalsed kiirguse väärtused. Kogu too tohutu andmemassiiv kontrollitakse hoolikalt üle ning saadetakse kuu lõppedes maailma kiirguskeskustesse, kuni viimase ajani Zürichisse, edaspidi aga Bremenisse.

Kõikide BSRN-jaamade vahel käib võistlus – kes suudab kõige kiiremini ning kvaliteetsemalt edastada andmeid keskusesse. Neid ootavad ju satelliitidelt teostatavate mõõtmiste tegijad, et võrrelda omi andmeid maapealsetega.

Viimasel ajal on pinev rebimine olnud meie ning Jaapani kateno jaamaga. Kord on peal nemad, kord Tõravere.

KAS MAAILM PIMENEB VÕI VASTUPIDI?

Registreerida tuleb päikese ehk lühilainelist kiirgust, samuti Maa ja atmosfääri pikalainelist kiirgust. Päikeseikiirgus jaguneb omakorda otseikiirguseks (tuleb päikeselise ilmaga praktiliselt paralleelsete kiirtena), hajusikiirguseks (saabub pilvedelt ja mujalt atmosfäärist) ja maapinnalt peegeldunud kiirguseks.

Päikeseikiirgust me üldiselt näeme, Maa ja atmosfääri kiirguse lainepikkused aga jäävad väljapoole inimese silma tundlikkuse piire. Muide, kõik kehad, mille temperatuur ületab absoluutset nulli, st temperatuur on kõrgem kui $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, kiirgavad soojust. Tundub küll, et jäätüki puhul oleks "soojuse kiirgamine" palju öeldud. Ent kujutage ette: isegi paljas 1,8 meetri suuruse kehapiinnaga inimene kiirgab nagu üheksa lambipirni. Ainult et see kiirgus on meile nähtamatus, nn infrapunase spektri piirkonnas.

Aktinomeetriaajaamad mõõdavadki sääraseid soojusvoogusid, mis tulevad nii atmosfäärist kui maapinnast. See kõik on vajalik, et hinnata muutusi nn kasvuhuoneefektis, sealt edasi maakera kliimas.

PÄIKESEKIIRGUSE HULKADE REGISTREERIMINE JA PÄIKESEPAISTE KESTUSE MÕÕTMINE EESTIS



Pikaajalised atmosfääri läbilaskvuse määramised on näidatud, et praegu on Eestis õhk pea sama puhas kui mõõdunud sajandi kolmekümnendail aastail. Nimetatud mõõtmistulemused, mis on saadud Eesti aktinomeetria ema Viivi Russaku ning Tartu Ülikooli uurimisgrupi poolt, on teadusilmas juba nimetatud klassikalisteks. Atmosfääri pideva pimenemise asemel on viimastel aastatel õhk muutunud puhtamaks. Põhjusi võib olla palju – muutused atmosfääri tsirkulatsioonis, samuti saastava tööstuse vähenemine siinkandis, seda nii Eestis kui Ida-Euroopas jne.

Ultraviolettkiirguse mõõtmised on muidugi rahvale enam tuntud: hoiatatakse ju inimesi selle kiirgusliigi ohtlikkuse eest. Viimastel suvedel on ultraviolettkiirguse tase mitmel päeval küündinud päris Vahemere-äärsete näitajateni!

Lõpuks viimane uudis. Eestile on tehtud ettepanek luua kompleksne atmosfääri tingimusi uuriv jaam, kus oleksid esindatud nii päikeseikiirguse, aerosooli, atmosfääri elektri ehk äikese kui ka muud uuringud. Taolised jaamad kuuluvad nn GAW-võrku (*Global Atmosphere Watch*). Igati austav väljakutse, nagu nüüd on tavaks öelda. ■