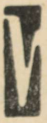


76794



A-30555

LOODUSUURIJATE SELTS EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA JUURES

INIMENE JA ILM

KIRJASTUS „VALGUS" • TALLINN 1970

551.5
I—52

Koostanud *H. Tooming*

Vastutav toimetaja LUS-i poolt *Ch. Villmann*

Kunstiliselt kujundanud *R. Kangert*

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
767 94

2—9—7
23—70

EESSÕNA

Inimese ja ilma vaheline seos on niisama vana kui inimkond. Aegade jooksul on muutunud vaid selle seose iseloom. Ürginimese elu oli nii otseselt kui ka kaudselt — toidu hankimise tingimuste kaudu — sõltuv ilmastikust. Suureks saavutuseks oli avastus, et karusnahad aitavad külmadel öödel ja talvel kehasoojust säilitada. Sellega vähenes inimese sõltuvus aastaaegadest. Kui küttimise-kalastamise kõrvale tekkis põllumajandus, siis laienes inimese ja ilma seos veelgi. Inimene hakkas terase pilguga loodust jälgima ja kasutas saadud tähelepanekuid põllutööde alguse määramisel vms.

Tsivilisatsioon hakkas arenema eelkõige suurte jõgede orgudes ja järvede ääres. Valmistati esimesed kanuud ja parved — ookeaniaurikute eelkäijad. Leiutati puri, ning üksikute julgemate ja ettevõtlikumate meresõitjate retked aitasid järk-järgult täpsustada maakaarti ja arendada meresõidu astronoomiat. Millal sõita ja kuidas tormidest kõrvale hoida, seda otsustati kogemuste põhjal, kuid sageli osutusid need võimetuiks. 18.—19. sajandil hakati abi otsima ilmateenistuselt.

Tänapäeval on inimese ja ilma vaheliste seoste valdkond väga laialulatuslik ja diferentseeritud.

Nende seoste edaspidine areng ja mõjustamine inimese huvides sõltuvad suuresti atmosfääris toimuvate füüsikaliste protsesside tundmaõppimisest, ilmaennustamise teooria arenemisest, tsivilisatsiooni uute saavutuste kasutamisest ilmastiku uurimiseks. Seepärast ongi käesoleva kogumiku kõige kaalukam osa peatükk «Mis on ilm». Selles räägitakse, kuidas tekivad ilmastikunähtused ning kuidas nad kujundavad ilma kui tervikut. Räägitakse sellest, millised on väljavaated ilmastikuprognooside täpsuse tõstmiseks. Vahetult enne peatüki üht lõpuartiklit «Ilmaennustamine kaasajal» on paigutatud artikkel «Vanarahva tähelepanekud ilmast». Nende artiklite kõrvuti esitamine tõstab kontrastselt esile inimkonna teadmiste kasvu ilmastikku puudutavates küsimustes, teisest küljest aga rõhutab meie eelkäijate tähelepanu teravust ja vaimuerksust.

Tsivilisatsiooni seosed ilmaga on ülimalt mitmekülgsed. Väga oluliseks peame triviaalseid seoseid. Hommikuti seisame küsimuse ees, kas võtta kaasa vihmavari või mitte. Kas on vaja kütta ahju? Kas homme saab väljas pesu kuivatada? Võib-olla mõtleme isegi, et ilmajaama põhiline ülesanne ongi kõike seda ennustada. Samal ajal merel ei mõelda vihmavarjule ega pesu kuivatamisele — ilmajaam andis tormihoiatuse. Autojuhid on tõsiselt huvitatud kiilasjää prognoosist. Põllumeest on vaja hoiatada öökülma eest. Kõik oleme huvitatud sellest, et puhkuse ajal oleksid ilusad ilmad, et laulupeol ei sajaks vihma jne. Pilvedest ja udust tingituna ei ole õhusõit alati ajavõit. Millal on kõige sobivam ilm rekordite püstitamiseks? Missugusest ilmast on huvitatud meteoroloog? Astronoom? Ka moejoonest kinnipidamisel tuleb arvestada ilmastikuga. Niiviisi arutades, leiame, et kõikidel elualadel tuleb kokku puutuda ilmastiku mõjuga ja selle oskusliku arvestamisega. Peatükis «Ilm ja tsivilisatsioon» valgustavad mainitud küsimusi meteoroloogid, arhitektid, arstid ja teiste elualade esindajad.

Kogumik sisaldab terve rea artikleid bioloogidelt, mis käsitlevad ilma ja elusloodu seoseid ning on koondatud peatükki «Elusloodus ja ilm». Seega püüab käesolev kogumik anda populaarse, kuid kaasaegse ülevaate inimese ja ilma laiaulatuslikest seostest. Et kogumiku koostamisel andsid oma panuse erinevate elualade esindajad, siis sai võimalikuks käsitleda ka inimese ja ilma vahekordi seni vähe uuritud külgedest. Meteoroloogilistele nähtustele on omane varjunditerohkus ja kordumatus, sellepärast on kogumikku püütud täiendada luulevormi abil. Esitatud pildimaterjal on samuti suures osas kollektiivse töö tulemus. On kasutatud Loodusuurijate Seltsi, Astronoomia ja Geodeesia Ühingu Eesti osakonna ja ajakirja «Eesti Loodus» poolt organiseeritud fotokonkursile «Huvitavaid ilmastikunähtusi» laekunud võtteid.

Kogumikus ei ole proovitudki ammendavalt valgustada üksikküsimusi. Tüüpilisemate näidete varal on püütud ära öelda oluline, näidata seda põhilist, millel baseerub inimtegevuse seos ilmaga eri elualadel.

Koostaja

ILMATAADI VEMPUDEST MÖÖDUNUD AEGADEL

Mineviku ilmastikuolusid on meil vähe uuritud, sest täpsed ilmavaatlused ei ulatu ju eriti kaugesse aega tagasi. Siiski on päevist, mil veel ei tehtud süstemaatilisi instrumentaalseid vaatlusi või need olid alles algusjärgus, olemas üsnagi ulatuslik ja huvipakkuv materjal ilmade kohta mitmesuguste ajalooallikate teadete näol. Alljärgnevad read ongi mõeldud sellise andmestiku tutvustamiseks. Toome näiteid mõningatest erakordsetest, tavalisest erinevatest ilmastikunähtustest 18. sajandist ja 19. sajandi esimesest poolest ning keskpaigast, nii nagu neid on kirjeldatud kroonikates, peamiselt kirikukroonikates, mitmesuguste ametiasutuste ja organisatsioonide dokumentides, ajaloolistes ja majandusalastes teostes, saksa- ja eestikeelses ajakirjanduses jm. Üht-teist on lisatud ka tolleaegsetest lünklikest ja kooskõlastamata instrumentaalsete ilmavaatluste andmetest.

*

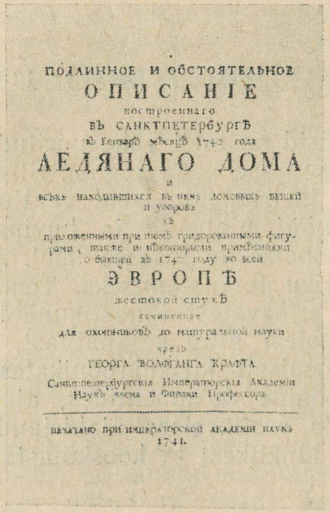
1730. a. oli erakordselt kuiv suvi, nii et muidu läbipääsmatutest soodest võis ratsahobusega läbi sõita. Juunis püsis üle nädala tihe udu, paljudest metsatulekahjudest nii suitsune, et päike paistnud taevast nagu tuhm tulekera, ilma vähemagi läiketa. Põua tõttu äpardus suvivili, kapsa sõid aga tohutul hulgal esinenud kapsaussid, kes oma mustusega olla kapsapead nii ära määrinud, et kapsaaiad väljakannatamatult lehanud.

1739/40. a. talv oli äärmiselt külm. Mõne uurija arvates on see olnud 1607/08. a. talve kõrval kõige karmim kogu viimase aastatuhande jooksul. Läänemeri oli täies ulatuses kinni külmunud. Muide, Taani väinad olid jääs olnud ka 1708/09. a. talvel. Kroonik Russow kirjutab, et tema ajal, 1573. a., oli nii vali talv, et veel mõni päev enne suvistepühi tuli inimesi üle jää Rootsist Tallinna.

1741/42. a. talv öeldakse jälle olnud nii külm, et linnud kukkunud

surnult õhust maha, inimesed külmunud teedel ja tunnimehed postil, maa pragunenud külmast. Väina jõel seisis laevasõit täielikult rohkem kui pool aastat. Järgnev suvi oli väga jahe.

Väga karm ja pikk oli 1747/48. a. talv, ilma ühegi sulata jõulust



ПОДЛИННОЕ И ОБСТОЯТЕЛЬНОЕ
ОПИСАНІЕ
построеннаго
ВЪ САНКТПЕТЕРБУРГѢ
въ генварѣ мѣсяцѣ 1740 года
ЛЕДЯНАГО ДОМА
и
всѣхъ находившихся въ немъ домовыхъ вещей
и уборовъ
съ
приложенными при томъ гидростатическими фигурами, такожде и нѣкоторыми примѣчаніями
о бывшемъ въ 1740 году во всей
ЭВРОПѢ
жестокой стужѣ
сочиненное
для охотниковъ до натуральной науки
чрезъ
ГЕОРГА ВОЛФГАНГА КРАФТА
Санктпетербургскія Императорскія Академіи
Наукъ члена и физики Профессора.
ПЕЧАТАНО ПРИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ
1741.

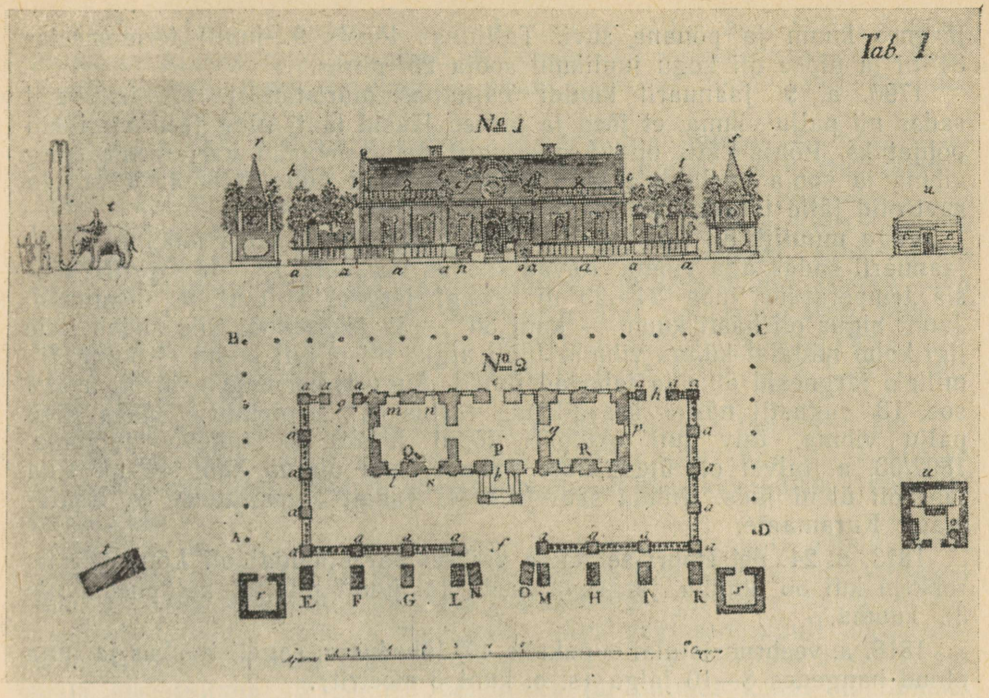
Joon. 1. Füüsikaprofessor Georg Wolfgang Krafti raamatu tiitelleht. 1741. a. ilmunud raamatus kirjeldatakse 1739/40. a. karmi talve ja Peterburis ehitatud jäämajakest.

kuni märtsi lõpuni. Järgnes kuum ja põuane suvi ning muutlik, sagedaste sulailmadega talv.

1772/73. a. oli üle pikema aja hästi pehme talv. Esimest korda tuli lund novembris, mis aga peagi ära sulas. Detsember oli jätkuvalt soe. Palmse mõisnik Virumaal on selle aasta kalendrisse teinud märkuse, et topeltaknad pandi ette alles 22. detsembril.[1] Jõululaupäevaks kadus vähene lumi täiesti. Talitee tuli alles jaanuaris. Aprilli algul lasti kari välja ja algasid põllutööd, mai oli aga külm ja tormine. 23. juunil, jaanilaupäeval, oli veel nii külm, et pidi tubasid kütma.

1785. a. suvi oli jahe ja vihmane. August — lõikuskuu — tundus

[1] Kuupäevad on kõik antud vana kalendri järgi, mis XVIII sajandil oli 11 päeva, XIX sajandil 12 päeva praegu kehtivast kalendrist taga (näit. 22. dets. 1772 vana kalendri järgi = 2. jaan. 1773 uue kalendri järgi).



Joon. 2. Jäämajake Peterburis. 1739/40. a. talvel oli füüsikaprofessor akadeemik Georg Wolfang Krafti andmetel Peterburis 91 pakasepäeva, õhutemperatuur langes —45°,5 C. Raamatus, mis ilmus 1741. a., kirjeldab G. W. Kraft 1739. a. detsembris Peterburis, Admiraliteedi ja Talvepalee vahelisel alal Neeva kaldapealsele ehitatud jäämajakest. Ehitust alustati kammerhärra Aleksei Danilovitš Tamištševi ettepanekul tsaarinna Anna Ivanovna auks. Kasutati Neevast lõigatud jääplokke, mis liideti veega ülevalamise teel. Tänapäeva mõõtudesse ümberarvestatuna oli majake umbes 16 m pikk, 5,2 m lai ja 6 m kõrge. Nagu ühest tükist valatud, meenutas ta oma sinaka värvusega ja läbipaistvusega hiiglakalliskivi. Maja juures olid jäärst kahurid, millest paaril korral tulistati jäärst kuulidega; kaks jäärst delfiini purskasid põlevat naftat; jäärst elevant, milles oli peidus inimene, häälitses ja purskas päeval vett, öösel aga nagu delfiinidki põlevat naftat. Ka maja sisustus oli valmistatud jäärst. Kaminas põlesid naftaga ülevalatud jäärst «puud». Magamistoas olid jäärst voodi, tekk, kitlid, tuhvlid ja teised esemed.

üheainsa vihmapäevana. Koiva jõgi Põhja-Lätis, mis muidu tõusis üle kallaste ainult kevaditi ja ka siis mitte igal aastal, oli seda nüüd kogu suve ja teda võrreldi Niilusega.

1788/89. a. talv oli jälle üks külmemaid, eriti detsembris, mil pakast oli pidevalt 25° ringis (siin ja edaspidi on temperatuurid Celsiuse skaala järgi) ja mitmel korral langes kraadiklaas alla 30°. Karmile talvele

järgnes kuum ja põuane suvi. Tallinnas tõusis 9. juulil termomeeter 34°-ni ja üldse oli kogu juulikuul sooja 25° piires.

1796. a. 9. jaanuaril kuuldi Tallinnas müristamist. 17. jaanuaril sadas nii palju vihma, et jõed ja järved läksid lahti ning teed muutusid põhjatuks. Põhja-Lätis on 24. jaanuaril aetud loomad karjamaale ning vihma ja sooja edelatuule käes hakkasid puud pungi ajama. Kevad ja suvi olid jälle jahedad ja vihmased.

Väga muutlik oli ilm 1802. a. Aasta alguses oli kõva pakane, 6.—8. jaanuaril sadas aga vihma. Kevad saabus varakult, 17.—18. aprillil tõusis temperatuur juba 24—25°-ni. Peagi järgnesid lumi ja öökülmad. Juuni algus oli hästi kuum — kuni 30° — ja äikeseline. Siis sadas jälle ligi kolm nädalat külma vihma. Juuli algus oli uuesti kuum — kuni 32°, millele järgnesid äike ja jahedad ilmad. Augusti esimene pool oli uuesti soe, 13. augustil näitas kraadiklaas varjus 34°. Septembris sadas liiga palju vihma, talv tuli oktoobri lõpul järsku ja tugeva külmaga. 1802/03. a. talvel oli üldse käre pakane, mis ulatus kuni 40°-ni. Riia laht oli üleni jääs. Ruhnu saarelt käidi vabalt Kuressaarde ja Saaremaalt Kuramaale.

1813. a. 24. detsembri selgel ja vaiksel pärastlõunal oli Lõuna-Eestis rohkem kui 36° külma, järgneva aasta 14. juuni pilvitul keskpäeval üle 36° kuuma.

1816. a. veebruaris ulatus pakane 40° lähedusse, sageli tuiskas ja lund olnud hangedes 8—10 jalga (s. o. kuni 3 meetrit).

1821/22. a. talv oli hästi soe. Viljapõllud haljendasid, paiguti lõi välku. O. W. Masingu «Marahva Näddala-Leht» kirjeldab olukorda 1821. a. novembris järgmiste sõnadega: «Meie ma on nüüd kül paljo sojem kui Preissi-, Pohla-, Wenne-, Lihwlandi- ja Rootsi ma: agga tulleb sedda siiski vägga immeks panna, sest et sedda selle põlwe rahva mõistes, weel polle nähtud egga kuuldud, et Kadrina päwa ajal tikkelberi põsad tõistkord lehti olleks ajanud, ja tõistkord õitsmas olnud, mis õmmetige tännawode meie maal, selsamal tännasel päwal [kadripäeval], kõiges kohhas nähha: ja — kes teab, kui talv tullemata jäeb, ehk siis noppime veel näri ja kolme kuninga päwal marju omma tikkelberi wõssudest.»

26. juulil 1822 võis samast lehest lugeda: «Tartust 7. Julil... Ilmad on meil liig pallawad olnud, ja näitas Termometer, ehk sojanäitaja, 3-damal ja 4-damal Julil päwa warjus 28 gradi, ja weel pissut peälegi. Egiptuse-ma, mis wägga pallaw ma on, ei tunne suremad pallawust... Käisid kül ajoti kanged mürristamised, agga ei jõudnud mitte ilma jahhutada.»

1824. a. oktoobris sadas palju lund, nii et võis sõita reega, samal ajal kui puud olid veel lehes.

1825. a. juuli oli sedavõrd külm ja tuuline, et tuli ahju kütta. Augusti keskel oli kraadiklaas hommikuti 0° lähedal, 17. augustil sadanud Põhja-Eestis koguni lund. Septembris sadas rohkesti lund juba paljudes kohtades.

1826. a. 20. veebruaril nähtud Põhja-Eestis lõokesi. Kodukooliõpetaja Schieferdecker, kes on meile pärandanud hinnalised vaatlusandmed rohkem kui 30 aasta ilmade kohta, kirjutab, et ta on mitmel korral lõokeste laulu saatel saaniga Tallinnast Kadrinasse sõitnud. Kevad oli soe ja kuiv. Juunikuus oli 17 päeval kuuma 25° ja rohkem. Kõik valmis tavalisest umbes kuu aega varem. Sõstrad ja kirsid olid küpsed juba jaanipäeval. Mõnes kohas on jaanipäeva ajal rukist lõigatud, üldiselt toimus see juuli algul. Suvivilja koristati kõikjal jaagupipäeva (25. juuli) paiku. Aeglaselt kasvas kuuma ja põua tõttu vaid kartul, mis õitses kaks korda.

1829. a. suvi oli sedavõrd külm, et soodes püsinud jää suve läbi.

1837. a. talvel oli palju lund, mis kevadel sulas kiiresti ja tekitas tohutult palju vett. Rõngu kirikukroonikas võrreldakse kiriku ümbrust Hollandiga.

1837/38. a. talv oli hästi külm, kuid kuni jaanuari lõpuni ilma lumeta. Maapind külmus 5—7, isegi kuni 8 jala sügavuselt. Väikesed jõed jäätusid täielikult, paljudes väiksemates järvedes surid kalad. Kevadel oli vihma vähe ja maa sulas väga aeglaselt. Juuli algul olid heinamaad kohati veel jääs, Kadrinas sulas maa lõplikult alles pärast sooja äikesevihma 13. juulil, Jõelähtmes jäi mitmes kohas külmunuks kuni uute külmadeni sügisel.

1840. a. suvel sadas kogu aeg tugevasti vihma ja tekkisid suured üleujutused. Emajõe orus olnud paiguti heinamaade kohal seitse jalga vett. Põllud sarnanesid soodega ja viljalõikajad olid pahkluudeni vees.

Veel vihmasem oli 1844. a. suve. Sajud algasid enne jaanipäeva ja kestsid septembrini, paiguti oktoobrini, aasta viimane vihmasadu oli aga 23.—24. detsembril. 11.—12. juulil liikus üle Lõuna-Eesti hirmus torm. Lakkamatu vihma käes mädanesid viljad ja hein, madalad maad olid täiesti vee all, jõed tõusid üle kallaste. Vett olnud rohkem kui muidu veerikastel kevadetel. Suur Kikepera raba Pärnumaal näinud välja nagu kohutav meri. Väga palju kahju tegi üleujutus Peipsi ja Pihkva järve ääres.

30. oktoobril 1857 pajatab «postipapa» J. W. Jannsen «Perno Postimehes» iseäralikust sügisest: «Arva on meil süggisel ni kallid ilmad olnud, kui tännawo. Kui karjatsed ennam kui kolm näddalat pärrast Mihklepäwa alles pehme hea ilmaga heinamaade ja wainude peäl lulli lõid — mis sa siis weel tahhad? Egga meie ommeti Petlemmas ei olle, kus nad Joulo ösel wäljal õitsel ollid. Essimenne lumme härm tulli meile

minnewa laupäwa õhto [26. oktoobril] aga sedda polnud veel paljo, waid et waewalt Ma ärrawalgustas.»

1859. a. jaanuar ja veebruar olid hästi pehmed, ka märts tavalisest soojem, siiski keskmiselt külmem kui jaanuar. Talv öeldakse nagu ära jäänud, sügisele järgnenud kohe kevad. Juunikuu oli kuum, põuane, sagedaste kurjade äikese- ja rahehoogudega. Lätis olnud 8. juunil äge äike, torm ja rahesadu, nii et saanud saaniga sõita. Viljad valmisid väga kiiresti. Mihkli kihelkonnas lõigati rukist juba 1. juulil, mujal varsti pärast seda. Septembri alguses algasid külmad, nii et 6. septembril käidud Pärnus juba karvase kraega kasukaga kirikus, edasi läks aga jälle soojaks.

1863. a. kevad ja suvi olid jahedad. Ööl vastu 10. maid oli tugev öökülm, Tartu ümbruses langes temperatuur —5°-ni. 2. juunil sadas kõvasti rahet ja kraadiklaas langes 15°-lt 6,5°-ni. Edasi meenutas ilm sügist, sadas rohkesti vihma ja rahet. Saaremaalt teatab «Perno Postimees» 7. augustil 1863 õieti iseäralikke asju: «Tännawune sui näitab ka kaunis heitlikko melega ollewad. Külma näppistamist on iggalt poolt kuulda, se ep olle ennam arro assi; agga et Saremaal minnewa kuus õhto pool sarerannas hea kord l u n d saddanud: se on Juli ku kohta hopis weidram. Mõnnes paikus on lummi 6 tundi mahhajänud ja ilm willo olnud, nago Novembri kuus.»

1865. a. oli ilm aasta läbi ebaharilikult muutlik. Jaanuari algul oli nii soe, et Riias Wöhrmanni pargis joodi nääripäeval väljas kohvi. 4. jaanuaril lõi välku ja müristas. Kuu lõpul tuli käre pakane, mis ulatus Pärnus 34° ja Viljandis 36°-ni. Ööl vastu 20. maid läks üle Põhja- ja Lääne-Eesti hirmus läänetorm, mis tegi suurt kahju maal ja merel. Pärast seda tuli lund ja rahet, öökülmad kestsid juuni keskpaigani. Juulis läks järsku väga kuumaks — Pärnus oli juuli esimesel poolel iga päev üle 30°, päikese käes ulatus temperatuur 50°-ni. Augustis jälle olid tugevad öökülmad. Septembri lõpul oli hästi külm, kuni 20° (Otepääl ja Haanjas), puud aga olid veel haljad. Edasi läks uuesti soojaks ja kuni jõuluni sai põllutööd teha ja kari väljas käia.

1865/66. a. talve kohta ütleb «Perno Postimees», et see olnud «Itaalia moodi». Jaanuari alguses lõi välku ja müristas. Sirelid hakkasid Pärnus jaanuari lõpul lehte minema. Alles veebruaris tuli külm ja talv, mis oli olnud visa tulema, oli ka visa ära minema. Mai keskpaigani kestsid tugevad öökülmad ja sadas tublisti lund. Põllutöid tuli teha kasukas ja kinnastes.

Järgnev talv oli jälle hästi külm ja pikk. 1. veebruaril 1867 kaebas «Perno Postimees»: «On meil kül igga talwe külma ja tuisko olnud, agga sesuggusid, kui tännawo talwe, ei polle meie ammugi ennam näinud. Külma olnud gradide järele 25 kunni 27 gradi, mis mõnne mehhele silmnäo ja mõnnele jälle jalla warwaste kallale tikkunud! Mis-

sedda weel õige kibbedaks teinud, on kanged tuisud, nenda et ka mõnne mehhele ello kallale tikkunud. Surjo waldas olla üks mees hobbusega metsa läinud ... ja on jubba näddalat kaks vai rohkem kaddunud, ehk kül holega otsitud; — ei tea, kuhhu ta waene kange tuisuga jänud. Ühhest teisest mehhest rägitakse ka, et olla metsa ärrakaddunud — se olla üks Hallinga walla mes... Otse nendasamma kõnneldakse, et Ria maante ärest kaks külmavõetud meest leitud ...»

Kui külm lõpuks järele andis ja lumi sulama hakkas, tekkisid suured üleujutused. Suur uputus oli Tartus, Peipsi ääres sõideti külast külla paadiga, vesi uputas üle madalamad põllud ja lained loksusid majade seinte vastu. Suvel ja sügisel sadas järjest vihma. «Veehädast» Tallinnas kirjutas «Eesti Postimees»: «Üllemiste järw olla seal tännawo üsna melest ärra. Jubba teist korda lõhhub ta kaldad mahha ja lähhäb ilma pallumata alleweid kastma. Teisel Nellipühhal olla ta jälle sedda pahhurat tempo teinud. Seal tehtud uut kanali järwest wälja Tarto poolt allewist läbbi, mis agga, et weel walmis ei olnud, järwe poolt otsast kinni oli toppitud. Teisel pühhal on kange lõuna tulega laened linna pole kaldasse aetud ja kello 2 langenud muldne wahhesein järwe ja kanali wahelt mahha ja weewood, nago tammi liasilmast wolanud wastopannematta hospiddali ja paberiwabriko wahhelt alla. Nattukese aeaga olnud allew wee all, mis mõnnes kohhas 3—6 jalga süggaw... Mitmed lapsed ja jobnud innimesed arwatakse ärrauppunud ollewad ja muido olla innimesed ka paljo kahjo sanod: aead mahhalõhhutud ja liwaga kaetud, maead leutud ja alusmürid ja maeaasjad rikkutud, ühhe sõnnaga: waesema innimestel pühhad purruks raiskus, aead, maead ja silmad wet täis. Süidi aetakse nende peale, kes selle eest olleksid piddand hoolt kandma... Nutmist, karjumist, ka sajatamist ja kirrumist olnud selle hädda aeal seal paljo kuulda, isseärranis, et sedda hädda ja õnnetust ennam innimeste kui Issanda süüks arwatakse.»

Järgmisel, 1868. a., oli jälle vastupidine häda — valitses hirmus kuumus ja põud (eelnenud talvel oli pakane ulatunud 40°-ni), millest «Eesti Postimees» 17. juulil kirjutas järgmist: «Wihmasaddo on tännawo ni arruldane assi, et igga kord zeitungi peab pandama. 8. ja 13. Julil saime Tartos jälle nattuke mürristamise wihma, mis mõnne tollipaksuselt maad nisutas, agga sest sadik kõik wihmapilwed ueste kaddund ja igga pääw omma 25 gradi soja; päiwapaistel weel ennam... Metsapõllemist ei wõi nii kumal ja kuiwal suwwel kegi ennam immekspanna... Kes siin Tartos kirrikotorni otsa ülesse tahhab ronnida, wõib ümberkaudo metsapõllemist, mis pakso suitso läbi ennast tunnistab, mitmes paikus nähha.»

*

Eelnevad üksiknäited ei võimalda muidugi teha mingeid suuremaid järeldusi. Mõnda nähtub siiski nendestki — eelkõige ilmade muutlikkus, meie kliima üks iseloomulikumaid jooni. Ja tihti väljendatav arvamus, nagu oleksid ilmad meil viimasel ajal halvemaks läinud, kuna «vanasti» olnud nad hoopis paremad, kipub tõsiselt kõikuma lööma.

S. Vahtre

ILMASTIKUVAATLUSTE ARENGUST

Kõige vanemad teadaolevad meteoroloogilised tähelepanekud on kirja pandud Babülooniast pärinevatel savitahvlitel, mida säilitatakse Londonis Briti muuseumis. Suurem osa neist on pühendatud viljasaagi olenevusele ilmastikust. Vanadel kreeklastel olid juba looduse kalendrid, milles anti ilmastiku kirjeldusi pikemaks ajaks ette. Nimetus «meteoroloogia» pärineb samuti Vana-Kreekast, kus õhus esinevaid nähtusi nimetati «meteorideks». Esimese teadusliku töö meteoroloogiast kirjutas Aristoteles (384—322 e.m.a.), ehkki see käsitleb rohkem küll füüsikat ja seal räägitakse ka komeetidest. Tänapäeva meteoroloogia on piiritletud kui teadus, mis uurib Maa atmosfääris toimuvaid nähtusi.

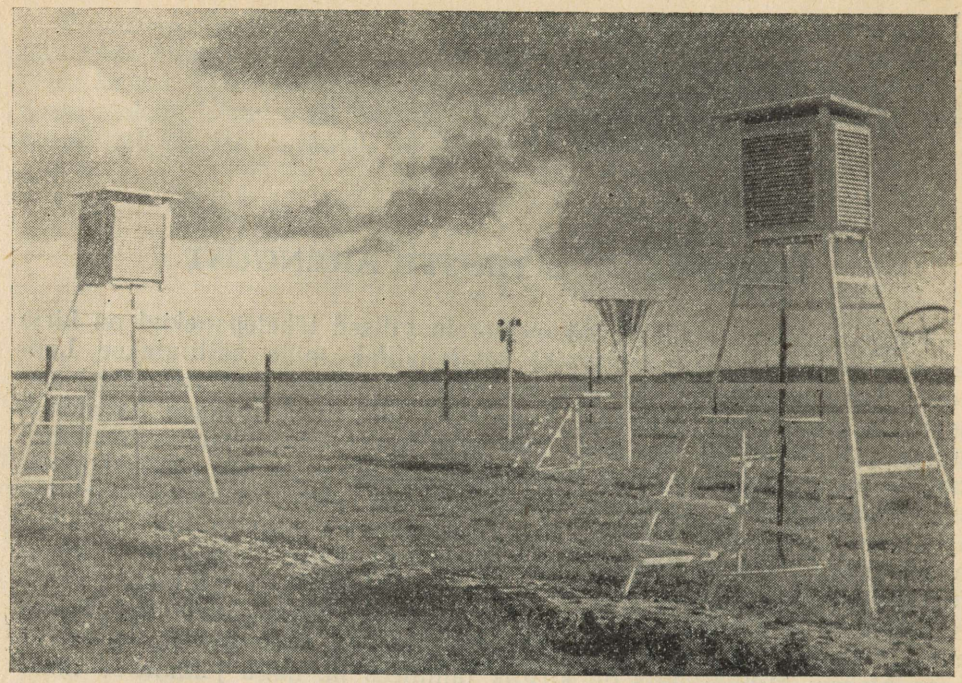
Esimesed andmed regulaarsete ilmavaatluste kohta Venemaal pärinevad 17. sajandi keskpaigast. Neid tehti Moskva Kremlis. On teada, et tsaar Aleksei Mihhailovitš oli kirglik jahimees ja, nagu jahimehed ikka, huvitatud ilmast. Arvatakse, et ta andis valveteenistusele korralduse jälgida ilma ja sellest valvekorra lõppedes ette kanda. Tänini on säilinud mõningad lõigud nendest vaatlustest ajavahemikus 1657 kuni 1679, sissekantuna salajaste asjade päevikusse, sinnasamasse, kuhu päev päeva kõrval märgiti tsaari iga samm. Toome mõne näite.

1662. a., aprill 9, kolmapäev. Sadas pool arssinat lund.

1666. a., juuli 9, esmaspäev. Hommikust alates oli tugev somp, aga keskpäeval tuli väike vihm.

Eestimaa kohta on ilmastikuandmeid varasematest aegadest säilinud väga juhuslikult, üksikute teadete kujul. Nende koondamisel on suure töö ära teinud ajaloolane Sulev Vahtre.

Elu tingis vajaduse iseloomustada ilma täpsemalt, kui seda võimaldasid puhtvisuaalsed ja -kogemuslikud tähelepanekud. Tõsi küll, igapäevases elus piisab sageli sellest, kui teame, et ilm on külm või soe, vihmane või päikesepaisteline jne. Need mõisted on aga suhtelised. Neegri jaoks on niisugune ilm külm, mis eskimo jaoks on väga soe. Meie tormiilm tundub taifuunidega harjunud jaapanlasele võrdlemisi vaiksena. Ka samades kliimatingimustes on üksikute inimeste külma- ja soojataju väga erinev. Objektiivseks kirjeldamiseks on ilma vaja iseloo-



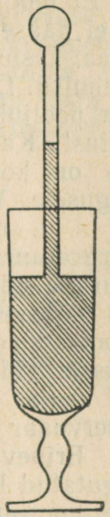
Joon. 1. Meteoroloogilised onnid, sademetemõõtja ja anemograaf Tõravere aktinomeetriajaama vaatlusväljakul. (*M. Sulevi foto.*)

mustada meteoroloogiliste elementide arvuliste väärtustega. Ka igapäevase elu mõiste ise on aegade jooksul mõneti muutunud. On tekkinud vajadus meteoroloogiliste andmete saamiseks kõrgelt õhust (näiteks lennunduses), pinnasest ja ookeani sügavustest. Selliste andmete hankimisel isiklikest tajudest olulist abi ei ole. Meteoroloogilisi elemente on vaja mõõta. Selleks läheb tarvis aparaate, samuti neid mõõtmiskohta ja tagasi kandvaid vahendeid. Suhteliselt lihtne on mõõta sademeid, seetõttu osati seda teha Indias ja Palestiinas juba mõnisada aastat enne meie ajaarvamist. 1440. a. kasutati sademetemõõtjaid Koreas. Euroopas tuli sademetemõõtja ideega uuesti välja Galilei kaasaegne itaallane Benedetto Castelli (1639). Räägitakse, et jalutades kord Perugia linna lähedal, torkas talle silma kohaliku järve erakordselt madal veeseis. Kui Castelli koju jõudis, algas tugev vihmasadu. Castelli peast vilksanud läbi mõte, kas ei saaks teada, kui palju võiks järve veeseis

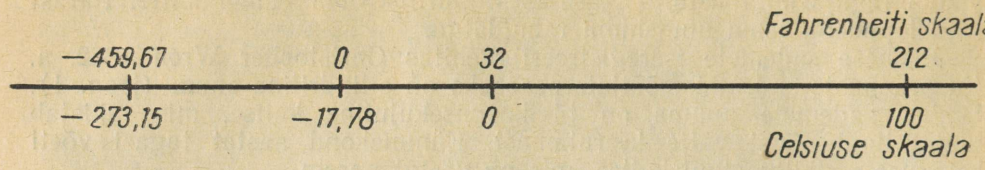
vihma tagajärjel tõusta. Ta asetas silindrilise nõu vihma kätte. Pärast saju lõppu oli tema uudishimu rahuldatud.

Esimese sademete iseregistreerija ehitas Christopher Wren 1662. a. Ka praeguste sademetemõõtjate peaosaks on silindriline anum (joon. 1). Ümber sademete anuma on tüvikoonusekujuline kaitse, mis takistab tuulel lund nõust välja keerutamast. Kümmekond aastat tagasi võeti kasutusele ribiline tuulekaitse, mis on veelgi parem.

Järgmiseks väga oluliseks sammuks süstemaatiliste meteoroloogiliste vaatluste poole oli termomeetri leiutamine Galileo Galilei poolt 1597. aastal. Galilei valmistatud riist koosnes klaaskeraga ühendatud peenikesest torust ja veega täidetud anumast (joon. 2). Enne toru vedelikku asetamist soojendati kera veidi, nii et osa õhku väljus toru kaudu. Kui nüüd riist külmemasse ruumi viia, tõmbub õhk keras kokku ja vedelik torus tõuseb kõrgemale. Kui läheb soojemaks, siis õhk paisub ja vedelikutase torus langeb. Ilmselt võib niisugune riist näidata ainult seda, kas läheb soojemaks või külmemaks. Vedelikutase torus sõltub peale temperatuuri veel õhurõhust, seepärast ei saa riista nimetada termomeetriks, vaid termoskoobiks. Et valmistada termomeetrit, on vaja torus olev vedelik eraldada välisõhust reservuaariga ja lisada skaala, millele on ära märgitud püsivad punktid. Viimasteks võeti Huygensi ettepanekul vee keemis- ja külmumistemperatuur. Meteoroloogias on



Joon. 2. Galileo Galilei termoskoop.



Joon. 3. Fahrenheiti ja Celsiuse skaalade võrdlus.

levinud rootslase Anders Celsiuse termomeeter, millel vee keemis- ja külmumistäpi vahe on jagatud sajaks osaks. Ameerikas ja Inglismaal kasutatakse igapäevases elus Fahrenheiti termomeetreid ja kraade. Et Fahrenheiti kraadidelt üle minna Celsiuse kraadidele, tuleb kõigepealt Fahrenheiti kraadidest lahutada 32 ja saadud tulemus korrutada $\frac{5}{9}$-ga (joon. 3). Näiteks kui Mitchell Wilson romaanis «Elu täis äikest» kirjutab, et New Yorgis oli üle üheksakümne kraadi sooja, siis Celsiuse kraadides saame: $(90-32)\ \frac{5}{9} = 32{,}2°$.

Tavalised elavhõbe- ja piiritustermomeetrid on töökindlad, kuid ei võimalda teha distantsmõõtmisi. Et mõõta ja registreerida temperatuuri kohtades, kuhu vaatleja ise ligi ei pääse (näiteks kõrgatmosfääris), või kohtades, kus inimene elada ei saa, kasutatakse mitmesuguseid teisi võimalusi, mida pakub tänapäeva tehnika. Levinud on takistustermomeetrid. Viimased põhinevad metallide ja pooljuhtide omadusel muuta temperatuuri muutudes oma elektritakistust. Kasutatakse ka termopaare. Maapinna temperatuuri mõõtmiseks on konstrueeritud radiomeetrid, mis reageerivad maapinna soojuskiirgusele. Viimane on võrdeline maapinna temperatuuri neljanda astmega, s. t. maa kiirgus $E_M \sim T^4$. Kui me teame maa kiirgust, siis on temperatuuri juba lihtne arvutada.

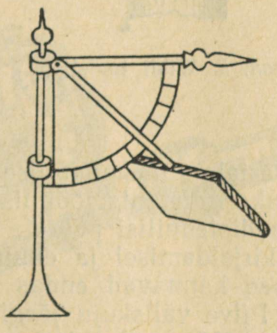
Vaatamata meteoroloogia suurtele edusammudele, ei ole meteoroloogilised teadmised rahva hulgas piisavalt levinud. Selles on muidugi süüdi meteoroloogid ise, kes oma teadust suhteliselt vähe populariseerivad. Sageli kuuleme, et bussis või trammis räägitakse: täna on päikese käes 40 või 50 kraadi sooja. Muidugi, asetades termomeetri päikese kätte, neelab tema reservuaar kiirgust, kuumeneb ja näitab meile fantastilisi temperatuure. Erinevaid temperatuure näitavad ka termomeetrid, millest üks on paigutatud lõuna- ja teine põhjapoolse akna külge. On selge, et varjamata termomeetriga päikese käes temperatuuri mõõta ei ole suurt mõtet, sest see, mida termomeeter niisugusel juhul näitab, ei ole õhutemperatuur. Meteoroloogid aga peavad õhutempera-

tuuri teadma kraadi kümnendike täpsusega. Erinevate maakohtade temperatuuri saab võrrelda ainult sel juhul, kui kõikides meteoroloogiajaamades mõõdetakse seda ühtemoodi. Seepärast paigutatakse termomeetrid nn. meteoroloogilistesse onnidesse. Need on ribiliste seintega, lasevad õhku vabalt läbi, kuid varjavad termomeetreid päikesekiirguse eest (vt. joon. 1).

Väga oluliseks sammuks oli baromeetri leiutamine Evangelista Torricelli poolt 1644. aastal. Õhurõhu olemasolu ei tahetud siiski uskuda. Ei tuntud ju oma õlul mingit rõhumist. Alles 11 aastat hiljem tõestas Magdeburgi linnapea Otto Guericke Regensburgis uskmatutele, et õhurõhk on siiski olemas. Ta laskis valmistada kaks õõnsat vaskpoolkera. Üks neist oli varustatud ventiiliga, kustkaudu sai õhku kokkupandud poolkeradest moodustunud kerast välja pumbata. Väline õhurõhk surus poolkerad nii kõvasti kokku, et isegi kummagi poolkera taha rakendatud 8 hobust ei suutnud neid lahti tõmmata.

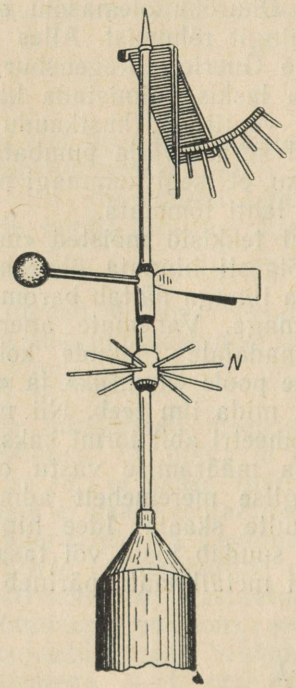
Juba märksa enne, kui tekkisid mõisted «madal- ja kõrgrõhkkond», märksa enne, kui osati õigesti hinnata õhurõhu määravat osa ilmade muutlikkuses, leiti, et ilusa ilmaga näitab baromeeter kõrgemat õhurõhku kui sajuse ja tuulise ilmaga. Vanemate aneroidbaromeetrite numbrilauale oligi seepärast madalate rõhkude kohale kirjutatud «torm», «vihm», kõrgemate rõhkude poole «muutlik» ja «selge». Baromeetri seisu jälgiti ja püüti otsustada, mida ilm teeb. Nii näiteks juba 1660. aastal ennustas O. Guericke baromeetri abil tormi kaks tundi enne selle algust.

Tuule kiiruse ja suuna määramise vastu on kõige suuremat huvi tundnud meremehed. Inglise meremehelt admiral Beaufortilt pärineb tänapäevani kasutatav tuulte skaala. Idee hinnata tuule kiirust selle järgi, kuipalju tuule rõhk suudab tõsta või tasakaaluasendist välja viia mingit kindlat raskust või metallplaati, pärineb 1500. aastast Leonardo



Joon. 4. Hooke'i pendelanemomeeter.

da Vincilt. 1667. aastal konstrueeris Hooke nn. pendelanemomeetri (joon. 4). Meteoroloogilistes jaamades kasutatava tuulelipu on konstrueerinud vene akadeemik Wild 1862. aastal (joon. 5). Tiivik-tüüpi anemomeetrid võttis 1852. aastal kasutusele Robinson. Seda tüüpi seadmetes mõõdetakse tiiviku pöörete arvu ajaühikus, mis on võrdeline tuule kiirusega.



Joon. 5. Wildi tuulelipp.

Tiiviku pöörete arvu loeti esialgu mehhaanilise loenduri abil (joon. 6 ja 7). Tänapäeval kasutatakse distantsmõõtmistel mitmesuguse konstruktsiooniga elektrilisi ja raadiotehnilisi pöörete arvu registraatoreid.

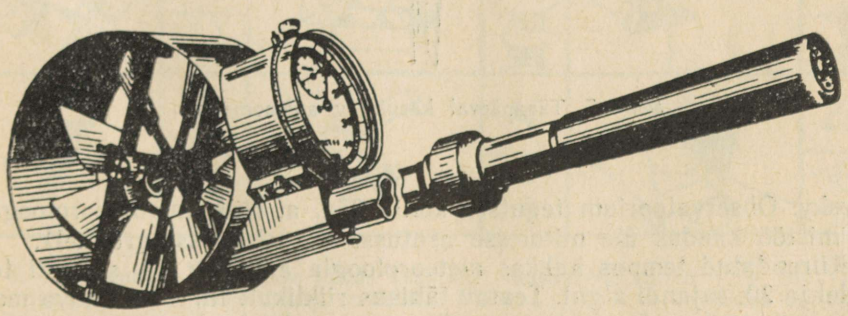
Erakordselt tähtis ilma kirjeldamisel ja ennustamisel on oskus eristada ja liigitada pilvi. Pilved kannavad endas tohutul hulgal veeauru, veepiisakesi ja jääkristalle. Pilve väliskuju järgi on võimalik otsustada, kas tuleb sademeid või mitte. Mõne pilve iseloomulik välimus kuulutab, et nende järel ilmuvad taevalaotusele varsti uued pilved, mis toovad

kas äikest või lund. Pilvede kuju võib näidata, et ilm paraneb. Inglasele Luke Howardile kuulub esimene asjalik, 1803. a. pärinev pilvede klassifikatsioon. Howardi klassifikatsiooni võib lugeda väga õnnestunuks ja see on muutmatul kujul ka tänapäeval kasutatava klassifikatsiooni aluseks. Howard eristas kolme pilvede põhivormi ja andis neile ladinakeelsed nimetused: kiudpilved — *Cirrus*, kihtpilved — *Stratus* ja rünkpilved — *Cumulus*. Howardilt pärineb ka vihmapilvede korral kasutatav liide *-nimbus*.

Esimene rahvusvaheline pilvede atlas anti välja 1896. a. rootslase H. H. Hildebrandssoni ja inglase Abercromby eestvõttel.

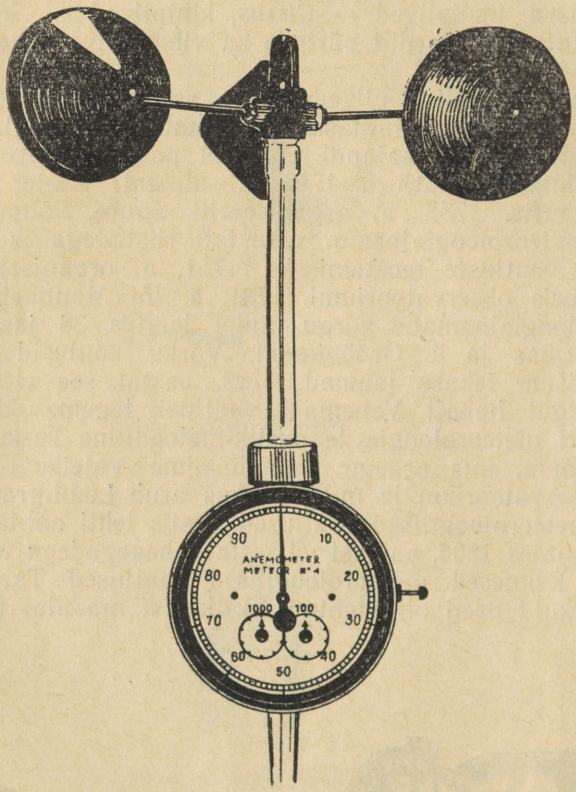
Kaheksateistkümnenda sajandi esimesel poolel hakati organiseerima regulaarseid ilmastikuvaatlusi. 1722. a. alustati Peeter I korraldusel vaatlusi Peterburis. 1733. a. organiseeriti Suure Põhja-ekspeditsiooni raames rida meteoroloogiajaamu, varustati riistadega ja kirjalike instruktsioonidega vaatluste teostamiseks. 1751. a. organiseeris M. Lomonossov Peterburis observatooriumi. 1781. a. lõi Mannheimi Akadeemia suure meteoroloogiajaamade võrgu, kuhu kuulus 38 jaama Euroopas, 2 Põhja-Ameerikas ja 1 Gröönimaal. Võrku kuulusid ka Peterburi, Moskva ja Põšma tehase jaamad. 1799. aastal see ettevõte lagunes. 19. sajandi algul hakati Venemaal vaatlusi tegema ülikoolilinnades. 1849. a. asutati meteoroloogia teaduslik-metoodiline keskus — Füüsika Peaobservatoorium, mis praegu kannab nime Vojeikovi-nimeline Geofüüsika Peaobservatoorium ja mille keskus asub Leningradis.

Esimesed meteoroloogilised vaatlused Eestis tehti nähtavasti Tallinna sadamas, kus alates 1806. aastast väikeste vaheaegadega tegutses meteoroloogiajaam. Esimesed meteoroloogilised vaatlused Tartus pärinevad 1822. aastast, kuid need olid tehtud võrdlemisi madalal tasemel. Regu-



Joon. 6. Tiivikanemomeeter aastast 1905.

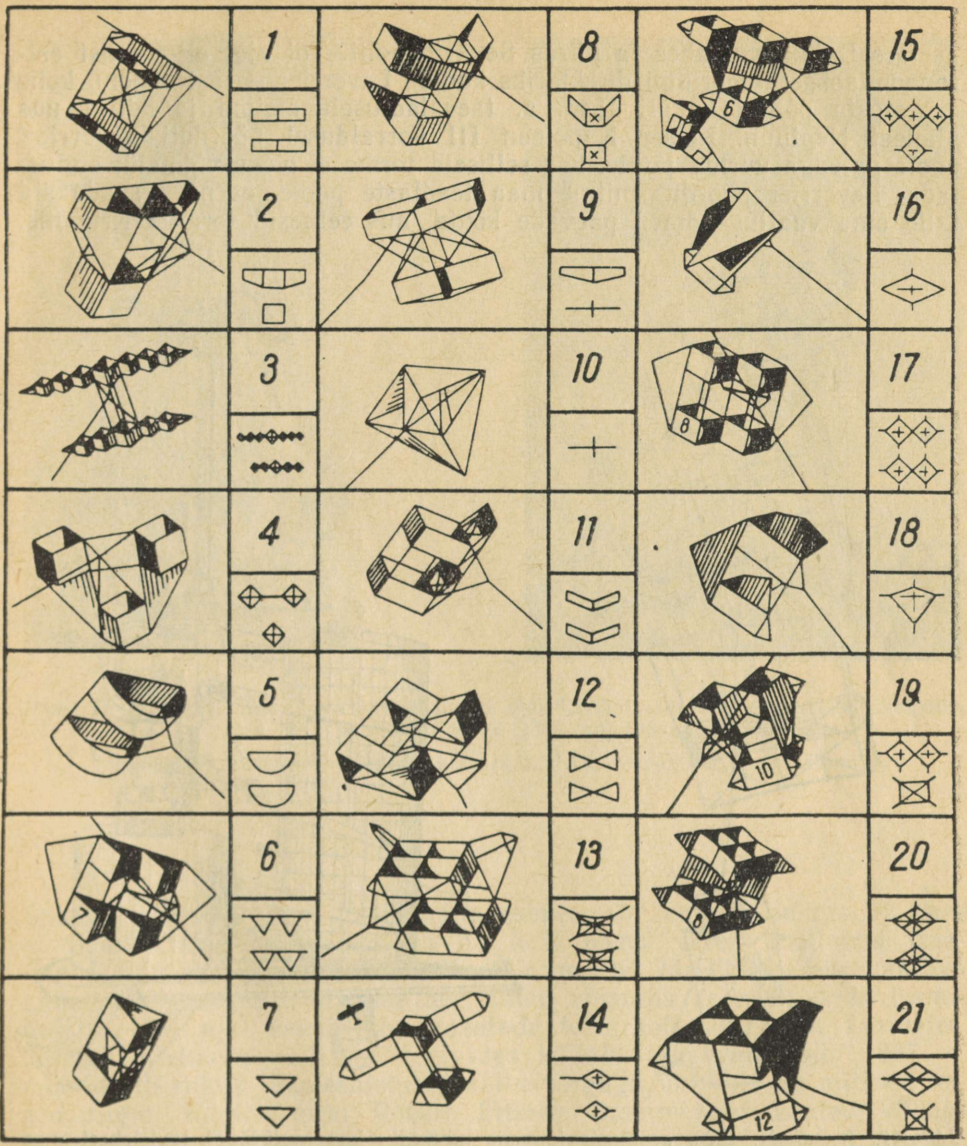
laarseid vaatlusi alustati Tartus 2. detsembril 1865. a. Siitpeale loetakse ka Tartu meteoroloogiaobservatooriumi algust; selle rajajaks oli Tartu ülikooli füüsikaprofessor A. A. Oettingen. Ajavahemikus 1894—1918 oli observatooriumi direktoriks tolle aja tuntumaid meteorolooge B. J. Srez-



Joon. 7. Tänapäeval kasutatav anemomeeter.

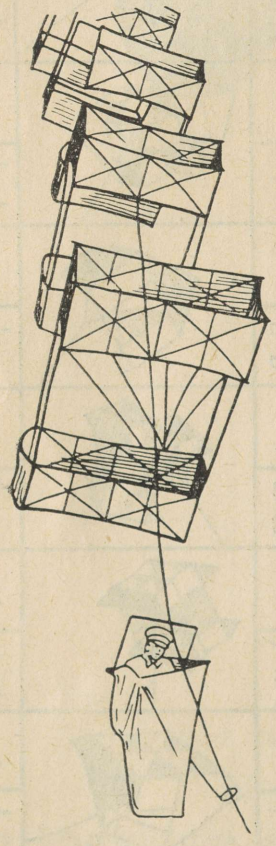
newsky. Observatoorium tegutses kuni 1954. a. Hilisem meteoroloogiline uurimistöö kandus üle mitmesse asutusse (vt. J. Rossi artikkel).

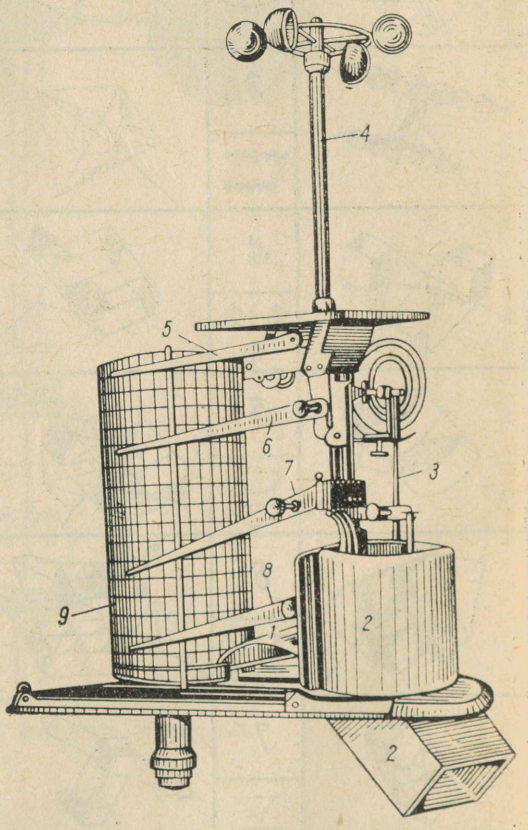
Kiirendatud tempos hakkas meteoroloogia arenema 19. sajandi teisel poolel ja 20. sajandi algul. Teatav tähtsus riiklikult finantseeritava meteoroloogiateenistuse kujunemises oli ajaloolisel tormil 14. novembril 1854. aastal. Selle tormi ajal sai raskesti kannatada liitlaste laevastik, mis



Joon. 8. Venemaal ja Nõukogude Liidus kasutatud tuulelohede tüübid: *1* — Balti Laevastiku tuulelohe; *2* — Pomortsevi tuulelohe (1900. a.); *3, 4* — Prahhovi tuulelohe; *5* — Kuznetsovi tuulelohe (1900. a.); *6* — Uljanini tuulelohe; *7* — Nõukogude Liidu Meteoroloogiateenistuses kasutatud tuulelohe; *8, 9* — Popovi tuulelohe; *10* kuni *21* — tuulelohed, mis olid kasutusel 1930. a. paiku.

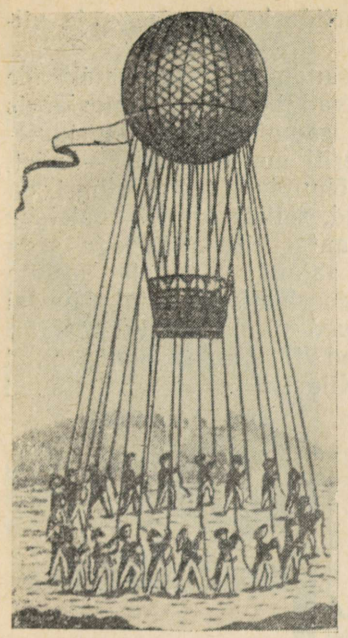
asetses Balaklava lahes ja piiras Sevastoopolit. Tol ajal oli Pariisi astronoomiaobservatooriumi direktoriks kuulus Leverrier — astronoom, kelle arvestuste põhjal hakati 1846. a. taevalaotuselt otsima ja leitigi uus planeet Neptuun. Keiser Napoleon III korraldusel pöörduti Leverrier' poole palvega uurida järele, kas selliseid torme ei oleks võimalik ennustada. Leverrier pöördus mitme maa teadlaste poole, et need saadaksid talle oma vaatlusandmed päevade kohta, mis eelnesid tormile Krimmis.

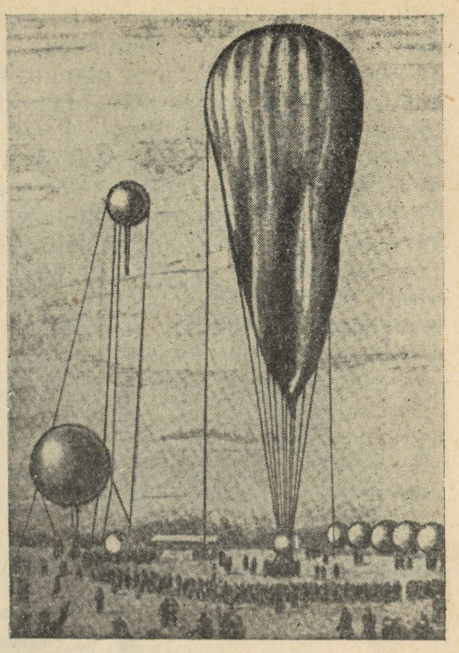




Joon. 9. (*vasakul*). 1903. a. tõusis inimene mitmest Hargrave'i-tüüpi tuulelohest moodustatud «rongi» abil paari tuhande meetri kõrgusele. Lendasid vene mereväelased.

Joon. 10. (*paremal*). V. Kuznetsovi konstrueeritud meteorograaf tuulelohede jaoks: *1* — õhurõhu registreerija; *2* — metallist kaitsesilinder; *3* — juushügromeeter; *4* — anemomeeter; *5* kuni *8* — suled tuule kiiruse, niiskuse, temperatuuri ja õhurõhu registreerimiseks; *9* — trummel lindiga.





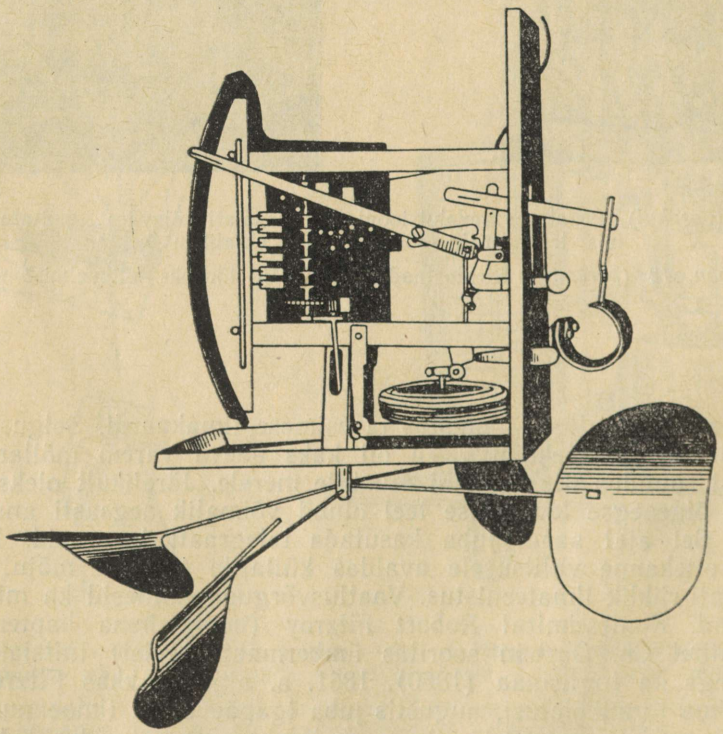
Joon. 11 (*vasakul*). Prantsuse revolutsiooni ajal kasutati sõjaväes kinnitatud õhupalle, mis transporditi sõdurite jõul vajalikku kohta.

Joon. 12 (*paremal*). Stratostaadi «CCCP-1» tõusuks ettevalmistamine.

Saadud andmete alusel joonistas ta esimese ilmakaardi. Selgus, et torm ei olnud kohapeal tekkinud. Ta oli kaks päeva varem möllanud Itaalias, kust suundus üle Balkani Mustale merele. Järelikult oleks vaatlusandmete õigeaegse levitamise teel olnud võimalik aegsasti anda tormihoiatus. Sel ajal saadi juba kasutada telegraafi teenuseid. Leverrier' ametlik ettekanne valitsusele avaldas küllaltki tugevat mõju. 1857. a. moodustati riiklik ilmateenistus. Vaatlusvõrguga ühinesid ka mitmed teised riigid. Kontradmiral Robert Fitzroy (noormehena kapten «Beagle'il», millel Ch. Darwin sooritas ümbermaailmareisi) initsiatiivil ühines sellega ka Inglismaa (1860). 1861. a. algul hakkas Fitzroy laevadele andma tormihoiatusi, augustis juba igapäevaseid ilmaennustusi. Nii tekkis sünoptiline meteoroloogia — meteoroloogia rakenduslik haru, mis tegeleb samaaegsete vaatlusandmete kogumisega laialdaselt territooriu-

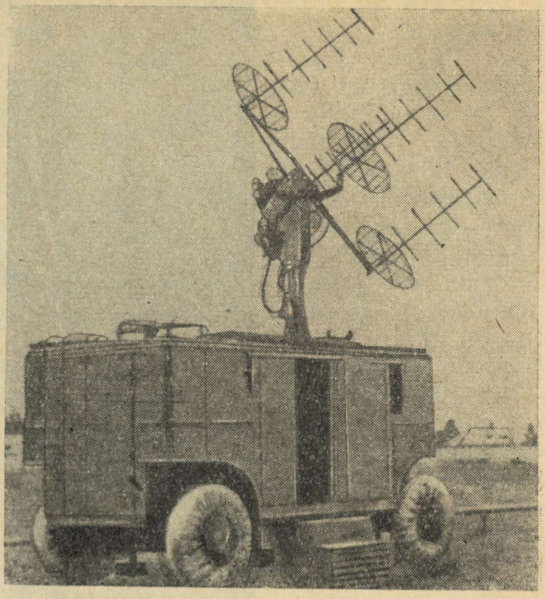
milt, andmete töötlemisega keskustes, ilmakaartide koostamisega ja viimaste abil ilma ennustamisega.

Varsti leiti, et üksnes maapealsetest vaatlusandmetest ei piisa ilmade ennustamiseks. Ilmastikku maapinnal mõjustavad kõrgemal atmosfääris toimuvad protsessid. Sealt kasutati andmete saamiseks esialgu tuulelohesid (joon. 8, 9, 10). Lohede külge monteeriti meteorograaf — riist, mis registreeris trumlil pöörlevale lindile õhurõhu, temperatuuri ja niiskuse. Kes poisikesena on lohesid lennutanud, sellele tundub tuulelohe kõrgusrekord — 9740 meetrit — kindlasti fantastilisena ja ega seda tavalise lohega ei saavutatudki. Käesoleva sajandi 30-ndate aastate algul kasutati Lindenbergi aeroloogiaobservatooriumis Berliini lähedal tervet lohede «rongi». Lennukite areng avas uued võimalused atmosfääri uurimiseks. Huvitav on märkida, et esimesed taolised uurimislennud sooritas eestlane August Tõllassepp 1916. a. Kiievis. Temalt on ilmunud



Joon. 13. Moltšanovi raadiosond.

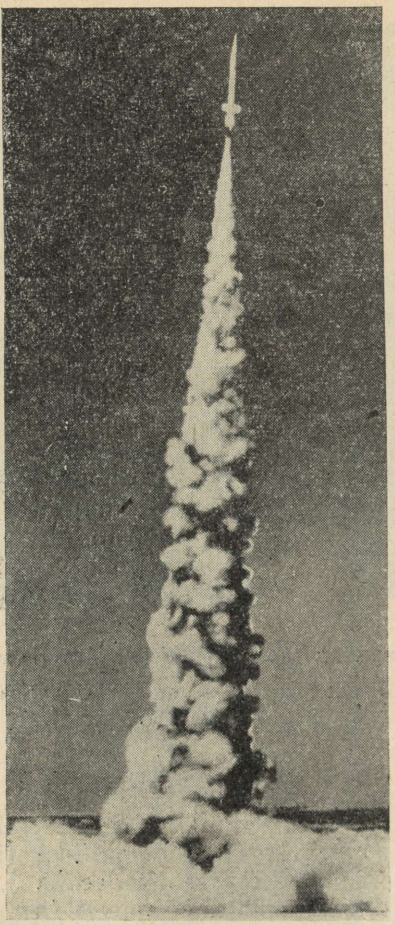




Joon. 14 (*vasakul*). Raadiosond lennul.

Joon. 15 (*paremal*). Raadiolokaator sondpalli jälgimiseks ja raadiosignaalide vastuvõtmiseks.

ka vastav uurimus. Juba enne lennukite ilmumist algasid inimese lennud atmosfääris, esialgu avatud korviga õhupallidel (joon. 11). Üheks esimeseks niisuguseks lennuks peetakse akadeemik J. Zahharovi lendu 30. juunil 1804. a. Õhupall tõusis 2500 m kõrgusele. Lennu vältel mõõtis uurija õhu temperatuuri ja kogus pudelitesse õhuproove. Avatud õhupallil saavutati Prantsusmaal 1901. a. maksimaalseks kõrguseks 10 800 m. Stratosfääri tõusmiseks hakati valmistama stratostaate — õhupalle, millel on hermeetiliselt suletav kabiin. Esimese lennu stratostaadil tegi Brüsseli professor šveitslane A. Piccard, kes 27. mail 1931. a. tõusis Augsburgis Saksamaal 15 871 m kõrgusele. Teise lennu ajal 18. augustil 1932. a. õnnestus Piccardil tõusta Zürichi lennuväljalt 16 940 m kõrgusele. Lennu kestel mõõdeti peamiselt õhurõhku ja temperatuuri. 30. septembril 1933. a. ületas Piccardi kõrgusrekordi Nõukogude Liidu stratostaat «CCCP-1», mis G. Prokofjevi juhtimisel tõusis 19 km kõrgusele (joon. 12). 30. jaanuaril 1934 tõusis Moskvas õhku stratostaat «Osoaviahim», mille maht oli 25 000 m^3 ja diameeter 35 m. Programmis oli muu



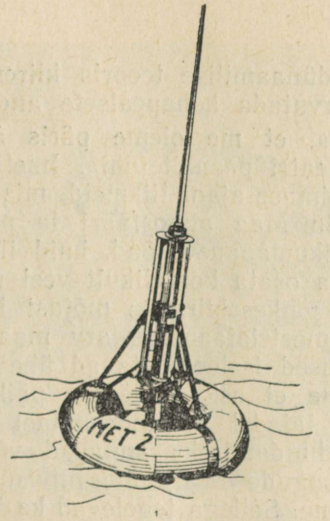
Joon. 16. Meteoroloogiline rakett lennul.

hulgas ka kosmiliste kiirte uurimine. Lend lõppes traagiliselt. Hukkunud uurijate päevikust selgus, et saavutati rekordkõrgus 22 km.

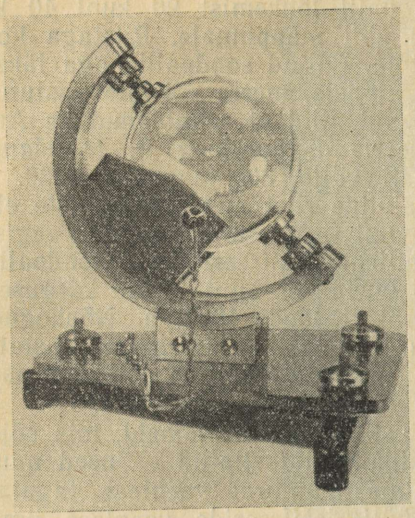
Samal ajal kui algasid inimese uurimislennud, mõeldi ka lihtsamatele vahenditele atmosfääri uurimiseks. Sajandivahetusel ilmusid sondpallid — väikesed paberist või riidest, hiljem kummist, polüetüleenist või mailarist õhupallid. Palli külge seoti kerge riist, mis lennu ajal kirjutas

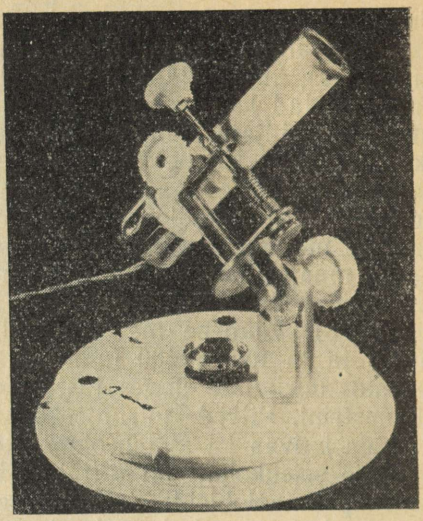
üles õhurõhu ja temperatuuri. Pärast palli lõhkemist 20 kuni 40 km kõrgusel langes mõõduriist langevarju abil maapinnale. Riistaga koos oli aadress, kuhu leidja riista pidi saatma. Paljud sondpallid aga läksid kaduma. Nad kas langesid asustamata aladele, merre või jäid vastutustundetute leidjate poolt tagastamata. Sondpallid ei rahuldanud ka Arktika uurijaid. Nende huvides konstrueeris meteoroloog P. Moltšanov maailma esimese raadiosondi, mis lasti välja 30. jaanuaril 1930. a. (joon. 13, 14). Raadiosond on kergekaaluline riist meteoroloogiliste elementide mõõtmiseks ja raadiolaineiks muutmiseks, mida seejärel registreerib maapealne aparatuur ja mis hiljem dešifreeritakse. Sondpallid ja raadiosondid võimaldasid atmosfääri uurida 30 kuni 40 km kõrguseni (joon. 15). Esimene meteoroloogiline rakett loodi 1933. a. Nõukogude Liidus ja ta tõusis 400 m kõrgusele (joon. 16). Sõjajärgsetel aastatel õnnestus uurimiste «lage» tõsta meteoroloogiliste rakettide abil mõnesaja kilomeetrini. Pilvede uurimiseks hakati aga kasutama radareid.

Sõda halvas ka meteoroloogiateenistust. Ilmastikuandmeid, mis sõjategevuse seisukohalt on ülitähtsad, avalikult ei levitatud — need muutusid spionaažiobjektiks. Tuli teha ilmastikuluuret vaenlase tagalas. Luurelendudel saadud andmete abil püüti dešifreerida vaenlase ilmatelegramme ja prognoosida koodi. Sõjaolukord tingis tõenäoliselt ka



Joon. 17. Norralaste poolt konstrueeritud meteoroloogiline boi ilmastikuandmete automaatseks registreerimiseks ja raadiosaatja abil (antennivõimsus 20 vatti) kuni 600 km kaugusele andmiseks.





Joon. 18 (*vasakul*). Campbell-Stokesi heliograaf.

Joon 19 (*paremal*). Janiševski aktinomeeter — riist otsese päikesekiirguse mõõtmiseks. (*E. Sellekese foto.*)

ilmaennustamise hüdrodünaamilise teooria kiirendatud arendamise, mis võimaldas ilma ette arvutada kohapealsete andmete alusel.

Lugejale võib näida, et me oleme päris ära unustanud päikesekiirguse — «ilmastikuteatri peanäitejuhi». Imelik, kuid ilmavõrrandites ei eksisteerinud kuni viimase ajani liikmeid, mis oleksid arvestanud päikesekiirguse juurdevoolu Maa atmosfääri ja pinnale. Ammu teati, et Päike on atmosfääri liikumapanev jõud, kuid ilmateooria loomisel teda arvestada ei osatud ega osata korralikult veel praegugi. Sellest siis ka kummaline asjaolu, et päikesekiirguse mõjust ilmale kirjutatakse üsna ebakonkreetselt. Aktinomeetriajaamade arv maakeral ulatub tuhandeni. Neis mõõdetavad suurused iseloomustavad ühe või teise maakoha kiirgustingimusi. Kuid me ei oska määrata päikesekiirguse juurdevoolu lühiajalist muutlikkust laiadel territooriumidel sõltuvalt pilvisuse hulgast. Pilvisuse hulga hindamiseks annavad võimaluse tehiskaaslastelt saadud fotod. Kiirgusvoogude määramine pilvisuse kaudu on meteoroloogia tähtsamaid probleeme. Sellega tegelevad ka Tõravere aktinometristid.

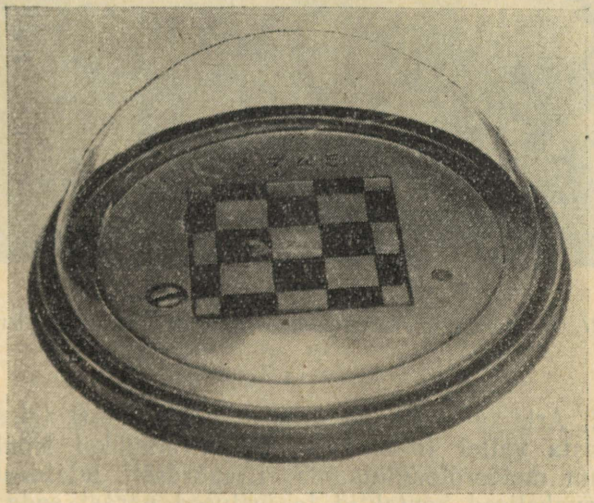
Kuigi esimesed algelised riistad päikesekiirguse mõõtmiseks ehitas prantslane Pouillet juba 1838. a., algas aktinomeetria nimetamisväärne areng alles 19. sajandi lõpul. Sageli tuntakse huvi ja vajadust teada,

kui päikesepaisteline on üks või teine maakoht. Päikesepaiste kestuse määramiseks ehitasid Campbell ja Stokes 1880. a. heliograafi. Selle põhiosaks on klaaskera, mille abil koondatakse päikesekiired kera taga raamil asetsevale paberlindile (joon. 18). Põletusjälje asendi ja pikkuse järgi lindil on võimalik leida, millal ning kui kaua päike paistis.

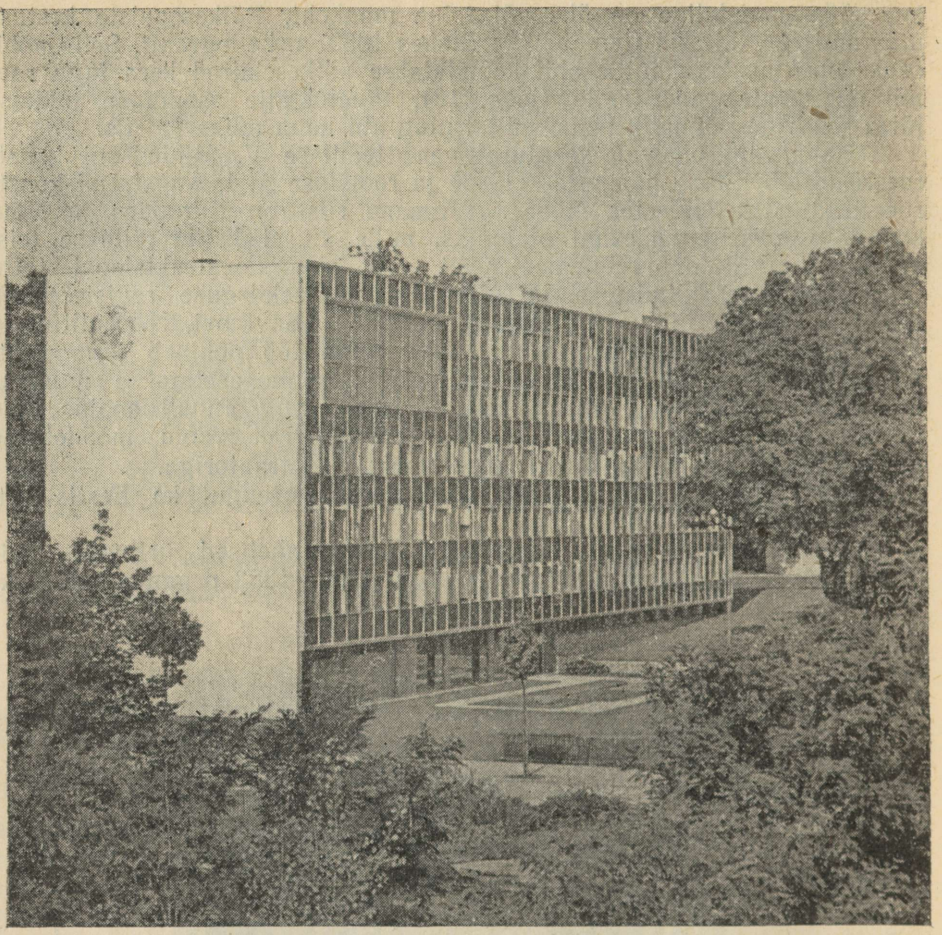
Tänapäevani püsivad kasutusel vene teadlase V. Mihhelsoni konstrueeritud bimetallaktinomeeter (1906) ja rootslase A. I. Ångströmi konstrueeritud pürheliomeeter (1896). Viimane riist on Euroopas ja Nõukogude Liidus tänapäevani etaloniks, mille alusel kalibreeritakse teisi mõõteriistu. Etalonpürheliomeeter ei sobi oma konstruktsiooni tõttu igapäevasteks mõõtmisteks ja pidevaks päikesekiirguse registreerimiseks. Nõukogude Liidus kasutatakse selleks S. Savinovi, N. Kalitini ja eriti J. Janiševski konstrueeritud riistu, mille töö põhineb termoelektrilisel efektil (joon. 19, 20). Päikesekiirte teele asetatakse mustaks tahmatud või värvitud pind. See soojeneb ning annab soojuse üle termopatareile. Viimase poolt genereeritud nõrka voolu mõõdetakse galvanomeetri või mõne muu nõrga voolu registraatoriga.

J. Janiševski on mõjustanud aktinomeetria arengut ka Eestis (vt. J. Rossi artikkel lk. 34).

Meteoroloogia arengut kiirendasid rahvusvahelised üritused. Esimese Rahvusvahelise Polaaraasta raames 1882—1883 organiseeriti Ark-



Joon. 20. Janiševski püranomeeter — riist hajusa, summaarse ja maapinnalt peegeldunud kiirguse mõõtmiseks. (*E. Sellekese foto.*)



Joon. 21. Ülemaailmse Meteoroloogiaorganisatsiooni peakorter Genfis.

tika uurimist. Arktika uurimine intensiivistus uuesti teise Rahvusvahelise Polaaraasta vältel 1932—1934, millal ainuüksi Nõukogude Liidus asutati 90 uut meteoroloogiajaama. Erakordselt laialdasteks on kujunenud rahvusvahelised kontaktid ja üritused pärast seda, kui detsembris 1951 asutati ÜRO juurde Ülemaailmne Meteoroloogiaorganisatsioon (World Meteorological Organization — WMO), mille peakorter asub Genfis

(joon. 21). 1957—1958 viidi läbi Rahvusvaheline Geofüüsika Aasta, mis pani alguse Antarktika põhjalikule uurimisele. Perioodile 1968—1971 on kavandatud ulatuslik projekt, nn. Ülemaailmne Ilmavaatlus (World Weather Watch — WWW).

Uus ajastu meteoroloogias algas 4. oktoobril 1957, millal Nõukogude Liidus lasti välja esimene Maa tehiskaaslane. Juba esimestele kaaslastele paigutatud Geigeri loenduri abil tehti suur avastus. Leiti, et maakera ümbritsevad tugeva kiirgusega alad, nn. kiirgusvööndid.

Arvatakse, et kiirgusvööndid on moodustunud Päikeselt väljapaiskunud osakestest — arvatavasti elektronidest ja prootonitest, mida Maa magnetväli on kinni püüdnud.

Päikese poolt loodud osakeste vöönd ümber Maa on nähtavasti tähtsaks lüliks selles mehhanismis, mille vahendusel Päike mõjustab Maa atmosfääri. Kas ei tuleks siit otsida põhjust ka paljudele kummalistele nähtustele, mida meteoroloogid, meedikud ja teiste alade esindajad on täheldanud ja Päikese aktiivsusega püüdnud seostada?

Püüdsime esile tuua olulisemaid momente meteoroloogiliste vaatluste arengus. Järgneva esituse raamides peaks selguma, mida me teame Maa atmosfäärist, seal toimuvatest protsessidest, mis kujundavad ilma, ja kuivõrd me oskame ilma ennustada.

H. Tooming

METEOROLOOGIA ARENGUST EESTI NSV-s

Kodanlikul ajal oli kogu meteoroloogia-alane teaduslik töö koondunud Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi. Observatooriumi ülesandeks oli peale õppe- ja teadusliku töö meteoroloogiliste vaatluste tegemine, meteoroloogia- ja merehüdroloogia-jaamade töö juhendamine, ilmade ennustamine, tormihoiatuste andmine jne. Kogu see töö lasus 12 inimese õlgadel. Tartu observatoorium oli töötasemelt ja varustuselt tolle aja Euroopa väikeriikide tagasihoidlikul tasemel. Observatooriumi juhataja oli professor K. Kirde, kelle sulest ilmus rida ülevaateid Eesti kliima kohta.

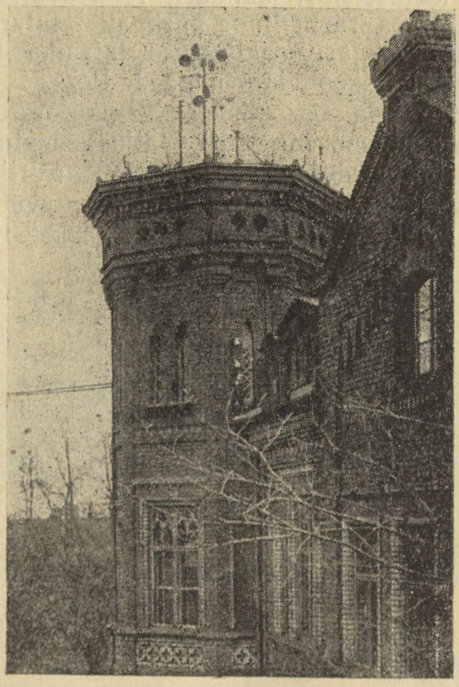
Pärast nõukogude võimu taaskehtestamist Eestis organiseeriti vabariigi hüdrometeoroloogiateenistus uutel alustel. Tartu Riiklikus Ülikoolis moodustati geofüüsika kateeder.

Nõukogude võimu esimesel aastal suurenes observatooriumi koosseis 30 inimeseni, saadi uut aparatuuri. Rasked olid okupatsiooni-aastad. Okupandid hävitasid või viisid kaasa palju mõõteriistu, nende hulgas unikaalsed Golitsõn-Vilipi tüüpi seismograafid — riistad maavärinate registreerimiseks —, mille täpsus oli kodanliku perioodi observatooriumi tagasihoidliku varustuse taustal tähelepanu äratanud paljudes välisriikides. Okupatsioonivõimude omavolist hoolimata suutsid observatooriumi töötajad ka sõja ajal vaatlusi teha, kindlustades sel kombel juba 80 aasta pikkuse vaatlusterea pidevuse.

Esimesed sõjajärgsed aastad kulusid vabariigi hüdrometeoroloogiateenistuse taastamiseks ja uue kaadri ettevalmistamiseks. Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi töötajatest asusid uuesti oma endisele tööpostile H. Liidemaa, H. Mürk, H. Aruksaar, veidi hiljem A. Ohu, ENSV Hüdrometeoroloogiateenistuse liinis E. Maanvere.

Tähelepanu väärivaks sündmuseks vabariigi teaduslikus elus oli Eesti NSV Teaduste Akadeemia loomine 1946. aastal. Teaduste Akadeemia Füüsika, Matemaatika ja Mehhaanika Instituudi (1952. a. alates Füüsika ja Astronoomia Instituut) koosseisu arvati ka ülikoolile kuulunud meteoroloogiaobservatoorium ja nimetati see Tartu Geofüüsika Observatooriumiks. Juhatajaks määrati H. Liidemaa. Sõjajärgsetel aas-

tatel uuriti observatooriumis lumikatte soojusrežiimi (H. Liidemaa), sademete jaotust vabariigis, kuivendatud soode mikrokliimat jt. küsimusi. Teadusliku töö reorganiseerimise raames 1954. a. likvideeriti Tartu Geofüüsika Observatoorium. Selle observatooriumi üheks järglaseks võib lugeda 1956. a. loodud Tallinna Hüdrometeoroloogia Obser-



Joon. 1. Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatoorium töötas kuni 1926. aastani hoones, kus praegu asub Tartu Tervishoiutöötajate Maja.

vatooriumi, kus kuni 1967. aastani oli juhatajaks E. Maanvere. Observatooriumi põhiülesandeks on vaatlusjaamade töö pidev kontrollimine, tulemustest kokkuvõtete tegemine. Observatoorium on avaldanud rea käsiraamatuid Eesti NSV, Soome lahe ja Läänemere kliima kohta, mitu teaduslike tööde kogumikku jne. Ilmade ennustamisega vabariigis tegeleb Tallinna Ilmajaam.

Esimesed aktinomeetrilised vaatlused Eestis tegi 20. saj. algul professor B. J. Sreznewsky. Selleks telliti Inglismaalt Callendari kiirgusregistraator. Need mõõtmised jäid aga episoodilisteks. Mõningad otse-

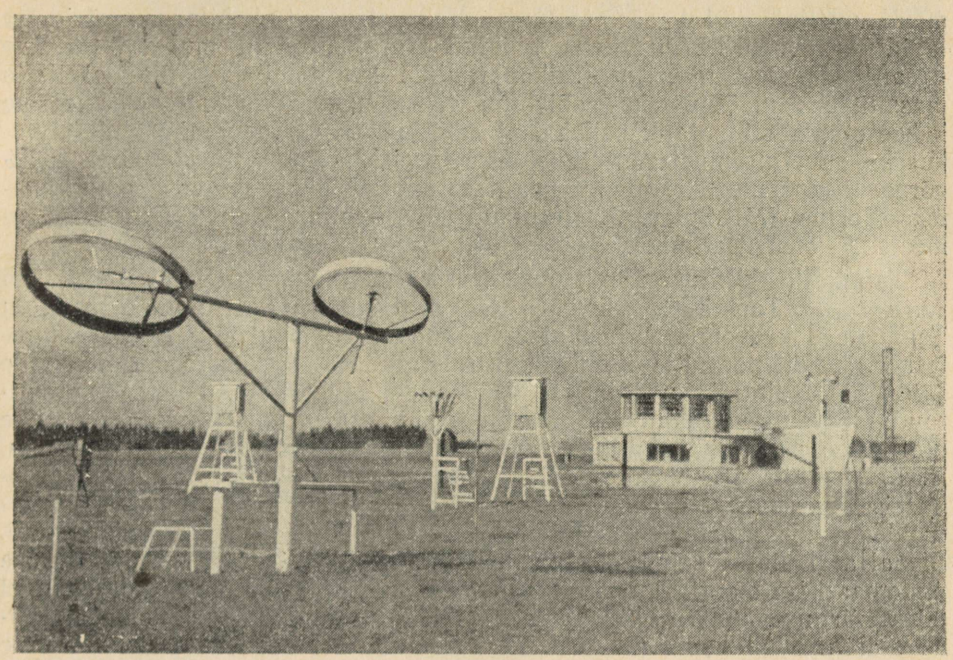
se päikesekiirguse mõõtmised tehti aastail 1931—1937 Rootsist ostetud Ångströmi pürheliomeetri abil. Aktinomeetrilised vaatlused tõusid uuesti päevakorda aastatel 1948—1949 tänu geofüüsika observatooriumi töötaja J. Medvedjevi initsiatiivile ja Leningradi A. I. Vojeikovi nimelise Geofüüsika Peaobservatooriumi professori N. Kalitini ja J. Janiševski igakülgsele toetusele. 1. jaanuaril 1950 avati uus aktinomeetriajaam Riia maantee ääres Tartu linna piirimail talutares üüritud toakeses. Alates 1951. a. sügisest asus aktinomeetriajaama tööle esimese teadusliku töötajana äsja ülikooli lõpetanud J. Ross.

Aastad 1952—1954 olid aktinomeetriajaamale «elujõu» kättevõitmise aastad. Pingelise töö tulemusena jõuti vaatluste metoodika ja kvaliteedi suhtes Nõukogude Liidu aktinomeetriajaamade esiritta.

Tähtsaks sündmuseks jaama elus kujunes osavõtt Rahvusvahelisest Geofüüsika Aastast 1957—1958. Selle ulatusliku ürituse edukaks läbi-



Joon. 2. Aktinomeetrilised vaatlused Tartu aktinomeetriajaamas 1963. a. (*H. Toominga foto.*)



Joon. 3. Päikesekiirguse registreerimine Tõravere aktinomeetriajaamas. Vasakul esiplaanil on statiiv bilansomeetri ja püranomeetriga vastavalt kiirgusbilansi ja hajusakiirguse registreerimiseks, 1966. a. (*M. Sulevi foto.*)

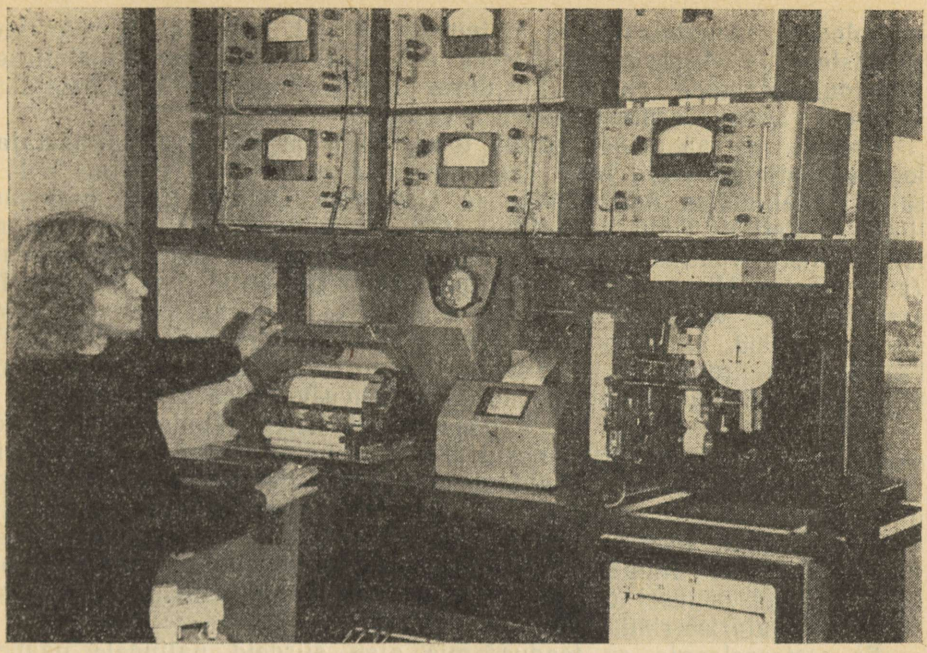
viimiseks saadi uusi ruume ja täiendati jaama teaduslike töötajate koosseisu. Jaam nimetati ümber aktinomeetrialaboratooriumiks.

1958. aastaks muutus aktinomeetria-alaste uurimiste ulatus sedavõrd silmapaistvaks, et ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituudis sai luua atmosfäärifüüsika sektori. Sektori juhatajaks valiti J. Ross, kes töötab sel ametikohal tänaseni. Sektori teadusliku töö plaanis oli ka aktinomeetriliste vaatluste automatiseerimine (J. Reemann). Kui 1963. a. paiknes atmosfäärifüüsika sektor ümber Tõravere observatooriumi, kus oli ehitatud uus moodne aktinomeetriapaviljon ja vaatlusväljak (joon. 3), siis olid mõõtmised Reemanni integraatorite abil täielikult automatiseeritud, kaasa arvatud mõõtmistulemuste trükkimine. Spetsialistide arvates on Tõravere aktinomeetriajaam paremaid maailmas. Atmosfäärifüüsika sektori initsiatiivil korraldati 1963. a. üleliiduline soojuskiirguse mõõtjate — bilansomeetrite võrdlemine, mille esimene etapp toimus Tartus, teine Taškendis. Riistade võrdlemine seisis selles, et paarküm-

mend uurijat olid kaasa toonud omakonstrueeritud bilansomeetrid ja tegid üheaegseid kiirgusbilansi mõõtmisi, et mõõtmistulemuste võrdlemise ja analüüsi teel hinnata üksikaparaatide kvaliteeti ja välja selgitada massilisteks mõõtmisteks sobivama riista konstruktsioon. Võrdlemine kahes etapis oli vajalik selleks, et selgitada riistade omadusi nii talvekui ka suvetingimustes. Selgus, et riistade näidud erinesid kuni 100% võrra. Bilansomeetrite madal kvaliteet andis tõuke vastavateks uurimusteks Tartus (M. Sulev, J. Reemann). Praegu on teoksil uute bilansomeetrite konstrueerimine.

Taimkatte kiirgusrežiimi uurimist alustati juba aastail 1954—1955 (J. Ross, H. Tooming). Esimesed tööd äratasid teatavat huvi. NSV Liidu Teaduste Akadeemia Fotosünteesi Teadusliku Nõukogu esimehe professor A. Nitšiporovitši ettepanekul alustati 1961. a. koostööd Nõukogude Liidu TA Taimefüsioloogia ja Nõukogude Liidu TA Geograafia Instituudi töötajatega taimkatte kiirgusrežiimi ja produktiivsuse uurimise alal. Loodi uus, täiuslikum väliaparatuur (H. Niilisk, H. Moldau, A. Laisk) kiirguse spektraalseks mõõtmiseks taimkattes, sisustati autobussis asuv laboratoorium. Vastavad ekspeditsioonilised uurimised ulatusid ka väljapoole vabariigi piire — Moldaaviasse ja Tadžikistani. Samal ajal töötati taimkatte kiirgusrežiimi, fotosünteesi ja produktiivsuse matemaatilise teooria loomisel. Saadi valemid, mis lubavad arvutuste teel leida kiirguse nõrgenemist taimkattes ja hinnata taimede biomassi ligilähedast produktsiooni (J. Ross, H. Tooming, T. Nilson, A. Laisk). Nende töödele on tunnustuseks asjaolu, et 1964. aastal nimetati ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituut juhtivaks ja koordineerivaks asutuseks taimkatte kiirgusrežiimi uurimise alal Nõukogude Liidus. Atmosfäärifüüsika sektori teoreetikud (O. Avaste, Helgi Niilisk, Ü. Mullamaa) töötavad praegu probleemi kallal, kuidas pikaajaliste prognooside teoorias arvestada kiirgusprotsesse atmosfääris. Koostöös NSV Liidu Teaduste Akadeemia Atmosfäärifüüsika Instituudi ja Ukraina Hüdrometeoroloogia Teenistuse töötajatega korraldati 1967. ja 1968. a. ekspeditsioonid Ukrainasse, kus lennukitelt mõõdeti kiirgusvoogude nõrgenemist pilvedes (M. Sulev, V. Põldmaa jt.). Olulisel kohal sektori uurimistöös on olnud meie vabariigi kiirguskliima uurimine (I. Undla). Märkimisväärseid tulemusi Eesti NSV kliima uurimisel on samuti TRÜ töötajatel (A. Raik, H. Aruksaar, H. Mürk). A. Raik on analüüsinud kompleksklimatoloogia meetoditega Eesti NSV kliimat, eriti meie kuurortide mikrokliimat. H. Aruksaar on uurinud Eesti NSV pilvisuse režiimi. Tunnustuse on võitnud H. Mürgi tööd, kus on tuletatud valemid atmosfääri läbipaistvuse määramiseks ja uuritud läbipaistvuse ajalist muutumist.

Esimesed õhuionisatsiooni mõõtmised Tartus tegi 30-ndate aastate lõpul A. Mitt, kelle initsiatiivil need uurimised taaselustati TRÜ üldfüüsika kateedris 1948. a. Hiljem hakkas töid juhendama J. Reinet.



Joon. 4. Elektronintegraatorid pidevaks kiirguse registreerimiseks ja trükkivad numeraatorid Tõravere aktinomeetriajaamas, 1966. a. (*M. Sulevi foto.*)

1964. a. moodustati aeroionisatsiooni ja elektroaerosoolide probleemlaboratoorium. Laboratooriumi töötajad on konstrueerinud ja teoreetiliselt läbi uurinud rea aparaate aeroionisatsiooni mõõtmiseks ning tehisionisatsiooni tekitamiseks (J. Reinet, H. Tammet, O. Saks jt.). P. Prülleri töödes on antud Tartu ja Tartu lähema ümbruse ionisatsiooniolukorra üksikasjaline iseloomustus. Viimati mainitud töös on näidatud, et ionisatsiooniolukord iseloomustab hästi linna õhu puhtusastet. Koos Tartu meedikutega (E. Raudam, E. Siirde, J. Riiv jt.) on laboratooriumi töötajad uurinud ilmastiku ja haigestumise seost (vt. P. Prülleri ja J. Riivi artikkel), konstrueerinud tehisionisatsiooni aparaate, mis on andnud häid tulemusi mitmesuguste nina- ja kurguhaiguste ravil. Laboratooriumi töö on tunnustust leidnud kogu Nõukogude Liidus ja ka välismaal.

Tartu Riikliku Ülikooli suurimaks teeneks meteoroloogia arendamisel meie vabariigis tuleks lugeda rahvusliku kaadri kasvatamist. Ajavahemikus 1940—1967 on ülikool andnud üle 50 spetsialisti meteoroloogia,

hüdroloogia, klimatoloogia ja aktinomeetria alal. Atmosfäärifüüsika teoreetilisteks ja eksperimentaalseteks erialadeks valmistuvad üliõpilased individuaalplaanide alusel, kusjuures nende õppeplaanid koostatakse kaadreid vajavate asutuste soove arvestades.

Vaikides ei saa mööda minna tööst, mida on teinud asjaarmastajad loodusevaatlejad. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Loodusuurijate Seltsi, samuti Üleliidulise Astronoomia ja Geodeesia Ühingu Eesti osakonna liinis alustati V. Tiidu initsiatiivil 1957. a. helkivate ööpilvede vaatlusi. Hiljem neid vaatlusi jätkati Tallinna Astronoomia Observatooriumis (asub praegu Nõmmel Glehni pargis). Tänu Ch. Villmanni initsiatiivile arenesid need vaatlused sedavõrd edukalt, et helkivate ööpilvede uurimine sai 1963. a. üheks atmosfäärifüüsika uurimissuunaks ENSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituudis. Praegu on Tõravere observatoorium kujunenud helkivate ööpilvede uurimise rahvusvaheliseks keskuseks.

1958. a. võeti ENSV TA Loodusuurijate Seltsi täppisteaduste sektsiooni tööplaani I. Nei ettepanekul äikese uurimine. 1963. a. organiseeriti H. Toominga ja V. Rossi eestvõtmisel äikesevaatlejate võrk äikese sageduse ja liikumisteede uurimiseks Eesti NSV territooriumil. Anti välja vaatlusjuhendid. Praegu ületab pidevalt töötavate vaatlejate-entusiastide arv juba 100 inimest. Töö tulemustest on avaldatud esimesed kokkuvõtted. Sel üritusel on suur tähtsus kui laiaulatuslikul ja aktiivsel teaduse populariseerimise vormil.

Et meteoroloogia on teadus, mis ajab siirdeid paljudele naaberaladele, siis tegeldakse temaga veel mitmetes vabariigi asutustes ja organisatsioonides. Märkimisväärseid tulemusi on saadud meie põllukultuuride mikrokliima uurimise alal (Jõgeva agrometeoroloogiajaama juhataja K. Põiklik jt.). Äsja asutati Sakus agrometeoroloogia laboratoorium (juhataja L. Int). Meteoroloogiaga tegeldakse Eesti Põllumajanduse Akadeemias, kus see on ka õppeaineks.

Üldtoodud, sugugi mitte ammendavast ülevaatest selgub, et nõukogude võimu perioodil, eriti viimase aastakümne vältel on Eesti NSV-s saavutatud märkimisväärset edu meteoroloogia arendamisel.

J. Ross

MIS ON ILM

Päike liigub vastse jõuga
Sillerdades peade kohal,
Naerab alla särasilmil.
Kiirtevagusid a'ab arul
— Valged suksud, kuldsed lakad,
Teemantidest adralehed —,
Külvab mulda valgusseemet,
Tulevakast sädemeid,
Rebib mätta hauakääpalt;
Imeb tühjaks linalombid,
Annab vihma, puistab rahet,
Õhku tuuleks keeruteleb,
Kõiki töid teeb ühel ajal.

Janis Rainis

PÄIKESEKIIRGUS— ATMOSFÄÄRI LIIKUMAPANEV JÕUD

Maa atmosfäär on oluliselt muutuv ja liikuv gaasiline keskkond, milles esinevad mitmesugused nähtused ja protsessid, nagu õhu liikumine, soojenemine või jahtumine, vee auramine või kondenseerumine, udude, pilvede ja sademete tekkimine või kadumine ja veel palju muudki. Mõnikord näeme taevas suurepärast virmaliste mängu, värvirikast vikerkaart, ilusaid tarasid Kuu ümber, suuri valkjaid rõngaid või selle osi Päikese ja Kuu ümber jne. Kuid atmosfääris leiavad aset ka nähtused, mida me oma silmaga ei näe ega kõrvaga ei kuule, nähtused, mida oleme tundma õppinud teaduse kaudu. Mis on kõigi nende mitmekesiste ilmingute ja protsesside põhjuseks atmosfääris?

Kaasaja inimene oskab sellele küsimusele ka vastata: kõige põhjuseks on Päikeselt maakerale jõudnud kiirgus, ehk nagu seda sageli teisiti armastatakse väljendada, päikesekiirgus on kogu looduse liikumapanev jõud. Hoopis vähem aga teame sellest, kuidas päikesekiirgus kõige sellega hakkama saab.

Küsimus on iseenesest väga huvitav, kuid sellele vastata pole kaugeltki lihtne. Peab tunnistama, et vaatamata kaasaja teaduse küllalt kõrgele tasemele valmistab raskusi ammendava lahenduse leidmine probleemile, milline on päikesekiirguse mõjumise mehhanism. Käesolevas jutustuses piirdume põgusa pildi andmisega sellest, kuidas päikesekiirgus kutsub esile ühe või teise nähtuse atmosfääris, see aga eeldab paratamatult mõningaid eelteadmisi füüsikast, eelkõige kiirgusõpetusest. Kõigepealt on tarvis tutvustada meie jutustuse peategelast — päikesekiirgust ennast.

*

Päikesekiirgus on energia ülekandumine elektromagnetilise lainetuse (kiiresti muutuvate elektri- ja magnetväljade) näol. Füüsikast on teada, et kiirgus tekib aatomisisese protsessina siis, kui tuuma ümber tiirlev

elektron läheb kõrgemalt energianivoolt üle madalamale. Seejuures vabanev energia lahkub aatomist kiirguskvandina (valguse puhul nimetatakse kvanti sageli footoniks), mille kohta kehtib Plancki valem:

$$\varepsilon = h\nu = \frac{ch}{\lambda},$$

kus ε on kiirguskvandi energia, h — Plancki konstant, ν — elektromagnetilise lainetuse sagedus, λ — lainepikkus ja c — valguse kiirus.

Et päikesekiirguse lainepikkus on väga väike, siis on otstarbekas mõõta seda mitte meetrites, vaid selle miljardikes (10^{-9}) osades, nn. nanomeetrites[1] (lühend nm):

$$1\,\text{nm} = 10^{-9}\,\text{m} = 10^{-7}\,\text{cm} = 10^{-6}\,\text{mm}.$$

Eelmisest valemist järeldub: mida suurem on sagedus või mida lühem on lainepikkus λ, seda suurem on kvandi energia. Nii on päikesekiirguse nähtavas osas violetse ($\lambda = 400$ nm) kiirguse kvandi energia peaaegu kaks korda suurem kui punasel kiirgusel ($\lambda = 760$ nm). Kui nüüd erineva energiaga kvandid kohtuvad (nad kõik liiguvad valguse kiirusega $c = 3 \cdot 10^8$ m/s) aineosakestega, näiteks aatomite või molekulidega, siis avaldavad «energilised» lühilainelise kiirguse kvandid suuremat mõju kui energiavaesemad pikalainelise kiirguse kvandid. Sellega ongi seletatav, miks ultravioletne kiirgus on mitmekesisema mõjuga kui infrapunane ($\lambda > 760$ nm): esimene ioniseerib õhku, tekitab fotoefekti, hävitab baktereid, tuhmistab fotoplaati jne., seevastu infrapunasel kiirgusel on peamiselt soojuslik toime. Lühidalt, kiirguse mõju ainele oleneb lainepikkusest.

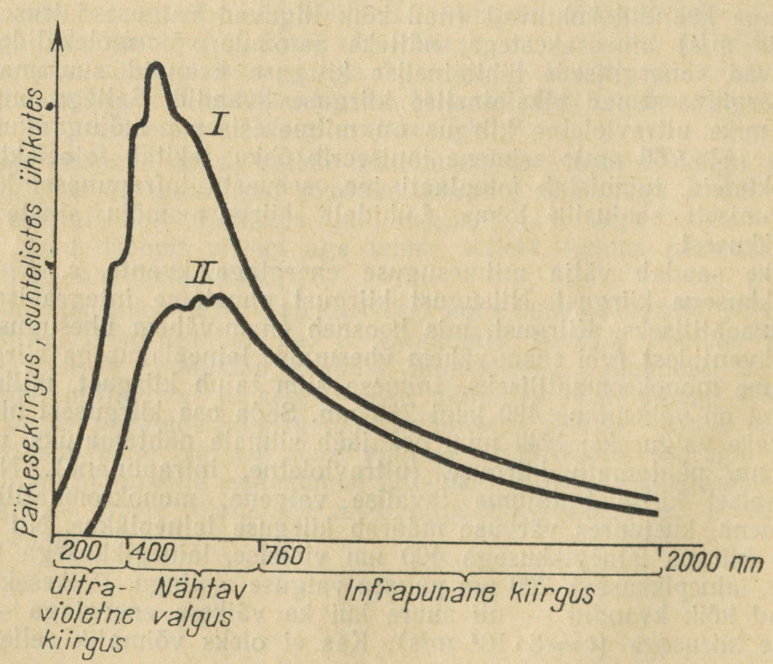
Päike saadab välja mitmesuguse energiaga kvante, s. t. erineva lainepikkusega kiirgust. Niisugust kiirgust nimetame integraalseks ehk polükromaatiliseks. Kiirgust, mis koosneb enam-vähem ühesuguse energiaga kvantidest (või enam-vähem ühesuguse lainepikkusega kiirgusest), nimetame monokromaatiliseks. Inimese silm tajub kiirgust, mille lainepikkus λ on vahemikus 400 kuni 760 nm. Seda osa kiirgusest nimetame nähtavaks valguseks; kõik muu osa jääb silmale nähtamatuks, moodustades nn. nähtamatu kiirguse (ultravioletne, infrapunane). Nähtavat integraalset kiirgust tajume tavalise valgena, monokromaatilist aga värvilisena, kusjuures värvuse määrab kiirguse lainepikkus. Nii näiteks tekitab kiirgus lainepikkusega 400 nm violetse, lainepikkusega 600 nm kollase, lainepikkusega 760 nm punase valguse aistingu. Päikesekiirguses liiguvad kõik kvandid — nii suure kui ka väikese energiaga — edasi valguse kiirusega ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s). Kas ei oleks võimalik selles sega-

[1] Enne SI süsteemi kasutuselevõtmist nimetati nanomeetrit millimikroniks (mμ): 1 mμ = 1 nm.

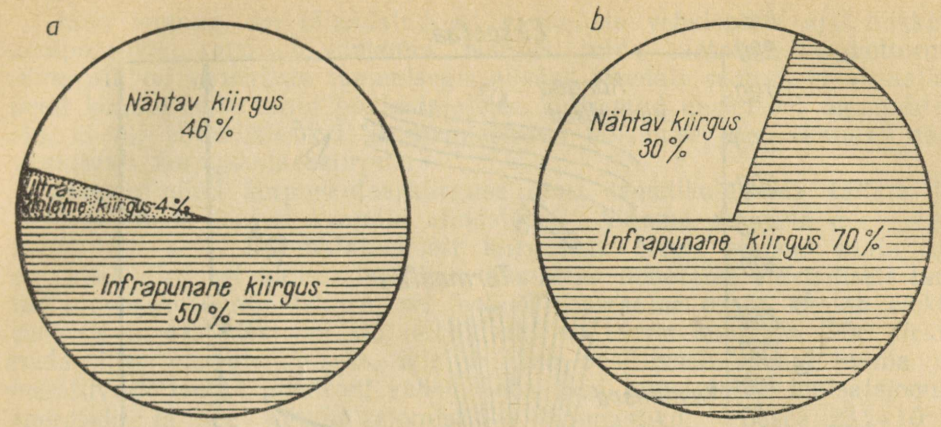
duses korda luua ja rivistada kvante energiate järgi ritta, nii nagu sõdurid seisavad rivis? Selgub, et on küll. Selliseks rivistajaks osutub tavaline kolmetahuline klaasprisma või difraktsioonivõre: asetades ükskõik kumma neist integraalse kiirguse teele, «järjestatakse» kvandid lainepikkuse põhjal ritta. Sellist lainepikkuse (või ka sageduse) järgi «rivistatud» kiirgust nimetatakse kiirgusspektriks.

Tuleme nüüd tagasi päikesekiirguse juurde. Selle spekter väljaspool atmosfääri algab lainepikkusega mõnest kümnendikust nanomeetrist ja ulatub pidevalt kuni mõnekümne meetrini. Kõige lühema lainepikkusega (mõni nm) on röntgenikiirgus, sellest pikemalaineline (kuni 400 nm) on ultravioletne, edasi tuleb nähtav valgus (400 kuni 760 nm), siis infrapunane kiirgus (760 kuni mõni tuhat nanomeetrit) ja lõpuks raadiokiirgus.

Mis aga puutub energiajaotusse päikesespektris, siis ei ole see kaugeltki ühesugune — kõige suurema energiaga on kiirgus lainepikkusega



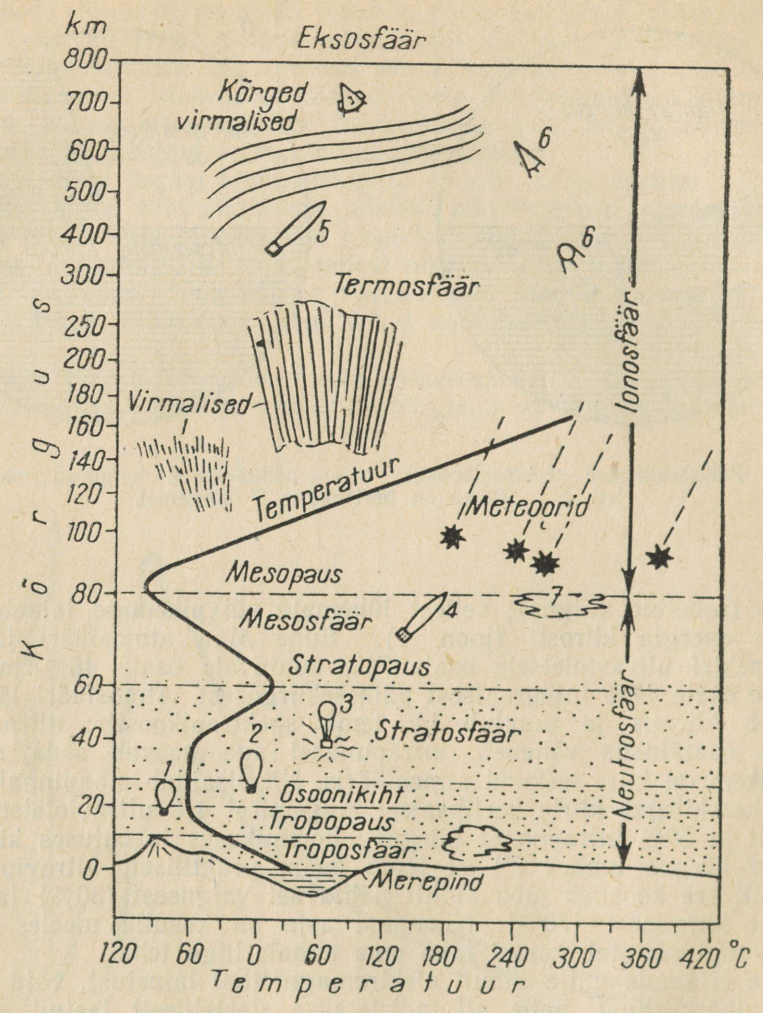
Joon. 1. Energiajaotus päikesespektris: I — atmosfääri ülemisel piiril; II — maapinnal, kui Päikese kõrgus $h_{\odot} = 30°$.



Joon. 2. Päikesekiirguse spektraalkoostis: *a* — päikesekiired langevad maapinnaga risti; *b* — Päike on horisondist 7° kõrgemal.

475 nm (roheline valgus); sellest lühemate või pikemate lainete poole kahaneb energia kiiresti (joon. 1). Enne Maa atmosfääri jõudmist tuleb spektri ultravioletsele osale 7%, nähtavale osale 46% ja infrapunasele osale 47% integraalsest päikesekiirgusest. Atmosfääri läbimisel nõrgeneb kiirgus ja muutub ka tema spektraalkoostis: ultravioletse kiirguse osatähtsus väheneb, infrapunasel aga kasvab seda rohkem, mida pikem on kiire teekond atmosfääris. Nii sisaldab maapinnale jõudnud päikesekiirgus kiirte vertikaalsel langemisel 4% ultravioletset, 46% nähtavat ja 50% infrapunast kiirgust; hommikuses ja õhtuses kiirguses (Päikese kõrgus umbes 7°) ei leidu enam praktiliselt ultravioletkiiri (joon. 2), see koosneb juba ainult nähtavast valgusest (30%) ja infrapunasest kiirgusest (70%). Niisugust asja on kasulik meeles pidada päikesevanni võtjatel, kes ei taha oma nahale liiga teha.

Päike ei saada välja ainult elektromagnetilist lainetust, vaid ka nn. korpuskulaarkiirgust. Selle all mõistetakse elektriliselt laetud aineosakeste — peamiselt prootonite ja elektronide voogusid. Kuigi need liiguvad suure kiirusega (1000—2000 km/s), jääb neile õige vähe energiat, umbes 10^{-7} Päikese kogukiirgusest. Kuid see ei tähenda, et nende osatähtsus oleks niisama väike. Maalähedases ruumis satuvad nad Maa magnetvälja võimusesse, mis hakkab neid koondama magnetpooluste piirkonda. Jõudnud atmosfääri ülemistesse kihtidesse, põrkavad nad kokku lämmastiku ja hapniku aatomitega (nendest aga koosnebki Maa atmosfääri ülaosa) ja sunnivad neid kiirgama — näeme virmalisi (joon. 3).

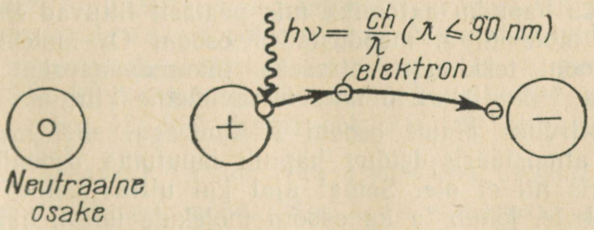


Joon. 3. Atmosfääri ristlõige ja temperatuuri muutumine kõrgusega. Vastavalt kokkuleppele vaadeldakse atmosfääri koosnevana viiest sfäärist: troposfäär, stratosfäär, mesosfäär, termosfäär ja eksosfäär. Üleminekupiirkondade nimetus tuletatakse liitе «paus» lisamisega alumise sfääri põhisõnale. Näiteks üleminekuala troposfäärist stratosfääri nimetatakse tropopausiks. Sfäärideks jaotamise aluseks on peamiselt temperatuuri muutumise iseloom kõrgusega. Joonisel on näidatud, kui kõrgel esinevad meile tuntud meteoroloogilised nähtused ja kui kõrgele on tõusnud atmosfääri uurimiseks kasutatud vahendid: *1* — Piccardi stratostaat; *2* — Osoaviahimi stratostaat; *3* — raadiosond; *4* — meteoroloogiline rakett; *5* — geofüüsikaline rakett; *6* — tehiskaaslased; *7* — helkivad ööpilved.

Juba ammugi on täheldatud, et virmaliste vehklemise ajal hakkab kompassinõel rahutult võnkuma. Nähtus, mida tuntakse magnettormi nime all, on virmaliste ilmumisega niivõrd tihedalt seotud, et virmalisi peeti koguni selle tormi põhjustajateks. Hilisemad uurimised aga näitasid, et nii virmaliste kui ka magnettormi tekkimise eest «kannab täit vastutust» korpuskulaarkiirgus.

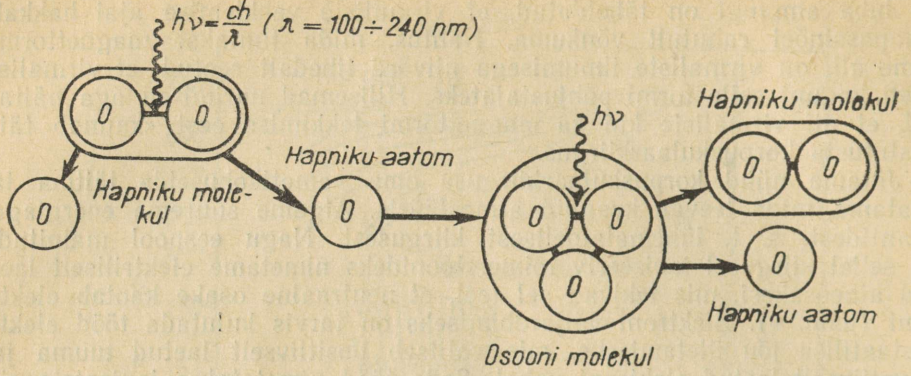
Jätame nüüd korpuskulaarkiirguse oma «ametikohuseid» täitma ja vaatame, mida teevad kvandid atmosfääris. Algame suurema energiaga kvantidest, s. t. lühemalainelisest kiirgusest. Nagu eespool mainitud, on sellel kiirgusel ioniseeriv toime. Ioonideks nimetame elektriliselt laetud aineosakesi, mis tekivad sel teel, et neutraalne osake kaotab elektroni (joon. 4). Elektroni väljarebimiseks on tarvis kulutada tööd elektrostaatilise jõu ületamiseks, mis valitseb positiivselt laetud tuuma ja negatiivselt laetud elektroni vahel. Seda tööd nimetatakse ionisatsioonienergiaks ja see sõltub aatomist — lämmastikul on see $23{,}2 \cdot 10^{-19}$ džauli[2] (J), hapnikul $21{,}8 \cdot 10^{-19}$ J.

Kui nüüd aineosake kaotab elektroni (või ka mitu), jääb ülekaalu tuuma positiivne laeng — neutraalne osake on muutunud positiivseks iooniks. Liitub aga elektron aineosakesega, tekib negatiivne ioon. Arusaadavalt suudab ainet ioniseerida ainult niisugune kiirgus, mille kvandi energia on vähemalt võrdne ionisatsioonienergiaga. Nagu lihtne arvutus näitab, suudab hapniku ja lämmastiku aatomit ioniseerida kiirgus, mille lainepikkus $\lambda \leqslant 90$ nm. Tähendab, ioniseeriva toimega on päikesekiirguse kauge ultravioletne osa. Sellest tingituna ongi atmosfääri ülemine osa alates 60—70 km-st tugevasti ioniseeritud ja seda nimetatakse ionosfääriks; atmosfääri alumist osa, kus ionisatsiooniaste on palju väiksem, nimetatakse neutrosfääriks (vt. joon. 3).



Joon. 4. Kvant $h\nu$ lööb neutraalsest osakesest elektroni välja — tekib positiivne ioon. Elektroni liitumisel neutraalse osakesega tekib negatiivne ioon.

[2] Džaul (lühendatult J) on töö, mida tehakse 1 kg keha tõstmisel umbes 10,2 cm kõrgusele (meie geograafilisel laiusel). 1 J = 0,24 cal.



Joon. 5. Kvant $h\nu$ lõhub hapniku molekuli aatomiteks. Ühinemisel hapniku molekuliga annavad need osooni molekuli O_3. Kvandid lõhuvad ka osooni molekule, tekitades dünaamilise tasakaalu.

Päikese ultravioletse kiirguse toime ei piirdu ainult ioniseerimisega, vaid tal jätkub jõudu ka molekulide lõhkumiseks aatomiteks. Seda protsessi nimetatakse dissotsiatsiooniks. Molekuli lõhkumisel on tarvis kulutada tööd aatomitevaheliste jõudude ületamiseks, sellele tööle vastavat energiat nimetatakse dissotsiatsioonienergiaks. Dissotsieerida suudavad vaid need kvandid, mille energia ületab dissotsiatsioonienergia. Molekuli lagunemist kiirguse mõjul nimetatakse fotodissotsiatsiooniks.

Erilist huvi pälvib atmosfääris hapniku molekuli fotodissotsiatsioon. Hapniku molekul O_2, neelanud sobiva suurusega kvandi ($\lambda \leqslant 240$ nm), laguneb kaheks hapniku aatomiks, mis peatselt liituvad ehk assotsieeruvad hapniku molekuliga, moodustades osooni O_3 molekuli (joon. 5). Seega on osooni tekkimisel otseseks liikumapanevaks jõuks teatud lainepikkusega ($\lambda = 100$—240 nm) ultravioletne kiirgus.

Kui asi piirduks ainult osooni tekkimisega, siis peaks mõne aja pärast kogu atmosfääris leiduv hapnik muutuma osooniks. Tegelikult see siiski päris nii ei ole. Samal ajal kui ultravioletne kiirgus lõhub hapniku molekule, lõhub ta ka osooni molekule uuesti hapniku molekulideks ja aatomiteks. Tulemusena tekib dünaamiline tasakaal, mille all mõistetakse olukorda, kus tekkivate osooni molekulide arv on võrdne lagunevate molekulide arvuga.

Maapinnal leidub osooni väga vähe ($3 \cdot 10^{-8}$ kg/m^3), kuid alates 10 km kõrguselt hakkab selle hulk kasvama ja saavutab maksimumi 20—25 km kõrgusel. Edasisel tõusmisel osooni hulk väheneb ja kõrgemal

kui 60 km teda enam praktiliselt ei leidu. Vaatamata osooni tühisele hulgale (normaaltingimustele taandatult moodustaks kogu atmosfääris leiduv osoon ainult 3 mm paksuse kihi) on tal suur mõju atmosfäärile ja elule maakeral.

Peale ultravioletse kiirguse neelab osoon ka nähtavat ja eriti tugevasti infrapunast kiirgust. See aga põhjustab ülal, umbes 50 km kõrgusel, suhteliselt kõrge temperatuuri (üle 0°C). Seda kihti võime vaadelda atmosfääri suure soojusreservuaarina. Praegu kaldutakse arvama, et sel kihil peaks olema oma kaaluv sõna kaasa rääkida atmosfääriprotsessides, eriti üldises tsirkulatsioonis.

Ultravioletse kiirguse neeldumisega osoonis on seletatav ka see, miks päikesespekter maapinnal algab järsku lainepikkusest $\lambda = 290$ nm. Kas see on meile kasulik või kahjulik? Et ultravioletsel kiirgusel on organismidele kahjulik mõju, siis tuleb ultravioletse kiirguse eest varjavat osooni lugeda kasulikuks. Mõne teadlase arvamuse järgi ei oleks elu maakeral osooni puudumisel saanud üldse tekkida ega areneda. Oleme ühe päris huvitava fakti tunnistajaks — ultravioletne kiirgus ise, Maa atmosfääri lahkel kaasabil, ehitab enesele tõkkeid maapinnale pääsemisel!

*

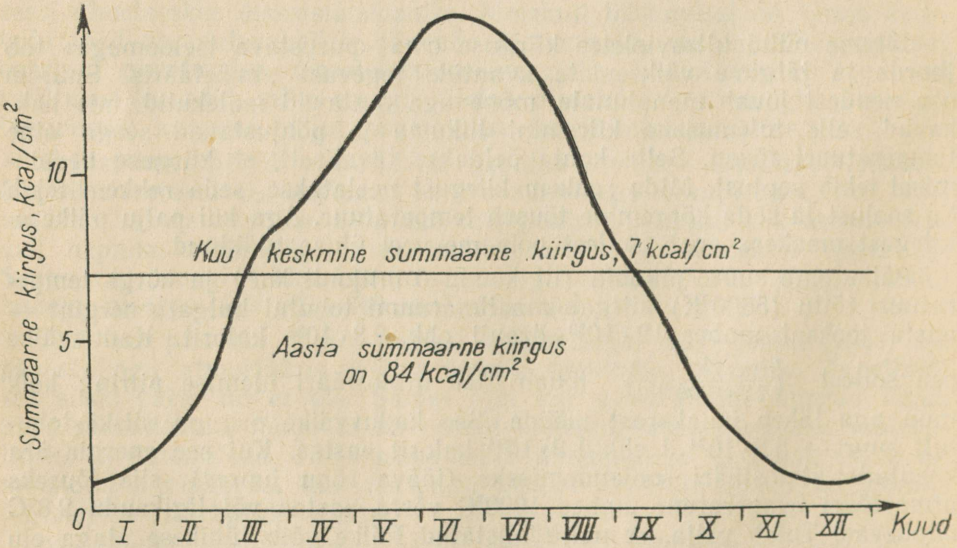
Jätame nüüd ultravioletse kiirguse oma «purustava iseloomuga» töö juurde ja jälgime väiksemate kvantide tegevust atmosfääris. Suurem osa nendest jõuab maapinnale, mõne aga neelavad molekulid, mis hakkavad selle tulemusena kiiremini liikuma ja põhjustavad seega aine temperatuuri tõusu. Selle kohta öeldakse tavaliselt, et kiirguse neeldumisel tekib soojust. Mida rohkem kiirgust neelatakse, seda rohkem tekib ka soojust ja seda kõrgemale tõuseb temperatuur. Aga kui palju päikesekiirgust maakera saab, sellest pole me veel üldse rääkinud.

Päike oma suure pindala (ligikaudu 6 miljonit km²) ja kõrge temperatuuri tõttu (5800°K) kiirgab maailmaruumi tohutul hulgal energiat — aasta jooksul umbes $12 \cdot 10^{33}$ džauli ehk $2{,}8 \cdot 10^{33}$ kalorit. Kaduvväike osa sellest $\left(\frac{1}{2\,200\,000\,000}\right)$ jõuab Maa atmosfääri ülemise piirini; kõik muu aga läheb maakerast mööda. See kaduvväike osa on siiski tohutult suur — $5{,}5 \cdot 10^{24}$ J ehk $1{,}3 \cdot 10^{24}$ kalorit aastas. Kui see energia ära kasutada atmosfääri soojendamiseks (jääva rõhu juures), siis tõuseks atmosfääri temperatuur umbes 1000°C võrra aastas või ligikaudu 2,8°C ööpäevas! Tuleb välja, et palju ülistatud Päike võib lühikese ajaga elu sõna otseses mõttes ära kõrvetada. Et asi siiski nii ei ole, sellel on mitu põhjust.

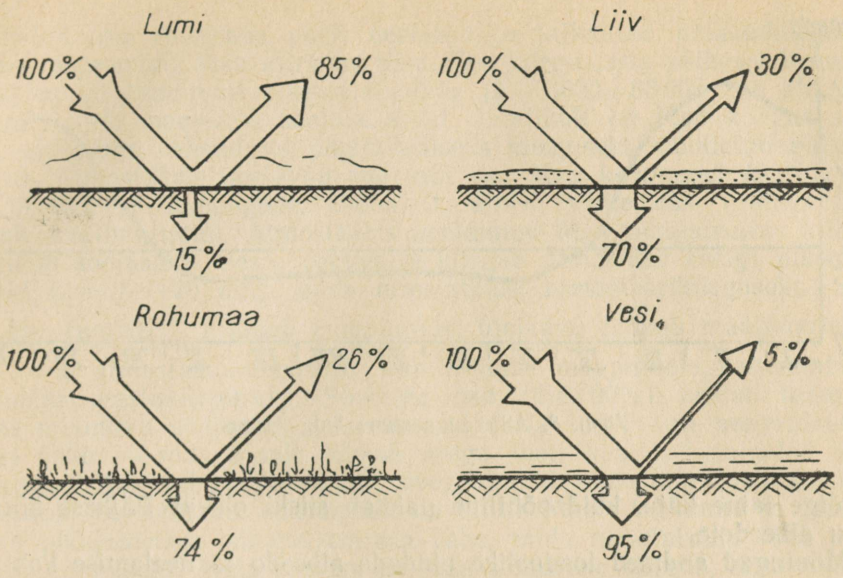
TRÜ Raamatukogu

Kõigepealt ei neela atmosfäär kogu päikesekiirgust, vaid ainult teatud kindla lainepikkusega kiirgust (teatud suurusega kvante); ülejäänud kiirgus kas hajub õhus või jõuab maapinnale. Seda osa kiirgusest, mis jõuab maapinnale hajumatult (paralleelsete kiirtena), nimetame otseseks päikesekiirguseks, teist aga hajuskiirguseks; mõlemaid kokku — summaarseks kiirguseks.

Summaarse kiirguse juurdevool maapinnale ei ole ühesugune; see sõltub eelkõige kohast ja aastaajast: nii saab kaugel polaarjoone taga asuv Vaikne laht ($\varphi = 80°$ N) aastas 69 kcal/cm^2, Tartu ($\varphi = 58°$ N) 84 kcal/cm^2, Kislovodsk ($\varphi = 44°$N) 119 kcal/cm^2 ning Taškent ($\varphi = 41°$N) 137 kcal/cm^2. Nende arvude võrdlemine näitab, et peaaegu 40 laiuskraadi võrra lõuna pool asuv Taškent saab aastas 2 korda rohkem summaarset kiirgust kui arktiline Vaikne laht. Mis aga puutub summaarse kiirguse juurdevoolu aastaaegade järgi, siis igal pool tuleb teda kõige rohkem suvel, sellele järgneb kevad, siis sügis ja kõige väiksem on saadav kiirgushulk loomulikult talvel (joon. 6). Sellisel ebaühtlasel kiirguse juurdevoolul maapinnale on määrav tähtsus meie ilmade ja kliima kujunemisel, seepärast loetaksegi päikesekiirgust kliimat kujundavate tegurite hulgas kõige põhilisemaks.

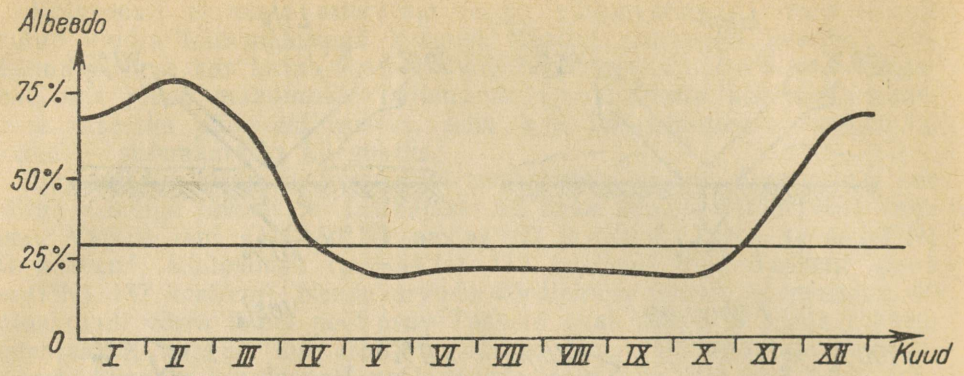


Joon. 6. Summaarse kiirguse aastane käik Tartus.



Joon. 7. Looduslike pindade albeedo ja neelatud kiirgus (protsentides).

Maapinnale jõudnud summaarsest kiirgusest osa peegeldatakse tagasi, ülejäänu aga neelab aluspind. Peegeldunud kiirguse puhul etendab tähtsat osa albeedo, mille all mõistetakse pinnalt tagasipeegeldunud kiirgusvoo jagatist pinnale langenud kiirgusvooga. Sageli väljendatakse albeedot protsentides. Mida suurem albeedo, seda rohkem peegeldab pind kiirgust ja seda heledam ta paistab. Nii näiteks peegeldab värskelt sadanud lumi tagasi üle 80% summaarsest kiirgusest, kuiv muld 18—24%, rohumaa 15—30% (olenevalt arengufaasist). Albeedo sõltub peale aluspinna veel Päikese kõrgusest. Eriti märgatav on see tasase veepinna puhul, mille albeedo keskpäeval on ainult mõni protsent, Päikese madala seisu korral (kõrgus alla 5°) kasvab albeedo aga kuni 65% ja üle selle. Sellega ongi seletatav nähtus, et kõrgelt (lennukilt, mäeharjalt) vaadatuna paistavad veekogud päeval tumedatena (Päikese kõrgus on suur), õhtul või hommikul — hõbedaselt helkivatena. Võib arvata, et Valge ja Musta mere nimetused on seotud nende veekogude albeedodega. Asub ju esimene polaaralal, kus Päike käib madalalt ja albeedo on seetõttu suur, teine aga lõunas, kus Päikese keskpäevane kõrgus on suur ja albeedo seega väike. Muidugi etendavad siin oma osa ka teised tegurid,



Joon. 8. Albeedo aastane kulg Tartus.

eelkõige laine kuju, kuid põhiline paistab siiski olevat Päikese kõrguse mõju albeedole.

Mõningad andmed looduslike pindade albeedo ja neelamise kohta on toodud joonisel 7. Albeedo aastane käik Tartus on kujutatud joonisel 8.

*

Selle osa summaarsest kiirgusest, mida aluspind tagasi ei peegelda, neelab tegevkiht (kiirgust neelav kiht) ja see muutub soojuseks. Siit levib osa soojust juhtivuse teel sügavamatesse kihtidesse, ülejäänud aga kantakse vee auramise, õhu turbulentse segunemise ja pikalainelise kiirguse näol atmosfääri.

Füüsikast on teada, et vee auramiseks kulub soojust; iga grammi vee aurustamine nõuab ligikaudu 600 cal. Soojus võetakse kõigepealt veest, kus see omakorda on saadud päikesekiirguse neeldumisest. Seega aurustub vesi päikesekiirguse toimel. Õhku sattunud veeaur hakkab teatud tingimustel (aur on küllastunud ja õhus leidub kondensatsioonituumi) kondenseeruma, moodustades väikesi piisakesi, millest kujunevad udu ja pilved. Kondenseerumisel vabaneb just niisama palju soojust, kui seda auramisel kulus, s. t. 600 cal iga grammi kondenseerunud vee kohta.

Pilvedes piisakesed kasvavad edasi, kuni nad muutuvad niivõrd suurteks, et langevad sademetena alla. Vihmavesi aga voolab ojades ja jõgedes madalamate veekogude poole. Kirjeldatud nähtus, mida nimetame vee ringluseks looduses, toimub päikesekiirgusest saadud energia arvel: selle küllalt keerulise mehhanismi liikumapanev jõud on seega päikesekiirgus.

Teatud osa aluspinna poolt neelatud ja talletatud päikesekiirgusest lahkub maapinnalt Maa kiirguse näol. See kiirgus, mis päikesekiirgusega võrreldes on tunduvalt pikemalaineline ($\lambda = 3000-80\,000$ nm ehk 3—80 μm), tekib maapinna soojuse arvel. Järelikult on Maa kiirgus sisuliselt aluspinna vahendusel pikalaineliseks kiirguseks muudetud päikesekiirgus. Atmosfääris neelavad suurema osa Maa kiirgusest (95%) veeaur, pilved, süsihappegaas, osoon jt. ained, väike osa (umbes 5%) lahkub maailmaruumi. Atmosfääris neeldunud Maa pikalaineline kiirgus muundub soojuseks. Peale neelamise kiirgab atmosfäär veelgi pikemaid laineid ($\lambda = 4-120$ μm), mida nimetatakse atmosfäärikiirguseks. Suurem osa (umbes $\frac{2}{3}$) jõuab maapinnale, ülejäänu lahkub maailmaruumi. Seda osa atmosfäärikiirgusest, mis jõuab maapinnale, nimetatakse atmosfääri vastukiirguseks. Suurema osa (üle 90%) neelab maapind ja see muundub soojuseks, väiksem osa (alla 10%) aga peegeldatakse tagasi õhku — maapinnalt lahkub seega õieti kaks pikalainelist kiirgusvoogu: Maa kiirgus ja maalt peegeldunud atmosfääri vastukiirgus. Maapinna soojusbilansi seisukohalt on tähtis Maalt lahkunud ja juurdetulnud pikalaineliste kiirgusvoogude vahe, mida nimetatakse Maa efektiivseks kiirguseks. Mida suurem on Maa efektiivne kiirgus, seda rohkem energiat kaotab maapind ja seda madalamale langeb temperatuur. Olgu muide märgitud, et ühe liigi öökülmade ja udude tekkimine ongi vahetult seotud efektiivse kiirgusega: selgetel ja tuulevaiksetel öödel, kui efektiivne kiirgus on suur, maapind ja sellega kokkupuutuv õhukiht jahtuvad tugevasti. Ka öökülmade vastu rakendatavate abinõude — suitsukatte, prahiga katmise jm. — kasutamise eesmärgiks on efektiivse kiirguse vähendamine.

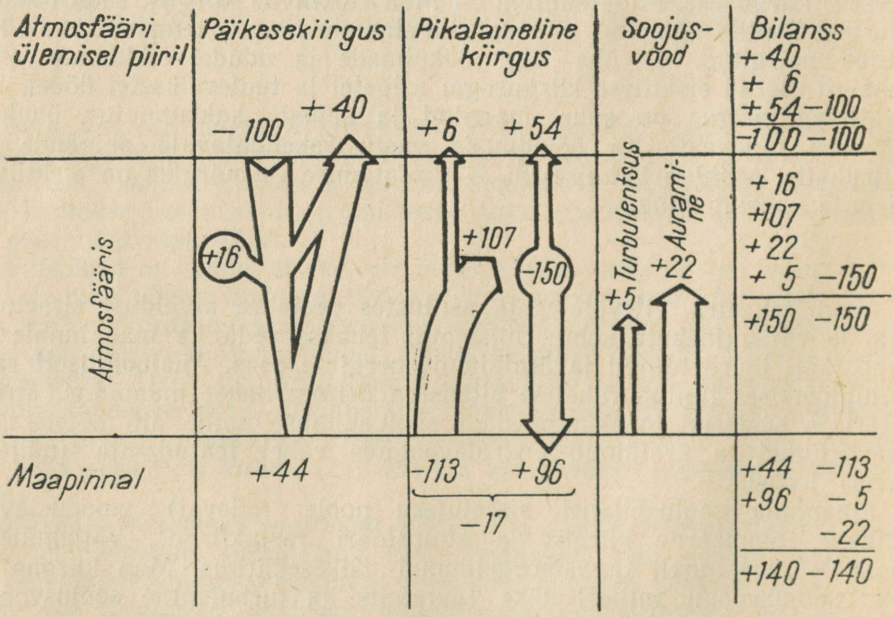
*

Nagu tehastes, ettevõtetes ja asutustes peetakse arveldust sissetulekute ja väljaminekute kohta, niisamuti tehakse seda ka maapinnale ja atmosfääri juurdetulnud ja äraläinud energiate osas. Analoogiliselt raamatupidamises tuntud rahalise bilansiga defineeritakse maapinna, atmosfääri ja süsteemi maa—atmosfäär soojusbilanss, mille all mõistetakse juurdetulnud ja äraläinud energiavoogude vahet teatud aja (näiteks aasta) jooksul.

Maapinna soojusbilansi sissetuleku poole (päeval) moodustavad Päikese summaarne kiirgus ja atmosfääri vastukiirgus, väljamineku poole — aluspinnalt tagasipeegeldunud päikesekiirgus, Maa kiirgus ja kolm soojusvoogu, millest kaks (auramine ja turbulentne soojusvoog) on suunatud õhku, kolmas — pinnasesse. Nagu siit näha, on soojusbilansis kahesugused liikmed — ühed on kiirgusvood, teised soojusvood. Antud pinnale juurdetulnud ja äraläinud kiirgusvoogude vahet nimetame

kiirgusbilansiks. Seega on soojusbilansi üheks põhiliseks komponendiks kiirgusbilanss, mis koosneb neeldunud summaarsest kiirgusest ja efektiivsest kiirgusest: $B = (S' + D)(1 - A) - F_0$, kus B on kiirgusbilanss, S' — otsene kiirgus, D — hajuskiirgus, A — albeedo ja F_0 — Maa efektiivne kiirgus. Soojusbilansi mõtte võib lihtsalt kokku võtta järgmiselt: nii palju kui aluspind energiat kiirguste näol juurde saab, niisama palju annab ta soojusvoogude näol ära. Soojusbilanss pole seega midagi muud kui energia jäävuse seadus maapinna, atmosfääri või süsteemi maa—atmosfäär kohta.

Tabelis 1 ja joonisel 9 on toodud kogu maakera soojusbilanss, mille on arvutanud M. Budõko paljuaastaste keskmiste meteoroloogiliste andmete järgi. Esitatud andmed on niivõrd selged, et räägivad ise enda eest. Juhime tähelepanu vaid paarile asjaolule. See, et Maa kiirgus on peaaegu 2,5 korda suurem aluspinna poolt neelatud päikesekiirgusest, ei ole vastuolus energia jäävuse seadusega; tuleb silmas pidada, et maapind saab samal ajal juurde atmosfääri vastukiirgust.



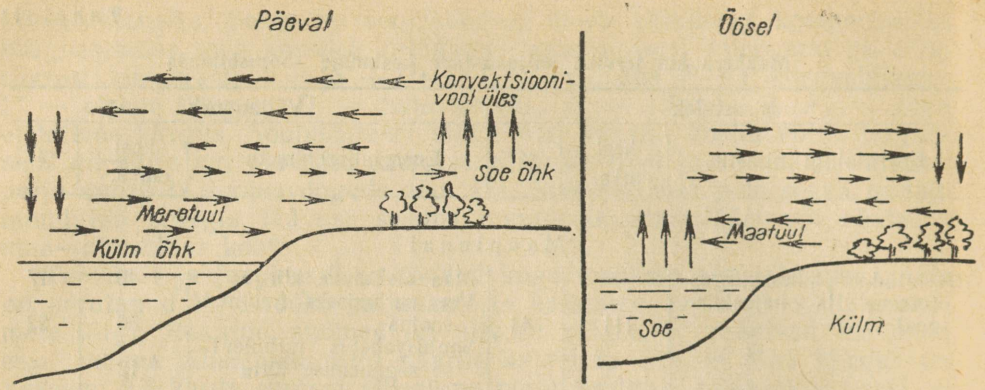
Joon. 9. Soojusbilanss atmosfääri ülemisel piiril, atmosfääris ja maapinnal. Arvud näitavad vastavat energiat protsentides. 100% = 250 kcal/cm² aastas.

Tabel 1

Maakera kui terviku paljuaastane keskmine soojusbilanss

Sissetulek			Väljaminek		
Energialiigi nimetus	kcal / cm² a.	%	Energialiigi nimetus	kcal / cm² a.	%
			Maapinnal		
Neelatud päikesekiirgus (otsene ja hajuskiirgus)	111	44	Maa efektiivne kiirgus	43	17
			Vee auramiseks kulunud soojus	56	22
			Soojusvahetus turbulentse segunemise tõttu	12	5
Kokku	111	44	Kokku	111	44
			Atmosfääris		
Neelatud päikesekiirgus	39	16	Atmosfääri vastukiirgus (maapinna poolt neelatud atmosfääri pikalaineline kiirgus)	240	96
Veeauru kondensatsioonisoojus	56	22			
Turbulentne soojusvoog maapinnalt	12	5	Maailmaruumi lahkunud pikalaineline kiirgus	150	60
Maalt lahkunud pikalaineline kiirgus	283	113			
Kokku	390	156	Kokku	390	156
			Süsteem maa—atmosfäär		
Saab Päikeselt kiirgust	250	100	Maailmaruumi peegeldunud päikesekiirgus	100	40
			Maailmaruumi lahkunud Maa pikalaineline kiirgus	15	6
			ja atmosfäärikiirgus	235	54
Kokku	250	100	Kokku	250	100

Seega tuleb arvestada Maa efektiivset kiirgust, mis on peaaegu 2,5 korda väiksem neeldunud päikesekiirgusest. Samuti ei ole vastuolu selles, et atmosfäärikiirgus on suurem (150%) kui atmosfääri poolt neelatud Maa kiirgus (107%): puuduv osa tuleb juurde soojusvoogudest (27%) ja atmosfääris neeldunud päikesekiirgusest (16%).



Joon. 10. Aluspinna ebaühtlasel soojenemisel päikesekiirguse mõjul tekib õhu liikumine. Päeval puhub mere-, öösel mandrituul.

*

Pilt päikesekiirguse mõjust atmosfäärile ei oleks täielik, kui jätta kõrvale õhu liikumine. Seos päikesekiirguse ja õhu liikumise vahel ei ole otsene ja seetõttu silmanähtav, vaid kaudne ja võrdlemisi keeruline. Selle seose põhimõttelise külje selgitamiseks piirdume ühe lihtsa näitega.

Kes suvel selge ja palava ilmaga on mererannikul viibinud, on täheldanud, et päeval puhub nõrk tuul merelt, öösel aga mandrilt. Selliseid tuuli, mida briisideks nimetatakse, põhjustab mandri ja mere erinev soojenemine päeval ja erinev jahtumine öösel. Päeval soojeneb mander päikesekiirguse mõjul rohkem kui meri. Vastavalt sellele on ka õhk mandri kohal soojem kui veekogu kohal. Kuid külmem õhk on tihedam kui soe ja seetõttu on ka õhurõhk külmas õhus suurem kui soojas. Rõhkude vahet iseloomustab rõhu gradient, mille all mõistame õhurõhu muutumist ühe pikkusühiku kohta selles suunas, kus rõhk kõige kiiremini kasvab. Õhk aga liigub alati sinnapoole, kus rõhk kõige kiiremini langeb. Jõudu, mis on tingitud rõhkude vahest (rõhu gradiendist) nimetame gradientjõuks; see on võrdeline rõhu gradiendiga, kuid vastassuunaline. Seega liigub õhk päeval gradientjõu mõjul merelt maa poole — puhub meretuul.

Mandril tõuseb soe õhk üles, põhjustades vertikaalse õhuliikumise, mida meteoroloogid konvektsioonivooluks nimetavad. Ülal aga põhjustab õhu kuhjumine rõhu tõusu — siit liigub õhk mere kohale, kus ta laskub merepinnale, suurendades rõhku. Kirjeldatud õhuringlemist nimetatakse kohalikuks tsirkulatsiooniks (joon. 10).

Öösel on olukord vastupidine — meri on soojem kui mander. Seetõttu on ka ringlemise suund vastupidine päevasele — maapinnal puhub tuul mandrilt merele, ülal aga merelt mandrile.

Üldiselt võib öelda, et tuult põhjustab õhurõhkude vahe, mis omakorda on tingitud aluspinna ebaühtlasest soojenemisest päikesekiirguse mõjul. Järelikult on energia algallikaks õhuliikumisel ikkagi päikesekiirgus.

Tehes kõigest eespool öeldust kokkuvõtte, võime öelda, et päikesekiirgus on tõepoolest atmosfääri liikumapanev jõud.

H. Mürk

KODUSED ILMAD

Sügispimedad tulnud on taas.
Vihm, pori ja raagude rabin.
Ma komberdan, nina maas,
ja kuulen, kuis koletu kabi
üle katuste tümistab.
Kas pole sa harjunud veel?
Tuul ihitab, ümistab,
meie kodused ilmad on need!
Need on meie kodused ilmad!

Kuidas elada valgusest ilma?
Päev hall nagu haikalakõhus.
Peab lahti end rebima siit,
umbmeelest ja sõnade põhust!
Vii pilvedest läbi, mu kiik,
vii Sooria-Mooria maale,
kesk merede siniseid saale!
Seal rannas, kus päike on truu,
vaim tuskajast vabaneb
ja kuldsete viljade puu
suur saladus avaneb!

Sel ilusal hetkel lõi
üks katkine torumait valla
oma krääksuvad lõuad ja kõik
mu vaese pea peale kallas.
Ja taga kaks auväärset meest
jäid naerma kui hobused.
Mu pale nõretas veest.

Need ilmad on kodused.
Need on meie kodused ilmad.
Ja süüdi undnägevad silmad.

Debora Vaarandi

KUIDAS TEKIB ILM?

Traditsiooniliselt alustatakse vestlust ilmast ja selle kujunemisest ilma mõiste piiritlemisega. Sedapuhku ei ole selleks vajadust, sest iga inimene teab oma kogemustest, mis on ilm. Palju rohkem huvitab meid see, kuidas õieti tekivad ilmamuutused.

Kaasaja teadmiste pagasiga lugeja taipab juba intuitiivselt, et ilmamuutusi põhjustavad küllalt keerulised protsessid atmosfääris, mis on omakorda esile kutsutud mitmete tegurite poolt nii väljaspool atmosfääri kui ka atmosfääris endas. Välistest teguritest on põhilisteks päikesekiirguse juurdevool ja aluspinna iseärasused, sisemistest aga tuleks peale atmosfääri koostise ja ehituse kõigepealt esile tõsta õhu suuremastaabilist liikumist ehk atmosfääri üldist tsirkulatsiooni.

*

Päikesekiirguse juurdevool Maale (aluspind ja atmosfäär kokku) oleneb mitmest asjaolust, nagu Päikese kõrgusest ja päeva pikkusest (need omakorda sõltuvad koha geograafilisest laiusest ja aastaajast), õhu läbipaistvusest (veeauru, tolmu, suitsu jne. hulgast atmosfääris), aluspinna albeedost ja kiirgusvõimest.

Maakera «impordib» kiirgusenergiat Päikeselt, töötab selle ümber pikalaineliseks kiirguseks ja «ekspordib» seda maailmaruumi Maa ja atmosfääri kiirguse näol. Maakerale juurdetulnud ja äraläinud kiirgusvoogude vahet nimetame maakera kiirgusbilansiks. Nagu eelmises artiklis nägime, on kiirgusbilanss globaalses (maakera) ulatuses tasakaalus. Vastasel korral peaks maakera temperatuur tõusma või langema olenevalt sellest, kas kiirgusbilanss on positiivne või negatiivne. Tegelikult püsib aga maakera kui terviku temperatuur umbes 15°C piirides, mis näitabki kiirgusbilansi tasakaalu. Sama ei saa aga öelda maakera üksikute tsoonide kohta. Andmed kiirgusbilansi geograafilise jaotuse kohta kogu maakera ulatuses on toodud tabelis 1, kus arvud teises reas näita-

Tabel 1

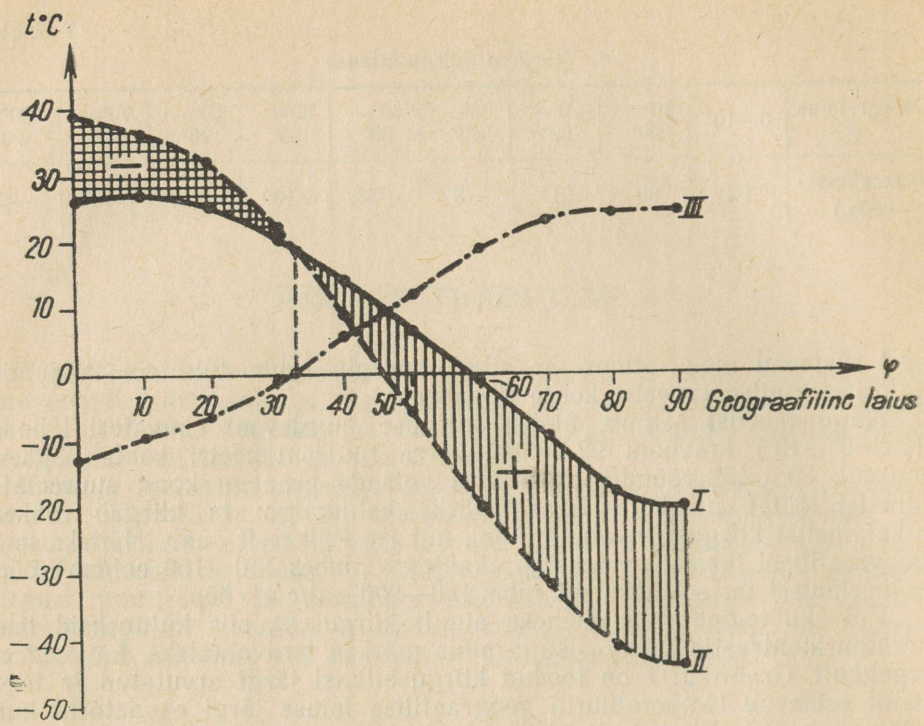
Maakera kiirgusbilanss

Geogr. laius φ	0—10°	10°—20°	20°—30°	30°—40°	40°—50°	50°—60°	60°—70°	70°—80°	80°—90°
B (kcal/cm² · ööp.)	92	80	51	—3	—58	—109	—148	—183	—200

vad süsteemi maa—atmosfäär kiirgusenergia «puhastulu või kahjumit» kalorites ruutsentimeetri kohta ööpäevas.

Nagu tabelist selgub, ületab kiirguse juurdevool ekvaatori lähedal ($\varphi = 0°—10°$) äravoolu 92 kalori võrra ruutsentimeetri kohta ööpäeva jooksul, 30°—40° vööndis on bilansi «otsad» peaaegu koos, suurematel laiustel töötab maakera «masinavärk» kahjumiga: ta kiirgab rohkem pikalainelist kiirgust maailmaruumi, kui ise Päikeselt saab. Näiteks meie geograafilisel laiusel moodustab «kahjum» umbes 140—150 cal/cm² · ööp., polaarlaiusel on see tõusnud juba 180—200 cal/cm² · ööp.

Kui õhu temperatuur oleneks ainult kiirgusest, siis kujuneksid temperatuurikontrastid põhja—lõuna sihis märksa teravamateks, kui nad on tegelikult. Graafikul 1 on toodud kiirgusbilansi järgi arvutatud ja tegelikult esinevad temperatuurid geograafilise laiuse järgi ekvaatorilt kuni põhjapooluseni. Ekvaatoril oleks ainult kiirgusest tingitud temperatuur 13° võrra kõrgem, polaaraladel (alates 70° laiuskraadist) aga 23—24° võrra madalam tegelikust temperatuurist. Seega oleks temperatuuride vahe ekvaatori ja pooluse vahel 46° asemel 83°, s. o. 37° võrra suurem. Meil Eestis oleks sel korral aasta keskmine õhutemperatuur —18°C, mitte aga +5°C, nagu see on praegu. Milline kliima meil siis oleks, seda pole raske ette kujutada: umbes selline, nagu praegu kaugel polaarjoone taga ($\varphi \approx 80°$) igaveses külmariigis. Et see siiski õnneks nii ei ole, selle eest võlgneme tänu võimsale õhuliikumisele, mida põhjustab just seesama temperatuuride vahe. Liikuvad õhumassid transpordivad ekvatoriaalalade liigse soojuse polaaraladele ja sealt külma õhu soojendamiseks väiksematele geograafilistele laiustele. Sellist kogu maakera hõlmavat võimsat õhuvoolude süsteemi nimetatakse atmosfääri üldiseks tsirkulatsiooniks. Seega on õhu temperatuuri, samuti ilma ja kliimat kujundavad põhitegurid päikesekiirgus, aluspinna iseärasused ja atmosfääri üldine tsirkulatsioon. Olgu tähendatud, et ilma ja kliimat, mis on teineteisega küll tihedalt seotud, ei tohi siiski samastada: ilm on atmosfääri olek teatud momendil või lühikesel ajavahemikul, kliima aga paljuaastane ilmade režiim.



Joon. 1. Maakera keskmise temperatuuri jaotus geograafilise laiuse järgi. I — tegelik, II — kiirgusbilansi järgi arvutatud temperatuur, III — tegeliku ja arvutatud temperatuuride vahe, «+»-ala tähendab, et tegelik temperatuur on kõrgem, «—»-ala tähendab aga, et tegelik temperatuur on madalam teoreetiliselt arvutatust.

Muide, maakera kõige külmemaks kohaks ehk külmapooluseks on Antarktika platoo, kus aasta keskmine temperatuur on —36,5°C. Talvel (juulis ja augustis) langeb temperatuur sageli —70° kuni —80°C-ni ja madalamalegi. Nii registreeriti norra polaaruurijate poolt Antarktikas, lõunapooluse lähedal, 1965. a. kõige madalam temperatuur —94,5°C. Varem peeti maakera külmapooluseks Oimjakoni Jakuutias, kus on registreeritud temperatuur —70°C. Seega oleme Antarktika põhjalikuma tundmaõppimise tõttu sunnitud külmarekordi loovutama kuuendale mandrile ja ise leppima «ainult» teise kohaga. Maakera kolmas külmapoolus

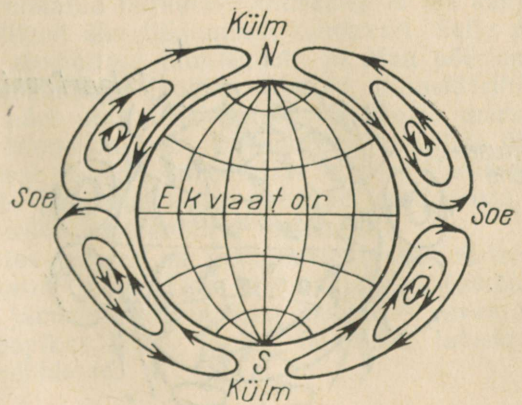
asub Gröönimaa platoo keskel, kus jaanuari keskmine temperatuur on —55°C, kõige madalam arvatavasti —65°C. Selliseid väga madalaid temperatuure põhjustab peale kiirgusbilansi koha suur kõrgus (Antarktika ja Gröönimaa platood asuvad 3000 m üle merepinna). Kui taandada temperatuurid merepinnale, oleksid need umbes 15°C võrra kõrgemad. Tähtsat osa etendab ka atmosfääri üldine tsirkulatsioon, mis ei haara siinseid külmi õhumasse enesega kaasa.

Maakera kõige soojemad alad ei asu ekvaatoril, vaid sellest pisut eemal põhja pool — Sahara lääneosas ja Punase mere rannikul, kus temperatuur on tõusnud 55° kuni 58° C. Teiseks soojapooluseks on Surmaorg Kalifornias, kus on täheldatud temperatuuri kuni 57°. Kui võrrelda külma- ja soojapooluste äärmustemperatuure (—88° ja +58°), näeme, et maakera temperatuuri kõikumine ulatub kuni 146°, kusjuures külmapoolustes langeb see tunduvalt rohkem alla 0° C, kui soojapoolustes tõuseb üle selle.

*

Nagu eespool nägime, etendab ilmade kujunemises tähtsat osa atmosfääri üldine tsirkulatsioon. Vaatame lähemalt, miks see tekib ja kuidas ringleb õhk maakera ulatuses.

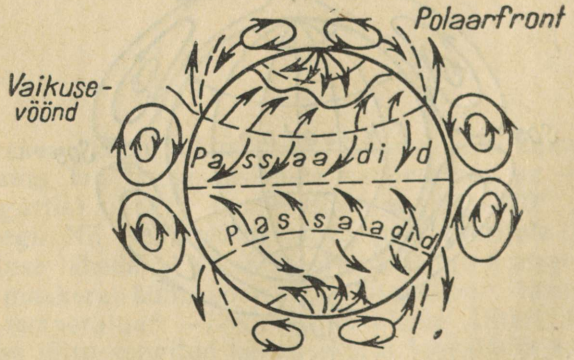
Peamine põhjus tsirkulatsiooni tekkimiseks on päikesekiirguse ebaühtlasest juurdevoolust tingitud temperatuuri jaotus maakeral. Kui õhu liikumise määraks ainult temperatuuri jaotus, siis kujuneks tsirkulatsioon võrdlemisi lihtsaks: soojas õhus, mille tihedus on väiksem, valitseks



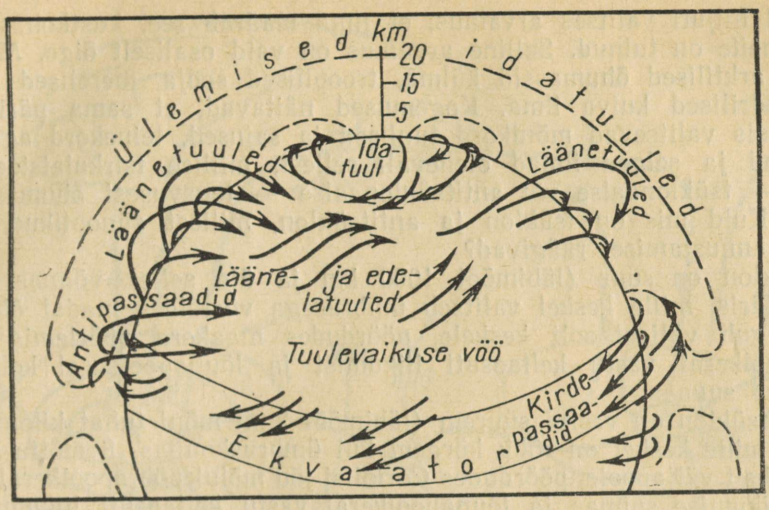
Joon. 2. Atmosfääri üldise tsirkulatsiooni kõige lihtsam variant. Tuuled puhuvad piki meridiaani.

madal ja külmas — kõrge õhurõhk. Et rõhkude vahe põhjustab gradientjõu tekkimise, mis on suunatud madalama rõhu poole, siis liiguks õhk maapinnal poolustelt ekvaatori poole piki meridiaane: põhjapoolkeral puhuks põhja- ja lõunapoolkeral lõunatuul. Ekvaatoril aga tõuseks soe õhk üles ja suunduks siit mõlema pooluse poole. Jõudnud külmale alale, laskuks õhk tagasi maapinnale ja alustaks oma teekonda maapinna kohal tagasi ekvaatori poole (joon. 2). Selline on õhu ringlemise kõige lihtsam variant, mille põhjuseks oleks ainult päikesekiirguse ebaühtlane juurdevool maakerale. Tegelik olukord on aga palju keerulisem. Kõigepealt tuleb arvestada maakera pöörlemisest tingitud nn. Coriolisi jõudu, mis on alati liikumisega risti ja suunatud põhjapoolkeral paremale ning lõunapoolkeral vasakule. Selle jõu mõjul jaguneb eespool kirjeldatud tsirkulatsiooniring kolme ossa: 1) troopiliseks ehk passaatide ja antipassaatide, 2) keskmiste laiuste ja 3) polaarseks tsirkulatsiooniringiks (joon. 3). Need ringid esinevad mõlemal poolkeral. Siinkohal vaatleme aga tsirkulatsiooni põhjapoolkeral, mis on määrava tähtsusega tegur meie ilmade kujunemise seisukohalt.

Troopilises tsirkulatsiooniringis tõuseb soe õhk ekvaatori piirkonnas üles ja hakkab siit liikuma põhja poole. Maa pöörlemisest tingitud Coriolisi jõu mõjul pöördub see õhuvool järjest rohkem paremale, kuni viimaks 30—35-ndatel laiuskraadidel suundub itta. Nimetatud laiustel tekib õhu kuhjumine, õhk hakkab laskuma tagasi maapinnale, üks haru temast liigub ekvaatori poole, kusjuures Coriolisi jõud kallutab jällegi õhuvoolu paremale. Neid horisontaalseid õhuvoole nimetame maa lähedal kirdepassaatideks, ülal — edelaantipassaatideks.



Joon. 3. Üldise tsirkulatsiooni lihtsustatud skeem.



Joon. 4. Maakeral domineerivate tuulte süsteemi skeem.

Polaarne tsirkulatsiooniring koosneb pooluse lähedal laskuvast, 60-ndatel laiuskraadidel tõusvatest vooludest, maa lähedal kirde- ja idatuultest ning ülal läänetuultest. Keskmiste laiuste (troposfääri-stratosfääri) tsirkulatsiooniring on troopilist ja polaarset ringi ühendav lüli. Maa lähedal puhuvad siin edela- ja läänetuuled, ülal aga idatuuled.

Selline lihtsustatud tsirkulatsiooniskeem ei ole kahjuks kuigi täiuslik: ta erineb tegelikust õhu liikumisest tunduvalt. Selle põhjuseks on peale kiirgusenergia ebaühtlase juurdevoolu ja Maa pöörlemise veel mandrite ja ookeanide ebaühtlane jaotus, võimsad atmosfäärihäired tsüklonite ja antitsüklonite näol ning teisedki tegurid. Tuleb märkida, et atmosfääri üldine tsirkulatsioon on keeruline suuremastaabiline õhu liikumine, mille kohta tänapäeval puudub ammendav teooria. Vaatamata eespool kirjeldatud skeemide puudulikkusele, annavad need siiski teatud pildi õhuvoolude ja õhurõhu süsteemidest maakeral.

Väga üldistes joontes on valitsevate tuulte süsteemid maalähedases õhukihis kujutatud joonisel 4. Pikemaajaline keskmine õhurõhu jaotus merepinnal on jämedalt kirjeldatuna järgmine: ekvaatori piirkonnas asub madal-, subtroopikas kõrg-, umbes 60-ndatel laiuskraadidel madal- ja Arktikas kõrgrõhkkond.

*

Veel hiljuti valitses arvamus, et ilma määrab see, kustkohast õhumass meile on tulnud. Selline arvamus on vaid osaliselt õige. Muidugi toovad arktilised õhumassid külma, troopilised sooja, merelised niisket ja mandrilised kuiva ilma. Kogemused näitavad, et sama päritoluga õhumassis valitsevad mõnikord tuulised ja sajused, teinekord aga tuulevaiksed ja selged ilmad olenevalt sellest, millise tsirkulatsioonisüsteemi — tsüklonaalse või antitsüklonaalse — tegevusest õhumass osa võtab. Kuid mis on tsüklon ja antitsüklon, millest sünoptikud sageli ilmade ennustamisel räägivad?

Tsüklon on suur (läbimõõt 1000 km ja üle selle) võimas pööris atmosfääris, mille keskel valitseb ümbrusega võrreldes madal õhurõhk. Õhk liigub väljastpoolt keskele, pöördudes maakera pöörlemise tõttu põhjapoolkeral vastu kellaosuti liikumist ja lõunapoolkeral kellaosuti liikumise suunas.

Antitsüklon on veelgi suurem (läbimõõt kuni mõni tuhat kilomeetrit) pööris, mille keskel on rõhk kõrgem kui ümbruskonnas. Seetõttu voolab õhk keskelt väljapoole, pöördudes Coriolisi jõu mõjul põhjapoolkeral kellaosuti liikumise suunas ja lõunapoolkeral vastu kellaosuti liikumist.

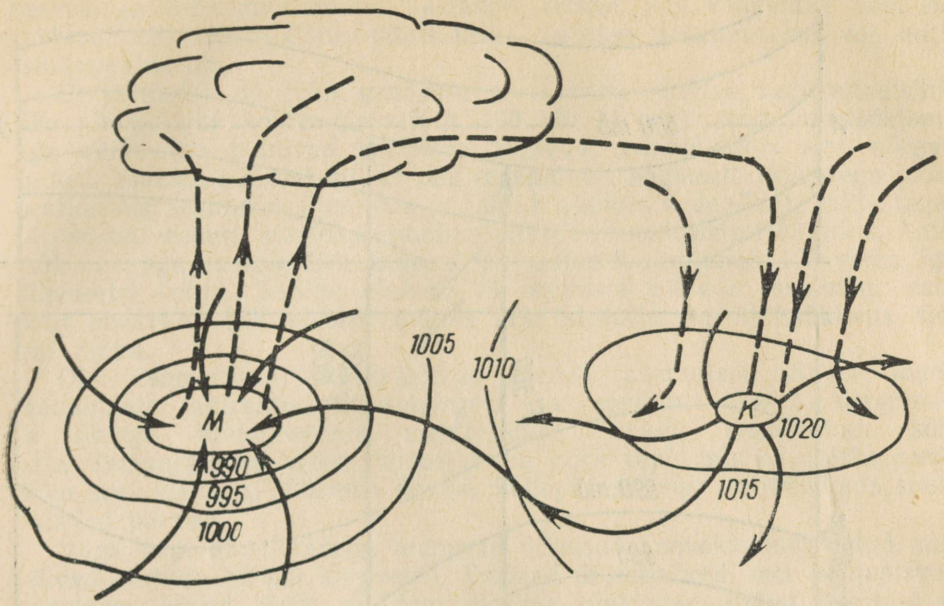
Õhurõhu järgi nimetatakse tsüklonit sageli madalrõhkkonnaks (*M*) ja antitsüklonit kõrgrõhkkonnaks (*K*).

Õhu liikumine tsüklonis (*M*) ja antitsüklonis (*K*) on kujutatud skemaatiliselt joonisel 5.

Õhurõhujaotuse ülevaatlikuks iseloomustamiseks kasutatakse isobaarpindu ja isobaare. Isobaar- ehk samarõhupind on pind, mis ühendab ruumis ühesuguse rõhuga punkte. Isobaarpinna lõikejoont aluspinna või mõne teise pinnaga nimetatakse isobaariks. Nii isobaarpindade kui ka isobaaride juurde kirjutatakse number, mis näitab õhurõhu suurust millibaarides (1 mb $\approx$ 3/4 mmHg).

Ülevaade õhurõhujaotusest tsüklonis ja antitsüklonis nii maapinnal kui ka vertikaalsihis on toodud joonisel 6. Nagu siit näha, asuvad isobaarpinnad antitsükloni kohal kõrgemal, tsükloni kohal aga madalamal. Suuremal kõrgusel on pilt teistsugune. Näiteks 500 mb isobaarpind (umbes 5,5 km kõrgusel) on antitsükloni kohal laskunud madalamale ja tsükloni kohal tõusnud kõrgemale. Selle põhjuseks on õhu püstsihiline liikumine, nn. konvektsioonivool, ja temperatuuri muutumine.

Tsüklonite ja antitsüklonite uurimisel aluspinnast kõrgemal on otstarbekas kasutada isobaarpindade endi asemel nende kõrgust. Kaarti, mis kujutab vaadeldava isobaarpinna (näiteks 1000 mb, 700 mb, 500 mb) kõrgust (täpsemalt rääkides, dünaamilist kõrgust), nimetatakse baarilise topograafia kaardiks. Meteoroloogias kasutatakse absoluutseid ja relatiivseid baarilise topograafia kaarte. Esimesed kujutavad vaadeldava isobaarpinna kõrgust merepinnast, teised aga antud (näiteks 500 mb) isobaarpinna kõrgust mõne teise (näiteks 1000 mb) isobaar-



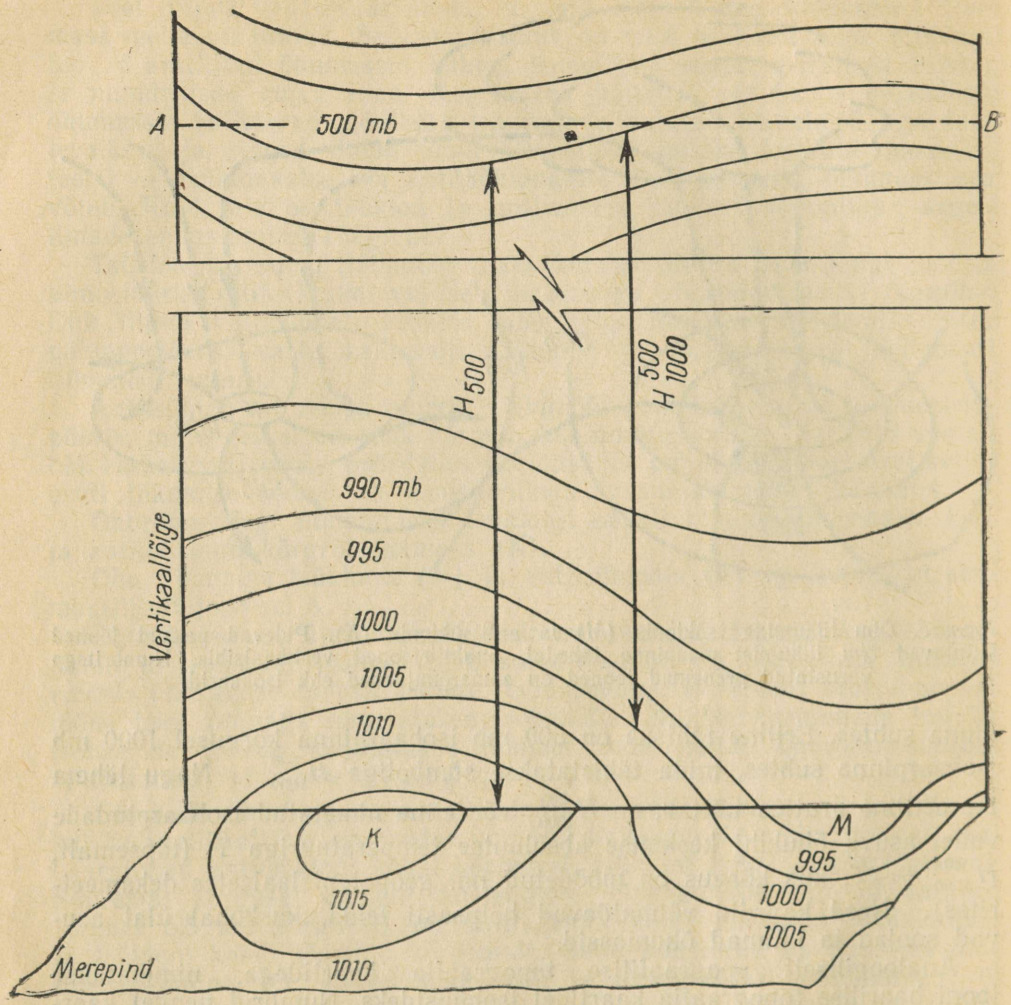
Joon. 5. Õhu liikumine tsüklonis (*M*) ja antitsüklonis (*K*). Pidevad paksud jooned kujutavad õhu liikumist maapinna lähedal, punktiirjooned vertikaalsihis. Numbritega varustatud peenemad jooned on samarõhujooned ehk isobaarid.

pinna suhtes. Eriline tähtsus on 500 mb isobaarpinna kõrgusel 1000 mb isobaarpinna suhtes, mida tähistatakse sümboliga H_{1000}^{500}. Nagu lähem teoreetiline arutlus näitab, on H_{1000}^{500} võrdeline nimetatud isobaarpindade vahel asuva õhukihi keskmise absoluutse temperatuuriga $\overline{T}$ (täpsemalt, $H_{1000}^{500} = 2\overline{T}$, kus kõrgus on mõõdetud nn. geopotentsiaalsetes dekameetrites). Need kaardid võimaldavad hõlpsasti leida, kuskohal ülal asuvad soojad ja külmad õhumassid.

Analoogiliselt geograafilise topograafia kaartidega, nimetatakse jooni baarilise topograafia kaartidel isohüpsideks. Numbrid nendel kaartidel näitavad vastava isobaarpinna dünaamilist kõrgust geopotentsiaalsetes dekameetrites * (viimane on meie geograafilisel laiusel ligikaudu võrdne tavalise dekameetriga; joon. 7).

Ilma määrab tsüklonite ja antitsüklonite paiknemine, liikumine ja arenemine, ehk erialast terminoloogiat kasutades, meteoroloogiline situ-

* Geopotentsiaalne meeter on töö, mis kulub massiühiku 1 kg tõstmiseks 1 m kõrgusele raskusväljas kiirendusega $g = 9{,}8$ m/s². 1 geopot. meeter = 9,8 J/kg. 1 geopot. Dm = 98 J/kg.



Joon. 6. Isobaarpinnad tsükloni (*M*) ja antitsükloni (*K*) kohal. Arvud joonte juures näitavad õhurõhku: H_{500} — 500 mb isobaarpinna kõrgus merepinnast; H^{500}_{1000} — 500 mb isobaarpinna kõrgus 1000 mb isobaarpinna suhtes. Punktiir *AB* — 5,5 km kõrguse nivoo.

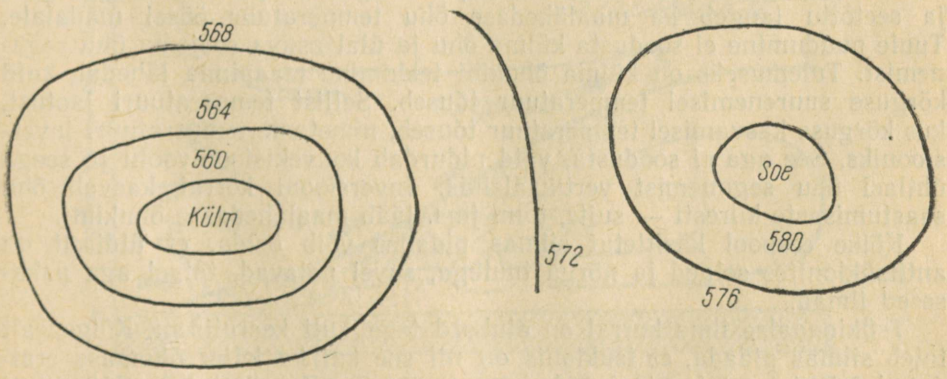
atsioon ja selle muutumine. Vastavalt sellele, kas vaadeldav koht on tsükloni või antitsükloni mõjusfääris, valitseb tsüklonaalne või antitsüklonaalne ilm.

Et tsüklonis on rõhu gradient, s. o. rõhu muutus horisontaalsihis ühe pikkusühiku kohta (tavaliselt 100 või 11 km) suur, antitsüklonis aga väike, siis puhuvad tsüklonis tugevad, antitsüklonis aga nõrgad tuuled. Tsüklonis tõuseb niiske õhk maapinnalt aeglaselt (kiirusega mõni sentimeeter sekundis) ülespoole ja jahtub (umbes 6 deg/km), mille tagajärjeks on veeauru kondenseerumine, pilvede ja sademete tekkimine. Antitsüklonis aga laskub õhk allapool ja soojeneb seejuures 10° võrra iga kilomeetri kohta. Selline olukord ei soodusta pilvede tekkimist, vaid need auravad sõna otseses mõttes ära; seetõttu on antitsüklonis selged ilmad.

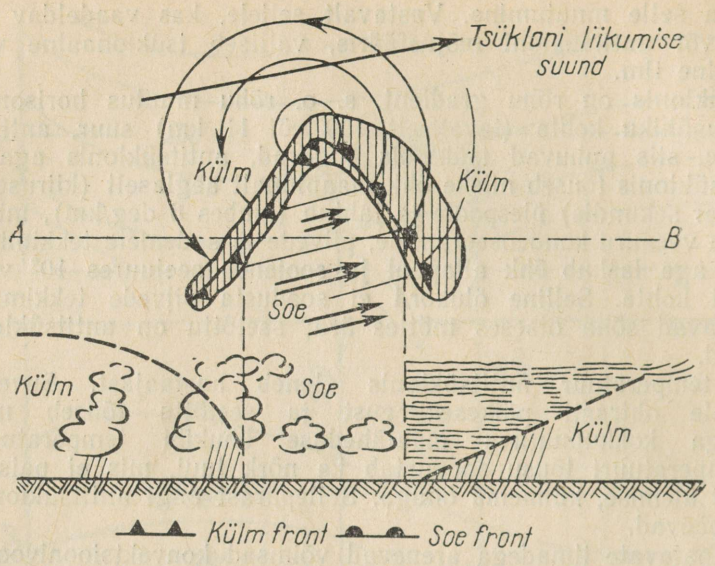
Õhu temperatuur antitsüklonis oleneb aastaajast. Suvel jõuab maapinnale ohtrasti päikesekiirgust ja seetõttu tõuseb maapinna ja sellega kokkupuutuva maalähedase õhukihi temperatuur kõrgele. Temperatuuri tõusu soodustab ka nõrk tuul, mis ei paiska sooja õhku segi ülemise, külmema õhuga. Sellepärast ongi antitsüklonis suvel palavad päevad.

Väga palavate ilmadega arenevad võimsad konvektsioonivoolud, mis võivad ulatuda 10 km kõrguseni. Tekivad äikesepilved, mis põhjustavad kohalikku äikest. Selle möödumisel ilma olukorras olulisi muutusi ei esine.

Meteoroloogiliste elementide, nagu temperatuuri, tuule ja relatiivse niiskuse korrapärane muutumine ööpäeva vältel kordub ühest päevast teise.



Joon. 7. Suhtelise baarilise topograafia (H^{500}_{1000}) kaart, mis näitab, kus kohal ülal asuvad külmad ja soojad õhumassid.



Joon. 8. Ideaalse tsükloni skeem. Ülal — tsükloni horisontaallõige, all — vertikaallõige joont *AB* mööda. Kaksiknool näitab sooja, tavaline nool külma õhu liikumist. Läbiviirutatud ala tähendab sademete piirkonda.

Talvel selge ilmaga kiirgab lumepind tugevasti pikalainelist kiirgust ja seetõttu langeb ka maalähedase õhu temperatuur öösel madalale. Tuule puudumine ei soodusta külma õhu ja ülal asuva soojema õhu segunemist. Tulemuseks on külma õhukihi tekkimine maapinna lähedal, kuid kõrguse suurenemisel temperatuur tõuseb. Sellist temperatuuri jaotust, kus kõrguse kasvamisel temperatuur tõuseb, nimetame temperatuuri inversiooniks. See aga ei soodusta, vaid pidurdab konvektsioonivoolu ja seega ühtlasi õhu segunemist vertikaalsihis. Inversiooni korral kasvab õhu saastumisaste kiiresti — suits, tolm jms. jääb maalähedasse õhukihti.

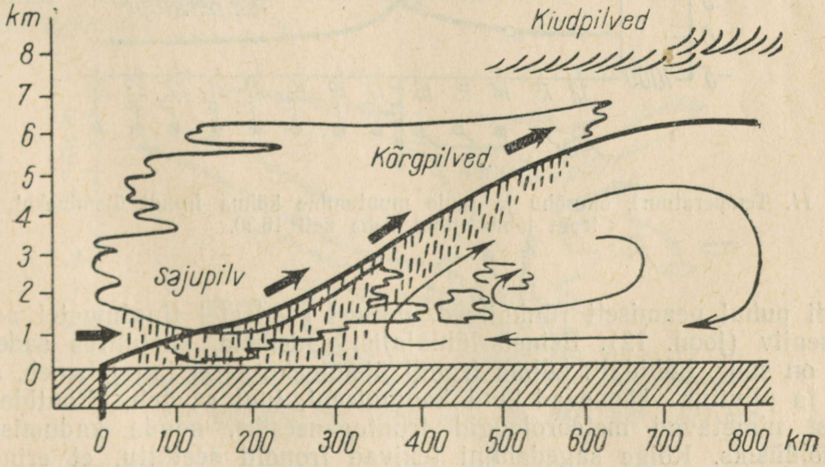
Kõike eespool käsitletut silmas pidades võib öelda, et üldiselt on antitsüklonites selged ja nõrga tuulega, suvel palavad, talvel aga pakasesed ilmad.

Tsüklonaalse ilma korral on olukord tegelikult keerulisem. Kõigepealt tuleb silmas pidada, et tsüklonis on nii soe kui ka külm õhumass eraldatud teineteisest frontaalpindadega (joon. 8). Frontaalpinna lõikejoont aluspinnaga nimetatakse frondijooneks ehk lühidalt frondiks. Kui temperatuur frondi üleminekul tõuseb, mis sisuliselt tähendab külma õhu

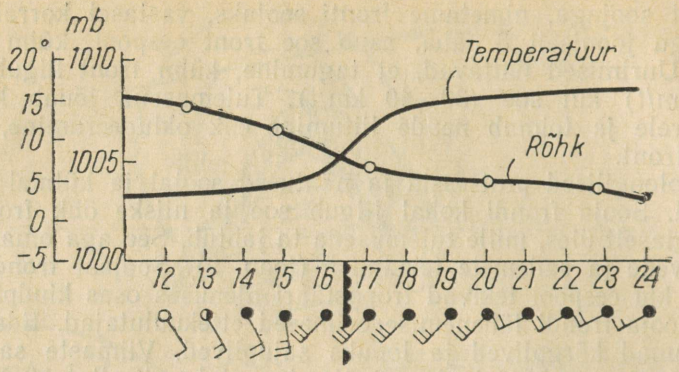
asendumist soojaga, nimetame fronti soojaks, vastasel korral aga külmaks. Nagu jooniselt 8 näha, asub soe front eespool, külm front aga tagapool. Uurimised näitavad, et tagumine, külm front liigub kiiremini (50—60 km/t) kui soe (30—40 km/t). Tulemusena jõuab külm front soojale järele ja toimub nende liitumine ehk okludeerumine, tekib nn. oklusioonifront.

Meteoroloogilised protsessid ja nähtused soojal ja külmal frondil on isesugused. Sooja frondi kohal liigub soe ja niiske õhk frontaalpinda mööda aeglaselt üles, mille tulemusena ta jahtub. See aga omakorda põhjustab pilvede ja sademete tekkimist (joon. 9). Soojast frondist umbes 800—1000 km eespool tekivad troposfääri ülemises osas kiudpilved (*Ci*). Need on sooja frondi lähenemise esimesed ettekuulutajad. Edasi järgnevad tihedamad kõrgpilved ja lõpuks sajupilved. Viimaste saabumisega algab kestev laussadu, mis frondi üleminekul tavaliselt lakkab. Mis aga puutub õhurõhku, temperatuuri ja tuultesse, siis sooja frondi lähenemisel rõhk langeb, temperatuur tõuseb ja tuul tugevneb. Frondi ülemineku järel rõhu langemine aeglustub või rõhk hakkab koguni tõusma, samuti aeglustub temperatuuri tõusmine ja kahaneb tuule kiirus (joon. 10).

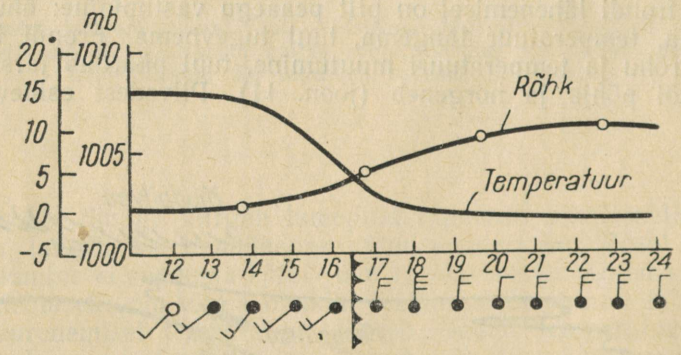
Külma frondi lähenemisel on pilt peaaegu vastupidine: õhurõhk hakkab tõusma, temperatuur langema, tuul tugevnema. Frondi üleminekul aeglustub rõhu ja temperatuuri muutumine, tuul pöördub järsku edelast loodesse või põhja ja nõrgeneb (joon. 11). Pilvedest esinevad külma



Joon. 9. Sooja frondi ristlõige. Paksud nooled näitavad sooja, tavalised nooled külma õhu liikumist.



Joon. 10. Temperatuuri, õhurõhu ja tuule muutumine sooja frondi ülemineku. All näitab ringide kaetuse aste pilvisust, nooled tuule suunda ja lipukesed tuule tugevust. Soe front läbib antud koha kell 16.30.



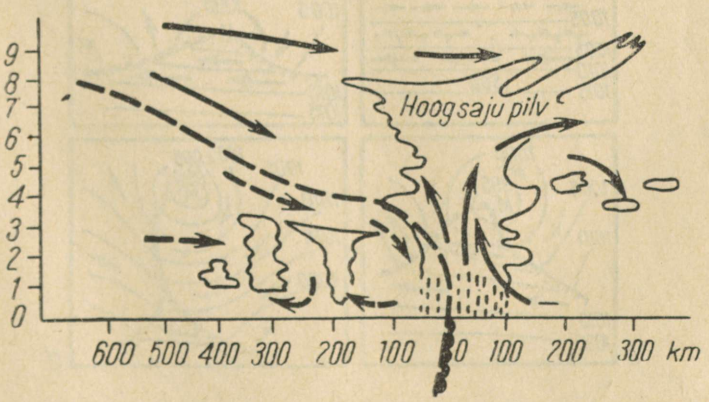
Joon. 11. Temperatuuri, õhurõhu ja tuule muutumine külma frondi ülemineku. Külm front läbib antud koha kell 16.30.

frondi puhul peamiselt rünkpilved, millest soodsatel tingimustel areneb äikesepilv (joon. 12). Esineb lühiajalisi sademeid, kusjuures sademete hulk on suur. Lühidalt, külma frondi ülemineku järel ilm jaheneb, sademed ja pilvitus vähenevad kuni kadumiseni, tuul raugeb. Frontide tekkimist nimetavad meteoroloogid frontogeneesiks, nende kadumist — frontolüüsiks. Kõige sagedamini tekivad frondid seetõttu, et erinevate omadustega õhumassid liginevad teineteisele. Nende kokkupuutealal kujuneb kitsas tsoon, kust läbiminekul temperatuur, niiskus, tuul jmt.

meteoroloogilised elemendid muutuvad järsult. Peale selle võivad frondid tekkida näiteks pakasega lahtise mere ja jääväljade kokkupuutepiirkonnas. Ilmade kujunemise seisukohalt on siiski tähtsam esimesena kirjeldatud, nn. kinemaatiline frontogenees, mis põhjustab kõrgfrontide kujunemist. Üldiselt valitsevad tsüklonites tuulised, pilvised ja sajused ilmad. Tsüklonid toovad meile suvel vilusid, talvel pehmeid ilmu. Põhjuseks on see, et meile tulevad tsüklonid Atlandi ookeanilt, kus suvel on õhk jahedam, talvel aga soojem kui mandril.

Esimesed teooriad tsüklonite ja antitsüklonite tekkimise kohta ilmusid möödunud sajandi lõpul ja käesoleva sajandi algul. Arvati, et tsüklonid tekivad soojas, antitsüklonid külmas õhus. Sellise eelduse aluseks on ammu tuntud tõsiasi: külm õhk on tihedam kui soe ja seetõttu on ka õhurõhk külmas õhus suurem kui soojas.

Hilisemad uurimised ei kinnitanud selle teooria õigsust — tsükloni kohal on õhu temperatuur mõne kraadi võrra madalam kui antitsükloni kohal. Peale selle ei suuda see teooria seletada tuulte tekkimist ja tsüklonite ning antitsüklonite liikumisega seotud küsimusi. Seepärast esitas norra meteoroloog W. Bjerknes 1920-nda aasta paiku uue hüpoteesi tsüklonaalse tegevuse kohta. (Viimase all mõistame tsüklonite ja antitsüklonite tekkimist, arenemist ning liikumist.) Selle järgi tekivad tsüklonid polaarfrondil, kus puutuvad kokku arktiline külm ja subtroopikast pärinev soe õhumass. Frontaalpinnal tekib algul väike lainekujuline häiritus, mis teatud tingimustel suureneb ja kujuneb lõpuks tsükloniks (joon. 13). Bjerknesi poolt kirjeldatud tsükloni arengu skeemile andis nõukogude meteoroloog N. Kotšin teoreetilise põhjenduse, seepärast nimetatakse seda teooriat praegu tsükloni tekkimise Bjerknes-Kotšini teooriaks.

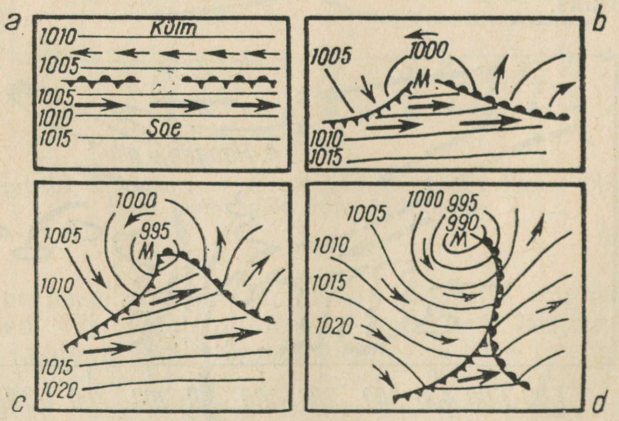


Joon. 12. Kiiresti liikuva külma frondi ristlõige. Punktiirjoon — külma frondi pind; punktiirnool — külma õhu pidev joon — sooja õhu liikumise suund.

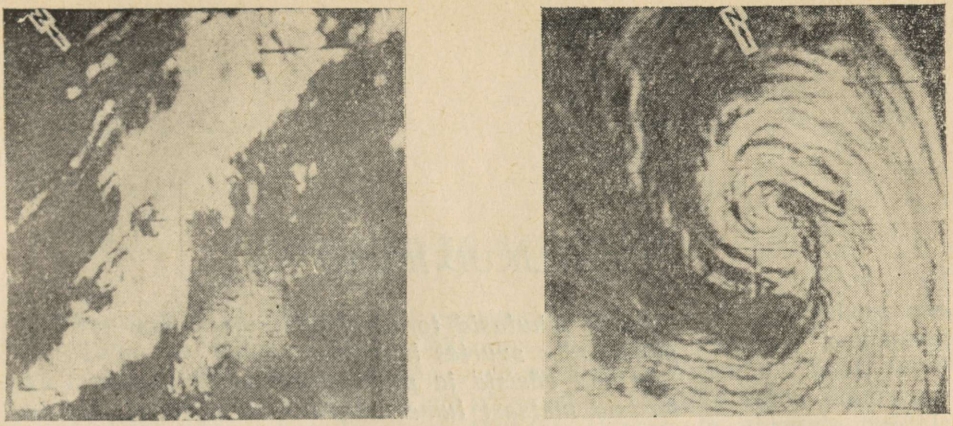
Sellel on mitmeid puudusi, millest tõsisemaks tuleb lugeda asjaolu, et ta ei seo tsükloni tekkimist õhurõhu muutumisega. Mainitud puuduse kõrvaldasid N. Taborovski ja H. Pogosjan 1930. aasta paiku esitatud advektiiv-dünaamilises teoorias, mille järgi tsükloni ja antitsükloni tekkimine on seotud õhurõhu ja temperatuuri muutumisega troposfääri keskosas (5—7 km kõrgusel). Teadlased väitsid, et tsüklon tekib selles troposfääri osas, kus temperatuur tõuseb ja õhk voolab kokku, ning antitsüklon seal, kus temperatuur langeb ja õhk voolab ära. Lühidalt ütlevad meteoroloogid nii: tsüklonite ja antitsüklonite tekkimine on tingitud termobaarilise välja muutumisest troposfääris. Ka see teooria ei ole veel täiuslik, kuid võrreldes teistega siiski samm edasi.

Ilm muutub siis, kui tsüklon läheneb või eemaldub, samuti ühes ja samas tsüklonis muutub ilm aja jooksul. Sama käib ka antitsüklonite kohta. See on tingitud tsüklonite arengust. Nagu elavad organismid sünnivad, kasvavad ja surevad, nii ka tsüklonitel ja antitsüklonitel on oma elulugu. Tavaliselt eristatakse nende arengus kolme faasi: tekkimine, arengu kõrgpunkt ja kõdunemine (joon. 13 ja 14). Ilma tüübi tunnused sõltuvad sellest, millises staadiumis tsüklonid meile saabuvad. Arusaadavalt on tunnused kõige selgemini välja kujunenud maksimaalse arengu staadiumis; tekkestaadiumis need tunnused teravnevad, kõdunemisstaadiumis — nõrgenevad.

Meteoroloogia peamiseks ülesandeks oli, on ja saab ka tulevikus



Joon. 13. Tsükloni arenemise staadiumid: *a*) väheliikuv front, *b*) laine tekkimise staadium, *c*) noor tsüklon, *d*) okludeerunud tsüklon.



Joon. 14. a) Tehiskaaslaselt fotografeeritud noore tsükloni pilvede süsteem; *b*) tehiskaaslaselt fotografeeritud okludeerunud tsükloni pilvede süsteem.

olema ilmade ennustamine. Seda igapäevase elu seisukohalt väga tähtsat ülesannet suudetakse lahendada vaid siis, kui tuntakse neid keerulisi ja omavahel seotud protsesse, mis toimuvad lakkamatult Maa atmosfääris. Mida põhjalikumalt me neid tunneme, seda täpsemaks ja pikemaajaliseks muutuvad ilmaennustused.

H. Mürk

HEITLIKUD ILMAD

Vapralt kihutasid tormiratsud,
püherdades suurtes hangedes.
Siis nad väsisid ja pehmed matsud
kostsid metsast lume langedes.

Aga öö tõi selgust sula-summe,
külm taas püüab kõrva naksata.
Jänes jälgegi ei jäta lumme,
kuigi jookseb nagu jaksab ta.

Kõrge kuuse kõrval vari nagu
vaenlane on maha heidetud.
Igas talvepäevas omajagu
kevadet on ära peidetud.

Mart Raud

PILVED JA SADEMED

Õhus leidub kõikjal ja alati veeauru. Veeaur on vesi gaasilises olekus. Teda on kõige rohkem õhkkonna alumistes kihtides, keskmiselt üks mahuprotsent. Kõrgemal õhu veeaurusisaldus väheneb. Eesti territooriumi kohal tuleb veeauru 3 km kõrgusel mahuühiku kohta ümmarguselt 4 korda vähem kui maapinna lähedal. Vaatamata vähesele hulgale on veeaurul, nagu alljärgnevas näeme, oluline tähtsus ilmastiku kujunemises.

Veeauru hulk õhus on väga muutlik. Madala temperatuuriga maakohtades, eriti Arktikas ja Antarktikas, kuid samuti kõrbetes, sisaldab õhk väga vähe veeauru — ainult mõni kümnendik grammi kuupmeetri kohta; seevastu troopika ürgmetsade õhk sisaldab seda mitukümmend grammi kuupmeetri kohta ehk kuni 4 mahuprotsenti. Õhku varustab gaasilise veega auramine veekogudest, maapinnast, taimedest. On välja arvutatud, et kõikidest ookeanidest ja meredest aurab aastas keskmiselt pool miljonit kuupkilomeetrit, kõikidelt mandritelt aga üle 60 000 kuupkilomeetri vett.

Mida kõrgem on õhu temperatuur, seda rohkem võib ta mahutada veeauru: näiteks —25° pakase korral on õhus ainult 0,7 g, 0° juures juba 5 g ja suvel +25° korral koguni 23 g veeauru ühe kuupmeetri kohta. Tegelik veeaurusisaldus õhus oleneb aga veel sellest, kas õhu varustamine veega kohapealses auramisprotsessis on piisav küllastumiseks või mitte ja kuidas kantakse veeauru õhuvooludega juurde või antud kohast eemale.

Sellega ongi seletatav, miks meredest kaugel olevates kõrberajoonides, kus vett on auramiseks pinnases väga vähe ja kuhu ka tuuled vähe veeauru toovad, on õhuniiskus hoopis väike.

Õhuookeanis nii erineval hulgal esinev veeaur on ühtlasi «kõige rahutum seltskonnaliige», kes sageli «ümber kehastub». Ta võib muutuda piiskadeks või jääkristallideks, moodustada väga mitmesuguse kujuga pilvi, langeda maapinnale vihmahoogudena, lumeräitsakatena, looritada maapinda uduga, põristada raheteradena — ja parajal ajal rännata jällegi õhuavarustesse.

Tingimused selliseks «näitlemiseks» loob Maa atmosfäär, n.-ö. näitelava, kus piisakesel tuleb esineda.

Pilvede tekkimiseks on kaks peamist tingimust. Esiteks peab õhk sisaldama küllaldasel hulgal veeauru, ta peab olema n.-ö. niiskusest tiine. Küllaldane on selline veeauru hulk, mis antud temperatuuril õhku küllastab või on selle lähedal. Teiseks on tarvis väikesi aineosakesi, millele «liigne» veeaur saaks kondenseeruda, s. o. sadestuda veekihina, või piltlikult öeldes, «kleepuda». Neid «abimehi» nimetatakse kondensatsioonituumadeks. On huvitav, et seda ülesannet täidavad peamiselt meresoolade kübemed. Tormid ja ka lainetus paiskavad ookeanidest ning meredest õhku tohutul hulgal piisakesi. Õhus piisakesed auruvad ning jätavad õhku soolakübemeid, mis lagunedes annavad suurel hulgal kondensatsioonituumi. Selliseid kübemeid kannab tuul õhku ka soolarikastelt kõrbepinnastelt. Samuti annavad lisa põlemisprotsessid tehaste ning elamute küttekolletes, kahjutuled metsades, steppides, rabades ja mujal ning ajuti ka vulkaanid.

Kondensatsioonituumade keskmine läbimõõt kõigub miljondiku ja sajatuhandiku sentimeetri vahel. Nende arv ühes kuupsentimeetris maalähedases õhus ulatub mõnest tuhandest kuni mõnesaja tuhandeni. Kui veeauru tiheneb tuumade ümber niivõrd palju, et piiskade läbimõõt ulatub sentimeetri kümnetuhandikeni, ja kui selliseid piisku on rohkesti, siis kujunebki neist kõrgemal pilv, maapinna lähedal aga udu. Udu ning pilved on silmaga näha, õhus olev veeaur aga mitte.

Pilved võivad koosneda piiskadest nii positiivsetel kui ka (teatava piirini) negatiivsetel temperatuuridel. Temperatuuridel —12° kuni —16° C koosnebki enamik pilvi veel piiskadest. Madalamatel temperatuuridel koosneb pilv tavaliselt kas allajahtunud piiskade ja jääkristallide segust või ainult jääkristallidest.

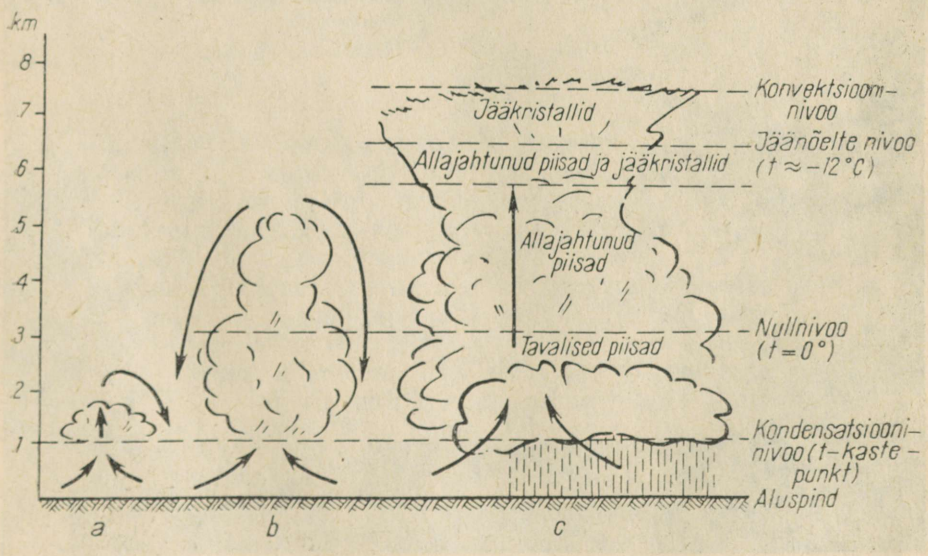
Jääkristallid võivad tekkida sel kombel, et veeaur tiheneb tuuma peal otse jääks, ilma vahepealse veeldumiseta. Sellist nähtust nimetatakse meteoroloogias sublimatsiooniks. Kuid küllalt madalatel negatiivsetel temperatuuridel piisad külmuvad ja veeaur võib neile sublimeeruda. Aeglase sublimatsiooni korral «kasvavad» kuuetahulistest jääkristallidest kas pikergused jäänõelad või lamedad plaadikesed. Kui aga kristallid õhus hõljudes satuvad piirkonda, kus veeauru tihedus on suurem, hakkavad kiiresti kasvama kristallide teravikud. Olenevalt sublimatsioonitingimustest tekivad väga mitmesugused huvitava kujuga lumetähekesed (vt. joonis 9).

Pilvi moodustavad piisad ning jääkristallid on äärmiselt kerged ja seepärast suudavadki nad õhutakistuse tõttu atmosfääris hõljuda. Tuulte mõjul võivad pilved rännata tekkekohast suurtele kaugustele.

Enamikul juhtudel ei teki pilved mitte veeauru juurdetulemise tõttu, vaid peamiselt õhu temperatuuri langemise tagajärjel. Muidugi võivad

mõlemad põhjused esineda ka samaaegselt. Et antud temperatuuril võib õhk sisaldada ainult teatava hulga veeauru, siis on selge, et kui õhu temperatuur mingil põhjusel langeb, saabub lõpuks niisugune temperatuur, mille juures õhus olev veeaur osutub õhku küllastavaks. Seda temperatuuri nimetatakse kastepunktiks. Temperatuuri edasisel langemisel eraldub «liigne» veeaur õhust kondensatsioonituumadele — kondenseerub. Kui näiteks õhu temperatuur on 18° C ja tema veeaurusisaldus 7 g/m³, siis see veeaur ei küllasta õhku. Sellise temperatuuri juures mahuks õhku veelgi veeauru. Kui aga õhk jahtub 6°-ni, siis sel temperatuuril võibki õhk sisaldada veeauru ainult 7 g/m³. Seega algaks kondensatsioon käesoleval juhul 6° C juures.

Aga missugused tegurid põhjustavad siis õhu jahtumist, nii et temas olev veeaur tiheneb pilveks või uduks? Teatavatel tingimustel võib õhk hakata ülespoole liikuma. Näiteks tugevasti soojenenud maapinnalt tõuseb õhk nagu kuumenenud pliidiraualtki. Kuumadel suvepäevadel paneme tähele isegi tõusva õhu virvendust. Tõusev õhk aga paisub, sest kõrgemale minnes ümbritseva õhu rõhk väheneb. Ta kergitab peal olevaid õhuosakesi, teeb seega mehhaanilist tööd, võtab selleks energiat iseenese soojusevarudest ja jahtub. Kui tõusval õhul pole seejuures



Joon. 1. Konvektsioonipilvede arenemine: *a*) ilusa ilma ehk lame rünkpilv; *b*) suur rünkpilv; *c*) rünksajupilv ehk äikesepilv.

üldse soojusvahetust ümbritseva õhuga, siis nimetatakse niisugust õhu tõusmist adiabaatiliseks.

Õhu adiabaatiline jahtumine tõusmisel on pilvede tekkimise peamiseks põhjuseks. Kuid õhk võib jahtuda ka külmema õhuga segunemise või soojuse väljakiirgamise teel. Sel juhul tekib tavaliselt udu, mõnikord ka kihtpilved.

Adiabaatilisel tõusmisel jahtub õhk keskmiselt üks kraad iga 100 m kohta, kuni jõuab kõrgusele, kus algab kondensatsioon. Edasisel tõusmisel tekivad piisakesed. Vabaneb nn. kondensatsioonisoojus, mis on arvuliselt võrdne sama veehulga aurustumiseks kulunud soojusega. Vabanev soojus kompenseerib osaliselt tõusmiseks vajaliku energiakulu, mistõttu õhu temperatuur langeb nüüd ligikaudu ainult 0,5 kuni 0,6 kraadi iga 100 m kohta.

Õhk võib tõusta püstvooludena, liuguda piki mäenõlva üles või tõusta teise õhukihi peal kaldsuunas ülespoole.



Joon. 2. Cumulus humilis. (*M. Sulevi foto.*)



Joon. 3. Cumulus congestus. (A. Adojaani foto.)

Väga huvitav on jälgida nn. konvektsioonipilvede tekkimist ja arenemist. Need pilved kujunevad termilise konvektsiooni tagajärjel, mis tähendab järgmist. Suvisel ajal soojenevad maastiku erinevad osad erinevalt. Taimkatteta põllupind soojeneb tugevasti, metsad ja niidud veidi vähem, veekogud on aga märksa jahedamad. Soojenenud alal surutakse õhku ülespoole. Peagi muutuvad väikesed voolukesed suurteks ja võimsateks püstvooludeks. Samal ajal aga kujuneb kõrval, jahedamal aluspinnal, näiteks järve kohal, laskuv vool. Tõusva õhuvoolu küllaldase niiskuse korral tekib ja areneb pilv. Tuule poolt laskuvasse voolu kantud pilv aga nõrgeneb või hajub, sest laskuv vool, vastupidi tõusvale voolule, soojeneb adiabaatiliselt ja muutub vähem küllastatuks. Joonisel 1 on esitatud konvektsioonipilvede arenemise skeem ja näidatud olulised nivood pilvede arenguprotsessis. Need nivood esinevad üldjoontes ka frontidel (vt. lk. 75) ja üldse tõusvates õhuvooludes kujunevates pilvedes. Kondensatsiooninivool omandab tõusev õhuvool kastepunkti temperatuuri. Algab veeauru tihenemine piiskadeks. See kõrgus on ühtlasi pilvede ligikaudne alumine piir. Konvektsiooninivoo on tase, kuhu



Joon. 4. Cumulonimbus. (K. Laari foto.)

ulatuvad tõusvad õhuvoolud ja see on samal ajal konvektsioonipilve ülemine piir. Selleks nivooks on kõige sagedamini need õhukihid, kus temperatuur langeb, väga vähe, püsib ühel tasemel (isotermiline kiht) või koguni tõuseb (inversioonikiht). Nendes, nn. tõkkekihtides tõusvad õhuvoolud vaibuvad. Mida suurem on kondensatsiooni- ja konvektsiooninivoode kõrgusvahe ja mida suurem on õhuniiskus allpool kondensatsiooninivood, seda kõrgem ning veerikkam (tihedam) pilv tekib. Pilvede uurimised on näidanud, et ühe kuupmeetri suurune pilvetükk sisaldab keskmiselt 200 kuni 500 miljonit piiska ja sellise pilvetüki veesisaldus on 0,3 kuni 4,8, maksimaalselt aga (väga tihe pilv!) 8 grammi.

Suvel enne keskpäeva, kui tõkkekiht asub veel võrdlemisi madalal, tekivad nõrgavõitu, nn. ilusa ilma rünkpilved (*Cumulus humilis*; joon. 2). Hiljem, kui püstvoolud muutuvad intensiivsemaks ning ulatuvad kõrgemale, muutub pilv järjest suuremaks ning üha rohkem kühmuliseks —



Joon. 5. Altocumulus. (K. Laari foto.)

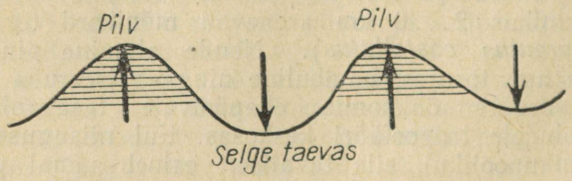
kujuneb nn. suur rünkpilv (*Cumulus congestus*; joon. 3). Kui pilve ülaosa läbib nullnivoo (temperatuur 0°), tekivad viimasest ülalpool allajahtunud piisakesed. Jäänõelte nivoo läbinud pilve ülaosa kujuneb valgeks. See osa pilvest koosneb jääkristallidest ning lumetähekestest ja on tihti alasikujuline. Sellist pilve nimetatakse juba rünksajupilveks ehk äikesepilveks (*Cumulonimbus*; joon. 4).

Mõnikord võivad püstvoolud tekkida hoopis kõrgemal. Näiteks kõrguste vahemikus 2...6 km arenevad mõnikord tornjad kõrgrünkpilved (*Altocumulus castellatus*). Nende alumine pind on peaaegu tasane, ülaosa aga tornjas, hambuline ning «pulseerub» silmanähtavalt. Selline pilt osutab õhkkonna ebapüsivale tasakaalule ja võimsatele püstvooludele troposfääri keskosas. Kui niisuguseid pilvi täheldatakse hommikupoolikul, siis tavaliselt esineb samal päeval vaatluskohas või ümbruskonnas äikest ja hoogvihma.



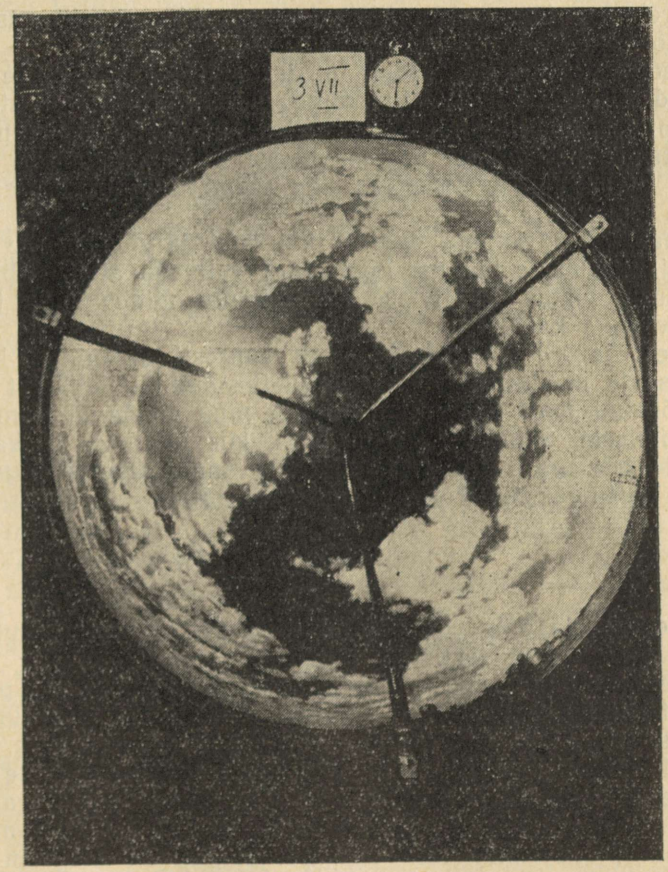
Joon. 6. Stratocumulus vesperalis. (*A. Kiisla foto.*)

Huvitavad pilved tekivad siis, kui järsult erineva temperatuuri ning liikumiskiirusega õhukihtide eralduspinnal areneb õhulaine. Laine harja kohal õhuosakesed tõusevad ning jahtuvad, laine põhja kohal aga laskuvad ning soojenevad. Piisava õhuniiskuse korral võivad laine harjade kohal areneda pilved, põhja kohal aga olemasolev pilv nõrgeneb või kaob ning sageli on seal näha sinist taevast. Nii tekivadki lainjad (*undulatus*-) pilved (joon. 7).



Joon. 7. Lainjate pilvede tekkimine.

Ka õhu turbulentne segunemine võib tekitada pilvi. Sel korral kanduvad üksikud väikesed õhupöörised ülespoole, jahtuvad ning põhjustavad kondensatsiooni. Nii tekivad võrdlemisi sageli kihtpilved (*Stratus*) ja kihtrünkpilved (*Stratocumulus*), samuti hatakpilved (*Fractonimbus*), s. o. kihtpilve rebenenud tükid, mida näeme eriti pärast laussadu või saju vaheajal, mil nad «sõuavad» üle taevalaotuse.



Joon. 8. Tõravere observatooriumis tehtud pilvkatte foto, mis haarab kogu taevalaotuse ja on saadud spetsiaalse kumerpeegli abil.

Kihtpilved võivad tekkida ka siis, kui niiske ja tolmurikas õhk kiirgab tugevasti soojust ning jahtub selle tagajärjel.

Omapärased pilvesüsteemid kujunevad frontidel (vt. lk. 73), kus soe õhk liugub tema all oleva või tema alla tungiva külma õhu kiilu peal ülespoole.

Pilv on pidevalt muutuv nähtus: ühelt poolt kondenseerub pilveosakestele veeauru ja tekib uusi piisakesi või jääkristalle, teiselt poolt aga toimub ka osakestelt vee aurumine. Vastavalt atmosfääri füüsikalistele tingimustele võib ühest pilveliigist kujuneda teine. Näiteks võivad rünkpilvedest tekkida õhtused kihtrünkpilved (*Stratocumulus vesperalis*), millel on rebenenud ilme ja millele loojuv päike annab mustjaspunase varjundi (joon. 6).

Et pilvede väliskuju peegeldab füüsikalisi protsesse, mille tagajärjel nad tekivad, siis on pilvede tundmine suure praktilise tähtsusega nii atmosfääriprotsesside jälgimisel kui ka ilma ennustamisel lühemaks ajaks.

Oleme tähele pannud, et mõnest pilvest sajab vihma või lund, teistest mitte. Ilma sademeteta oleks aga võimatu taimede kasv, samuti inimeste ja loomade elu.

Pilvi saab hästi tundma õppida, kui neid jälgida nende tekkimise, arenemise ja hajumise käigus. Peale liigi (pilvede atlase abil) määratakse vaatluste puhul ka pilvisus (mitu kümnendikku kogu taevalaotusest on pilvedega kaetud).

Pilvisusest ja pilve liikidest sõltub suuresti aluspinna kiirgus- ja soojusbilanss ja nendest omakorda kogu ilmastik. Sellepärast on viimasel ajal pööratud suurt tähelepanu pilvede ning nende süsteemide detailsemale uurimisele. Sellelaadilisi uurimisi, kus pilvisuse hulka püütakse siduda päikesekiirguse juurdevooluga ja maapinna kiirgusbilansiga, tehakse ka Tartu lähedal Tõravere observatooriumis.

*

Lootes, et lugeja pole veel väsinud ja eelmine jutt ei tundu «udujutuna», räägime pisut tõelistest ududest.

Udu ei erine põhimõtteliselt pilvest, ta kujuneb ainult aluspinna lähedal. Tema tekkimiseks peab kas alumise õhukihi temperatuur langema alla kastepunkti, nii et seal algaks veeauru kondensatsioon, või tuleb veeauru õhku tublisti juurde. Kui jahtumine toimub soojuse väljakiirgamise tagajärjel maapinnalt, siis tekivad kiirgusudud ehk radiatsioonilised udud. Need kujunevad vaiksetel selgetel öödel madalamates niisketes kohtades. Jahtumist võib aga põhjustada ka soojema õhuvoolu liikumine külmema aluspinna kohale, näiteks sooja õhu liikumine talvel merelt külmemale mandrile. Sel korral tekib nn. advektiivne udu. Sageli esinevad mõlemad tingimused koos, põhjustades segatüüpi (radiat-

sioonilis-advektiivse) udu tekkimist. Vaikse ilmaga võib veekogudel tekkida nn. auramisudu. Siin põhjustab udu kujunemist vee auramine soojemalt veepinnalt külmemasse õhku ning kondenseerumine. Need udud esinevad enamasti hilissügisel, samuti talvel (kui veekogul on jäävabu kohti), sest neil aastaaegadel on veekogud üldiselt soojemad kui õhk.

Auramisudud on sagedased «külalised» ka tartlaste juures. Eriti tihe udu oli Emajõe orus paiknevas Tartu kesklinnas 19. novembril 1958. a., kui nähtavus langes 4...6 meetrini. See halvas täielikult autoliikluse.

Ehkki udu tekitab meis niiskusetunnet, on tema veesisaldus võrdlemisi väike. Ta koosneb tavaliselt piisakestest, mille läbimõõt on 0,005... 0,05 mm. Negatiivsetel temperatuuridel on udus enamasti allajahtunud piisad, seetõttu on udu ka talvel tavaliselt väga rõske. Ainult tugevamate külmade korral (mitukümmend kraadi alla nulli) koosneb udu jääkristallidest ning tundub kuivana.

Kuigi ühes kuupmeetris udus võib olla 1 kuni 600 miljonit piisakest, on tema veesisaldus üldiselt palju väiksem kui pilvedel — hõredas udus on ainult mõni sajandik, väga tihedas udus maksimaalselt üks gramm vett ühe kuupmeetri kohta.

Udud nagu pilvedki pidurdavad maapinna jahtumist. Udused ilmad ei lase aga viljadel õigeaegselt valmida ja soodustavad ka roostehaiguste levikut.

*

Oleme tähele pannud, et pilvest sajab kas vihma, uduvihma, rahet või lund. Rõhuva enamiku allasadanud vee hulgast annavad kihtsajupilved (*Nimbostratus*) ja rünksajupilved ehk äikesepilved (*Cumulonimbus*). Veeaur võib tiheneda ka maapinnale enesele, seal olevatele esemetele, rohule, puudele ja mujale, moodustades siis kas kaste, halla, härma või jäite. Mõnikord nimetatakse neidki sademeteks, kuigi nad taevast alla ei saja. Lähemalt jutustame neist pisut hiljem.

Selleks et pilveosakesed jõuaksid sademete näol maapinnale, tuleb neil tavaliselt enne «kasvada», suureneda niivõrd, et nende raskus ületaks õhutakistuse.

Pilveosakesed suurenevad mitmesugusel viisil. Jääkristallid, väiksemad piisad ning lumetähekesed kasvavad enamasti veeauru tihenemise tõttu nende pinnale, suuremad elemendid aga peamiselt omavahelise ühinemise tagajärjel. Pilves on kas mitmesuguse suurusega piisakesi või lumetähekesi või ka mõlemaid. Suuremad osakesed langevad suurema kiirusega ja seetõttu põrkavad kokku aeglasemalt liikuvatega. Seejuures piisakesed ühinevad, voolavad kokku, moodustades juba suuremaid

piisku. Vihmapiisad on pilvepiiskadest tunduvalt suuremad. Nende läbimõõt ulatub keskmiselt 0,5 kuni 5 millimeetrini.

Lumetähekesed haakuvad langemisel üksteise külge ja nii tekivad lumehelbed. Helves võib koosneda isegi mitmesajast lumetähekesest.

On huvitav, et vihmapiisad võivad tekkida ka lumehelvestest, kui viimased langevad läbi soojade õhukihtide ning jõuavad seal enne maapinnale langemist sulada.

Maapinnale jõuab vihm ning lumi üsna mitmel kujul. Kõige nõrgem vihm on nn. uduvihm. Uduvihma piisad on varustamata silmale peaaegu nähtamatud, sest nende läbimõõt on ainult 0,05 kuni 0,5 mm. Olles väga kerged, hõljuvad nad kaasa ka kõige nõrgemate õhuvooludega. Sellist vihma sajab enamasti kiht- või kihtrünkpilvedest (*Stratus*, *Stratocumulus*). Kui vihma- ja lumesadu kestab pikemat aega ja kui ta on seejuures mõõdukas või nõrk, siis nimetatakse seda lausvihmaks või lauslumeks. Selliseid sademeid langeb enamasti täispilvisuse korral kihtsajupilvedest (*Nimbostratus*) või kõrgkihtpilvedest (*Altostratus*) suuremale maa-alale. Piiskade läbimõõt ulatub sel korral 0,5 kuni 1 mm ja isegi üle selle. Kui aga vihm või lumesadu kestab lühikest aega ja on tugev, siis nimetatakse seda vastavalt hoogvihmaks või hooglumeks. Niisuguseid sademeid langeb rünksaju- ehk äikesepilvest (*Cumulonimbus*) võrdlemisi piiratud maa-alale. Piisad on sel korral tunduvalt suuremad — läbimõõduga 1 kuni 7 mm.

Suuremad hoogvihma piisad langevad kiiremini. Näiteks 3-millimeetrise läbimõõduga piisa langemiskiirus on 7 m/s. Seetõttu on suurtel piiskadel ka suur hoog ning järelikult suur purustamisvõime. Sellega on seletatav, miks tugevad hoogvihmad uhavad sügavalt pinnast ja tekitavad muid purustusi ning suurt kahju viljapõldudele ja aedadele.

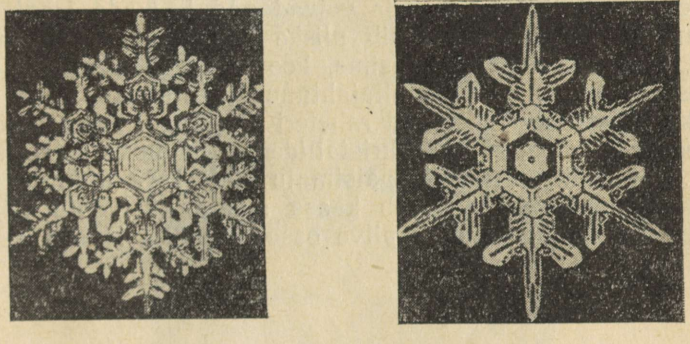
Kestvamad ning ühtlasi intensiivsemad hoogvihmad kannavad paduvihmade nime. Need tekitavad suuri purustusi ning üleujutusi. Eriti tugevad paduvihmad esinevad troopikamail. Eestis sadanud paduvihmad on nende kõrval «päris poisikesed». Tartus 14/15. augusti ööl 1966. a. kella 23 ja 3 vahel langenud paduvihm suutis siiski Toomemäel ära lõhkuda kõnniteed ja trepid, ummistas kanalisatsiooni ning tegi muudki kahju.

Nõrgemad lumesajud koosnevad enamasti mitmesuguse kujuga ning tihti väga huvitavatest lumetähekestest, mõnikord ka väikestest jäänõelakestest. Lumetähekeste läbimõõt ulatub kuni sentimeetrini. Tugevamates lumesadudes võib aga lumehelveste või nende kogumite, lumeräitsakate diameeter olla isegi üle 10 cm (joon. 9).

Huvitav on siinjuures meenutada lumekristallide fotografeerimise ajalugu. Ameerikas Vermonti linnas elanud W. A. Bentley õppis sajandi algaastail lumekristalle mikroskoobi all pildistama. Tema lumekristallide fotokogus leidus üle 5000 erineva võtte. Seda kogu kasutasid juveliirid ja tarbekunstnikud, et ammutada ideid mustrite kujundamiseks. 1931. a.

andsid W. A. Bentley ja W. J. Humphreys välja lumekristallide atlase, mis sisaldas üle 2500 võtte.

Lumekristalle on väga raske fotografeerida, sest isegi külmas ruumis mikroskoobi esemeklaasil olev kristall sulab või kaotab teravad piirjooned. Seni ei ole täpselt teada ameeriklase fotografeerimismeetod. Samal ajal või isegi varem leiutas venelane Sigson teise fotografeerimis-



Joon. 9. W. A. Bentley lumekristallide fotod.

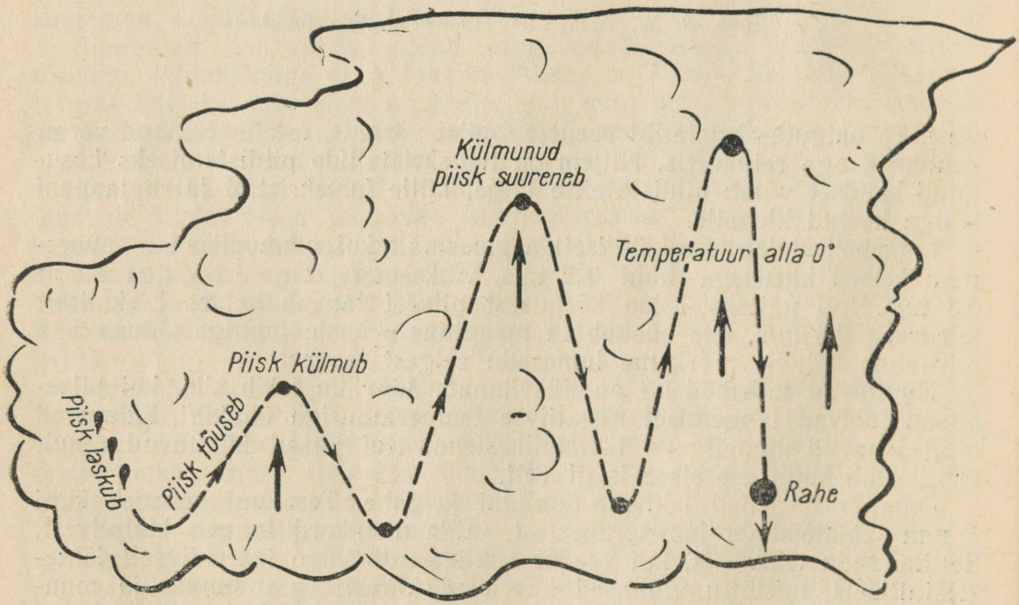
viisi. Ta paigutas kristallid peenest siidist võrgule, fotole tekkinud võrgu kontuurid aga retušeeris. Hiljem on lumekristallide pildistamiseks kasutatud kaudset võtet: pildistatakse jälge, mille lumekristall jätab jaapani lakiga kaetud klaasile.

Lumehelbed langevad üldiselt aeglasemalt kui vihmapiisad — suuremad helbed kiirusega kuni 1,2 m/s, väiksematel on kiirus aga ainult 0,3 m/s. Kui näiteks 1 km kõrgusest pilvest langeb helves keskmiselt kiirusega 0,6 m/s, siis saabub ta maapinnale poole tunniga. Jõuab aga pilv enne hajuda, märkame lumesadu selgest taevast.

Huvitavad sademed on nn. jäävihmad. Jäävihm tekib siis, kui pilvepiisad läbivad langemisel negatiivse temperatuuriga õhukihi, külmuvad ning jõuavad maapinnale jääkuulikestena. Kui piisad külmuvad ainult vähe, jääb kuulikese sisse isegi vett.

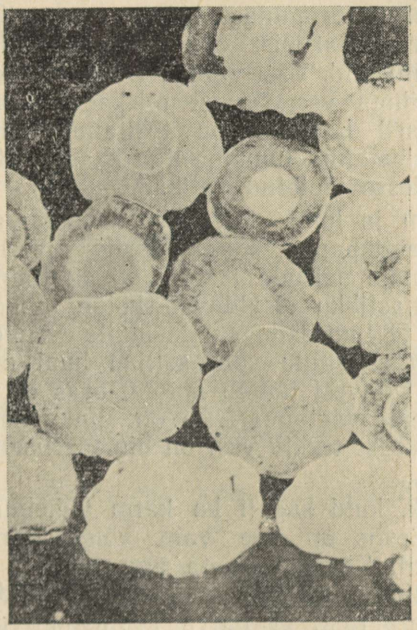
Omapärasel viisil tekivad teralumi ja rahe. Teralumi koosneb kuni 1 mm läbimõõduga lumeterakestest, mida mõnikord langeb kihtpilvest. Selline sadu tekib siis, kui veeaur sublimeerub väga intensiivselt lähtekristallidele, mistõttu viimased kasvavad kiiresti igas suunas ja muutuvad ümarkristallideks — teralumeks. Teralumi esineb tavaliselt kevadel ning sügisel, kui õhu temperatuur maapinna lähedal on 0° ümber.

Jäistele pilveosakestele võib langemisel sattuda ka allajahtunud piisku — ühele kristallile isegi kuni mitusada tuhat piisakest. Väiksemad piisad külmuvad seejuures peaaegu kuju muutmata, mistõttu kristall muutub pealt krobeliseks. Suuremad piisad aga valguvad enamasti kristalli pinnal laiali ning kristallile tekib tihedam ja siledam jääkiht. Nii võivad saada alguse raheterad. Mõnikord võib rahetera hakata arenema ka sel moel, et õhu püstvool tõstab piisakesi kõrgemale, kus need külmuvad jääteradeks. Kui sellised terad tekivad intensiivselt arenevas äikesepilves (*Cumulonimbus*), siis võivad nad kasvada isegi väga suureks (joon. 10). Äikesepilv tekib niiske õhu intensiivsete püstvoolude tagajärjel. Nagu eespool selgitasime, koosneb sellise pilve ülaosa jääkristallidest, keskosas on juba allajahtunud ja alumises osas võrdlemisi suuri piisku. Püstvoolud tõstavad raheteri ülespoole. Pilve ülaosas sublimeerub veeaur teradele väikeste kristallidena, kusjuures kristallide vahele jääb õhku. Nii tekib matjas läbipaistmatu kiht. Tera muutub raskemaks ja langeb allapoole. Sellele võib kaasa aidata püstvoolu nõrgenemine või terakese sattumine sellesse pilve ossa, kus õhk tõuseb aeglasemalt.



Joon. 10. Skeem rahe tekkimisest äikesepilves.

Allpool kohtab meie «rahutu rändur» allajahtunud piisku. Viimaste põrkamisel vastu rahetera valgub vesi teral laiali ning külmub, kattes rahetera üleni läbipaistva jääkihiga. Nii võib rahetera «pendeldada» mitu korda üles-alla — tekib vaheldumisi mitu läbipaistmatut lume- ja läbipaistvat jääkihti. Kui püstvoolud ei suuda lõpuks suuremaid raheteri enam üleval hoida, langevad need rahesajuna maapinnale.



Joon. 11. Raheterad.

Raheterad võivad olla, sõltuvalt püstvoolude intensiivsusest ja pilve veesisaldusest, hernetera- kuni rusikasuurused. Üksikjuhtudel on rahesaju korral tekkinud maapinnale isegi 20 kuni 30 cm paksune rahekiht. Eestis on esinenud umbes kuni tuvimunasuurusi raheteri. Kõige rohkem sajab rahet mägirajoonides, Nõukogude Liidus — Kaukaasias. Tugevat rahesadu on esinenud isegi ekvatoriaalaladel (näiteks 1967. a. 20. augustil Keenias). Tugevamad rahesajud purustavad või vigastavad põllu- ja aiakultuure, mõnikord kahjustavad isegi loomi, hooneid ja inimesi. Taimedele on rahe eriti ohtlik õitsemise ajal, samuti viljade valmimisel.

Tugevad püstvoolud võivad mõnikord, eriti keeristormide ajal, kanda äikesepilvesse mitmesuguseid kehi ja aineid, nagu liiva, lössitolmu, isegi kivikesi, baktereid ja koguni putukaid, kalu jne. Niisugust jõudu võib «demonstreerida» ka laustorm, mis kannab lisandeid isegi tuhandete kilomeetrite kaugusele, kus need maha langevad. Nii tekivad huvitavate värvustega ebatavalised sademed. Näiteks 1964. a. aprillis sadas Turkmeenias, Ašhabadis, pruunikaspunast vihma, mis oli tingitud liivatormist Põhja-Aafrikas. Päris punast ehk nn. verevihma on sadanud VI sajandil kolmel korral Pariisis. «Süüdlasteks» olid Lõuna-Ameerikast pärinevad mikroorganismid. Veel varem, I sajandi 14. aastal, põhjustasid Roomas sadanud vihma verevärvust piiskades lahustunud kroomi- ja rauaühendid. Väikesed bakterid on tekitanud ka rohelisi sademeid. Kollast lund on põhjustanud lumetormiga kaasakantud liiv, punast lund õhuvooludega pilvedesse tõstetud vetikad.

Ka tavaline vihm ja lumi sisaldavad lahustunud kujul mitmesuguseid aineid (lämmastikhappe sooli, kloriide jne.). Koos sademetega võib aastas maapinnale sattuda isegi kuni 12 tonni lahustunud aineid 1 km² kohta. Lämmastikku sisaldavad kõige rohkem tahked sademed. Ega's muidu öelda, et lumesadu sulale mullale on enam väärt kui kord sõnnikut. Näiteks orasepõllule võib selline lumi olla kasulik siis, kui ta kohe sulab ning sulavesi imbub mulda, oras ei vetti ega kattu hautava lumekihiga. Peale väetamisefekti on siin vahest olulisem veel see, et lume (jää) sulamisest tekkiv vesi on bioloogiliselt aktiivsem kui tavaline vesi.

Ilus ning kasulik, kuid sageli ka karm vaheldus meie looduses on talvine lumevaip. Eestis on see vaip kõige varem jäänud püsima 1941. a. 14. oktoobril. Kevadel on ta aga suutnud vastu pidada kõige kauem 15. maini (1927. ja 1935. aastal). Soojendavaks vaibaks võib pidada lumikatet seepärast, et halva soojusjuhtivuse tõttu kaitseb ta maapinda ja talveunes olevaid taimi liigse jahtumise eest. Ta juhib soojust kuni kümme korda halvemini kui muld. Sellise omaduse annab lumele tema osakeste vahele jääv õhk kui halva soojusjuhtivusega aine. Illustratsiooniks toome andmed 1940. a. karmi talve kohta Tartust (H. Liidemaa vaatlused):

Kuupäev	Lumikatte paksus, cm	Temperatuur lumepinnal, °C	Temperatuur lume all maapinnal, °C	Temperatuuride vahe, kraadides
1. II 1940	32	—29,4	—3,6	25,8
10. II 1940	32	—34,4	—7,2	27,2

Tabelist on näha, et lumikate tõstis maapinna temperatuuri, võrreldes lumepinna omaga, rohkem kui 25 kraadi võrra.

Lumi on valge ja võiks arvata, et ta peaks vähe soojust välja kiirgama. Kuid on üllatav, et tema kiirgamisvõime on peaaegu niisama suur kui absoluutselt mustal kehal. Seda tingib lumetähekeste kristalliline ehitus. Lumi «ei salli» ka temale langevat päikesekiirgust, peegeldades sellest tagasi kuni 95%. Kõige tugevamini peegeldab äsja sadanud puhas lumi, sellepärast ongi puhas lumikate päikesepaistelise ilmaga pimestavalt hele ja sunnib meid haarama päikeseprillide järele.

Halva soojusjuhtivuse, suure kiirgamis- ning peegeldamisvõime tõttu jahutab lumi tugevasti tema kohal olevat õhku. Kuid lumikatte heaks küljeks on see, et kevadel sulades annab ta mullale taimekasvuks vajalikku niiskust. See on eriti oluline põuastes maakohtades.

Lumi ei sula kevadel mitte vihma tagajärjel, nagu tavaliselt arvatakse. Vihm annab vaid väga vähe soojust. Peamisteks sulatajateks on soojad tuuled, osalt ka päikesekiirgus.

Vaikse ilmaga sadav lumi ladestub maapinnale ühtlase kihina. Kuid selliseks jääb ta harva. Peategelased, kes kujundavad ja moonutavad lumikatet, on tuulesellid. Need võivad edasi kanda nii sadavat lund kui ka lund maapinnalt. Nad võivad lohistada seda kas ainult piki lumepinda või tõsta ka kõrgemale. Isegi tasasel maastikul kannab tuisk lund ühest kohast teise ning lume kuhjumisel tekivad hanged. Eriti suuri hangi tekitavad tugevad tuisud orgudesse, nõlvadele, metsatukkade, hoonete jne. juurde.

Ühtlase lumikatte paksus Eestis on ulatunud 90 cm-ni.

*

Nii vedelate kui ka tahkete sademete hulka hinnatakse selle veekihi paksusega millimeetrites, mis tekiks rõhtsale pinnale eeldusel, et vesi sinna püsima jääb. Mõõtmiseks kasutatakse spetsiaalseid sademete anumaid ja automaatregistreerijaid. Mõnikord võib lühikese ajaga langeda väga palju sademeid (paduvihm), teinekord aga kestvama saju korral üsna vähe (näiteks uduvihm). Saju tugevust ehk intensiivsust hinnatakse sademete hulga järgi ajaühiku, näiteks minuti või tunni kohta.

Suurim sademete aastasumma on mõõdetud Indias Himaalaja mäestiku lõunanõlval Cherrapunjis — ligikaudu 23 000 mm (1861. a.), kusjuures keskmine aastasumma on seal 11 000 mm ümber. Selliseid rohkeid sademeid tingivad suvel India ookeanilt puhuvad soojad niisked mussoonid, mis on sunnitud piki Himaalaja nõlvu üles tõusma, jahtuvad seejuures ning küllastuvad veeauruga. Veeauru kondensatsioonil tekivad võimsad pilved, mis annavadki ohtralt vihma. Havai saartel on saadud maksimaalseks aastasummaks 15 840 mm, keskmiseks aastasummaks aga 12 500 mm. Kord on seal täheldatud paduvihma intensiivsust

21,5 mm/min. Filipiinidel langes 1911. a. 14.—15. juulil 1 168 mm vihma ööpäeva kohta. Kõige intensiivsem sadu — 30,8 mm/min. — esines aga USA-s 4. juulil 1956. a.

Kõige kuivemad maakohad on Sahara, Peruu ning Tšiili kõrbed. Sahara keskmine sademete hulk aastas on ainult 10 mm. Tšiili põhjaosas, Atacama kõrbes on esinenud perioode, mil vihma pole üldse olnud aastate ja koguni aastakümnete jooksul.

Ühest ulatuslikust tsüklonist võib mõnikord langeda 40—50 miljardit kuupmeetrit sademeid. See veehulk on ligikaudu 1,5—2,0 korda suurem Peipsi järve veetagavarast.

Keskmiselt langeb aga kogu maakerale iga päev niipalju sademeid, et need täidaksid veekogu, mille pindala on niisama suur kui Eesti NSV territoorium, sügavus aga umbes 30 m.

Eestis on aasta keskmine sademetehulk 500 kuni 750 mm. Kõige vähem langeb meil sademeid talvel ja kevadel. Vihmade keskmine intensiivsus on ulatunud 0,17, maksimaalne intensiivsus (arvestatud 10 minuti kohta) 1,48 millimeetrini minutis (1926.—1934. a. andmete põhjal). Ühe tugevama vihma ajal, 1954. a. 15. augustil Pirita-Kosel, langes 83 mm sademeid, seejuures saju lõpul, 1,5 tunni jooksul, 51 mm. Seega isegi saju tugevamas osas oli intensiivsus ainult 0,57 mm/min. ja järelikult üle viiekümne korra väiksem kui eespool tähendatud rekord USA-s.

Et vältida üleujutusi või purustusi, arvestatakse sademete intensiivsust kanalisatsioonitorustiku, sillaavade, tammide, kaldakindlustuste jne. projekteerimisel.

*

Peatume veel põgusalt maapinnal kujunevatel sademetel — kastel, hallal, härmal ning jäitel. Need annavad küll vähe vett, kuid nende tekkimine ning välimus on üsna omapärased, praktiline tähtsus aga küllalt suur.

Kui õhtu või öö on selge (paistab Ehatäht), siis maapinna jahtumine on tugev, sest pole pilvkatet, mille vastukiirgus aitaks tasa teha aluspinna kiirgamist. Aluspinna jahtumine jahutab ka tema kohal olevat õhku niivõrd, et «liigne» veeaur kondenseerub piisakestena — kastena rohukõrtele ja lehtedele, maapinnal olevatele esemetele jne. Kaste kujunemine on teataval määral isepidurduv protsess, sest selle tekkimisel vabanev kondensatsioonisoojus takistab temperatuuri edasist langemist. Kaste «joodab» öösel taimi, kui need päeval on liigselt vett aurustanud.

Hall tekib samuti siis, kui aluspinna temperatuur langeb alla kastepunkti, kuid viimane peab olema seejuures negatiivne. Veeaur kondenseerub kristallidena maapinnale, taimedele jne.

Hall on öökülma väline tunnus ja seepärast saab tema järgi kindlaks teha öökülma-ohtlikke kohti. Hallaööd on suureks ohuks külmaõrnadele kultuuridele.

Härmaehtes puud ning põõsad loovad meeldiva vaatepildi. Lähemal vaatlemisel selgub, et härmanarmad koosnevad nõeljatest jääkristallidest. Härm võib tekkida igal ajal ööpäeva jooksul, kui ilm on külm ning udune või kui tugeva külma korral on õhus jääkristalle. Esimesel juhul külmuvad allajahtunud udupiisakesed udus olevatele puudele, traatidele jne. — tekib teraline härm. Teisel juhul sublimeerub õhus olev veeaur nimetatud pindadele ja esemetele, tekib nn. kristalliline härm. Viimase tunneme veel ära selle poolest, et ta kasvab enamasti esemete tuulepoolsele küljele ja seda isegi väga nõrga tuule puhul, sest tuul kannab juurde niiskust. Härm kaitseb viljapuid tugeva pakase eest. Kuid väga paks härmakiht võib oma raskusega murda puuoksi, mis tugeva külma korral on haprad. A. Tolski vaatluste järgi kogunes näiteks 7,6 m kõrguse männi peale talve jooksul 106 kg härma. Traatidele on kogunenud mõnikord kuni 60-sentimeetrise läbimõõduga härmakiht. Sellised härmad lõhuvad side- ja elektriliine. Kuid härm on võrreldes teiste sademetega «kõige rammusam», sisaldades keskmiselt 7,5 mg lämmastikku 1 liitri sulamisvee kohta (vihmavesi ainult 1,5 mg). Seega annab härm aiale ning metsale lisasademeid, ühtlasi ka pisut väetist.

Jäide on läbipaistev või läbipaistmatu jäine kiht, mis tekib tavaliselt talve algul ning lõpul ebapüsivate ilmade puhul, kui pärast külma ilm soojemaks muutub. Õhutemperatuur on siis 0 kuni —5°. Jäidet põhjustavad allajahtunud vihma-, uduvihma- ja mõnikord ka udupiisad, mis langevad tugevasti jahtunud pindadele (puud, põõsad, traadid, maapind) ning külmuvad seal. Maapinnal tekkivat jäidet nimetatakse ka kiilasjääks.

Mõõdukas jäitekiht võib olla viljapuudele isegi kasulik. Ta kaitseb neid järgnevate tugevate külmade puhul. Tüsedam jäide aga murrab oksi ja isegi nõrgemaid tüvesid.

Jäitekihi raskust peab tõsiselt arvestama side- ning elektriliinide projekteerimisel, samuti lennuasjanduses.

H. Aruksaar

ÄIKE

Pilvepalakad
pikse-õhus pingul,
kauged jalakad
kuulatamas kingul.

Tormilähedus.
Õhu soiguv tümin.
Tuulte kähedus
nagu tumma ümin.

Loodus, peleta
kord see umbne mõna,
mulle seleta
oma salasõna!

Tume prahvatus.
Raske hingetõmme.
Lilla kahvatus
üle laia nõmme.

Hirmunud pajude
ladvad lähestikku
loevad rajude
tule tähestikku.

Betti Alver

ÄIKE JA ÄIKESEKAHJUSTUSED

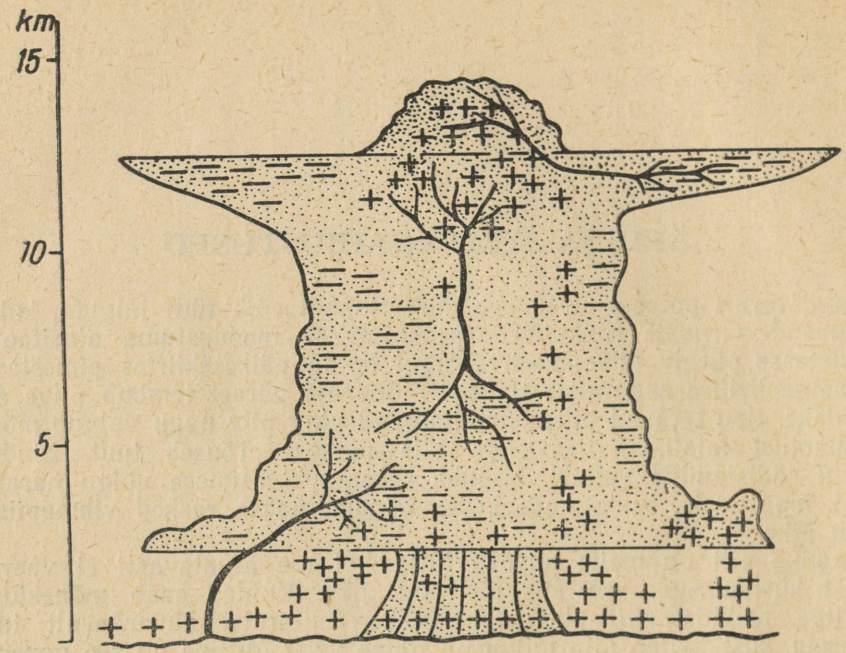
Ängistavalt palava suvepäeva pärastlõunal võib tihti jälgida, kuidas vatitupsude-sarnaste rünkpilvede seas hakkab moodustuma alasitaoline kõrgustesse pürgiv pilvemassiiv. Algul on ta päikesekiirtes pimestavalt ere, selgepiirilise sagaralise tipuga. Mõne aja pärast tõmbub pilve alus tumedaks, tipu teravad piirjooned hajuvad ning pilv nagu valgub mööda taevalaotust laiali, mattes enda alla päikese. Tõuseb tuul. Lindude muretu sädistamine vaikib. Ja juba raksatabki esimese välgu haraline siksak maa poole, tuues koos kõuemürinaga kaasa rasked vihmapiisad. Algab äike.

Taoline pilt on meile niivõrd tuttav, et me arvatavasti ei vaevagi ennast küsimusega, mis siis õieti on äike. Kuidas saab mõnekümne minutiga tekkida näiliselt sulgkergest vahutordist ähvardavalt tume taevasein, kust kallab alla miljoneid tonne vett? Milline on see generaator, mis suudab toita üksteise järel sähvivaid välke? Püüame alljärgnevalt nendesse küsimustesse veidi selgust tuua.

*

Äikese uurimisega on tegeldud juba üle kahe sajandi. Selle aja jooksul on paljud probleemid jõutud selgeks rääkida, küllalt on jäänud aga neid, kus teaduslikest oletustest — hüpoteesidest — kaugemale pole jõutud. Asi on selles, et iga hüpotees vajab igakülgset ja ranget tõestamist eksperimendiga, kuid aktiivse eksperimendi korraldamine atmosfääris käib meil tänapäeval veel üle jõu. Liialt suured on mastaabid ning oleks vaja kulutada liiga palju energiat. Isegi passiivne eksperiment on mõnikord kas äärmiselt raske (näiteks äikesepilve sisestruktuuri uurimine) või praktiliselt võimatu (temperatuuri otsene mõõtmine välgukanalis). Protsesside modelleerimine laboratooriumitingimustes ei pruugi alati anda tõeseid tulemusi, sest me ei oska arvestada kõiki atmosfääris valitsevaid seoseid.

Ilma eriliste eelteadmistetagi on arusaadav, et äikese esinemine eeldab



Joon. 1. Laengute jaotus äikesepilves.

vähemalt järgmiste nõuete täitmist: 1) suhteliselt lühikese aja jooksul peab suur kogus sooja ning niisket õhku tõusma atmosfääri kõrgematesse kihtidesse, et tekiks võimas ja sademeterohke pilv, 2) tekkinud pilves peab olema piisaval hulgal laetud osakesi, 3) samanimelised laengud peavad olema ruumiliselt «sorteeritud» (joon. 1).

Õhu vertikaalset liikumist üles soodustab maapinna ebaühtlane soojenemine. Teatavasti kahaneb õhurõhk kõrgusega, mistõttu soe õhk tõusmisel pidevalt paisub, tema temperatuur langeb, kuni teatud piirist alates algab kondensatsioon. Tekivad väikesed veepiisakesed ja edasi jääkristallikesed, sest suurem osa äikesepilvest asub ülalpool 0°-isotermi. Tõusvate voolude kiirus kasvab kõrgusega, moodustades pilve alumises osas 25, keskmises osas 70 ning üsna tipus 100—150 kilomeetrit tunnis. Taoline «toru» imeb endasse õhku laialdaselt maa-alalt raadiusega kuni 30 km. Seepärast näibki meile, et äikesepilv liigub vastutuult.

Kuidas toimub laengute genereerimine ja eraldumine? Selles küsimu-

ses ühtset seisukohta pole, küll võib esitada arvutu hulga kõikvõimalikke hüpoteese.

Õhus leidub alati laetud osakesi, ent nende kogus ja hajutatus ei võimalda esile kutsuda elektrilahendust. See aga tähendab, et äikese ajal peab laetud osakeste arv tohutult suurenema ning et taoline protsess peab kestma kogu äikese esinemise aja, sest iga lahendusega neutraliseeritakse teatud kogus laenguid.

Laengute tekkimisel on väga tähtis osa tõusvatel õhuvooludel. Need purustavad veepiisku ja jääkristalle, mille tulemusena osakesed omandavad elektrilaengu. Sellist nähtust tuntakse Lenardi efekti nime all. Suuremad osakesed saavad eelistatult negatiivse, väiksemad positiivse laengu. Osakesed laaduvad ka hõõrdumisel üksteise vastu. Eriti käib see jääkristallikeste kohta. Valitseb ju pilve ülaosas tõeline lumetorm.

Laengute ruumilisel jaotumisel lisandub õhuvoolude mõjule veel raskusjõud. See aga tähendab, et kergemad, positiivselt laetud osakesed peaksid eelistatult koonduma pilve ülemisse, raskemad ja negatiivselt laetud osakesed — alumisse ossa. Nagu näitavad uuringud, nii see enamasti ka on. Kui ruumlaeng saavutab kriitilise piiri, toimub lahendus.

*

Atmosfääris toimuvat elektrilahendust võtavad meie meeled vastu välgu ja müristamise kujul.

Hariliku välgu peenstruktuur on üsna keeruline. Esimeseks etapiks on suhteliselt aeglaselt liikuv nõrk lahendus, nn. liider, mis õhus teed rajades liigub hüppeliselt edasi, kasutades ära parima elektrijuhtivusega lõike. Seepärast ongi välgu teekond äärmiselt liigestatud ja haruline. Liider suundub tavaliselt pilvest maasse. Otsekohe pärast liidri sihtpunkti jõudmist järgneb talle vastassuunaline, väga kiire ja tugev põhilahendus. Liider ja põhilahendus koos moodustavad impulsi, mida võib ühes välgus olla mitukümmend, kõige sagedamini viis. Et impulss vältab ligikaudu tuhandik sekundit, siis pole inimese silm võimeline eraldama üksikuid impulsse, vaid näeb ühte, sageli pulseeriva heledusega lahendust. Muutuv heledus on tingitud üksikute impulsside erinevast tugevusest.

Laengute liikumisel välgukanalis kuumeneb seal olev õhk mitme tuhande kraadini ja tema rõhk kasvab ümbritseva õhurõhuga võrreldes tugevasti. Ülerõhu tasakaalustab liikuvate laengute poolt tekitatud magnetväli, mis väldib välgukanali ülemäärast paisumist. Otsekohe pärast lahenduse lõppu magnetväli kaob, kanal, piltlikult öeldes, rebeneb ning tekkiv survelaine ongi see, mida me tajume müristamisena. Olenevalt lahenduse kaugusest jõuab meieni kas veel lagunemata surve-

laine — lühike, raske, tume löök — või harilik, häälelainega sarnanev kestev ja muutliku tugevusega heli. Viimase nähtuse põhjuseks on asjaolu, et välgukanali eri osadest ja eri impulssidest jõuavad häälelained pärast mitmekordset peegeldumist pilvedelt ja maapealsetelt objektidelt meieni eri aegadel, seejuures üksteist kas tugevdades või nõrgendades.

Välke liigitatakse lahenduse lähte- ja lõpp-punkti ning väliskuju järgi. Esimene jaotus annab liigid pilv — maa, pilv — pilv ja harva esineva juhu, kus lahendus suundub pilvest üles taevalaotusesse. Pilv — maa välgud moodustavad umbes 10% välkude üldarvust. Kõige rohkem esineb pilv — pilv-tüüpi või pilvesiseseid lahendusi. Väliskuju järgi peaks kõigile hästi tuttav olema joonvälk, mida võib kõige sagedamini näha. Joonvälk esineb mitmel eri kujul. Kord on ta hästi harunenud, meenutades jõgikonda maakaardil, kord peaaegu harudeta siksak taeva ja maa vahel, kord väheliigestatud lai lint, mis tegelikult koosneb mitmest paralleelsest välgukanalist, kord meenutab ta valgustusraketi jälge. Joonvälgu kõrval esineb üsna tihti nn. tasapinnaline välk, mis paneb hetkeks helenduma suure osa pilvest. Siin tuleb aga eristada pälku. Pälk on väga kauge lahenduse kuma pilvedes. Hoopis harvemini õnnestub jälgida keravälku ja ahelvälku. Neist viimane koosneb kuni mitmekümnest väikesest üksteise lähedal asuvast kerast piki joonlahenduse trajektoori. Huvitav on märkida, et välk võib esineda ka siis, kui äikesepilve pole, näiteks lume-, tolmu- või liivatormis, vulkaanipursete ajal, tuumaplahvatuse vahetus läheduses. Kõigil neil juhtudel on olemas soodsad tingimused laengute tekkimiseks õhus.

*

Lähemat käsitlemist väärib keravälk. See harva esinev ja veel harvemini jälgitav välguliik on just viimase kümne aasta jooksul muutunud probleemiks, mille lahendamisega tegelevad peale atmosfäärifüüsikute teisedki teadlased.

Keravälk kujutab endast pulseerivalt helenduvat kera läbimõõduga mõnest sentimeetrist mõne meetrini. Nagu mõõtmed, nii võivad ka värvus ja eksisteerimise aeg muutuda väga laiades piirides — esimene pimestavalt sinkjasvalgest hõõguvalt punaseni, teine — sekunditest minutini. Liikumine on keravälgul suhteliselt aeglane, hüppeline, seisakute ning liikumissuuna ootamatute muutustega. Ta võib siseneda vaikse külastajana, liikudes ruumis oma mõistatuslikku rada mööda, ja kaduda hääletult, jätmata ühtegi jälge. Samas aga võib ta valjult praksudes ja sädemeid pildudes ringi tuisata, purustades kõik ette-

juhtuva, olgu see või sein, ning lõpetada oma eksisteerimise kõrvulukustava pauguga.

Juba keravälgu lühike iseloomustuski toob endaga kaasa kuhjaga küsimusi. Kust võtab taoline väike kera energiat oma «vägitegudeks»? Miks ta ükskord põletab ja purustab, teinekord aga mitte? Millega põhjendada tema väga omapärast liikumist? Jne., jne. Hüpoteese on püstitatud arvukalt.

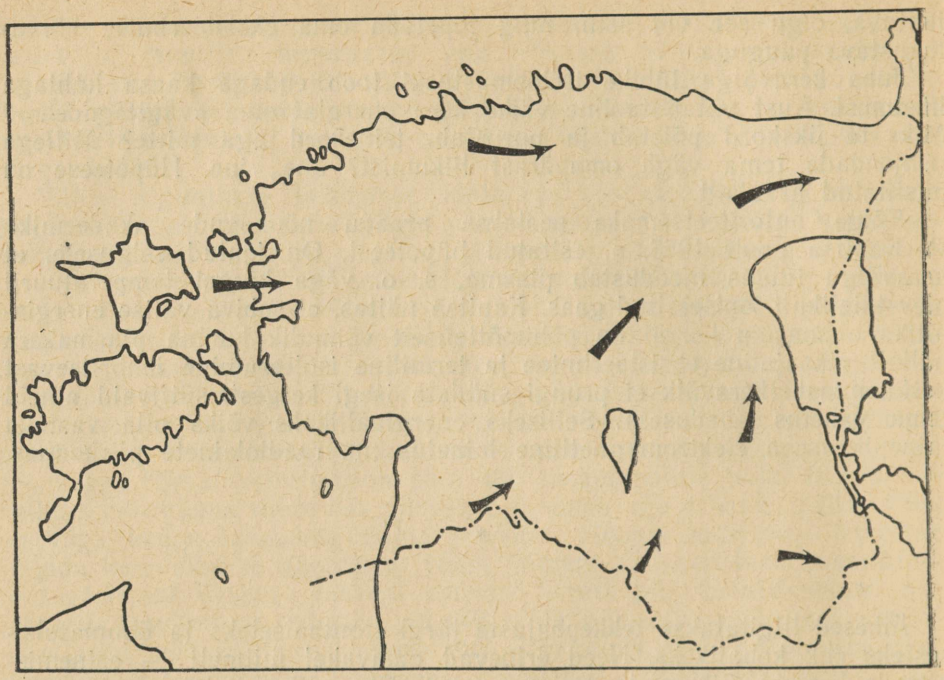
Kõige autoriteetsemaks peetakse praegu nõukogude akadeemiku P. Kapitsa poolt 1955. a. esitatud hüpoteesi. On jõutud selgusele, et keravälgu tuuma moodustab plasma, s. o. väga kõrgel temperatuuril olev täielikult ioniseeritud gaas. Kapitsa näitas, et sobiva välise energiaallika olemasolu korral on põhimõtteliselt võimalik kuuma plasmakera küllalt pikaajaline eksisteerimine ja termiline isoleerumine ümbritsevast keskkonnast (keravälk ei pruugi süüdata isegi kergesti süttivaid aineid tema vahetus läheduses). Selliseks energiaallikaks võiks olla vastava lainepikkusega elektromagnetiline lainetus nn. raadiolainete piirkonnas.

*

Äikesed liigitatakse tekkepõhjuste järgi frontaalseteks ja õhumassisisesteks ehk kohalikeks. Need erinevad omavahel mitmeti — esinemisaegade, kestuse, liikumisteede jne. poolest. Et saada neis küsimustes meie vabariigi osas üksikasjalisemat pilti, teeb Loodusuurijate Selts alates 1963. aastast loodusesõprade kaasabil laialdasi äikesevaatlusi.

Frontaalsete äikeste liikumise määrab põhiliselt frondi liikumise suund, mida mõningal määral mõjutab maapinna reljeef. Nii liigub Eestis enamik frontaalseid äikesi edelast-läänest kirdesse-itta. Kohalike äikeste teke ja liikumine sõltub aga suuresti antud maakoha geograafilistest iseärasustest — maapinna liigestatusest, metsaga ja metsata alade vahekorrast, veekogude ja soode olemasolust jpm. Näiteks on tähele pandud, et äike jälgib kaunis täpselt Emajõe sängi (jõe alamjooksul on ka rohkesti soid ja rabasid). Valdavat suunda kohalikele äikestele vabariigi ulatuses on raske anda. See-eest mõnes kohas võib ta teekond olla väga komplitseeritud ning esimesel pilgul tunduda isegi mõistatuslikuna. On teada, et suurt Munamäge äike «kardab», põigates temast kas ühelt või teiselt poolt mööda, mõnikord jaguneb aga pilv enne mäge kaheks osaks, mis mööduvad kõrgendikust teine teiselt poolt ja ühinevad hiljem uuesti.

*



Joon. 2. 1966. a. 14. augusti intensiivse äikese teekond Eesti NSV-s.

Äikese esinemissageduses maakera ulatuses võib täheldada teatud seaduspärasust: äikesepäevade arv kahaneb ekvaatorilt pooluste suunas ja suureneb kõrgusega merepinnast. Kui ekvatoriaalaladel on äikest 100—150 päeval aastas, siis keskmistel laiustel kahaneb see arv 20—40 päevale, ülalpool 82° põhjalaiust ja allpool 55° lõunalaiust pole äikest kunagi registreeritud. Taolise ebasümmeetria põhjuseks peetakse sooja Golfi hoovust. Äikese suhteliselt sagedam esinemine mäestikes seletub pinnareljeefi kui ühe tähtsama faktori mõjuga tõusvale õhuliikumisele.

Eeltoodu on muidugi väga ligikaudne. Konkreetne sagedusjaotus oleneb eelkõige kohalikest tingimustest. Nii on välja kujunenud mitu nn. maailma äikesekollet, mis kõik paiknevad ekvatoriaalpiirkonna läheduses: Kesk-Aafrikas, Lõuna-Ameerikas, Kagu-Aasias. Rekord on kindlalt Jaava saare käes, kus pikne paugub 322 päeval 365-st. See pole veel kõik. Et äike esineb siin ööpäeva jooksul mitu korda, siis ulatub äikeste koguarv aastas ligi poolteise tuhandeni! Reeglina on troopilised äike-

sed ka kõige intensiivsemad (viimase mõõduks on välgulöökide arv ajaühikus) ning kestvamad. Mida kaugemale ekvaatorist, seda nõrgemaks ja lühiajalisemaks nad muutuvad.

Eestis on kõige äikeserohkemateks piirkondadeks kaguosa ja Pandivere kõrgustik 20—25 päevaga aastas, saartel ja rannikualadel esineb äikest kaks korda vähem.

Kui vaadata äikesetegevuse aastast käiku, siis üldreeglina langeb maksimum suvekuudele ja miinimum talvele. Muidugi esineb erandeid. Nii on rohkesti äikesega päevi talvekuudel Norra rannikualadel ja Inglismaal, Islandi lähistel langeb aga isegi aastane maksimum talvele. Eestiski võib mõnikord talvel läbi lumesaju näha välgusähvatust ning kuulda nõrka müristamist, millega tavaliselt meie talvine äike piirdubki. Aastabilansist moodustavad talvised äikesed (november—märts) vähem kui 2%.

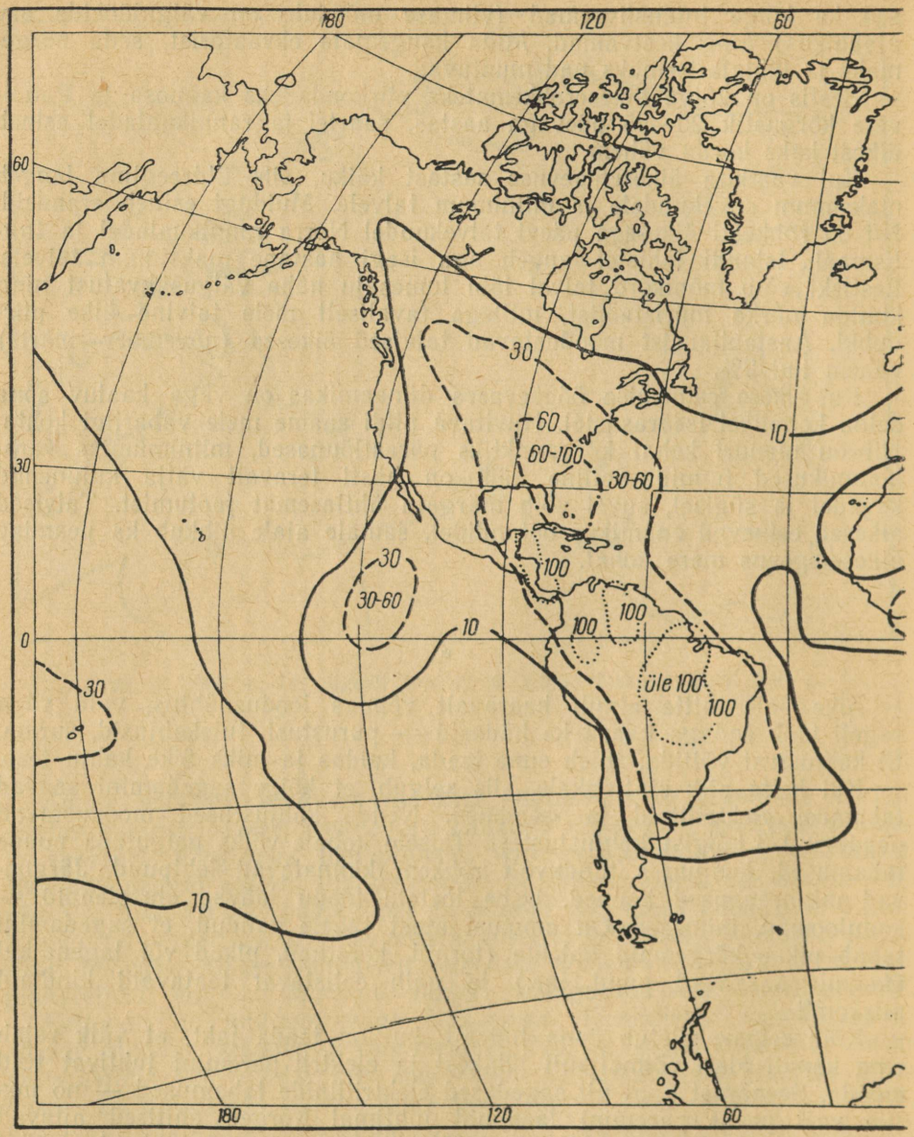
Ka äikese esinemise ööpäevases dünaamikas on väga kaaluv sõna öelda kohalikel iseärasustel. Huvitava pildi saame meie vabariigi kohta. Nii on mandri kohal kõrgpunktiks pärastlõunased, miinimumiks varahommikused tunnid. Selline käik on hästi teravalt välja kujunenud kevadel ja sügisel, suvel võib märgata ühtlasemat jaotumist. Talvised äikesed esinevad enamikus öötundidel, samale ajale nihkub ka peamine äikesetegevus mere kohal.

*

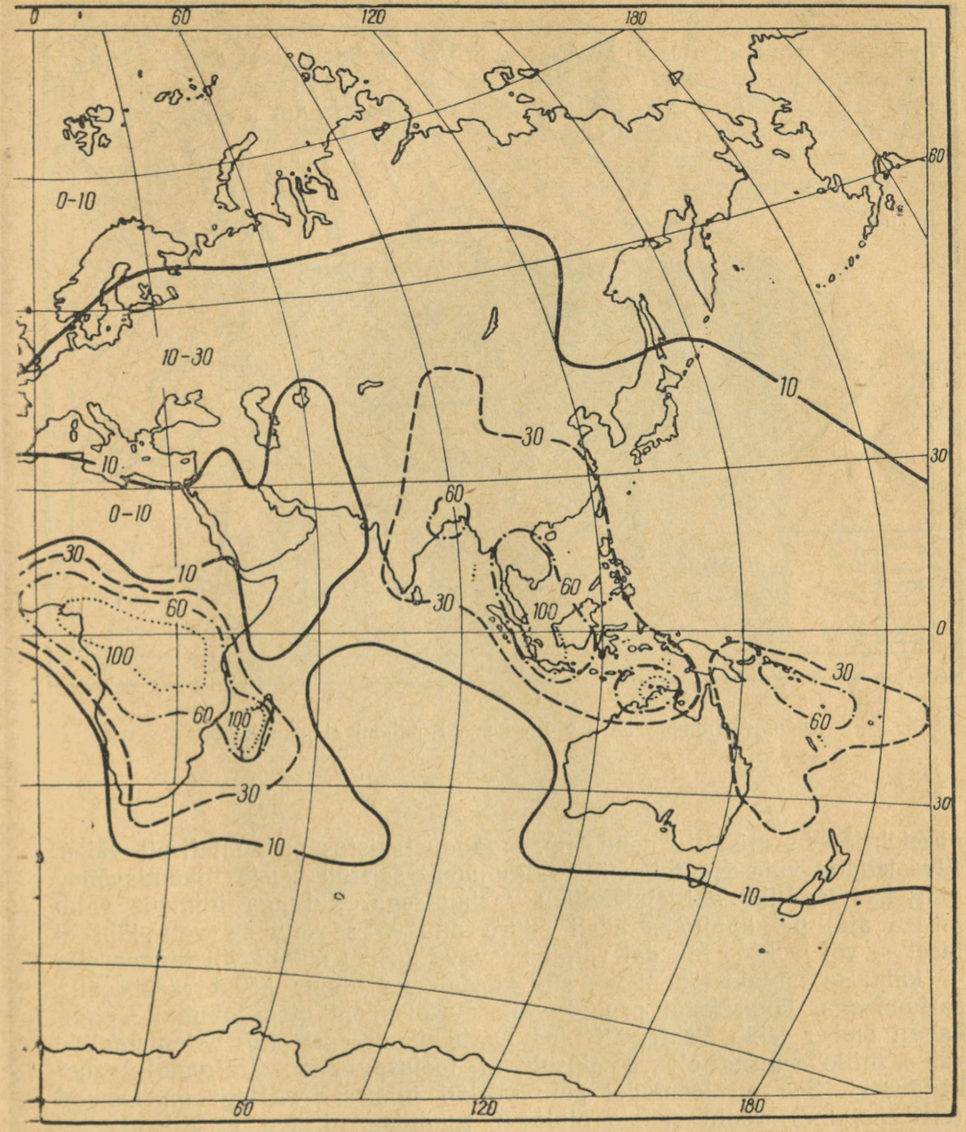
Äike pole mitte ainult haaravalt võimas loodusnähtus, vaid väga sageli toob endaga kaasa ka hädasid — purustusi, tulekahjusid, surma. Et kahjustusi vältida, tuleb enne teada, kuidas ja miks äike kahju teeb.

Kui heita pilk statistikale, siis selgub, et kõige sagedamini saavad tabamusi elektriliinid ja -seadmed. Nende kahjustused moodustavad peaaegu 1/3 kõigist kahjustustest. Teisele kohale võiks paigutada puude tabamused, kusjuures tunduvalt rohkem kannatavad lehtpuud. Järgnevad mitmesugused hooned. Üsna loetelu lõppu jäävad elusolendid — koduloomad, inimesed. On ammust ajast tähele pandud, et sagedamini tabab pikne kõrgemaid objekte (tornid, korstnad, pikad või lagendikul üksikult kasvavad puud jne.) ja näib eelistavat teatavaid kindlaid piirkondi.

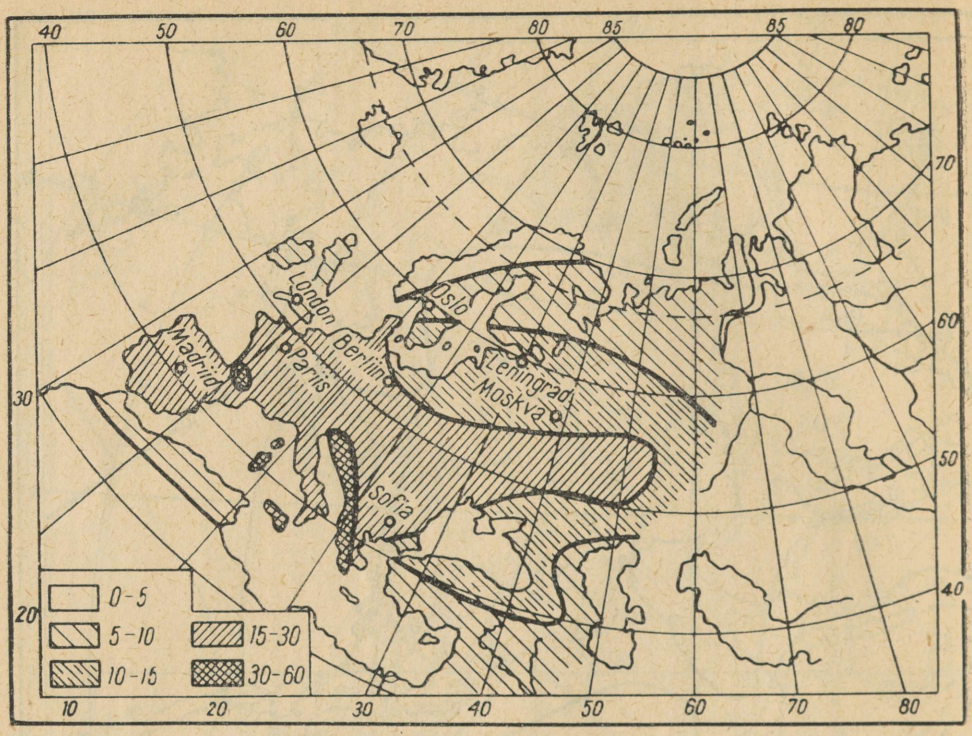
Kõik eelnev seletub üsna lihtsalt, kui on teada fakt, et välk rajab oma kanali alati võimalikult lühikest ja elektrit paremini juhtivat teed mööda. Seepärast ongi nii sagedased elektriliinide tabamused — no mis siis veel peaks paremini laenguid juhtima! Kõrged ehitised aitavad välgul maapinnani jõudmise teed lühendada, sest nad juhivad elektrit paremini kui õhk, puudel aga tungib juurestik sügavale niisketesse pin-



Joon. 3. Aikesepäevade ligilähedane arv



aastas maakera erinevates kohtades.



Joon. 4. Inimohvrite arv Euroopas 1 miljoni elaniku kohta.

nasekihtidesse, mistõttu nende nn. maandustakistus on suhteliselt väike. Elusolendite vähesem tabamine välgu poolt seletub nende liikumisvõime ning kas teadliku või alateadliku varjumisega. Kui aga inimene valib äikese ajal pelgupaigaks hästi suure puu — see niipea vett läbi ei lase! — või jookseb lagedal väljal kasvava üksiku männi või tamme alla — kuhu sa mujale lähed! —, siis võrdub see vihma käest räästa alla sattumisega. Üldiselt ei pruugi välk elusolendeid otse tabada. Välgukanali ümber tekib elektriväli ning saatuslikuks saab siin potentsiaalide vahe, mille suurus oleneb elusolendi toetuspunktide (jalgade) vahekaugusest. See on loomadel suurem kui inimesel, pealegi on loomad (eriti hobune) voolu suhtes oluliselt tundlikumad. Nii et rahvatarkusel «ära jookse pikse ajal» on tõepõhi all. Muide, hiljuti anti Ungaris välja jalgpalliliidu määrus, mis nõuab mängu katkestamist äikese ajal.

Seda ajendas tegema traagiline juhtum, kus pikselöök surmas 19-aastase mängija, mitmed teised said põletushaavu.

Väike halb on alati parem kui suur. Ja nii tänamegi õnne, kui välgulöök purustab korstna või raksab pilbasteks õues kasvava puu, sest kõige halvem — tulekahi — jäi tulemata. Maakeral hävib igal aastal miljoneid hektareid metsa tulekahjudes, mis enamasti tekivad välgu poolt tõrvikuna süüdatud puust või heinasaost. Oletatakse, et just nii sai ürginimene oma käsutusse tule ja tekkis tulekummardamise kultus. Tuli



Joon. 5. Toometeed pärast paduvihma. (*E. Mägi foto.*)

oli meie kauge esivanema silmis kõikvõimas: ta võis anda sooja, küpsetada toitu, ent hävitada ka kõik elava oma teel.

Aegade jooksul on inimene õppinud teatud piirides võitlema äikesekahjustuste vastu. Eelkõige kehtib see hoonete kaitse kohta piksevarrastega. Nende püstitamisel ei tohi aga fantaasiale vaba voli anda, sest siis võib piksekaitse muutuda piksepüüdjaks ning loodetud kasu asemel saame hoopis suurt kahju. Väga tähtis on elektriliinide õige kaitse. See käib eriti kõrgepingeliinide kohta, mis tihtipeale kulgevad sadade kilomeetrite ulatuses. Taolise liini väljalangemisega võivad kaasneda tõsised häired majanduselus. Statistika kinnitab, et 100 km kohta tuleb aastas kuni 30 tabamust ning et isegi kõige parema kaasajal võimaliku kaitse juures esineb üks tõsisem avarii. Halvem on olukord madalpingeliinidega, kus kaitse mõnikord hoopiski puudub. Peale selle on need liinid otseses ühenduses tarbijatega, see aga tähendab, et välgu löömisel elektriliini võivad kannatada saada võrku lülitatud seadmed ja nendega ühenduses olevad inimesed.

Et kaitsevahenditest ja selgitustööst kasu on, näitab asjaolu, et viimastel aastakümnetel on vähemalt meie aladel inimohvrite arv kahanenud.

V. Ross

KÄIK TUULTESSE

(katkend)

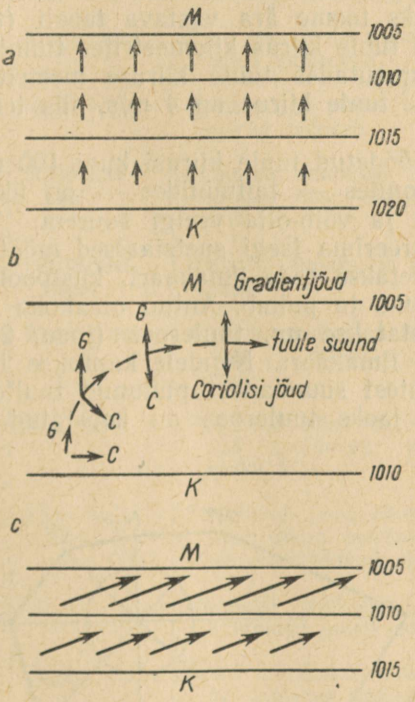
Kohin, kohin
Ja mis hingemattev müha!
Oi mis lõõtsutuste lohin:
Tuulte uhmjas
Kokkupõrge
Õhus tuhmjas.
Puud on hööritumas üha.
Kõik, mis kõrge,
Alla ripub —
Okski lendleb nagu ude;
Kõik, mis madal — üles kipub:
Välja mullast, juurtest lahti,
Tüvi pooleks —
Tund on paigalt tõsta prahti —
Kõik, mis mõrane ja pude,
Et see kooleks.

Marie Under

TUULED JA TORMID

Kui tuult ei oleks, poleks alust ja arvatavasti ka võimalust rääkida meeldivast tuulevaikusest. Kestva ja täieliku tuulevaikuse korral lämbuksime üsna kiiresti ainuüksi oma hingeõhu kätte. Tuulevaikus on nuhtluseks linnades, mis paiknevad orgudes (näiteks Los Angelesis) ja kus õhk vahetub väga aeglaselt. Vabrikute suits ja mootorsõidukite heitgaasid saastavad õhku ja sunnivad aeg-ajalt peale sanitaarpäevi, millal katkestatakse tootmine ja liiklus. Niisiis tuul, s. o. õhu liikumine maapinna suhtes, on positiivne meteoroloogiline nähtus. Tuul tekib õhurõhkude vahest üksteisest eemal asetsevatel aladel, õhurõhkude vahe aga nende alade ebavõrdsest soojenemisest. Ebavõrdne soojenemine on põhjustatud erinevustest päikese kiirgusenergia juurdevoolus. Viimast mõjustavad õhu puhtus ja pilvisus. Määrava tähtsusega on ka aluspinnas neeldunud kiirgus, mis sõltub albeedost. Õhurõhu erinevus õhumassides põhjustab nn. gradientjõu. See paneb õhu liikuma madalama rõhu suunas. Õhu liikumine peaks kestma seni, kuni rõhkude vahe on tasandunud. Tegelikkuses aga õhurõhkude vahe nii lihtsalt siiski ei tasandu. Maakera pöörlemine tekitab nn. Coriolisi jõu, mis takistab õhu liikumist madalama rõhu suunas, takistab rõhu «augu» täitumist. Coriolisi jõu mõistmiseks kujutame endale ette, et me asume ekvaatoril ja liigume koos pöörleva maakeraga suure kiirusega itta. Oletame, et omandame äkki hiiglasliku jõu ja suudame hüpata ekvaatorilt Vähi pöörijoonele. Vähi pöörijoonel on maakera pöörlemiskiirus umbes 40 m/s võrra väiksem kui ekvaatoril. Seega me nagu hüppaksime maha liikuvalt rongilt ja paiskuksime sõidu suunas pikali. Vähi pöörijoonelt ekvaatorile hüpates on olukord niisamasugune nagu liikuvale sõidukile risti sõidusuunaga peale hüpates. Me kukume sõidu suunale vastassuunas pikali. Meile mõjub Coriolisi jõud. Coriolisi jõud mõjub kõikidele maakeral liikuvatele kehadele, niisamuti ka õhule ja kallutab seda esialgsest liikumissuunast põhjapoolkeral paremale, lõunapoolkeral vasemale. Coriolisi jõud on võrdeline liikuva keha kiirusega. Paigalseisjale Coriolisi jõud ei mõju. Minnes jala ekvaatorilt Vähi pöörijoonele, ei märkagi me teda — tõenäoliselt ei talla me isegi kingakandu viltu. Jõevool aga

suudab pika aja jooksul ära õõnestada parema kalda. Õhu liikumist mõjustab Coriolisi jõud sedavõrd, et tuul ei puhu risti isobaaridega gradientjõu suunas, vaid pigemini piki isobaare. Tuule suuna kujunemisel tuleb arvesse veel õhu hõõrdumine aluspinna konaruste vastu ja õhuosakeste omavaheline sisehõõrdumine, nii et põhjapoolkeral moodustab tuule suund gradientjõuga mandritel umbes 60°, meredel 75° nurga (joon. 1). Siit tuleneb lihtne reegel madalrõhkkonna asukoha määramiseks: kui seista seljaga vastu tuult, siis on madalrõhkkonna keskpunkt meie ees, veidi vasakul. Tuul on seda tugevam, mida suurem on õhurõhu gradient ja mida väiksem on hõõrdumisjõud, s. t. mida tasasem on aluspind.



Joon. 1. Tuule suunda määravad jõud: *a*) kui mõjub ainult gradientjõud, siis puhub tuul risti isobaaridega ning on seda tugevam, mida suurem on õhurõhu muutumine pikkusühiku kohta, s. t. mida suurem on rõhu gradient; *b*) Coriolisi jõu mõjul gradientjõu suunas liikuma hakkav õhk pöördub ja tuul puhub piki isobaare; *c*) tuule suunda mõjutab ka hõõrdumisjõud, mistõttu tegelik tuule suund moodustab isobaaridega nurga 20°—30°, gradientjõuga aga nurga 60°—70°.

Tuule puhangulisust põhjustavad õhu püstvoolud, mis takistavad rõhtsaid õhuvoole. Ka õhupöörised, mis tekivad aluspinna konaruste tõttu, tekitavad puhangulist tuult.

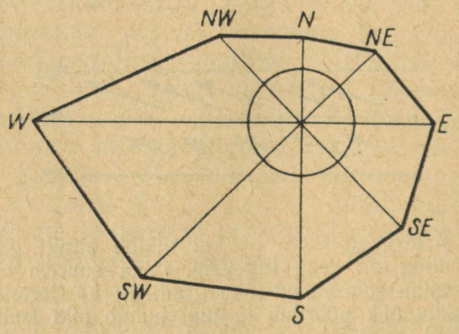
*

Tuule kiirust mõõdetakse meetrites sekundis või iseloomustatakse inglise meremehe Beauforti poolt väljatöötatud skaala abil pallidega. See skaala võeti 1838. a. käibele Inglise sõjalaevastikus ning mõnekümne aasta möödumisel ka rahvusvaheliselt. Kuigi purjelaevanduse hiilgeajad on seljataga, püsib Beauforti skaala ilma oluliste muutusteta käibel tänapäevani. Tuule pallid on üldiselt kuuldud mõiste. Nendest täpsema ettekujutuse saamiseks toome ära vastava tabeli (tabel 1).

Vahel pakub huvi tuule kiirus kilomeetrites tunnis. Selle võime leida lihtsa reegli abil, korrutades tuule kiiruse meetrites sekundis 3,6-ga. Näiteks kui keskmine tuule kiirus on 4 m/s, siis tema kiirus tunnis on $3{,}6 \cdot 4 = 14{,}4$ km.

Antarktikas on mõõdetud tuule kiirusi kuni 100 m/s, s. o. 360 km/h. Troopilistes tsüklonites — taifuunides — on üksikute tuulehoogude kiirus kuni 110 m/s ja võib-olla veelgi suurem. Tugevamat tuult ei ole võimelised registreerima isegi spetsiaalsed mõõteriistad.

Tuule suunaks loetakse seda ilmakaart, kustpoolt tuul puhub, mitte aga seda suunda, kuhu ta puhub. Antud maakoha tuule suundade iseloomustamiseks koostatakse nn. tuuleroos (joon. 2). Selleks joonistatakse välja kaheksa ilmakaart. Nendele kantakse lõigud, mille pikkus on võrdeline vastavatest suundadest puhunud tuulte protsendiga selles ajavahemikus, mille jaoks tuuleroos on koostatud. Tuuleroosi keskele



Joon. 2. Tartu tuuleroos.

Tabel 1

Tuulte skaala

Beaufort'i pallid	Kiirus, m/s	Tuule nimetus	Tuule mõju kirjeldus	Tuule rõhk kG/m²
0	0...0,5	Tuulevaikus	Suits tõuseb otse üles; puulehed on liikumatud	0
1	0,6...1,7	Vaikne tuul	Tuul esineb kerge tõmbusena; suits kaldub vähe kõrvale	0,1
2	1,8...3,3	Kerge tuul	Tuult on tunda vastu nägu; puulehed sahisevad	0,5
3	3,4...5,2	Nõrk tuul	Puulehed ja peened oksakesed liiguvad pidevalt	2
4	5,3...7,4	Mõõdukas tuul	Painutab puulatvu, liigutab väiksemaid oksi; tõstab maapinnalt tolmu	4
5	7,5...9,8	Võrdlemisi tugev tuul	Õõtsutab puuoksi ja peenemaid tüvesid	6
6	9,9...12,4	Tugev tuul	Jämedad puuoksad õõtsuvad; telefoni- ja telegraafitraadid undavad	11
7	12,5...15,2	Vali tuul	Puutüved õõtsuvad, suuremad oksad koolduvad; vastutuult on raske käia	17
8	15,3...18,2	Väga vali tuul (tormine tuul)	Suuremad puud õõtsuvad, väiksemad oksad murduvad; kõndimine on tunduvalt raskendatud	25
9	18,3...21,5	Torm	Hoonetel väiksemad purustused; suuremad puuoksad murduvad	36
10	21,6...25,1	Tugev torm	Puud murduvad, paisatakse ümber või kistakse juurtega välja; hoonetel tunduvad purustused	47
11	25,2.....29,0	Maru (äge torm)	Laialdased tormikahjustused (sisemaal harva)	64
12	üle 29,0	Orkaan	Katastroofilised purustused	üle 74

joonistatakse ring, mille raadius on võrdeline tuulevaikuse esinemissagedusega.

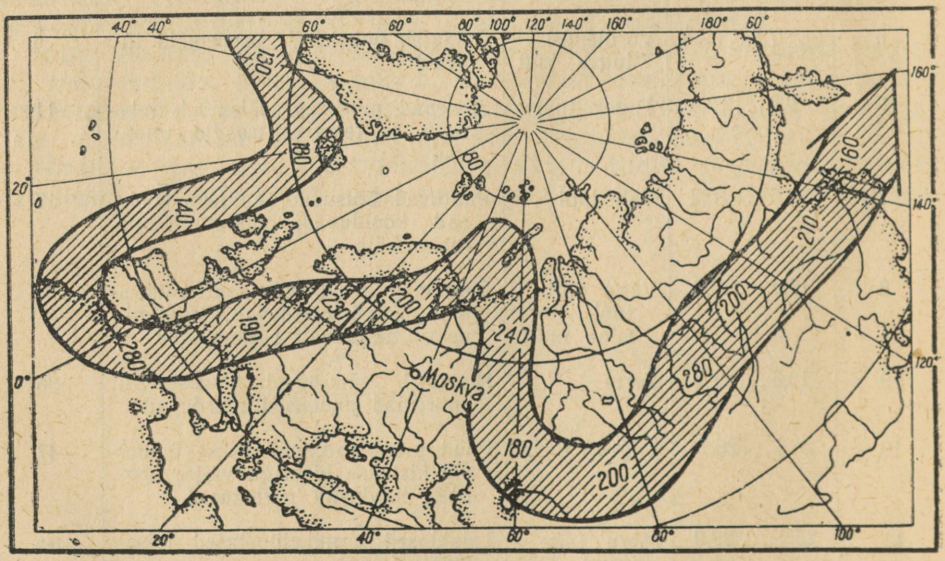
Maapinna lähedal on ilusal suvepäeval tuule kiiruse maksimum pärastlõunastel tundidel, miinimum öösel. Vanarahvas ütleb selle kohta, et ida- ja läänetuul lähevad ööseks naise juurde. Kui aga õhtuks tuul ei vaiki, on oodata ilma halvenemist.

Ookeanidel on olukord vastupidine — öösel tuul mõnevõrra tugevneb. Eks sellest vist tulebki maa- ja meremehe erinev seisukoht: meremees kiidab ilma hommikul, maamees — õhtul.

*

Rannikuil puhuvad selgetel ja palavatel suvepäevadel kohaliku iseloomuga tuuled — briisid. Nende ulatus piirdub paarikümne kilomeetri laiuse rannaribaga (vt. joon. 10 lk. 58.). Vaiksetel ja selgetel suveõhtutel võib mõnikord korstnasuitsu abil jälgida briisi ristlemist Tallinna kohal.

Mägede ja küngaste vahetus läheduses puhuvad nn. nõlvatuuled,



Joon. 3. Jugavool polaarfrondi kohal 28. mail 1968. a. kell 3. Arvud näitavad tuule kiirust km/h-des.

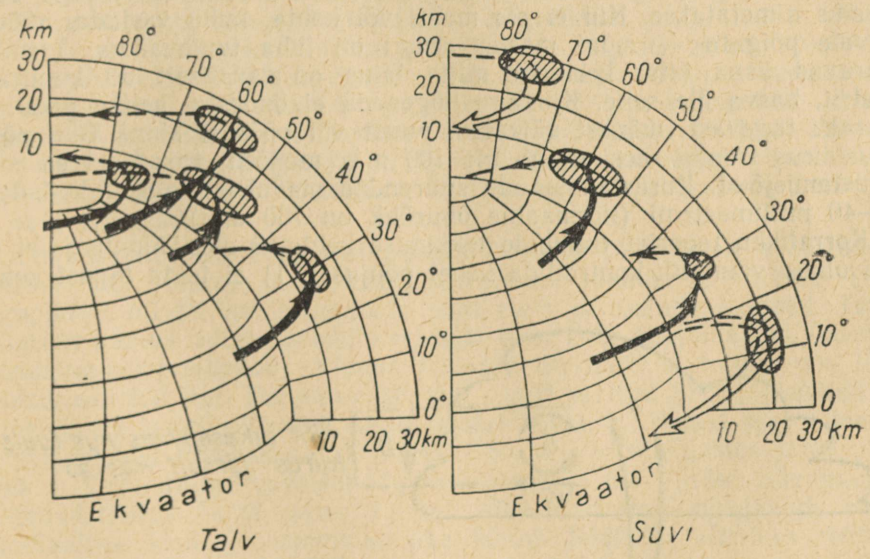
eriti lõunanõlvadel, mis päeval tugevasti soojenevad. Päeval puhub orutuul piki nõlva üles. Öösel jahtub nõlv soojuse väljakiirgamise tõttu rohkem kui ümbruskond. Jahedam ja raskem nõlvakuõhk valgub mäetuulena orgu.

Ka metsa ääres, suurte hoonete läheduses ja mujal esinevad kohalikud tuuled. Linnades puhub tuul enamasti piki tänavaid, lõnkudes tänavanurkadel ja nuhkides hoovides. Üleskeerutatud tolmu ja prahi hulk annab pildi linnа heakorrastamise tasemest.

*

Maapinnast kõrgemale tõustes tuule kiirus suureneb, jõudes maksimumini umbes 10 km kõrgusel. Edasi kahaneb kiirus kuni 20 km kõrguseni, millest kõrgemal järgneb uus kiiruse kasv. Helkivate ööpilvede liikumiskiiruse järgi otsustades võib tuule kiirus 80—100 km kõrgusel ulatuda kuni 250 m/s.

1920. a. juhtus ootamatu lugu ühe lenduriga, kes startis Ohio osariigis Daytonis. Tõusnud 10 km kõrgusele, võttis ta lennusuuna läände.



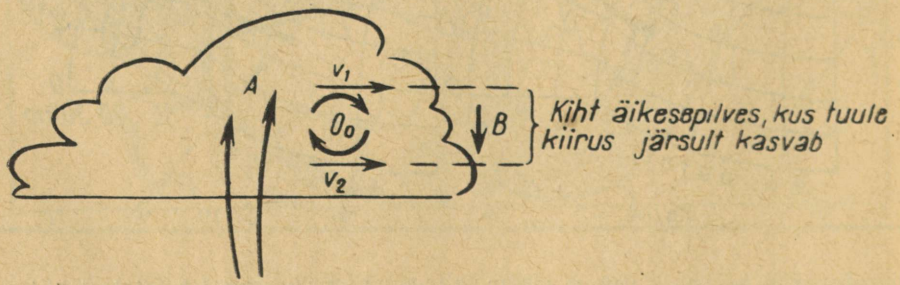
Joon. 4. Jugavoolude telgede tüüpilised asendid põhjapoolkeral suvel ja talvel.

Endale ootamatult pidi ta aga maanduma ida pool väljalennu kohta. Sellest tehti loomulik järeldus, et tuule kiirus oli olnud suurem kui lennuki kiirus õhu suhtes — tuul kandis lennuki reisi suunast vastassuunda. Hilisemad pilootpallide vaatlused näitasid, et atmosfääris esineb kitsalt piiritletud alasid (joon. 3, 4), kus tuule kiirus ulatub 130 kuni 280, läänepoolkeral subtroopilistel aladel kuni 500 km/h. Need piirkonnad asuvad tavaliselt 7 kuni 12, harvemini kuni 30 km kõrgusel. Neid tugevaid õhuvoole hakati nimetama jugavooludeks. Jugavoolus ei ole tuule kiirus ühtlane — tuule kiiruse järsud vertikaalsuunalised muutused küünivad kuni 165—280 kilomeetrini tunnis ühekilomeetrise kõrguste vahe kohta. Mõne tuhande meetrise paksuse ja mõnesajakilomeetrise laiuse juures ulatub jugavoolu pikkus tuhandetesse kilomeetritesse.

*

Kui juhtute nägema äikesepilvest maapinnale laskuvat keeriselist tolmusammast või merel veesammast, millel on deemonlikult sünge värvus, kalmaarlikud kombitsad, ja millega kaasneb kõrvulukustav kohin, ärge sattuge paanikasse, vaid varjuge hoonetes, veel parem — keldrites. See on keeris, mida mandril trombiks, mere kohal aga vesipüksiks nimetatakse. Kui ei ole mahti või kohta, kuhu varjuda, püüdke kõrvale põigata — mõni meeter eemal on juba tuulevaikus. Trombid haaravad üsna kitsa koridori, mille laius on tavaliselt 50 kuni 300 meetrit, harva üle selle. Kui aga põgeneda ei õnnestu, heitke pikali ja haarake tugevasti mõnest väikesest puust või põõsast kinni. Õhu pöörlemiskiirus trombi sees ulatub üle 100 m/s, mistõttu trombidel on suur purustamisjõud. Purustamisjõudu suurendab madal õhurõhk, mis langeb 30—40 millimeetrini (normaalne õhurõhk on 760 mm).

Korralikku teooriat trombide tekkimise kohta ei ole. Hüpoteese ei ole seni olnud võimalik kontrollida kahel põhjusel: 1) ei teata täpset kohta,



Joon. 5. Trombi tekkimise skeem.

kus tromb võib tekkida; 2) mõõtmised äikesepilvedes on seotud suurte tehniliste raskustega, sest olemasolev aparatuur tuule, õhurõhu jne. mõõtmiseks ei pea vastu trombi purustamisjõule. Oletatakse, et trombid tekivad tugevate tuulte ja tõusvate õhuvoolude ristumisel (joon. 5).

Meresõidu ajalugu tunneb rohkesti salapäraseid juhtumeid. Inimeste fantaasialendu on toitnud lood inimtühjade laevade leidmisest ookeanidel. Kõige tavalisemad oletused langevad ära, kui ei ole mingeid röövimise jälgi, kui kaetud toidulaud kambüüsis on puutumatu, kui logiraamatus ei ole ühtki märkust meeskonna saatuse kohta. Selliste kirjutiste autorid arvavad, et meeskond on langenud laevale tunginud hiiglakalmaaride ohvriks või kes teab millise tundmatu koletise kombitsaisse. Siiski on kõige reaalsem neid kummalisi lugusid kirjutada vesipüksi arvele. Tõenäoliselt tormas terve meeskond kas paanikas või uudishimust laevalaele vaatama hiiglasammast, mis siis kõik üheskoos igaveseks oma kaisutusse haaras.

Õnnelikum juhus leidis aset 1955. a. USA-s Põhja-Dakota osariigi väikelinnas. Tromb, sealse nimetusega tornaado, tõstis ratsutava üheksaaastase tüdruku koos poniga õhku ja kandis 800 m kaugusele. Ehmunud ema nägi seda tõelist Münchhauseni lugu algusest kuni õnneliku lõpuni pealt, kui ratsu ja ratsanik vigastamata maandusid. Tragikoomiline lugu juhtus Kansases, kus tornaado tõstis õhku karja härgi, kes lendasid üle hämmastunud vaatajate nagu parv hiiglalinde.

Aeg-ajalt (keskmiselt üks kord 2—3 aasta tagant) esineb trombe ka Eestis. Võrreldes tornaadodega on meie trombid märksa nõrgemad ega ole seni teinud eriti suurt kahju. Viimase 150 aasta tugevaim tromb, õigemini 5 üksteise kannul lenkivat trombi märatsesid 1872. a. 22. mail Liivimaal. Üks tromb jõudis ka Võruni. Saja kilomeetri pikkusel teel said tõsiselt kannatada 25 mõisat, 74 talu ja 1 kirik. Hukkus 7 inimest, 14 said vigastada.

Eesti territooriumil on seni pikima trassiga 15. märtsil 1923. aastal Roelast üle Mustvee ja Kauksi Kurtnasse suundunud tromb. Tema kogupikkus oli 82 km. Kannatada said mets ja majade katused. Trassi pikkuselt kuulus sellele trombile sel ajal teine koht põhjamaadel (uuemad koondandmed puuduvad). Pikima trassiga oli 1899. a. tromb, mis läbis Rootsimaal 260 km. Euroopas tol ajal registreeritud 283-st trombist oli Peipsi-äärne tromb pikkuselt kaheksandal kohal. Hilisemal ajal esinenud trombidest olid tugevamad 30. juunil 1960. a. Vastse-Kuustes ja 27. mail 1966. a. Vastseliina-Ruusmäel alguse saanud ja üle Vindso Süvahavvale kulgenud tromb. Aasta varem, 1. sept. 1965, «külastas» nõrgavõitu tromb Uue-Saaluse kanti ja lammutas ühe küüni, tekitades elanikes rohkesti hirmu. Kohe pärast seda külastasime neid paiku. Varem ei olnud sealkandis midagi nii vapustavat läbi elatud. Trombide esinemise senist sagedust ja trasse arvestades avaldasime arvamust, et lähemate aasta-



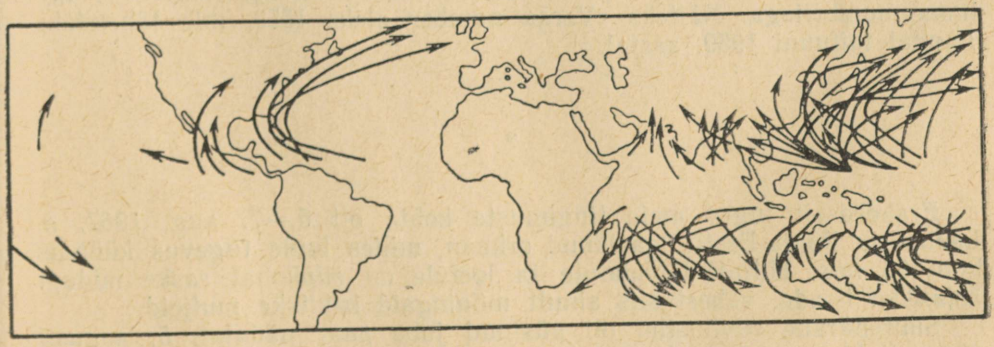
Joon. 6. Vesipüks Costa Bravas, Hispaanias, 2. sept. 1965. a. (Weather, okt. 1966).

kümnete jooksul ligikonnas midagi sellist enam ei juhtu. Muidugi, ausõna ei saa ilmaennustaja ka parema tahtmise juures anda. Ei möödunud aastatki, kui vaevalt kolm kilomeetrit eemal möllas tromb. Vastseliina sovhoosi Halla osakonna mail lammutas ta pulmamaja koos kõrvalhoonetega, raputas tõsiselt peremeest ja väimeest, lennutas õhus noorperemeest jne. jne. 15. aug. 1966 tuli tromb Tõravere observatooriumi meteoroloogilisest vaatlusväljakust vaevalt kilomeetri kaugusele. Elva jõe kaldapealsele jäi lebama palju puid.

*

Troopilistes tsüklonites — taifuunides —, kus on erakordselt suured õhurõhu gradiendid, ei ole tuule kiirused palju väiksemad kui trombides ja tornaadodes. Troopilised tsüklonid tekivad põhja- ja lõunapoolkera passaatide ristumise rajoonis (joon. 7) ja nende tekkemehhanism ei ole tänaseni päris selge. Taifuunide raadius ulatub 200 kuni 500 kilomeetrini ja nad võivad läbida tuhandete kilomeetrite pikkusi vahemaid. Taifuunide omapäraks on pilvemasside sümmeetriline koondumine ümber tsentri (joon. 8). Tsentris, mida nimetatakse taifuuni silmaks ja mille läbimõõt ulatub 20 kuni 60 kilomeetrini, on taevas pilvitu ja valitseb tuulevaikus. Ümber silma on silindrikujuliselt koondunud süngelt tumedad pilvemassid, mis moodustavad keeriseks «rullitud» taifuuni seinad. Siin märatsevad metsikud tuuled ja vihmad. Kui pärast taifuuni laastavat esiosa jõuab kohale silm, tekib peibutav tuulevaikus. Mõnekümne minuti pärast asendub see aga raju ja sajuga. Igal aastal tekitavad taifuunid suuri kahjusid. 26. septembril 1959. aastal Jaapanis raevutsenud taifuuni «Vera» ohvriks langes üle viie tuhande inimese ja 451 027 maja. «Vera» uputas või heitis kaljudele 437 laeva, nende hulgas 12 ookeaniaurikut. Muuhulgas haaras orkaan «sülle» 7412-tonnise kandejõuga Inglise auriku koos saja reisijaga ja heitis selle kaldale!

II maailmasõja päevilt on ameeriklastel kombeks anda taifuunidele naisenimesid. Romantilised naisenimed nagu Dina, Telma, Edith, Sara, Norma, Mary jne. koletisliku taifuuni nimedena mõjuvad intrigeerivalt. Naisenimede kasutamiseks on nähtavasti tõuke andnud teatava osa naiste võimukus, püüe poliitikasse ja meeste ametiasjadesse sekkuda, kinotähtede intriigid ja kapriisid. Põhjuseks on osaliselt ka see, et lendurid ja meremehed, kelle elukutse sageli seab neid silm silma



Joon. 7. Taifuunide sagedasemad liikumisteed.



Joon. 8. Taifuuni tuule- ja pilvede süsteemi läbilõige: *a*) taifuuni pilvede süsteemi vertikaalne läbilõige, keskel taifuuni silm; *b*) taifuuni keeriselise pilvede süsteemi pealtvaade.

vastu selle hirmuäratava loodusjõuga, eelistavad taifuunidega seotud süngesse professionaalsesse sõnavarasse sisse tuua elevust ja isegi pikantsust, mis pakub neile teatavat lõdvestust. Jaapanlased on teisel arvamusel. Nad eelistavad jätta naistele nende nimed, tähistades taifuune numbritega. Näiteks «Vera» number oleks 1559, mis tähendaks 15-ndat taifuuni 1959. aastal.

*

Erakordselt tugev meie tingimuste kohta oli 6.—7. aug. 1967. a. Lääne- ja Põhja-Eestit laastanud orkaan, milles tuule tugevus küündis kuni 35 m/s. Hiljuti läbielatule ja loetule on siinkohal raske midagi asjalikku lisada, vahest siis ainult mõningaid isiklikke muljeid.

Suurepärane suvitusilm oli püsinud juba paar nädalat. 5. augusti õhtu oli Haapsalus tuulevaikne ja 28 kraadiga lausa lämmatav. Atmo-

sfäär oli stardieelselt pinev, õhtune ilmateade aga erakordset ei lubanud. Nõrk tsüklon, mis Läänemere lõunakandis külma õhu survele vastuseisval frondil olevat tekkinud, näis tavalisena ega tõotanud meid eriliselt ähvardada. Öösel krabistas katusel vihm, mis hommikuks muutus tormikolinaks. Keskhommikul andis raadio ilmajaama tormihoiatuse. Õhtu eel laiutas promenaadil meri. Narmasteks kistud laineharjad paiskusid üle kaldavalli ja ähvardasid Ees- ning Tagalahte ühendada. Soolane vesi uputas Ernst Enno samba lävel lillepeenart. Aastakümneid Bernhard Laipmanni samba kõrval auvalves seisnud meetrijämedused hõbepajud rebiti tormi survel Väike-Viigi kaldale jalust maha. Õhus lendlesid katustelt lahtirebitud plekitahvlid — tuli hoolega eemale hoiduda nendest hiiglaslikest žiletiteradest. Mahalangenud puud ja telefonitraadid sulgesid tänavaid. Pime, elektri-, raadio- ja telefonita pühapäevaõhtu ja järgnev öö ei toonud selgust, milline on olukord mujal. Esmaspäev oli samuti rajupäev, kuid see oli juba taltunud raju. Teisipäeval Paralepas põlvili surutud metsaveeres seistes olid mõtted filosoofilisemad kui kunagi varem. Asjalikkus naasis, kui nägin metsamehi siinsamas oma plaane arutamas. Linnast aga kostis vilgas haamrikolin ja saesahin. Optimistlikult ja pisut humoorikana mõjus vaatepilt, kus eite-taati katusele langenud puud saagisid — teine teisel pool katuseharja, nagu oleks neil tõsine kavatsus maja pooleks saagida.

H. Tooming

TORM

Meri, meri, meie ema,
suur ja lai ja rahuta
hakkab valjult kõnelema,
vihaselt ta vahutab.

Õhtust musti pilvi vajub,
rahest raskeid, vihma täis.
Aga nende kannul raju
piitsa vihistades käib.

Laine tõuseb, laine voogab,
pahisedes peale vaob.
Kivi jõuga, haamri hooga
paati pillutab ja taob.

Täna naine rannaperest
kaldalt paate üle loeb.
Sest et tormi ajal merel
mõndagi näeb mehepoeg.

Torm on merel. Kõik ta laius
on üks möll ja vastuhakk.
Vastu kaldakive raiub
laine vägev lõvilakk.

Juhan Smuul

KAS ON OLEMAS ÜHEKSAS LAINE?

Meri on haruharva vaikne. Tugeva tuulega, sageli ka vaikse ilmaga voogavad merepinnal lained. Lainetus tekib väliste mõjutuste tagajärjel. Tasakaaluasendist väljaviidud merepind hakkab võnkuma. Tasakaaluasendit püüavad taastada kaks jõudu — pindpinevus ja raskusjõud. Olenevalt sellest, kumb jõud on domineeriv, eristatakse kapillaar- ja gravitatsioonilaineid. Väga nõrga tuule korral tekib virve, nn. kapillaarlained, mis on väga väikese lainepikkusega, sest juba lainepikkusel (s. o. kahe naaberharja vahelisel kaugusel) 1,72 cm on tasakaalustavad jõud võrdsed. Virve tekib niipea, kui tõuseb tuul, ja kaob tuule vaibudes otsekohe.

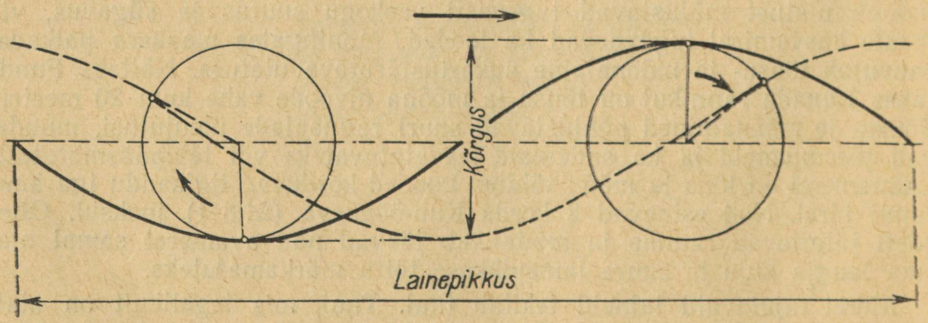
Merel on suurem tähtsus gravitatsioonilainetel, mida omakorda liigitatakse tekkepõhjuste järgi. Tähtsamad liigid on tõusu-mõõna ja tuule poolt tekitatud lained.

Tõusu-mõõna lained sünnivad põhiliselt Kuu, kuid ka Päikese ja Maa vaheliste vastastikuste mõjutuste tulemusena. Ekslik on arvamus, et tõus ja mõõn on põhjustatud ainult Kuu ja Maa vastastikusest külgetõmbejõust. Niisama suurt mõju avaldab tsentrifugaaljõud, mis tekib Maa tiirlemisel ümber Maa ja Kuu ühise raskuskeskme. Raskuskese asub 0,7 Maa raadiuse kaugusel tema tsentrist Kuud ja Maad ühendaval sirgel. Tõusu ja mõõna ulatust mõjustavad tugevasti veekogu suurus ja sügavus, viimaste kasvamisel tugevnevad ka looded. Mõningates maakera paikades saavutab tõusu- ja mõõnalaine aukartustäratava ulatuse. Näiteks Fundy lahes Kanada rannikul on tõusu ja mõõna nivoode vahe kuni 20 meetrit. Tõusu- ja mõõnalained põhjustavad suuri rannaalade üleujutusi, muudavad jõesuudmeid ja ka sadamaid laevatatavateks või läbipääsmatuteks. Läänemerel on tõus ja mõõn tühine. Looded korduvad ligikaudu iga kuue tunni järel. Nad esinevad 2 korda Kuu-ööpäeva (24,8 t) jooksul. Olles hästi jälgitavad rannas ja madalikel, jäävad nad avamerel samal ajal oma laugja kuju ja suure lainepikkuse tõttu märkamatuteks.

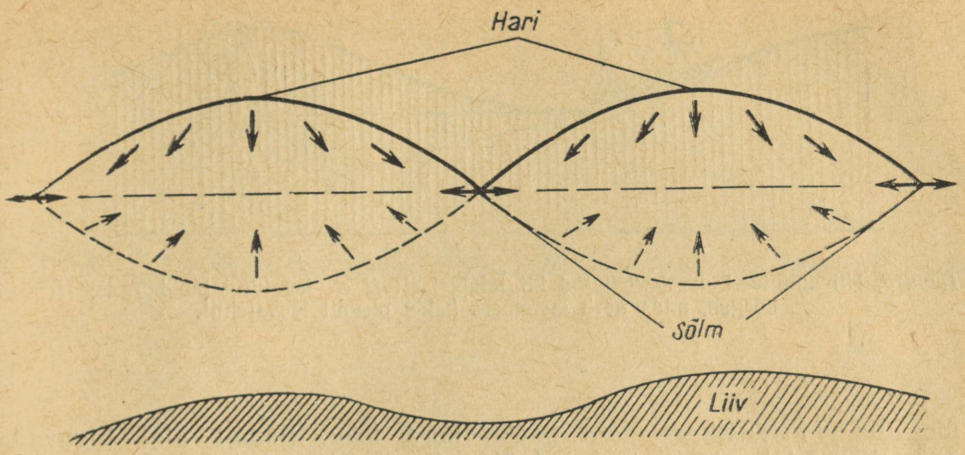
Merel tajutavaid laineid tekitab tuul. Tuul, mis tegelikult on alati puhanguline, viib vee tasakaaluasendist välja. Tasakaaluolekut püüab taastada raskusjõud. Veepind hakkab võnkuma tasakaaluasendi ümber

ja tulemusena tekivad lained. Lainetuse jälgimisel näib, nagu liiguks vesi koos lainetega edasi. See on ainult näiv liikumine. Edasi liigub ainult lainetus. Selles on kerge veenduda, vaadeldes vees ujuvat eset. Selgub, et lained nagu libisevad ta alt läbi, teda tõstes ja langetades. Laine liigub seda kiiremini, mida suurem on lainepikkus. Kuidas siis liiguvad veeosakesed? Täpsemad vaatlused näitavad, et pinnal asuvad veeosakesed liiguvad mööda kinnisi trajektoore, tehes ühe täistiiru laine edasiliikumisel lainepikkuse võrra. Kui laine on küllalt lauge, siis on osakeste trajektoorid ringid. Nii on nad kujutatud ka meie skeemil (joon. 1). Pinnakihi all olev veemass ei saa samuti jääda liikumatuks. Pinnakihis olevad osakesed hõõrduvad vastu nende all olevaid osakesi ja panevad nad liikuma, need omakorda mõjutavad järgmisi jne. Tulemusena haarab lainetus kogu meres oleva vee kuni põhjani. Trajektooride mõõtmed aga vähenevad sügavuse kasvades kiiresti. Näiteks sügavusel, mis on võrdne lainepikkusega, on osakeste võnkumise raadius vähenenud 512 korda. Seda võib lugeda praktiliseks lainete leviku piiriks. Me võime liigitada lainetust sõltuvalt sellest, kas lainete levik sügavusse on takistatud või ei. Kui veekogu on madalam leviva laine pikkusest, siis osakeste võnketrajektoorid ei ole enam ringikujulised. Nad venivad välja horisontaalsuunas ja seda rohkem, mida madalam on meri. Muutub nii lainetuse üldilme kui ka iseloom. Lained muutuvad seda järsemaks, mida madalam on meri. Aasovi meri, mille sügavus ei ületa 16 m, on laevaliiklusele üks ohtlikumaid. On hästi teada, et ka meie Peipsil on tormiga nn. terav laine, mis teeb ta ohtlikumaks avamerest. Arvestagem, et Peipsi maksimaalne sügavus on 17,6 m ja keskmine ainult 7,5 m.

Lainetuse üldilme muutub avamerelt madalikule või randa jõudes



Joon. 1. Laine levimisel liiguvad veeosakesed ringjooni mööda.

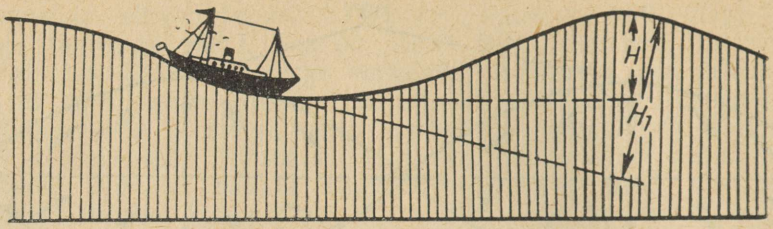


Joon. 2. Seisva laine sõlmedes liigub vesi horisontaalselt, harjade kohal aga vertikaalselt.

analoogiliselt. Avamere küllalt lauged lained muutuvad madalikule jõudes järsemaks. Lainetusest osavõtva vee mass väheneb ja laine energia jaotub väiksema veehulga vahel. Et sügavuse kahanedes väheneb ka lainetuse levimiskiirus, siis väheneb pidevalt laineharjade vaheline kaugus.

Lugeja on arvatavasti märganud, et millises suunas tuul ka ei puhuks, s. o. mis suunas ka lained avamerel ei leviks, madalikule jõudes lainefront pöördub, muutudes sageli paralleelseks kaldaga. Põhjus on väga lihtne. Kui laine läheneb kaldale mingi nurga all, siis ei jõua kogu lainefront üheaegselt madalikule. Nagu me juba teame, madalikule jõudes levimiskiirus kahaneb. Need lainefrondi osad, mis jõuavad madalikutsooni varem, nagu takerduvad ja ootavad teisi järele. Lainerinne hakkab pöörduma kalda suunas. Levimiskiirused võrdsustuvad sel juhul, kui vee sügavus on kogu lainefrondi ulatuses sama. Selline olukord tekib siis, kui front on enam-vähem paralleelne rannajoonega. Kas aga lainefront on alati paralleelne kaldaga? Ei. Mida lamedam on põhi, seda rohkem muutub lainefrondi suund. Seevastu kohtades, kus vee sügavus kasvab väga kiiresti, lainefrondi suund kaldale jõudes peaaegu ei muutu.

Kaldale jõudes lained purunevad, kuid mitte täielikult. Osa lainetuse energiast peegeldub tagasi sarnaselt hääle peegeldumisega (kaja). Kaldale jõudev ja tagasipeegelduv laine liituvad. Moodustub seisev laine ja lainetuse pilt kaldaäärses piirkonnas muutub. Seisva laine sõlmedes on veepind paigal, tasakaaluasendis. Sõlmede vahel aga liigub



Joon. 3. Nii sünnivad meremehejutud hiiglalainetest: H — tegelik laine kõrgus; H_1 — kõrgus, mida näeb meremees kaldu olevalt laevatekilt.

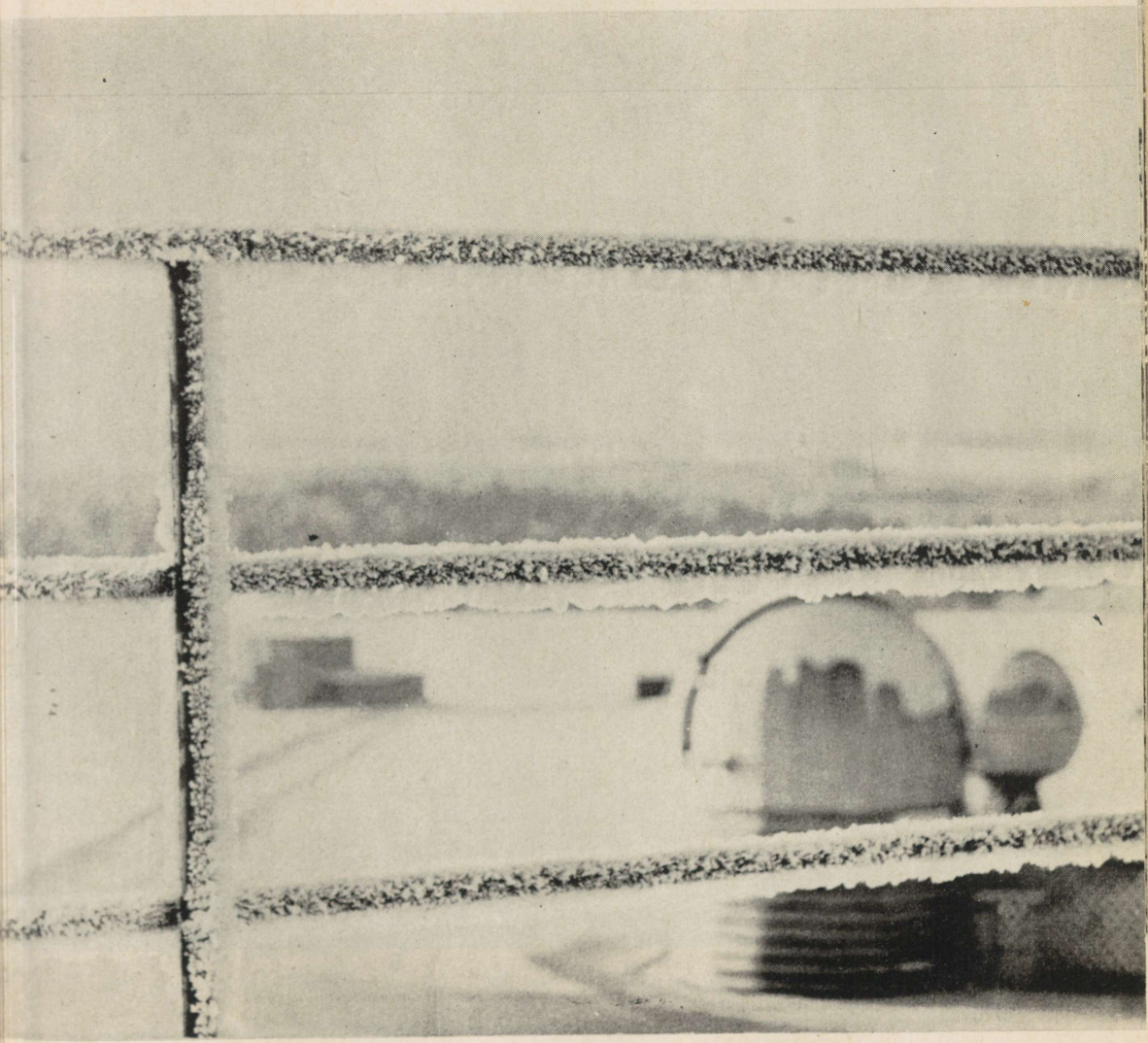
üles-alla, moodustades kord harja, kord lohu. Samal ajal liiguvad veeosakesed lohu ja harja kohal üles-alla, nende vahel asetsevates sõlmedes — edasi-tagasi, vahepealsetes punktides aga kaldsuundades. Kui põhi on liivane, siis haaravad veeosakesed kaasa ka liiva ja see paigutub ümber. Liiv uhutakse sõlmedest ära ja see sadestub lohu-harja alla. Merepõhja tekib laineline muster. Mustriharjad on paralleelsed lainefrondiga (vaadelge seda liivasel rannal).

Kui suuri laineid esineb? Kõige kõrgemad vaadeldud lainetest on olnud umbes 15-meetrised. Kunagi ei saavuta lained selliseid müstilisi kõrgusi (30 meetrit ja enam), mida olevat nähtud varasematel aegadel. Mis viis sellistele eksiarvamustele? Lainete kõrgust tugeva tormi ajal ei olegi nii lihtne määrata. Vead on tulnud tavaliselt laevateki kallaku ebaõigest arvestamisest. Kuid pole viga, ka tegelikkuses esinevad lained on küllaltki aukartustäratavad. See on ju kolme, kaasajal aga juba neljakordse maja kõrgus. Niisugused lained esinevad ainult ookeanidel.

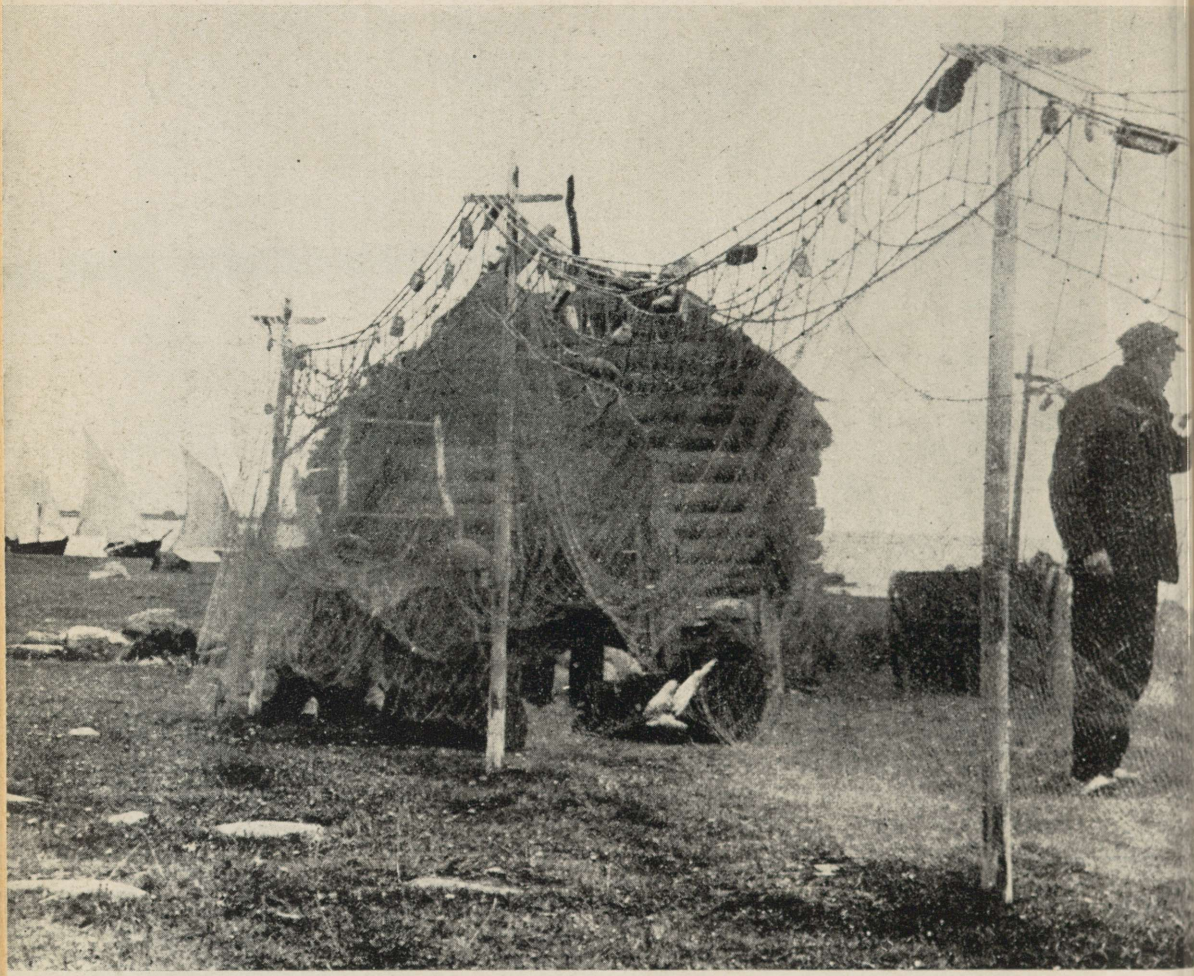
Mis siis piirab lainete suurust? Kui kaugele lained levivad ja kui kiiresti?

Lainetuse tekitamiseks on vaja energiat. Tuulelainetus, nagu juba nimigi ütleb, saab oma energia tuulelt. Energia ülekandumine lainetusele võtab aga aega. Kuid lainetus kulutab samuti energiat ja seda rohkem, mida tugevam ta on. Järelikult kasvavad lained niikaua, kuni tuule poolt saadav energia on suurem kulutatavast. Keskmise tormi korral tekib tasakaal ja lained saavutavad maksimaalse kõrguse umbes 24 tunni möödudes.

Osa lainetuse energiast kulub veeosakestevahelise hõõrdumise ületamiseks. Madalate veekogude puhul on oluline ka veeosakeste hõõrdumine vastu ebatasast põhja, mis on palju suurem veeosakeste omavahelisest hõõrdumisest. Lained kaotavad oma energiat veel murdumisel. Kui laine lohu ja harja kõrguste vahe muutub suuremaks kui $^1/_7$ laine-



Tõravere härmas kuplid. *M. Sulevi foto.*

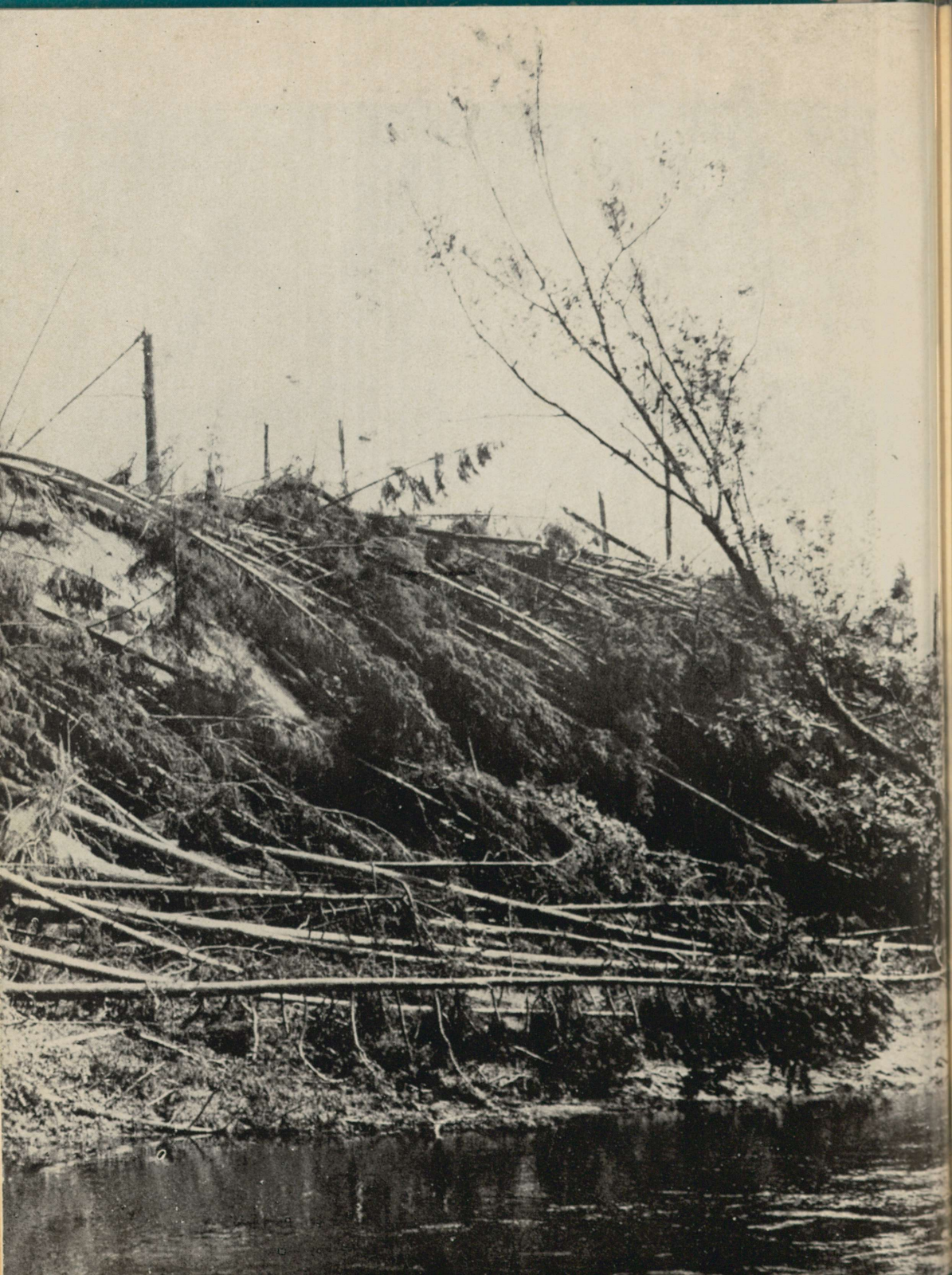


Riguldi rand 1936. a. *A. Elleri foto.*



Trombi purustustöö Vindsos 27. mail 1966. *M. Sulevi foto.*

Trombimurd Võhandu kaldapealsel 27. mail 1966. *M. Sulevi foto.* ▶



pikkusest, siis muutub laine ebapüsivaks. Lainehari murdub mürinal. Tekib vahune hari ja osa laine energiast muundub hõõrdumise tagajärjel soojuseks. Analoogiline lainete murdumine ja energiakadu esineb madalikule või randa jõudes. Suurem osa laine energiast kulub aga vastu kallast tekkiva hõõrdumise ületamiseks. Kui veekogu on väike, siis jõuavad lained randa enne, kui nad on jõudnud koguda küllaldaselt energiat Viimane ongi peapõhjuseks, miks näiteks Läänemere lained on väiksemad Musta mere lainetest, need omakorda väiksemad ookeanilainetest.

Pärast tuule vaibumist meri ei rahune hetkeliselt. Veel kaua lainetab ta peaaegu endise tugevusega. Mida pikem on laine, seda suurem on ta energia ja seda aeglasemalt ta sumbub. Näiteks 6 meetri kõrguse ja 80 meetri pikkuse laine (sellised lained on suurtel meredel tavalised) võimsus on 240 hobujõudu lainerinde iga meetri kohta. See on aga viie sõiduauto «Moskvitš» võimsus. Tuule vaikides või kui lained jõuavad välja tormi piirkonnast, vältab lainetus veel kaua. Sellist lainetust nimetatakse ummikaks. Suurema lainepikkusega ummiklained võivad läbida tuhandeid kilomeetreid.

Me vaatlesime ainult kindla lainepikkusega lainet. Veelainetusel ei ole omavõnkesagedust, nii nagu see on muusikainstrumentidel. Seetõttu on eluõigus väga erineva pikkusega lainetel. Mida tugevamini puhub tuul, seda suurema lainepikkusega lained tekivad. Nagu eespool märkisime, on tuul aga puhanguline. Muutub nii tema tugevus kui ka suund. Lainetus kaotab range korrapärasuse. Nii esineb merel väga mitmesuguse lainepikkuse ja tugevusega ning erinevates suundades leviv liitlainetus. Viimasest leiame vastuse küsimusele, miks lained alati randa jooksevad. Jaa, lained tulevad alati randa, samal ajal nii Tallinnas kui Naissaarel, nii põhjast, lõunast kui ka idast ja läänest.

Eespool nägime, et veeosakesed ei liigu lainetusega kaasa. Kuid see ei ole päris täpne. Küllalt kaua kestnud tugeva tuule mõjul hakkab vesi tuule suunas edasi liikuma. Vaatamata tuule kestusele on edasivoolu kiirus võrratult väiksem lainete levimiskiirusest. Nii tekitab tuul hoovusi passaatide piirkonnas. Analoogiliselt tekivad rannaalade üleujutused ka tormi ajal, kui tuul puhub merelt. Eestis on suuremaid üleujutusi esinenud Pärnus.

Vaatleme, mida kujutab endast üheksas laine. Legend temast tekkis juba inimkonna koidikul. Usuti, et tormi ajal on vaja eriti karta teistest suuremat üheksandat lainet, mis järgneb regulaarselt igale kaheksale vahepealsele. Kuid see pole alati olnud nii. Vana-Kreekas peeti kõige ohtlikumaks hoopis kolmandat, Vana-Roomas aga kümnendat lainet. Kunstis, publitsistikas ja ka kõnekeeles on üheksas laine muutunud nii suure ohu kui ka suure jõu sümboliks.

Vaatleme lainetust kas laevatekilt või rannast. Meie üllatuseks selgub, et eriti suured on iga kolmas, viies, kaheksas, vahel ka üheksas.

kolmeteistkümnes jne. laine. Korrapära puudub, lainete suurus muutub nagu ilma mingi põhjuseta. Mis peitub selle taga? Meil oli juba juttu sellest, et nähtav lainetus on nn. liitlaine, mis tekib erinevate lainepikkuste, erineva tugevuse ja levimissuunaga elementaarlainete liitumisel. Erineva lainepikkusega lained levivad aga erineva kiirusega. Tulemusena on liitlaine oma kujult palju keerulisem isegi siis, kui liituvad ainult kaks erineva lainepikkusega lainet. Liitlaine kõrgus hakkab muutuma, perioodiliselt kahanedes või kasvades. Olenevalt lainepikkuste vahekorrast võime saada väga erinevaid maksimaalse kõrgusega lainete kordumisi. Tegelikkus on võrratult keerulisem. Liituvate lainete hulk on suur. Peale selle väheneb mõningate lainepikkuste osatähtsus pidevalt, teiste oma aga kasvab. Tulemusena ei ole kindlat, teistest suuremat lainet, ei kolmandat, kümnendat ega ka kõige müstilisemat üheksandat lainet. Seega võime öelda, et üheksas laine on ainult uskumus. Tõsi on aga see, et lainete kõrgus on muutlik. Tormi ajal ei olegi oluline, mitmes oli laine, mis põhjustas laevahuku või paremal juhul tekitas suuri purustusi. Kuidas aga võidelda tormikahjustuste vastu? Suurte tormide ajal kasutatakse lainete summutamiseks õlikilesid. On teada juhuseid, kus tänu õlikile oskuslikule kasutamisele on hoitud ära laevahukk. Suurt abi annab see päästetöödel, hõlbustades päästepaatide vettelaskmist, laevale lähenemist jne. Mispärast õlikile summutab lainetust? Õlid on pindaktiivsed ained. Sattudes vette, valguvad nad väga kiiresti mööda pinda laiali ja moodustavad veepinnale õhukese õlikile. Lainetus surub laineharjal õlikilet kokku, lohus aga venitab. Õlikile pidev venitamine ja kokkusurumine nõuab aga energiat, mis on seda suurem, mida suurem on õli viskoossus. See on praktikas hästi kontrollitud. Kõige rohkem mõjuvad lainetusele rasvad.

Kui suur on pindkile poolt «neelatav», s. t. vähendatav energia? Ligikaudsed arvutused näitavad, et see on keskmiselt kümneid kordi suurem tuule poolt sama aja jooksul saadavast energiast. Sumbumine on seda suurem, mida väiksem on lainepikkus. Pindkile peaks halastamatult summutama lainetuse. Tegelikkuses asi nii lihtne ei ole. Teatavasti on lained oma energia kogunud pika aja jooksul, summutada aga soovime kiiresti, kattes tühise osa veepinnast, mille ulatuses lained levivad mõni või paremal juhul mõnikümmend sekundit. Sellepärast on lootusetu oluliselt summutada põhilainetust (s. o. suure lainepikkusega laineid). Me saame kustutada väiksema lainepikkusega laineid, mis levivad põhilainetuse foonil. Viimased aga ongi kõige ohtlikumad, sest liitudes teevad nad lainefrondid järsemaks, mille tulemusena lained kaotavad stabiilsuse ja murduvad.

Summutavad õlikiled on merel alatiseks nähtuseks. Merevees on alati olemas õliosakesi, mis katavad veepinda üliõhukese kihina suuremas või väiksemas ulatuses. Neid paiskavad küllaldases koguses merre

laevad ning eritavad kalaparved, vees elunevad väiksemad elusorganismid ja isegi lagunev plankton.

Nõrga tuulega võime merel näha mitmesuguse konfiguratsiooniga heledamaid laike. Heledam on aga piirkond, kus lainetus on väiksem. Lainetuse sumbumises ei ole alati süüdi pindkile. Meri oma mitmekesisuses pakub veel palju võimalusi. Põhjuseks võivad olla kas meres kasvavad vetikad, sügavuste erinevus või ka siselained. Mainitud lained tekivad erineva tihedusega (sageli ka erineva temperatuuriga) veekihtide vahel. Nad on analoogilised lainetusega veepinnal. Et erinevate veekihtide tiheduste vahe on väga väike, siis on niisugused lained hästi lauged, suure lainepikkusega ja väikese levimiskiirusega. Vähendades või suurendades pindlainetusest osavõtva vee hulka, mõjuvad siselained analoogiliselt mere sügavuse muutumisega.

Ü. Mullamaa

MERI ON TÕUSNUD

Meri on tõusnud. Ei ole tal pervi,
Karjamaale veab välkuvaid järvi.

Umbpilvi ümber ja vallastuuli,
Jubestab vaht ta rohekaid huuli.

Sinna ja tänna visklemas huupi,
Raputab sildu ja vintsutab luupi.

Valgust lööb keeriste mustist ustest,
Saadet kiiveti hädaldustest.

Laine kargamas kaldale pakku,
Kobrutust õlult heites kui takku.

Tõuseb ja välgatab haljast kapja,
Astub su aida, tuleb kui tapja.

Meri on täis, juba õue sööbib.
Täna öösi su lävel ööbib.

Ähib ja uriseb augud su unne,
Et sa end eneses kodus ei tunne.

Marie Under

KUS ON MERI KÕIGE TORMISEM?

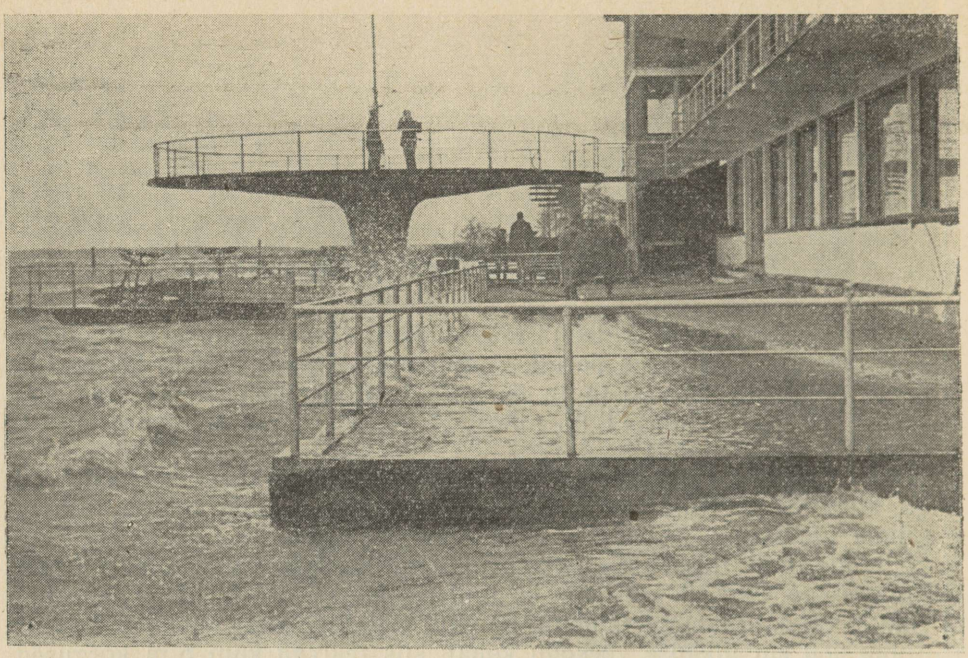
Lainetuse astme (kõrguse) määramiseks on kasutusel 10-palline skaala. Näiteks 4-palliseks peetakse lainetust siis, kui lainete kõrgus on 1,25—2 m, pikkus 25—40 m ja periood 4—5 sekundit; 9-palliseks aga vastavalt kõrgemaid kui 11 m, pikemaid kui 220 m ja suurema kui 12-sekundilise perioodiga laineid.

Laine elemendid — kõrgus, pikkus, periood ja kiirus — sõltuvad tuule kiirusest, kestusest, veekogu sügavusest ja tuule mõjule alluva veepinna ulatusest.

Kindlale tuule tugevusele vastab piir, millest kõrgemaid laineid enam tekkida ei saa, ükskõik kui kaua ka tuul ei puhuks. Sel juhul on tegemist täielikult väljakujunenud lainetusega. Kui 6-palline tuul puhub vähemalt 15 tundi 260 km pikkuse veekogu kohal, siis tekivad kuni 5 m kõrgused ja 150 m pikkused lained.

Erakordselt tugevate tormide ajal ei kujune lainetus kunagi täielikult välja. 11-palline tuul oleks võimeline tekitama maksimaalselt 45 m kõrgusi ja 900 m pikkusi laineid. Selle eelduseks on nii tugeva tuule püsimine 4 ööpäeva vältel 4600 km pikkuse akvatooriumi kohal. Orkaanides, eriti troopilistes tsüklonites on tuule kiirus sageli palju suurem, tsükloni enda läbimõõt aga väiksem. Purustavate Vaikse ookeani taifuunide raadius on tavaliselt 200 kuni 900 km. Selliste keeristormide läbiminekul ei ole aga üks tugeva lainetuse eeldusi — tuule suund — kogu aeg püsiv. Sama tugevusega tuul kutsub erinevatel veekogudel esile erinevaid laineid.

Madalikul laine kuju muutub, ja jõudes sügavuseni, mis võrdub 1,3 laine kõrgusega, ta murdub. Madala lauge ranniku puhul võib lainemurd olla kaldast paari kilomeetri kaugusel. Aafrika, Lõuna-Ameerika, Vaikse ookeani ja Okeaania saarte rannikul kohiseb aasta läbi murdlainetus. Ummiklained saavutavad tuulevaikuse ajal vahel kõrguse 4—8 m. Neid saadavad randa tuhandete kilomeetrite kaugusel möllavad tormid. Tormilained, mille kõrgus sügavas vees on 4—6 m ja mille harjad kulgevad rannajoonega paralleelselt, kutsuvad esile 6—7 m kõrgusi murdlaineid. Tugevate tormide ajal võib viimaste kõrgus olla isegi 10—11 m.



Joon. 1. 18. oktoobri 1967. a. torm Pärnus. Veel keskpäeval, kui meri oli juba tagasi tõmbumas, uhtus laine «Rannahoone» müüri. *(A. Randmeri foto.)*

Lainete põrkamisel vastu pankrannikut või sadamaehitisi paiskub vesi mitmekümne meetri, mõnes kohas isegi 50—60 m kõrgusele. Murdlained on takistuseks laevasõidule ja neid tuleb arvestada sadamate ehitamisel. Et suurem osa laine energiast koondub murduvasse laineharja, siis tekitab see ees olevatele takistustele suuri purustusi. Tugeva tormi ajal on vertikaalpinnal mõõdetud lainerõhk kuni 60 tonni ruutmeetri kohta. Selline tohutu surve kestab küll ainult murdosa sekundist. Lainemurdjate projekteerimisel Läänemerel arvestatakse võimalikku rõhku 11 tonni ruutmeetri kohta, Põhjamerel — 17 tonni, Biskaia lahes — 20 tonni ja Maroko rannikul — kuni 25 tonni ruutmeetri kohta. Vahel siiski osutub, et looduse stiihia on võimsam tehnikast. Cherbourg'i sadamas La Manche'i ääres heitsid kord lained 3,5-tonnised kaljupangad üle 6 m kõrguse müüri. Amsterdamis kergitati 20-tonnine betoonplokk 3,7 m kõrgusele ja heideti sadamasillale.

Rannikul toimub pidev võitlus mere ja maa vahel. Lainemurd uhub

veepiirini ulatuvat järsakrannikut nii, et viimane peab järk-järgult taganema. Üheksa sajandi eest oli Põhjameres asuva Helgolandi saare pindala ligi 900 km². Nüüd aga ümbritseb ühest ruutkilomeetrist väiksemat kaljust maalappi kariderohke madal meri. Teisal aga tekivad maasääred ja liivaplaažid. Sadamasildade, lainemurdjate jt. tehistõkete taha kuhjub sageli setteid, mida lained ja hoovused piki rannikut edasi kannavad. Lainete poolt edasiaetavaid setteid ei arvestatud näiteks Sotši ja Otšamtšire sadamate ehitamisel. Musta mere Kaukaasia ranniku igast punktist kantakse aastas mööda kuni 30 000 m³ kruusa. Sadamate puhastamine ja süvendamine nõuab seetõttu igal aastal suuri kulutusi. Hollandlased kasutavad lainete ja hoovuste kuhjavat tegevust maa juurdevõitmiseks. Madalasse merre rajatakse kaldaga paralleelsed ja veepinnani ulatuvad tammid. Aja jooksul täitub kalda ja tammi vahe setetega.

Lainetes peituv energia on tohutu — ühe ruutkilomeetri suuruses tormises meres kuni 10 miljardit kilovatt-tundi. Lainete energiat on püütud rakendada inimese teenistusse. Rohkesti on leiutatud veepumpi, Tokio lahte püstitati 1966. a. majakas, mille valgus saadakse laineenergiast. Üldiselt on aga lainetesse koondunud energia kasutamine olnud rohkem katselist laadi ja üsna piiratud ulatusega.

Lainete geograafiline levik on otseselt seotud tuulte jaotusega maakeral. Lihtsustatud skeemi järgi on viimane ookeanide kohal järgmine. Ekvaatori lähistel on tuulevaike ja nõrkade muutlike tuulte piirkond. 25.—30. paralleelilt puhuvad ekvaatori suunas erakordselt püsivad, põhjapoolkeral kirde-, lõunapoolkeral — kagupassaadid, mille kiirus on 5—6 m/s. Mõlema poolkera 40.—60. laiuskraadidel esinevad tugevad läänekaarte tuuled.

Keskmine lainete kõrgus, mis leitakse mingi ajaühiku jooksul esinenud suuremate lainete põhjal, on ookeanides ainult paar meetrit. Kõige väiksem on ta eespool nimetatud vaikusevööndis, kuhu tuulelainetuse alalt jõuab ummikas. Ekvaatoril on 70—80% lainetest madalamad kui 2 m. Passaatide piirkonnas on lained samuti madalad, kuid ummikaga võrreldes palju lühemad (60—70 m).

Hoopis tugevam on lainetus ookeanide põhjaosas. Atlandi ookeanil, Euroopa ja Põhja-Ameerika vahel, on tormilained 5—7 m kõrgused ja 100—120 m pikkused. 6 meetrist kõrgemate lainete esinemissagedus on 15%. Vaikse ookeani põhjaosas on lainetus veidi nõrgem.

Omapärane on India ookeani põhjaosa dünaamika. Talvise kirdemussooni perioodil on laine kõrgus valdavalt alla 1,2 m. Suvise edelamussooni ajal on lained aga poole kõrgemad. Samal ajal teiste ookeanide põhjaosas lainetus nõrgeneb.

Kõige tormisem on ookean lõunapoolkeral laiustel 40—50°, nn. mõirgavatel neljakümnendatel. Läänetuulte poolt tekitatud lainete arengut ei tõkesta maismaa ja nii kujuneb Antarktise mandrit ümbritsev

tormilaine vöönd. Suvel on lained keskmiselt 2—2,5 m kõrgused, talvel kuni 3,5 m kõrgused ja kuni 300—400 m pikkused. 1956. a. registreeriti Lõuna-Atlandil Balleny saarte juures Nõukogude ekspeditsioonilaevalt «Ob» 26 m kõrgune laine, mida peetakse kõrgeimaks usaldusväärselt määratud laineks üldse. Suuremaid laineid on määratud visuaalselt, kuid tormimõllus asuval laeval osutub see meetod kaunis ebatäpseks. Tormiseim on maailmameri India ookeani lõunaosas Kergueleni saare ümbruses. On välja arvestatud, et seal võib esineda 30—35 m, Drake'i väinas ja Uus-Meremaast lõuna pool kuni 25 m kõrgusi laineid.

Lainetus Läänemerel on mere madaluse, liigestatud rannajoone ja saarterohkuse tõttu nõrk. Avamerel on 70—75% laineid kõrgusega alla 1 meetri. Suuremat osa merest haaravaid 11—12-palliseid torme esineb harva, kord 4—5 aasta jooksul. Sel juhul saavutavad lained avamerel maksimaalse kõrguse 10—11 m ja pikkuse 140—160 m.

Meie suurimal siseveekogul — Peipsi järvel — ulatuvad lained 2,5—2,8 meetrini. Peipsi lained on väiksematele laevadele palju ohtlikumad kui niisama suured või isegi veidi suuremad merelained, sest järvel on lained lühemad ja järsemad.

Ülaltoodud ookeanide keskmisest palju tugevam lainetus esineb tsüklonite ülemineku ajal. Tõeliseks loodusõnnetuseks on troopikaalade tsüklonid, mis on sagedasemad (umbes 30 aastas) Vaikse ookeani lääneosas, kus neid nimetatakse taifuunideks.

Orkaanide poolt üleskuhjatud vesi tekitab igal aastal erinevate maade rannikul üleujutusi, millega kaasnevad tohutu materiaalne kahju ja inimohvrid. Sagedased on üleujutused Aasia ida- ja lõunarannikul ning Lääne-India saarestikus ja Põhja-Ameerika kagurannikul.

Minevikus, kui ei teatud tormide lähenemisest, oli tekitatud kahju eriti suur. Madalaveelise Bengaali lahe rannikul hukkus kahe tohutu üleujutuse tagajärjel (1864 ja 1875) 250 000 inimest.

1900. a. hoiatati USA Mehhiko lahe äärse Galvestoni linna elanikke läheneva orkaani eest. Sünoptikute teadet ei võetud aga tõsiselt. Tugevate tuulte mõjul tõusis veetase algul pikkamööda, siis aga mõne sekundiga üle meetri. Selle tagajärjel uppus ligi 6000 inimest.

1959. a. septembris jõudis Jaapani rannikule taifuun «Vera», millega kaasnenud kõrgvesi tungis üle kaitsetammide ja voolas Nagoja linna. Surma sai 5500 ja peavarju kaotas 1,6 miljonit inimest.

Tormilained on paisanud rööbastelt raudteeronge ja kandnud merelaevu kaugele sisemaale. Kolossaalsed purustused ja ohvrid on tingitud sellest, et suure kiirusega liikuvad orkaanilained tulevad tihti 3—6 m kõrguse vallina.

Tormiüleujutusi leiab aset ka väljaspool troopikat. Seoses tsüklonaalse tegevuse intensiivistumisega on tormid sagedased Põhja-Atlandil. Jõu ja purustuste poolest enneolematu orkaan möllas Põhjamere

kohal 31. jaanuaril ja 1. veebruaril 1953. a. Tuule kiirus oli puhanguti üle 60 m/s, ööpäeva keskmine 20—30 m/s. Lained olid madala Põhjamere kohta samuti erakordsed — 10 m kõrgused. Tormilaine langes peaaegu ühte loode tõusulainega. Rohkesti laevu läks põhja, kallastest väljunud meri (vesi tõusis 2,5—3,5 m) ujutas Ida-Inglismaal, Madalmaades. Taanis ja mujalgi üle 25 000 km². Uputuse tagajärjel hukkus 2000 ja ilma peavarjuta jäi 600 000 inimest. Kõige rohkem kannatas Holland, kus lained murdsid läbi kaldakindlustustest ja ujutasid üle meretasemest madalamal asuva visa tööga merelt võidetud maa.

Tuulest on tingitud ka märkimisväärsed veetaseme kõikumised Läänemerel. Kõige rohkem on kannatada saanud Leningrad. Linna asutamisest peale on Neeva rohkem kui 50 korral tõusnud üle 2 m ja 3 korda (1777, 1824 ja 1924) üle 3 m. 1824. a. novembris tõusis vesi 3,75 m kõrgusele ja ujutas üle suurema osa linnast. Peaaegu niisama kõrgele (3,69 m) tõusis vesi sada aastat hiljem — 23. septembril 1924. Vee alla jäi 70 km² linnast, kannatada sai palju hooneid. Inimohvreid oli tänu ettevaatusabinõudele vähe. Leningradi üleujutused tekivad sügavate tsüklonite läbiminekul, kui õhurõhu muutused, tugevad läänetuuled ja hoovused kuhjavad vee madalasse ning kitsasse Neeva lahte. Vee tõusu soodustavad veel sügisene suurvesi Neevas ja enne tormi püsiv kõrgem veeseis Soome lahe idaosas. Üleujutusi saab vältida kaitsetammide ehitamisega Neeva lahte, mille kohta on projektid juba olemas.

Viimase 50 aasta suurim veetõus Eesti rannikul oli 18. oktoobril 1967. a. Sügava tsükloni läbimineku ajal oli tuule tugevus puhanguti 11—12 palli. Pärnus kerkis vesi 2,5 m üle Kroonlinna «0». Sellega ületati senine rekord 70 sentimeetriga. Mujal Eesti rannikul oli vesi umbes 1,5 m üle keskmise. Peale Pärnu toimus üleujutus Kingissepas ja Haapsalus.

Tuule osa veekogudel ei piirdu ainult lainete ja üleujutuste tekitamisega. Ta on üheks merehoovusi liikuma panevaks jõuks. Hoovused omakorda avaldavad mõju kliimale. Näiteks Euroopa läänerannikul, millest möödub soe Põhja-Atlandi hoovus, on aasta keskmine õhutemperatuur 10° kõrgem kui samadel laiustel Kanada idarannikul, mida uhuvad Arktikast tulevad külmad veed. Soojad hoovused tingivad sademeterohkuse, külmad — kuivuse.

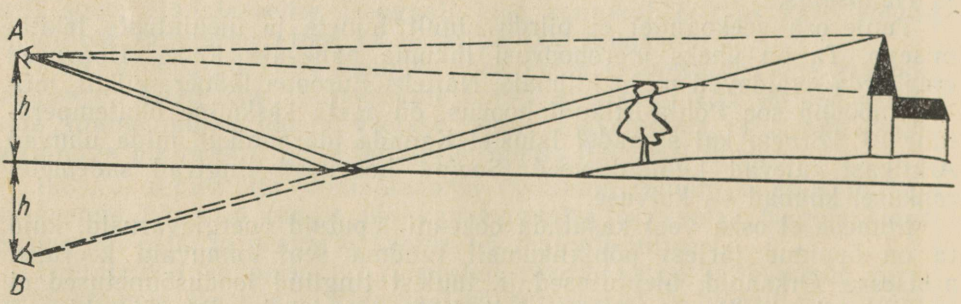
Inimene ei oska veel kasutada ookeani lõputuid energiavarusid, kuid ta on õppinud järjest põhjalikumalt tundma seal toimuvaid keerulisi protsesse. Orkaanid, üleujutused jt. tuulest tingitud loodusõnnetused ei taba rannikualasid enam ootamatult. Kaasaegsed vahendid võimaldavad neid avastada juba tekkestaadiumis. Teaduse areng näitab, et ei ole kaugel aeg, mil neid võib ennustada pikema aja peale ette.

H. Mardiste

PEEGELDUSED VEEL

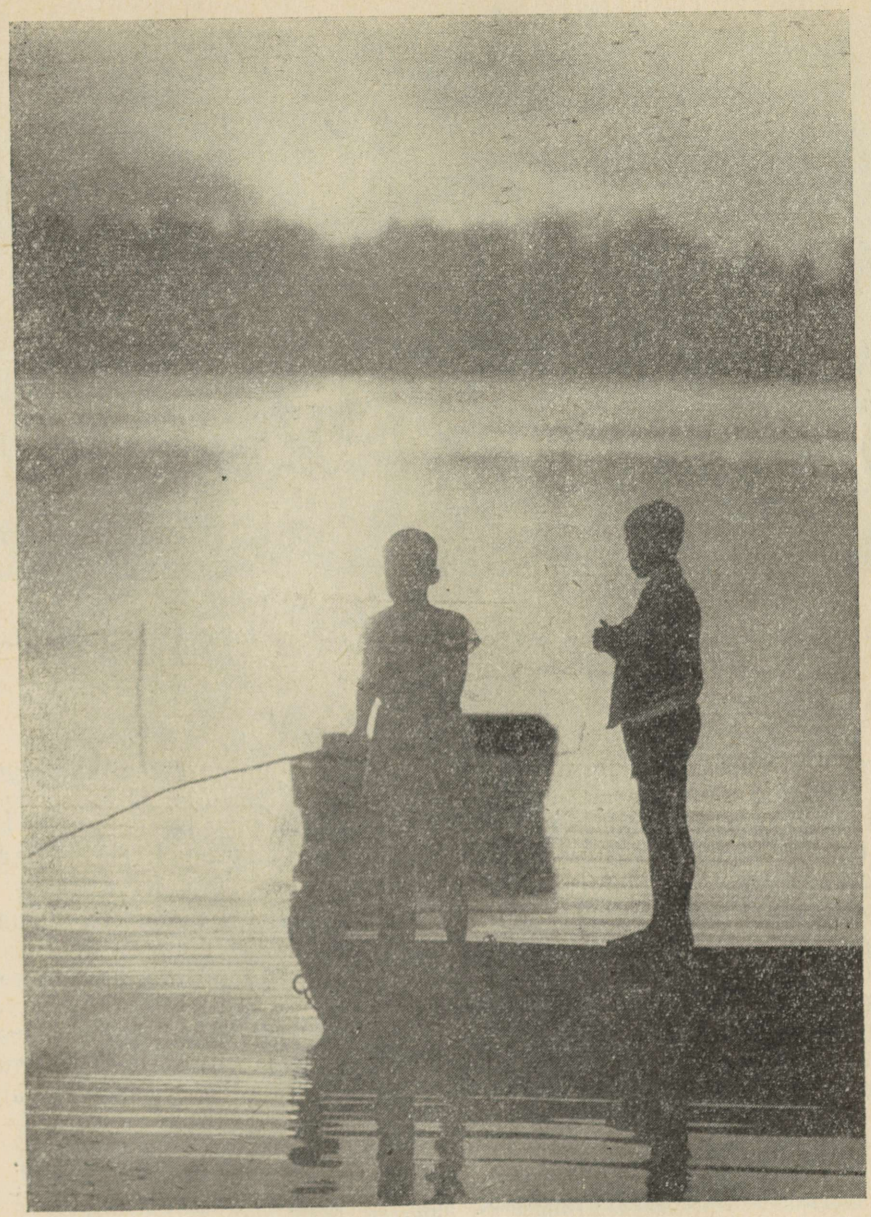
Valguskiired, kohates oma teel siledat veepinda, peegelduvad suuremal või väiksemal määral. Mida suurem on kiirte kaldenurk, seda heledam on peegeldus. Peegeldunud kiire teed võime alati ette arvutada, sest peegeldumine toimub üsna lihtsa seaduse järgi. Juba keskkooli füüsikakursusest on teada, et langev ja peegeldunud kiir asuvad tasandis, mis on risti peegelpinnaga. Langemis- ja peegeldumisnurgad on aga võrdsed. Seda on lihtne kontrollida ka looduses, vaadeldes Kuu või mõne teise taevakeha peegeldumist tasaselt veepinnalt. Näeme, et Kuu ja tema peegeldus asuvad vertikaaltasandis (veepind on horisontaalne), Kuu ja tema peegelduse nurkkaugused horisondist on aga võrdsed.

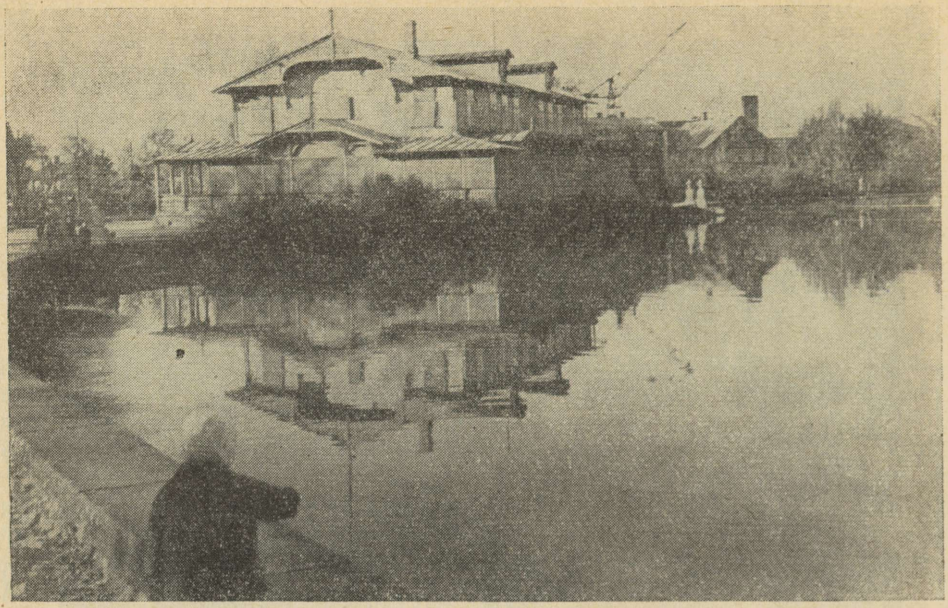
Väga tihti arvatakse, et maastik ja tema peegelpilt vees on identsed, ainult tagurpidi pööratud, see on aga kaugel tegelikkusest. Milles on siis küsimus? Võrdleme tähelepanelikult maastikku ja tema peegelpilti. Meist erineval kaugusel olevad esemed nagu muudavad oma asendit üksteise suhtes. Mida lähemal nad meile on, seda pikemana näib nende



Joon. 1. Vaadatuna punktist *A* on maastik ja tema peegelpilt erinevad. Vaatleja näeks maastikku peegelpildiga samasugusena, kui ta vaataks punktist *B* vee puudumisel.

Joon. 2. Nõrga lainetusega «venib» Päikese või Kuu peegelpilt pikaks heledaks triibuks. (*H. Uusi foto.*)





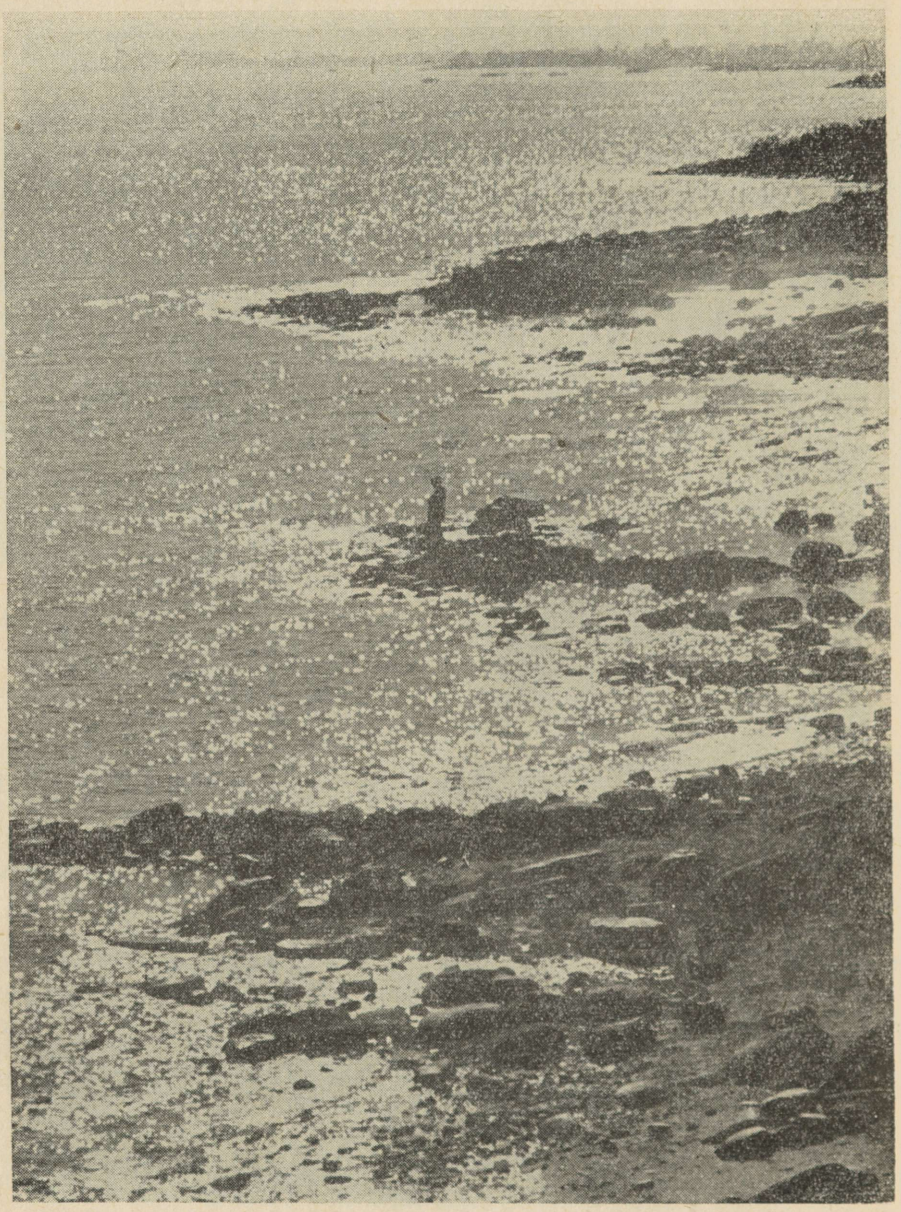
Joon. 3. Vertikaalsed piirjooned peegelduvad palju selgemini kui kaldu olevad, horisontaalsed aga hoopis halvasti. (*H. Toominga foto.*)

peegelpilt. Viimane asjaolu ei hämmasta, kui võtame arvesse, et peegelpilt, vastates tegelikkusele, erineb siiski perspektiivis. Me näeme peegelpilti nii, nagu vaataksime maastikku vee alt ja niisama sügavalt, kui me ise asume tema kohal. Erinevused on seda väiksemad, mida madalamalt me vaatleme ja mida kaugemal asuvad meist esemed.

Mis juhtub aga siis, kui veepinda katab lainetus ja ta lakkab olemast peegel? Tükeldame lainelise pinna mõttes väikesteks pinnaelementideks. Saadud elemente võime vaadelda väikeste tasaste peeglitena, mis on langeva valguse suhtes erinevate nurkade all. Peeglikesed peegeldavad valgust erinevates suundades ja erineval määral. Teades peeglikeste jaotust suundade järgi ja samuti ka vaadeldava valgusallika kaugust ning kõrgust, võime alati leida lainelise veepinna heleduse erinevates

Joon. 4. Juba veidi tugevama lainetusega ulatub Päikese peegeldus horisondini ja omandab kolmnurkse kuju. (*V. Rööpi foto.*)







Joon. 6. Vaikus. (*H. Toominga foto.*)

suundades. See on aga küllalt mahukas arvutusülesanne, mis on sobiv elektronarvutitele.

Mis on siis iseloomulik peegeldumisele laineliselt veepinnalt? Huvitav on fakt, et kuigi elementaarpeeglikeste kallakud on jaotatud asimuudi järgi enam-vähem võrdselt, peegelduvad valgusallikad alati vertikaalsammastena. Peegeldus on seda pikem, mida madalamal asub valgusallikas, s. o. mida väiksem on tema nurkkaugus horisondist ja mida kaugema valgusallikaga on tegemist. Nii on kunstlike valgusallikate poolt tekitatud valguse teed alati lühemad Päikese või Kuu teest. Hästi lähedal olevad valgusallikad annavad vaid veidi väljavenitatud punktikujulise peegelduse. Valguse teed sõltuvad oluliselt ka lainetuse tugevu-

Joon. 5. Päikese tee küljelt vaadatuna. (*L. Mutti foto.*)

sest. Lainetuse tugevnedes laienevad nad tunduvalt, kuid pikenevad sealjuures vaid vähesel määral.

Maastiku ja hoonete peegeldumist võime vaadata üksikute erineva heledusega valguspunktide peegelduste summana, millest igaüks venib peegeldumisel välja vertikaalsambaks. Vertikaalsete esemete valgussambad kattuvad, tugevdades üksteist, horisontaalsete omad aga, asudes üksteise kõrvale, laiendavad kujutist. Selle tulemusena korstnad, mastid, majade vertikaalseinad jne. peegelduvad kaunis selgesti. Kuid juba objekti väikene kallak vähendab tunduvalt kujutise selgust, esemete horisontaalsed piirjooned aga kaovad tihti hoopis.

Peegeldumisega laineliselt pinnalt kaasneb alati nähtus, mida nimetatakse peegelduse nihkumiseks horisondi suunas. Peegeldus laineliselt pinnalt on horisondile lähemal kui peegeldus siledalt pinnalt. Viimast on lihtne seletada. Enamiku nähtavast veepinnast moodustavad vaatlejapoolsed (s. o. tema suunas kaldu olevad) laineküljed. Sellest tingituna peegelduksid valgusallikas või esemed nagu kaldpeeglist ning Päikese ja Kuu tee jõuab horisondile ammu enne neid endid, omandades kolmnurkse kuju. See aga omakorda kinnitab peegelduse nihkumist. Nihkumine horisondi suunas on seda suurem, mida madalamal on valgusallikas, mida tugevam on lainetus ja mida suurema nurga all me veepinnale vaatame. Nihkumise tõttu ei näe me küllalt tugeva lainetuse korral kaldal asuvate puude, majade jne. peegeldusi vees. Nad on selleks liiga madalad. Samuti ei näe me laeva peegeldust vees. Lainetuse tugevnedes peegeldus nagu liigub laevale lähemale, koondudes kitsaks tumedaks triibuks.

Analoogilised valguspeegeldused tekivad vihma ajal või pärast vihma asfaltkattega maanteedel. Märg asfalt on samuti ebatasane peegel. Peegeldus tekib asfaltkattel isegi siis, kui see on täiesti kuiv. On vaja ainult vaadata horisondi suhtes väga väikese nurga all, sest siis, peegeldades küllalt valgust, lakkab ka must asfalt olemast must. Meile näib, nagu oleks ta kaetud veeloikudega ja seda rohkem, mida kaugemale või madalamalt me vaatame. See aga, mis näib veena, ei ole muud kui taeva valguse peegeldus.

Kuumal suvepäeval võib viimase nähtuse tekkepõhjuseks olla ka miraaž.

Ü. Mullamaa



Päikesemäng Valuoja jääl. *A. Küsla foto.*

Äikesepilved. *A. Küsla foto.* ▶





Äike Lopa talu kohal. *A. Kiisla foto.*



Tormiendeline taevas. *K. Laari foto.*

MIDA VÕIME NÄHA TAEVALAOTUSEL

Eelnevas oli juttu päikesekiirguse soojuslikust toimest, maakera soojusbilansist ja selle mõjust ilmastiku kujunemisele. Siinkohal vestleme sellest, mida me päikesekiirte teekonnast atmosfääris oma silmaga näha võime ja mida need nähtused meile jutustavad atmosfääri omadustest ning seal toimuvatest protsessidest.

*

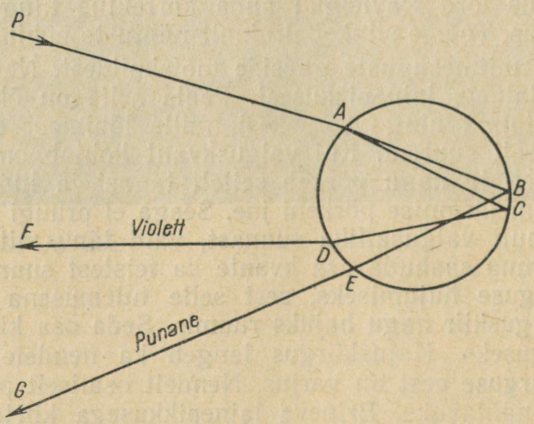
Alustame kõige igapäevasemast. Kas me oskame vastata küsimustele: miks on ka siis valge, kui Päike on tiheda pilve taga? miks on toas valge ka siis, kui Päike otse aknast sisse ei paista? miks on taevas sinine? Need küsimused on seotud meid iga päev ümbritseva olukorraga ja niivõrd tavalised, et me arvatavasti ei ole neid endalt küsinudki. Kui aga selline küsimus on kerkinud, siis korraliku vastuse leidmine polegi nii lihtne. Kuni viimase ajani ei suutnud reale taolistele probleemidele leida rahuldavat seletust isegi teadlased. Alles möödunud sajandi lõpul õnnestus lord Rayleigh'l anda korrektne ning matemaatiliselt loogiline lahendus. Toome siinkohal ainult nähtuste põhimõttelise seletuse.

Õhk koosneb mitmesuguste gaaside molekulidest. Nende läbimõõt on väiksem valguslainete lainepikkusest. Peale selle on õhus alati hulgaliselt imepeent tolmu ning veeosakesi, mille läbimõõt on valguslainete pikkusest tavaliselt suurem. Kui valguskvant kohtab oma teel molekuli või muud osakest, ta nagu põrkab sellelt tagasi ja liigub edasi hoopis teises suunas kuni järgmise põrkeni jne. Seega ei pruugi valgus mingisse punkti jõuda ainult valgusallika suunast, vaid tänu mitmekordsele põrkumisele võib sinna saabuda osa kvante ka teistest suundadest. Nähtust nimetatakse valguse hajumiseks, sest selle tulemusena mingis kindlas suunas leviv valguskiir nagu hajuks ruumis. Seda osa kiirgusest nimetatakse hajuskiirguseks. Hajuskiirgus langeb ka nendele esemetele, mis otsese päikesekiirguse eest on varjus. Nendelt osaliselt peegeldudes muudab ta esemed nähtavaks. Erineva lainepikkusega kiirte hajutamine ei toimu ühteviisi, vaid sõltub hajutava osakese suurusest. Mida väiksemad

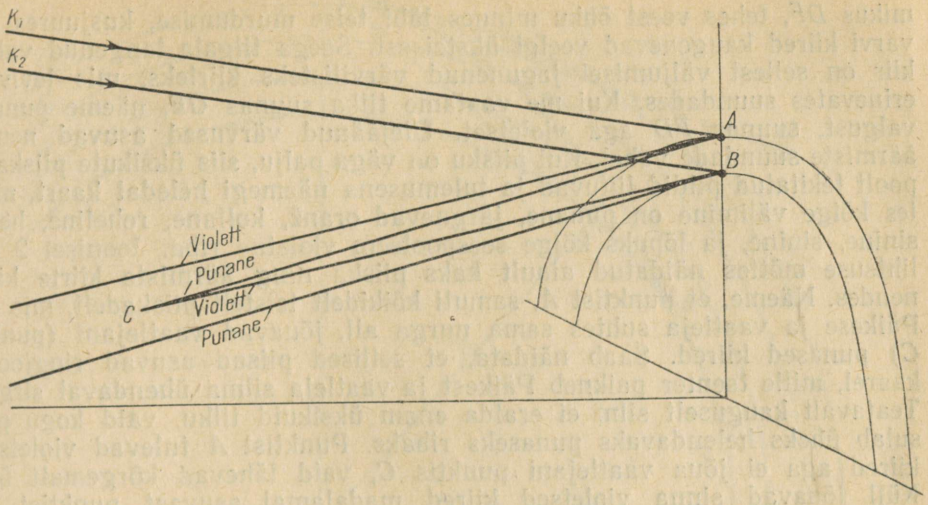
on osakesed, võrreldes valguse lainepikkusega, seda enam hajutatakse lühemalainelisi, s. o. violetseid ja siniseid kiiri, kõige vähem aga punaseid ning kollaseid. Seega otse Päikeselt meieni jõudev valgus on muutunud vaesemaks violetsete ja siniste kiirte poolest, sest need on hajunud atmosfääris, ning Päike näib kollaka või isegi punakana. See-eest aga taevalaotuselt saabuvas hajunud valguses on ülekaalus sinised ning violetsed kiired, mistõttu taevas näibki sinisena. Suuremad osakesed — veepiisakesed ja tolmukübemed — aga hajutavad kõiki kiiri ühtemoodi, seepärast ongi pilved valkjad või hallid. Piimjalt valkjas või hall on mõnikord ka selge taevas, eriti suvel põua ajal, suure tolmuhulga tõttu. Et talvel ja kevadel on õhus vähem tolmu kui suvel, siis on taevas sellal puhassinine. Lennukilt või kõrgetelt mägedelt vaadelduna on taevas sügavsinine, sest kõrgemates atmosfäärikihtides on tolmu- ja veeosakesi palju vähem kui maapinna lähedal. Väljaspool atmosfääri on taevas peaaegu must ning üheaegselt Päikesega on nähtavad ka tähed, sest praktiliselt õhutühjas ruumis kiirgus ei haju.

*

Looduses esinevate kordumatute värvivarjundite kirjeldamine või lõuendil jäädvustamine on kirjanike ning kunstnike töö. Teadlasi ei huvita mitte üksnes asjade väline külg, vaid nad püüavad tungida nähtuste olemuseni, neid seletada. Üks sagedasemaid nähtusi atmosfääris, mis juba iidsetest aegadest inimeste tähelepanu on köitnud, on vikerkaar. Seni, kuni ei tuntud tema tekkimise põhjusi, peeti vikerkaart juma-



Joon. 1. Päikesekiirte käik veetilgas.



Joon. 2. Vikerkaare tekkimise skeem.

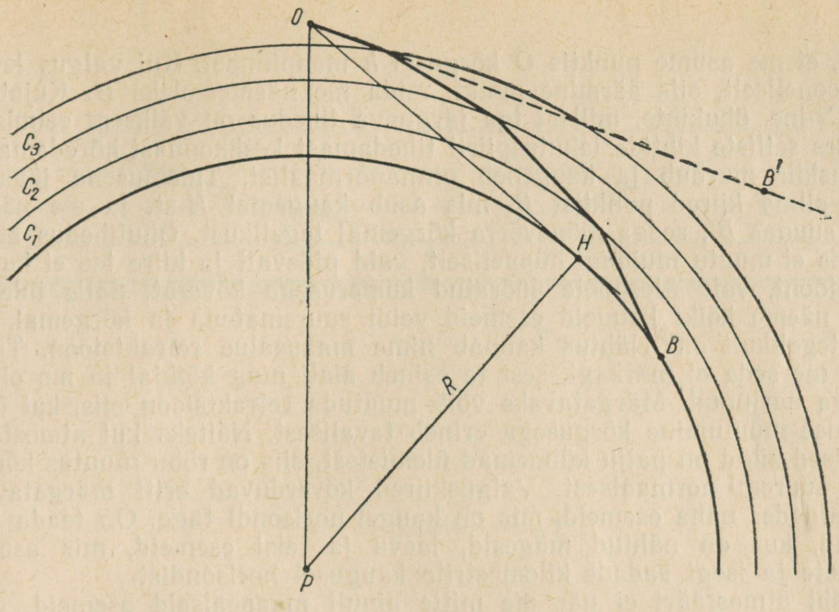
late ilmutuseks ning omistati talle imepäraseid omadusi. Vikerkaare tekkimise teadusliku seletuse andis prantsuse matemaatik Descartes, kuid ta ei osanud põhjendada vikerkaare jagunemist värvilisteks ribadeks. See sai võimalikuks alles XVII sajandi teisel poolel, kui inglise füüsik Newton näitas, et loomulik valgus, mida oleme harjunud pidama valgeks, on tegelikult mitut värvi kiirte segu. Füüsikast on teada, et üleminekul ühest keskkonnast teise kaldub valguskiir kõrvale oma esialgsest suunast — murdub. Minnes hõredamast keskkonnast tihedamasse, läheneb kiir lahutuspinna ristsirgele, vastupidisel juhul aga kaugeneb sellest. Ka ei murdu erinevat värvi kiired ühtemoodi, vaid mida väiksem on antud värvi kiirele vastav lainepikkus, seda rohkem ta kõrvale kaldub. Seega kahe keskkonna lahutuspiiril muudavad kõige rohkem oma esialgset suunda violetsed kiired, mille lainepikkus on väike, ja kõige vähem kalduvad kõrvale punased kiired, sest nende lainepikkus on suurim. Meenutanud lühidalt neid füüsikaseadusi, püüame selgitada vikerkaare tekkimist. Langegu veepiisale Päikeselt valge valgus suunas *PA* (joon. 1). Minnes punktis *A* õhust vette, mis on optiliselt tihedam keskkond, toimub kiirte murdumine ja valge valgus jaguneb koostisosadeks (joonisel on lihtsuse mõttes näidatud ainult äärmiste kiirte — violetse ja punase käik). Tilga tagumisel küljel, piirkonnas *BC*, kiired peegelduvad, läbivad veel kord tilga ning väljuvad sellest vahe-

mikus *DF*, tehes veest õhku minnes läbi teise murdumise, kusjuures eri värvi kiired kaugenevad veelgi üksteisest. Seega tilgale langenud valge kiir on sellest väljumisel jagunenud värvilisteks kiirteks, mis levivad erinevates suundades. Kui me vaatame tilka suunas *GF*, näeme punast valgust, suunas *FD* aga violetset. Ülejäänud värvused asuvad nende äärmiste suundade vahel. Kui piisku on väga palju, siis üksikute piiskade poolt tekitatud pildid liituvad ja tulemusena näemegi heledat kaart, milles kõige välimine on punane, järgnevad oranž, kollane, roheline, helesinine, sinine, ja lõpuks kõige seespoolsem violetne riba. Joonisel 2 on lihtsuse mõttes näidatud ainult kaks piiska ning äärmiste kiirte käik nendes. Näeme, et punktist *A*, samuti kõikidelt teistelt piiskadelt, mis on Päikese ja vaatleja suhtes sama nurga all, jõuavad vaatlejani (punkti *C*) punased kiired. Saab näidata, et sellised piisad asuvad ringjoone kaarel, mille tsenter paikneb Päikest ja vaatleja silma ühendaval sirgel. Teatavalt kauguselt silm ei eralda enam üksikuid tilku, vaid kogu pilt sulab üheks helendavaks punaseks ribaks. Punktist *A* tulevad violetsed kiired aga ei jõua vaatlejani punktis *C*, vaid lähevad kõrgemalt üle. Küll jõuavad sinna violetsed kiired madalamal asuvast punktist *B*, samuti kõigilt teistelt piiskadelt, mis asuvad samal kaarel, andes koos violetse riba. Vahepealsed tilgad tekitavad analoogiliselt ülejäänud värvustega ribad. Toodud skeemist lähtudes saame kindlaks teha mõned vikerkaare omadused. Nimelt peab vikerkaare vaatlemiseks alati seisma seljaga Päikese poole, sest ta tekib taevas Päikese vastaspoolel. Mida madalamal on Päike, seda kõrgemale horisondist ulatub vikerkaar. Maapinnalt ei näe me kunagi ringikujulist vikerkaart, kuid madalal asuva Päikese korral võime seda jälgida lennukilt või kõrgel mägedes. Tilkade mõõtmete vähenedes muutub vikerkaar kahvatumaks, kaovad mõned värvused, kõigepealt punane. Väga väikeste piiskade puhul ei teki vikerkaart üldse, mistõttu teda kunagi ei esine udus ega pilvedes.

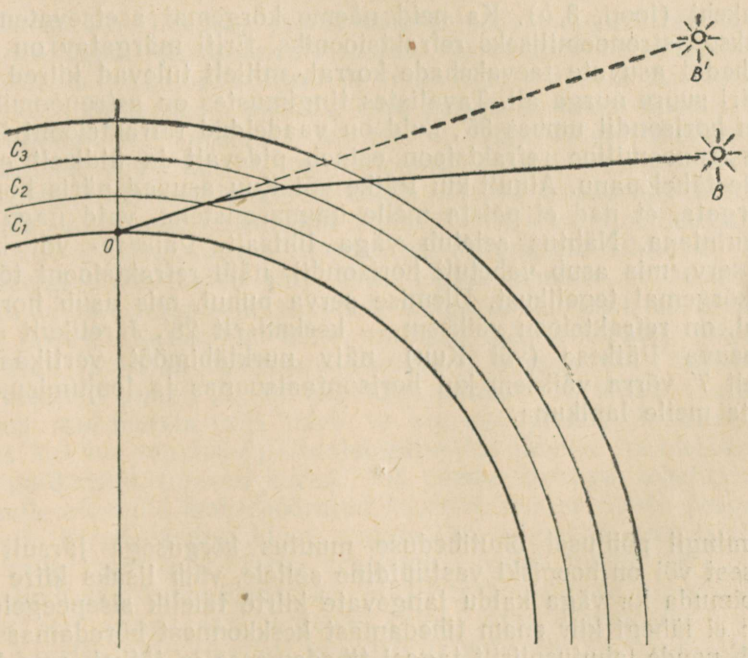
Mõnikord võib näha korraga mitut vikerkaart, kõige sagedamini kahte. Teine vikerkaar asub sel juhul esimesest väljaspool, on märksa kahvatum ja värvuste paigutus selles on vastupidine tavalisele. Mitme vikerkaare esinemine on seletatav valguskiire mitmekordse peegeldumisega tilgas enne sellest väljumist.

*

Maapinnalt kõrgemale tõustes õhurõhk langeb ja temperatuur väheneb tavaliselt samuti (vt. joon. 3 lk. 48). Rõhu vähenemisel tingituna väheneb õhutihedus kõrgusega, kuid temperatuuri langemine kõrgusega mõjutab tihedust suurenemise suunas. Kokku võttes õhutihedus kõrgusega siiski väheneb. Selline olukord on kujutatud joonisel 3,*a*. Ole-



a)



b)

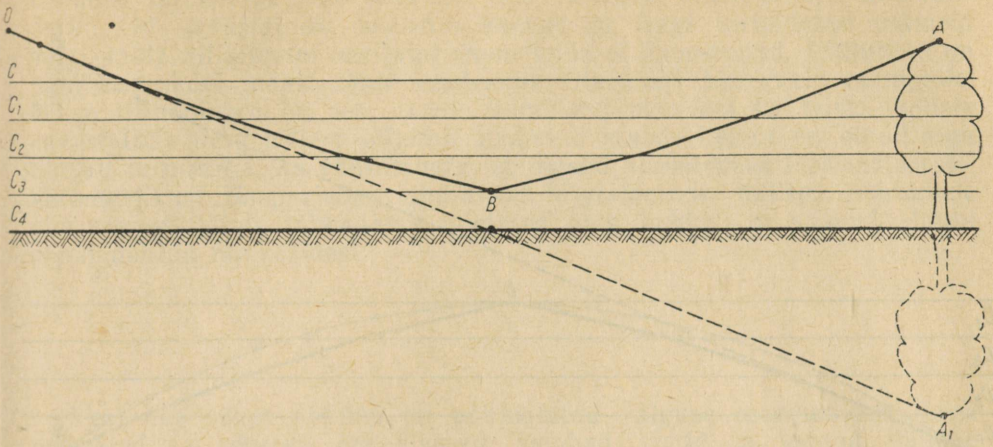
Joon. 3. a) Maapealne refraktsioon; *b)* astronoomiline refraktsioon.

tame, et me asume punktis O kõrgusel h maapinnast. Kui valgus leviks sirgjooneliselt, siis äärmine punkt, mida me näeme, oleks H. Kujutagu C_1, C_2 jne. õhukihte, millest iga järgneva tihedus on väiksem eelmisest. Minnes selliste kihtide lahutuspiiril tihedamast keskkonnast hõredamasse, valguskiir murdub ja kaugeneb pinnanormaalist. Tulemusena jõuavad meie silma kiired punktist B, mis asub kaugemal H-st, ja me näeme teda suunas B', seega mõnevõrra kõrgemal tegelikust. Õhutihedus atmosfääris ei muutu muidugi hüppeliselt, vaid pidevalt ja kiire tee ei kujuta murdjoont, vaid ülespoole pööratud kumerusega kõverat. Selle tulemusena näeme kõiki kaugeid esemeid veidi suurematena ja kõrgemal, kui nad tegelikult on. Nähtus kannab nime maapealne refraktsioon. Tavaliselt me seda ei märkagi, sest ta esineb alati ning kõikjal ja me oleme sellega harjunud. Märgatavaks võib muutuda refraktsioon siis, kui õhutiheduse muutumine kõrgusega erineb tavalisest. Näiteks kui atmosfääri alumised kihid on palju külmemad ülemistest, siis on rõhu muutus kõrgusega suurem normaalsest. Valguskiired kõverduvad eriti märgatavalt, võimaldades näha esemeid, mis on kaugel horisondi taga. On teada juhtumeid, kus on nähtud mägesid, laevu ja teisi esemeid, mis asuvad kümnete ja isegi sadade kilomeetrite kaugusel horisondist.

Läbi atmosfääri ei näe me mitte ainult maapealseid esemeid, vaid ka taevakehi (joon. 3, *b*). Ka neid näeme kõrgemal asetsevatena. Seda nimetatakse astronoomiliseks refraktsiooniks. Eriti märgatav on ta horisondi lähedal asuvate taevakehade korral, millelt tulevad kiired läbivad atmosfääri suure nurga all. Tavalistes tingimustes on astronoomiline refraktsioon horisondil umbes 35′, kuid on vaadeldud refraktsiooni isegi üle 2°. Ka astronoomiline refraktsioon esineb pidevalt ja üldiselt ei pööra me sellele tähelepanu. Ainult kui Päike või Kuu asuvad päris horisondil, võib märgata, et nad ei paista meile ümmargustena, vaid nagu natuke kokkusurututena. Nähtus seletub väga lihtsalt. Päikese- või kuuketta alumine serv, mis asub vahetult horisondil, näib refraktsiooni tõttu olevat 35′ kõrgemal tegelikust. Ülemise serva puhul, mis asub horisondist kaugemal, on refraktsioon väiksem — keskmiselt 28′. Järelikult on horisondil asuva Päikese (või Kuu) näiv nurkläbimõõt vertikaalsuunas keskmiselt 7′ võrra väiksem kui horisontaalsuunas ja loojumismomendil paistab ta meile lapikuna.

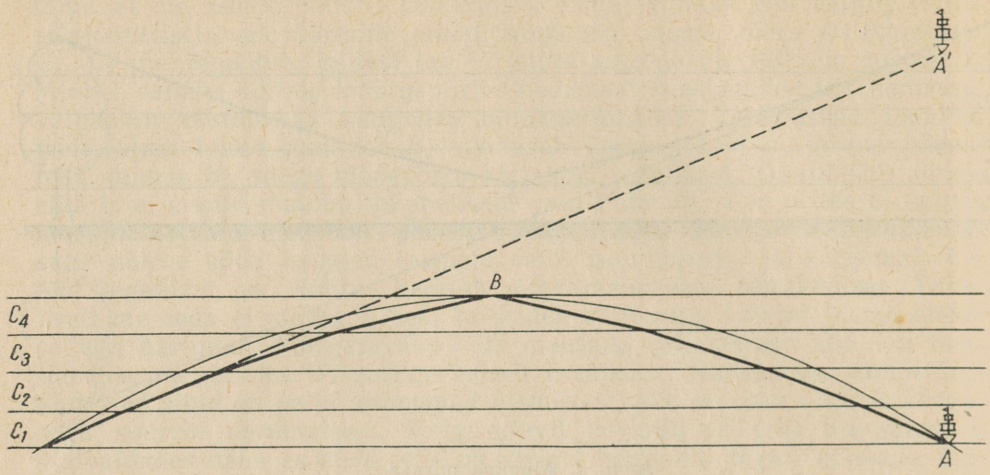
*

Kui mingil põhjusel õhutiheduse muutus kõrgusega järsult erineb normaalsest või on hoopiski vastupidine sellele, võib lisaks kiire murdumisele toimuda ka väga kaldu langevate kiirte täielik sisepeegeldumine. Sel juhul ei lähegi kiir enam tihedamast keskkonnast hõredamasse, vaid peegeldub nende lahutuspiirilt tagasi tihedamasse ja jätkab oma levimist



Joon. 4. Alumine miraaž.

selles. Anomaalne tiheduse jaotus võib esineda maapinnalähedases õhukihis, kui aluspind on tunduvalt soojem või külmem tema kohal asuvast õhust. Näiteks päikesepaistelisel ja tuulevaiksel päeval kuumeneb maapind ja ka maalähedane õhukiht. Õhk paisub ja tema tihedus väheneb. Selline olukord on kujutatud joonisel 4. Olgu kõige tihedam kiht C, sellest allpool asuv kiht C_1 on hõredam, veelgi hõredam on C_2 jne. Kiired punktist A, mis langevad kaldu erineva tihedusega kihtide eralduspinnale, murduvad üleminekul kihist C väiksema tihedusega kihti C_1 ja kaugenevad eralduspinna normaalist. Järgmisele kihile C_2 langevad kiired veelgi enam kaldu jne., kuni lõpuks punktis B toimub täielik sisepeegeldumine ning seni allapoole kulgenud kiir hakkab levima üles. Läbides järjest tihedamaid kihte, murdub kiir, võrreldes lõiguga AB, vastupidiselt ja jõuab vaatlejani punktis O suunas OA_1. Selles suunas näebki vaatleja punkti A. Et osa kiiri punktist A jõuab vaatlejani ka otse, ilma murdumata, siis näeb ta korraga punkti A selle tegelikus asukohas kui ka punktis A_1. Analoogilise tee läbivad vaadeldava eseme teistest punktidest tulevad kiired. Nii näeme korraga tegelikku objekti kui ka selle all tema ümberpööratud kujutist, mis sarnaneb peegeldusega veepinnalt. Kirjeldatud nähtust nimetatakse alumiseks miraažiks ja ta ei ole sugugi haruldane. Tema vaatlemine nõuab teatud harjumist, mistõttu ta jääb sageli märkamatuks. Hästi tuntakse seda ainult piirkondades, kus see esineb eriti tugeval kujul, nagu stepialadel ja kõrbes. Küllalt sageli võib alumist miraaži jälgida meie tingimustes suvel



Joon. 5. Ülemine miraaž.

asfalteeritud maanteedel, kui asfalt on päikesekiirte toimel kuumenenud.

Kui alumised õhukihid jahtuvad märgatavalt, tekib eelmisega vastupidine olukord. Kõige tihedam õhukiht asub vahetult aluspinnal ja kõrgemale tõustes tihedus väheneb järsult. Analoogiliselt eespool kirjeldatuga teeb sellistes kihtides kaldu kulgev kiir läbi rea murdumisi ja kõverdub, kuid nüüd juba kumerusega ülespoole. Mingis punktis *B* toimub jällegi täielik sisepeegeldumine ning kiir jõuab vaatlejani suunast *A'*, milles ka vaatleja näeb asuvat eset, mis tegelikult asub punktis *A* (joon. 5). Seda nähtust nimetatakse ülemiseks miraažiks ja ta esineb sageli merel, kus veepind intensiivse aurumise tõttu jahtub ning jahutab ka veelähedast õhukihti, samuti polaaraladel tänu lumepinna kiirguslikule jahtumisele.

Tihti on miraažid nii tõetruud, et viivad eksitusse inimesi, kes selle nähtusega tuttavad ei ole. Eriti petlikud ja peibutavad on miraažid kõrbetes, tõotades pääsemist janust ning väsimusest kurnatud rändureile, kes kauguses näevad kutsuvalt helkivat veepinda ning varju tõotavat oaasi selle ümber. Viimast jõudu kokku võttes pingutavad nõrkevad inimesed ja loomad ihaldatud vee poole. Kuid selle asemel, et läheneda, tundub see hoopis kaugenevat, kaugeneb tõepoolest ning varsti on meeleheitele viidud rändurite ümber jällegi ainult surnud liiv ning ülal kõrvetav päike. Ei jälgegi veest ega rohelusest, sest kõik oli vaid miraaž.

Looduse tujukusest pole lasknud end eksitada mitte ainult kõrberändurid. On «avastatud», kaardile kantud ja isegi kirjeldatud mitmeid saari, mida hilisematel uurijatel enam leida ei õnnestunud. Üldtuntud on lugu Sannikovi maast tänu akadeemik Obrutševi haaravale raamatule. Kõige tõenäolisem on see, et nii Sannikovi maa kui ka teiste taoliste «avastatud» ning hiljem jäljetult kadunud maade korral on olnud tegu lihtsalt miraažiga. Ja võib arvata, et legend «Lendavast Hollandlasest», viirastuslikust täispurjedes kihutavast hiiglalaevast, millega kohtumine pidi meresõitjatele tähendama viletsust ning hukku, on saanud alguse merel nähtud miraažidest.

*

Veel üks rühm nähtusi on põhjustatud valguse murdumisest, need on halod — rõngad, ebapäikesed, sambad, ristid ja loogad Päikese ümber jne. Nende teke on seotud valguse murdumisega õhus hõljuvates jääkristallides, millest koosnevad kiudpilved. Halod tekivad just kihtkiudpilvede (*Cirrostratus nebulosus*) korral, mis katavad taevast enamvähem ühtlase loorina. Jääkristallide kuju ning paigutus pilvedes võib olla väga erinev, see sõltub nende tekkimise kiirusest ja tingimustest. Tavaliselt omavad kristallikesed kuuetahuliste nõelakeste, plaadikeste või püramiidikeste kuju. Selline kuuetahuline kristallike toimib nagu prisma, kallutades teda läbiva kiire kõrvale esialgsest suunast ning lagundades valge valguse eri värvi kiirteks. Seepärast ongi paljud jääkristallide põhjustatud valgusnähtused värvilised.

Valgusnähtuste tekkimiseks on vaja, et kristalle oleks kiire teel küllalt palju, kuid teisest küljest on valguse nõrgenemine liiga paksus pilves suur ja optilisi nähtusi ei teki. Seega on tarvis, et pilvekiht oleks sobiva paksusega ja seepärast esineb rõngaid, sambaid ning ebapäikesi suhteliselt harva. Milline mainitud nähtustest esineb, sõltub sellest, kuidas jääkristallid pilves on paigutunud. Kui nad asuvad korrapäratult, siis näeme Päikese või Kuu ümber heledat rõngast, mis seestpoolt on teravalt piiritletud ja punaka värvusega. Rõnga väline äär on ebaselge ja tavaliselt rohekas või helesinine. Harilikult asub rõngas Päikesest või Kuust 22° kaugusel ning selle põhjustavad valguskiired, mis sisenevad kristalli ühest külgtahust ja väljuvad teisest, tehes läbi kaks murdumist. Mõnikord esineb suur rõngas, mis asub valgusallikast kaugusel 46°. See tekib siis, kui valguskiired sisenevad jääkristalli läbi põhja ning väljuvad külgtahust. Vertikaalses asendis hõljuvate kristallide korral näeme Päikese kõrval heledaid laike, mis asuvad rõnga kaugusel viimasest ja on nagu osa rõngast. Neid nimetatakse ebapäikesteks, ka päikesesappideks. Kui pilves on ülekaalus horisontaalselt hõl-

juvad osakesed, siis tekivad taevas helendavad kaared, mis on suure rõnga puutujateks. Kirjeldatud nähtuste või nende osade koosesinemisel võib harukordadel näha üpris ebatavalisi pilte — omavahel värviliste helendavate ribadega ühendatud ebapäikesi, riste, sambaid jne. Parasjagu fantaasiat võib omistada neile mõõga, kübara vms. kuju. Ei ole siis ime, et kui veel ei tuntud selliste nähtuste tekkimise põhjusi, kutsusid nad inimestes esile hämmeldust ja hirmu. Kui Karl V sõjavägi 1551. a. piiras Magdeburgi linna, siis ühel päeval võis taevas näha korraga kolme eredat päikest, mis olid ühendatud omavahel kolme vikerkaarega. Üllatunud linnaelanikud kogunesid tänavatele ega teadnud, kas tunda hirmu või rõõmustada ootamatu ilmutuse üle. Elevus valitses ka piirajate leeris. Kui seal puhuti fanfaare, tormasid linna kaitsjad müüridele, et tagasi lüüa tormijooksu. Suur oli aga nende imestus, kui piirajate väed seadsid end hoopis rännakule ja lahkusid linna alt. «Võimatu oli alistada linna, mille kohal säras korraga kolm Päikest!» kandis hiljem oma imperaatorile Karl V-le ette linna piiramist juhatanud väepealik Moritz. Kaasajal tundub see muidugi naeruväärne, kuid teatud endeks on halod ja teised taolised nähtused meilegi. Tsükloni lähenemisest teatavad kõigepealt taevasse ilmuvad kiudpilved, mis tasapisi katavad terve taevasfääri ühtlase valkja looriga. Kuid just sellised pilved on kõige sagedasemad halo tekitajad. Seega ennustab halo esinemine ilma halvenemist ning sadu. Ebapäikesed tekivad, nagu öeldud, korrapäraselt paigutatud jääkristallide esinemisel. On kindlaks tehtud, et selline olukord esineb ainult väga madala temperatuuri ja suhteliselt vähese niiskuse korral atmosfääri kõrgemates kihtides. Talvel võivad ebapäikesed ennustada seega ilma tunduvat külmenemist, suvel aga põuda.

Külmadel talveõhtutel võib halotaolisi nähtusi vaadelda ka maapealsete valgusallikate ümber. Sellisel juhul on nende tekitajateks alumistes õhukihtides hõljuvad jääkristallikesed.

Halodest sagedamini võib Kuu, Päikese ja heledamate tähtede ümber märgata helendavat ala, mis aga erinevalt halost algab vahetult valgusallika lähedusest. Seda nimetatakse taraks. Tara on valgusallika läheduses kollakas, eemal muutub aga punakaks. Eriti intensiivse tara puhul võib kaugemal näha veel kolme värvilist rõngast, millest välimine on punane. Tarad tekivad siis, kui valgusallika ja vaatleja vahel asub hulgaliselt väga väikesi osakesi. On teada, et kui valguskiire teele asetada tõke, mille mõõtmed on samas suurusjärgus valguse lainepikkusega, siis kiired muudavad oma suunda ja nagu painduvad sellise tõkke taha — toimub valguslainete difraktsioon. Et kiirte paindumine sõltub nende lainepikkusest, siis on difraktsioonipilt tavaliselt värviline. Tara põhjustajaks ongi taevakeha ja vaatleja vahel asuv õhuke pilvekiht. See võib koosneda nii jääkristallidest kui ka veepiiskadest, mille äärtel

toimub valguse difraktsioon, ja tulemusena näeme tara. Mida väiksemad on veepiisakesed pilves, seda suurem on valguse difraktsioon ning tara on hästi märgatav. Kui piisad on suuremad, on tara väiksem, küllalt suurte osakeste korral muutub ta väga kitsaks, sulab kokku valgusallikaga ega ole vaadeldav. Seega, kui tara läbimõõt suureneb, näitab see tilkade vähenemist pilves ja võib ennustada kuiva ning selget ilma. Kui aga tara «koomale tõmbub», võib olla peaaegu kindel, et mõne aja pärast läheb sajule.

M. Sulev

HELKIVAD ÖÖPILVED

Päike on vajunud horisondi taha ainult mõnetunniseks puhkuseks. Põhjataevas vähkreb värvidemängus, lõunataevas kaardub veenusevöö. Eha sirutab koidule käe. Põhjamaa lühike, volbe suveöö.

Kui palju kordi oleme nautinud selle peaaegu ängistavat ilu, mida H. Visnapuu oma luuletuses «Üle kodumäe» nii tundeküllaselt iseloomustab sõnadega:

Üle kodumäe kumera kupli
suveöö sumestav valu.

Kuid arvatavasti paljudki lugejad pole mõelnud sellele, et suveöö taeva värvide veiklusse on peidetud üllatavalt rohket informatsiooni meie koduplaneedi õhuookeani ülemiste kihtide, Maad ümbritseva kosmilise ruumi ja Päikese kohta. Kuni tehiskaaslaste ja kosmoselaevade realiseerimiseni olid hämarikutaeva ilmingute täppisteaduslikud uurimised peaaegu ainukesed allikad, mis andsid andmeid atmosfääri kõrgemate kihtide ehituse ning seal toimuvate füüsikaliste ja fotokeemiliste protsesside kohta. Ka nüüd, kus kosmosetehnika võimaldab atmosfääri ülemisel piirialal läbi viia vahetuid eksperimente, pole hämarikutaeva mitmesuguste nähtuste uurimine oma tähtsust kaotanud. Tuleks isegi märkida, et nõudmine niisuguste tööde vastu on hoopis suurenenud.

Allpool on põgusalt juttu suveöö hämarikutaeva ühest fenomenist, mida tuntakse küllaltki poeetilise nimetuse all — helkivad ööpilved (ajakirjanduses on vahel neid ka hõbepilvedeks nimetatud).

Praegusel ajal kõige enam tunnustatud hüpoteesi järgi moodustuvad helkivad ööpilved atmosfääri kõrgemas kihis (mesopausis, ca 80—85 km maapinnast) kosmilisest tolmust ja tolmuosakestele sublimeerunud veeaurust. Ilming muutub maapealsele vaatlejale nähtavaks hõbeläikelise,

Joon. 1. Helkivate ööpilvede arenemine. Fotod on tehtud minutiliste vaheaegadega. ▶



keerulist lainjat struktuuri omava pilveväljana põhjataevas siis, kui Päike on laskunud 6—16° võrra horisondi alla ja Maa vari asub maapinnast 50—100 km kõrgusel. Suure kõrguse tõttu on maapinnalt üheaegselt nähtav 2—3 miljoni ruutkilomeetrini laiuv pilveväli.

Nähtuse enda füüsikalise olemuse ja tekkemehhanismi tundmaõppimise kõrval (neis küsimustes on praegu veel palju tundmatut: näiteks võib veeauru asemel, mida mesopausis on äärmiselt vähe, tolmuosakestele kondenseeruda ka hapnik; pole teada ka helkivate ööpilvede ja ionosfääri vahelised seosed jne.) pakuvad helkivad ööpilved suurt huvi kui atmosfääri ülemiste kihtide füüsikaliste ja dünaamiliste protsesside indikaatorid. Eriline koht nende uurimisprogrammis on küsimustel, mis on seotud teatud liiki vaatlustega kosmoselaevadelt ja Maa tehiskaaslastelt.

Helkivate ööpilvede esinemismaksimum langeb suvekuudele. Nende levikuala lõunapiiriks põhjapoolkeral on 45. laiuskraad. Põhjapiir pole aga siiani veel leidnud täpset määratlemist. Rahvusvahelise Rahuliku Päikese Aasta (1964—1965) vaatlusandmete läbitöötamisel saadud tulemused panid kahtluse alla seni kehtinud arvamuse ilmingu levikuala põhjapiiri (70°—75° p. l.) kohta. On täiesti tõenäoline, et helkivad ööpilved võivad esineda kuplina pooluste kohal, ulatudes kuni keskmiste geograafiliste laiusteni (midagi analoogilist planeet Marsi nn. siniste pilvedega). Seda hüpoteesi oleks võimalik kontrollida Arktikas ja Antarktikas kevad- ning sügiskuudel läbiviidavate vaatlustega. Teatavasti alustati niisuguste vaatlustega Antarktikas juba 1965. a. Tõravere observatooriumi teaduslik töötaja Enn Kreem oli 11. Nõukogude antarktika-ekspeditsiooni koosseisus selle ülesande pioneeriks. Temalt võttis tööposti 1966. a. hilissügisel üle Reino Eller, kes omakorda andis «teatepulga» edasi Rein Randmetsale.

1967. a. kevadel alustati analoogilisi vaatlusi ka Arktika kuues polaarjaamas. On täielik alus loota, et helkivate ööpilvede probleem lahendatakse.

Lugeja, kui Sa tahad näha helkivaid ööpilvi —, üht suveöö kaunist fenomeni — ohverda mõned unetunnid ja jälgi pärast Päikese loojangut juulikuu põhjataevast.

Ch. Villmann

ILM JA HÄÄL

Mõnikord võime kuulda kaugeid hääli (rongi vilistamist, masinate töötamise müra, koerte haukumist jne.) hästi, teinekord aga halvasti. Selle põhjusi ei tule otsida meie kuulmisteravusest, sest see jääb enamvähem samaks, vaid ilma olukorrast. Et paremini mõista ilma mõju häälele, tuleks kõigepealt teada, mis on hääl.

Hääl on hääleallika poolt tekitatud keskkonna tihendused ja hõrendused, mis ärritavad meie kuulmisorganit ja tekitavad selle kaudu peaajus hääletaju. Hääle kiirus sõltub kõigepealt keskkonnast, kus hääl levib, ja selle olekust. Nii on hääle kiirus seisvas ja kuivas õhus temperatuuril 0° C 331 m/s. Temperatuuri ja niiskuse tõusmisel suureneb hääle kiirus valemi järgi

$$v = 331 + 0{,}6t + 0{,}07e,$$

kus t on õhu temperatuur Celsiuse skaala järgi, e auru rõhk millibaarides. Nagu siit näha, kasvab hääle kiirus temperatuuri tõusmisel 1° C võrra 0,6 m/s. Pakasega on hääle kiirus umbes 309 m/s, väga palava ilmaga (temperatuur +30° C ja auru rõhk 4,2 mb) 349 m/s; seega kiiruste vahe on 40 m/s, mis moodustab 12% hääle kiirusest 0° C juures.

Kui temperatuur ja niiskus oleksid õhus kõikjal ühesugused, siis leviks hääl ühtlase kiirusega sirget mööda igas suunas. Hääle levimise suunda nimetame edaspidi häälekiireks. Tegelikult ei ole temperatuuri ja niiskuse ruumiline jaotus ühtlane. See põhjustab häälekiire kõverdumist õhus. Kummale poole (üles või alla) kiir kõverdub, see sõltub temperatuuri muutumisest vertikaalsihis. Kui kõrguse suurenemisel temperatuur langeb (tavaline temperatuuri muutumine kõrguse järgi), siis kõverdub kiir kumerusega allapoole (joon. 1), temperatuuri tõusmisel (inversioon) aga ülespoole (joon. 2).

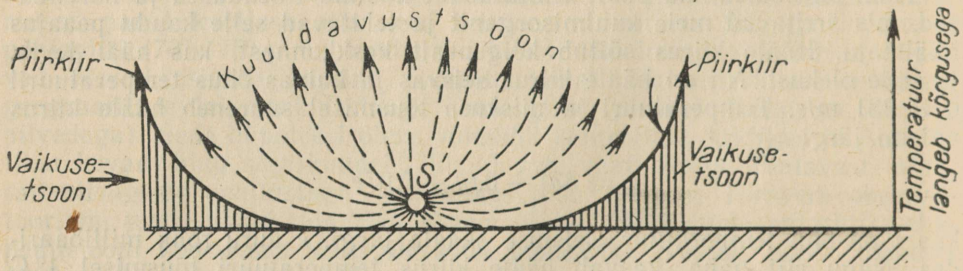
Nagu jooniselt 1 näha, leidub nn. piirkiir, mis hääleallikast tulles parajasti puudutab maapinda ja läheb siis õhus uuesti edasi (joonisel jämedam joon). Sellest kiirest kaugemale (joonisel on see ala püstkriipsudega viirutatud) ei tungi ühtegi häälelainet — on loomulik seda ala nimetada vaikusetsooniks. Huvitav on märkida, et vaikusetsoon esineb

just tavalise temperatuurijaotuse korral (temperatuur langeb kõrgusega), mitte aga temperatuuri inversiooni puhul.

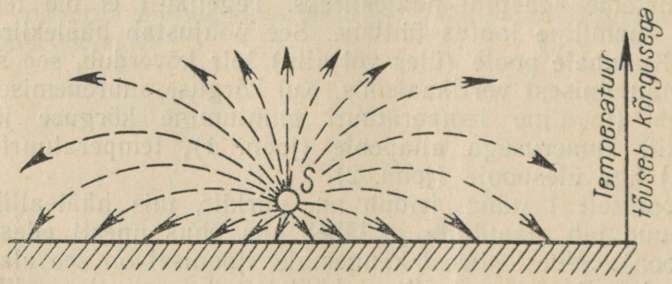
Kogemused näitavad, et tuul avaldab suurt mõju hääle levimisele: pärituult kuuleme häält hästi, vastutuult halvasti. See pole alati nii — mõnikord võime vastutuult kuulda paremini kui pärituult. See oleneb sellest, kas tuule kiirus kõrguse suurenemisel kasvab või kahaneb. Enamasti tuule kiirus kõrgusega kasvab ja häälekiired kõverduvad nii, nagu on näidatud joonisel 3. Piirkiir, mis eraldab vaikusetsooni kuuldavustsoonist, asetseb ainult vastutuult.

Mõnikord aga tuul kõrguse suurenemisel nõrgeneb. Siis on olukord vastupidine (joon. 4) — vaikusetsoon asetseb pärituult. See aga tähendab, et vastutuult kuuleme paremini kui pärituult!

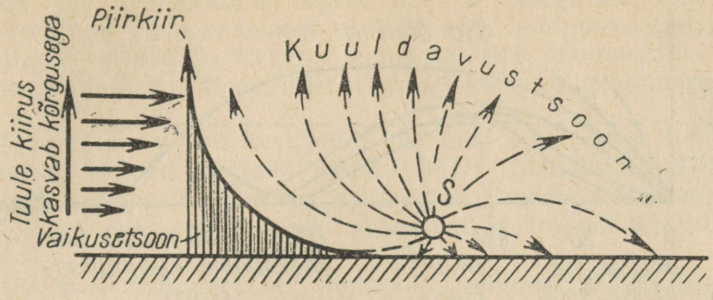
Kogemustest on kõigile teada, et hääleallikast kaugenemisel hääle tugevus nõrgeneb. See nähtus seletub hääle olemusega — hääleallika



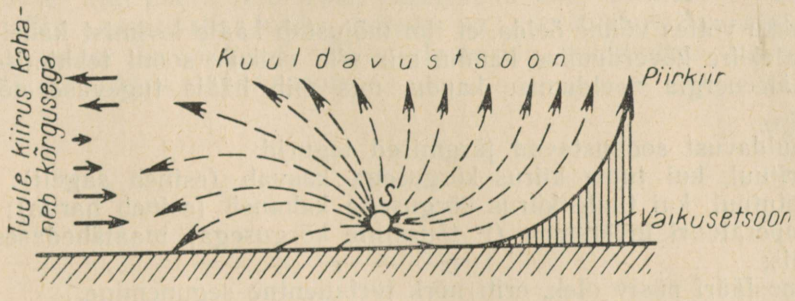
Joon. 1. Temperatuuri langemisel kõrgusega on kiire kumerus suunatud allapoole. *S* — hääleallikas.



Joon. 2. Temperatuuri tõusmisel kõrgusega on kiire kumerus suunatud ülespoole.

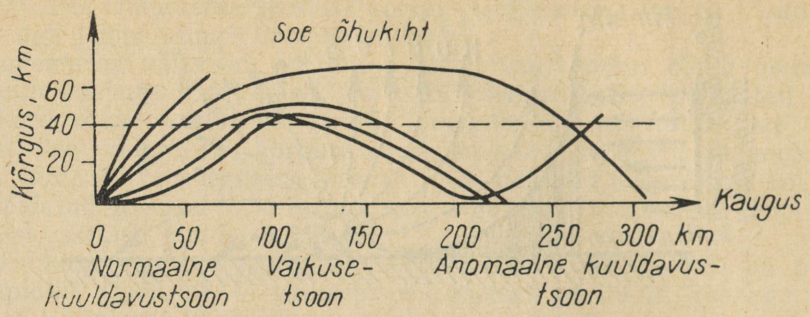


Joon. 3. Häälekiire kõverdumine, kui tuule kiirus kõrgusega kasvab. Tuul puhub vasakult paremale.



Joon. 4. Häälekiire kõverdumine, kui tuule kiirus kõrgusega kahaneb. Tuul puhub vasakult paremale.

poolt tekitatud tihenduste ja hõrenduste levimisega õhus. Tihendused lekivad seal, kus õhuosakesed üksteisele lähenevad, hõrendused aga seal, kus nad üksteisest eemalduvad. Öeldust järeldub, et hääle levimine on võnkumiste levimine keskkonnas ehk energia seisukohalt rääkides — võnkumisenergia edasiandmine ühelt osakeselt teisele. Selline energia üleandmine ei ole täielik. Üks osake ei anna teisele edasi mitte kogu saadud energiat. Osa sellest muutub keskkonna siseenergiaks — õhk soojeneb. See aga tähendab, et võnkumisenergia väheneb ja hääl nõrgeneb. Hääleenergia kahanemine sõltub atmosfääri olekust — mida ebapüsivam on atmosfääri olek, seda tugevamini hääl nõrgeneb. Külmal ajal (talvel, öösel) on atmosfäär püsivamas olekus kui soojal ajal (suvel, päeval). Järelikult külmal ajal nõrgeneb hääl vähem kui soojal, s. t. külmal ajal on kuuldavus parem.



Joon. 5. Häälekiire peegeldumine soojalt õhukihilt, mis põhjustab anomaalse kuuldavustsooni tekkimise.

Kokku võttes võime öelda, et ilm mõjustab hääle levimist kahel viisil: 1) häälekiire kõverdumise kaudu, mis viib vaikusetsooni tekkimisele, ja 2) hääleenergia neeldumise kaudu, mis viib hääle tugevuse nõrgenemisele.

Kuuldavust soodustavad järgmised tegurid:

1) pärituul, kui tuule kiirus kõrgusega kasvab (esineb sageli);
2) vastutuul, kui tuule kiirus kõrgusega kahaneb (esineb harva);
3) temperatuuri inversioon (t° tõusmine kõrgusega) maalähedases õhukihis;
4) atmosfääri püsiv olek, eriti nõrk turbulentne segunemine.

Kuuldavust vähendavad:

1) pärituul, kui tuule kiirus kõrgusega kahaneb;
2) vastutuul, kui tuule kiirus kõrgusega kasvab;
3) temperatuuri suur langus vertikaalsihis;
4) atmosfääri ebapüsiv olek, eriti tugev turbulentne segunemine, puhangulised tuuled.

Hääle levimisel atmosfääris täheldati Esimese maailmasõja ajal üht huvitavat nähtust. Suurematel kaugustel mürskude lõhkemiskohast (umbes paarisaja kilomeetri kaugusel) kuuldi plahvatusi, kuna lähemal (umbes 100 km) ei kuuldud midagi.

Sellist anomaalse kuuldavuse tsooni tekkimist seletame häälekiire peegeldumisega kõrgematelt õhukihtidelt ja taas maapinnale saabumisega suuremal kaugusel (joon. 5). Kiire kõverdumine ja peegeldumine on tingitud hääle kiiruse kasvamisest ülal, mis omakorda on põhjustatud temperatuuri tõusust. Kuuldavustsoonide uurimise teel õnnestus meteoroloogidel hinnata nende õhukihtide temperatuuri, kus toimus häälekiire peegeldumine. Jõuti järeldusele, et 40—50 km kõrgusel asub suhteliselt

soe õhukiht, kus temperatuur tõuseb 0° C või isegi üle selle. Hiljem, teiste meetoditega (tehiskaaslaste abil) saadud andmed kinnitasid täielikult niisugust seisukohta. Praegu teame ka seda, et nimetatud temperatuuri tõusu põhjustab Päikese ultravioletse kiirguse neeldumine osoonikihis.

Atmosfäär ei ole ainult keskkond, kus hääl levib, vaid temas toimuvad protsessid võivad ka ise tekitada häält. Sellistest häältest võiks mainida metsa kohisemist, mere mühisemist, korstnate ulumist tuules jne., kuid kõige efektsem on siiski müristamine, millest oli juttu seoses äikesega.

Hääle levimise tundmisel ei ole ainult tunnetuslik väärtus, vaid ka suur praktiline tähtsus. Meenutagem vaid häälesignalisatsiooni raudteel, Tallinna kuulsat kõlakoda Lauluväljakul jm. Kuid isiklikus elus on siiski kõige tähtsam see, et kuulmise abil oleme nii mõnigi kord pääsenud auto alla jäämisest.

Viimasel ajal pööratakse tõsist tähelepanu õhu saastamise vähendamisele. Õhu saastajaks tuleks lugeda ka närvisüsteemile kahjulikult mõjuvat müra. Uusehitused tuleks planeerida helikindlad ja alaliste müraallikate suhtes vaikusetsooni.

H. Mürk

KESET PÄIKEST

Mind järsku haarab päikse valgus
ja viljalõhnaline tuul.
Õhk veab käsist, kisub jalust —
jääb täna koju müts ja kuub.

Maa kuumast virvendades sinab
ja ristikheinal hirnub täkk.
Ja vaseläiget võtab lina
ning õitseb tatra kirju rätt.

Suur kuhi koondub pilverakust,
kõik valmib, kollendab ja keeb.
Kõrs voogab, lainetab ning laksub,
viib läbi salu tallu tee.

All õhetava puude kupli
lööb kärbes pilli, vingub sääsk.
Ja pähklid varjulisist tupist
ju välja pistnud valged pääd.

Üks arglik värin õhu läbib,
üks tiibe vuhin taevalael.
Veel kiigub oksal verkjas käbi
ja vaigupisarates praeb.

On kõikjal õhku, päikse valgust,
on kõikjal mahlarikast tuult.
Soe mullakamar lihvib taldu,
maarammu võtab elujuur.

Juhan Sütiste

VANARAHVA TÄHELEPANEKUD ILMAST

Müstiline esemete ja looduse hingestamine — animism — kajastub ka eesti mütoloogias. Olles ilmastikust oluliselt sõltuvad, püüdsid meie esivanemad üleloomulike hingestatud loodusjõududega siiski ühendusse astuda ning neid leplikuks meelestada.

Eriti raske oli mõista ning seletada äikese olemust. Tujukat äikest kardeti pahandada ning paluti, et ta põlde ja hooneid ei kahjustaks. Üheks säilinud palveks on Urvaste pastori Johann Gutslaffi poolt 1644. a. kirja pandud «Pikse palve» Erastvere talupojalt Vihtla Jürgenilt. Toome selle algussõnad ja kogu palve dešifreeringu:

> Wota Picken, Herja anname palwus katte sarve kahn... /Võta, Pikken, härja anname palvus[en] kate sarve kaan ning nelja sõra kaan, künni perast, külvi perast, õle vask, tera kuld. Tõuka muja[le] musta pilve, suure soo, kõrgen kõnnu, laja laane pääle Simase ilm, mesiõhk meile kündjale, külvjale. Püha Pikken, hoia meie põldu, hüva õle allan ning hüva pää otsan ning hüva terri sisen./[1]

Sõna ja teo jõuga püüti ilma muutagi: pöörata tuult vajalikus suunas, veenda vihma võõrale maale sadama ja sügisel lund rutem maha tulema. Aastasadade kestel anti palveid ja nõiasõnu põlvkonnalt põlvkonnale ning katseid personifitseeritud ilma maagiliselt mõjustada on tehtud veel käesolevalgi sajandil. 1933. aastast on teade Kambjast:

> Pranglin mees, kui pikne mürist, tema roninu puu otsa, ütelnu:
> «Tasa, tasa, pik'ukene!
> Tule tasa mi talole,
> anna vihma mi vil'ale!»
> Viha ja vett ka viinu puu otsa, soputanu vihaga.

---

[1] E. Laugaste, *Eesti rahvaluuleteaduse ajalugu*. Tallinn 1963, lk. 43.

Otsene sõltuvus loodusest sundis inimest ilma tähele panema, järeldusi ja üldistusi tegema ning ilmastikunähtusi oma teadmiste tasemelt s e l e t a m a. Järgnev käsitlus on üles kirjutatud 1940. aastal Sangastest:

> Ütlese, et maa ajap väl'lä seäst lödi. Aga ei ole õige — pilve om, mes vahel lövvät. Õhk piäp pil'vi kiñni, paksu ja vesitse. Vesitse käevä madalast, põvva pil've kõrgen. Ma lätsi mõtsa kõñma. Pil'v ol'li maha sadanu. Tedä ol'li terve obese rii kuurma. Tõie kodu üte tüki ja pañme riheahju suu pääle. Tuli es tii tälle midägi, es sulata. Es kärise kah kuuma käen. Pilve om Looja kraam. Tä om nigu sül't. Vanarahvas pañdiva pudeli sisse tedä lehmä rohus. Sääl sul'li ärä. Üteldi — tuu om jumala añd. Kui tä õhust ärä tule, mes õhk enäp temä jaos ei tule, siss satap maha mõni palakene.

Kuna välku nähti noolekujulisena, usuti piksenoole või piksekivi olemasolu:

> Sinu vanaisa tuld Augu soost. Kange kibe valu käind talle mööda sääri. Nagu üks kardul käind siiradi-viiradi mööda maad, löönd puu sisse. Põletanud rohu pruuniks ja löönd puu puruks. Siis läind maa sisse. See old p i k s e n o o l.
>
> — Pidi üks krobeline kivi olema. Sinine kivi, krobeline ja tärniline. [Jüri, 1930. a.]

Seda, millesse enam ei usutud, jutustati edasi huumoriga:

> Vikerkaar joob. Üks rääkis, tema oednud toru otsast kinni kui vikerkaar joonud. [Kodavere, 1929. a.].

Kui ilmastikunähtuste olemuse seletused rahvatraditsioonis on enamasti mütoloogilist laadi, siis otseste vaatlustega saadud kogemustes peituvad kahtlemata meteoroloogia kui teaduse algmed. On tuntud tõsiasi, et loodusrahvad kasutavad ilmade kirjeldamiseks palju rohkem oskussõnu kui arenenud kultuurrahvad. Esitame termineid märja lume kohta:

heide — vihmasegane lumi;
hühm — niiske lumi või jää, niiske lume- või jääkord, õhuke lumekiht, räitsak, kerge jäätis;
hüll — segu, segane mass, lume ja vee segu;
lobjakas — märg lumi, külmuvas vees lumesaju järel tekkinud lumesodi;
lopp — veega segatud lumi;
lott — sadav märg lumi;
lops — sulanud lumi ja pori segamini;
läpp — lörts, lumi ja vihm segamini;
lörts — väga märg, veega segatud lumi;
mölts — märg lumesodi ;

parts — lumi ja jää segi;
pärts — suurehelbeline, pehme lumi, suur, pehme lumeräitsakas;
roba — poolsulanud, hõre kevadine lumi;
räitsakas — märg lumehelve, niiske lumi, räntsakas, lobjakas;
räntsakas — niiske, märg lumi, lai ja märg lumehelve, lobjakas;
räts — räitsakad, sadav märg lumi.[2]

Meie rahvaluulekogudesse talletatud tähelepanekud ilmast ulatuvad kümnetesse tuhandetesse, haarates kõiki ilmastikuga seotud elualasid. Eriti rohkearvuliselt on neid, mis väljendavad põllumehele vajalikku meteoroloogiat ja fenoloogilisi vaatlusi. Paljudele arvamustele ja ennustustele on rahvasuu andnud poeetilise sõnastuse. Sellistes vanasõnades, nagu «Loodetuul on taeva luud» (puhastab taeva pilvedest), «Sügisesel ööl on üheksa poega» (s. t. ta on väga muutlik), «Halla on hane ninassa, lumi luige tiiva alla», väljendub piltlikult sõnastatult otsene loodusevaatlus. Ka rahvakalendriga seoses olevates vanasõnades peitub konkreetse tähtpäeva taga sageli üldistus. Täht-tähelt ei tuleks võtta ajamäärangut vanasõnades, nagu «Küünlapäevast hakkab kõrs lund vihkama» (s. t. 2. veebruarist), või «Jaagupipäevast on külm kivi jões, must mees põõsas, raudnael rohus» (s. t. 25. juulist)[3]. Nendes on õigesti tähele pandud päikesekiirguse tugevuse muutumisega kaasnevaid nähtusi looduses, nagu lume sulamine juba veebruaris või vee temperatuuri langemine ja valgete ööde kadumine. Rohu puitumist on kohati arvatud ka juba juulikuu algusest, s. o. heina-maarjapäevast (2. juulil). Osa vanasõnu on aga rajatud juhuslikele assotsiatsioonidele ega peegelda tegelikkust õigesti või prevaleerivad neis vormiseadused sisu üle. Nii arvatakse, et kui seitsme venna päeval sajab, siis sajab seitse nädalat järjest, aga kui on kas või nii palju vihmavahet, et mees jõuaks selle ajaga hobuse selga hüpata, saavat ikka heina teha. Ka sellistel nõuetel, nagu linakülvamine sel ajal, kui taevas on parajasti linakiu-taolised kiudpilved, või kartulipanek päeval, kui pilved on kartulipudru moodi, puudub mõistagi reaalsuses alus.

Rohkearvuliselt leidub ilmaennustusi unenägude seletustes, peamiselt küll järskude ilmamuutuste endeid. Kui ebateaduslik selline prognoosimine ka poleks, peaks leiduma siingi oma tõetera. Inimene on (ehkki vähem kui loomad, linnud ja putukad) võimeline tunnetama näiteks õhurõhu järske muutusi ka oma füsioloogilise seisundi muutumise kaudu. Üldtuntud halva ilma ettekuulutaja on ju näiteks «kondid on haiged».

---

[2] Andrus Saareste, *Eesti keele mõisteline sõnaraamat* I, Stockholm 1958.
[3] Daatumid on antud vana kalendri järgi.



Joon. 1. Kurat laseb Pikselt pilli varastada. — A. Roosilehe illustratsioon Fr. R. Kreutzwaldi muinasjutule «Paristaja-poeg» (1924).

Üksikutel juhtudel võib selle põhjal välja kujuneda seos mingi kindla unenäoga, mida peetakse ilmaendeks. Igatahes ootab see probleem teadlastelt täpsemat jälgimist.

Ilma on püütud ette kuulutada nädalateks, kuudeks ja aastatekski. Pikaaegsete prognoosidega on raskusi ka hea tehnilise aparatuuriga varustatud sünoptikutel, seda enam on möödalaskmisi vanarahva määratlustes. Küllap on mitmed teatava tõenäosusega siiski arvestatavad ning mõnede õigsus tõestatakse sünoptika ja tehnika arenedes.

Toome mõned vanarahva ilmaennustused pikema aja kohta:

Kui kevadel müristab hange peale,
siis sügisel sajab lumi lehe peale.
Kui pole talve talve ajal,
pole suve suve ajal.
Kui sügis soe,
siis kevad külm.

Seevastu need lühiajalised prognoosid kohalike tunnuste järgi, mis põhinevad otsesel vaatlusel ja kogemusel, on enamikus teaduslikele määratlustele vastavad. Mitme kohaliku tunnuse koos esinemine eeldab seejuures muidugi prognoositava suuremat tõenäosust. Paljud tähelepanekud, alates optiliste nähtuste kohta atmosfääris kuni elusa looduseni, on arvestatavad ka tänapäeval.

Kui kuul (päikesel) on ring ümber, tuleb sadu ja tuult.
Kui päike punaselt looja läheb, tuleb vihma.
Kui tähed heledalt säravad, püsib selge ja külm ilm.
Kui pilved risti käivad, tuleb sadu.
Kui lumi katuselt alla tuiskab, tuleb sula.
Kui õhtul kastet pole, läheb vihmale.
Kui udu alla langeb, tuleb ilus ilm, kui üles tõuseb, tuleb vihma.
Kui talvel mets kohiseb, tuleb sula.
Kui õhtuks tuul tõuseb, tuleb sadu.
Tugev kaste toob ilusa ilma.
Kui rebane haugub, tuleb tuisku.
Kui jänes teeb esimese lume peale jäljed, siis see lumi kauaks maha ei jää.
Kui tihane ulualla tikub, tuleb suur külm.
Kui kajakad kisendavad, tuleb tormi.
Kui mesilased keskpäeval parvedena tarru lendavad, tuleb äkiline sadu.
Kui kärbsed on tigedad, tuleb vihma.

*

Ja mida arvavad tänapäeva meteoroloogid oma kaugete eelkäijate ennustuste kohta?

Kõigepealt seda, et «vanarahva sünoptika» on väga laiahaardeline, mis ei ennusta ilma ainult sünoptiliste, vaid ka teiste tunnuste järgi, nagu putukate, lindude ja loomade käitumine, «kondihaigused», unenäod ja palju muud. Selline avar ennustamise baas näitab meile esivanemate suurt eruditsiooni, elavat fantaasiat ja suurt huvi looduse, eriti aga ilma vastu. Eluline vajadus oli peamine tõukejõud vanarahva sünoptika arenemisel.

Torkab silma ennustusperioodi lai ulatus. Kui tänapäeval suudab sünoptik ette ennustada ilma mõneks päevaks, paremal juhul kuuks ajaks, siis vanarahva «ilmatarkuse» hulgas leidub ennustamise juhiseid tervenisti aastapikkuste ajavahemike kohta. Muidugi, selliste pikaajaliste prognooside täitumise tõenäosus ei saa olla kuigi suur.

Vanasõnad «Kui sügis on soe, siis kevad külm» või «Kui pole talve talve ajal, pole suve suve ajal» viivad tahtmatult mõttele, et meie esivanemad tunnetasid alateadlikult energia jäävuse seaduse olemust: Päikeselt maapinnale jõudnud kiirgus jaguneb aastaaegade vahel nii, et kiirguse summa jääb aastases lõikes enam-vähem samaks. See on küll maksev kogu maakera ulatuses, kuid mitte enam üksikus kohas, sest meil tuleb ikka silmas pidada tohutut soojuse transporti atmosfääri üldise tsirkulatsiooni kaudu, mis muudab vaadeldava koha soojusrežiimi tunduvalt.

Mis puutub vanasõnadesse lühiajalise prognoosi kohta, siis võime neid liigitada meteoroloogilisteks ja mittemeteoroloogilisteks (bioloogilised, meditsiinilised, psühholoogilised jne.). Esimeste hulka kuuluvad ilmaennustused, mis põhinevad meteoroloogilistel nähtustel, nagu rõngad Päikese ja Kuu ümber, Päikese ja taeva värvus, tähtede vilkumine, tuul, kaste, udu jt.; teise rühma aga kuuluvad ennustused putukate, lindude, loomade käitumise, haiguste, unenägude jm. järgi. Meteoroloogid võivad muidugi oma arvamist avaldada meteoroloogilise iseloomuga vanasõnade kohta.

Iseloomustades vanasõnu ilmatüüpide seisukohalt, tuleks tähendada, et neis ennustatakse nelja tüüpi ilma: halba ja ilusat ilma, ilma halvenemist ja paranemist. Halva ja hea ilma mõiste on muidugi suhteline. Suvitaja seisukohalt on ilm ilus, kui ei saja, päike paistab ja on soe. Põllumehe seisukoht võib aga hoopis vastupidine olla juhul, kui põld vajab vihma. Kaasaegse sünoptika taustal tähendab ilus ilm antitsükloni, halb ilm — tsükloni kohalviibimist, ilma halvenemine tsükloni lähenemist ja paranemine selle taandumist. Ühe või teise vanasõna õigsus sõltub sellest, kuivõrd tihedalt on ennustamise alus (tunnus) seotud tsüklonaalse tegevusega. On arusaadav, et need tunnused, mis on tsüklonaalse tegevusega tihedalt seotud, annavad õigema ennustuse kui need, millel see seos on nõrgem ja kaudsem.

Järgnevalt iseloomustame vanasõnu sellelt seisukohalt. Võtame näiteks vanasõna: «Kui õhtuks tuul tõuseb, tuleb sadu.» See tähendab, et meil oli kuiv ja selge või vähese pilvitusega ilm, mil päevane nõrk tuul õhtupoolikul hakkab raugema. Kui aga õhtul tuul siiski tugevneb, siis on see põhjustatud tsükloni lähenemisest. Nagu teame, toovad tsüklonid meile sajuseid ilmu. Seega vanasõna on täiesti põhjendatud ja võib kuuluda kohalike meteoroloogiliste tunnuste hulka.

Samasse liiki kuuluvad vanasõnad: «Kui udu tõuseb üles, tuleb

vihma», «Kui õhtul kastet pole, läheb vihmale», «Kui lumi katuselt alla tuiskab, tuleb sula» jt. Kõik need tunnused viitavad tsükloni lähenemisele või selle eesmise osa päralejõudmisele.

Mõnevõrra kaudsemalt on tsükloni lähenemisega seotud rõngad Kuu ja Päikese ümber. Need tekivad valguse peegeldumisel jääkristallikestelt, millest koosnevad kõrgel asuvad kiudpilved (*Ci*). Nimetatud pilved on tsükloni lähenemise kuulutajateks — nad edestavad sooja fronti 700—1000 km võrra, kus tsükloni tunnuseid (tuule tugevnemist) veel tunda ei ole. Muidugi ei tähenda rõnga ilmumine tingimata saju järgnemist — tsüklon võis meist kaugelt mööduda, ilma et satuksime saju piirkonda. Samuti võib sadu olla kohaliku päritoluga, näiteks kohalik äike. Kuid enamasti on sadu siiski tsüklonaalse päritoluga.

Analoogiline on lugu ka tähtede vilkumisega või säramisega. Tähtede vilkumine on tingitud õhutiheduse kiirest muutumisest ehk fluktuatsioonist. See on aga seotud tsüklonile eelneva sooja ja niiske õhu päralejõudmisega ülalt. Kui aga tähed ei vilgu, vaid säravad rahulikult, siis pole tsüklonit lähenemas ja meil püsib antitsüklonaalne ilm, mis talvel tähendab külma püsimist.

Nagu näeme, on rõngad, tähtede vilkumine või säramine kaudselt seotud tsüklonite ja antitsüklonitega. Vaatamata sellele on need ja teised optilised nähtused (taeva ja Päikese värvus) atmosfääris küllalt head ennustamise alused.

Mis aga puutub teistesse, mittemeteoroloogilistesse tunnustesse, siis nende teaduslik põhjendamine on raske; see viib õieti küsimusele — milline on ilma mõju organismile? Meil on küll selle kohta mõningaid usaldusväärseid tähelepanekuid, nagu reumaatiliste valude ägenemine ilma muutumisel, samuti maohaavandite all kannatajate olukorra halvenemine talvel ja kevade algul jt., kuid väliskeskkonna tegurite mõjumise mehhanism on seni kahjuks selgitamata ja vajab tublisti uurimist.

Uurimist vajavad ka taolised tähelepanekud, nagu kärbeste «tigedus», jänese jäljed esimesel lumel, konna ja mardika värvuse muutumine ilmamuutuste eel ja mõned teised.

M. Proodel
H. Mürk

ILMAENNUSTAMINE KAASAJAL

Esialgu ennustati ilma peamiselt kohalike tunnuste järgi ja rahvapärimustes edasiantud kogemuste varal.

Sageli olid rahvalikud ilmaennustused värsivormis. Eriti sageli vormisid oma ilmaennustusi värssidesse inglise meremehed. Toome näiteks ühe:

When rise begins, after low
Squalls expect and clear bow,
Hens' scratching and mares' tails
Make tall ships carry small sails.

Selle ligikaudne tõlge on:

Kui peale madalseisu algab õhurõhu tõus,
Siis pagi ootel laeva klaarima kõik jõud.
Kui taevas mära sabad ja kanad siblivad[1],
Ka suurel laeval mehed siis purje rehvivad.

Riikide poolt finantseeritavate meteoroloogiateenistuste iga ei ületa palju sadat aastat. Selle aja jooksul on toimunud kaks suurt hüppelist muudatust meteoroloogide igapäevases töös: 1) käesoleva sajandi kahekümnendate aastate lõpul ja kolmekümnendate alguses, kui rakendati frontaalanalüüsi tehnikat ja 2) neljakümnendatel aastatel, kui loodi kõrgemate kihtide sondeerimise võrk, mis võimaldas igapäevastes ilmaennustustes kasutusele võtta samarõhupindade kaardid (isobaaride kaardid). Järgnevas tabelis esitame olulised kilomeetripostid atmosfäärifüüsika ning tehniliste vahendite arengus, mis võimaldasid täiustada ilmade ennustamise teooriat ja meetodeid.

---

[1] Siin on nähtavasti mõeldud kiudpilvede liike: *Ci filosus* ja *Ci uncinus*, mis käivad tsüklonite eel.

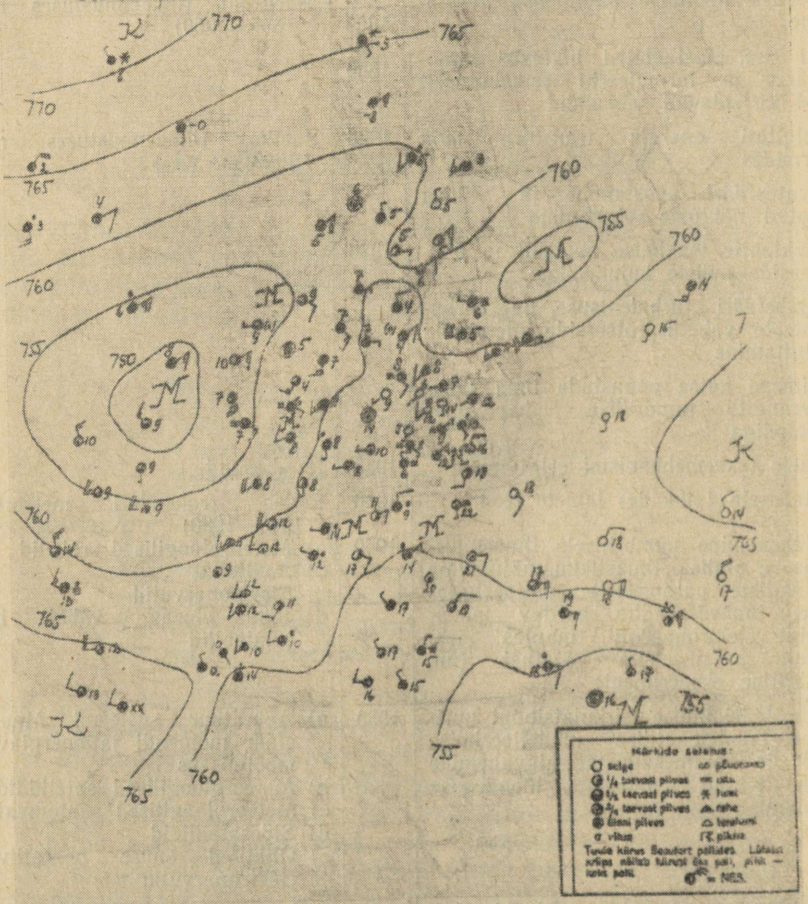
Tabel 1

Saavutused atmosfäärifüüsikas	Aasta	Saavutused tehnikas, mida rakendati meteoroloogias
Keeriselise liikumise stabiilsuse avastamine	1840 1860	Telegraaf (ilmaennustuses rakendati 1855—1960)
Uuriti suuremastaabilisi liikumisi atmosfääris ja formuleeriti esmakordselt neid kirjeldavad võrrandid	1880	
a) Selgitati energia transformatsioon tormides	1900	Raadio (ilmaennustuses rakendati 1920)
b) Stratosfääri avastamine ja sellega seotud nähtuste selgitamine		
a) Tsüklonite tekkimise mudelid ja õhumasside mõiste kujunemine	1920	
b) Atmosfääri turbulentsuse ja turbulentsete vahetusprotsesside olemasolu selgitamine		
c) Esimene katse ennustada ilma ilmavõrrandite numbrilise lahendamise meetodiga		
Sademete tekkemehhanismi selgitamine	1930	Raadiosond
Planetaarsete (pikkade) lainete teooria	1940	Radar (rakendati meteoroloogias 1945—1950)
Uus lähenemine numbrilisele ilmaennustamisele: oluliste ilmastikku mõjutavate füüsikaliste parameetrite väljaselgitamine; ilmavõrrandite korduv lahendamine elektronarvutil, muutes järkjärgult parameetrite väärtusi (nn. numbriline eksperiment)	1950	a) Meteoroloogilised raketid b) Pooljuhid c) Elektronarvutid d) Pika elueaga vabalt hõljuvad sondpallid
a) Atmosfääri üldise tsirkulatsiooni uurimine matemaatilise modelleerimise abil ja mitmesuguste ajavahemike jaoks tehtud ennustuste tõenäosuse hindamine	1960	a) Aparatuur süsteemi Maa—atmosfäär momendi ja energiavahetuse mõõtmiseks b) Meteoroloogilised satelliidid c) Meteoroloogilised automaatjaamad d) Sidesatelliidid e) Ülikiired suure operatiivmäluga elektronarvutid
b) Statistiliste meetodite rakendamine meteoroloogiliste väljade struktuuri uurimiseks c) Stratosfääri tsirkulatsiooni selgitamine	1970	a) Laser-radarid (lidarid) b) Piloteeritavad orbitaalsed meteoroloogiaobservatooriumid c) Meteoroloogiaobservatoorium Maa atmosfääri jälgimiseks Kuult

Ilmakaart

Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumilt

Kolmapäev 15 mai 1929 a. Hommikul. № 135.



Loodetav ilm neljapäeval 16 mail:
Keskmise kiirusega kagu- ja lõunatuuled, muutlik pilvitus, paiguti sarge vihm, temperatuur suurema muutuseta.

Lohu

*

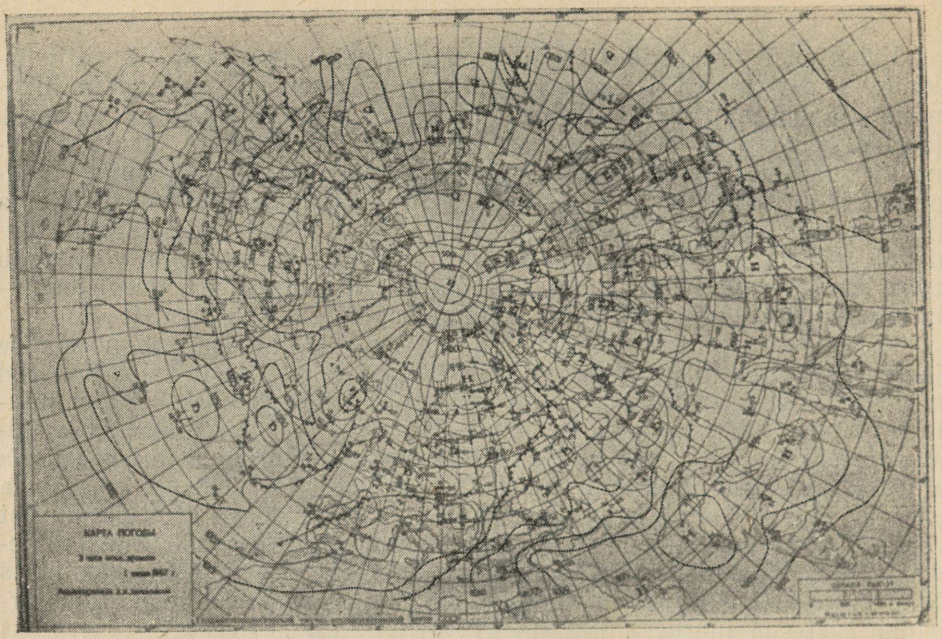
Lühiajalise ilmarežiimi määrab tsüklogenees: tsüklonite ja antitsüklonite, s. o. madalrõhu- ja kõrgrõhualade tekkimine, arenemine ja liikumine. Sünoptik, kelle käsutuses on ilmakaardid, milledelt on võimalik jälgida tsüklonite, antitsüklonite ning atmosfääri frontide liikumist eelnevate päevade jooksul ja õhurõhu ning temperatuuri muutusi maapinnal ja atmosfääris mitmesugustel kõrgustel, on suuteline ennustama ilma lähema ööpäeva jaoks. Sünoptiku tööd kergendavad kaasajal tunduvalt mitmesugused sidetehnika vahendid: fototelegraaf, mis võimaldab edasi anda valmis ilmakaarte tsentraalsetest ilmabüroodest, televisioon — informatsiooni edasiandmiseks meteoroloogilistelt sputnikutelt jm.

Kõrvuti sünoptiliste meetoditega on ilma lühiajalise prognoosimise jaoks, s. o. ilmaennustamiseks 1—2 päevaks küllalt hästi välja töötatud meetodid üldiste hüdrodünaamika võrrandite lahendamiseks. Mida kujutavad endast hüdrodünaamilised ilmavõrrandid? Need on atmosfääris toimuvate protsesside üldine matemaatiline esitus. Hüdrodünaamilise teooria aluseks on kõige üldisemad füüsika printsiibid — momendi, massi ja energia jäävuse seadused. Nimetatud võrrandisüsteem koosneb kuuest võrrandist: kolmest liikumise võrrandist; pidevuse võrrandist, mis matemaatiliselt väljendab üldtuntud fakti, et õhu voolamisel atmosfääris õhku ei teki juurde ega kao; termodünaamika põhivõrrandist, mis kirjeldab süsteemi juurde antud energia üleminekut süsteemi siseenergiaks ja tööks välisjõudude vastu, ja lõpuks gaasi oleku võrrandist, mis seob omavahel õhurõhku, temperatuuri ja -tihedust. Tundmatuteks, mida me otsime, on 3 telgedesuunalist tuule kiiruse komponenti, õhurõhk, -tihedus ja temperatuur. Kuus võrrandit ja kuus tundmatut.[2] Ülesanne peab olema lahenduv. Ülesande lahendamiseks on vaja teada nn. algandmeid — tuule kiirust, rõhku, temperatuuri, õhutihedust algmomendil — ja nn. ääreväärtusi — soojusvahetust aluspinnaga ja selle ajalis-ruumilist muutumist. Lahendada aga sellist kuuest võrrandist koosnevat diferentsiaalvõrrandite süsteemi küllalt üldiste alg- ja ääretingimuste jaoks polegi nii lihtne. Ilma lihtsustamata pole võimalik sellise võrrandisüsteemi lahendit analüütilisel meetodil saada, s. o. kirjutada üles matemaatilise valemina. Seepärast on tehtud palju tööd niisuguste süsteemide numbrilise lahendamise meetodite leidmiseks. Sellest ka nimetus — ilmaennustamise numbriline meetod.

Oluline probleem ilmavõrrandite lihtsustamisel on nende filtreerimine. Üldised ilmavõrrandid on matemaatiline kuju kõikidele laineprot-

[2] Kui arvestatakse ka veeauru ülekandumist atmosfääris, siis lisandub veel seitsmes võrrand — veeauru ülekande võrrand — ja seitsmendaks tundmatuks on veeauru kontsentratsioon.

Joon. 1. Vana ilmakaart.



Joon. 2. Ilmakaart. Tähistused:

H — madalrõhkkond,

B — kõrgrõhkkond,

— külm front,

— nõrk külm front,

— maapinnalähedane külm front,

— soe front,

— nõrk soe front,

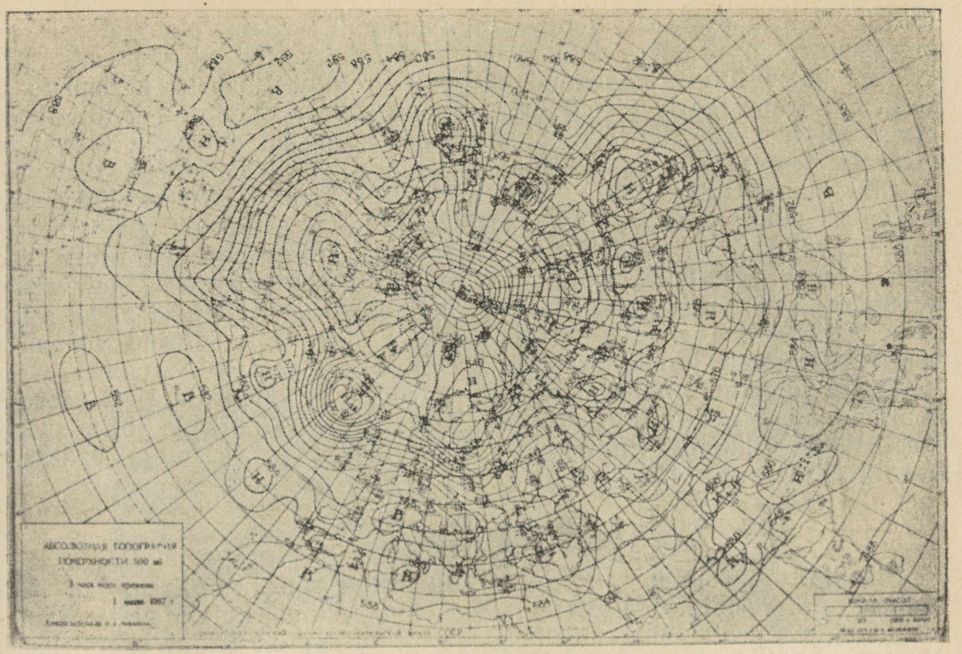
— maapinnalähedane soe front,

— väheliikuv front,

— nõrk väheliikuv front,

— oklusioon (lagunenud front).

sessidele atmosfääris: helilained, gravitatsioonilained õhus, mis on analoogilised lainetusega veepinnal, ja tsükloneid tekitavad lained erinevate omadustega õhumasside kokkupuutealal, mida nende matemaatilise teooria looja järgi Rossby laineteks nimetatakse. Filtreerimise ülesandeks on teisendada võrrandeid selliselt, et oleksid kõrvaldatud heli- ja gravitatsioonilained, moonutamata seejuures meteorolooge huvitavaid



Joon. 3. Baarilise topograafia kaart. Isojooned näitavad 500 mb pinna kõrgust merepinnast (dünaamilistes ehk geopotentsiaalsetes meetrites).

Rossby ehk planetaarseid laineid. Filtreerimisprotsess meteoroloogias on täiesti analoogiline filtreerimisega raadiotehnikas.

Teine võimalik lähenemine küsimusele on ilmavõrrandite numbriliste lahendite otsimine, lähtudes võrrandite esialgsest üldkujust. Siin kerkivad väga teravalt üles probleemid arvutusskeemi matemaatilise stabiilsuse, vaatlusandmete täpsuse ja vaatlusjaamade võrgu tiheduse kohta, sest numbrilised meetodid kipuvad «võimendama» juhuslikke vigu.

Kaasajal on maailma meteoroloogid jõudnud veendumusele, et lühiajalisi prognoose (12—48 tundi) on otstarbekohane anda numbriliste meetodite abil. Need ei sõltu sünoptiku isiklikust leidlikkusest ega intuitsioonist. Numbriliste meetodite täpsus on täielikult määratud algandmete ja arvutusskeemi täpsusega. Olemasolevatel andmetel ületab numbriliste lühiajaliste prognooside tõenäosus juba praegu 5% võrra klassikalisel sünoptilisel meetodil saadud prognooside tõenäosuse.

Lühiajalise prognoosi arvutamine lihtsustatud hüdrodünaamika võrrandite põhjal elektronarvutite abil on juba juurutatud mitmete riikide

(NSVL, USA, Kanada, Rootsi, Inglismaa jt.) meteoroloogiateenistuse praktikasse. Arvutusteks kuluv aeg elektronarvutitel ei ole eriti suur (vähem kui 1 tund) ja saadud õhurõhu prognoosi täpsus keskmises ja kõrgemas troposfääris ületab juba praegu varem kasutatud kvalitatiivse prognoosi täpsuse. Õhurõhujaotus võimaldab arvutada tuule kiirust ja määrata temperatuurijaotust ning prognoosida õhumasside liikumist.

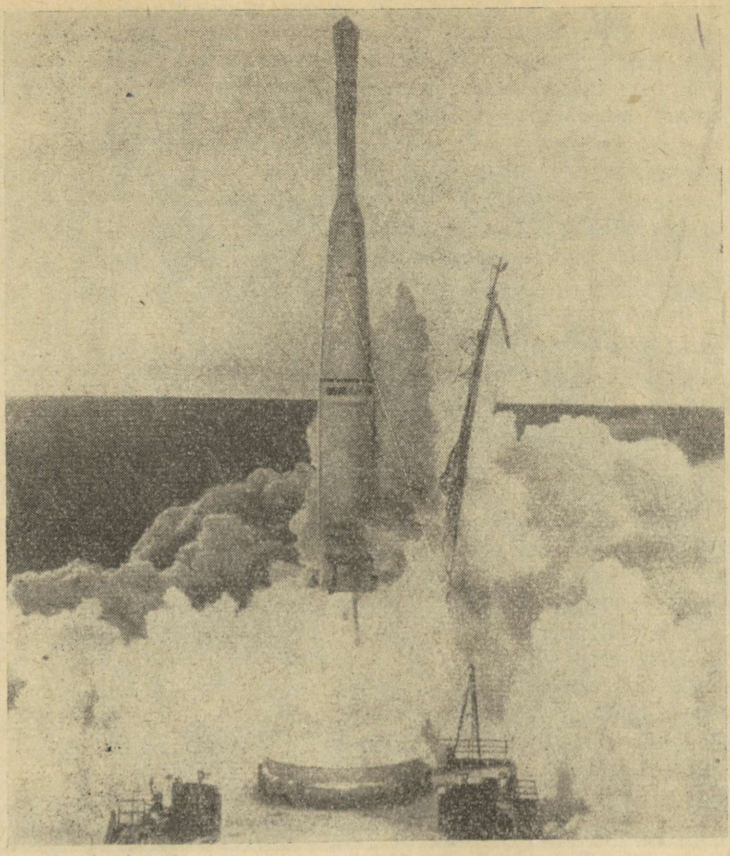
Õhu suuremastaabilisel vertikaalsel liikumisel vaatleme lühiajalise prognoosi puhul protsesse adiabaatilistena, s. o. sellistena, nagu poleks vaadeldavatel õhumassidel energiavahetust ümbrusega ja protsesside kulu määrab ainult õhurõhujaotus. Teades õhu niiskusesisaldust, võime kvantitatiivselt hinnata pilvisuse evolutsiooni ja mingil määral ka sademete võimalust. Tõsi küll, siiani ei ole viimasena nimetatud võimalusi veel realiseeritud, kuid ilmselt on see lähemate aastate ülesanne.

Seega võimaldab hüdrodünaamiline teooria prognoosida 1—2 päevaks õhurõhujaotust, tuule kiirust, õhukihtide temperatuuri ja õhu suuremastaabilisi liikumisi ning viib lähemal ajal pilvisuse ja sademete kvantitatiivsele prognoosile.

*

Pikaajalise prognoosi korral on olukord palju keerulisem kui lühiajalisel prognoosil. Meie teadmised ilmarežiimi kujundavate suuremastaabiliste protsesside füüsikalisest olemusest on siiani ebatäielikud. Me teame näiteks, et atmosfääris kantakse pidevalt üle energiat ekvatoriaalpiirkondadest suurematele laiustele, kus päikesekiirgusest saadud energia on väiksem energiast, mis Maalt maailmaruumi kiirgab. Me teame, et Päikeselt tuleva kiirgusvoo suurus muutub sesooni kestel suhteliselt vähe ja võiks nagu arvata, et atmosfääri üldine tsirkulatsioon, mis on energia ülekandemehhanismiks ekvaatoriaallaiustelt pooluste suunas, peaks olema küllaltki püsiva iseloomuga. Tegelikult esinevad tsirkulatsioonis ulatuslikud anomaaliad, mis põhjustavadki olulisi kõikumisi ilmarežiimis. Anomaaliate tekke füüsikalised põhjused pole veel küllalt selged ja seepärast pole pikaajalise prognoosi arvutuslikud meetodid siiani praktilist rakendamist leidnud.

Pikaajalise prognoosi jaoks ei sobi ka sünoptilised meetodid, sest prognoositav ajavahemik (kuu, sesoon) ületab tunduvalt tsüklonite eluea. Kaasajal aga pole võimalik täpselt ennustada, kus ja millal peab tekkima uus madalrõhuala ja milline on tema liikumise trajektoor. Me suudame vaid väga üldjoontes näidata kohti, kus tõenäoliselt tekib tsüklon, kuid pikaajalise prognoosi jaoks sellest ei piisa. Huvi pakub selle küsimuse lahendamisel nõukogude astronoomi E. Musteli poolt püstitatud hüpotees tsüklogeneesiprotsesside seosest Päikese korpuskulaarkiirgusega. Viimastel aastatel on saadud nimetatud seoste uurimisel uusi huvitavaid andmeid.



Joon. 4. Maa tehiskaaslase «TIROS 1» väljasaatmine 1. aprillil 1960. Selle kaaslase abil tehti esimesed fotod maakera pilvesüsteemidest. (WMO Bulletin XII, No 2, 1963).

Hüdrometeoroloogiateenistuse praktikas kasutatakse pikaajalise prognoosi jaoks nn. analoogaastate meetodit, mis põhineb hüpoteesil, et antud kuu (sesooni) jaoks võime prognoosi «maha kirjutada» arhiivist, analoogilise ilmaprotsesside käiguga aasta sünoptilistelt kaartidelt. «Analoogaasta» valikuks on välja töötatud rida reegleid, mis kahjuks pole aga küllalt ranged ja võimaldavad erinevatel sünoptikutel valida antud situatsiooni prognoosimiseks erinevad «analoogaastad». «Analoogaasta» meetodi efektiivsemaks rakendamiseks viiakse sünoptiline arhiiv



Joon. 5. Esimene küllaltki täielik mosaiik pilvesüsteemide kohta maakeral, mis saadi 13. veebruaril 1965. a. meteoroloogilise satelliidi «TIROS 9» abil (WMO Bulletin XI, No 1, 1966).

perfokaartidele ja «analoogaasta» leidmiseks kasutatakse analüütiliste arvutite abi. Selle meetodi puhul eeldatakse, et arhiivis salvestatud perioodi kestel ei ole toimunud olulisi kliimamuutusi. Ilma määravate oluliste karakteristikute valimisel on aga vajalik, et arhiivis oleks piisav hulk materjali küllalt hea analoogi leidmiseks. Meetodi oluliseks puuduseks võiks lugeda seda, et analoogide valimise reegleid ei saa füüsikaliselt mõtestada.

Pikaajalise prognoosi peamiseks erinevuseks lühiajalisest ongi asja-

olu, et prognoosides pikemaks perioodiks kui tsükloni eluiga, tuleb tingimata arvestada energia juurdevoolu ja hajumist atmosfääris: protsesse tuleb vaadelda mitteadiabaatilistena. Seega matemaatiliselt on pikaajaline prognoos ajas muutuvate ääretingimustega ülesanne. Pikaajaliste prognooside teooria loomisel peab eeskätt silmas pidama maakera energiabilansi iseärasusi.

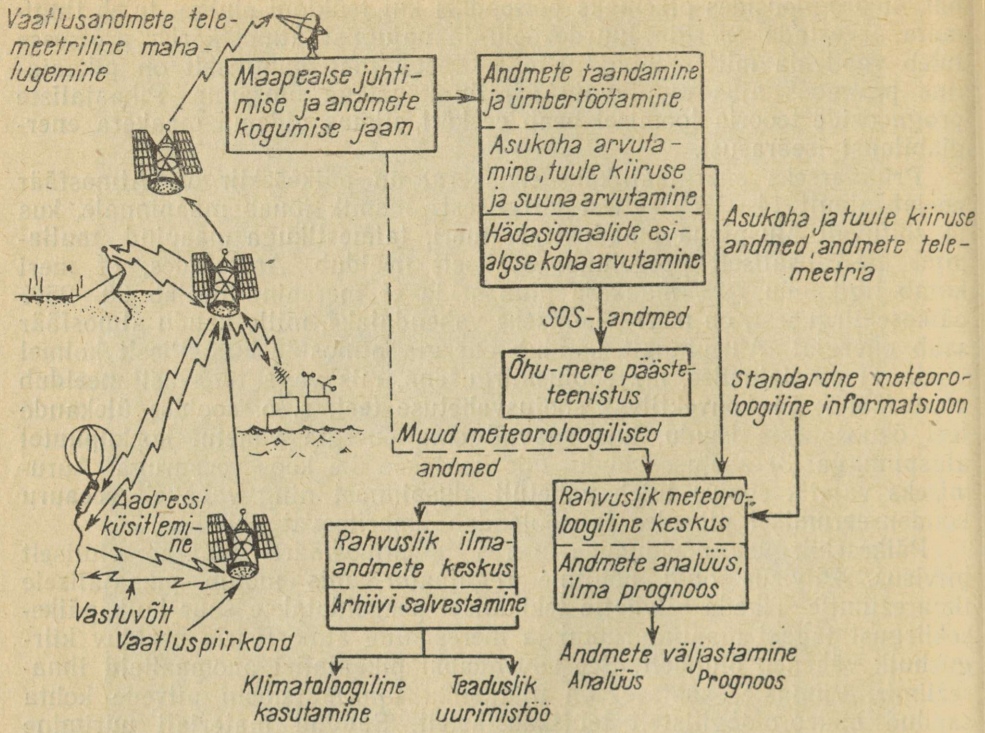
Primaarseks energiaallikaks maakeral on päikesekiirgus. Atmosfäär neelab ainult 14—17% sellest kiirgusest, enamik jõuab maapinnale, kus ta sõltuvalt aluspinna omadustest (meri, taimestikuga maapind, mullapind jne.) osaliselt peegeldub, osaliselt neeldub. Arvestades, et meri katab ligikaudu 70% maakera pinnast ja et merepind neelab 90—95% päikesekiirgusest, on meri peamiseks vahendajaks, mille kaudu atmosfäär saab energiat. Aluspinnalt kandub energia atmosfääri põhiliselt kolmel viisil: 1) pikalainelise, nn. soojuskiirgusena, mis väga tugevasti neeldub atmosfääris; 2) konvektiivse soojusvahetuse teel, s. o. soojuse ülekande teel õhuosakeste kaudu, mis saavad oma energia vahetul kokkupuutel aluspinnaga; 3) soojuse kaudu, mis kantakse üle koos veeauruga. Aurumiseks vajalik soojus tuleb vahetult aluspinnast ning vabaneb veeauru kondenseerumisel pilvedes ja soojendab ümbritsevat õhku.

Päikesekiirguse neeldumise meres ja atmosfääris määrab oluliselt pilvisus. Pilvisus ongi põhiline regulaator, mis mõjub pikaajalisele ilmarežiimile. Tiheda pilvkatte tekkimisel peegeldatakse suur hulk päikesekiirgust tagasi maailmaruumi ja meres ning atmosfääris neelduv kiirgushulk väheneb oluliselt. See süvendabki pikaajalisi anomaaliaid ilmarežiimis. Viimastel aastatel on ulatusliku informatsiooni pilvede kohta saadud meteoroloogilistelt tehiskaaslastelt. Saadud materjali uurimine statistiliste meetoditega võimaldab selgitada seaduspärasusi pilvede jaotuses ja pilvisuse muutlikkuses kogu maakera ulatuses.

Vaevalt küll võimaldab pikaajaliste prognooside teooria tulevikus saavutada sellist täpsust, et anda konkreetne prognoos antud päeva jaoks (nagu näiteks lühiajalise prognoosi puhul). Niisuguse võimaluse välistab juba kas või algandmete mitteküllaldane täpsus ja juhuslikkuse moment atmosfääridünaamika protsessides. Seepärast on otstarbekohane anda prognoos küllalt pika perioodi jaoks ilmastiku fooni [3] kohta, arvestades ainult olulisi protsesse ja vastavalt lihtsutades kasutatavaid võrrandeid.

*

[3] Ilmastiku fooni iseloomustatakse kõrvalekalletega klimatoloogilistest keskmistest. Näiteks kuuajalises prognoosis antakse 30 päeva keskmise õhurõhu kaart, märkides ära peamised tsüklonite ja antitsüklonite teed, samuti esitatakse kaart 30 päeva keskmise temperatuuri erinevustega pikaajalisest keskmisest ja sademete keskmised.



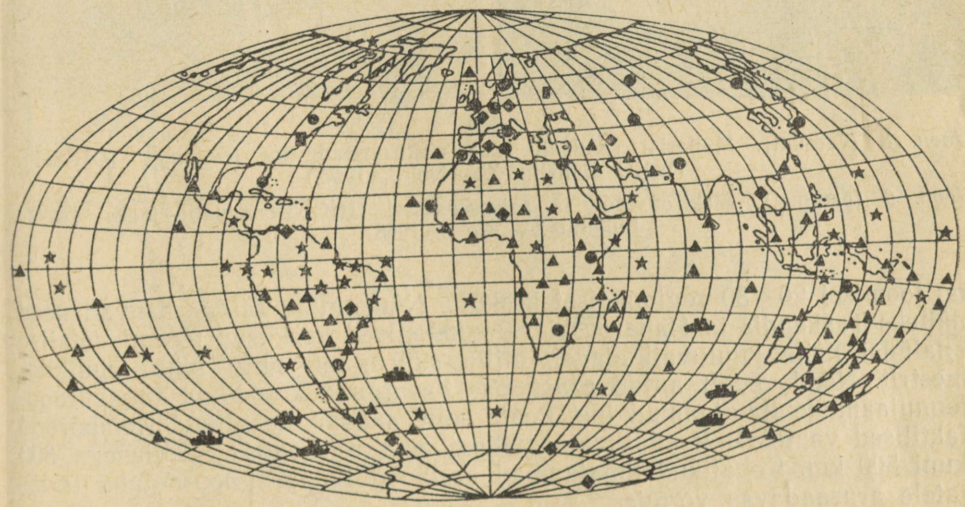
Joon. 6. Meteoroloogiliste satelliitide kasutamine andmete kogumiseks ja edasiandmiseks.

Nagu nägime, esitab kaasaegne ilmaennustamise teooria väga suuri nõudeid nii meteoroloogiliste elementide määramise täpsusele kui ka meteoroloogiajaamade võrgu tihedusele. Nende nõuete täitmiseks viiakse ellu rahvusvaheline projekt — World Weather Watch (Ülemaailmne Ilmavaatlus). Selle projekti esimene etapp on kavandatud aastateks 1968—1971. Projekti põhiülesanne on a) luua globaalne vaatlussüsteem, b) nende vaatluste automaatne töötlemissüsteem ja c) planetaarne telekommunikatsiooni süsteem. WWW-programmi elluviimine on esmajärjekorras võimalik tänu tehnika kiirele progressile ja rahvastevahelisele tihedale koostööle.

WWW lülitab oma süsteemi olemasolevad vaatlusaparaadid ja sidetehnikavahendid, nagu meteoroloogiliste satelliitide süsteemi (USA-s

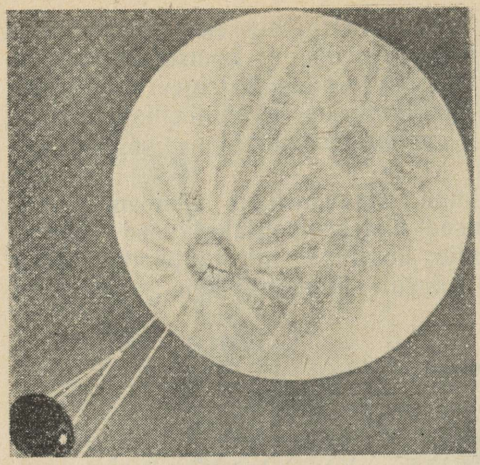
«Nimbus», ESSA, Nõukogude Liidus «Meteor»); suure kiirusega töötavad laia läbilaskeribaga telekommunikatsioonivõrgud; komplekssed telemeetrilise lülitamise, andmete trükkimise ja vigade korrigeerimise süsteemid; elektronarvutid andmete ümbertöötamiseks ja numbriliste meetoditega ilmaennustuse, mis trükitakse vastavate kaartidena kogu maakera jaoks.

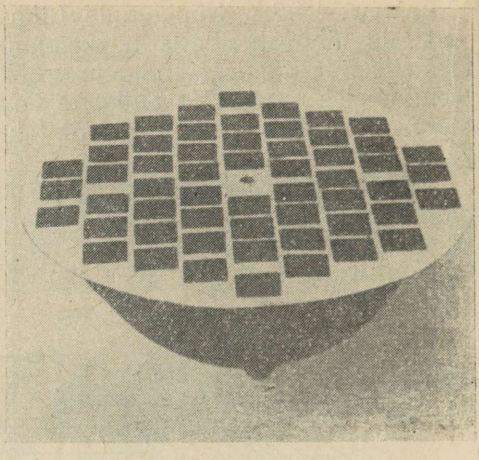
Organisatsiooniliselt on Ülemaailmne Ilmavaatluste süsteem ühtne tervik. Suurriikides on nn. ülemaailmsed meteoroloogiakeskused (Moskvas, Washingtonis, Melbourne'is), mis koguvad informatsiooni kogu maakeralt ja töötavad selle ümber. Kõrvuti ülemaailmsete keskustega



Joon. 7. Ülemaailmse Ilmavaatluste projekti raames kavandatav vaatlus- ja telekommunikatsioonivõrk

- ülemaailmsed meteoroloogiakeskused;
- regionaalsed keskused;
- regionaalsed telekommunikatsioonikeskused;
- kõrgatmosfääri uurimise jaamad;
- uued kõrgatmosfääri uurimise jaamad;
- uued paigalseisvatel laevadel asetsevad ookeani ilmajaamad.



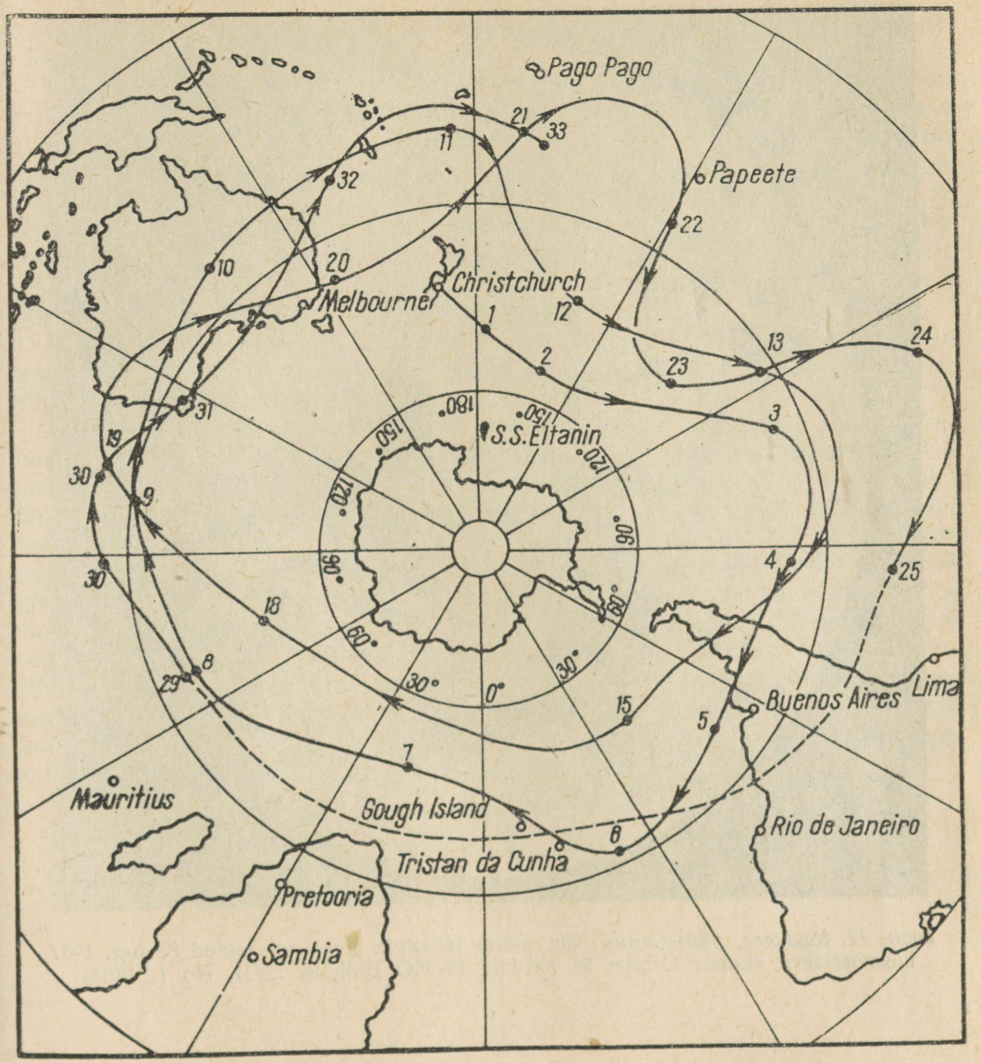


Joon. 8 (vasakul). Mailarist sondpall koos elektronseadmega lendamas (GHOST). (WMO Bulletin XV, No 3, 1966.)

Joon. 9 (paremal). Elektronseade ja päikesepatarei GHOST-sondpalli jaoks (WMO Bulletin XV, No 3, 1966).

on loomisel 20—30 regionaalset keskust. Nõukogude Liidus asuvad need näiteks Taškendis ja Habarovskis. Regionaalsed keskused teevad detailse analüüsi neile kuuluvail aladel, mille suurus on mitu tuhat ruutkilomeetrit. Nende poolt antud prognoose kasutavad kohalikud ilmabürood, lennujaamade ilmajaamad jne. Peale selle saavad kohalikud ilmabürood faktilised vaatlusandmed ilmajaamadest oma piirkonnas raadiusega 300 kuni 500 km. Kohalikud ilmajaamad annavad ilmaprognoose juba tarbijatele arusaadavas vormis.

WWW teaduslik programm on tihedalt seotud nii vaatlussüsteemide täiustamisega, kui ka ilmaennustamise parandamisega. Üks uurimisprojekt on globaalne vabalt hõljuvate aerosondide süsteem (GHOST — Global Horizontal Sounding Technique), aga ka Prantsusmaa projekt EOLE. GHOST-eksperimenti alustati 1966. aasta aprillikuus lõunapoolkeral, et määrata õhu liikumist, temperatuuri, niiskust ja õhurõhujaotust. Edaspidi on kavas kasutada rohkem kui 10 000 vabalt hõljuvat venimatu mailarkattega palli koos raadiosondidega. Sondpallide läbimõõt on 2,3 m. Et vältida pallide jäätumist, kaetakse nad hüdrofoobse kattega, vastasel korral lüheneks pallide eluiga vaid 6—7 päevale. Täiustatud pallide eluiga hinnatakse 1—2 aastale. Pallide trajektoori registreerimise teel joonistatakse välja 500 mb, 200 mb ja 30 mb isobaarpindade reljeefid atmosfääris. Andmed sondpallidelt antakse telemeetrilise



Joon. 10. Christchurchis 30. märtsil 1966. a. väljalastud sondpalli trajektoor. Sondpall lendas umbes 12 km kõrgusel ja tegi mitu ringi ümber maakera. Palli asendid on märgitud punktidega; nende juures olevad arvud näitavad, mitu päeva oli möödunud palli väljalaskmise ajast.



Joon. 11. Maakera, pildistatuna Kuu pinna lähedalt. Foto on tehtud 8. aug. 1967 kosmoselaeva «Lunar Orbiter 5» pardalt (WMO Bulletin XVII, No 1, 1968).

saatja abil satelliidile. Energiaallikaks on päikesepatareid (joon. 9). Sondpallide asukoht ruumis määratakse kaugusega satelliidist ja päikesekiirte langemisnurgaga sondpallil olevale Päikese kõrguse registreerijale — kaadmiumseleen-fototakistile. Asukoha määramise täpsus 3300 km kauguselt oli 50 km. Kolmeteistkümne kilomeetri kõrgusel tegid mitmed pallid esimesel eksperimendil kuni 17 ringi ümber maakera. Ringi kesk-

miseks ajaks 45—55° lõunalaiusel oli 12 päeva (joon. 10). See annab pildi õhumasside liikumiskiirusest.

Väga oluline probleem on saadud vaatlusandmete ümbertöötamine ja nende põhjal numbrilise ilmaprognoosi andmine. Selleks töötatakse Illinoisi ülikoolis välja ülivõimsat elektronarvutit, mille töökiirus on miljard tehet sekundis. Projekti GHOST elluviimisel väljatöötatud ökonoomset rõhu, niiskuse ja temperatuuri mõõteaparatuuri soovitatakse kasutada ka maal ja merel loodavas automaatjaamade võrgus. Teatavasti on momendil ainult 20% maismaast (peamiselt põhjapoolkeral) piisavalt tihe meteoroloogiajaamade võrk. Ookeanidel puudub pidevalt töötav meteoroloogiajaamade võrk peaaegu täiesti.

Võib arvata, et kui selline küllalt tihe globaalne automaatjaamade ja raadiosondide ning satelliitide võrk on realiseeritud, saab tõsta ka pikaajaliste prognooside täpsust.

Milline on ilmaennustamise tulevik? Tuleb arvestada, et suuremastaabilisi ilma kujundavaid protsesse saame prognoosimismudelites kirjeldada ikkagi vaid teatava täpsusega. Protsessidesse jääb sisse juhuslikkuse moment. Näiteks metsas juhuslikult pillatud tuletikk võib põhjustada ulatusliku kahjutule, mis oluliselt mõjustab ka ilmaprotsesside kulgu. Mitmed kaasaja väga ettevaatlikud meteoroloogid arvavad, et tulevik on hüdrodünaamiliste numbriliste ilmaprognooside, statistika ja klassikalise sünoptilise meetodi sünteesi päralt. Teised aga arvavad, et tulevikus (arvatavasti küllalt kauges) saavutavad täieliku võidu numbrilised meetodid ja ilma prognoosimine toimub algusest lõpuni masinate poolt ilma inimese vahelesegamiseta. Nii ühel kui teisel juhul tõuseb ilmaprognooside täpsus oluliselt, kuid sajaprotsendilise tõenäosusega ennustamine jääb siiski ilmselt saavutamata.

O. Avaste

PÕUD

Pilved, tuuled,
pilved, tuuled.
Aga vihma mitte tilka.
Kullerkupul kuivand huuled.
Pilvekene, miks mind pilkad?
Miks nii kõrgelt läbi käid?
Miks nii suureline näid?

Aira Kaal

KAS ON VÕIMALIK ILMA MUUTA?

Ilm võib olla üsna sageli pahur või koguni vaenulik. Kas saaks teda «ümber kasvatada», nii et ta oleks meie vastu sõbralikum? Et ei rüüstaks meie loodust, ei hävitaks hooneid ega hukutaks laevu vihased tormid, et janunev põld saaks vajalikul hulgal vihma jne.? Kuidas siis võita seda vastast? Edukaks võitluseks peame eelkõige vaenlast võimalikult põhjalikult tundma, avastama tema tugevad ning nõrgad küljed.

Mis ilm on, sellega on lugeja juba tuttav. Teame, et ilm on väga muutlik. Muutlikkuse aluseks on energiavahetusprotsessid atmosfääris ja atmosfääri ning aluspinna (maapind, veekogud) vahel. Energiavahetus on väga tihedalt seotud atmosfääri veebilansiga, näiteks veeauru vertikaalsete liikumistega, veeauruvahetusega üksikute geograafiliste rajoonide vahel, samuti veeauru ülekandega pilve veepiiskadelt jääkristallidele jne. Põhiline osa energiavahetusest atmosfääris toimub energia vabanemisel atmosfääri ebapüsivates ehk labiilsetes seisundites. Viimased on omamoodi «hellad või nõrgad kohad» õhkkonna energeetilises süsteemis. Neid mõjustades võime ka suhteliselt väikeste jõududega anda tõuke ilmaprotsesside «ahelreaktsiooniks» soovitavas suunas. Nii et ka siin kehtib vanasõna: «Tao rauda siis, kui raud veel tuline on!»

Atmosfäär on labiilses olekus näiteks õhu püstvoolude, s. o. konvektsiooni ajal. Konvektsiooni tekitanud soojusenergia vabaneb enamasti püstvoolus kujunevas rünk- või äikesepilves kondensatsioonisoojusena.

Konvektsiooni on võimalik stimuleerida näiteks aluspinna muutmise teel. Kattes maapinna musta kattega, neelab see rohkem päikeseenergiat ja soojeneb rohkem kui heledam pinnas. Sel teel on tahetud suurendada pilvisust ning sademeid rannalähedastes kõrbetes. Vastavaid vaatlusi ning uuringuid on tehtud Peruu kõrbetes (mis on maakera kuivemaid kohti) ja kavatsetakse teha Lääne-Austraalia mereäärsetes kõrbetes. Päevakorras on katsed näiteks asfaltkatetega. Meetodi efektiivsust näitab tulevik. See oleks üks ilma muutmise, seejuures planeeritud, sihikindla muutmise näide.

Inimesed on minevikus muutnud ja muudavad veel praegugi ilmastikku ka ettekavatsematult, näiteks metsade hävitamisega, suurlinnade

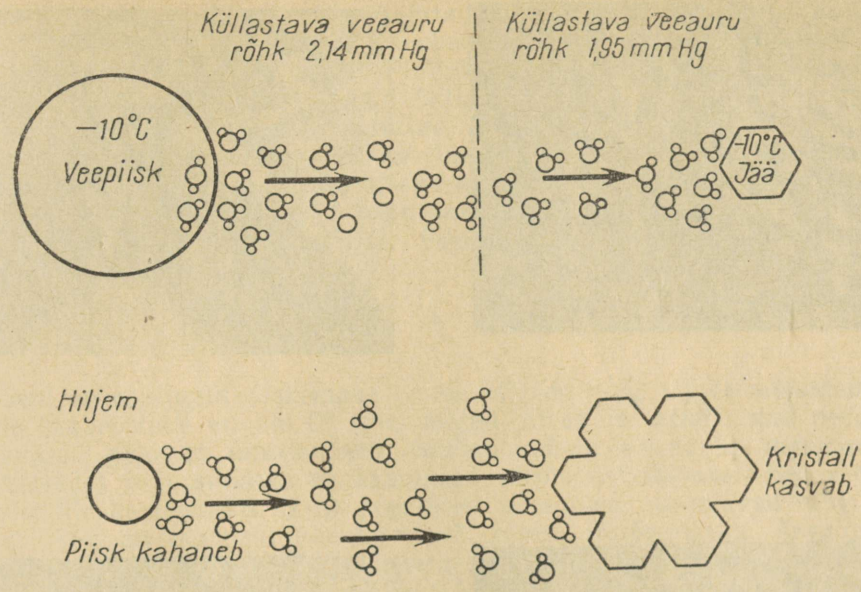
rajamisega jne. Metsade maharaiumine muudab märgatavalt aluspinda. Mets neelab suure osa temale langevast päikesekiirgusest, kuid ei soojenda enese kohal olevaid õhukihte nii tugevasti kui metsatu maapind. Seetõttu ei teki metsaga kaetud aladel, eriti mägirajoonides, tugevat konvektsiooni, tekivad vähem võimsad pilved ja ka rahekahjustusi esineb nähtavasti vähem. Ilmeka näite selle kohta on toonud F. Davitaja. Ida-Gruusias, Kahheetias on Alazani org praegusel ajal tüüpilisemaid rahekahjustuste rajoone. Kuulsa gruusia geograafi Vahhušti ajaloolis-geograafilises Gruusia kirjelduses (1745) on esitatud ka andmeid vihmade, lumesadude, rahe, tuulte ja teiste meteoroloogiliste nähtuste kohta, kuid huvitaval kombel pole sõnakestki rahekahjustustest Kahheetias. Hiljuti avastati Vahhušti suuremastaabilised käsikirjalised kaardid samast ajast. Neil kaartidel on tingmärkidega näidatud, et kogu Kahheetia ja selle lähem ümbrus oli siis kaetud metsa, aedade ja viinamarjaistandikega. Järelikult võiksime ka kaasajal rakendada rahekahjustuste vältimiseks mäenõlvade metsastamist.

*

Ebapüsivad olukorrad atmosfääris on veel õhu üleküllastatus veeauruga ning pilvepiiskade allajahtunud olek (nn. faasiline labiilsus). Kui pilv sisaldab nii tahkeid osakesi (jäänõelad) kui ka allajahtunud piisakesi, siis on ta kolloidaalselt ebapüsiv (näiteks äikesepilv). Sellised, nn. segapilved annavadki kõige rohkem sademeid. Niisuguse hüpoteesi esitasid norra teadlane T. Bergeron (1933. a.) ja saksa teadlane W. Findeisen. Nende järgi on küllastava veeauru rõhk niisuguses pilves jääkristallide kohal väiksem kui allajahtunud piisakeste kohal samal temperatuuril. Seetõttu piisakestelt aurumisel lahkuv veeaur sublimeerub kristallidel (joon. 1). Viimased võivad seejuures kasvada niivõrd suureks, et langevad lumena või vihmana maapinnale. Vihmana sel korral, kui lumekristallid jõuavad läbi soojemate õhukihtide langemisel sulada.

Kas saaks allajahtunud pilves jääkristalle tehislikult esile kutsuda või segapilves nende hulka suurendada ja seega ka pilve kolloidset struktuuri niivõrd muuta, et see annaks sademeid või hajuks? Mitmesuguseid katsetusi pilvedest kunstlikult vihma esile kutsuda tehti juba väga ammu, kuid tagajärjetult. Esimest korda sai positiivseid tulemusi hollandi teadlane A. W. Veraart. 1931. a. puistas ta lennukilt allajahtunud pilvesse tahket süsinikdioksiidi (CO_2). Viimast nimetatakse ka süsihappelumeks ehk kuivaks jääks. Tulemusena sai ta vihma umbes 8 km² suurusel maa-alal. Hilisemad katsed mujal ei õnnestunud ja nagu hiljem selgus, just seetõttu, et külvistati pilvi, milles polnud allajahtunud piisku. Veraart aga ei andnud oma katse õnnestumisele õiget põhjendust.

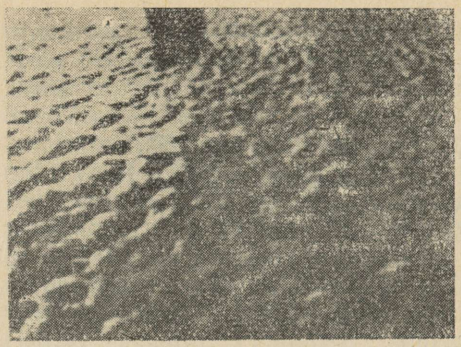
Probleemi pidi selgitama siiski teadus. Nõukogude Liidus hakati



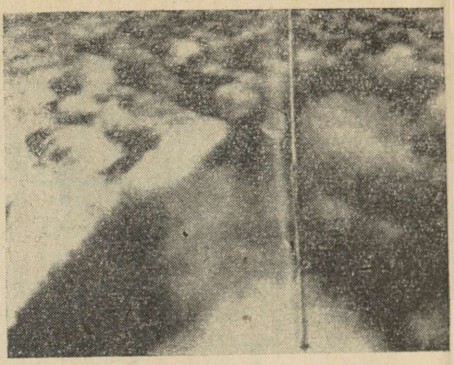
Joon. 1. Jääkristalli kasvamine allajahtunud piisakese arvel. Veeauru molekulid liiguvad piisakeselt kristallile.

pilvede aktiivse mõjustamise küsimust lähemalt uurima aastatel 1930—1931 V. Obolenski juhendamisel. Umbes 15 aastat hiljem tehti eksperimentaalses meteoroloogias ülitähtis avastus. Laboratoorsete katsetega selgitati nii USA-s (V. J. Schaefer) kui ka Nõukogude Liidus (V. Nikandrov, V. Piotrovitš jt.) tahke CO_2 mõjumehhanism. Kambrisse, milles oli allajahtunud piisku, viidi väikesi CO_2 osakesi. Neilt osakestelt toimus intensiivne aurumine, mistõttu nende kui ka ümbritseva õhu temperatuur langes kuni −78° C. Piiskadest tekkis aga suurel hulgal jääkristallikesi (10^{13}... 10^{14} kristalli 1 g CO_2 kohta). Pärast neid edukaid katseid laboratooriumides jätkati katseid looduses. Allajahtunud pilvede külvistamisel tekkinud jääkristallid kasvasid kiiresti (veerandi kuni poole tunni jooksul) niivõrd suureks, et langesid pilvest alla. Külvistamiskohal pilv hajus, pilvesse tekkis ava (joon. 2). Kui laskuvad kristallid enne maapinnale jõudmist ei aurunud, saadi ka sademeid.

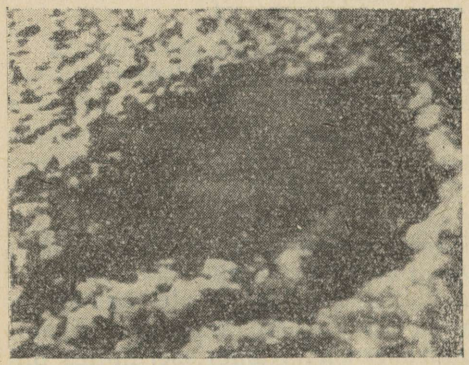
Ameerika teadlase B. Vonneguti algatusel hakati allajahtunud pilvede ning udude mõjustamiseks kasutama hõbejodiidi (AgJ) suitsu. Nii tahke CO_2 kui ka AgJ rakendamine on efektiivne vaid siis, kui pilve



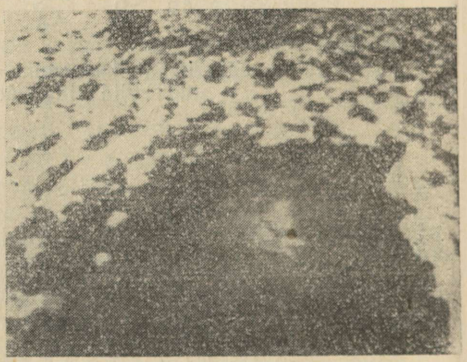
a)



b)



c)



d)

Joon 2. 200 meetri paksusesse kõrgkihtpilvesse tekitatakse ava pilve külvistamise teel kuiva jääga: *a*) vaade pilvele ülalt enne külvistamist, *b*) 13 minutit pärast külvistamist, *c*) ja *d*) pilveavad vastavalt 26 ja 34 minutit pärast külvistamist.

või udu temperatuur on alla —5° C. Ameerika teadlased peavad hõbejodiidi üldse perspektiivseks pilvede külvistamise aineks. Tema kristallide ehitus on samasugune nagu jääkristallidelgi. Pilvesse viiduna muutuvad need kristallid otseselt kondensatsioonituumadeks (neile sublimeerub piisakestelt lähtuv veeaur).

Pariisi lennuväljal on udu hajutamiseks edukalt kasutatud ka propaani. Uuteks uurimis- ning katsealusteks aineteks on võetud veel steroidid, vanilliin ja isegi uriin. Püütakse leida ka selliseid aineid, mis sademetega mulda jõudes oleksid ühtlasi väetiseks.

Kirjeldatud meetodit rakendatakse viimasel ajal juba võrdlemisi edukalt nii Nõukogude Liidus kui ka Ameerika Ühendriikides allajahtunud kihtpilvede ning udude hajutamiseks lennuväljade kohalt. USA-s finantseerisid kuus lennukompaniid kahe aasta jooksul udude ning kihtpilvede hajutamist kaheksal lennuväljal. Seejuures 90 külvistamisest olid 74 edukad.

*

Seni on osutunud raskemaks nende pilvede ning udude mõjustamine, mille temperatuur on üle 0° (nn. soojad pilved ja udud), sest need on kolloidselt püsivad moodustised. Selliste udude (osalt ka madalamate kihtpilvede) hajutamiseks on kasutatud võrdlemisi mõjusalt õhu soojendamist üle kastepunkti. Selle tagajärjel udupiisad aurustuvad ning udu hajub. Siin on tegemist vaenlase n.-ö. otsese ründamisega. Arvutustest selgub, et näiteks 100×100 m^2 suuruse ava säilitamiseks udus, kui tuule kiirus on 5 m/s ja udu veesisaldus 0,5 g/m^3, tuleb tunnis põletada vähemalt 100 tonni naftat. Järelikult on see võte võrdlemisi kulukas.

Teise moodusena kasutatakse hügroskoopsete ainete (näiteks kaltsiumkloriidi kontsentreeritud lahuse või pulbri) puistamist kihtpilvesse või udusse. Hügroskoopsete kübemete või piisakeste pinnale tekib lahusekiht, mis soodustab veeauru edasist kondenseerumist tekkinud piisakestele. Kui hügroskoopsed osakesed on enestele küllalt vett kogunud, langevad nad sademetena alla. Soodsas olukorras viibki see pilve või udu hajumisele.

Teatavaid tulemusi on andnud ultraheli kasutamine udu hajutamiseks. Ultraheli mõjul liituvad udupiisad suurematеks tilkadeks ning sadestuvad.

*

Vaatleme veel kokkuvõtlikult sademete stimuleerimist pilvede külvistamise teel mitmesuguste reagentidega (tahke CO_2, AgJ jt.) ja saadud tulemusi. Seni on katseid, kuid ka operatiivseid külvistamisi korraldatud peamiselt rünkpilvedes.

Pilvede külvistamise efektiivsuse suhtes pole veel kaugeltki vajalikule selgusele jõutud. Rünkpilvede külvistamine kuiva jääga on andnud paremaid tulemusi kui hõbejodiidiga. Kuid sademete hulga suurenemist on siiski võidud täheldada ainult kuni 10 protsendi võrra.

Troopikavälistе tsüklonite pilvesüsteemide mõjustamist reagentide abil peetakse üldiselt kõige perspektiivsemaks. Mõne teadlase uurimuste järgi võib sellise tsükloni pilvesüsteem anda oma veesisaldusest sademetena ära umbes 40 kuni 50%, kuna aga õhumassi-sisene äikesepilv ainult umbes 10%. Rõõmustavaid tulemusi tsükloni pilvede mõjustamisel on viimasel ajal saadud Ukrainas (1965. a.), Iisraelis ja Jaapanis. Tehtud katsed näitasid, et sademetehulka on võimalik suurendada 10—15% võrra, orograafiliselt soodsates tingimustes isegi 50% võrra. Kuid analoogilised katsetused USA-s, Kanadas ning Austraalias pole andnud tagajärgi.

*

Tsükloni pilvedes vabaneb pilveosakeste ja sademete tekkimisel suurel hulgal varjatud soojust. 1 km^3 pilve mõjustamisel tahkestub umbes 1000 tonni vett, kusjuures vabaneb $4 \cdot 10^{11}$ džauli energiat. Seda energiat oleks mõttekas kasutada tsükloni dünaamika juhtimiseks ja seega ilma reguleerimiseks suuremates mastaapides. Selleks tuleks aga leida moodus, kuidas väga suurte pilvemasside külvistamisega «käivitada» tsirkulatsioonimehhanism. Tuleb ju silmas pidada, et keskmise tsükloni kineetiline energia on suurusjärgus 10^{18} džauli.

1961. a. püüti nõrgendada orkaani «Ester» ja 1963. a. orkaani «Bella» (projekt «Stormfury», s. o. «Tormiraev»). Tormi silma ümbruses olevaid pilvi külvistati võimsate seadmete abil hõbejodiidiga. Tuule kiirus vähenes ainult 10% võrra, see ei ületanud aga kiiruse loomulikku muutlikkust. Sellegipoolest ei loobuta orkaanide taltsutamise katsetest. Et need katsed oleksid edukad, selleks püütakse põhjalikult uurida orkaani energeetikat ning koostada tema teoreetiline mudel. Seda võimaldaksid ulatuslikud vaatlused ning mõõtmised orkaani struktuuri ja dünaamika kohta kogu tema «eluea» jooksul. Kompleksseteks vaatlusteks kavatsetakse kasutada lennukeid, tehiskaaslasi ja allveelaevu.

*

Rahe vastu võitlemine rahepilve mõjustamise teel on üks raskemaid probleeme. Põhjus seisab jällegi selles, et me seda vaenlast vähe tunneme. Ei ole veel küllalt selge rahepilvede struktuur ning dünaamika, samuti rahe tekkimise füüsikaline külg.

Keskajal püüti kirikukellade helistamisega, s. o. helilainetega rahepilvi laiali ajada. Veel möödunud sajandi lõpul katsuti rahet tõrjuda mürskudega pilvi tulistades. Arvati, et mürskude lõhkemisel tekkinud helilaine mõjub pilvele nii, et sellest tekib vihm, enne kui saab areneda

rahe. Eespool näitasime, et niisugune efekt on ainult ultrahelil. Nii et tulemusteta.

Kaasajal tuginetakse rahepilve mõjustamisel ideele, et pilvesse viidavate kondensatsioonituumade abil püütakse stimuleerida allalangevate raheterade hulka, kuid seejuures muuta nad võimalikult väikeseks. Märgatavat edu on viimasel ajal saavutatud Nõukogude Liidus. Meil külvistatakse (Kaukaasias, Kesk-Aasias) raheohu korral allajahtunud, suure veesisaldusega pilvi AgJ kristallidega kahurimürskude ning rakettide abil. Nõukogude Liidus prognoositakse (ainukesena maailmas) rahetõrje puhul rahepilve juhtosa trajektoor. Juhtosa on pilve see osa, millest langeb kõige rohkem sademeid. See osa võib pilvel olla ees, taga või külgedel, kuid tavaliselt pilve liikumise suunast paremal. Juhtosa tehakse kindlaks raadiolokaatori abil. Osaliselt sel põhjusel ongi meie rahetõrje olnud edukas. On välditud saagikahjusid miljonite rublade ulatuses. AgJ kulu Kaukaasias on olnud viimasel ajal 0,4 kuni 1,0 kg iga pilve kohta.

Rahetõrje edukus oleneb kaasajal paraku tunduvalt rahepilve seisundist (näiteks püstvoolude kiirusest pilves), samuti sünoptilisest olukorrast. Kui näiteks katsetustel Argentiinas vähenesid rahekahjustused külma frondi pilvede mõjustamisel 70% võrra, siis õhumassi-siseste pilvede külvistamisel kahjud koguni suurenesid 100% võrra, võrreldes kontrollpindaladega.

*

Pilvede külvistamise abil saab võidelda ka äikese vastu. Näiteks USA-s tekib ainult läänepoolsetes osariikides aastas kuni 10 000 kahjutuld välgu tõttu, seejuures ligikaudu 400 metsatulekahju. Viimaste vältimiseks on asutatud spetsiaalne vaatlusjaamade võrk. Vaatlusjaamad asuvad mäetippudel ja määravad kindlaks äikesepilvede arenemise kohad. Äikeseohtlikes rajoonides külvistatakse pilvi hõbejodiidi kristallidega. Viimastel kujunevad tehislikud jääkristallid võimaldavad vaikseid elektrilahendusi ehk nn. koroonanähtusi. Tänu sellele nõrgenevad pilvest maasse suunduvad joonvälgud või mõnikord jäävad üldse ära. Vastavat organisatsiooni USA metsateenistuse juures nimetatakse projektiks «Skyfire» («Taevatuli»).

*

Kirjeldatud näidetest selgub, et ilma on tõesti võimalik mõjustada. Sihipärane ja otstarbekas ilma ning kliima reguleerimine muutub seda ulatuslikumaks, mida põhjalikumalt uuritakse läbi ilma ning kliimat

kujundavad füüsikalised protsessid ja nende mõjustamise projektid. Eksperimentaalse meteoroloogia ajalugu on üsna lühike — ümmarguselt viiskümmend aastat. Seejuures alles viimase viieteistkümne aasta jooksul on tehtud ulatuslikumaid katsetusi ja on ka tulemusi praktikasse juurutatud. Pidades silmas, et kunagi lahendatakse juhitava termotuumareaktsiooni probleem, on energiakülluse korral ilma ning kliima «tegemise» perspektiivid eriti lootusrikkad.

H. Aruksaar

TSIVILISATSIOON JA ILM

ARHITEKTUUR JA KLIIMA

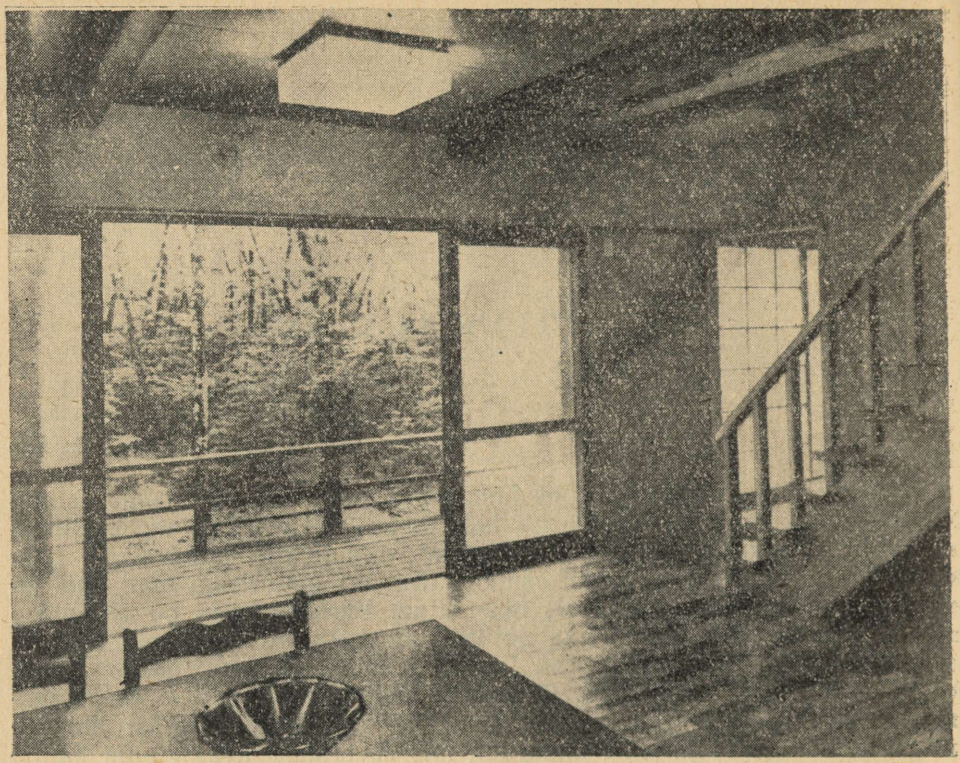
«Hooned ehitatakse selleks, et
neis elada, mitte et neid vaadata.»

Bacon «Esseed»

Kaugel põhjamaal elavad eskimod. Sajandeid on nad oma elamud teinud lumest ja jäärst. Rändurite jutustustest saab ettekujutuse, kuidas ehitustöid tehakse. Asukohaks valitakse võimalikult tuulevaikne paik kuskil kalju varjus. Perekond kasutab mitut eri otstarbega onni, mis on passaažina omavahel sisemiselt ühendatud. Perekonnapea on ehitamise ajal tegevuses maja sees, tema abilised aga sulevad väljastpoolt lumemüüritise iga ühenduse ja prao lahtise lumega, et onn saaks tuulekindel. Kuplitaolisse ülaossa lõigatakse nelinurkne ava — valgustusava —, mis klaasitakse arktilisel kombel: vette kastetud jäärst lüüakse hülgeharpuuniga välja paks aknaruut, mis asetatakse avasse onni kuplis ja valatakse veega üle. Kahe minutiga on kõik soliidselt ja õhukindlalt külmunud. Täiuslik jääaken laseb lumekambrisse polaaröö kasinat valgust. Kõige lõpuks glasuuritakse interjöör. Uks suletakse väljastpoolt. Onni on jäetud kaks hoolsalt kärbitud tahiga põlevat õlilampi. Õhk soojeneb onnis ja lumepind hakkab kergelt sulama. Kui lambid kustuvad, külmuvad kambri seinad klaasitaoliseks. Lumeplokkide ühenduskohad on kadunud, elamu on tuulekindel nagu pudel. Vett kallatakse põrandale, mis muutub tasaseks ja vastupidavaks nagu marmor.

Lühikesel suvel, kui lund pole maas ja päike ei loojugi, teeb eskimo endale telgi. Triivpuidust sõrestikule tõmmatakse hülgenahad. Magamise ajal on seal mõnusalt pime. Ja ka vihma eest annab telk varju.

Jaapani maja iseärasuseks on lai räästas, mis kaitseb hoonet kuumuse ja vihma vastu. Hoone võib olla avatud ka vihmastel päevadel. Laiad räästad ei takista päikest talvel majja paistmast. Elamud on harilikult avatud lõunasse. Ka põhjapoolsel fassaadil peab olema küllaldaselt avasid, et võimaldada õhu tsirkuleerimist põhjast lõunasse ja vastupidi: see annab soojust talvel ja jahedust suvel. Suvel on elamud



Joon. 1. Jaapani kaasaegne elamu. Elutoa sein on eest ära lükatav.

pärani valla: välisseina kilbid lükatakse kõrvale. Kliima on niiske, iseäranis suvel, väikeste akende ja avadega hoone oleks umbne.

Aafrika kõrbealadel elatakse mõnel pool veel tänapäevalgi koobastes. Liivakivisse on tehtud mitmekordsed kambrite ja nende ühenduskäikude süsteemid. Põletava päikese käest püsivalt jahedasse koobastuppa minna on kindlasti väga kosutav.

Ehitada kooskõlas kliimaga — see on vana probleem. Suure leidlikkusega on inimesed avastanud väljapääsuteid kohanemiseks kliimaga, kliima ijialduste eest kaitsvate ehituste püstitamiseks. Ehitamiseks valitakse kohapealseid materjale. Ehituse välis- ja sisekujundust mõjutab kliima.

Projekteerijad peavad üht kui teist teadma kliimast ja arvestama seda ka projekteerimisel.

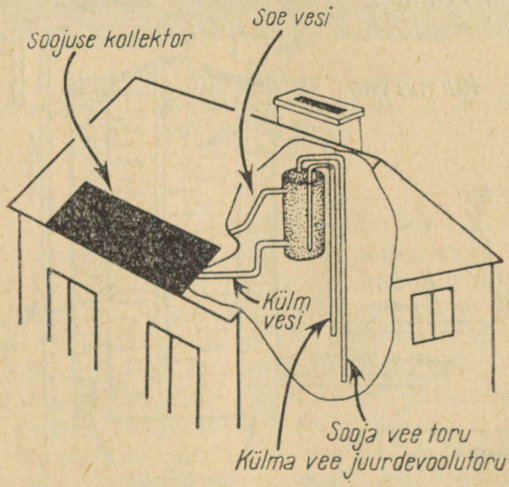
Kõigepealt p ä i k e.

Päikesekiirte tervistav mõju inimestele on teada juba aastasadu. Heluanis Kairo ligidal seisis antiikajal sanatoorium, kus haiged said päikese- ja õhuravi.

Tähelepanuväärsel määral mõjutab päike nii siseruumide mikrokliimat kui ka linnajagude ja kogu linna kliimat. Keldrikorrusel on teistsugune mikrokliima kui näiteks kuuendal korrusel. Kui üks hoone on ümbritsetud haljasaladega, teine — kergesti kuumenevate pindadega (näiteks asfaltkattega), siis valitseb neis hoonetes ka erinev mikrokliima.

Uurimised näitavad, et ka pilves taevaga — küll nõrgemal kujul — on päikesevalgusel baktereid tappev mõju. Päikesepaistelistes ruumides hävivad bakterid ka suletud akende korral kiiremini kui ruumides, mis päikesevalgust ei saa.

Arhitektid projekteerivad hooneid, arvestades mitmesuguseid norme ja eeskirju. Kõigi eri tüüpi hoonete kohta on normides viidatud, millisesse ilmakaarde on millised ruumid nõutav või soovitav orienteerida. Nõukogude Liit on jagatud neljaks kliimavöötmeks. Eesti asub II kliima-

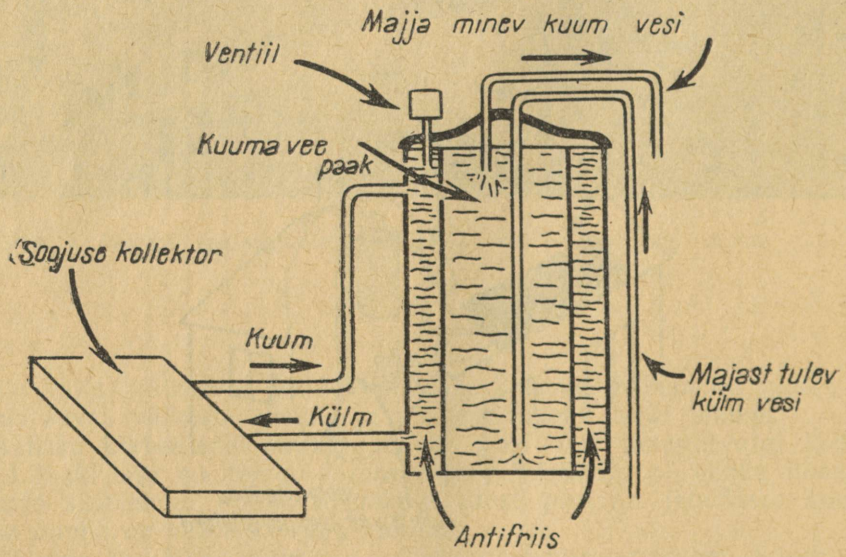


Joon. 2. Sooja vee varumine väikese maja tarvidusteks. Maja lõunapoolsele katusele paigutatakse mustaks värvitud, väljastpoolt soojuslikult isoleeritud plekist nn. soojenduskast, mis on pealt kaetud kahekordse aknaga. Kasti põhjas on painutatud toru, millesse lastav vesi soojeneb päikesepaistelisel päeval kuni 80° C. Kasti aknapinna 1 m² kohta peaks olema umbes 15 meetrit kolmveerandtollist toru, et päikesepaistelise päeva jooksul saada 40—50 liitrit kuuma vett.

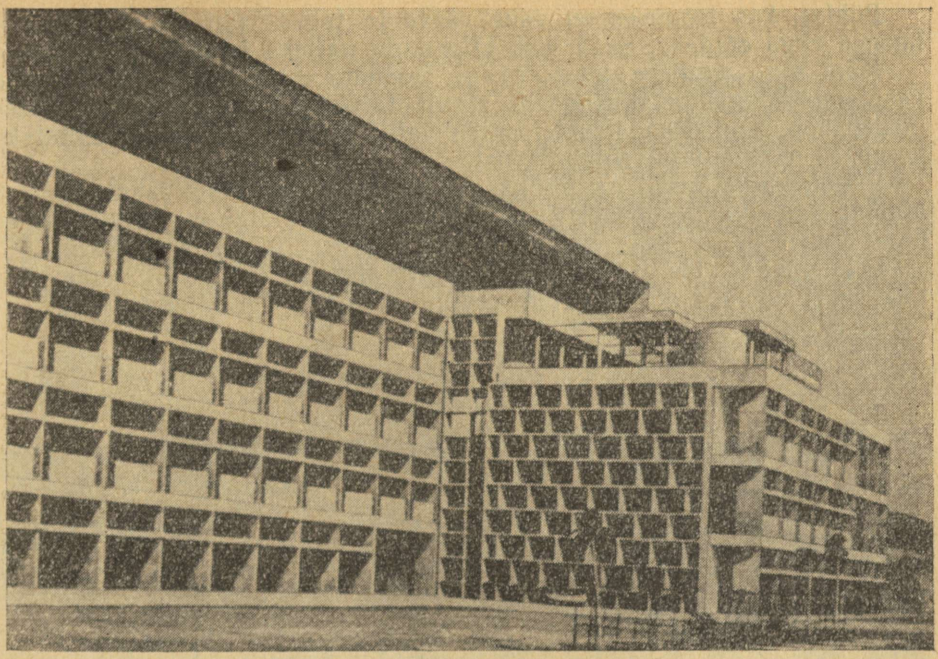
vöötmes. Elutubade aknaid ei tohi meie kliimavöötmes suunata põhja, vahemikus 45° põhjast lääne poole ja 30° põhjast ida poole. Nõukogude Liidu lõunarajoonides on ebasoodsateks ilmakaarteks edela- ja läänekaar (pealelõunane ja õhtune päike on kõige lämmatavamad). Mitmetoalistes korterites siiski lubatakse 1—2 tuba orienteerida ebasoodsasse ilmakaarde.

Koolihoonete klassiruumide, õppekabinettide ja laboratooriumide optimaalne orientatsioon on lõunasse, itta, kagusse, joonestamis- ja joonistamisklassil põhjakaarde, kirdesse või loodesse, bioloogiakabinetil — lõunasse.

Kuid otsene päikesevalgus võib töötamist ka segada ja häirida, juhul kui heleduse kontrastid ruumis muutuvad liiga suurteks. Iseäranis palju on tähelepanu pööratud valgustuse uurimisele klassiruumides. Maailmakuulus arhitekt Richard Neutra oma raamatus «Wenn wir weiterleben wollen» kirjutab: «Ühes USA linnas moodustas linnavalitsus komisjoni, kes pidi uurima, kuidas valguse jaotus klassiruumis mõjub õpilaste



Joon. 3. Soojendajad maakohtade jaoks, kus õhu temperatuur langeb öösel alla 0° C. Seal ei soojendata vett vahetult. Torudesse ja boileri kahekordse seina vahele pannakse vedelik, mille külmumistemperatuur on madalam kui veel ja mis kogutud soojuse annab üle boileris olevale veele. Meie tingimustes on päikesepaistet suhteliselt vähe, mistõttu selline sooja vee hankimise moodus laialdaseks kasutamiseks ei sobi.



Joon. 4. Hoone Indias, Chaudigarhi linnas. Hoone fassaadil on näha eriline varju andev lahtine sein («brise-soleil»), mis kaitseb päikese eest ja soodustab tuuletõmbust.

kasvule, tervisele, käitumisele ja õppeedukusele. Komisjoni koosseisu kuulusid arstid, insenerid, valgustehnikud, pedagoogid, spetsialistid värvuse, klaasi ja optika alal. Komisjoni töö tulemused olid üllatavad. Heleduse kontraste vähendati ruumides kuni 1 : 5. Kuue kuu pärast pooled lastest, kellel olid nägemishäired, ei vajanud enam prille, kadusid peaaegu pooled alatoitumuse sümptoomid ja 40% kõrva-kurgu-ninahaigustest ning ainevahetuse häiretest. Kõik need tervisedefektid paranesid ilma arsti abita, üksnes valgustuse parandamisega.»

Suuremat tähelepanu on hakatud pöörama klassiruumide õige valgustuse projekteerimisele. Eelistatakse peegeldunud valgust. Näiteks kõrgel asuvate akende abil suunatakse valgus lakke, sealt peegeldub see alla ruumi. Peegeldunud valgus loob ruumis tiheda ja mugava valguskliima. Akende klaaside vahele nähakse ette žalusiid, mille abil reguleeritakse päikesevalguse hulka.

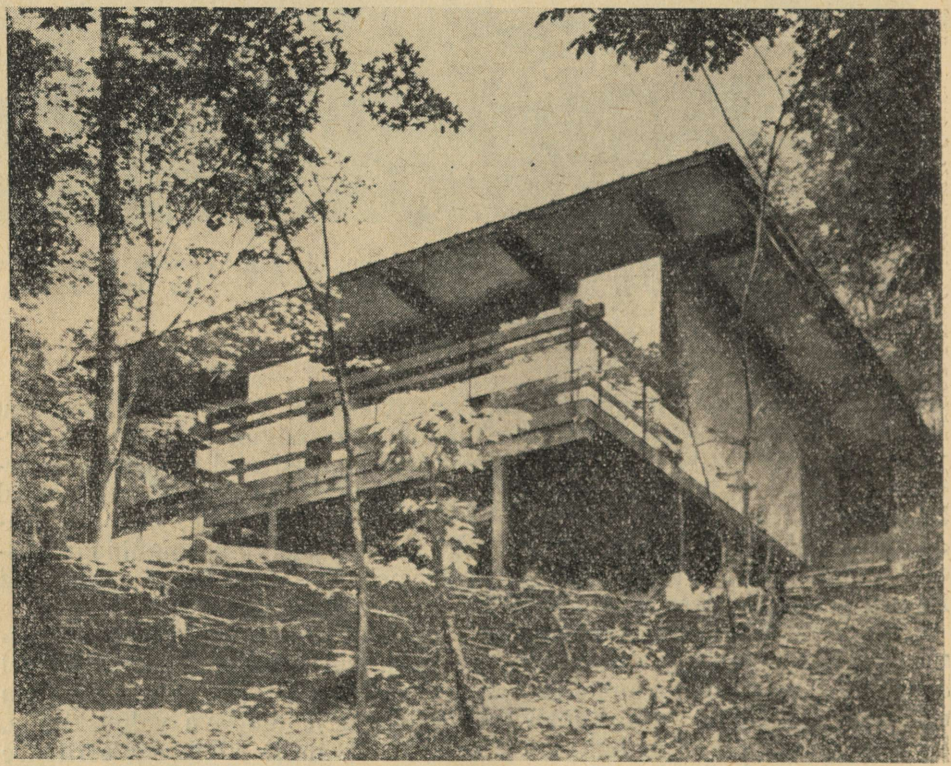
Päikesevalgus mõjutab väga mitmel kombel hoonete välisilmet.

Põhjas, kus looduses on vähe värve ja taevas tihti hall, värvitakse hooned väga eredaks. Seda võib täheldada näiteks Islandil.

Mõni sõna temperatuurist. Hooneid ehitatakse mitmesuguseid: kasutamiseks kas aastaringselt, ainult talvel või ainult suvel. Sellest oleneb hoone piirdekonstruktsioonide valik. Näiteks suvemaja ehitatakse kergena, arvestamata soojapidavust.

Välistemperatuurist sõltub, kas hoonet tuleb kütta või jahutada. Meie kütame talvel oma hooneid, troopikas aga jahutatakse ruume eriseadmete abil.

Lõunamaadel värvitakse hooned tihti valgeks. Põhjus on lihtne. Mustade ja tumedate pindade temperatuur on kuumas kliimas keskmiselt



Joon. 5. Tüüpilise laia karniisiga elamu Jaapanis.



Joon. 6. Hotell «Tallinn». Hoone sissepääsu kohal on suur varikatus.

15° kõrgem kui samasugustel valgetel pindadel. Valgete pindade albeedo on suur ja nad neelavad päikesekiirgust vähem.

T u u l. Projekteerijat huvitab tuule suund ja kiirus. Tuul ventileerib, aurustab niiskust ja kuivatab maapinda, jahutab ja on energiaallikaks. Ebasoodne on see, et tuul toob kaasa suitsu ja lõhnu, aitab veel tungida

läbi hoone piirdekonstruktsioonide, soodustab lume kogunemist. Tuule tõttu tuleb tugevdada konstruktsioone. Ehituste projekteerimisel kontrollivad insenerid ehituse vastupidavust, arvestades peale konstruktsiooni enda kaalu ja teiste vajalike koormuste ka nn. tuulekoormust.

Ka sademed mõjutavad arhitektuuri. Paar näidet. Igal hästi projekteeritud hoonel on sissepääsu kohal varikatus. Selle alla sõidab auto ja sõitja pääseb kuivalt hoonesse. Varikatuse all seisatatakse väljudes ja avatakse vihmavari.

Meenutagem Tallinna Raekoja kauneid veesüliteid — lohesid. Peale selle, et nad peavad katuselt vett eemaldama, kaunistavad nad ka hoonet.

Viimastel aastatel on ikka enam uurimiskeskusi kogu maailmas võtnud uurimisobjektiks arhitektuuri ja kliima. Leitakse uusi faktoreid ja sõltuvusi, mis on hoonete projekteerimisel suure tähtsusega. Enamik arhitektuurikompositsiooni elemente, nagu hoone vorm ja värvitoon, kaugus naaberhoonetest, hoone plastiline vorm, siseruumide kuju ja planeering, aknaavade suurus ja paigutus, haljasalade kujundus jne., peaks lahendatama kooskõlas kliimaga. Seda pole seni veel küllaldaselt arvestatud.

Mis on mittearvestamise põhjuseks? Nähtavasti see, et iga päev kerkivad projekteerijate ette ikka suuremad ja raskemad ülesanded. Tänapäeva arhitektuuri keerukust ei saa võrreldagi käesoleva sajandi alguse arhitektuuriga. Kaasaegseid probleeme, alates monteeritavate elementide tootmise tehnoloogiast kuni suurte (kõrguses või mahus) hoonete konstruktsioonide arvestuseni, tuleb lahendada täielikus vastavuses funktsionaalsete ja kunstiliste ülesannetega. Selleks on vajalikud sügavad ning mitmekülgsed teadmised.

Nähtavasti ongi industrialiseerimine niivõrd võimas ja kõikemattev, et muudesse teguritesse suhtuvad projekteerijad tihtilugu pealiskaudselt. Liialdatakse klaaspindadega, vigurdatakse vormiga, ei kasutata ehitusmaterjale õigel kohal, on unustatud ka rahvaarhitektuuri targad traditsioonid.

H. Härmson

KAASAJA LINNADE PLANEERIMINE, HEAKORRASTUS NING ILM

Ilma ja linna vahekorrad on mitmekesised ja üksteisega põimunud. Ülevaatlikkuse huvides käsitleme neid siinkohal kahest peamisest vaatevinklist: linn oma ilma kujundajana ja ilm linna kujundajana.

Linn kujundab oma ilmastikku

Juhuslikegi tähelepanekute alusel oleme võinud kogeda, et suurema linna (suurusjärgus sada tuhat elanikku ja enam) ilmastik erineb ümbritsevate maakohtade omast. Mida suurem on linn, seda märgatavamad on ka erinevused. Viimaste suurus sõltub veel paljudest muudest teguritest — linna asukoha geograafilisest laiusest ja kliimavöötmest, maastiku tüübist (tasandik, mäestik, rannik jne.), linna funktsionaalsest tüübist (tööstus-, kuurortlinn jne.), linna maa-ala kujust, hoonestuse tihedusest ning kõrgusest jms. Kõiki neid tegureid siinkohal vaadelda ei saa, püüame anda lühikese ülevaate parasvöötme keskmise linna keskmistest ilmastikunähtustest.

Linna ja maa ilmastiku erinemise peapõhjuseks on elanikkonna kontsentratsiooni erinevus. Inimeste elu- ja tootmistegevusega kaasneb mitmesuguste jääksaaduste ja -soojusenergia kuhjumine linnaõhku. Teine oluline tegur on linna pinnamoe suur vertikaalne liigestatus ja ehitusmaterjali erinevus looduse omast.

L i n n a õ h k — sel sõnal ei ole head kõla maa-, mere- või metsaõhu kõrval. Õhk, ilmastiku vormija, on linnas saastatud küttekollete ja mootorite heitgaasidega ja tahma, tuha ning tolmuga. Siinkohal ei tee me juttu nende lisandite otsesest tervist kahjustavast toimest, vaid tõstame esile ilma mõjustavaid füüsikalisi muudatusi õhu koostises.

Tahkete osakeste hulk linnaõhus ületab kümneid, isegi sadu kordi nende sisalduse mere- või mäestikuõhus. Seevastu on organismile tervis-

tavalt mõjuvate negatiivsete ioonide hulk linnaõhus 5 kuni 10 korda väiksem kui aasadel või metsas. Nimetatud erinevust tajub linnaelanik seal otseselt erilise värskustunde ja meeleolu tõusu kaudu.

Õhu puhtuse säilitamine on linnaehituse ja -majanduse tungivamaid ülesandeid, mille lahendamisega vähendame ka kahjulike ja tülikate ilmastikunähtuste mõju. Rajatavas linnas saame selleks rakendada kõiki abinõusid alates tööstusettevõtete õigest paigutusest kuni haljasalade puuliikide sobiva valikuni, olemasolevas tuleb esialgu piirduda nähtavasti saneerivate vahenditega — suitsu tõhusam filtreerimine, tahke kütuse asendamine gaasiga ja tehnoloogiliste protsesside täiustamine. Sõidukite heitgaaside kõrvaldamine on raskem, kuid lähem tulevik lahendab kindlasti ka selle probleemi. Tuleks vähendada tänavakatete kuluvust, kaotada lahtised liivapinnad ja muud tolmuallikad.

K i i r g u s r e ž i i m linnas erineb tunduvalt ümbruskonna omast. Tumedate tahkete osakeste rohkuse tõttu neeldub linnaõhus suur osa päikese kiirgusenergiast, mille tulemuseks on õhu temperatuuri tõus. Kuna lühilaineline kiirgus neeldub tugevamini, siis kaotab ultravioletkiirgus poole või enamgi oma intensiivsusest, erijuhtudel neeldub ta peaaegu täielikult. Südalinnas päevitamisel ei ole seega erilist mõtet ja ka linnalähedaste supelrandade väärtus on selles mõttes kahanenud. Troopikavööndis on olukord muidugi vastupidine — seal otsib inimene kaitset liiga tugeva ultravioletkiirguse eest.

Õ h u t e m p e r a t u u r on linnas reeglina kõrgem kui ümbruskonnas nii linna enda soojatootlikkuse kui ka päikeseenergia neeldumise tõttu õhus, ehitustes ja tänavakatetes. Kivimaterjalid on suure soojamahtuvusega ja ka aknad töötavad soojalõksudena. Neeldumisefekti tugevdab veel linna järsk vertikaalne liigestatus, mis suurendab päeva jooksul päikesele avatud pinda. Tõsi, temperatuurierinevused on üsna väikesed, ulatudes keskmiselt paari kraadini. Kohalikud erinevused võivad olla aga tunduvalt suuremad ja koos seintest ning sillutisest kiirgava soojusega tekitavad tuulevaikuse korral inimeses ebameeldiva lämmatava palavustunde. Talvel on temperatuurierinevus praktiliselt tähtsusetu, võib aga teatavates kliimapiirkondades põhjustada temperatuuri sagedast kõikumist nullpunkti ümber koos pori ja kiilasjää vaheldumisega. Võimalik, et selline temperatuurirežiim soodustab ka hingamisteede haiguste teket.

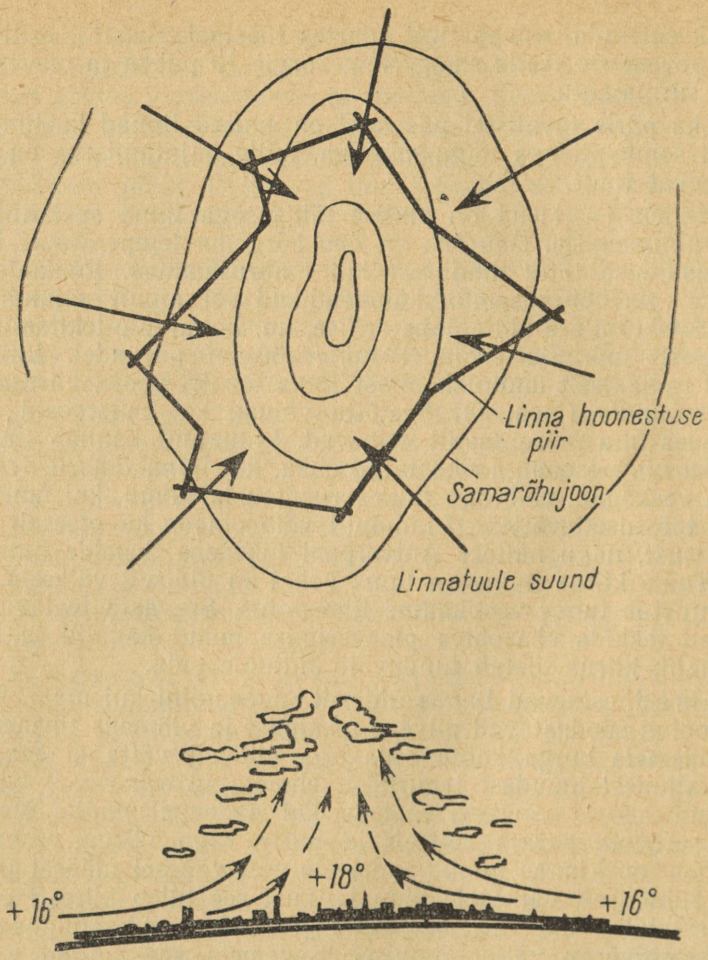
Õ h u n i i s k u s on linnas kõrgema temperatuuri ja väiksema avapinnase ning harvema taimestiku tõttu üldiselt madalam. Suhteline niiskus võib olla kuni kümnendiku võrra väiksem kui maal. Sellest hoolimata on udud linnas sagedasemad, kuna tahkete osakeste — niiskuse kondensatsioonituumade hulk õhus on väga suur. Tugevasti saastatud õhu ja vastavate klimaatiliste eelduste puhul omandavad udud mõnikord loodusõnnetuste ilme. Selline udu, õieti suitsu ja udu segu, nn.

smog ehk suitsudu, esineb tihti suurtes tööstuskeskustes, eriti Londonis. 1963. a. novembris kestis smog New Yorgis 10 päeva ja olevat põhjustanud 170 surmajuhtu.

Kuid ka päris tavalistel päevadel on suured linnad kaetud iseloomuliku halli sombupilvega nagu mütsiga, mille hajutamiseks on vaja juba üsna tugevat tuult.

Õhurõhk ja tuul on olulise tähtsusega linna spetsiifilise ilmastikupildi kujunemisel. Õhurõhk on õhu kõrgema temperatuuri ja vähema niiskusesisalduse tõttu madalam kui ümbruskonnas. Rõhkude vahe on küll väike, elavhõbedasamba kümnendikud või ainult sajandikud millimeetrid. Siiski on see küllaldane erilise, nn. linnatuule tekitamiseks, mida võib selgesti märgata soojadel tuulevaiksetel päevadel. Linnatuul on suunatud radiaalselt ümbruskonnast linna tsentri poole, kiirusega mõned meetrid sekundis (joon. 1). Seetõttu võivad ka tuuleroosid linnaserva eri paikades olla märgatavalt erinevad. Linnatuul kannab linna puhast ja hapniku ning osooniga rikastatud õhku, kui linna ümbritsevad metsad, põllud ja veekogud, võib aga tuua ka suitsu ja tolmu, kui ümbruskonnas on palju tööstusettevõtteid. Linnatuul võib omada ka otseselt rakenduslikku tähtsust, nagu näiteks Antverpeni lähedase Schelde tunneli tuulutamisel. Tuule kiirus linnas ja linna kohal on üldiselt väiksem kui maal, mida põhjustab tugev vertikaalne liigestatus. Seevastu teatavates kohtades võivad tekkida ebasobiva planeerimise puhul kanalid ja sopid, kus tuule kohalik kiirus ületab tunduvalt üldtuule oma.

Sademed esinevad linnas üldiselt sagedamini kui maal, kuna tõusvad õhuvoolud soodustavad pilvede tekkimist ja vihmaks tihenemist linna kohal. Sademete hulga kohta seda aga üldiselt väita ei saa, see võib sõltuda paljudest muudest teguritest. Nimetatud erinevusel on linnaehituses siiski hoopis väiksem tähtsus kui sademeil endil. Maal ei ole sademete äravool paraja reljeefi ja mitte väga nõrga pinnase puhul mingi probleem. Linnas imbub sademete vesi vähesel määral ja koguneb tänavate suhteliselt väikesele pinnale, kust see tuleb kiiresti eemaldada. Seda arvestatakse tänavate, väljakute ja õuede vertikaalplaneerimisel ja kanalisatsioonivõrgu väljaehitamisel. Sademete vee hulgad võivad olla väga suured, kuid esinevad harva. Seetõttu ei ole tavaliselt otstarbekas kanalisatsiooni dimensioneerimine (mõõtmete määramine) nende järgi. Enamikus kasutatakse lahkvoolset või kombineeritud süsteemi, kus sademete vesi eemaldatakse täielikult või osaliselt eritorustike või kraavide kaudu ja teeb läbi lihtsama puhastuse. Sademete vee eemaldamine on üks linnale kõige iseloomulikumaid majanduslik-tehnilisi probleeme, mida põhjustab ilmastik. Ka lumi, loodust kaitsev ja kaunistav vaip maal, tekitab linnas tõsist tüli, eriti kaasaegses suurlinnas, mille normaalne elurütm sõltub transpordist. Näiteks USA idaranniku suures konurbatsioonis (linnade kogumis) möllavad perioodiliselt lumetormid, mis hal-



Joon. 1. Linnatuule tekkimine ja pilvede kujunemine.

vavad päevadeks miljonite inimeste tegevuse ja tekitavad seega tohutut kahju.

Lume eemaldamine linnatänavatelt nõuab tähelepandavaid kulutusi. Moskvas on südatalvel kuni tuhat veokit seotud lumeveoga, igaüks veab 3000—3500 tonni lund kuus. Ja ikkagi on talvine liiklus linnades häiritud, sagenevad liiklusavariid ja õnnetused jalakäijatega. On muidki

ebameeldivusi — lumi määrdub linnas ruttu ja annab linnale räpase ilme. Kevadiste päikeseliste ilmadega sulab määrdunud lumi kiiresti, nii et päeval on tänavad porised ja öösel libedad.

Linna ilmastik tervikuna erineb ümbruskonna omast märksa enam kui tema üksikud elemendid, mille mõju eraldi poleks ehk nimetamisväärne. Igal linnal kujunevad oma tüüpilised ilmastikuseisundid, mis reeglipäraselt korduvad.

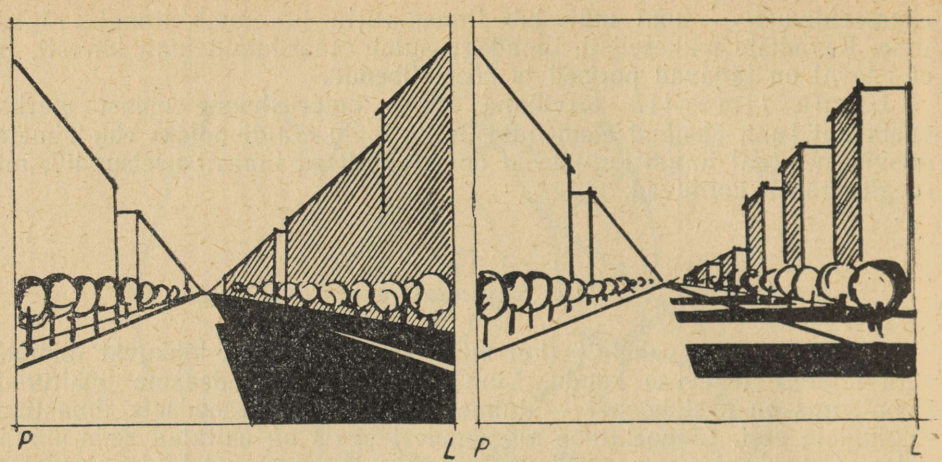
Ilm kujundab linna

Seda küll mitte vahetult (kui mitte arvestada ilma lõhkuvat toimet), vaid inimese tegevuse kaudu. Linn peab jätkama sedasama põhifunktsiooni, mis on üksikhoonel — inimese kaitsmine ebasoodsate ilmastikutingimuste eest. Linnaehituse algaegadest peale on ehitajad seda silmas pidanud, tuginedes peaasjalikult inimpõlvede kogemustele ja ehitustraditsioonidele. Omaaegse suhteliselt aeglase arengu juures oli selline meetod küllalt hea. Seda tõendab iseloomulike linnatüüpide väljakujunemine erinevates kliimavöötmetes. Parasvöötme, niiske troopikavöötme ja troopilise kuivtsooni linnad erinevad oluliselt oma plaanistruktuuri ja ehituslaadi poolest, sest igaühes tuli tegemist teha erinevate ilmastikutingimustega. Kolonialismi kiire arenguga 19. sajandil hakkas aga linnade orgaaniline arengusuund taganema ühetaolise kosmopoliitilise linnaehitusstiili ees parasvöötme kiiresti arenenud linnade eeskujul.

Umbes samal ajal algas ka teaduslik huvi linna ilmastiku vastu ja sajandivahetusel hakati uurimistulemusi ja -järeldusi rakendama linnaehituse praktikas. Praegusel ajal jätkuvad uurimistööd selles valdkonnas kasvava hooga, oleme teel linna ja tema ilma vahekorra reguleerimisele suunas, mis on kõige soodsam linnaelanikele ja kasulikum majanduslikult.

Viimastel aastakümnetel on linnade planeerijad liidus inseneride, klimatoloogide, hügieenikute, arstide, sotsioloogide ja majandusteadlastega hakanud otsima sootuks uusi, ilmastikule vastavamaid linnavorme. Juba sajandi alguses peeti selliseks aedlinnu vähekorruselise ja hõreda hoonestusega rikkalikus haljastuses. Neid ehitati arvukalt, eriti Inglismaal ja Saksamaal. Kaasajal, linnade kiire kasvu puhul, sellised linnad aga majanduslikult ei rahulda.

Praegusel ajal on arusaamad edasi arenenud, on loodud hulgaliselt väga erinevaid projekte. Ühed soovitavad katta linn läbipaistva kupli või kilega, mida kannaks õhu kunstlik ülerõhk. Sellisel viisil võiks katta ka olemasolevat linna. Teist projektide rühma iseloomustab linna arenemine kolmes dimensioonis, ruumilise võrena. Kõige radikaalsemad



Joon. 2. Ida—lääne suunas kulgeva tänava lõunakülje kinnine ja lahtine hoonestusviis.

projektid kujundavad linna maksimaalselt kompaktsena, täielikult isoleerituna välisilmastikust, tehisliku sisekliimaga.

Polaarvöötme linnad, ehitatud parasvöötme eeskujude järgi, on osutunud väheotstarbekaiks. Pikk, külm ja lumerikas talv sagedaste lumetormidega, lühike ja jahe suvi, harjumatu valgusrežiim ja igikülmunud pinnas teevad tavapärased asulavormid ja ehitused ebamugavaks ja kulukaks. Nõukogude projekteerijad ja teadlased on välja töötanud hulga projekte otstarbekamate polaarlinnade loomiseks. Näitena nimetagem projekti 3500 elanikuga sadamaasulale Põhja-Jäämere ääres. Asula on rõngakujuline (päikesekiirguse seisukohalt ei ole ilmakaartel peaaegu mingit tähtsust), meenutades ümmargust, pealt kaetud staadioni, talveaiaga keskel. Ka ühendus töökoha — sadamaga on kinnine. Sellises asulas võib inimene unustada pika polaaröö.

Araabia ÜV projekteerijate ettepanek Põhja-Aafrika kõrbelinna jaoks kujutab endast toekal postil seisvat gigantset (läbimõõduga 180 m) metallkonstruktsioonis kera (joon. 3). Väljastpoolt on kera kaitstud kliimakilbiga, mille abil saab reguleerida ka päikesekiirgust ruumides. Linnas on 2000 korterit, mis vastab seega parajale väikelinnale nagu Tapa või Paide. Õhk kera sisemuses on täielikult konditsioneeritud.

Taolisi projekte ei ole veel ellu viidud. Kõigepealt takistab seda kulutuste suurus küsitava majandusliku ja sotsiaalse efekti juures. Ei

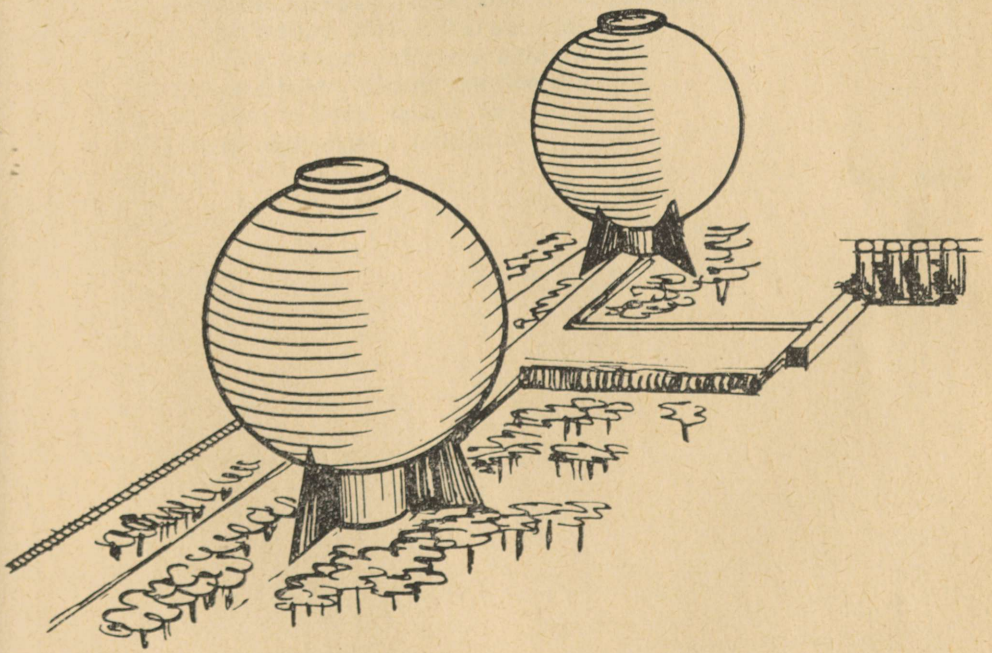
ole aga kahtlust, et vähemalt nimetatud äärmuslikes kliimavöötmetes hakkavad taolised ettepanekud varem või hiljem teostuma.

Parasvöötme linnade jaoks paistavad sellelaadilised projektid esialgu vähe põhjendatutena. Karastatud terve inimene tunneb naudingut kosutavast vihmast, kargest külmast ja tuisumöllustki, kõnelemata päikesepaistest ja soojast suvetuulest. Siin ei tohiks inimest seada kasvuhoonetaime olukorda. Mõistliku sihipärase tegutsemisega on võimalik ka tavalisi linnu seada õigesse vahekorda ilmaga.

Oluline on linna asukoha või arengumaa-ala valik. Tuleks vältida kinnisi orge ja lagedaid kõrgendikke, eelistada suuremate veekogude äärseid lõunapoolse kallakuga nõlvu vahelduva reljeefiga, kaetud metsade või puisniitudega.

Tööstuse- ja transporditsoonid peavad paiknema linna suhtes valdavate tuulte alusel küljel.

Magistraaltänavate pikad sirglõigud ei tohiks kulgeda mööda tugevate talviste tuulte suunda, need läbipuhumiskanalid peaksid hargnema erinevates suundades. Haljasalad tuleks jaotada võrdlemisi ühtlaselt, sest nende jahutava ja õhku puhastava mõju ulatus ei ole suur. Hoonete rühmad eri kõrgusega ehitustest võivad olla tihedamad, kuid mitte liiga



Joon. 3. Kõrbelinna võimalik vorm.

ulatuslikud, neid eraldagu haljasvööndid. Elamute orientatsioon võimaldagu maksimaalsel hulgal päikesekiirgusel elutubadesse pääseda. Ühesuunalisuse vältimiseks peaks elamutüüpide valik olema üsna lai.

Tänavate võrk peaks olema hästi diferentseeritud, pealiiklusarterid laiad ja hästi haljastatud. Neid on soovitatud ka tunnelitesse viia, samuti on ettepanekuid suitsu ja tööstusgaaside juhtimiseks mööda maa-aluseid kanaleid linnast välja.

Linna ilu ja mugavuse kujundamisel tuleks ilmastiku iseloomu senisest rohkem arvestada. Värvikamad ehitused ja rohkem igihaljaid puid oleksid soodsad meie nii sageli hallide ilmade puhul. Suhteliselt madala päikeseseisu juures mõjuvad ida—lääne suunas kulgevate tänavate kinnised kõrged lõunaküljed süngelt ja kõledalt (joon. 2), neid tuleks hoonestada lahtiselt, et päike pääseks tänavale.

Need olid vaid üksikud näited sellest, kuidas ilm mõjustab linna, ent nad viitavad kõik ühele: ehitagem oma linnad sellisteks, et nende ilm ei oleks halvem kui vabas looduses.

A. Mellik

TARTU VALGEL ÖÖL

(katkend)

Kui ilus, ilus oled, Tartu, valgel ööl:
kõik aknad vastu põhja hõõgavad
kui õnne unenäod salajad.
Nii ainult mõni pilv ja täht on taeva vööl
ja orus Emajõgi ajab udujuttu,
ja kuskil tamme lehtes tundub nagu nuttu,
ja sõidukõrin kuskilt üle katuste
toob lainetusi tasa kuulja kuulmesse —
ja haljus siin ja haljus sääl,
üks kauge laul veel vete pääl,
ja ümber põllud, ümber maa —
torn mõttes seisab torniga,
et sätendades vaikida.

Ernst Enno

PÕLLUMAJANDUS JA ILM

Kõigist majandusharudest kõige rohkem avaldab ilm mõju põllumajandusele.

Kõik põllumajanduskultuurid vajavad kasvamiseks ja arenemiseks valgust, soojust ja niiskust. Seejuures on igal kultuuril ja sordil teistest erinevad nõuded ilma suhtes. Kui taimede nõuded ilmategurite suhtes on kõige paremini rahuldatud, s. o. kui ilm on taimede kasvuks optimaalne, siis saame maksimaalse saagi. Seda aga praktikas kunagi juhtunud ei ole, sest alati on ilm mõnes osas lähemal, mõnes — kaugemal optimumist. Kord mõjub ebasoodsalt niiskuse vähesus või liigniiskus, kord on ilm liiga külm või soe, väheseks võib jääda päikesekiirguse hulk jne. Varasemal ajal, mil põlde hariti õige puudulikult ja mitte kõige õigemal ajal, väetati vähe ja külvati enamasti hilja, olid saagi kujunemisel väga tähtsal kohal sademed — tuli vihm õigeaegselt, saadi saaki, ei tulnud — tabas vilja ikaldus. Sellest ajast ongi meie põllumeestelt pärit ütlus: üks hea vihm enne jaanipäeva maksab terve Riia linna. Nüüd, kus mulda haritakse sügavamalt ja paremini, väetatakse vajadust mööda, külvatakse varakult, on sõltuvus sademetest tunduvalt vähenenud. Ja sõltuvus ilmast üldse on suuresti vähenenud, sest teatava ja pealegi küllalt suure saagi saame oma põhikultuuridelt peaaegu alati. Samal ajal on aga ilma mõju tõusnud saagi suuruse osas. Kui võtame näiteks mingi majandi minimaalsaagiks antud agrofooni ja agrotehnika juures 15 tsentnerit otra hektarilt, maksimaalsaagiks aga 30 tsentnerit hektarilt, siis võib praegune saagi kõikumine ületada varem saadud paremad saagid. Üksikutel põldudel võib selline kõikumine ulatuda 30 ts/ha või isegi üle selle. Kõige rohkem kõigub saak neil kultuuridel, mis vajavad heaks kasvuks tunduvalt soojust, nagu mais, kurk avamaal jt.

Et ilmastik on igal aastal suuresti erinev ja alati mõnele kultuurile soodsam, teisele ebasoodsam, siis esineb saakide kõikumist igal aastal. See ei võimalda meil saada vajalikku, planeeritud saaki toiduks, loomasöödaks, tehniliseks otstarbeks jm. Toome selle kohta mõned näited.

Aastatel 1965, 1966 ja 1967 oli Jõgeva rajoonis talirukki keskmine

saak vastavalt 18, 14 ja 22, odral aga 27, 20 ja 22 ts/ha; Kingissepa rajoonis oli taliviljal 21, 12 ja 19, kaeral 25, 14 ja 19, hernel 21, 7 ja 10 ts/ha; Põlva rajoonis kartulil 190, 130 ja 180 ts/ha jne. Jõgeva rajooni majandites oli samadel aastatel Torma sovhoosis tera- ja kaunvilja kogusaak 29, 20 ja 22 ts/ha, Adavere näidissovhoosis kartulil 150, 200 ja 190 ts/ha, «Suure Oktoobri» kolhoosis hübriidkaalikal 1060, 600 ja 640 ts/ha, Kungla kolhoosis silomaisil 120, 380 ja 170 ts/ha, Tooma katsebaasis mitmeaastasel heinal (heinaks) 29, 51 ja 56 ts/ha jne.

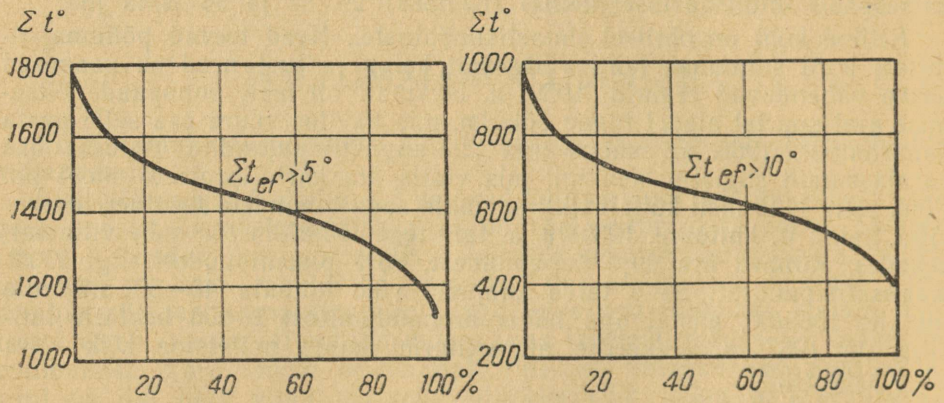
Eriline koht on ohtlikel ilmastikunähtustel. Need teevad põllumajandusele kord suuremat, kord väiksemat kahju ja just need on peamised saake vähendavad tegurid. 1959. a. 30. mail oli meil õunapuude õitsemise ajal suurtel aladel tugev öökülm, mis hävitas suure osa selle aasta õunasaagist. 1966. a. saabus aga 29. augustil sajandite ulatuses üks varajasemaid sügisesi öökülmi, mis võttis ära kartulipealsed, maisi jm. Põua tõttu jääb meil küllalt tihti saamata sadu tuhandeid tsentnereid teravilja, heina jt. kultuure. 1939/40. a. talv tegi põhjaliku töö meie viljapuuaedades. Külmas ära 69% õunapuudest, 86% ploomipuudest, ligi 100% maguskirsipuudest. Selle talve kahjusid võib hinnata 40—50 miljonile rublale. 1965/66. aastal aga hävis ärahaudumisest 26 000 hektarit talivilja. Ja 1967. a. erakordse augustitormi kahju mäletame kõik alles väga selgesti.

*

Et me põllumajanduskultuuride nõudeid ilmategurite suhtes üldiselt teame, siis on oluline tunda meie agrokliimat, mis näitab, kuivõrd meie kliima rahuldab viljade vajadusi ilma osas. Agrokliima andmetest saab seega teha järeldusi selle kohta, kui palju esineb meil teatava kultuuri kasvuks häid, keskmisi ja halbu aastaid, milliseid saagi kõikumisi võib ette tulla. Eriti vajalik on agrokliima tundmine siis, kui tahetakse sisse tuua mõnda uut kultuuri või aretada uut sorti. Niisama vajalik on see igasuguste katsete tegemisel ja nende tulemuste ellurakendamisel, saakide planeerimisel lühemaks või pikemaks ajaks (siin tehakse meil alles palju vigu!), agrotehnika ja väetamissüsteemide väljatöötamisel, saakide kõikumise uurimisel ja ennustamisel jm.

Vaatleme lähemalt mõnda kõige olulisemat agrokliima tegurit oma vabariigis. Üks tähtsamaid neist on soojus. Seejuures on põllumajanduses soovitatav vaadelda temperatuuri mitte 0° suhtes, vaid nn. efektiivsete temperatuuride näol, s. o. alates sellest soojuse piirist, mida taimed oma kasvuks ja arenemiseks saavad ära kasutada. Enamikul meie põllumajanduskultuuridest on selliseks soojuse alammääraks (nn. bioloogiliseks miinimumtemperatuuriks) umbes 5° C. Soojalembeste kul-

tuuride seisukohalt on aga kasulik jälgida seda soojuse osa, mis ulatub üle 10° C. Efektiivsed temperatuurid saadakse kõige lihtsamalt nii, et ööpäeva keskmisest temperatuurist lahutatakse vastavalt 5° või 10°. Et saada aga taimedele kasuliku soojuse hulka teatava perioodi vältel, selleks liidetakse selle perioodi ööpäevade efektiivsed temperatuurid.



Joon. 1. Efektiivsete temperatuuride >5° ja >10° tagatuskõverad Kuusikul.

Efektiivsete temperatuuride iseloomustamiseks Eestis vaatleme vastavaid tagatuskõveraid, millised toome Kuusiku andmete alusel. Kuusiku iseloomustab küllalt hästi suurt osa mandri-Eestist. Joonisel näeme tagatuskõveraid üle 5° ja üle 10° temperatuuride kohta vegetatsiooniperioodi vältel. Paljude aastate keskmisena koguneb Kuusikul efektiivseid temperatuure >5° 1409°, kõige vähem oli 1962. a. (1144°), kõige rohkem 1937. a. (1772°) ja >10° temperatuure 626°, kõige vähem 1962. a. (325°), kõige rohkem 1937. a. (861°).

Et näidata soojushulkade kõikumist Jõgeval üksikutel aastatel, esitame ajavahemikus 1962—1967 tegelikult kogunenud soojushulgad üle 5° soojuse osas perioodidel 1. V kuni 31. VIII ja 1. IX kuni vegetatsiooniperioodi lõpuni (tabel 1). Enne 1. maid koguneb keskmiselt ainult mõnikümmend kraadi üle 5° soojust. Samuti on ära toodud paljude aastate keskmised ja piirhulgad.

Tabelis 2 on näidatud, kui palju vajavad teraviljad keskmiselt soojust külvist või (teraviljadel) vegetatsiooniperioodi algusest kevadel koristusküpsuse saabumiseni, arvestades meil enam kasutatavaid sorte.

Tabel 1

Efektiivsete >5° temperatuuride summad Jõgeval

Aasta	Efektiivsete >5° temperatuuride summa, °C	
	1. V—31. VIII	1. IX — vegetatsiooniperioodi lõpuni
1962	881	249
1963	1243	298
1964	1095	248
1965	941	286
1966	1183	214
1967	1108	375
Paljude aastate keskmine	1116	244
Suurim	1331 (1937. a.)	377 (1934. a.)
Väikseim	848 (1928. a.)	138 (1952. a.)

Tabel 2

Teraviljade keskmine soojusvajadus valmimiseks

Kultuur	Efektiivsete >5° temperatuuride summa (°C), mis on vajalik koristusküpsuse saabumiseni
Oder, varane	830
Oder	900
Kaer	980
Suvinisu	1020
Talirukis	880
Talinisu	990

Tabelite andmeid kasutades näeme, et meil võivad üksikutel aastatel (1928, 1962) isegi teraviljad mitte valmida, eriti kui külv on tehtud hilinemisega. Tuleb aga arvestada, et real kultuuridel piiravad soojushulkade kasutamist kevadised ja sügisesed öökülmad. Eestis võib öökülmi esineda isegi mineraalmaadel veel juuni keskpaigani ja sügisel alates septembri algusest.

Teine tähtis tegur on sademed. Eestit loetakse niiskuse osas üldiselt liigniiskuse ja läääneranniku ning -saarte osas niiskesse tsooni kuuluvaks. Sademete keskmine hulk aasta kohta kõigub 500—700 mm vahel, sellest külmal aastaajal (XI—III) 150—200 ja soojal aastaajal (IV—X) 350—

500 mm vahel[1]. Sademete esinemine üksikutel aastatel on aga keskmisest vägagi erinev, mistõttu keskmine sademete hulk on põllumajanduse seisukohalt vähe iseloomustav tegur. Seda näitab kujukalt ülevaade sademete hulkadest Jõgeval aastail 1922—1967 perioodil maist septembrini, millal sademetel on taimede kasvus ja põllutööde tegemisel eriti tähtis koht (tabel 3). Nagu neist andmetest näha, on paljudel kuudel keskmisele lähedaste sademete hulk väike ning tihti esineb keskmisest mitu korda vähem või rohkem sademeid.

Võib-olla veelgi muutlikum on Eestis sademete territoriaalne jaotus. Kui rajoonides oli sademete vaatluspunkte alles vähe, siis ei paistnud see nii teravalt välja. Praegu aga on sademete vaatluspunkte õige palju. Näiteks Jõgeva rajoonis tuli 25 punkti vaatluste alusel 1967. a. juulis, mil põua mõju oli üldiselt väga tugev, sademeid mõnes rajooni osas kuni 6 korda rohkem kui teistes (joonis 2).

Vegetatsiooniperioodil on sademetevaene periood aprillist juuni lõpuni (30% sademetest), sademeterikas periood aga alates juulist (70% sademetest). Seetõttu on meil kevadel ja suve esimesel poolel tihti põud. Põllumajandusele mõjub kõige sagedamini niiskuse vähesus mai teisel poolel ja juunis. Väiksema mõjuga kuivi perioode esineb vabariigis keskmiselt igal teisel, tugevamaid — igal 4.—5. aastal. Suurt mõju avaldavad põuaperioodid heintaimede, vähem teravilja jt. kultuuride kasvule.

Varakevadel ja sügisel aga kannatavad meie põllud, eriti raskemad mullad ja madalamad reljeefiosad, liigniiskuse ja üleujutuste all. Kevadel saavad sellest kõige rohkem kahju teravili ja heintaimed, sügisel peale nende veel hilja koristatavad kultuurid.

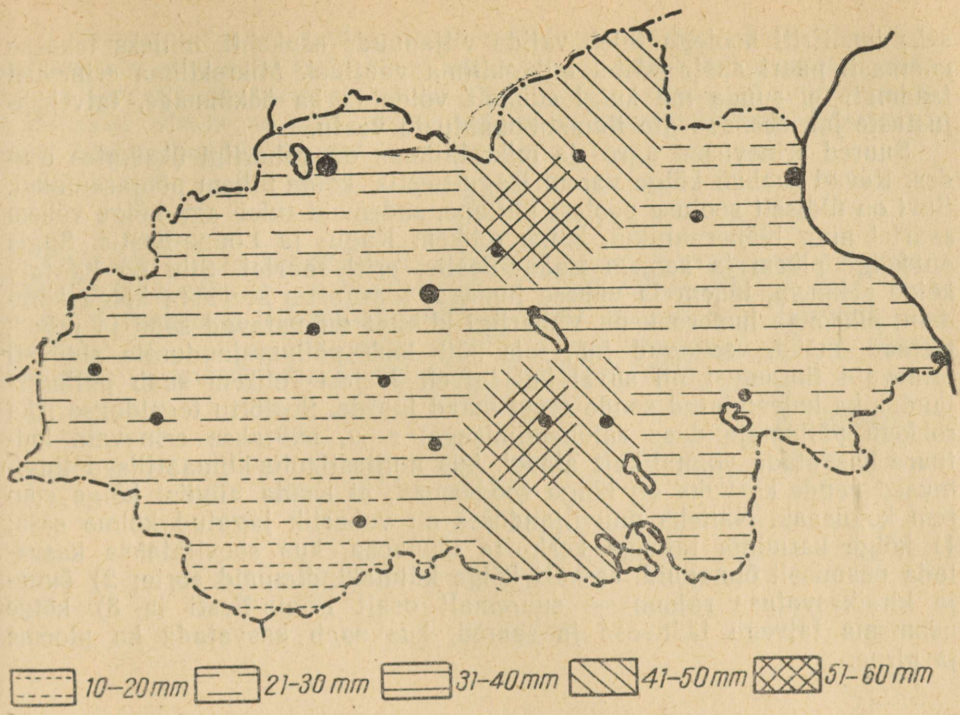
Tabel 3

Sademete jaotus Jõgeval aastail 1922—1967.[1]

Kuu	Sademete hulk, mm			Sademete summa, %						
	keskmine	kõige väiksem	kõige suurem	20,0 (mm)	20,1—40,0	40,1—60,0	60,1—80,0	80,1—100,0	100,1—120,0	120
Mai	52	1	113	6	37	26	9	11	11	0
Juuni	64	14	185	6	15	37	22	2	9	9
Juuli	81	23	166	0	9	24	19	22	13	13
August	90	9	197	11	2	17	22	5	15	28
September	71	6	141	2	13	30	15	20	11	9

[1] Tabelis on sademete hulkades Jõgeval sisse viidud parandid.

[1] Et seni kasutatud sademetemõõtjad ei ole andnud täpseid andmeid sademete tegelike hulkade kohta, siis toimub praegu sademete ümberarvutamine mitmete parandite abil. See töö ei ole veel lõpetatud ja seepärast kasutame siin endisi andmeid.



Joon. 2. Sademete jaotus Jõgeva rajoonis juulis 1967. a.

Agrokliima kõrval on võib-olla veelgi olulisem tunda põldude mikrokliimat. Mikrokliima erinevused tekivad maapinna reljeefi, taimkatte, mullastiku, mullaniiskuse jm. erinevuste mõjul. Mikrokliima erinevused ulatuvad tugevamal kujul mulla ülakihist 1,5 kuni 2 m kõrguseni. Nagu seni tehtud uurimused näitavad, võivad vahed Eestis ühe ja sama majandi piires ulatuda näiteks öökülmadeta perioodi pikkuses 1—2 kuuni, öökülmade tugevuses 4—6°-ni, muldade soojenemises kevadel 2—4°-ni ja tahenemises 20—30 päevani.

Majandite põldude mikrokliima erinevused esitatakse tavaliselt kaartide kujul. Neist nähtub, kuidas on põllud kindlustatud soojuse ja niiskusega. Selle põhjal saame teha kõige otstarbekama kultuuride ja sortide valiku ja paigutuse, lahendada majanditevahelisi ja majandisiseseid spetsialiseerumise küsimusi, samuti välja töötada kõige ratsionaalsem külvikordade süsteem ja agrotehnika põldude lõikes. Kõige soojemad põllud hoiame üldiselt soojalembestele kultuuridele, kasutame aiandi rajami-

seks jm. Eriti hoolega tuleb valida viljapuude asukohti, milleks tehakse enamasti paari aasta vältel mikrokliima vaatlusi. Mikrokliima erinevusi teadmata ei suuda me kuigi edukalt võidelda ka öökülmade, talvekahjustuste jm. ebasoodsate ilmastikunähtuste vastu.

Suured erinevused agro- ja mikrokliimas on vabariigi üksikutes osades. Kevad saabub kõige varem Kagu-Eestis, kõige hiljem põhjarannikul. Suvi on üldiselt soojuse poolest ühtlane, sademeid tuleb aga kõige vähem saartel ning läänerannikul, kõige rohkem Kagu- ja Lõuna-Eestis. Sügis on kõige pikem ja soojem Lääne-Eestis, eriti saartel. Siin on ka talv kõige pehmem, lühem ja vähese lumega, Ida-Eestis seevastu kõige käredam, pikem ja lumerohkem. Vabariigi kliimat mõjustavad sood ja rabad, metsad, mäed, veekogud jm., mis kõik loob põllumajandusele suuresti erinevaid tingimusi nii suvel kui talvel. Järjest rohkem saab põllumajandus ka kuivendatud soode arvel maad juurde. Seetõttu tegeldakse ikka rohkem põllumajanduse rajoneerimisega, s. o. püütakse erinevaid kultuure kasvatada võimalikult aladel, kus mullastikulis-klimaatilised tingimused nende kasvuks on kõige soodsamad, et saada niiviisi kõige suurem kogusaak. Näiteks puuviljanduses on vabariik jagatud kolme ossa: 1) kõige karmima talvega kesk- ja lõunaosa, kus soovitatakse kasvatada peamiselt õunapuid, eeskätt kõige külmakindlamaid sorte; 2) õuna- ja kirsikasvatuse rajoon — suuremalt osalt Põhja-Eesti ja 3) kõige pehmema talvega lääneosa ja saared, kus saab kasvatada ka ploome ja pirne.

*

Agrokliima tundmine võimaldab meil kõige paremini ära kasutada kliima ja mikrokliima erinevusi ning edukalt võidelda ohtlike ilmastikunähtustega. Selle kõrval aga tegeleme ikka suuremal määral kliima muutmisega põllumajanduse tarbeks, kusjuures jällegi kõige hõlpsam ja kasulikum on muuta mikrokliimat. Millised võimalused on meil kliima ja ilma muutmiseks?

Eestis on praegu neist võtetest kõige tähtsamal kohal liigniiskete maade, eeskätt madalsoode kuivendamine. Selle tagajärjel muutub suuresti mulla ja maalähedase õhukihi mikrokliima, jäädes tunduvalt erinevaks kuivendatud mineraal- ja soomuldadel.

Et meie vabariigis on küllalt palju põldusid, mis sageli kannatavad niiskuse vähesuse all, siis uuritakse praegu ka vihmutamise efektiivsust. See võimaldab saake tõsta ja muuta need püsivamaks.

Nõukogude Liidu Euroopa-osa lõuna- ja kagurajoonides on rajatud metsa- ja põõsaribasid kaitseks suhhoveide vastu. Meil kasutatakse põhjapoolseid kaitseribasid tõkkeks külma õhu sissetungi vastu, samuti on kaitseistandikke rajatud viljapuuaedades.

Väiksema ulatusega melioratsioonivõtted on veel kaitsekulisside rakendamine soojalembeste kultuuride kasvatamisel, multšimine, sünteetiliste kilede kasutamine, haripeenrad jm., mis kõik parandavad mikrokliimat. Võrdlemisi hõlpus ja tihti väga vajalik on talvise mikrokliima muutmine lumimelioratsiooni abil.

*

Arvestades ilma tundmise ja jälgimise suurt tähtsust, on vabariigis juba 60 kolhoosis ja sovhoosis rajatud oma ilmavaatluspunktid. Neis teevad agronoomid või teised majandi töötajad sademete, temperatuuri, lumikatte jm. vaatlusi majandi tarbeks. Need vaatlused aitavad kaasa ka kliima ja mikrokliima uurimisele põllumajanduses.

K. Põiklik

MEREMEES JA ILM

Mida teevad teretuttavad, pooltuntud inimesed ja koguni pärissõbrad, kui nad juhuslikult või ka üsna ettekavatsetult kohtuvad? Algul räägitakse ilmast. Satuvad nad olema põllumehed, siis «maast ja ilmast». Et aga nende lehekülgede kirjutaja on oma rammupõlve leiva maamuna märjema poole pealt saanud, siis lubatagu temal rääkida merest ja ilmast.

Alates meresõidu koidikust pidid laevamehed, võib-olla enam kui ühegi teise kutseala inimesed, andma end tujukate ilmajumalate hirmule ja armule. Juba vana-kreeka lugulauludes on kirja pandud, kuidas Trooja sõjast naasvad laevad taevatuultest tõstetud lainete ja väljavihastatud merega heitlesid. Poseidoni raevu alla sattunud Odysseuse ning tema pisikese parve merehädast laulab Homeros:

... Ent äkitselt siis langes mürinal määratu
voog tema peale. Kui laastu see pillutas parve.
Kuid ise parvelt paiskus ta kaugele, poetades tüüri
nõrkevast käest. Mast praksudes murdus just keskelt, kui hirmsas
keerises põrkasid kokku nüüd kõikjalt tormavad tuuled.
Kaugele viis teki ja kaltsudeks kiskus purje.
Ka ise vee all kaua ju vähkres Odysseus...

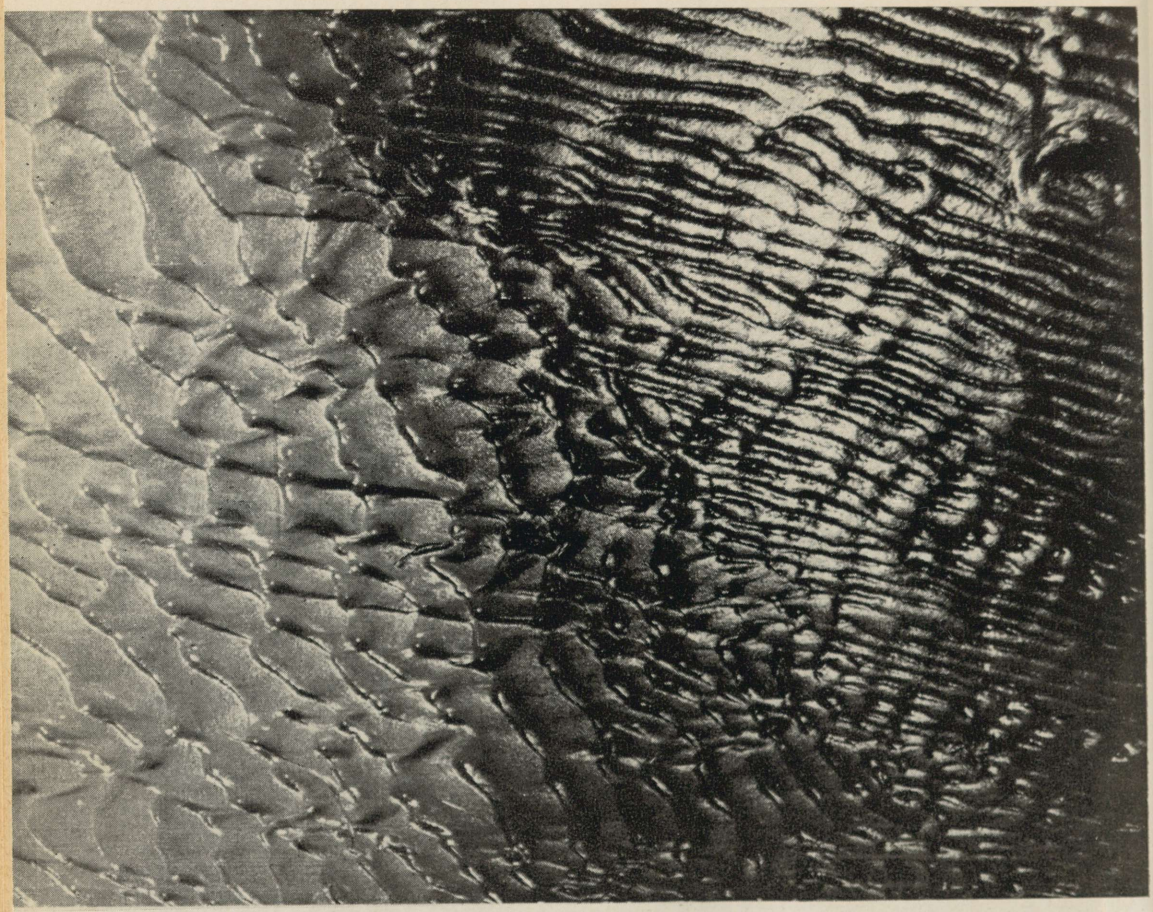
Mereajaloost võime tuua lugematuid näiteid selle kohta, kuidas ilm meremeeste niihästi headest kui ka kurjadest kavatsustest sageli kriipsu läbi tõmbas.

Kui Portugali prints Henrique, keda ka Heinrich Meresõitjaks kutsuti, 1486. a. kapten Bartolemeu Diaze mereteitse Indiat otsima saatis, pidi see uljas konkistadoor valjude ja vastaste tormide tõttu Aafrika lõunatipust tagasi pöörduma ning selle suure au — olla esimene, kes avastab veetee Vürtside maale — jätma Vasco da Gamale, keda selle kangelasteo eest ülistatakse Camõesi[1] surematus luuleteoses. Bartolomeu Diaz jõudis siiski Hea Lootue maaninani välja, millele ta nende tormide tõttu, mis ta seal kohtas, algul nimeks pani Cabo Tormentoso,

[1] Luis Vaz de Camões (1524—1580), Portugali luule klassik, kelle peateos on rahvalik kangelaseepos «Lusiaadid» Vasco da Gama avastusretke ainetel.



Tuulikud Pakri saarel 1936. a. *A. Elleri foto.*



Merepõhja muster Treimanni rannas. *A. Kiisla foto.*



Sellise lumemustri albeedo ei ületa 70%. *M. Sulevi foto.*



Rõngas Päikese ümber. *M. Sulevi foto.*



Virmalised polaarjaamas. Molodjožnaja. *E. Kreemi foto.*

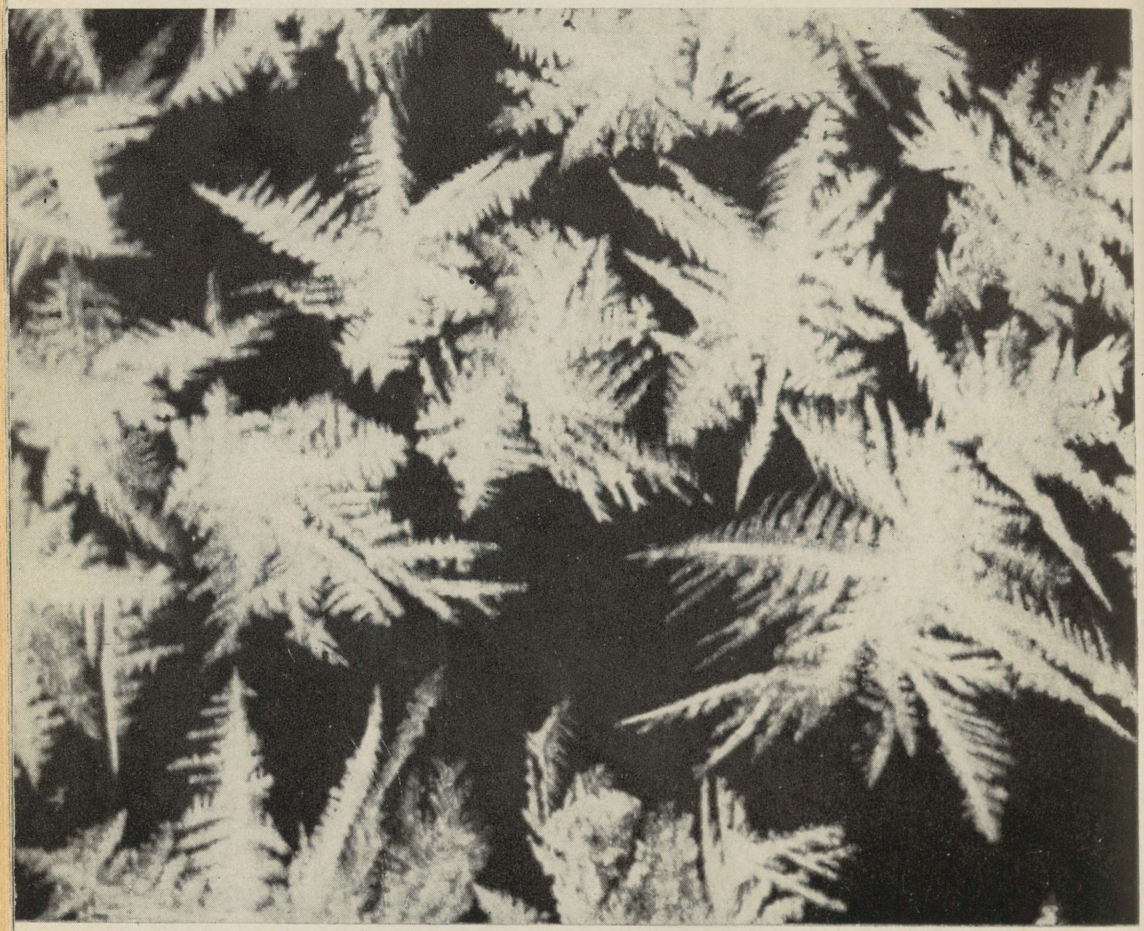
Lähenev lumeorkaan Antarktikas. *E. Kreemi foto.*





Kaste. *M. Sulevi foto.*

◀ Hommik metsas. *A. Rosenfeldi foto.*



Jäälilled. *A. Aaloe foto.*

s. o. Tormide neem. Hiljem ristiti Aafrika lõunasse suunatud ots Portugali kuninga João II käsul ümber Cabo da Bõa Esperança'ks, Hea Lootuse neemeks, sest valitsejal tekkis peibutav eelaimus, et ümber selle neeme sõites ükskord ikkagi Indiasse jõutakse.

Ka võib juhtuda, et üks ja seesama ilm on ühele õnnetuseks, teisele õnneks. Kui Hispaania hiiglaarmaada XVI sajandi lõpuaastail Inglismaad läks vallutama, hävitas Biskaia lahes ja Briti saarte ümber möllanud rajuilm peaaegu kogu anastajate laevastiku. Õnnelik saarerahvas aga helistas kirikukelli, tänas taevavõime ning kuninglikud rahapajad müntisid medali, millel seisid kuulsad sõnad: «Flavit Deus et dissipati sunt» — jumala tuul paiskas nad laiali. Muidugi sellesama jumala läkitatud tuul, kelle nimel Rooma Püha Isa oma sõnakuuleliku katoliiklasest poja, Hispaania kuninga ketserlusse kalduvaid, s. o. protestantide eksiõpetusest nakatatud inglasi karistama saatis. Ajalookroonikud valasid pärast palju higi, kulutasid küll hanesulgi, küll pärgamenti ja paberit, rääkimata veel trükimustast ning näritud sõrmeküüntest, et võitu kuninganna Elizabethi endise kroonipiraadi, pärastise admirali ja aadlimehe sir Francis Drake'i ja tema vaprate sinijakkide arvele kirjutada.

Alles sadakond aastat tagasi pidi kaupmees, kes kolm laeva Austraaliasse vilja või Tseiloni saarele tee järele saatis, arvestama, et kaks neist ulgumere tormides hukkuvad.

Ent tundmata kreeklaste muinaseepost, minemata Portugalist pärit meremeeste keskaegsete juhtumite juurde ega toomata ajaloost lagedale Hispaania armaadat, võime ka vanade eesti meremeeste juttudest-lauludest leida, kuidas ilm merdsõitjaid mehi vintsutas. Härma Etsi imelikke juhtumeid kirjeldavates merivärssides laulab tundmatuks jäänud autor:

... Ilm oli paks ja udune
ja keeras tuule vastale,
et pidi välja krüssama,
ei saanud päri purjeta.

Tuul see keeras siia-sinna,
laev ei teadnud, kuhu minna,
Härma Ets pidas peidevinti,
ajas Alli otsa krunti.

Kõike ülalöeldut silmas pidades on ranna-, kala- ja meremehed juba iidsetest aegadest püüdnud ilmakatla kaane vahelt sisse piiluda, et aegsasti ära arvata, mis seal keemas on.

Utid-tutid, siiditutid,
armutaevas tuulejutid.
Tihu Tõnis tahtis Netit.
Oh, need abieluketid!

naeris külarahvas Aadu Hindi «Tuulises Rannas» Kaugatoma kuninga armuseikluste üle. Seiklused seiklusteks, kuid mis tähendab selles laulujupis sõna «tuulejutid»? Arvan, et see jääb mitmelegi arusaamatuks, seda enam, et ei ole sellest lehekülje all ega ka raamatu lõpu sõnaseletustes mingit selgitavat märkust.

Tuulejutid, kutsutud ka tormijuttideks, tekivad õhtutaevale sinna ilmakaarde, kust järgmisel päeval valju tuult võib oodata. Taevas on seal kaetud otsekui peeneks vadutud villakluttidega. Mida peenemaks pilvevill on näpitud, seda tugevam tuleb tuul. Kes soovib, pangu tähele ja ta märkab isegi, et see on tõesti tõsi. Millest säärane nähtus? Vastuse leidku meteoroloogid.

Juba lapsest peast istutati mulle pähe mitmed esiisade kogemused ilmaennustuste kohta, sest kala- või meremees — muud mu'st, rannapoisist, ju saada ei võinudki, teadmata ette järgmise päeva ilma, võis seetõttu kaotada mitte ainult püüsed ja saagi, halvemal juhul isegi laeva, sageli oli see aga koguni elu ja surma küsimus.

Tekkis taevale «noa laev», s. o. ühest otsast kokkujooksvad sulgpilvede ribad, pidi hoolega jälgima, kumb parras tõuseb, kumb vaob. Tõusva parda poole keerab tuule. Tarad, pilvedest peegelduvad kollakad rõngad Kuu või Päikese ümber, tähendavad valju tormi. Kui noorkuu sirp on taevas niivõrd seljakile, et vihmakuue selle nuka otsa võib riputada, siis tee seda, sest ilm püsib nagunii kuiv ja ilus. On aga Kuu kummuli ja õliriided sealt alla kukuvad, aja nad selga, sest varsti on mere peal rõõk lahti. Veel võivad silmapiirile tekkida «tuuleagad» ehk «tuulepesa», s. o. ühest punktist väljuvad odataolised pilvepiigid, teravad otsad ülespoole suunatud, mis samuti valju tuule eelkäijad on.

Endisaegsed meremehed kuulutasid ilma ette küll horisondi virvenduse, küll taevatähtede selguse ja Linnutee heleduse järgi. Üht-teist oskasid ütelda ka iseenda ihuliikmed. Selgeks tormimärgiks loeti ägenevat luuvalu. Kui aga uniseks ja rammaks võttis, siis ootas meresõitja äikest, äkilisi iilinguid ja vesipükse. Ühel kipril olnud kõige õigemateks ilmakuulutajateks tema vanad ookeaniveest läbiimbunud meresaapad. Nii kaua kui need puhkusele lastud jalavarjud püsinud kuivadena ning soolast sätendanud, olnud laevajuht ilma suhtes rahulik, aga kui sool kadunud ja säärikud niiskeks muutunud, käskinud ta otsekohe topselid kinni panna ja laev tormi vastu valmis seada. Selsamal põhimõttel ja niisama suure eduga kasutanud teine ookeanisõitja soolvees leotatud vorstijuppi.

Lugematud on ilmaennustusse puutuvad vanasõnad niihästi meil kui ka teistest rahvustest meremeeste seas. Kes ei tunneks ütlemisi: «Loodetuul — taeva luud», «Lääs loetab merd» jne. Vähem levinud on ehk Hiiumaa meeste tähelepanek: «Vesikaare tuul ja naise viha ei jää enne järele, kui vihm väljas.» Inglased armastavad oma ennustusi koguni riimida.

Long to tell, long last,
short notice soon past.

Eesti keeles kõlaks see umbes nii:

Kaua kuulutab, visalt vaob,
lühike läkitus kärmelt kaob.

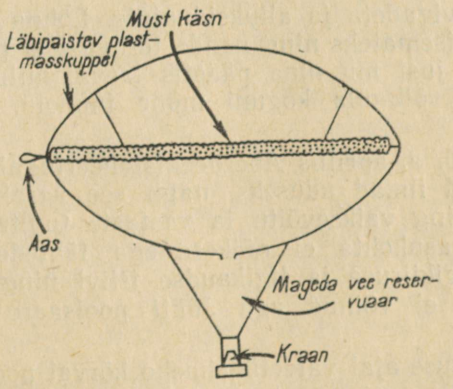
Ülelahe hõimlane aga ütleb:

Iltarusko hyvä rusko,
aamurusko paskarusko.

Püüame tõlkida:

Punetav eha on hea,
koidupuna sa nead.

Olen ise juhtinud purjekat veel tol ajal, mil raadiot peeti väiksemate laevade jaoks tarbetuks uhkuseasjaks, tühiseks «laulutoosiks». Tean, mis tähendab uurida taevamärke ja lainejooksu, käsi silmade kohal päikesevarjuks, jälgida merelindude lendu, püüda homset ilma ennustada kajakate kisa ning merevee värvuse abil. Ainsaks teadusemeeste poolt väljanuputatud riistapuuks-abiliseks oli meil aneroidbaromeeter, millele



Joon. 1. Veemagestaja merehädalistele. Paljud päästepaatidesse läinud merehädalised on langenud janu ohvriks. Teise maailmasõja ajal leiutas dr. Maria Telkes veemagestaja, mis pannakse nööriga paadi taha ujuma. Läbipaistva kupliga ujukisse asetatakse mereveega läbiimmutatud musta värvi käsn. Päikesekiirte toimel käsnas olev merevesi aurustub, kokku puutudes ujuki jahedate seintega kondenseerub magedaks veeks ja valgub reservuaari, kuhu päeva jooksul võib koguneda kuni liiter magedat vett.

vahest koputati. Aga selle õhurõhku näitav osuti armastab enam ilmaga kaasas käia, kui midagi ette ütelda.

Seni on meil juttu olnud vaid tuultest-tormidest ja rajuilma poolt kõrgeks kistud lainetest. Kuid need, ütleksin, on meremehe ausad vaenlased. Tulevad vihaselt ulgudes ja kohades, katsuvad laevast jagu saada otserünnakuga. Siin heitleb toores loodusjõud sellesama looduse poolt sünnitatud painduva inimmõistusega. Ollakse rinnutsi koos — kes keda. Ent petlikud ja salakavalad vastased on meremehele udud. Need mähivad laeva endi aurudest kootud võrku, katavad taeva, matavad silmapiiri, võtavad tüürimeestelt silmad ja väidaksin koguni — ka kõrvad, sest udus kuuldud akustilise signaali algallikas pole sugugi seal, kustpoolt heli tuleb: õhulained põrkavad ja peegelduvad vastu ebaühtlasi udupankasid, moodustades kõige kummalisemaid vastukajasid, kõige keerulisemaid siksakke. Tormis näed karidel tuiskavad lainemurrud eemalt ära, kalda kaugust, vee sügavust ja tuulemuutust võib sageli määrata voogude veeremise ja lainejooksu järgi, kuid udu, sinder, ei ütle sulle midagi. Vaikib salapäraselt, samal ajal aga kätkeb endas tuhat ebameeldivust. Enamiku kokkupõrkeist, madalikele sattumistest ja randaajamistest on põhjustanud just nähtavuse puudumine. Udus orienteerumiseks ei piisanud vanasti meremehe viiest meelest. Ent seda kuuendat polnud kusagilt võtta.

Enne laevajuhi diplomi saamist — ning aeg-ajalt pärastki veel — kontrollivad vastava ala meedikud, et meremehel oleksid head silmad ja korralik kuulmine, et ta ei oleks värvipime. Niisamuti et kõik tema ihuliikmed oleksid vigadeta ja alluksid ajule. Lõhna tundmine ja muud meeled loetakse tühisemateks ning nende teravust ei proovita. Aga ometi oli mul juhus, kus just mu nina päästis laeva, mitu tuhat tünni häid šoti heeringaid ja võib-olla koguni mõne inimelu. Lugu ise oli niisugune.

Purjetasime 1935. a. aprillis Aberdeenist heeringalastiga Taani. Juba Doggerbankil läksid ilmad uduseks, nagu see varakevadel Põhjamerel sageli ette tuleb, ning vaiksevõitu ja vastaste tuultega loovisime mitu ööpäeva, saamata asukohta ei päikese ega tähtede järgi, rääkimata kaldamärkidest. Logikiiruse ja ligikaudse triivi ning teadaolevate hoovustega arvestades ei võinud aga Jüüti poolsaare rand enam kuigi kaugel olla.

Seisin õise vahetuse ajal valvetüürimehe kõrval pooltekil, kõik meeled pingul. Laev oli täies purjes ja tegi peidevindis head sõitu. Hommikuse vahivahetuse ajal kavatsesin muist seilidest ära koristada ja merd hakata loodima, et sügavuse ning põhjaproovide järgi umbkaudseltki laeva asukohta ära arvata. Seni ootasin kaldasireene, puurisin pilguga uttu: võib-olla kostab poi huilgamine või plingib majakasilm mõnest hõredamast mereauru pangast läbi. Näha ega kuulda polnud aga midagi.

Ent korraga kandis tuul mu sõõrmetesse nõrka sõnnikulõhna. Kamandasin laeva algul triivpakki, siis purjed maha ja ankur alla. Madrused ei taibanud midagi. Küllap arvasid mehed, et kapteni ülepingutatud närvid kusagilt lühiühenduse andsid. Ent hommikuhämarikus, kui udu üles tõusis ja nähtavus paranes, nägime kõigest mõne kaabeltau kaugusel laevast järsku kaldavalli, veel veidi edasi suurt põlluvälja, millel seisid alles laotamata ja sisseküündmata sõnnikukuhilad. Oleksime kas või kümmekond minutitki endist kurssi ja kiirust edasi pidanud, oleks laev väljaulatuva riidalise rannakääru otsa oma põhja puruks jooksnud...

Oma meresõidupraktika kestel olen kogenud ka seda, et me tormi, udu ja paha ilma otse ootasime. See oli sõjatalvel 1939/40, mil Tallinnast võid, peekonit, mune ja lennukivineeri Inglismaale vedasime; ajal, mil fašistidest piraatide valveristleja torpeedokärgatust ja pardakahurite kõhatusi kaugelt enam kardeti kui Neptunuse kõige kurjemat raevu. Parimaks kaitseks sakslaste luurelennukite ning vahilaevade vastu olid aga tormid ja udud.

Eriti ohtlikud on purjelaevadele troopilised iilid ja neile järgnev paduvihm, millest samuti nagu udustki midagi läbi ei paista. 1929. a., laskudes ahvenamaalaste parklaeval Valparaisost tulles mööda Tšiili rannikut alla Kap Hoorni poole, kaotasime ühel ööl ootamatu tormitüki küüsi sattudes mõne minutiga kõik oma purjeehted, kokku 39 seili. Hea seegi, et raske salpeetrilast laeva ümberminekust päästis. Just paar aastat enne seda oli niisamasugune järsk pööristorm Taani viiemastilisel koolilaev-iludusel «København» kiilu vastu marumusta taevast keeranud ja ühes purjekaga mattus merehauda mitusada meest. On aga ka seda ette tulnud, et troopikaiiling ühes lausvihmaga merel veeta jäänud laevapere janusurma lävelt tagasi tõi. Kuidas kusagil.

Võib-olla kehitab lugeja nüüd õlgu ja arvab, et kõik need lood ja laulud olid muidugi võimalikud «vanal heal purjelaeva ajastul», mil öeldi, et egas inimese võim ikkagi taevatuulte ja Looja vägevuse vastu saa, kuid tänapäeval... Olen nõus, sest võrreldes nende aastatuhandetega, mil laev kandus merel edasi ainult õhuvoolude mõjul, oli hoovuste ja ookeanitujude mängitada, on olukord viimaste aastakümnete jooksul kohe pikkade sammudega paranemise poole läinud. Endastmõistetavalt ei tule enam ette sääraseid juhtumeid nagu aastat nelikümmend tagasi, kus ühel keevaverelisel inglasest kaptenil Lõuna-Ameerika «Westküstist» Londonisse purjetades Tulemaa saarte juures, pärast viit nädalat vastulaines rammimist, kannatus katkes ja kes idakursi läände ära muutis. Allatuult ja pärilainet, hiljem vedusates passaatides läbis laev Vaikse ookeani, Malaka väina, India mere monsuunid ning lõpuks, pärast ligemale pooleaastast vett ja taevast, seilanud ka ümber Aafrika, saabus alus kodusadamasse mitte läänest, vaid hoopis idast.

Kaasaegsed aurumasinad, mootorid ja moodsad navigeerimisvahendid pakuvad loodusjõududele tõhusat vastupanu, ent alles mõne aasta eest põrkasid New Yorgi lähistel udus kokku Rootsi «Stockholm» ja Itaalia lippu kandev «Andrea Doria». Hukkus pool tuhat reisijat. Itaallaste ookeanikaunitar magab tänapäevani Atlandi põhjas. Sellesama Atlandi põhjas, kus puhkavad omaaegsed «Titanic» ja «Lusitaniagi», katteks kilomeetripaksune merevaip. Ometi olid niihästi «Stockholmil» kui ka «Andrea Dorial» raadiolokatsiooniseadmed ning navigatsiooniohvitseridel esmaklassiline erialane ettevalmistus. Kuid aparaatides esinenud pisivead, näitude ümardamised ja tüürimeeste liigne enesekindlus andsid summana suure inimohvritega avarii.

Räägitagu mis tahes, jutt asja ei muuda. Ka tänapäeval mõjutab ilm meresõitu. Kus soodustab, kus takistab. Millistele tippsaavutustele meie tehnika ka ei tõuseks, ei ole meremeestele sugugi ükskõik, kas saadetakse nad Arktika külmhambuliste jääväljade vahele või lähevad nad subtroopika paitavatesse passaatidesse. Arvan, et nagu tänapäeval, nii ka tulevikus on meremehed sageli enam huvitatud ilmaprognoosidest kui muudest eetrist kuuldud uudistest. Ilmaennustused kirjutatakse ilusasti paberile, nende põhjal pannakse merekaartidele uued kursid, neid arutatakse, need sünnitavad millal muret, millal rõõmu. Laevamehele on ilm puhuti sõber, puhuti vaenlane. Ükskõikne pole ta ilma vastu kunagi olnud, ei ole ega võigi olla, sest veel tänapäevalgi sõltub ilmast väga suurel määral tema leib, s. o. meresõit.

H. Sergo

RONGISÕIT JA ILM

Veel möödunud sajandi esimestel aastakümnetel, kui kellelgi oli tarvis tähtsate asjatoimetuste pärast kodust kaugemale minna, asus ta teele jalgsi või postitõllas.

Aurumasina leiutamine tõi transpordis kaasa tohutu pöörde. Transpordivahendeid hinnatakse alati sellest lähtudes, kui mugavad ja kiired need on ning kui palju on võimalik kaupu vedada. Kõigepealt katsuti ehitada aurutõldu. Need aga ei suutnud posthobustele tõsist konkurentsi pakkuda.

1825. a. ehitati Inglismaal maailma esimene raudtee. Raudteerong ei rappunud teekonarustel, vaid sõitis sujuvalt mööda rööpaid, saavutades seejuures suhteliselt väikese kütusekulu juures suure kiiruse. Reisijad jõudsid hõlpsamini sihtkohta. Kaupmehed said võimaluse operatiivsemalt reageerida turu nõudmistele. Algas massiline raudteede ehitamine. Kaasajal on igas arenenud riigis rajatud tihe raudteede võrk. Möödunud sajandil oli tsaari-Venemaal raudtee «veerevkoosseisu» hulgas igaks juhuks ka kümme hobust, sest vedurid polnud veel kuigi töökindlad. Tänapäeval kihutavad moodsad vedurid sellise kiirusega, mis 19. sajandi inimesele tunduks muinasjutulisena.

Inimene püüab ühest punktist teise siirduda alati kõige lühemat teed mööda. Maismaateede rajamisel tuleb rohkem kui laevanduses ja lennunduses arvestada teatud maakohtade sobivust liiklemiseks.

Pinnaehituse ja taimkatte iseärasused (mäed, orud, tihedad metsad, tuiskliivad, laiad kiirevoolulised jõed jms.) on alati teedeehitusel takistuseks olnud. Selliseid paiku tuli vältida või tarvitusele võtta mitmesugused abinõud — mägedesse rajati raudtee tarvis tunnelid, jõgedele ja mäestikuorgudele ehitati sillad ja viaduktid. Kohtades, kus jõgi sageli sängi muudab või kaldad ei sobi suure raudteesilla ehitamiseks, veetakse rong üle vee praamiga. Isegi Kaug-Põhjas, kus looduslikud tingimused on eriti karmid, rajatakse praegu juba raudteid.

Et kindlustada liikluse ohutust, tuleb muude tegurite kõrval arvesse võtta ka ilma. Ilmastikunähtuste mittetundmine või nende ignoreerimine võib valusalt kätte maksta.

Võrreldes teiste transpordiliikidega kannatab raudteetransport ehk

kõige vähem ilma tujude tõttu. Kuid siingi võib inimest, kes halva ilma tõttu eelistas lennukile rongisõitu, tabada ebameeldiv üllatus. Rong peatub äkki lagedal väljal. Edasi sõita ei saa, sest tee on lund täis tuisanud.

Paljudes meie maa piirkondades ulatub lumikatte paksus 2—3 meetrini. Lumetuisud möllavad sageli mitu päeva järjest. Hanged kasvavad kiiresti. Lumi tuiskab kinni ka raudteed.

Eriti suure jõu saavutavad lumetuisud tasandikel. N. Dolgov kirjeldab 1907. a. jaanuarituisku Donbassis. Tuule tugevus ulatus 22—29 meetrini sekundis, sadas tihedat lund. Nähtavus halvenes niivõrd, et päeval polnud võimalik mõne meetri kauguseltki midagi näha. Tuul kiskus maha piki raudteeliini püstitatud lumeväravad ja paiskas need teisele poole teed. Osaliselt purunesid lumeväravad täielikult. Hanged olid nii suured, et rongiliiklus katkes. Osa ronge seisis jaamades, osa põldude vahel, kus torm neid oli tabanud.

Et inimene ei suuda veel tuiskude ja tormidega midagi ette võtta, tuleb tal looduse stiihia ees kaitsele asuda. Raudteede äärde püstitatakse lumeväravaid, istutatakse põõsaid ja puid. Takistused vähendavad tuule kiirust ja sunnivad tuule poolt kaasaskantavat lund ladestuma enne teele jõudmist. Olgu märgitud, et õhuvool võib lund kaasas kanda ainult sel juhul, kui tema kiirus on üle 2,5—3 m/s.

Eestis pole tuisupäevi eriti palju. Sellele vaatamata esineb juhtumeid, kus rongid hilinevad tuisanud teede pärast. Lumeummistuste kõrvaldamine nõuab palju aega ja tööjõudu. Kuiva lume puhul sobib teede puhastamiseks harilik lumesahk. Sulailmaga on asi veidi keerulisem. Külmunud maapinnale või muudele alla 0° jahtunud objektidele langedes võib lumelobjakas kõvaks koorikuks külmuda. Pöörangutes on teatud osa rööpast liikuv, mis võimaldabki rongi ühelt teelt teisele juhtida. Kui sulalumi rööbaste vahel kinni külmub, langevad pöörangud rivist välja. Avariide ärahoidmiseks ei saa ronge enne liinile lasta, kui tee on korda tehtud.

Mägedes on kestvad lumesajud ja tuisud laviinide tekkimise põhjuseks. Laviiniks ehk lumeveermeks nimetatakse mäenõlvalt alla libisevat lumemassi. Mäest alla tormates kasvavad laviinid järjest ja pühivad oma teelt kõik takistused. Võib esineda 1,5 kuni 2 miljoni kuupmeetrise mahuga laviine. Orgu langenud, tekitavad need kuni 60 m kõrgusi lumemägesid. Sageli kannab laviin endaga kaasas mäekülgedelt lahtirebitud kaljurünki ja murtud puid. Langeva lumemassiga kaasneb purustava toimega õhulaine, mis kisub majad vundamendilt ja surmab inimesi ning kariloomi. Laviinide kiirus ulatub kolmest-neljast kuni kaheksaüheksakümne, erandjuhtudel kuni 350 kilomeetrini tunnis.

Mäestikuorgudesse paiskudes pühivad laviinid maapinnalt terveid külasid, sulustavad jõed ja kanalid, purustavad sildu. Tuleb hästi tunda

kohalikke olusid ja teedeehituseks valida rajoone, kus laviinid puuduvad või nende esinemissagedus on väike.

Eriti palju laviine esineb Alpides. 1951. a. purunes raudteeliin St. Gotthardi mäekuru juures mitmest kohast. Tunneli lõunapoolse sissekäigu juures mattis kolossaalne laviin enda alla terve küla. Lume alla jäid ka mitmed teised raudteeliinid. Tuntud talvekuurort Davos oli maailmast täielikult ära lõigatud. 1954. a. oli suurte ohvritega õnnetus ühes raudteejaamas, kus laviin paiskas teel seisva rongi rööbastelt ja purustas vagunid. On teada juhtumeid, kus lumemass on lõhkunud sildu ja viadukte.

Nõukogude Liidus kuuluvad laviiniohtlike piirkondade hulka Karpaadid, Kaug-Ida ja Taga-Baikali mäeahelikud.

Võitluseks laviinidega ehitatakse mäenõlvadele kivist ja betoonist tugimüüre ning laviinimurdjaid. Põrgates vastu takistusi, muudab laviin suunda ja ta juhitakse kõrvale, mõnda naaberkuristikku, kus tema langemine ei tekita kahju. Mäenõlvadele istutatakse kaitsemetsi, mis ei lase lumekihil alla libiseda. Raudteeliinide kaitseks aga ehitatakse spetsiaalseid varikatuseid ja tunneleid, mis võimaldavad rongidel ohutult läbi sõita.

Uued raskused kerkivad raudtee-ehitajate ette polaaraladel — kirsmaa ehk igikeltsa piirkonnas. Igikelts kujutab endast pinnasekihti, mis suvel ei sula. Maapind on seal nii sügavalt külmunud, et lühikese suve napp soojus suudab sulatada ainult 1—2 m paksuse pealmise kihi. Sügavamal asuv pinnasekiht on jääkristallidega nagu kokku tsementeeritud ega sula kunagi.

Igikelts on väga tundlik pisimategi temperatuurimuutuste suhtes. Lumme tallatud rada, maasse püstitatud post, sambla kõrvaldamine maapinnalt — kõik see kutsub esile igikeltsa taseme tõusmise või laskumise. Juba temperatuuri tõus 0,25° võrra võib põhjustada pinnase sulamise.

Oletame, et igikülmunud maapinnale ehitati maja. Maja takistab külma juurdevoolu kirsmaale atmosfäärist. Maja kütmisel kandub osa soojust üle ka igikeltsale. Ehituse all hakkab pinnas sulama ja maja võib kokku variseda. 1901. a. hävis ühes Kaug-Põhja linnas rauteetöökoja hoone. Töökoja ümberehitamisel ilmnes, et mõne tsehhi all võis sulanud pinnast ämbritega tõsta.

Kõige ohtlikum polegi igikelts ise, vaid pealmine, nn. aktiivne kiht, mis suvel sulab ja talvel uuesti külmub. Maapinna kõikumise amplituud ulatub teinekord 20 sentimeetrini. On mõistetav, et sellistes tingimustes muutuvad teed peagi liiklusohtlikeks. Et vältida teede hävimist, kõrvaldati pinnas kuni igijääni ja asendati kivikillustikuga. Praegu isoleeritakse igikelts jääga, mis kaetakse meetripaksuse turbakihiga. Raudteetammi ääreala kaetakse paksu liivakihi, mulla ja mätastega.

Kevadel, lumesulamise ja jäämineku aegu, tuleb inimestel jälle loodusjõududega visa võitlust pidada. Jõejää võib saavutada paksuse 2—2,5 m. Suurtel jõgedel ulatub üksikute jääpankade pindala 100 m²-ni, kaal 100—150 tonnini. Võib kujutleda, kui tugevaid lööke need sillasammastele annavad. Mõnikord võib jääminek silla isegi purustada. Peale selle tekivad jõgedes jääpankade kuhjumisel jääsulud, mis ummistavad kogu jõesängi. Sulu taga tõuseb vesi kiiresti ja kui vood jääpaisust läbi murravad, ei pea sillad tihtilugu survele vastu.

Veetase ei tõuse jõgedes mitte üksnes kevadel, vaid ka suvel jõe ülemjooksul sadanud paduvihmade tagajärjel. Sajandivahetusel murdis Ameerika Ühendriikides Johnstowni linna lähistel tulvavesi paisust läbi. Kolmekorruselise maja kõrgune laine tormas mööda jõesängi alla, purustades sildu ja pühkides minema maju. Raudteelt haaras vesi kaasa vedurid, nagu oleksid need olnud puupilpad.

Raudteel on liiprite külge kinnitatud rööpad paigutatud mullast teetammile. Tee tugevus ja vastupidavus olenevad suuresti vee toimest. Raudteetamm peab alati kuiv olema, sest vett täis imbunud muldkeha ei pea suurtele koormustele vastu. Vihmavee ärajuhtimiseks on teetammi paigaldatud läbivoolutorud, ja kui vaja, ka drenaaž. Kahele poole teed kaevatakse kraavid. Halvasti hooldatud teedel tekib ummistunud veetorude puhul siiski mulla ärauhtmise oht. Teemeistri ülesandeks on õigel ajal välja selgitada avariiohtlikud kohad.

Kaasajal mõjutab tuul raudteeliiklust otseselt maades, kus tihti esinevad äärmiselt tugevad tormid — orkaanid, taifuunid ja tornaadod. Tormikeeris võib vagunid ja vedurid kaasa haarata ja purustada nagu teisedki teele ette sattunud takistused.

Meil avaldab tuul põhiliselt ainult kaudset toimet, tuiskab lund teele kokku või murrab tee ääres kasvavaid puid, paisates need rööbastele.

Siiski on igal reeglil ka erandid olemas. 18. mail 1967. a. liikus Tallinnas Lasnamäelt Pirita-Kosele tuulispask — tromb, mis kiskus Ülemiste jaama juures tagavarateel rööpad lahti ja painutas need loogana kõveraks.

Ka raskekaalulise rongiga teel olevat vedurijuhti kimbutab tuul teinekord üsna tublisti. Nimelt on vedurid varustatud spetsiaalse seadeldisega — liivapuistajaga. Tõusudel raputab see hõõrdumise suurendamiseks liiva rööbastele. Tuulise ilmaga ei satu liiv rööbastele ja vedurirattad hakkavad paigal ringi käima. Rong ei suuda mäkke tõusta.

Raudtee eksisteerimise algaastail põhjustas tugev tuul suuri ebameeldivusi. Jõgede ja orgude ületamiseks tuli ehitada sildu. Tolleaegsed sillaehitajad aga ei osanud veel arvestada rongide liikumisel tekkivaid koormusi, voolava vee ja tuule survet sillale. Olgu mainitud, et tormide ajal ulatub tuule surve 200—300 ja isegi kuni 700 kilogrammini ruutmeetrile. Sageli juhtus, et sillad varisesid kokku. 29. detsembril 1879 puhus

Šotimaal tugev tuul. Üle Tay lahe ehitatud raudteesild purunes. Parajasti silda ületanud rong langes vette. Kõik reisijad uppusid. Analoogilise raudteeõnnetuse elas üle kuulus kirjanik Ch. Dickens. Sild varises kokku, Dickensi vagun jäi jõe kohale rippuma, järgmised langesid voogudesse.

Mõnikord võib kahjulik ilmastikunähtus teistsugustes tingimustes ka kasulikuks osutuda. Udu, mis halvendab nähtavust ja sunnib veduri-juhte äärmiselt ettevaatlik olema, oli sõjapäevil raudteelastele suureks abimeheks. Rindelähedastel aladel, kus raudteed tihti pommitati, ootasid inimesed pikisilmi udust ilma, et ronge ohtlikust kohast läbi saata.

Viimastel aastakümnetel on lennundus jõudsaid edusamme teinud ja hakanud reisijateveos esikohta taotlema. Siiski jääb raudteerong veel kauaks ajaks massiliseks, üldkasutatavaks sõiduvahendiks oma ohutuse ja mugavuse pärast.

H. Ohak

KAS ÕHUSÕIT ON AJAVÕIT?

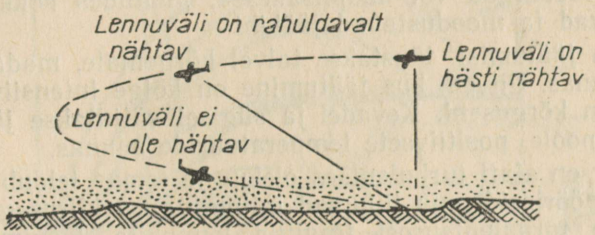
«Õhusõit on ajavõit!» ütleb üheksa kümnendikku reisijatest lennujaamas sarkastiliselt, kui pilet on taskus, lennuk ees, kuid pole lennuilma. Hea, kui kaasaja kõige kiirema transpordiliigi kasutajatel tuleb oodata paar tundi, sageli aga tuleb närvitseda kauem. Võib ette kujutada reisijate meeleolu 24. detsembril 1964. aastal Ameerika Ühendriikide kirdeosariikides, kes sattusid New Yorgi või Bostoni asemel Montreali või Dallasesse. Tol päeval saabus õhu teel Bostonisse udu tõttu vaid 560 reisijat tavalise 7000 asemel. Peaaegu kõik idaranniku lennuväljad olid 4 päeva suletud.

Selliseid näiteid võiks tuua rohkesti. Lennukite konstruktsiooni ja lennuväljade raadiotehnilise sisseseade täiustamine ning lendurite meisterlikkuse tõus vähendavad lennunduse sõltuvust ilmast. Sellele vaatamata esineb ilmastikutingimusi, mille puhul lennuk, ükskõik kui tehniliselt täiuslik ja võimas ta ka ei oleks, ei ole suuteline võitma looduse stiihiat. Udud, jäide, madal pilvisus, tuisud ja äike muudavad lennud ohtlikuks, sageli isegi võimatuks.

Lennundusmeteoroloogide ülesandeks on selgitada, milline on momendil ilm ala kohal, kus toimub lend, milliseks ta muutub edaspidi ja hoiatada lendureid raadio teel ohtlike tsoonide eest. Udude ja madala pilvisuse korral on lenduritel tõsiseid raskusi oma õhulaevade maa peale toomisega. Halva nähtavuse tõttu kaovad silmist maapealsed orientiirid (joon. 1) ning lendu saab jätkata vaid aparaatide abil. Raadiomajakate ning -lokaatorite süsteemid on sellisel juhul asendamatud. Katsed hajutada udu ja madalat pilvisust on andnud rahuldavaid tulemusi, kuid on seni veel kulukad.

Kui inimene liigub kindla maa peal, siis toob äike tavaliselt kaasa vaid ebamugavusi. Lennundusele avaldab see atmosfäärinähtus tunduvalt suuremat mõju. Kõik lennukid püüavad oma marsruuti valida selliselt, et vältida äikesepiirkondi või lennata üle pilve. Viimast moodust on aga tihti raske kasutada, sest vahel ulatub pilv 15—20 kilomeetri kõrguseni. Põhiline oht peitub äikesepilve sees valitsevas tugevas turbulentsuses. Nõukogude Liidus ja Ameerika Ühendriikides läbiviidud eksperi-

mentaallennud näitasid, et võimsates äikesepilvedes ulatub vertikaalsete voolude kiirus kuni 34 m/s. Tõusvad ja laskuvad õhuvoolud panevad ka kõige suuremad kaasaja lennukid tantsima. Nad võivad kaotada juhitavuse ja puruneda. Nii hukkus näiteks Oklahoma linna lähedal (USA) lennuk T-33, mis 7000 meetri kõrgusel sattus äikesepilve. Tugev pööris haaras lennuki, juhitavus kadus, rahe purustas kabiini aknaklaasid. Lõpuks lennuk süttis. Suure vaevaga õnnestus pilootidel katapulteeruda.



Joon. 1. Maandumine maalähedase udu korral on halva nähtavuse tõttu raskendatud.

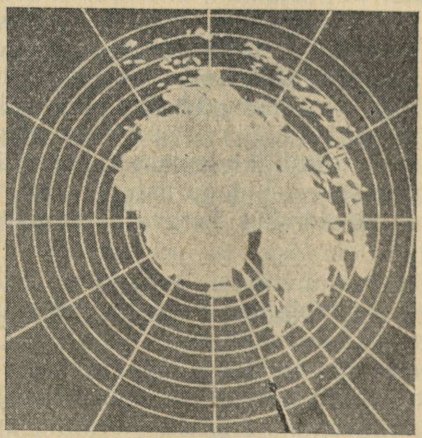
Lennuk võib sattuda ka välgu teele. Seda juhtub küll harva, kuid siiski tuleb sellega arvestada. Kolbmootoriga lennukite mass on liiga väike selleks, et nad ise suudaksid esile kutsuda elektrilahendust. Selline oht on suurem kaasaegsete reaktiivlennukite puhul. Lennuk äikesepilves soodustab ise potentsiaali ühtlustumist, eriti kui ei ole ära võetud antennid ja lennuki järel levib väljapaisatud gaaside koonus, mis on hea elektrijuht. Kui välk tabab lennukit, tekib lennukis kõrge pinge, mis ohustab meeskonna ja reisijate elu, võib esile kutsuda tulekahju, rikkuda aparaate. Elektrilahendusel moodustunud õhulaine võib purustada lennuki üksikuid konstruktsioone. Välk lööb lennukisse kõige sagedamini 0°-isotermi kõrgusel. Suurt ohtu kujutab endast ka keravälk. 5% kõikidest juhtudest tekitab ta kõige suuremaid purustusi väikestel kõrgustel ja maapinnal. On teada juhtumeid, kus keravälk tungis lennuki sisemusse ja lõhkes seal.

Kaasajal on kõigil suurematel lennukitel lokaatorid, mis aitavad avastada äikesepilve. Raadiolained peegelduvad suuremõõtmelistelt pilve koostisosadelt ja annavad ekraanil pilve kujutise. Õhumassisisese äikese pilved, mille diameeter ületab harva 10 km, on ekraanil näha valgete laikudena, millel on küllalt järsud servad. Lennujaamade raadiolokaatorid on tunduvalt võimsamad. Näiteks Berliinis avastab selline seadeldis äikesekolde 3000—5000 km, erakordselt heade tingimuste korral aga isegi 6000—8000 km kauguselt.

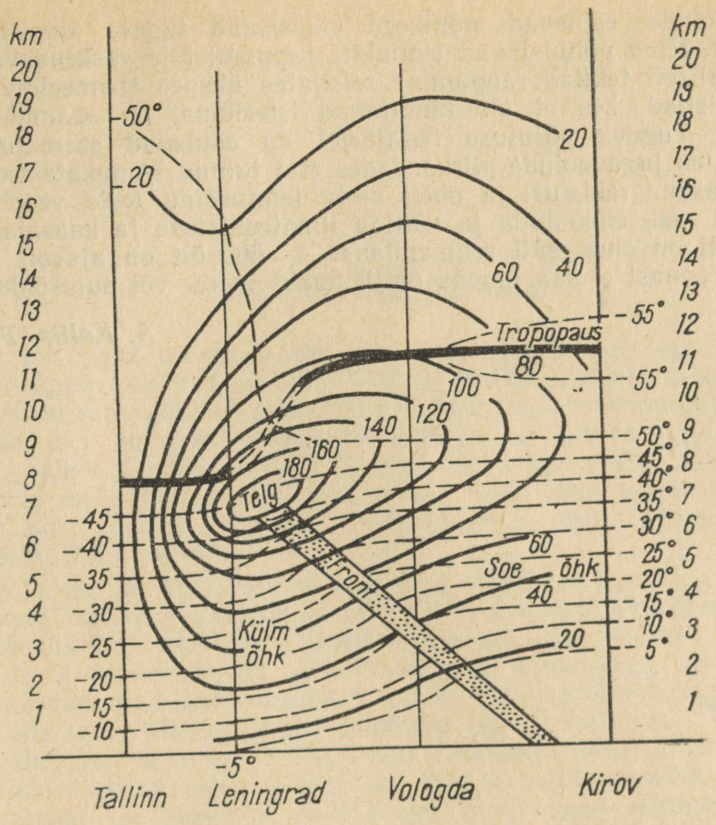
Üheks suuremaks ohuks lennukitele on jäätumine. Jää ladestub lennuki tiibadele, kerele, lennuki jõuseadmetele ja aparaatide välisosadele. Selle tagajärjel muutub tiibade kuju, suureneb lennuki kaal. Lennuk kaotab kiirust, võib peatuda mootor. Jäätuda võivad kõik lennukite ja helikopterite tüübid, sealhulgas ka ülehelikiirusega lendavad lennukid. Kiirustel üle 1000 km/h väheneb jäätumisoht kiirest liikumisest tingitud soojenemise tagajärjel. Enamik jäätumisjuhtumeid esineb kolbmootoriga lennukeil temperatuuril 0° kuni —10°, reaktiivlennukeil aga kuni —30°. Allajahtunud veetilgad või udupiisakesed, puutudes kokku lennuki pinnaga, külmuvad ja moodustavad jääkihi.

Et vältida jäätumist, tõustakse talvel kõrgemale, madalamate temperatuuride suunas. Pilved, kus jäätumine on kõige intensiivsem, ulatuvad ainult 2000 m kõrguseni. Kevadel ja sügisel väljutakse jäätumise alast; laskudes allapoole, positiivsete temperatuuride suunas.

Atmosfäär on alati turbulentses olekus ja temas leidub hulk erinevate mõõtmetega pööriseid, mis liiguvad mitmesuguse kiirusega. Selge taeva korral esineb turbulentsusest tingitud lennukite loopimist keskmiselt 500 m-ni, maksimaalselt aga 3600 m-ni. Kõrgustel 3 kuni 6 km turbulentsus ja ka lennuki loopimine vähenevad. Kõrgemal, lähemal tropopausile, suureneb turbulentsus aga jälle, eriti kõrgustel 8 kuni 12 km. Sellises kõrguses on turbulentsus seotud jugavooludega, eriti tuule kiiruse väga järsu muutumise alal. Kuid jugavoolude ulatus ei ole suur. Kõrgus-



Joon. 2. Taifuuni kujutis raadiolokaatori ekraanil.



Joon. 3. Jugavoolu läbilõige Tallinna—Kirovi vahelisel lõigul 14. aprillil 1957. a. kell 3. Pidevad jooned ühendavad sama tuulekiirusega kohti, punktiirjooned on isotermid. Tropopausi kõrgus jugavoolu kohal muutub järsult.

tel 7 kuni 12 km on 83% juhtudest loopimistsooni vertikaalne ulatus alla 900 m ja ainult 8% on ta üle 1800 m. Horisontaalselt on see tsoon 100 kuni 160 km lai.

Jugavoolu on võimalik kasutada kiiremaks ja ökonoomsemaks lendamiseks. Reisikiiruse suurendamiseks kasutatakse jugavoolu näiteks lennutrassil New York—London. Tagasireis toimub märksa rohkem põhja poolt üle Islandi ja Gröönimaa, et vältida vastu puhuvat jugavoolu.

Jugavooludes esinevad mõnikord väiksemad tugeva keeriselisusega piirkonnad. Need põhjustavad lennukite rappumist ja raskendavad juhtimist. Tavaliselt tekitab rappumine reisijates üksnes ebameeldiva enesetunde. Reisijad, kes ei ole kinnitanud isterihma, on saanud tõsiseid vigastusi. Tugeva põrutuse tagajärjel on esinenud surmajuhtumeid. Ameerikas on jugavoolude piirkondades ette tulnud lennukatastroofe.

Kirjeldasime takistusi ja ohte, mida lennusõidu teele veeretab ilm. Kõiki neid saab ennustada ja vältida ilmateenistuse ja kaasaja tehnika abil. Sageli on ohus küll reklaamlause — õhusõit on ajavõit —, kuid lennusõitu ennast ei saa lugeda ohtlikumaks mere- või autosõidust.

A. Kallis, T. Äär

AUTOSÕIT JA ILM

Seal, kus lõpeb meretee, seal, kus lõpeb õhutee, seal, kus lõpeb raudtee, seal algab asfalttee oma lugematute autode ja mootorratastega. Autotransport on see vahelüli, mis ühendab kõiki teisi transpordiliike. Küllap seepärast üks autojuht naljatades ütleski, et kommunismi ehitatakse ratastel, eelkõige autoratastel. Ütluses on tubli annus tõtt, kui vaadelda neid miljoneid ja miljoneid tonne, mida oma turjal on kandnud autotransport tootjalt tarbijani, kui vaadelda neid lugematul hulgal läbisõidetud kilomeetreid.

Auto ja tee on lahutamatud. Iga tund mõõdavad tuhanded ja tuhanded rattapaarid teelinti, hetkekski ei lakka liiklus teedel. Pimeduse saabudes liiklustihedus küll mõnevõrra langeb, kuid uus päev paiskab kui küllusesarvest teele uusi sõidukeid. Ikka kilomeeter, kilomeeter, jällegi igavesti uus ja kordumatu kilomeeter kaob rataste alt. Autoroolis aga istub inimene, kelle terav pilk on ainiti suunatud teele, vastu uuele kilomeetrile. Vahetevahel heidab inimene pilgu taevalaotusele, uurib ilma. Ilm ja tee on autojuhi alatised «sõidukaaslased». Ilm, see igavene võlur võib muuta kõige parema tee raskesti sõidetavaks, vahel isegi läbimatuks. Autojuht kirub siis tasapisi «koerailma». Pole midagi parata, ilma pole võimalik igaühe meele järgi tellida. Üldiselt aga on autojuhist teelisele raske pakkuda parajat, igati sobivat ja meelepärast ilma. Võrdselt kirutakse kõrvetavat kuumust, meelehärmi tekitavad ka sademed. Vihm, udu, lumesadu — need on kõige tüütumad ja ka kõige ohtlikumad. Sademete ohtlikkus seisab eelkõige selles, et järsult halveneb nähtavus, juhil on raske eraldada esemeid, teisi sõidukeid ja inimesi teel. Nähtavus on üks peamisi, kõige tähtsamaid tingimusi auto juhtimisel. Võimatu on autot juhtida, kui ees pole midagi näha. Võimalik, ent tohutult raske on autot juhtida halva nähtavuse korral, ka siis pole välistatud oht ja võimalused õnnetuse tekkimiseks. Nähtavus on tegur, mis dikteerib auto sõidukiiruse. Igal juhul peab auto peatumistee olema lühem nähtavuskaugusest, see tähendab, vahemaast, mille tagant eraldame esemeid. Kui mingisugustel põhjustel nähtavus ei ületa 30 meetrit, siis on loomulikult ohtlik sõita 60-kilomeetrise tunnikiirusega. Miks? Just seepärast, et auto

peatumistee on suurem kui 30 meetrit. Peatumistee = pidurdustee + tee, mis läbitakse juhi reageerimisaja ja pidurite töölerakendamise aja jooksul. Pidurdustee — vahemaa, mille läbib sõiduk, alates pidurdamismomendist kuni peatumiseni. Reageerimisaeg — aeg, mis möödub ootamatult teele ilmunud ohu märkamise momendist kuni pidurdamise alguseni.

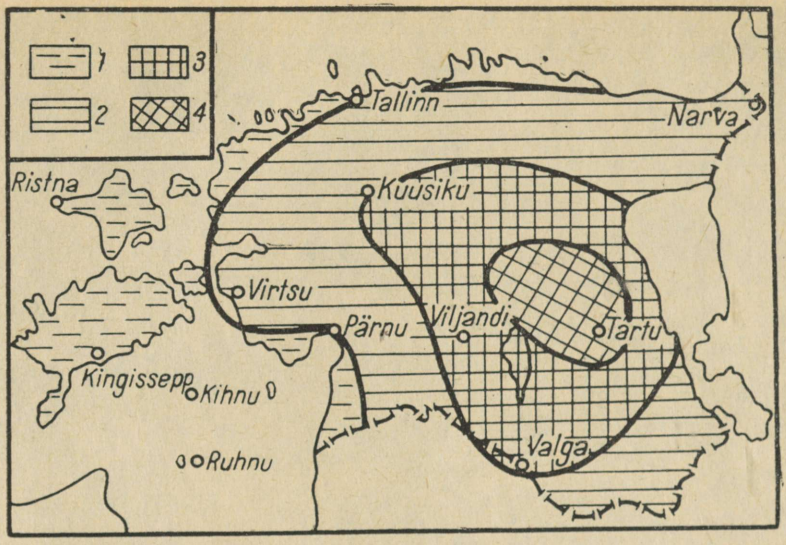
Sõiduauto pidurdustee kuival asfaldil on ligikaudu 24 meetrit, juhi reageerimisaeg on 0,8 sekundit, pidurite töölerakendamise aeg 0,2—0,3 sekundit. Juhi reageerimisaeg + pidurite töölerakendamise aeg on umbes 1 sekund. 60-kilomeetrise tunnikiiruse juures läbib auto 1 sekundiga 16,7 meetrit. Seega on auto pidurdustee 24 + 16,7 = 40,7 meetrit. Juht aga pole suuteline teele ilmunud takistust märkama enne kui 30 meetri kauguselt, seega on õnnetus vältimatu.

Kui nähtavus on 30 meetrist kuni 100 meetrini (sõit esituledega või on mõni muu põhjus), siis võib ohutuks kiiruseks pidada sõidukiiruse arvulist väljendust kilomeetrites tunnis, mis võrdub nähtavuskaugusega meetrites. Niisiis, kui nähtavus on 30 meetrit, siis ei tohi sõidukiirus ületada 30 kilomeetrit tunnis. Seda reeglit võib kasutada ainult kuiva tee korral. Märja teekatte puhul kehtib nõue nähtavuskauguseni kuni 50 meetrit, üle selle tuleb aga kiirust vähendada $^1/_4$ võrra.

Meie laiuskraadidel on autojuhi kõige sagedasem teekaaslane ikkagi vihm. 1966. a. oli Eestis 160 vihmast päeva. Vihm teeb tee libedaks. Eriti palju ebameeldivusi tekitavad sõidukijuhtidele esimesed vihmapiisad. Tavaliselt ei pöörata neile tähelepanu, ei osata nagu neid karta. Iga piisk aga leotab teel olevat tolmu ja mõne hetke pärast on teekate «sillutatud» porikilega, kattunud salaliku, väga libeda kihiga. Paljudel juhtudel on see saatuslikuks saanud. Esimeste vihmapiiskade «koputus» autokatusele on signaal, kohustuslik käsk sõidukiirust aeglustada.

Hiljem, kui vihmahoog tugevneb, pestakse tolmukord teelt, ja rataste haardumine teega paraneb mõnevõrra. See aga ei tohi mingil määral uinutada juhi tähelepanu. Oht jääb endiselt püsima. Auto juhtimine märjal teel nõuab suurt meisterlikkust. Tugeva vihma ajal tekib teekatte ja ratta vahele õhuke veekiht, seetõttu on rataste kontakt teega halvenenud, auto juhtimise püsivus on häiritud, tundub, nagu auto «ujuks» või «liugleks» sõiduteel. Niisugune nähtus esineb pööretel, pidurdamisel ja kiire sõidu juures. Eriti ohtlik on kiire sõit, siis ei jõua auto rattad «pressida» teelt ära seal olevat vett ja teekatte ning ratta vahele jääb nn. veepadi, mille tõttu auto püsibki halvasti teel ja tekib akvaliuglemine.

Autojuhid alahindavad vihma mõju sõidutingimustele, sellest kõneleb asjaolu, et 1966. a. esines meie teedel kõige rohkem sõidukite kokkupõrkamisi just vihmaste ilmadega. Täpsemalt, vihmaste ilmadega 20,2%, lumesajus 13,3%, udus 16,6%, pilves ilmaga 16,3% ja selge ilmaga 19,4%.



Joon. 1. Kiilasjää esinemise sagedus Eestis: *1*) vähem kui 5 juhul; *2*) 5 kuni 10 juhul; *3*) 11 kuni 15 juhul; *4*) üle 15 juhu.

Kui veel arvestada, et vihmastel päevadel esinenud liiklusõnnetustest moodustavad 40,5% pealesõidud jalakäijatele, siis on vihmase ilma panus õnnetuste tekkimises igati tähelepanuväärne.

Lumesaju ja kiilasjää osa liiklusõnnetuste tekkimises on peaaegu kaks korda väiksem kui vihmal. Aasta liiklusõnnetuste üldarvust langes vihmastele päevadele 7,6%, lumesajule ja kiilasjääle aga 3,9%. Tundub uskumatuna? Nii aga on. Midagi ebaharilikku siin siiski pole. Esimene lumi «koputab» palju tugevamini autojuhi liiklusvaistule. Lumesadu pole nii salalik, nagu seda on esimesed vihmapiisad. Ka kõige väiksem pidurdamine lumisel teel annab kohe järsult tunda tee libedust ja auto viskab «kelku». Ka «kelgu» põhjuseks on veepadi ratta ja teekatte vahel, mis tekib pidurdamisel ratta ja lumise teepinna vahelise hõõrdumise tagajärjel. Siit ka siis õigeaegne ettevaatus. Nii vajalik esialgne valvsus aga nüristub paljudel juhtudel talve keskpaiku ja siis võibki teel kohata küllalt uljaid sõitjaid.

Lumesadude ajal on kõige levinum õnnetusjuhtum pealesõidud jalakäijatele — 60,1%, kokkupõrked sõidukite vahel — 17,8%, ümberpaiskumised ja kraavisõidud — 13,3%.

Talv on karm «autoinspektor». Pisemgi ettevaatamatus, tühisena näiv



Joon. 2. 18. oktoobri 1967. a. torm Pärnus. Üle hulga aja oli Pärnu tänavail liiklusvahendiks sõudepaat. Ka veoautod ei pääsenud igasse kohta ligi. (*A. Randmeri foto.*)

kiiruse ületamine kutsub kaela karistuse liiklusõnnetuse näol. Tagajärjed on enamikus väga kurvad.

Uduseid päevi oli meil 1966. a. 76, neile päevadele langes 2,1% liiklusõnnetustest. Udu halvendab järsult nähtavust, ta võtab juhilt ruumitaju, juht pole suuteline hindama kaugust. Vastutuleva auto helendav latern tundub alati olevat kaugemal, kui ta tegelikult on — äärmiselt ohtlik peibutus. Sagedased on udus kokkupõrked teiste sõidukitega. Udus toimunud liiklusõnnetustest moodustavad pealesõidud jalakäijatele 29,2%. Eriti teravalt ja aktiivselt annab siin tunda halb nähtavus. Autojuht lihtsalt ei märka teel liikuvat jalakäijat, tavaliselt sukeldub see laternavihku mõne meetri kauguselt, ja siis on hilja...

Tundub, et autojuhtidel kisub vägisi viltu just ilusatel, selgetel päevadel. Liiklusõnnetuste üldarvust on 64,3% toimunud selge ilmaga. Kas ühe või teise liiklusõnnetuse juures etendas määravat osa just ilm oma tujudega, seda on võimatu kindlalt väita. Ühtegi õnnetust ei kutsu



Joon. 3. 18. oktoobril 1967. a. Pärnus. (*D. Kungla ja B. Beljaikini foto.*)

esile üksainus põhjus, tavaliselt on see tingitud juhi käitumisest, sõiduki tehnilisest seisukorrast, teeoludest. Põhjusi esineb ikka õige mitu ja alati ei õnnestugi kõiki tuvastada. Küllap siiski on õnnetuskroonikas parasjagu kaasa rääkida ka ilmal, eeskätt ilusal ilmal. Ilm mõjutab tublisti inimese psüühikat, ilmast oleneb inimese tuju, järelikult ka käitumine. Eks ilus päikesepaisteline kevadpäev toob endaga kaasa ikkagi rõõmu, lusti, ülemeelikust... Kui aga ülemeelik nooruk asub mootorratta rooli, ega ta siis vist ei piirdu ettevaatliku sõiduga. Ikka püütakse sõita tuulega võidu, kihutatakse, vahel see küünib meeletuseni, kihutatakse, kihutatakse... Jah, selge päikesepaisteline ilm, sile ja noolsirge asfalttee, uus tumepunane mootorratas — kõik need tegurid lausa tõukavad kihutama. Kihutada ju võib, ärgem ainult ülehinnakem oma võimeid sõiduki valitsemisel. Igal asjal on oma piir, ka sõidukiirusel, kiirus pole nähtav, seda peab iga sõidukijuht vaistlikult tajuma. Ükski kihutaja pole sõitnud kiiremini oma varjust, pole mõtet katsetada. Kiirel

sõidul tuleb arvestada ka sellega, et asfalt on päikesest kuumaks köetud, kuumenevad sõiduki kummid, kummides suureneb õhusurve... Peatuge! Aeg on jahutada kumme ja pead.

Õhtupoolikul hakkab sõidukijuhti tülitama päike oma nõelterava pilguga. Kogu ees olev teelint lausa leegitseb päikesekiirtes, asfaldilt peegeldub valgus otse silma. Uskumatult raske ja väsitav on autot juhtida. Erilist kaitset ei paku ei kaitsesirm ega päikeseprillid. Ikkagi on osa teest alatises päikeselõõmas, juht on päikesekiirtest pimestatud, siiski jätkatakse jonnakalt sõitu ja kiiruski pole tagasihoidlik. Mida teha? Liikluseeskiri ei anna retsepti tegutsemiseks päikesepimestuse korral. Ehkki edasisõit on ohtlik, jäägu see juhi otsustada, kuid heitkem korraks pilk ka kiirusemõõtjale...

Soe ja päikesepaisteline ilm väsitab ja uinutab autojuhti, sellele aitab jõudumööda kaasa pikk ja igav tee. Ega väsimus pole vähem ohtlik kui joobnud olek. Nii ühel kui teisel juhul on juhi tähelepanu halvatud. Mootori monotoonne undamine, pehme õõtsumine, leitsakalt kuum juhikabiin ründavad halastamatult autojuhi vastupidavust. Rammestus kipub ligi, korraks hõõrub juht silmi, raputab pead, püüab reipust taastada. Lakkamatult ründab väsimus juhti, ikka sagedamini ja sagedamini jääb autojuhi pilk peatuma nähtamatule punktile, juhi silmad on täiesti avatud, vaade aga eriline, ta vaatab, vaatab... auto aga tormab edasi... Kõik järgnev toimub murdosa sekundi vältel — avarii... Kui juht on hiljem suuteline veel rääkima, siis ta lausub: «Ma ei tea, mis minuga juhtus...»

Statistika kõneleb, et kõige vähem liiklusõnnetusi on esinenud pilves ilmaga. Eks siis niisugune ilm olegi juhtidele kõige meelepärasem. Kui ainult vihma ei tuleks...

Head teed!

H. Taidre

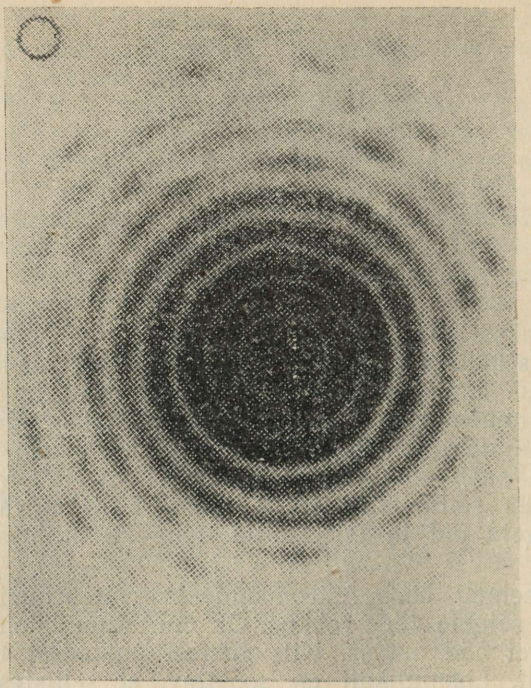
ASTRONOOM ILMAST

Sageli küsitakse astronoomidelt, missugune ilm homme tuleb. Vanas Tartu Tähetornis helises seda laadi küsimusteks sageli telefon. On teada isegi juhtum, kus inimene soovis astronoomide juurde tööle asuda, sest teda huvitavat ilmaennustamine! Tegelikult astronoomid ilma ei ennusta, kuigi pole vist ühtegi teadusala, mis sõltuks rohkem ilmastikunähtustest. Astronoom saab oma uurimisteks alusmaterjali vaatlustest, mille teostamisvõimalus sõltub täielikult ilmast. Esiteks vajame optilisteks vaatlusteks selgeid öid ja teiseks on vahe ka mitmesugustel selgetel öödel enestel.

Kõigepealt selged ööd. Astronoomiaobservatooriumi ehitamise üks eeltingimusi on selgete ööde rohkus. On õnnestunud leida kohti, kus on umbes 300 selget ööd aastas. Niisugustest paikadest nimetagem Kaliforniat ja Tšiilit. Loomulikult on soovitav, et sellistes paikades oleks rohkesti teleskoope. Nii ongi praegu maailma suurimad, viie- ja kolmemeetrine teleskoop Kalifornias, Tšiilis aga alustatakse rea suurte teleskoopide paigaldamist. Nõukogude Liidu lõunaosa observatooriumides on samuti head tingimused: aastas on vaatluskõlblikke öid üle 200. Seetõttu on loomulik ka meie maa suurimate vaatlusriistade paiknemine Krimmis ja Kaukaasias. Enamasti on suure hulga selgete öödega kohad kaugel suurtest kultuurikeskustest. Selletõttu on vaja vaadelda ka keskpäraste tingimustega paikadest, muidu pole võimalik tagada küllaldase hulga heade vaatlejate ettevalmistamist.

Eesti oludega võrdsetes tingimustes asub terve rida suuri observatooriume. Vaatlusöid on aastas 70—100. Üks hiidteleskoopidest maailmas asub näiteks udusel Inglismaal, Herstmonceaux's. Samuti on rida suuri riistu Kanadas, Rootsis, Kesk-Euroopas jm. Märkigem, et meie oludest vaevalt paremas Victoria observatooriumis on tehtud äärmiselt suur töö astrospektroskoopia valdkonnas.

Selgete ööde arv dikteerib astronoomidele uurimismeetodi. Kui neid öid on vähe, tuleb kasutada vaatlusviisi, kus lühikese ajaga saadakse palju väärtuslikku materjali, selline on näiteks spektroskoopiline meetod. Sageli saadakse nii ulatuslik materjal, et paari spektrogrammi töötle-



Joon. 1. Tähe kujutis väikese objektiividiameetriga teleskoobis. Näha on kujutise tuum ja seda ümbritsevad difraktsioonirõngad. Väliste rõngaste katkemine on iseloomulik nähtus rahutu atmosfääri korral.

miseks ja saadud vaatlusmaterjalidest järelduste tegemiseks kulub mitu aastat. Lisaks sellele on spektroskoopilisel uurimismeetodil veel üks eelis: mõõdetakse kitsas spektrijoones kiiratud või neelatud energiahulka naabruses asuva joontevaba spektriosa energiahulga suhtes. Kui uurimiseks kasutatakse lühikest lainepikkuste vahemikku, siis neeldumine pilvedes tulemusi harilikult ei mõjuta. Seetõttu saab spektroskoopilisi vaatlusi teha veel siis, kui kiudpilved on lõpu teinud niisugustele vaatlustele, kus mõõdetakse tähtede heledusi.

Tähelepanelik vaatleja on kindlasti märganud hästi selgetel ja pimedatel öödel tähistaevast jälgides, et tähed vilguvad. Astronoom eristab kolme liiki atmosfäärimõjusid. Esiteks määravad atmosfääritingimused tähe kujutise kvaliteedi. Olgu meil väga hea optiline teleskoop, mille objektiivi diameeter on väike (umbes 20 cm) ja fookuskaugus suur (umbes

10 m). Selline teleskoop annab küllaldase suurenduse, nii et tähe kujutis paistab difraktsioonikujutisena. Keskel asub hele täpp, mis on ümbritsetud kontsentriliste rõngastega. Niisugune on kujutis vaid kõige paremates tingimustes. Atmosfääri liikumine põhjustab difraktsioonirõngaste katkemise ja laialivalgumise, halvemal juhul muutub kogu kujutis suureks laialimääritud laiguks. Neeldumise muutused atmosfääris lisavad kujutise vilkumise. Et atmosfääris toimub õhu ümberpaigutumine, siis põhjustab erineva tihedusega õhumasside segunemine lisaks kujutise laialimäärimisele veel selle väikese võnkumise amplituudiga kuni mõni kaaresekund.

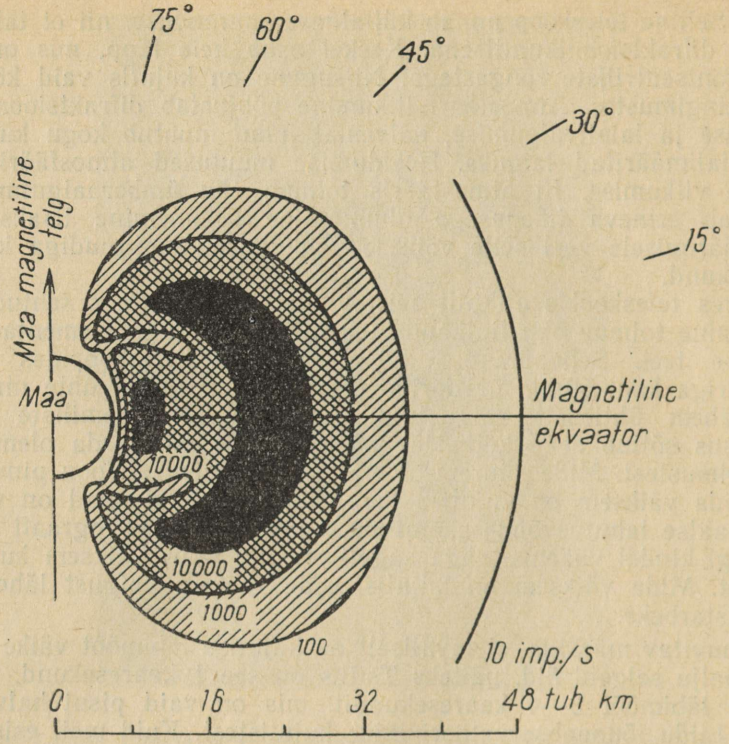
Suures teleskoobis on pilt teistsugune. On kindlaks tehtud, et õhu segunemine toimub õhu ligikaudu 0,5 m läbimõõduga elementaarhulkade liikumise teel. Sellepärast liitub suuremates teleskoopides objektiivi diameetriga kuni 50 cm alati rida difraktsioonikujutisi ühte ning näeme enam-vähem ühtlaselt valgustatud ketast. Astronoomiliste vaatluste efektiivsus sõltub selle ketta läbimõõdust, mis omakorda oleneb ilmastikutingimustest. Mida suurem on valguse kontsentratsioon pinnaühikule, s. o. mida väiksem on kujutise läbimõõt, seda edukamad on vaatlused. Maksimaalse lahutusvõime saamiseks on näiteks spektrograafi pilu laiusel mingi kindel väärtus, väga sageli on pilu laius väiksem kui kujutise läbimõõt. Mida väiksem on kujutis, seda rohkem valgust läheb kasulikuks otstarbeks.

On huvitav märkida, et tavaliselt on kujutise läbimõõt väike seal, kus on ka palju selgeid öid, näiteks Tšiilis on see 1 kaaresekund. Eestis on kujutise läbimõõt 3—4 kaaresekundit, mis on vaid pisut halvem Nõukogude Liidu lõunaobservatooriumide kujutistest. Kuid meil esineb vahetevahel külmi ja selgeid talveöid, kus kujutise läbimõõt on 1 kaaresekund.

Tähe kujutiste läbimõõdud lubavad teha ka mõningaid ilmaennustusi. Kui meil on olnud mitu selget ööd järjest väikese läbimõõduga kujutis ja see mõne tunni vältel muutub suureks, siis võib kindlalt väita, et ilm läheb pilve. Seega on siis astronoomil vahetevahel tõepoolest võimalus ilma ennustada.

Meie ajastu aga ei saa leppida ilmaennustamisega maapinna lähedal. Kosmoselennud nõuavad sageli ka prognoose Päikese aktiivsuse kohta. Samuti on Päikese mõju Maa atmosfäärile olnud üheks tõukejõuks terve teadusharu tekkimisele, mis geofüüsika ja astronoomia piirimaadel tegeleb Päikese ja Maa suhete uurimisega. Seega seostub astronoomia kaudselt juba praegu ilmaennustamisega.

Milleks on tarvilik Päikese aktiivsuse ennustamine kosmoselendude puhul? Päikese pinnalt kerkivad sageli võimsad gaasipilved — toimuvad Päikese pursked. Plasma tõuseb Päikese pinnalt tuhandete kilomeetrite kõrgusele. Selliste pursete puhul tekib peale optilise kiirguse ka nn. korpuskulaarkiirgus — suure kiirusega liikuvate elementaarosakeste



Joon. 2. Maakera ümbritsevad tugeva kiirgusega alad, nn. kiirgusvööndid. Piirkonniti muutub kiirgus erakordselt tugevaks, andes Geigeri loenduris 10 000 ja rohkem impulssi sekundis. Kiiritusdoosid ületavad 30 kuni 300 korda inimese poolt talutava normi. Kosmonaudid peavad kiirgusvööndi kas kiiresti läbima või leidma sobiva «prao» nende vältimiseks.

voog. Niisugune kõrgendatud intensiivsusega kiirgus võib mõjuda kahjulikult kosmonautidele. Heliofüüsikud, kelle pideva kontrolli all Päike on, võivad tänapäeval selliseid purskeid ette ennustada. Osutub, et nähtavas kiirguses on purse märgatav üsnagi ruttu — 8,5 minutit pärast selle toimumist Päikesel, korpuskulaarkiirgus aga jõuab pärale umbes 26 tundi hiljem. Olgu mainitud, et purskeid esineb Päikesel alatasa, ohtlikud võivad olla vaid kõige võimsamad ja Päikese tsentri lähedased pursked. Seega näeme, et kosmoselendude ajastul võib ka astronoom tegelda ilmaennustamisega, kuid selle sõna laiemas mõttes, näiteks tuleks prognoosida «ilma» planeetidel enne lende neile. Tõenäoli-

selt hakatakse seda tegema planeetide tehiskaaslaste või planeedi pinnale paigutatud automaatjaamade abil. Ühe esimese ettevõtmisena võiks kujutada, et Kuule paigutatakse jaam, mis hoiab pideva kontrolli all Maad, aidates meteorolooge ilmaennustamisel. Suur tähtsus on astronoomilistel vaatlustel veel raadiosides. Päikese pursetega kaasnevad häired atmosfääri kõrgemates, ioniseeritud kihtides, mis võivad oluliselt segada raadiolainete levikut. Päikese aktiivsuse astronoomilised patrullvaatlused võimaldavad prognoosida selliseid häireid põhjustavaid nähtusi — magnettorme.

Teadusharude sidemed üksteisega tihenevad kaasajal sedavõrd, et seni ilmaennustamisest eemal seisnud ja ainult prognoose tarbinud astronoom asub ka ise geofüüsikule appi.

L. Luud

TUISK

Üks huikab mul kõrvus,
teine takerdub jalus.
Üks sülitab näkku,
et põsil on valus.
Üks hõlmadest tirib,
teine mütsi peast rebib,
ning enne kui toibun,
juba eemale kebib.
Üks kargab mul rindu
ja surub mind kiiva,
teine vihaga pillub
mu silmisse liiva.
Üks varitseb tagant,
teine ründab mind eest,
ja lõpuks poen pelgu,
nagu polekski meest.
Siis kuulen ma naeru
täis võidukat lusti.
Üks peksab veel selga,
teine sulguvat ustki.

Loit Tiitsar

METEOROLOOG LUMETORMIS

Sidusime end köiega üksteise külge, Pavlov võttis liinist, hakkasime edasi komberdama. Ühiskajuti ja meie onni vahel helistati iga viie minuti tagant. Ühiskajuti meestest organiseeriti päästemeeskond, kes oli valmis meid otsima tulema.

Läksime pidevalt kukkudes, sest pimeduses tõusis hang rinnuni. Siis tükk maad libedat jäälund, edasi jälle kohev hang. Kõie sidusime nõnda, et mahtusime parajasti astuma, ometi ei seletanud silm üksteise kontuure.

Liikusime onni suunas, neljast väsinud inimesest koosnev inimkett. Tsüklon aga märatses...

Mõnikord vaadeldakse Antarktikas õhumasside moodustisi, mis ületavad mitmekordselt tavalise tsükloni võimsuse. Nende sünnikohaks on harilikult Lõuna-Orkney saarestik. Seal algab kahe domineeriva õhumassi kokkupuutumine, mis paneb pöörlema gigantse karusselli. Jõudnud meieni, on ta nõnda sügavaks muutunud, et omandab enneolematu jõu. Tsükloni esiosas ehk eelperifeerias ja tsentris erineb õhurõhk 70—80 millibaari võrra. Sellest saabki orkaani ema. Õhumasside intensiivne liikumine kutsub esile endise külma, kontinentaalse ja tsükloni poolt merelt kaasa haaratud sooja ning niiske õhu segunemise. Suur rõhkude vahe tsüklonis paneb orkaanimasina ilma piduriteta tööle. Ülemistes kihtides aktiivse kondensatsiooni tulemusena tekkinud sademed langevad orkaanipööri-sesse.

Tuule pidev möirgamine ja onni vibreerimine panevad aja jooksul pea valutama. Ukse avamisel tekib rõhkude vahe, mis lööb kõrvad lukku. Tuba oleks nagu vaakumkamber, kuhu järsku õhku lastakse. Kõik esemed elektriseeruvad. Vahel võid oma raudotstega koilt obaduse saada, teineteist kättpidi tervitades toimub sädelahendus. Tekib mingi apaatia nagu merel, kus pärast kuuajalist ühetoonilist silmapiiri algab järsku torm ja märatseb terve nädala hetkekski hinge tõmbamata.

Orkaani ajal räägitakse vähe. Igaühel on enda vaoshoidmisega liialt tegemist. See on nagu taevast alla varisev määratu raskus, mida inimene peab ähkides oma õlgadel hoidma.

Paarikümne minuti pärast vaikib orkaan. Tuleb tsükloni silm. Järsk vaikus on kõrvadele harjumatu, õhk näib paitava sametina. Pea kohal vilguvad tähed. Inimesed on erutatud. Räägitakse palju. Kõlavad naljad. Naerdakse põhjusega ja põhjuseta. Tekib eluisu.

Siis karjatab kuskil kauguses esimene tormihoog nagu viimane needus. Tsükloni silm vajub selja taha. Orkaan märatseb uue jõuga. Naer muutub tehtuks ja närviliseks.

Rühkisime nelja mehega läbi ulguva lumepilve. Meil oli tarvis jõuda tagasi oma onnidesse. Elektrijaama valvemehhaanik, aeroloog, radist ja meteoroloog — need on polaarjaamas inimesed, kelle jaoks pole maamunal ilma, mis tohiks nende tööd takistada. Eriti raske on meteoroloogil, kes peab minema nii öösel kui päeval oma vaatlusväljakule. Ja mitte ainult minema! Sageli nõuab meeleheitlikke pingutusi juba seegi, et püsida ainult vaatlusputka trepil. Üliõrnu juushügromeetreid puhastatakse paljaste kätega, pinnasetermomeetreid kaevatakse enne vaatlusi jäätunud lume alt välja... Meteoroloog on väliinimene, kel tuleb aastaringselt väljas oma tööd teha. Molodjožnajas registreeriti kuu keskmiseks tuule kiiruseks kakskümmend kaks meetrit sekundis. See on meie mõiste järgi tugev torm. Antarktikas, kus lund on rohkem kui küllalt, kaasneb sellega tuisk. Tuisu intensiivsus sõltub vaba lume hulgast. Mõnikord, kui ümberringi on ainult libedaks jäätunud hangekamakaid, peksab tuul neist tükke lahti ja pommitab koos üksikutelt kaljudelt kaasahaaratud peenikese kiviklibuga vaatlusväljakut. Õhus lendavad pöidla-otsa-suurused jäätükid ja kivikesed purustavad sageli klaasesemeid: termomeetreid, püranomeetrite kupleid jne. Järsud tormihood lõhuvad kiirgusvastuvõtjaid, tuule- ja sademetemõõtjaid. Kohe peab meteoroloog jaol olema, sest iga rivist väljas olev aparaat toob lünga tema töösse.

Asi algas sellest, et hommikul näitas tuulemõõtja sulg, seesama, mis kirjutab kümne minuti keskmisi, järsku nulli. Onn müdises, nagu sõidaks katusel soomusrong. Mu kõige hirmsam vaenlane lõi rõõmu pärast hopakki ja ootas irvitades, millal mind uuesti tuuseldada saab. Olin just jopitaskud lumest tühjaks kloppinud ja nüüd tuli uue portsu järele minna. Õnn, et keegi ei kuulnud sel ajal neid ilma arvel öeldud komplimente. Igal juhul südant kergendas see tublisti.

Borja-radist aitas ust lahti teha ja kõieotsa kätte saada. Lubasin poole tunni jooksul tagasi olla. Borja oli meie onnis vanem, seega vastutas ta iga lumeorkaaniga välja läinud mehe eest. Oleksin veelgi kirunud, aga ei saanud lihtsalt sellepärast, et suu oli maskiga kinni. Jäi üle ainult sandisti mõelda.

Tirisin end masti alla. Järsk hoog surus mind kivide vahele. Et see mast oli, seda tundsin käega. Ulguv lumemass lõi maailma umbseks ja kui sellest midagi teada tahtsid, siis katsu kas või keelega. Olin üleni higine, sest enese paigalhoidmine nõudis suuri pingutusi.

Tõmbasin vöö vahelt rakettpüstoli, laadisin selle punasega, siis nihkusin natuke edasi. Vasaku käega köit hoides tulistasin pärituult, masti suunas. Lumemüür värvus korraks punaseks ja siis tormas ühetoonilise massina edasi. Lasksin uuesti, seekord suurema nurga all, ning nüüd nägin selgesti tuulemõõtjat ja selle ilma tiivikuta otsa.

Seda võis arvata! Tundsin järsku meeleheitlikku viha. On muidugi naeruväärne vihastada looduse peale, aga mul olid selle tuulega omad sotid. Aasta jooksul olin temaga nii sagedasti kokku puutunud, et ta oli omandanud kuju ning vormi. Ja nüüd, kus jäi paar kuud ajani, mil ta suunas võin üle õla kolm korda sülitada, mängis ta mulle veel ühe vingerpussi.

Ootasin terve päeva momenti, millal saaksin alustada. Hakkasin vahepeal juba kartma, et undab jälle nädala järjest. Aga siis, õhtul kella kümne ajal, langes tuule kiirus kuni kahekümne meetrini sekundis.

Tegin proovironimise. Mast pidas vastu, olgugi et kõikumise amplituud oli suur. Sidusin tiiviku nööriga kaela, panin taskusse mõned kuuemillimeetrised mutrid ja läksin.

Kus mast pistis rabelema! Kord sinna, kord tänna. Mida kõrgemale tõusin, seda rohkem hakkasid kinnitustrossid vinguma. Käed muutusid juba ronimise ajal täiesti tuimaks, sest läksin ainult sõrmkinnastes, millest tuul läbi puhus.

Kõige hullem, et sõrmed ei tahtnud ümber mutri painduda ja nägu külmus. Kapuutsi kinnitusnöör tuli üleval lahti ja lumi ning tuul lõid parema kõrvaga tralli. Ning mast kõikus ikka edasi-tagasi nagu John McDonald pärast «Russian Vodka» joomist.

Vahepeal tahtsin kogu ürituse sinnapaika jätta. Aga siis tõusis viha uuesti. Kogu keha läks higiseks ja ma kaotasin valuaistingu. Tiivik pääses lahti ja lõi servaga vastu põske. Ma ei tundnud seda, arvasin ainult, et kriimustas. Verd ei tulnud, sest see tardus kohe külma käes.

Kaotasin külmunud sõrmedega kaks mutrit, kolmas hakkas vinti...

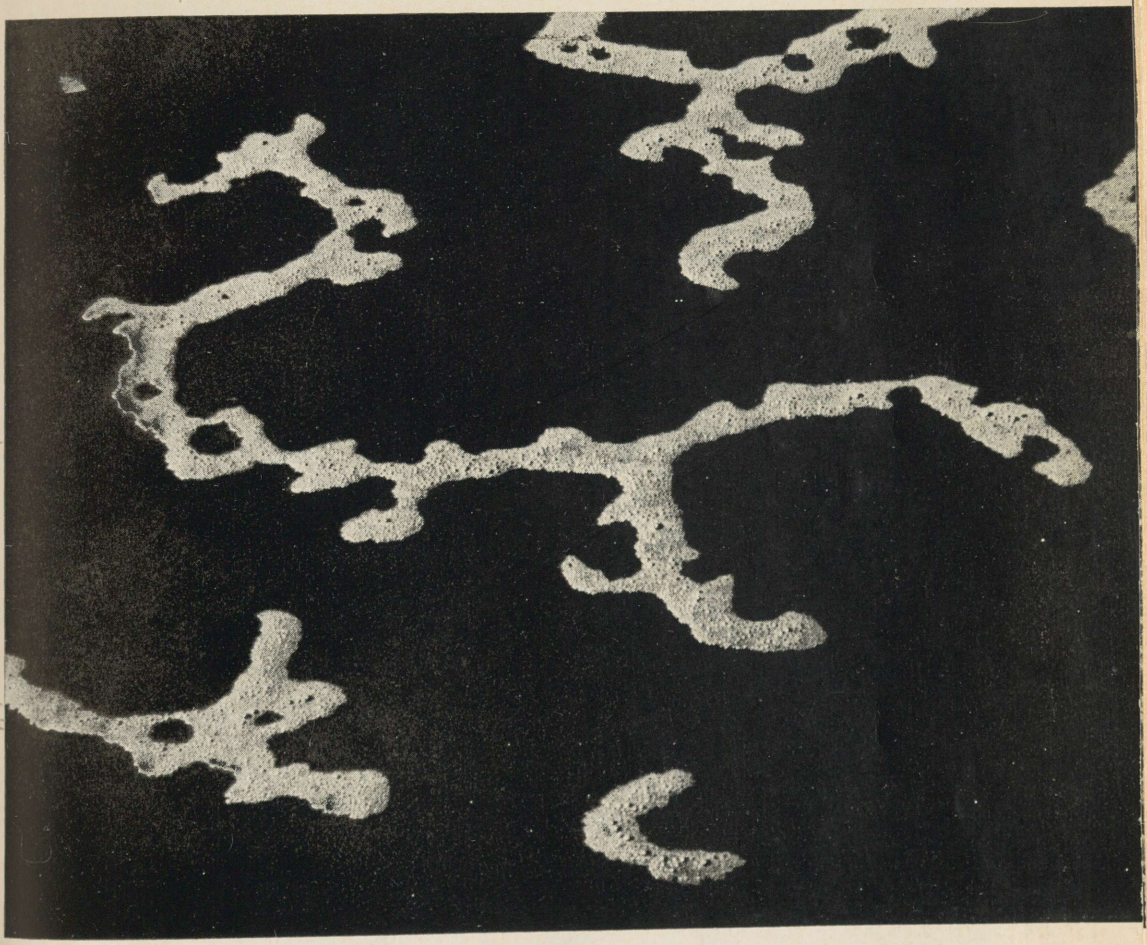
Onnis tassitäie kuuma mahla taga istudes mõtlesin õndsa rahuga, et üks kord on jälle seljataga, aga palju neid talvitusaasta kestel koguneb, pole keegi suuteline täpselt ütlema.

E. Kreem

TULEB

On talv küll kange,
aga tee mis teed,
silm päikesest kissis, naerab aknaruut
ja isevärki kõmisevad teed.
Lööb autopasunate tiit ja tuut
kui parmupiste turris hangeturja.
Kae kurja!
Juba keltsa turi tuksub,
ja varsti, saba püsti, läheb hooks
üks kipp ja kapp ja vete kiinijooks.
Vaid ehmund rentsel hingetuna luksub.
Siis pole enam pidamist ja püsi:
vee kannul nelja traavib risi-rüsi
parv poisinatte, ninad märjad,
kõik tõprad-mullikad ja härjad
ja kõik, kel silm ja kõrv ja hing
ning sõrg ja saba;
kõik lind ja loom ja putukas
ja uss ja muidu-mutukas
ja mina
ja sina.
Käib lend ja ränd ja jooks ja keps,
kõik teos ja veos, ei aega teps.
Ning ainult peps
veel jorutab ja norutab,
kõrv lontis, saba sorutab
ning nutab talve taga.

Ellen Niit



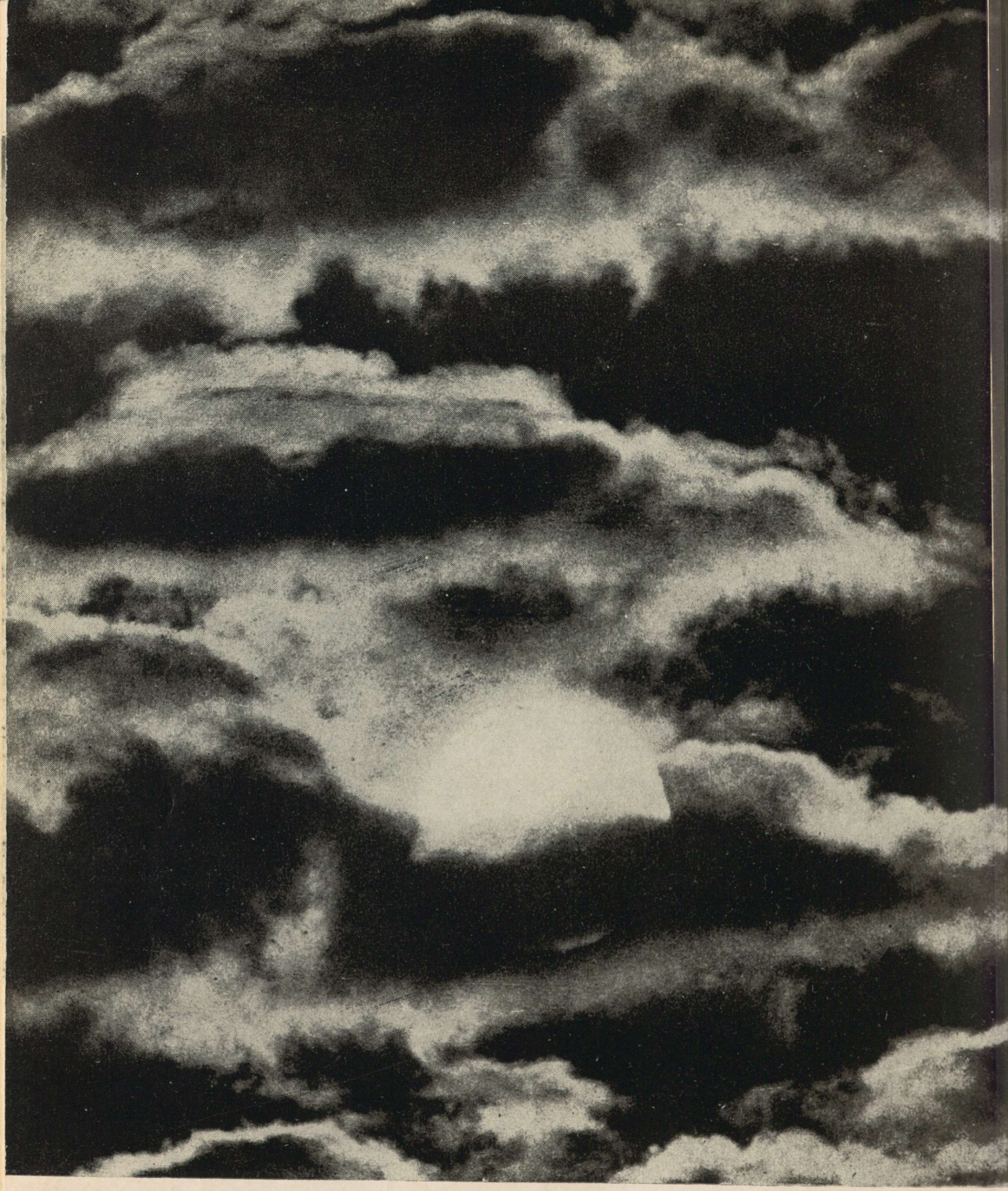
Vahumuster Võrtsjärvel. *A. Kiisla foto.*



Härmatis Pedjal. *A. Adojaani foto.*



Jäätaldrikud kevadises suurvees. *A. Adojaani foto.*



Päike ja pilved. *K Laari foto.*

ILM JA TERVIS

Inimene elab õhuookeani põhjas. Nii nagu veeloomadele mõjub ümbritseva keskkonna muutus, nii mõjub see ka inimesele kui «õhuolendile». Erinevus seisab vahest selles, et atmosfääris toimuvad muutused on äärmiselt mitmekesised ja küllalt intensiivsed. Alati ei aita toaukse sulgemine ja ahju taha sooja pugemine, sest välistemperatuur pole ainuke inimesele mõjuv faktor. Õhurõhk, õhuionisatsioon (s. o. õhu elektrilaengud), elektromagnetilised lained sagedusega 10 kuni 100 kHz, kosmiline kiirgus ja veel mõned teised väliskeskkonna tegurid mõjuvad niihästi toas kui ka õues.

Tänu mitmesugustele abivahenditele, nagu riietus, majad, toidutagavarad ja tuli, võib inimene elada väga erineva kliimaga piirkondades.

Sugugi mitte väiksema tähtsusega pole organismi enese kohanemisvõime arenemine. Näiteks Austraalia pärismaalane võib rahumeeles magada, ehkki välistemperatuur langeb järsult, ja seda täiesti katmata kehaga. Andide indiaanlane elab ja töötab kõrgustes, kus tavaline inimene ilma pikaajalise eeltreeninguta kannatab mägitõve all ega ole füüsiliseks tööks üldse võimeline.

Kohanemine omakorda eeldab, et on olemas terve organism laitmatult töötavate regulatsioonimehhanismidega. Sageli on need mehhanismid häiritud ja siis võime juba rääkida kliima (ning ilma) kahjustavast mõjust tervisele.

Kliima võib olla nii säästev kui ka ärritav. Esimesel juhul ei koormata organismi kohanemisprotsesse ja ilmastikufaktorid ei põhjusta tervisehäireid. Tegemist on hea kliimaga ja osutub võimalikuks juba olemasolevate häirete paranemine. Liigselt ärritavat kliimat nimetame halvaks, sest sellistes tingimustes võib organismi kohanemisvõime üles ütelda. Organismi talitluste stimuleerimiseks on vaja viibida mõõdukalt ärritava kliimaga piirkondades, nagu näiteks parasvöötmes suuremate veekogude ääres või siis mäestikualadel 800—1500 m üle merepinna.

Ilmastikufaktorid mõjustavad organismi nii otseselt kui ka kaudselt. Esimene väide ei vaja õieti kommentaare. On arusaadav, et kõik ilmas-

tikuelemendid mõjustavad ka üksikult võetuna mingil viisil organismi talitlusi.

Ilmastiku kaudsete mõjudena võiks mainida inimeste eluviiside dikteerimist, harjumuste kujundamist või ka mõju teistele organismidele, millel on omakorda osa inimpatoloogias [1]. Näiteks on malaariasse haigestumine võimalik põhiliselt malaariasääse vahendusel. Kliimatingimused aga panevad piirid nii malaariasääse levikule kui ka malaariaplasmoodiumi [2] arenemistsüklile. Niisuguseid näiteid võiks tuua rohkesti.

On jõutud veendumusele, et ilma ebasoodsa mõju tagajärjel ei teki mitte mingi konkreetne haigus, vaid selline, milleks organismil on eelsoodumus, teisiti öeldes, tekib haigus, mis eksisteeris juba latentsel kujul. Kui vahest järgneb tugevale külmetusele kopsupõletik, siis pole see mitte alati nii. Mõnikord võib külmetusele järgneda äge bronhiit, angiin, vahest aga üldse mitte midagi.

Põhimõtteliselt mõjustab ilm iga haigust, olgu siis suuremal või vähemal määral. Mõned haigused on aga eriti mõjustatavad. Kopsupõletik ja nn. külmetushaigused on küllaltki lihtsad näited. Neid haigusi on ettevaatusabinõusid rakendades suhteliselt kerge ära hoida. Paljude haiguste puhul loeme ilmastikufaktorite mõju peaaegu paratamatuks. Kõige ilmekamaks näiteks on ilmastikutundlik inimene, kes läheneva ilmamuutuse oma liigestevalude või muude ebameeldivate tunnete järgi ette ära ütleb. Selline meteolabiilsus on hästi tuntud fakt ja tõend selle kohta, et ilm võib inimest otseselt mõjustada.

Inimese ilmastikutundlikkus oli teada juba klassikalise meditsiini rajajale Hippokratesele IV saj. e.m.a. Ühes IX saj. väljaantud kohtuseaduses märgitakse, et ilmastikutundliku haava tekitamise puhul on karistus suurem, võrreldes mittetundliku haavaga.

Ilmast võivad sõltuda mitmesugused liigeste, lihaste ja närvisüsteemi haigused. Eriti ilmne on ilma mõju bronhiaalastmale ja südame-veresoonkonnahaiguste kulule. Teatud meteoroloogilistes tingimustes on täheldatud rinnaangiini, südameinfarkti, veresoonte haiguste, tromboembooliliste komplikatsioonide ja aju insultide tunduvalt sagedamat esinemist.

Üks esimesi meteoroloogilisi nähtusi, mille puhul täheldati haigestumise ja suremuse sagenemist, oli föön. Nagu teada, kujutab föön enesest lõunast üle kõrgmägede tulevat sooja ja kuiva õhu voolu [3], millele tavaliselt järgneb järsk ilmamuutus. Kohalikud kirurgid ei planeeri föönide ajaks operatsioone, sest tähelepanekute järgi kaasneb siis rohkesti komplikatsioone, peamiselt tromboembooliate näol. Niisiis, mitte ebausk, vaid

---

[1] Inimpatoloogia — inimeste haigustesse puutuv.
[2] Malaariaplasmoodium — malaaria tekitaja.
[3] Alpides ja Kaukaasias.

kauaaegsetel tähelepanekutel põhinev arvestatav tegelikkus. Analoogilisi, kuid teaduslikult põhjalikumalt analüüsimata tähelepanekuid on tehtud ka teiste intensiivsete soojade või külmade õhumasside liikumiste puhul, nagu Itaalias siroko, Egiptuses — kamsiini, Põhja-Aafrikas samuumi[4], meie suhhovei[5], aga samuti ka taifuunide, tornaadode ja teiste orkaanide puhul.

Missugused ilmastikuelemendid igal üksikul juhul mõjuvad, see pole alati päris selge.

*

Missugused on meie kohaliku kliima biotroopsed omadused? Esialgse mulje järgi ei tohiks ilm meie inimesi eriti tugevasti mõjustada. Pole meil ei fööne ega suhhoveisid, ei taifuune ega purgaasid[6]. Kuid ometi on meil erakordselt palju liigese- ja kroonilisi kopsuhaigusi. Nn. külmetushaigused esinevad ülemiste hingamisteede katarride ja angiinide näol sageli massilises ulatuses. Meie kliima pole seega eriti soosiv. Suhteliselt lühike suvi, pikad ja muutlikud üleminekuperioodid kevaditi ja sügiseti, kokkuvõttes — küllaltki jahe ja niiske kliima. Sellest need haigusedki.

Käesoleva kirjutise autorid uurisid rea aastate jooksul üldsuremuse ja haigestumuse sõltuvust ilmast, kusjuures erilist tähelepanu osutati atmosfääriionisatsioonile. Analüüsiti läbi 2615 surmajuhtu. Torkas silma suremuse ja haigestumuse sesoonsus. Kõige soodsamaks aastaajaks osutus suvi. Kõige «ohtlikumateks» kuudeks meie tingimustes on november, detsember, jaanuar ja aprill. Nendel kuudel ületab suremus ja haigestumus tunduvalt teiste kuude keskmised näitajad.

Peale selle võis täheldada sesoonisisest haigestumuse ja suremuse perioodilist kuhjumist. Tartus sureb päevas keskmiselt 2 inimest. Selgus aga, et 76-st juhust aastail 1960—1962 kasvas surnute arv päevas madalrõhkkonna või kõrgrõhkkonna lähenemisel Tartule 60 korral 4-lt 7-le (joon. 1).

Kõige rohkem mõjustab ilm südame- ja veresoonkonnahaigusi. Nendest on kindlalt esikohal rinnaangiin ja südamelihase infarkt. Olulisel määral mõjustab ilm kõrgvererõhutõve kriiside ja tromboemboolilise komplikatsioonide tekkimist, mille hulka kuuluvad ka aju insuldid (joon. 2).

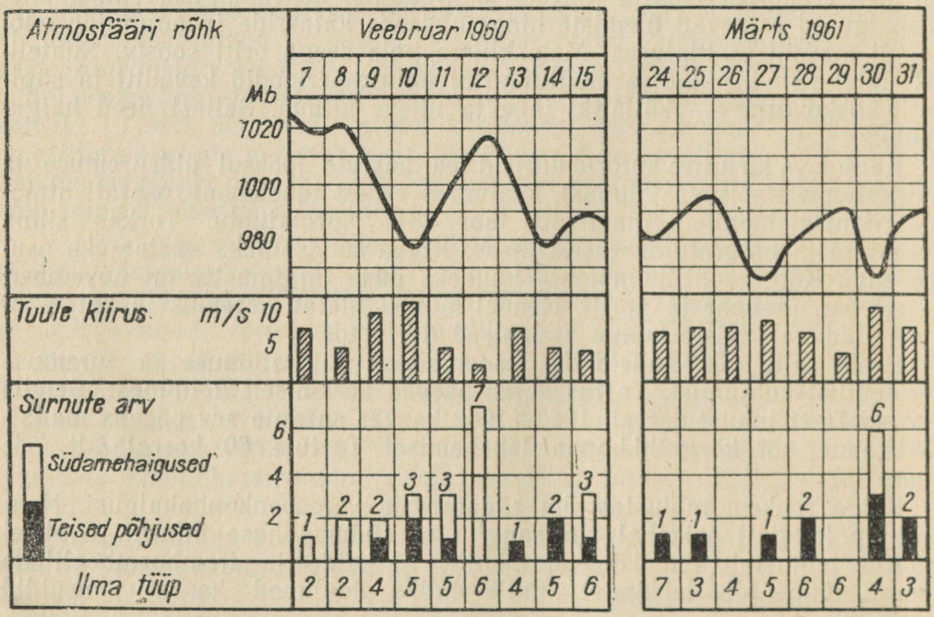
Kõiki ilmast sõltuvaid haigusi pole võimalik loetleda. Neid on väga palju. Kõige suurem meteotroopsus[7] on bronhiitidel, kopsupõletikel,

[4] Siroko, kamsiin, samuum — tuulte kohalikud erinimetused.
[5] Suhhovei — põuatuul stepialadel.
[6] Purgaa — tugeva tuulega lumetuisk Siberis.
[7] Meteotroopne — ilmast mõjustatud.

bronhiaalastmal, mao ja kaksteistsõrmiksoole haavandtõvel ja reumaatilistel haigustel. Ka paljude nakkushaiguste tekkimine on tihedalt seotud ilmaga.

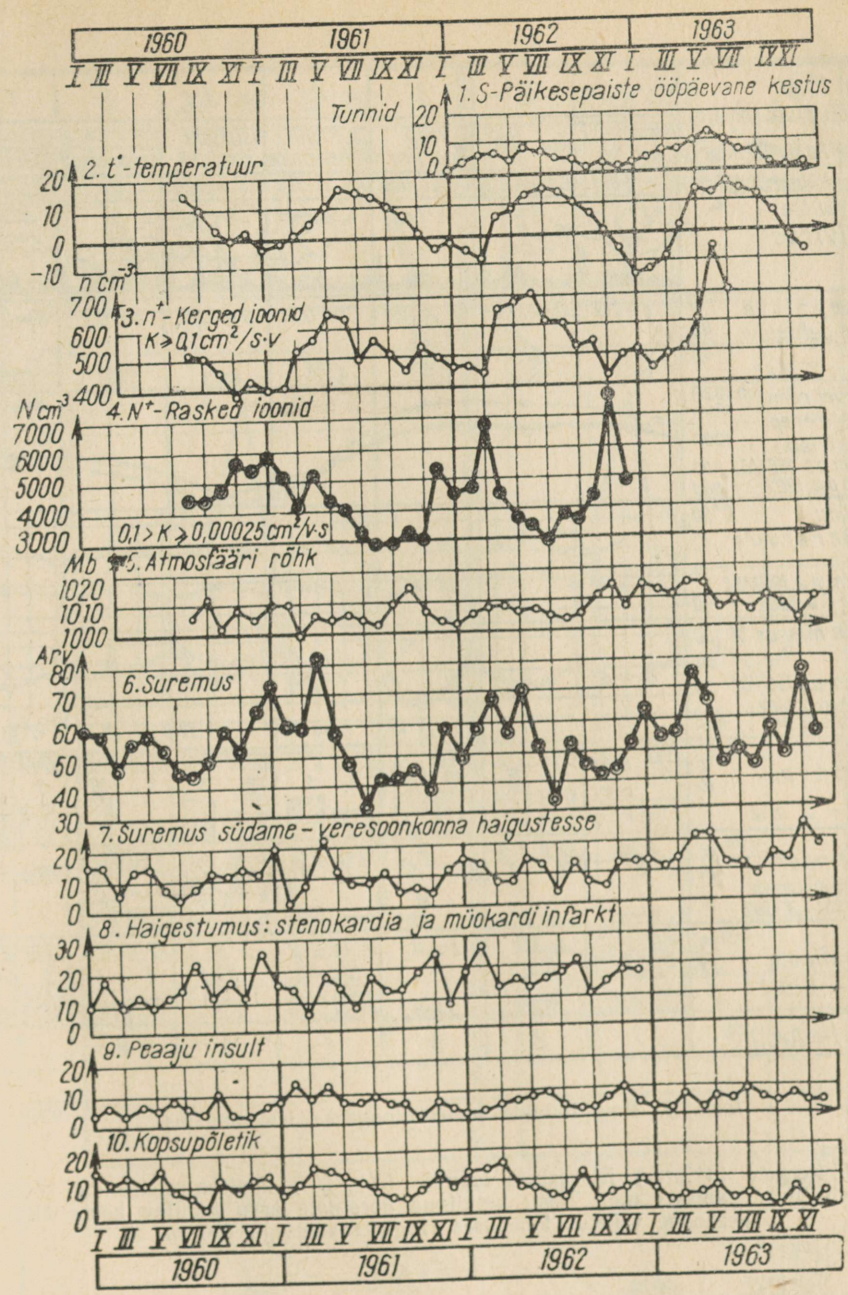
Arvestades asjaolu, et üksikute meteoroloogiliste tegurite mõju pole eraldi võimalik hinnata, on soovitatav neid võtta tervikliku kompleksina. Selline kompleks kujutab enesest ilma pilti ehk tüüpi. Et seni kasutusel olnud ilma tüüpidesse jaotamise printsiibid on keerukad ja praktikas raskesti rakendatavad, siis kasutasime lihtsat, meie tingimustes kõige sobivamat ilma klassifikatsiooni. Selle aluseks võeti päikesekiirguse intensiivsus ja tsüklonaalne tegevus.

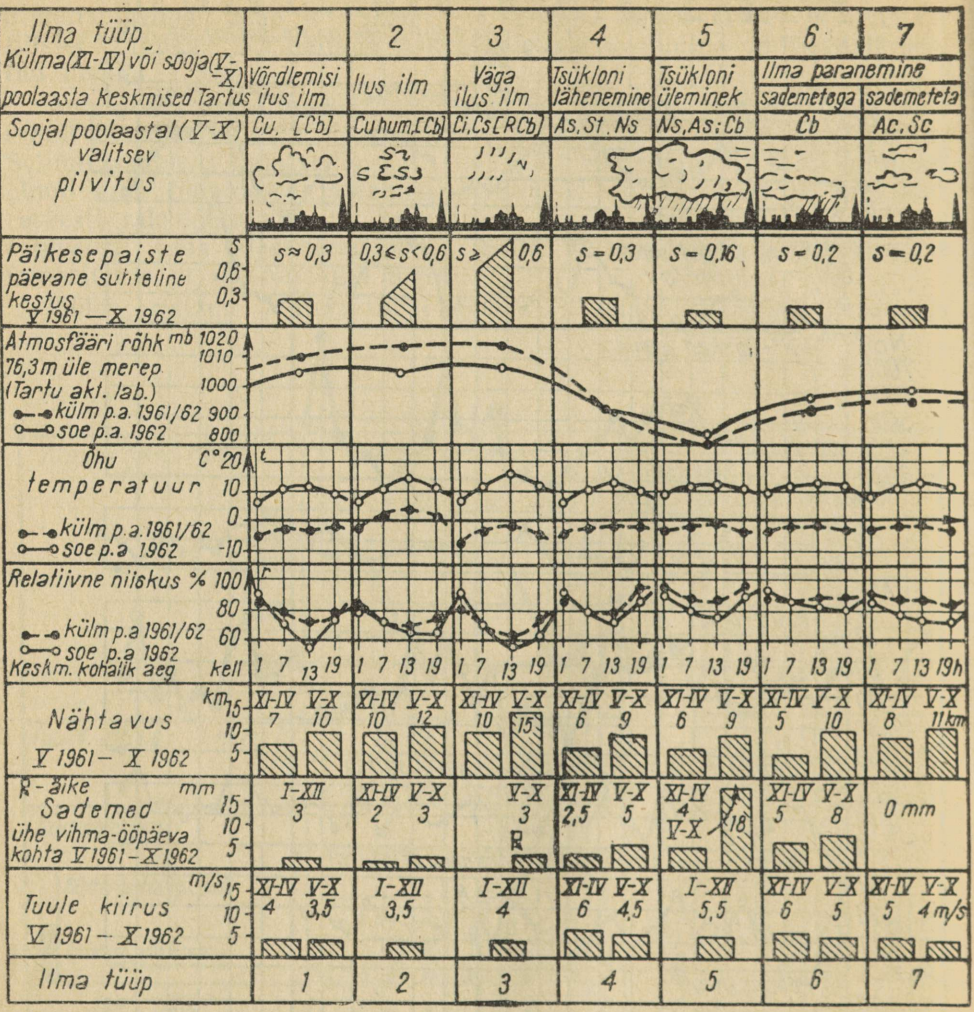
Üldse eristame 7 ilma tüüpi (joon. 3), kusjuures kõige ilusam ja



Joon. 1. Õhurõhk, tuule kiirus, ilma tüüp ja suremus Tartus 1960. a. veebruaris ja 1961. a. märtsis.

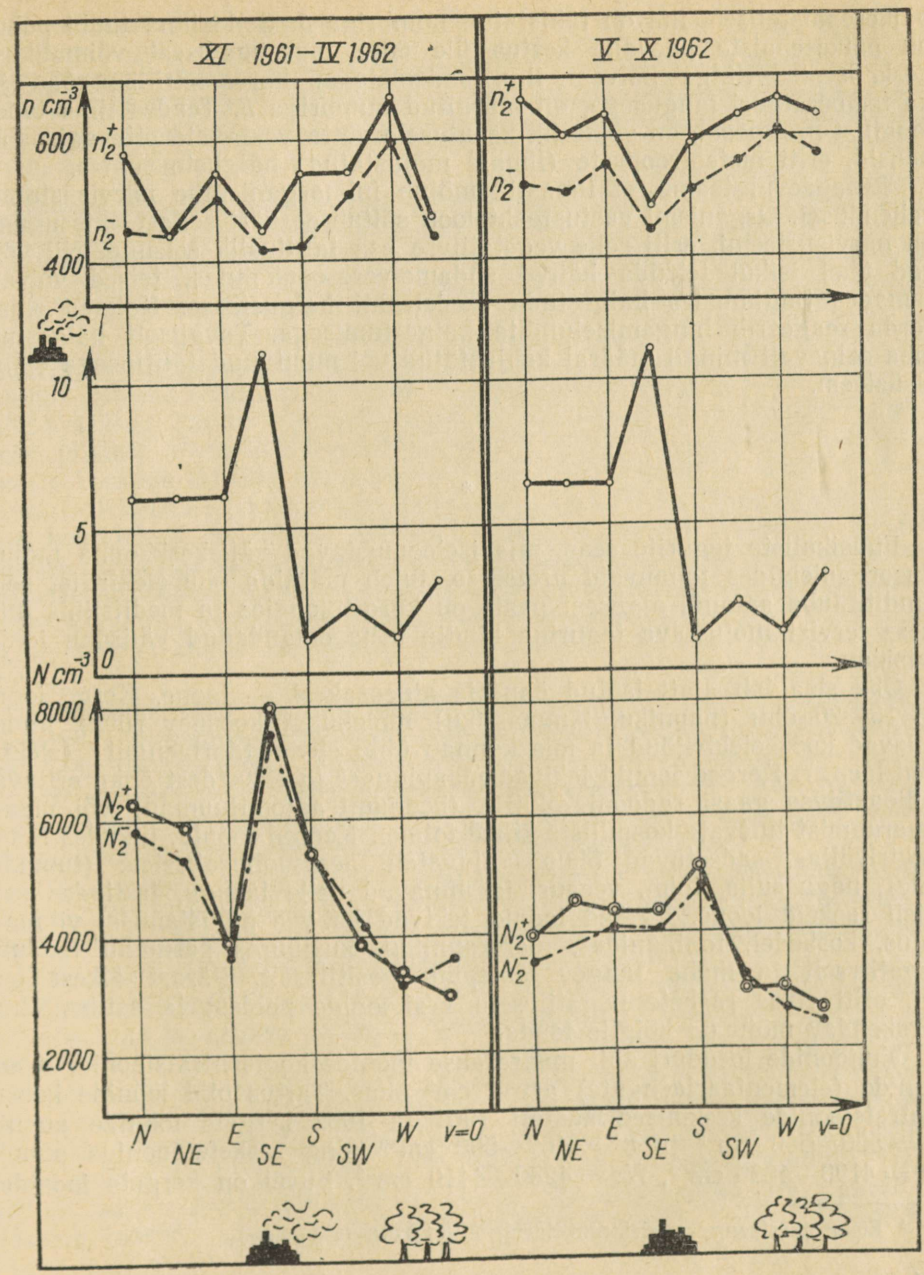
Joon. 2. Meteoroloogiliste elementide, kergete ja raskete ioonide kontsentratsioonide, suremuse ja haigestumuse käik Tartus aastail 1960—1963. a. ▶


1960
1961
1962
1963
I III V VII IX XI I III V VII IX XI I III V VII IX XI I III V VII IX XI
Tunnid
1. S-Päikesepaiste ööpäevane kestus
20
10
0
2. t°-temperatuur
20
10
0
-10
n cm⁻³
700
600
500
400
3. n⁺-Kerged ioonid
K ≥ 0,1 cm²/s·v
N cm⁻³
7000
6000
5000
4000
3000
4. N⁺-Rasked ioonid
0,1 > K ≥ 0,00025 cm²/v·s
Mb
1020
1010
1000
5. Atmosfääri rõhk
Arv
80
70
60
50
40
30
6. Suremus
20
10
0
7. Suremus südame-veresoonkonna haigustesse
30
20
10
0
8. Haigestumus: stenokardia ja müokardi infarkt
20
10
0
9. Peaaju insult
20
10
0
10. Kopsupõletik
I III V VII IX XI I III V VII IX XI I III V VII IX XI I III V VII IX XI
1960
1961
1962
1963



Joon. 3. Ilma tüüpide meteoroloogiline iseloomustus.

Joon. 4. Kergete ($n+$, $n-$) ja raskete ioonide ($N+$, $N-$) kontsentratsioonide kõverad (olenevalt tuule suunast) ning Tartu kesklinna korstnate arvu kujutav kõver ülikooli ▶ peahoone vahetus läheduses ringis raadiusega 420 m.


XI 1961–IV 1962
V–X 1962
n cm⁻³
600
400
n_2^+
n_2^-
10
5
0
N cm⁻³
8000
6000
4000
2000
N_2^+
N_2^-
N
NE
E
SE
S
SW
W
v=0

päikesepaistelisem ilm on tähistatud numbriga *3*. Selle ilma tüübi puhul on päikesepaiste päevane kestus üle 60% maksimaalsest võimalikust keskmisest. Kõige halvem ilm, sademetega, baromeetrilise rõhu ja ka temperatuuri langusega, on märgitud numbriga *5*. Teades ilma tüpoloogilist prognoosi, on võimalik kasutusele võtta vastavaid ettevaatusabinõusid, eriti meteotroopsete (ilmast mõjustatud) haiguste suhtes.

Tänapäeval teame, et ilmastik mõjub inimorganismile närvisüsteemi vahendusel. Organismi vastusreaktsioon sõltub eeskätt sellest, missugune on närvisüsteemi, eriti selle vegetatiivse osa talitluslik seisund. Nii võivad ühel isikul tekkida häired südame-veresoonkonnas, teised võivad samades tingimustes haigestuda seedetrakti haigustesse. Kolmas omakorda reageerib hingamiselundite haigestumisega. Tavaliselt haigestub juba eelnevalt mingil määral kahjustatud või muutunud talitlusega elundisüsteem.

*

Füüsikaliste tegurite seas, mis iseloomustavad väliskeskkonna mõjul elusorganismides toimuvaid protsesse, tuleb märkida õhu elektrilist seisundit. Juba sajandi algusest peale on kurortoloogias ja meditsiinis inimese tervist mõjustava tegurina kindla koha omandanud välisõhu ionisatsioon.

Õhk sisaldab alati laetud õhu- ja aineosakesi — ioone. Kerge ioon on 10—20 õhu (hapniku, lämmastiku) molekulist koosnev rühm, mida hoiavad koos elektrijõud ja mis kannab ühte elementaarlaengut[8] (elektroni laeng). Kerged ioonid tekivad maapinnast ja taimedest õhku erituva radioaktiivse gaasi radooni α-kiirte (heeliumi aatomituumad) või maailmaruumist tulevate kosmiliste kiirte toimel. Kerged ioonid, liikudes Maa elektriväljas, sadestuvad õhus hõljuvatele aerosooliosakestele (tuumadele), nagu suits, tolm, veeaur, ja annavad neile laengu, tekitades sel viisil raskeid ioone. Rasked ioonid tekivad ka vee pihustamisel vihmasajus, koskedel, fontäänides, mererannikul, kusjuures peenpihu laadub negatiivselt ja maha langev jämepihu positiivselt. Pärast äikest on õhk eriti rikas raskete negatiivsete vesiioonide poolest ja sellise õhu värskendav mõju on kõigile teada.

Õhuioonide loenduri abil määratakse ioonide kontsentratsioonid, s. o. ioonide (elementaarlaengute) arv 1 cm^3 õhus. Tartus olid ioonide kontsentratsioonide keskmised aastail 1961 ja 1962 kergete ioonide puhul $n^+ = 520$—560 cm^{-3} ja $n^- = 460$—500 cm^{-3} ning raskete ioonide puhul $N^+ = 4190$—4630 cm^{-3}, $N^- = 4280$—4410 cm^{-3}. Suvel on kergete ioonide

[8] Elementaarlaeng — elektroni laeng $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ kulonit.

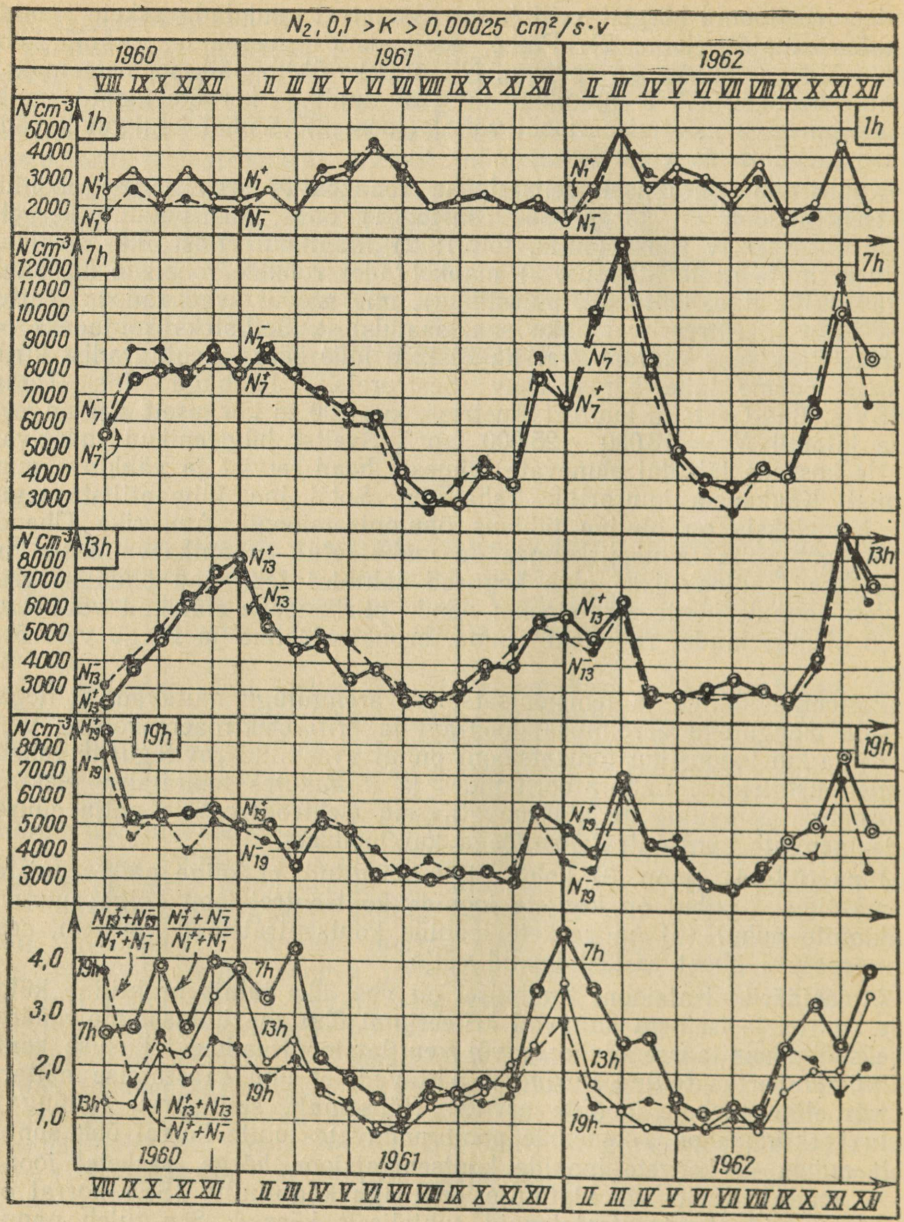
kontsentratsioonid kõrged, eriti juunis, ja talvel madalad, raskete ioonide puhul vastupidi (joon. 2). Päike, soojendades maapinda, sunnib koos õhuvooludega tõusma ka radooni. Nii näiteks ühtib päikesepaiste maksimaalne kestus 1963. a. juunikuul — 12,3 tundi — kergete ioonide maksimumiga kogu mõõtmisperioodi vältel (joon. 2). Samal kuul oli ka õhk puhas ja nähtavus väga hea.

Kuurortide ehitamisel eelistatakse maakohti, kus kergete ioonide kontsentratsioon on kõrge. See esineb: 1) õhus, kus puudub kergeid ioone absorbeeriv saast (suits, tolm); 2) mägikuurortides, kus avaldab mõju kivimite radioaktiivsus; 3) maakohtades rohkete roheliste massiividega (haljasalad, lehtpuud, puiestikud), mis soodustavad radooni sattumist õhku ja filtreerivad õhku saastsaadustest. Sellisteks kohtadeks on näiteks Prantsuse kuurort Biarritz Biskaia lahe ääres, Leningradist kirde suunas Soome lahe ääres asuv Sestroretsk, Jelabuga linn Tatari ANSV-s, Bad-Gasteini kuurort Austrias, kus 200 m kõrguselt allalangeva kose jalamil $N^- = 18\,000 - 25\,000$ cm^{-3}. Sveitsi hügieenikud märgivad suurte koskede lähedal elunevate inimeste head tervist ja vähktõve puudumist. Kaukaasia kuurortide Tshaltubo, Sotši jne. klimaatiliste tegurite kompleksis on oluline tähtsus õhuionisatsioonil. Ameerika Ühendriikide põhja- ja läänepiirkonnas on mahajäetud uraanikaevandusi, kus üliväikesed radioaktiivse aine kogused šahtides tekitavad õhus kõrgeid kergete ioonide kontsentratsioone; nende piirkondade elanikud väidavad, et on olemas kindel raviefekt reuma, bronhiaalastma ja kõrge vererõhu puhul.

Eeltoodud näited ja tehisionisatsiooni arengulugu näitavad, et negatiivsete laengutega aeroionisatsioonravi ja eriti elektroaerosoolravi võib vaadelda kui loodusliku ionisatsiooni puhul avastatud ravitegurite rakendamist meditsiinis. Laboratooriumides ja kliinikutes tekitatakse elektroaerosoolide generaatorite abil negatiivseid elektroaerosoole palju suuremate laengute kontsentratsioonidega kui looduses.

Ilma tüüpide (joon. 3) kohta olgu märgitud, et kõige päikesepaistelisema ilma *3* puhul on kergete ioonide kontsentratsioon kõige suurem. Tsüklonite puhul (*5*) on raskete ioonide kontsentratsioon väiksem, sest vihm «peseb» õhust rasked ioonid välja.

Atmosfääriionisatsiooni tundmisel on veel üks tähtis praktiline külg: selle suurus ja iseloom annavad kriteeriumi õhu saastumisastme määramiseks õhu sanitaarse olukorra või ventilatsiooniseadme tõhususe kontrollimisel. Tartus tehtud uuringud näitavad, et õhu saastumise näitarv on võrdeline raskete ioonide arvuga (täpsemalt, selle arvu ruuduga). Tartu kesklinnas on Toomemäe poolt puhuvate tuulte korral õhk suhteliselt puhas — kergete ioonide kontsentratsioon kõrge, rasketel ioonidel — madal. Kirde- või idatuulte, eriti aga kagutuulte (SE) korral on raskete ioonide kontsentratsioonid suhteliselt kõrged. See tuleb panna


N_2, 0,1 > K > 0,00025 cm²/s·v
1960
1961
1962
VIII IX X XI XII
II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
N cm⁻³
1h
7h
13h
19h
N_1^+
N_1^-
N_7^+
N_7^-
N_{13}^+
N_{13}^-
N_{19}^+
N_{19}^-
$\frac{N_{13}^+ + N_{13}^-}{N_1^+ + N_1^-}$
$\frac{N_7^+ + N_7^-}{N_1^+ + N_1^-}$
4,0
3,0
2,0
1,0

Tartu tehaste ja keskküttekorstnatest õhku paiskunud põlemisproduktide arvele. Talvekuudel järgib raskete ioonide (N^{+}_{2}, N^{-}_{2}) kontsentratsiooni kõver hästi keskküttekorstnate arvu kõverat (vt. joonis 4; graafiku ehitamisel on aluseks asend Tartu ülikooli peahoone suhtes). Raskete ioonide maksimum on siis, kui tuul puhub kagust (11 korstnat), ja miinimum siis, kui tuul puhub läänest (1 korsten). Läänetuule korral on aga Toomemäe pargi tõttu kergete ioonide (n^{+}_{2}, n^{-}_{2}) kontsentratsiooni maksimum. Eriti rohkesti raskeid ioone paiskub õhku talvehommikutel kella 7 paiku, kui on kütmise haripunkt, kuna kell 1 öösel ei ole raskete ioonide kontsentratsioon suurem, võrreldes nende kontsentratsiooniga suvekuudel (joon. 5).

Elanikkonna tervise huvides on väga soovitatav üksikute keskküttekollete likvideerimine ja nende koondamine ühe kõrge korstnaga keskküttetsentraaliks.

Seega kokku võttes võib öelda, et atmosfääriionisatsiooni mõju uurimine tervisele väärib senisest suuremat tähelepanu.

*

Nagu teame, on päikesekiirgus atmosfääri liikumapanev jõud. Päikesele võlgneme tänu ka elu eest maakeral. Kuid alles viimasel ajal hakatakse tõsist tähelepanu osutama Päikese mõjule inimorganismisse.

Suurim bioloogiline tähtsus päikesekiirguse spektris on ultravioletkiirguse keskmisel piirkonnal (280—320 nm), mille inimese nahk neelab täielikult ja mis tekitab naha erüteemi (punetust) ja pigmenti, samuti rahhiidivastast vitamiini ja teisi organismile tähtsaid aineid. Ultravioletkiirguse lühilaineline osa (280 nm) hävitab mikroobe.

Päikese ultraviolettkiirguse intensiivsus on suur kevadisel keskpäeval ja mägedes, kui õhk on saastainetest puhas, ja päikesevalgust peegeldavate pindade puhul, nagu pilved, lumi ja jää. Et pilvedelt peegeldunud valgus on ultraviolettkiirte poolest eriti rikas, siis mõjub see kiirgus ka pilves ilmaga, seepärast on tervise seisukohalt eriti oluline igapäevane, vähemalt tunniajaline jalutuskäik. Suurlinna südames on ultravioletkiirguse intensiivsus maa lähedal 20% väiksem kui linna serval.

Päikese aktiivsuseks nimetame tema nähtaval gaasilisel välispinnal — fotosfääril — ja seda ümbritsevates gaasilistes keskkondades — kromo-

◀ *Joon. 5.* Raskete ioonide kontsentratsiooni käik kuude järgi erinevatel kellaaegadel (kell 1, 7, 13 ja 19).

sfääris ja Päikese kroonis — esinevaid nähtusi: laigud, faklid (loidud), protuberantsid.

Päikese aktiivsuse kõige ilmekamad «esindajad» on laigud, tugeva magnetväljaga ja Päikese fotosfääri temperatuurist (6000° K) märgatavalt madalama temperatuuriga ning seetõttu tumedana näivad suured piirkonnad. Päike teeb täistiiru oma telje ümber 26,9 päeva vältel.

Laigud esinevad rühmiti ja nende suhtelist hulka iseloomustab nn. Wolfi arv. Aastate lõikes Wolfi arv muutub — esinevad maksimumid ja miinimumid, kusjuures kahe maksimumi vahe on umbes 11 aastat.

On leitud seoseid Wolfi arvu ja epideemiate — gripi, difteeria, tüüfuse — ning surnute arvu vahel Venemaal aastail 1867—1917, kusjuures mõlema kõvera maksimumid ühtisid või olid nihutatud vaid mõne aasta võrra.

Kaasajal on teada, et laigud ei ole kõige olulisemad Päikese aktiivsuse näitajad, vaid selleks on Päikese protuberantsid ehk pursked. Päikese purske puhul paiskub tema sisemusest fontäänina hiiglakogus ülitihedat ainet, mis krooni piirkonnas hajub korpuskulite voona maailmaruumi. Aktiivsed pursketsentrid püsivad päevi ja pöörlevad koos Päikesega.

Aktiivsuse tsentrite puududes väljastab nn. rahulik Päike peamiselt ainult raadiolaineid, mida genereeritakse tugevasti ioniseeritud kroonis. Aktiivsuse perioodil aga genereerivad korpuskulite vood seal veel täiendavaid raadiolaineid, mis põhjustavad raadiolainete võimsuse suure tõusu, nn. raadiopurske. Raadiopurset võib vaadelda kui korpuskulite voo indikaatorit. Päikese raadiolaineid sagedusega 200 MHz (ka 3000 ja 600 MHz) registreerivad paljud maailma observatooriumid ja avaldavad ka vastavaid tabeleid.

Korpuskulite vood mõjustavad väga tugevasti Maa magnetvälja, põhjustades magnettorme ning polaarpiirkondades virmalisi, ja tugevdavad Maad ümbritsevaid kiirgusvööndeid. Päikese raadiokiirgus avastati alles 1942. a. ja viimase 20 aasta jooksul on vaid neljal juhul registreeritud Päikese kosmilisi kiiri, s. o. Maani jõudnud korpuskuleid. Enamikul juhtudel mõjustavad Päikese korpuskulid maakera ümbritsevaid kiirgusvööndeid ja arvatavasti selle vahendusel seni tundmatu mehhanismi kaudu ka atmosfääri tsirkulatsiooni, kaasa arvatud tsüklonite ja antitsüklonite tekkimist ning liikumist.

Aktiivsuse perioodidel intensiivistub ka Päikese ultravioletne kiirgus, mis neeldub paarikümne kilomeetri kõrgusel osoonikihis, põhjustades selle temperatuuri tõusu. Ülemiste ja alumiste õhukihtide soojus ja kiirgusvahetus võib mõjustada kogu atmosfääri tsirkulatsiooni.

R. Reiteri uurimused näitavad, et tsüklonitega kaasnevad protsessid, nagu elektrilahendused pilvedes, pilve ja Maa vahel (välk), vaiksed lahendused, laetud aerosoolide turbulentne liikumine jne., põhjustavad infrapikki elektromagnetilisi laineid sagedusega 4—50 kHz (lainepikku-

sed 75—6 km). Nende lainete vastuvõtja registreeris ajaühikus saabuvaid impulsse 100 km kauguselt. 1957. a. Baieris tehtud uurimused näitasid, et ülejärgmisel päeval pärast Päikese purskeid suurenes märgatavalt infrapikkade lainete impulsside summa ajaühikus. Seega esineks nagu seos Päikese pursete ja tsüklonite tekke vahel. Infrapikkade lainete esinemissagedus oli heas korrelatsioonis ka ilmastikutundlikel inimestel sageli esinevate valudega. Nende infrapikkade elektromagnetiliste lainete mõjuga vegetatiivsele närvisüsteemile seletabki rida autoreid (R. Reiter, G. Ušveridze jt.) ilmastikutundlike inimeste valutundlikkust tsükloni lähenemisel ja nende võimet ilma ennustada, vererõhu tõusu ja sagenenud surmajuhtusid südame- ja vereringehaigustesse. Õhurõhu langus tsükloni lähenemisel on vaid indikaator, mitte haiguse esilekutsuja. Katsed kliimakambrites ja järskude tõusude ning langustega mäestikuraudteedel näitavad, et õhurõhu langus või tõus ei põhjusta ilmastikutundlikel inimestel valusid, küll aga on võimalik neid esile kutsuda infralainete generaatori abil. Eelnevaga seletub ka nn. rahvabaromeetri tõeline olemus, sest elektromagnetilised lained liiguvad suure kiirusega (300 000 km/s).

Päike mõjustab biosfääri nii otseselt kui ka kaudselt. Päikese otsesed mõjud on valgus ja ultraviolett- ning infrapunane kiirgus. Päikese raadiokiirgus on sedavõrd nõrk, et inimest see ei mõjusta. Kõne alla võiks tulla vaid Päikese kosmilised kiired, mille jõudmist maapinnale ja mõju elusorganismidesse on veel vähe uuritud.

Firenze ülikooli professor G. Piccardi uurib alates 1952. a. Päikese ja kosmiliste tegurite mõju sadestumisreaktsiooni kiirusele kolloidlahustes. Uurimused näitavad, et reaktsiooni kiirus muutub tsükliliselt. Pikimaks tsükliks on 11-aastane tsükkel, mis kulgeb peaaegu paralleelselt Päikese 11-aastase tsükliga. Kõige lühem rütm on ööpäevane. Reaktsiooni käik on ranges sõltuvuses Päikese aktiivsusest ja vaatluskoha asendist geomagnetiliste pooluste suhtes. Piccardi katsete tulemusi ei tohi ilma lähema uurimiseta laiendada elusorganismidele, kuid ka siin võib seda laadi uurimustele viidata. N. Šultsi (Sotši) uurimused näitasid, et 1960. ja 1961. a. leukopeenia, s. o. valgeliblede haigusliku vähenemise juhtude arv kulgeb rööbiti 200 MHz raadiolainete voo võimsuse muutumisega. Tartus tehtud mõõtmiste ajal (1960—1962) oli Päikese aktiivsus 215 päeval 5 või rohkem kordi suurem rahuliku Päikese omast. Ei ole võimatu, et kõrgem suremus eelnimetatud 76 tsükloni läbimisel oli tingitud Päikese aktiivsuse kasvust.

Senised probleemi Päike—biosfäär uurimused on olnud statistilist laadi. Peatähelepanu on suunatud Maal ja Päikesel toimuvate sündmuste üheaegsuse määramisele. Ent selline meetod võib viia valejäreldustele, sest korrelatsiooni avastamine ei tõesta veel põhjuslikku seost kahe prot-

sessi vahel. Seepärast jääb põhiülesandeks otsida Päikese mõju mehhanismi inimesele. Siin on biometeoroloogidel ja meedikutel ees avar tegevusväli.

*

Õigustatult kerkib küsimus, kuidas oleks võimalik end kaitsta ilma mõju vastu. On selge, et meteoroloogilisi tingimusi inimene lähemas tulevikus veel oluliselt mõjustada ei suuda. Päikese aktiivsuse mõju inimorganismi talitlustele on veel väga vähe uuritud. Mingeid olulisi eeskirju tervislikuks eluviisiks on selles osas raske anda. On ka selge, et ennast kestvalt organismile soodsa mikrokliimaga ruumi isoleerida pole võimalik. Muuseas, sellised kambrid on olemas ja haigete ravimine nendes on andnud positiivseid tulemusi. Profülaktilistel eesmärkidel seda moodust aga kasutada ei saa. Kliimavahetus tervislikumasse piirkonda tuleb ainult üksikutel juhtudel arvesse. Ülejäänud peavad elama seal, kus nad on, sest leidub teisigi võimalusi ilmastiku mõju vähendamiseks. Küsimuse all on nimelt organismi vastupanuvõime tõstmine, mida on võimalik teha, veelgi enam, mis on saavutatav ja jõukohane igale inimesele. Juttu tuleb kohanemisvõime suurendamisest, mida võib saavutada treeningu ja karastamise kaudu. Esimeses järjekorras tuleb karastada närvisüsteemi. Selleks on vaja rohkem füüsilist tegevust, peaasjalikult vabas looduses. Linlase peamine ja kõige tõsisem mure peaks olema probleem, kuidas saada linnast välja, välja mitte selleks, et loodust rüüstata, mitte selleks, et õhtul pöörduda linna tagasi rohelise oksasülemiga, vaid teha tuleb midagi kasulikku, millest on nii enesel kui ka teistel hea meel. Seega esimene tees karastamiseks: rohkem liikumist saastamata atmosfääriga looduses.

Teiseks tuleb kõrvaldada anhelioosi[9] sündroom[10]. Teiste sõnadega — rohkem päikest. Jällegi mitte meeletu praadimise näol kuumal liival (ka see on mõõdukal määral mõeldav), vaid võimalikult väheses riietuses liikumisena.

Eelmise teesi jätkuks on ka kolmas: karastamine õhutemperatuuri muutuste suhtes. Siia kuuluvad õhuvannid, veeprotseduurid, kaasa arvatud suplemine. Püüdke oma kodus iga päev olla kas või üks tund üsna kerges riietuses. Ideaalne oleks magada aastaringi lahtise aknaga toas, kuid kahjuks on vähestel selline võimalus.

Siinjuures tekib mõte, kuivõrd kasulik on tervele inimesele nõndanimetatud leebe kuurordikliima, missuguse treenituse ta sellest saab. Praktiliselt ei mingi. Lõunast tagasi tulnud suvitajad saavad massiliselt

---

[9] Anhelioos — päikesevähesus.
[10] Sündroom — haigusnähtude kompleks.

tugeva nohu või ülemiste hingamisteede katarri juba rongis, hiljemalt aga Moskvasse saabumisel. Põhja poolt tulnud ekskursantidel ei juhtu seda pea kunagi. Kliimaatiline säästerežiim on vajalik ainult nendele, kellel organismi kompensatsioonimehhanismid on kahjustatud. Kõigile teistele on vajalik karastusrežiim.

Erakordselt tugev mõju on ilmal ka inimese psüühikale. Kõik teavad, millise erksa ning rõõmsa meeleolu loob kirgas ja päikesepaisteline hommik. Vastupidi, pilves, hall ja sombune ilm tekitab meeleolu languse, põhjustades sageli depressioone. Kõik see omakorda mõjustab ka elundite ja nende süsteemide tegevust. Närvisüsteemi muutuste puhul on omakorda eriti tundlik südame-veresoonkond. Võivad tekkida olulised vererõhu kõikumised ja südametegevuse häired. Nagu juba varem märgitud, toimub see näiteks tsüklonite lähenemisel, oletatavasti infrapikkade elektromagnetiliste lainete mõju tõttu närvisüsteemile.

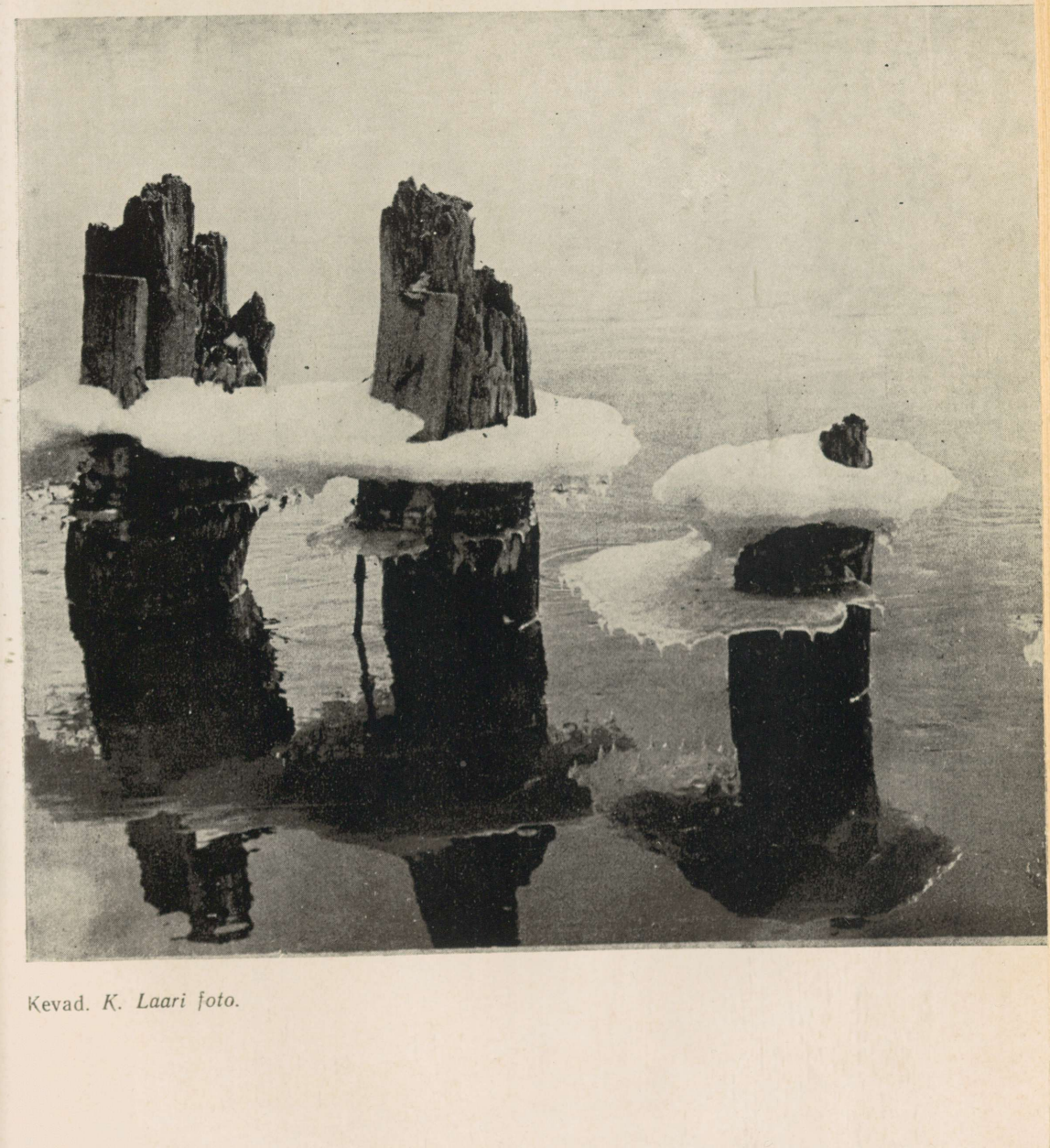
Kõigest eeltoodust nähtub, kuivõrd oluline on ilma mõju inimese elulistele talitlustele, haiguste tekkele, kulule ja psüühikale, ühesõnaga, kogu inimese olemisele. Et inimene on kestvalt ilmastikutegurite mõju all, siis tuleb seda tõsiasja igapäevases elus ja meditsiinis arvestada võib-olla senisest suuremal määral.

P. Prüller
J. Riiv

PUHKUSE- JA LAULUPEOILMAST

Sõna «puhkamine» alla mahub üsnagi palju erinevaid ettevõtmisi, mahuvad turism ja matkamine, arvukad spordialad, jahipidamine ja kalapüük, lihtsalt looduses kõndimine ning vaatlemine ja looduse pildistamine, liblikapüüdjate ja linnumeeste loodusteaduslikumad harrastused, seenelkäik ja marjakorjamine, päikesevõtmine ja suplemine mererannal, asjaarmastaja aedniku töö individuaalaias, piknikud või, mis parata, ka vandalism looduses. Igaühele midagi, ja vaevalt kõike loendada jõuaks. On päris selge, et sellises harrastuste paljuses on inimestel ilma vastu palju erinevaid nõudmisi ja soove. Kui näiteks päevitada kavatsenud kodanik soovib suviseks pühapäevaks palju päikest ja palavat ilma, siis kalamees igatseb ehk hoopis pilvealust ilma väikese vihmaga. Või kui aednik ootab sooja ja pika sügise jätku, et kõrvitsamürakas veelgi kasvaks, siis jahimees igatseb ehk ammugi külma ja värsket lund, et jäljed paremini näha oleksid. Soovid on mitmesugused, aga seni veel kellegi soovide järgi ilma ei tehta ja igaüks peab leppima sellega, mis parajasti on. Leppimine võib sageli tähendada kavatsetud üritusest loobumist. Kui aga mingi kavatsus näiteks vihma pärast kukub läbi juba mitu korda järjest, siis võib inimesel tekkida mulje, mis on niisama vähe põhjendatud, nagu tuntud seos vihmavarju kaasavõtmise ja vihmasaju vahel. Niisugustest muljetest kõneldakse tavaliselt poolnaljaks, kuid arvatavasti on neil küllaltki suur mõju järjekordsete puhkuste planeerimisele. Eriti sügav mõju inimese psüühikale näib olevat harukordsetel ilmastikunähtustel, nagu tugevad tormid, paduvihmad, vägevad äikesed ja rahesajud, tuisud jne.

Ühest sellisest, nimelt 1967. a. 6.—7. augustil möllanud «sajandi rajust» saadud muljed kõnelevad niisuguse arvamuse kasuks. Klooga-Laulasmaa kant oli üheks kõige ilmekamaks näidisplatsiks tormi hävitustööst ning päev pärast tormi mõjusid risus-räsus muserdatud sajandivanused männid ja kuused Klooga—Laulasmaa vahelisel teelõigul üsnagi rusuvalt. Nähtavasti masendas siin avanenud pilt ka kedagi keskealist naist, kes kinnitas, et see, mis näha, on hull küll, aga veel hullem kohe tuleb. Olevat juba ennustatud: nädala pärast jõuab pärale torm viis



Kevad. *K. Laari foto.*



Esimene lumi. *A. Aaloe foto.*



Postimees. *K. Laari foto.*



Oktoober. *A. Aaloe foto.*

palli tugevama tuulega. Mõõdukas kahtlemine nii tugeva tormi võimalikkuses teda ei heidutanud. Vaevalt küll sellise mammuttormi kartus paljusid haaras, aga kui neljandal päeval pärast maru päike hommikust saadik jälle taevas säras ja suurepärane rannailm tuli, oli rahvast rannal siiski hõredalt. Näis, et paljudele tallinlastele lõpetas torm selleks suveks rannahooaja. Tõsi küll, tuul ja lained olid purustanud riietuskabiine, ümber lükanud müügiputkasid ja välja juurinud madalaid rannamändegi, aga liival lebamise või suplemise poolest oli kõik korras. Liiv kuivas kiiresti, õhk oli soe ja tuule kiirus poolteise meetri kõrgusel 2—3 m/s. 11. ja 12. augustil olid ligikaudu niisama ilusad ilmad kui vahetult enne tormi 4. ja 5. augustil. Toome tabelis mõned andmed nende päevade kohta Kloogale lähimast Pakri meteojaamast. Tabelis on antud ka Tallinnast Klooga randa päeva jooksul müüdud piletite arv. Kahjuks peetakse Balti jaamas statistikat ainult laupäevadel ja pühapäevadel, mistõttu 4. ja 11. augustil müüdud piletite arv ei ole teada. Viimati nimetatud kuupäevad on võetud tabelisse siiski sisse, sest kahtlemata mõjutab eelmise päeva ilm otsust, kuidas veeta järgmine. Tabelis on keskmised väärtused vaatlusaegadest 12., 15. ja 18. augustil. Tallinna jaamadest (Balti jaamast kuni Järveni) müüdud piletite arv ei ole muidugi rannal viibinud puhkajate arvu otseseks näitajaks, kuid ehk annab selle kolmekordne erinevus 5. ja 12. augustil siiski pisut faktilist kinnitust isiklikele tähelepanekutele.

Niisuguste väljapaistvate ja kauaks ajaks meeldejäävate ilmade kõrval, mis mitmeid inimesi hirmutavad kauemaks kui asi väärt, kuid mis on siiski haruldased, allume iga päev mitmesuguste ilmastikuelementide keerukale koosmõjule. Nimetame siinkohal inimese soojatundes olulist osa etendavat õhu temperatuuri, relatiivset niiskust, päikesekiirgust ning tuule kiirust. Need tegurid määravad igal konkreetsel päeval meie mugavustunde või riietuse, mis meil läheb tarvis mugavuse saavutamiseks.

Kuupäev	Õhu temperatuur, °C	Tuule kiirus, m/s	Alumiste pilvede hulk [1]	Relatiivne niiskus, %	Müüdud pileteid Klooga-Randa
Reede, 4. aug.	24,5	5	3	57	
Laup., 5. aug.	20,7	3	5	70	4652
Reede, 11. aug.	24,0	5	2	42	
Laup., 12. aug.	21,3	6	7	71	1543

[1] Arv näitab, mitu kümnendikku taevast oli pilvedega kaetud.



Joon. 1. Möödunud sajandi lõpul supeldi Pärnu rannas nii. Mees triibulises trikoos oli tolle aja moekarje.

Eri olukordades mõjutavad soojatunnet veel vihm, maapinna temperatuur, vee temperatuur jne. Jättes kõrvale teatud individuaalsed iseärasused inimeste soojatundes, mida põhjustavad iga, sugu, käsilolev tegevus, tervislik seisund ja muu, leiame, et vaatamata puhkuse liikide arvukusele on siin ilma hindamiseks kõikidel ühine alus. See on õhu temperatuur. Kümnepäevane pakane 1968. a. jaanuari keskel häiris ühtviisi talisportlasi, pühapäevasuusatajaid ja sikutiga kalapüüdjaid. Ainult koolilaste talvevaheaega venitas ta tublisti pikemaks, aga ega seegi õige puhkuse eest läinud — rohkem tuli toas istuda.

Kõiki puhkajaid ühtmoodi mõjutavad ka rida tegureid, mis vastandina ilmale määravad püsivalt mingi puhkekoha väärtuse. Sellised tegurid on puhkamiseks ettevõetud ürituse maksumus, vastava puhkepaiga asustustihedus, transporditingimused, looduslik veetlevus jne. Räägime neist siinkohal sellepärast, et mõned nn. püsivad tegurid on samuti ilmastikutundlikud ning nende kaudu mõjutab ilm puhkust kaudselt. Ükski kaasaegne transpordivahend ei ole ilmast sõltumatu: pakasega hilinevad rongid, lennukid ei maandu uttu uppunud lennuväljadele, tugev tuisk peatab autoliikluse suurtelgi maanteedel ja tormilainetes on tegemist igal laeval. Suuremate vahemaade taga määrab ilmastik looduse välisilme. Püsiv tegur on ka tugevasti ilmastikutundlik õhu saastamine, mis Eestis õnneks praegu veel väljaspool linnu peavalu ei valmista. Erandina tuleb arvesse Kallavere mürgivärviline ja vääveldioksiidirikas suits, mis seal kandis kõndijat kergesti hingata ei lase. Hullem probleem puhkajatele on veekogude reostamine. Kohtla-Järve

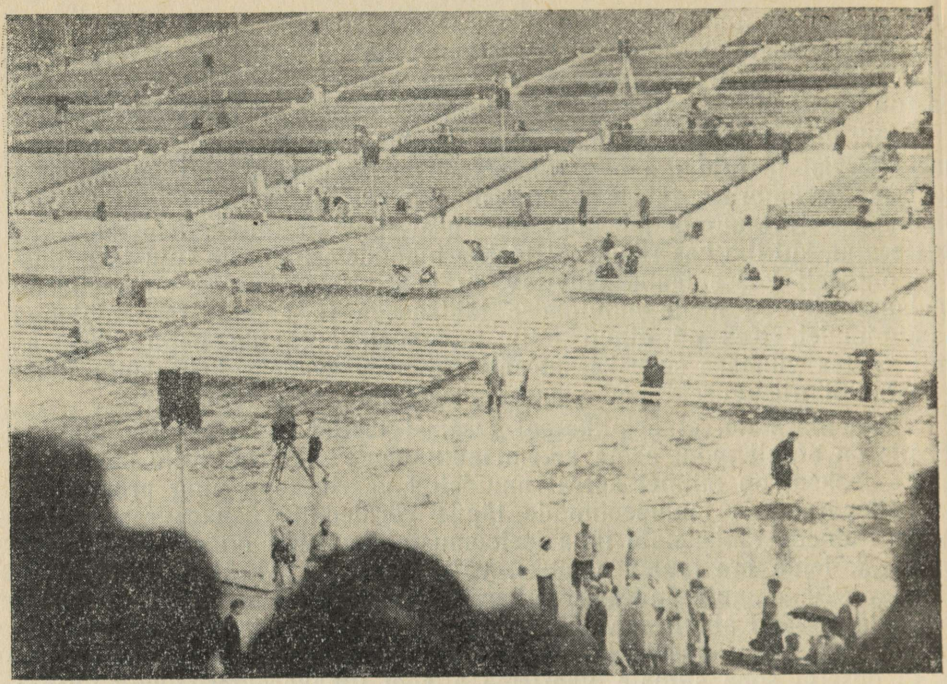
piirkond on suutnud ära rikkuda merevee pikal rannalõigul ning Pirital käiakse kõntsatükikeste vahel sulistamas lihtsalt sellepärast, et «häda ajab härja kaevu». Ka merevee reostatus oleneb ilmast, ainult hoovuste ja tuulte vaheline seos on tõsistele teadusemeestele veel kõvaks pähkliks.

Kõik nimetatud ja mitmed nimetamata jäänud tegurid mõjustavad meie tervist ja tuju iga päev ning seda eriti puhkuse ajal, kui on rohkem aega ümbrust tähele panna ning oleks nagu õigus ilusat ilma nõuda. Veelgi suurem tähendus on ilusal ilmal mitmesuguste massiürituste ajal, kui ilm kas rikub või tõstab tuhandete inimeste tuju ja mõjustab oluliselt kassaplaani. Huvitav on kontrollida, kuidas on eestlastel vedanud ilmaga meile ainulaadse tähtsusega ja saja-aastase ajalooga laulupidudel. Kas on olnud mitu niisugust laulupidu nagu 1965. a., mil viletsa vihmase suve keskel sattusid peopäevadeks kaks kõige klaarimat, või niisuguseid paduvihmast kastetuid nagu 1960. a.?

Peab märkima, et asjalikumal tasemel tehtud ilmavaatluste ajalugu Eestis on ainult mõni aasta pikem laulupidude ajaloost. Kuid selle saja aasta jooksul on mitmel korral muudetud vaatlusaegu ning programme ja sellepärast on laulupeoilmade täpne võrdlemine üsnagi raske ülesanne. Mõnede tähtsamate ilma iseloomustajate kohta on materjali siiski võimalik leida iga laulupeo jaoks, välja arvatud VII üldlaulupidu Tallinnas 1910. a., mil Tallinna sadamas toimetatud merevaatluste juurde on kirja pandud ainult pilved ja sademed. Kokku on laulupidusid peetud neljakümne neljal päeval ja ehkki tulisemad peolised ei saanud arvatavasti ööselgi sõba silmale, vaatleme allpool ilmakarakteristikuid üksnes päeva kohta (kella seitsmest hommikul kuni kella üheksani õhtul).

Õhutemperatuurist on meil andmeid 41 laulupäeva kohta. Nii kõige palavam päev kui ka keskelt läbi kõige soojem laulupidu jäävad möödunud sajandisse ning Tartusse. IV üldlaulupeol, uue kalendri järgi 20. juunil 1891. a., oli keskpäeval varjus sooja 28,6° C ja ligemale 3100 osavõtjal ning 15 000 pealtvaatajal olnud üsnagi lämmatav. Palavus jätkus sama laulupeo teiselgi päeval, kuid aeg-ajalt varjasid päikese kihtrünkpilved ja pärastlõunane temperatuur jäi eelmise päeva omast kraadi võrra madalamaks. Seesama laulupidu on jäänud ületamata ka kõigil eelmistel ning järgmistel laulupidudel keskmise temperatuuri kõrguse poolest (20,1°). Paksu palituga oli paras olla 1933. a. laulupeo viimasel päeval, 25. juunil. Sellel meie laulupidude kõige külmemal päeval kerkis elavhõbe ainult korraks 12,5°-ni, päeva keskmine temperatuur oli aga 10°. Kui võtta orientiiriks meie pikaajalistest vaatlustest arvutatud keskmised temperatuurid, siis saame 15 laulupeo hulgas järgmise jaotuse:

jahedaid	4,
parajaid	6,
sooje	5.



Joon. 2. 1960. a. laulupeol sadas paduvihma. (*A. Nilsoni foto.*)

Vihma (öiseid sadusid arvestamata) on 44-st pidupäevast sadanud kuueteistkümnel päeval, sellest 12 korda päris tublisti (üle 1 mm). Rekord kuulub 1960. a. laulupeo esimesele päevale. Kolmveerand kolmest kuni kella seitsmeni õhtul tuli siis taevast maha pool juulikuule keskmiselt omasest sademete hulgast ehk 24,8 mm. Vägevat vihma (18,8 mm) jätkus veel sama laulupeo teisegi päeva õhtuks. Tugevam paduvihm (15,1 mm) langes laulupeolistele ka 1923. a. 1. juulil. Aike on piduliste peade kohal sähvinud kokku neljal korral, kahel korral lisaks on teda eemalt kuulda olnud.

Seevastu kahel laulupeol on taevas niisama hästi kui pilvedeta olnud. Need on XII ja XVI laulupidu, vastavalt 1947. ja 1965. a. Päeva keskmise pilvisuse hulga järgi vaadates selgub, et väheste pilvetükkidega taevast on olnud natuke rohkemgi kui päris pilvedega kaetut. Pilvede järgi, mis veidike aitavad arvata, kui palju päike paistis, jaotuksid laulupeopäevad järgmiselt:

selge taevas	11,
poolselge	23,
pilves	10.

Liiga vali tuul häiris laulupeolisi kolmel korral — 1928., 1933. ja 1938. a. —, aga üle 6—7 palli ei tõusnud ta ka siis. Seni ületamata on külm ja tugev kirdetuul 24. juunil 1933, mis hommikust keskpäevani puhus kiirusega 14 m/s.

Kokku võttes näib, et kõige meeldivam ilm oli XII üldlaulupeol, 28. ja 29. juunil 1947. Õhk oli soe hommikust õhtuni ja isegi öösel ei langenud temperatuur alla 15°. Pilvitust taevast paistis päike tõusust loojakuni ja merelt tõi nõrk briis lauluväljakule meeldivat jahedust.* Kõige ebameeldivama ilmaga laulupeo kohta on tagantjärele otsust langetada raskem. Tõenäoliselt oli selleks laulupidu Tallinnas 1938. a. Kõik kolm päeva, 23.—25. VI, olid ühtlaselt vilud, tihedad ja madalad pilved näitasid päikest ainult hommikuti ning kahel päeval tibutas vaheaegadega vihma. X laulupeo päästab aga kõige halvema nimetusest soe ja selgepoolne esimene päev (23. juuni 1933).

Nii on olnud minevikus. Aga mida võib oodata tulevikult? Kas pakutakse puhkuse õigeks planeerimiseks midagi isiklikest kogemustest kaalukamat ja laulupeo-sarnastel rahvapidudel pannakse päike paistma inimeste tahtmist mööda? Tõsi ju on, et kaasajal osatakse teatud määral ilma kunstlikult mõjutada ja leida vahendeid ilma vigadest üle saamiseks. Suusatajate jaoks on olemas kunstlik lumi, palju on ehitatud tehisjääga liuvälju. Ammugi osatakse nõrgendada tuult seal, kus tarvis, ja mõjustada aluspinna muutmise kaudu meteoelemente maalähedases õhukihis. Küllaltki edukad on ka pilvede ja udude hajutamise katsed. Kuid otsustavaks ilma parandamiseks vastavalt puhkajate vajadustele on sellest siiski vähe. Soodsate tingimuste korral hajutatakse võib-olla küll pilved Lauluväljaku kohalt XX üldlaulupeol, kuid vaevalt saavad sellest niipea kasu päevitajad.

Suuremat abi võib loota õigest pikaajalisest ilmaennustusest. Suuremat, kui ehk esimesel pilgul paistab. Täpne prognoos mitme kuu peale ette aitaks kõigil oma soovi järgi valida õige aeg puhkuseks või siis sõita paika, kus soovitud ilmad oleksid. Aga paraku ei lahenda ka seda küsimust lähemad aastad. Sellepärast peame lihtsalt põialt, et järgmine puhkus õnnestuks.

A. Tarand

---

* Ka XVII üldlaulupeo ajal 1969. a. oli ilus ilm. Tartus oli 15. juunil maksimaalne õhutemperatuur 25,8° C, Tallinnas 29. juunil 24,7° C. Keskmine tuule tugevus oli Tartus 4 m/s ja Tallinnas vastavalt 5 m/s. — *Toim.*

SAJAB, SAJAB

Sajab, sajab.
Kõik on lige.
Kärbes tige.
Koer on kuri.
Jonni ajab
Igamees.
Märg on, märg on
Pää ja turi —
Järg on, järg on
Kurjusel nüüd minu sees.

Olen toa ma
Tühjaks vahtind,
Olen värssidega jahtind,
Ikka joana
Rippumas musttuhat rihma
Vihma, vihma.

Juga ikka
Joa kaela
Uhab taevas,
Pikka-pikka
Märga paela
Kerib ümber kõige, et
Elad puha
Nagu laevas,
Ümberringi
Muud kui vett ja vett ja vett.

Uha, uha!
Ükstapuha.
Rooste söögu ukselingi!
Rooste küljes eneselgi —

Ons veel kelgi
Kuivi kingi.
Kuiva jalga, kuiva kätt?

Näole katkem higirätt.

Marie Under

ILM JA SPORT

Võib-olla vanemad spordihuvilised mäletavad, et meie kunagine parim tõkkejooksja ja sprinter Arvi Lopato jooksis 8. juulil 1956. aastal Tallinnas esmakordselt 100 meetrit 10,4 sekundiga. See mõjus tollal pommiplahvatusena, sest Eesti NSV rekord oli vaid 10,6 sekundit.

Et staadionil puhus taganttuul, siis pärast pikemat kaalumist otsustati tulemust rekordiks mitte kinnitada.

Tavaline spordisõber kehitas küll õlgu: «Pagana tuul», aga erilisi proteste ei tekkinud, sest Lopato ei suutnud hiljem oma tulemust ligilähedaltki korrata.

Kergejõustiklased värisevad iga ootamatu ilmamuutuse ees, sest nende peenelt väljareguleeritud stereotüüpsete stiili- ja võistlusvõtete juures tuleb kasutada siis improvisatsiooni. Iga improvisatsioon aga tähendab ülearust riski, kus senise treeninguga saavutatud potentsiaalseid varusid ei ole võimalik alati realiseerida. Samas purjesportlased aga ootavad parajat tuult, mis staadionilipud plagisema paneb, palli väravavahi näppude vahelt väravasse keerutab ja odakaartega õige imelikke trikke teeb.

Et tavalisele spordisõbrale tuul kõige nähtavam võistlustulemuste mõjustaja on, sest halva ilmaga ei viitsi ju keegi kodunt televiisori juurest lahkuda, siis proovime tuule tegusid veidi lähemalt analüüsida.

Nende ridade kirjutajal, kes on elukutse poolest matemaatik, tekkis pärast Lopato suurjooksu mõte, et peaks õige välja arvutama, kas tuule mõjul saadud kasu lahutamisest siiski midagi järele ei jääks? Siis oleks ajalooline tõde jalule seatud ning Lopato võiks rahulikult ütelda: «Ma jooksin siiski uue rekordi.»

Probleem ei osutunud eriti kergeks, sest jooksude kohta käiv kirjandus ei pakkunud ei spordi teoreetiliste aluste ega tuule mõju kohta kuigi palju. Lõpuks õnnestus leida aastat 40 tagasi ilmunud Inglise Kuningliku Seltsi toimetiste numbrist ülevaade inglase Hilli poolt aerodünaamilises torus tehtud katsetest jooksjatega.

Õhutakistus kasvab võrdeliselt kiiruse ruuduga ja segab seepärast sprinterit palju rohkem kui pikamaajooksjaid. Eesti paremad sprinterid

jooksevad 100 meetrit kiirusega 9,6 m/sek. Meie pikamaajooksjatel on 5000 m distantsil tulemuse 14.30 korral kiirus 5,75 m/s. Seega tuleb sprinteritel taluda umbes $(9{,}6 : 5{,}75)^2 = 2{,}8$ korda suuremat õhutakistust. Edasi sõltub õhutakistus jooksja keha pindalast, nurgast, mille all õhuvool tabab keha pinda ja lõpuks veel igale kehakujule omasest kindlast kujutegurist.

Loomulikult on siin tähtis vaid r e l a t i i v n e liikumine. Nimelt on ükskõik, kas keha liigub ja õhk on paigal või liigub õhk ja keha on paigal. Igal juhul valitseb liikuva keha esiküljel rõhk ja tagaküljel alarõhk, mõlemad liituvad ja moodustavad õhutakistuse.

Hill leidis aerodünaamilises torus teostatud mõõtmiste põhjal õhutakistuse väärtuseks:

$$R = 0{,}056 p V_0 \text{ (kG)}, \tag{1}$$

kus p on jooksja keha projektsioon vertikaalpinnale ja V_0 relatiivne kiirus.

Jooksja keha vertikaalprojektsiooni leidmiseks tuleb vaid pikkuse ruut korrutada konstantse suurusega 0,146. Seega 1,84 m pikkuse mehe vertikaalprojektsioon on parajasti 0,5 m^2.

Edasiseks lepime mõnevõrra lihtsustatud eeldustega, et jooksja poolt tehtud töö hulk jaguneb ühtlaselt kogu distantsile. Peale põhijõu k (keha kaal) tuleb jooksja lihastel rakendada õhutakistuse ületamiseks jõudu R (valem 1). Tähendab, tuulevaikuse korral arendab jooksja võimsust

$$W = (k + 0{,}056 p V_0^2) V_0 \ \frac{\text{kGm}}{\text{s}}. \tag{2}$$

Nüüd oletame, et jooksu ajal puhub piki jooksurada tuul kiirusega L meetrit sekundis. Sel korral jooksu tingimused muutuvad, kuid eeldame endiselt, et jooksja on võimeline endast välja pigistama sedasama maksimaalset võimsust W, mida tuulevaikusegi korral. Oletame konkreetsuse mõttes, et puhub just vastutuul kiirusega L m/s. Tänu õhutakistuse suurenemisele pole V_0 enam sama, vaid väheneb. Tähistame selle uue kiiruse tähega V. Tähendab, takistust andev relatiivne kiirus on $V + L$ ja võimsus

$$W = [k + 0{,}056 p (V + L)^2] V. \tag{3}$$

(Muide, kui puhub pärituul, on L ees miinusmärk!)

Kuna me eeldame, et jooksja suudab nii tuulevaikuses kui tuule korral arendada võrdset võimsust, siis saame

$$(k + 0{,}056 p V_0^2) V_0 = [k + 0{,}056 p (V + L)^2] V. \tag{4}$$

See seos annab võimaluse V arvutamiseks k, p, V_0 ja L kaudu. Selle

asemel, et iga kord lahendada V leidmiseks kuupvõrrandit, võime kasutada ka arvutamiseks sobivamat valemit, mis on saadud valemi (4) teisendamise teel

$$\Delta t = \frac{t_0\left[2\frac{L}{V_0}+\left(\frac{L}{V_0}\right)^2\right]}{\frac{k}{0{,}056pV_0^2}+3+2\frac{L}{V_0}}. \qquad (5)$$

Selles valemis tähistab t_0 distantsi läbimiseks kulunud aega tuulevaikuses, ülejäänud suurustest rääkisime eespool. Valem (5) sobib kuni tuule kiiruseni 8 m/s. Nüüd oleme siis varustatud valemiga, mis lubab arvutada nii vastu- kui pärituule mõju jooksuajale. Selle õige mõnu, tuule toime leidmise jätame juba lugeja hooleks.

Üsna analoogiliselt saab leida ka tuule mõju kaugushüppele. Eeldame, et hüppaja lahkub hüppelaualt horisontaalse kiirusega u_0. Õhutakistuse tõttu saab u vähenduse $\frac{du}{dt}$. Newtoni seaduse põhjal

$$m\frac{du}{dt} = -0{,}056p\,(u \pm L)^2,$$

kus L on tuule kiirus ja $m = \text{kaal (kG)} : 9{,}81$. Pärast diferentsiaalvõrrandi lahendamist saame hüppekauguse muutuseks

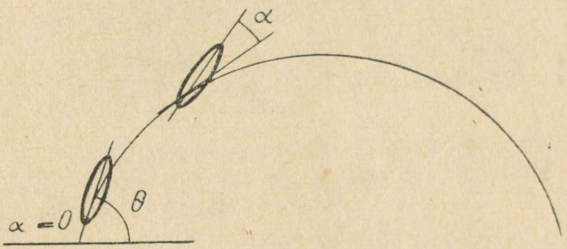
$$\Delta x = -\frac{0{,}028p}{m}\left(1 \pm \frac{L}{u_0}\right)^2 x_0^2,$$

kus x_0 on hüppe pikkus meetrites (tuulevaikuses). Lihtsa vaevaga võib veenduda, et tuule mõju hüppe ajal on praktiliselt tühine, võrreldes hüppe pikkuse muutusega, mis on tingitud jooksukiiruse muutumisest.

Kui te arvate, et tuul aiva segab kergejõustiklasi, siis see pole päris õige.

XVII olümpiamängudel Melbourne'is oodati põnevusega duelli kettaheites itaallase A. Consolini ja ameeriklase F. Gordieni vahel. Mõlemad olid treeningul heitnud ketast üle 60 meetri. Ootamatult asus aga medalite jagamisel oma tähtsust tõestama ka tuul. Oma esimese kuldmedali võitis meile kõigile tuttav neljakordne olümpiavõitja Alfred Oerter uue isikliku rekordiga 56,36. Nagu kirjutab meistersportlane A. Samotsvetov ajakirja «Ljohkaja Atletika» 1960. aastakäigu mainumbris, oli tuulepoistega tõsiselt kimbus ka tuntud nõukogude kettaheitja ja hilisem maailmarekordiomanik K. Buhhantsev. Veidi enne olümpiat oli ta heitnud

55,48, olümpial olid ta kettakaared ebatavaliselt kõrged, kuid lühikesed — 45—48 m. Nii et Oerter sai tuulest jagu, konkurendid mitte. Kas teda aitas see, et ta insener oli ja võib-olla enda jaoks igale ilmale vastavad heitenurgad välja oli arvutanud, seda ei oska muidugi ütelda. Tõsi on aga see, et just samal ajal uuris B. Tutevitš kettalennu aerodünaamikat ja tegi vale järelduse, et ketta väljalennunurk võib varieeruda õige laiades piirides. Samotsvetov tõestas hiljem, et vastavalt tuule tugevusele leidub siiski sobiv nurk. Õieti tuleb siin rääkida kahest nurgast — väljalennunurgast Θ ja ründenurgast α. Väljalennunurk Θ on nurk horisondi ja ketta trajektoori puutuja vahel. Ründenurk α on nurk ketta tasapinna ja trajektoori puutuja vahel (joon. 1).



Joon. 1.

Samotsvetov tõestas, et nii Θ kui α täpsed väärtused on maksimaalse lennukauguse saavutamiseks õige tähtsad. Ta arvutas välja tabelid, kus vastavalt ketta algkiirusele v ja nimetatud nurkade väärtustele on toodud võidetud ja kaotatud kettakaare meetrid. Neid tabeleid me siin kordama ei hakka, vaid piirdume paari näitega.

Oletame, et tuulevaikse ilmaga heitis sportlane 22 m/s algkiiruse juures ketta optimaalse väljalennunurgaga $\Theta = 36°$ ja ründenurgaga $\alpha = 0$. Siis on ta tulemus 53,9 m. Kui tõuseb vastutuul kiirusega 4 m/s, siis muutub optimaalne väljalennunurk 8° võrra väiksemaks. Juhul kui võistleja heidab ketta 28° nurga all, saavutab ta 55,0 meetrit, s. o. 1,1 meetrit rohkem kui vaikse ilma puhul. Kui võistleja heidab siiski endise nurgaga 36°, siis kaotab ta 4,3 meetrit, saades tulemuseks vaid 50,3 meetrit. Ilmselt tuleb seda katset lugeda ebaõnnestunuks. See pole aga veel kõik. Kui sportlane ei suuda kettale anda õiget ründenurka, vaid laseb sellel kasvada kas või ainult väärtuseni $\alpha = +5°$, siis tekib veel 1,5-meetrine lisakadu. Nii et kokkuvõttes kaotab heitja $4{,}3 + 1{,}5 = 5{,}8$ meetrit ja saab võimaliku 55 meetri asemel vaid 49,2 meetrit!

*

Põgus pilk ilmataadi tujudesse ei piirdu loomulikult tooduga. Näiteks purjetamisel on õige marsruudi valik selline ülesanne, kus on vaja kasutada nii tõenäosusteooriat kui kaasaegset matemaatilist mänguteooriat. Õigupärast peaks igal purjekal olema väike mõõtmislaboratoorium koos miniatuurse elektronarvutiga, et arvutada optimaalset strateegiat, sõltuvalt hetkelisest olukorrast, tuule ja vastaste positsioonivaliku prognoosist ning lõpuks ka sellest, kuidas eelmised sõidud on kulgenud ja kui suure riski peale te soovite välja minna. Põhimõtteliselt kõigiti realiseeritav projekt, ainult et purjetajad kihutavad siiski ikkagi kogemuste ja tunnete varal...

L. Võhandu

SÜGISE KÄSK

Neelata päikest kui janune jooja,
kaukasse toppida kaduvat sooja —
see on: sügise käsk.

Hõlmaga varjata süüdatud tikku,
visata kuutekkel toobrisse likku —
see on: sügise käsk.

Vaadata traatide tuhandepäisust,
hirmuga tajuda koitude jäisust —
see on: sügise käsk.

Lisada tumedat õhtute jumme,
lipata kilgates lehtede lumme —
see on: sügise käsk.

Loit Tiitsar

OTSTARBEKOHASE RIIETUSE TEADUSLIKUD ALUSED

Riietuse ajalugu ulatub kaugesse ürgaega; riietuse teaduslikku uurimist alustati alles möödunud sajandil. Riietuse arenemine on olnud empiiriline, kusjuures selles võib täheldada kaht ajendavat jõudu — otstarbekohasus ja mood. Need jõud ei ole ühesuunalised ega ole ka üksteisest sõltuvad. Mood on sageli mõjutanud riietuse arenemist otstarbekuse suhtes negatiivselt, ereda näitena selle kohta võiks mainida korsetti, millest saadi võitu alles käesoleva sajandi algul. Et aga mood on äärmiselt muutlik ja et on välja mõeldud ikka uusi ja uusi riidemoode, siis on mood vahel leiutanud ka selliseid riietusesemeid, mis on otstarbekohased ning vastavad tervishoiu nõuetele.

Tuleb arvestada ka seda, et moeloojate sanitaarkultuuriline ja üldkultuuriline tase on viimastel aegadel märgatavalt tõusnud, seepärast on päris idiootlikke moekarjatusi tunduvalt vähemaks jäänud. Moeloojad arvestavad uute moodide loomisel selliseid uudsusi, mis ühtaegu vastavad otstarbekuse ja hügieeni nõuetele. Mood on jäänud endiselt diktaatoriks, kuid on muutunud «arukamaks».

Tänapäeva riietust mõjustavad rohkem kui kunagi varem kutsetöö ja sport. Töö- ja spordiriietus e i s a a olla ebaotstarbekohane ja tervisevastane.

Riietusel on täita palju mitmesuguseid ülesandeid. Ta peab kaitsma inimorganismi väliskeskkonna füüsikaliste tegurite — madala temperatuuri, tuule, kõrge või madala õhurõhu (tuukrid, allveesportlased, lendurid, kosmonaudid), vihma ja lume eest. Peale selle peab riietus kaitsma inimese keha mehhaaniliste ning keemiliste tegurite kahjustava toime, kiskjate, mürkmadude hammustuste, verdimevate putukate pistete, tolmu ja mikroobide eest.

Riietuse kaitsefunktsioonid on viimaste aastakümnete vältel tunduvalt laienenud. Niipea kui avastati röntgeni- ja radioaktiivne kiirgus, kui hakati kasutama tugevaid ultraviolettkiirguse allikaid, tekkis vajadus vastava kaitseriietuse järele. Uusi tervisele kahjulikke faktoreid on kogu aeg juurde tulnud ja kõigi nende eest peab riietus kaitset pakkuma.

Kuid riietusel on ka teisi funktsioone: eelkõige seksuaalsed funktsioonid vastassugupoole ligimeelitamiseks (väljasuremisel olev frakk, dekoltee, miniseelik jne.). Riietus on olnud iidsetest aegadest peale vahetegijaks rikka ja vaese, ülemuse ja alama vahel, ka mehe ja naise, noore ja vana vahel jne.

Siit järeldub loogiliselt: ei saa olla mingit universaalset riietust, mis oleks kasutatav igasugustes tingimustes, vaid riietus peab ülimal määral varieeruma vastavalt olukorrale ja tingimustele.

Riietusküsimus vajaks omaette teadust, kuid imelikul kombel sellist teadust, riietusteadust, tekkinud ei ole. Riietusega seoses olevaid teaduslikke küsimusi on püüdnud jõudu ja tarvidust mööda lahendada mitmesuguste erialade teadlased, seepärast on paljud riietuse-alased teaduslikud probleemid tänapäevani lahendamata või puudulikult lahendatud. Ei ole asutatud ka spetsiaalseid uurimisasutusi.

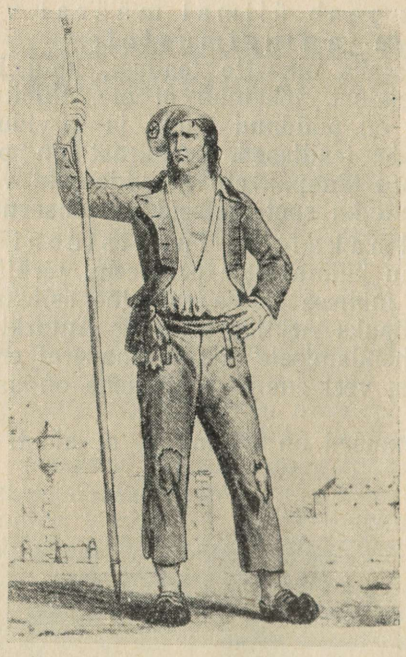
Riietuse külmakaitse funktsiooni võib lugeda kõige olulisemaks, sest tänu külmakaitse probleemi järkjärgulisele lahendamisele sai võimalikuks inimese elama asumine esiteks subtroopikasse, siis parasvöötmesse ja lõpuks Arktikasse ning Antarktikasse. Tänu riietusküsimuse edukale lahendamisele ei ole maakeral enam kohta, kuhu inimene ei saaks minna, veel enam — inimene on asunud kosmost vallutama.

Füsioloogide uurimused on näidanud, et alasti tunneb inimene end



Joon. 1. Veel käesoleva sajandi algul tuldi plaažile sellises rõivastuses.

hästi siis, kui ümbritseva õhu temperatuur on 26—28° C. Tänu esimesele «külmakaitsevööndile» — elamule — ja teisele «külmakaitsevööndile» — riietusele — on õhutemperatuuri keha vahetus läheduses võimalik hoida enam-vähem püsivalt 28—32° C piires ja õhu relatiivset niiskust 20—40% piires.



Joon. 2. Prantsuse XVIII saj. kodanliku revolutsiooni ajal muutus rõivastus ja selle värvus poliitiliste veendumuste demonstreerimise vahendiks. Sankülotid — demokraatlike lihtrahvakihtide esindajad — kandsid lihtsat riietust, pikki pükse, nn. pantalone, lühikeste hõlmadega kuube, nn. karmanjooli ja puukingi.

Valides sobiva soojapidavusega riietuse, võime tasakaalustada inimese soojaproduktsiooni ja soojakao erinevate meteoroloogiliste tingimuste korral.

Alasti ja riietatud inimese soojakaost saame ülevaate lk. 289 toodud tabelist.

Varem arvati, et riiete külmakaitse- ehk soojusisolatsioonivõime oleneb riidekiudude keemilisest koostisest, nende soojusjuhtivusest, hügro-

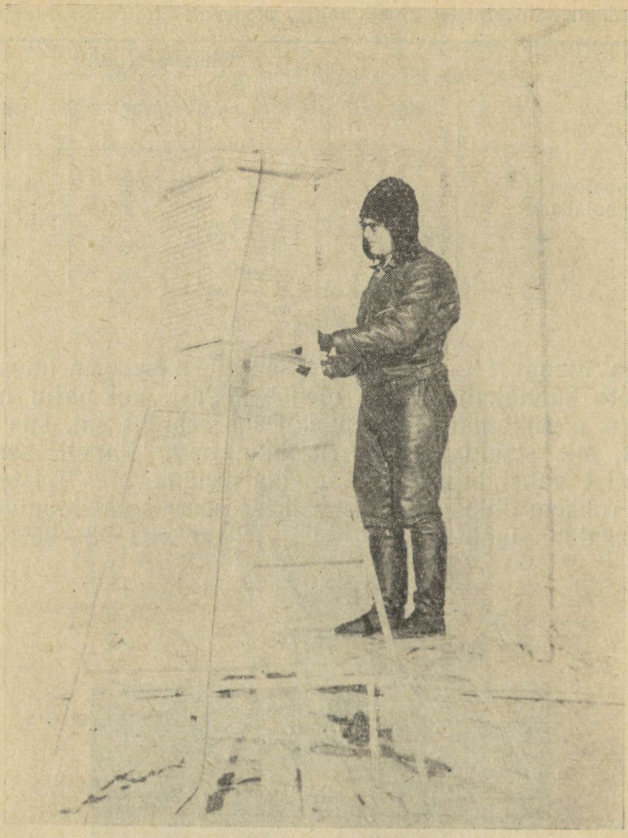
Soojakadu kilokalorites tunni kohta, olenevalt õhutemperatuurist

	Õhutemperatuur				
	0°	5°	9,5°	15°	20°
Alasti inimese soojakadu	422	277	200	154	97
Riides inimese soojakadu	253	172	130	90	60
Sooja kokkuhoid:					
kilokalorites	169	105	70	64	37
protsentides	40	38	35	41	41

skoopsusest ja muudest omadustest. Rohkearvulised uurimused on näidanud, et riiete külmakaitsevõime oleneb sellest, kui palju nad sisaldavad inertset (s. o. liikumatut) õhku; kui see selgeks sai, siis hakati valmistama riiet, mis sisaldas rohkesti õhku, nagu flanell, samet, trikoo, vatiin või vatist vahekihiga riie, kunstkarusnahk jne. Teiste sõnadega, riidesse viidi rohkem õhku. Näiteks väikese soojaisolatsioonivõimega libe ja sile riie sisaldab umbes 50% õhku, trikoo aga 93—95%, vatt 99% ja enamgi.



Joon. 3. Vana režiimi poolehoidjad püüdsid Prantsuse XVIII saj. kodanliku revolutsiooni ajal kinni pidada ebahügieenilisest liialdusterohkest rokokoomoejoonest.



Joon. 4. Antarktika-uurija suverõivastuses. (*E. Kreemi foto.*)

Tähtis on ka see, et riidesisene ja riidekihtide vaheline õhk võimalikult vähe liiguks tuule toimel. See saavutatakse sellega, et mitmekihilise talveriietuse välimine kiht tehakse tuulekindlast materjalist (tuulepluus, tuulekuub jne.) ja riietusesemed konstrueeritakse nii, et kusagilt külma õhku riidekihtide alla ei pääseks (kinnised käised, püksisääred, krae).

Külmakaitse seisukohalt on tähtis veel see, et keha ümbritsevate riiete sisene ja vaheline õhukiht jääks kõikjal ühepaksuseks.

Riiete paksust, s. o. soojusisolatsioonivõimet ei saa aga lõpmatult suurendada. Piiriks on umbes 4 cm. Kui riiete paksus on üle selle, siis

on liikumine ja töötamine praktiliselt võimatu või äärmiselt raske.

See, mida inimene on saavutanud riietuse alal tuhandete aastate vältel kogutud empiiriliste tähelepanekute abil ja umbes 100 aastat kestnud teaduslike uurimuste alusel, on tal võimaldanud tungida Arktikasse ja Antarktikasse, kuid inimese riietus jääb ikkagi kaugele maha loomade ja lindude «riietusest». Loomade karvkatte soojusisolatsioonivõime oleneb ka karvkatte õhusisaldusest, s. o. õhukihi paksusest. Troopikamaade loomadel on karvkate võrdlemisi õhuke ja hõre, parasvöötme loomastiku karvkate on paksem ja tihedam, Arktikas veelgi paksem ja tihedam.

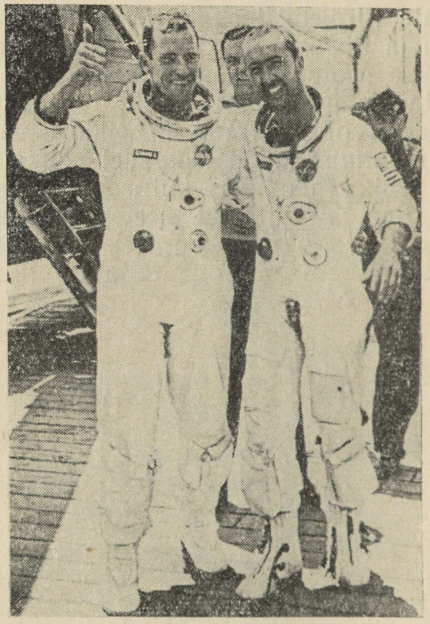
Loomade karvkatte soojusisolatsioonivõime on suurel määral «automaatselt» reguleeritav ja isegi kahel viisil: 1) suvine karvkate on õhem ja hõredam, karvade (villa) paksus ja pikkus väiksem kui talvel ja 2) karvade asendi muutmisega on loomadel võimalik soojusisolatsioonivõimet suurendada või vähendada; kui sooja ilmaga karvad liibuvad nahale, siis külma ilmaga tõusevad need kohevile — karvkatte õhusisaldus ja ka paksus tõuseb mitmekordseks. Vaadelgem kas või kasse ja koeri suvel ja talvel. Analoogiline lugu on lindudega — pakasega



Joon. 5. Nii riietuvad lapsed Jakuutias, põhjapoolkera külmapooluse piirkonnas (madalaim registreeritud temperatuur —70°).

on varblane ja tihane üsna potsakad linnud, sooja ilma puhul aga tillukesed. Ka linnud vahetavad sulgi — sulivad.

Inimese riietusel puudub analoogiline automaatne reguleerimisvõimalus, kuid tekstiili-uurijad murravad juba pead selle üle, kuidas luua reguleeritava paksusega (õhusisaldusega) riiet.



Joon. 6. Kosmonaudid spetsiaalrõivastuses.

Teoreetiliselt ja osalt ka praktiliselt on võimalik köetav riietus, kusjuures riietusesemetesse on paigutatud elektriküttekehad. Sellise köetava riietuse kandmine tuleb esialgu kõne alla ainult seal, kus inimene viibib liikumatult või liigub vähe ja kus elektrienergia on käepärast, nagu näiteks lenduritel.

K a i t s e n i i s k u s e j a t u u l e e e s t. Kuigi riiete külmakaitsefunktsioone on kõige enam uuritud, on riideid ja vastavaid materjale uuritud ka muudest aspektidest, näiteks minimaalse ja maksimaalse niiskusemahutavuse, veeläbilaskvuse, märguvuse, hügroskoopsuse, märgunud riide kuivamiskiiruse jne. seisukohalt. Kõik need omadused aval-

davad mõju riiete külmakaitsevõimele. Märgunud riide soojusjuhtivus võrdub vee soojusjuhtivusega, kuiva riide soojusjuhtivus aga õhu soojusjuhtivusega, mis on teatavasti 28 korda väiksem kui veel. Sellepärast ongi näiteks märg särk külm. Soojakadu märgade riietusesemete kandmisel on suurem veel sellepärast, et märgunud riietusesemete välispin-



Joon. 7. Aafrika neegritel on kehakate sageli ainult kaunistuseks.

nalt aurab niiskust, ja nii võib märgade riiete kandmine põhjustada külmetushaigusi ja külmumist.

Riietusesemete kaitseks niiskumise või märgumise vastu on leiutatud mitmesuguseid abinõusid — mittemärguv riie, vett mitteläbilaskvad riietusesemed (suur sortiment vihmamantleid, vihmavarjud jne.), kuid ka selles osas jääb inimene maha veelindudest ja -loomadest.

On uuritud ka riiete õhuläbilaskvust, sest see tagab sobiva mikrokliima riiete ja ihu vahelises ruumis (temperatuur umbes 28—32° C, õhu relatiivne niiskus umbes 20—40%). Mõningatel juhtudel on vajalik riiete õhuläbilaskvust suurendada (kõrge välistemperatuur, suur higi-

Mõningate loomade karvkatte ligilähedane paksus

Loomaliik	Karvkatte paksus, cm
Mutt	0,5
Nirk	0,7—1,3
Orav	1,5—2,0
Nugis, küülik	2,5—2,0
Kobras, rebane, koer, põhjapõder	3,0—4,5
Polaarrebane	4,5—6,0
Hunt, karu, jääkaru, lammas	6,0—7,5

eritus), mõningatel juhtudel vähendada (tugev tuul, madal õhutemperatuur).

Kaitse kõrge ja madala õhurõhu eest. Sügavustes, milleni laskuvad tuukrid ja akvalangistid (kuni 100 m), erilist rõhuvastast kaitset ei ole vaja, sest organismi siserõhk tasakaalustub üsna pea välisrõhuga. Madala rõhu puhul, nagu kosmonautidel kosmoselaevast väljumisel või lenduritel kõrglendudel avarii puhul, on vajalik spetsiaalne riietus, mis tagab teatud rõhu riietuse all.

Kaitse radioaktiivse kiirguse ja radioaktiivse tolmu eest on viimasel ajal ikka aktuaalsemaks muutunud. Radioaktiivse kiirguse eest kaitseb riietus, mis ei lase läbi α-, β- ja γ-kiirgust, kuid siin on teatud piirid, sest tugevama kiirguse puhul peaks kaitseriietus olema ülemäära paks ja raske. Radioaktiivse tolmu eest kaitseb hermeetiline riietus, kuid radioaktiivse kiirguse eest selline ülikond kaitset ei paku.

Kaitse mürgiste või söövitavate keemiliste ainete eest nõuab ikka enam tähelepanu. Ongi välja töötatud mitmesuguste omadustega eririietused vastavalt sellele, mille eest nad peavad organismi kaitsma. Kaitseriietuse kohta kehtivad meil kindlad nõuded ja normid.

Riiete elektrilised omadused. Viimastel aegadel, kus kasutusele on võetud sünteetilised materjalid, on esile kerkinud riiete elektriliste omaduste probleem, sest mõningatesse sünteetilistesse riietusesemetesse koguneb staatilist elektrit. Kunagi oldi seisukohal, et näiteks staatilist elektrit koguv pesu on reuma puhul raviva toimega («reumaatiline pesu»), selline arvamus ei ole teaduslikult põhjendatud. Me ei saa aga ka eitada, et staatilise elektriga laetud riietusesemed ei võiks kasulikud olla mõne haiguse või haiguslike seisundite puhul. See küsimus vääriks siiski uurimist. Seni me teame ainult, et sünteetilistest materjalidest (karusnaha imitatsioonist) mantlid võivad elektriseeruda nii tugevasti, et saame üsna valusa elektrilöögi.

Riiete värvus. Ürgselt kandis inimene mitmesuguste loomade nahku. Ilmselt jäi nende värvus muutumatuks, vahe oli vaid selles, milliste loomade nahku kasutati. Hiljem õpiti ka riiet valmistama-värvima. Praktikast sai selgeks (seda tõestati hiljem ka teaduslikult), et tugeva päikesekiirguse puhul on kõige parem kanda valgeid riietusesemeid — valgelt pinnalt peegeldub suur osa kiirgusest tagasi (kuni 80%). Valge riietus kaitseb keha paremini ülekuumenemise eest. Tänapäevalgi näeme, et troopikamaade elanikud, vaatamata sellele, et neil on nõrkus kirevate esemete vastu, eelistavad valgeid riideid (India, Aafrika jne.). Suvekuudel kantakse isegi parasvöötme maades valgeid riideid.

Kuigi tavaliselt armastatakse kanda silmapaistvat riietust, siis teatud juhtudel ei ole see otstarbekohane. Näiteks jahimeestel on kasulikum ühte sulada ümbritseva loodusega, nad kannavadki suvel rohelisi, talvel valgeid riideid. Niisamasugune lugu on sõduritega. Analoogilised «maskeerimiskostüümid» on «moes» paljude loomade ja lindude juures (valgejänes, jääkaru, polaarrebane jne.), küllap inimene neilt õppust võttiski.

Vahel tuleb inimesel viibida või töötada tingimustes, kus on paratamatu määrdumine tahma, nõe, määrdeõlidega jne., siis kantakse musta riietust, et määrdumist varjata. Samal eesmärgil kannavad mehed tumedaid või mustrilisi päevasärke. Isegi Pariisi mood eelistab tumedama värvusega riietusesemeid, sest hele määrdub linnaõhus leiduvast nõest, tahmast ja tolmust väga kiiresti (vaadake, milline näeb välja kevadine lumi linnas!).

Signaalriietus. Eelnevast näeme et paljudel juhtudel püüab inimene (ka loom, lind ja putukas) end riide värvuse abil märkamatuks teha, kuid on olukordi, kus riietus annab automaatselt edasi informatsiooni, signaliseerib. Näiteks tänavaliikluse reguleerija silmatorkav riietus ütleb: «Mina olen siin, pange minu korraldusi tähele!» Kes ei tunneks otsekohe ära jaamakorraldajat? Tuletõrjuja riietus ütleb: «Võitlen kahjutulega. Ärge mind segage!» Analoogilisi signaalriietusi on palju.

Kuid on teistsuguseid signaalriietusi, mis osalt annavad informatsiooni isikute kohta, kes neid kannavad (arst, õde, sanitar, juuksur, müüja jt.), kuid ühtlasi ka hügieeni seisukohalt väga tähtsat informatsiooni eseme enda seisundi kohta. Näiteks arsti või müüja valge kittel signaliseerib määrdumise korral: «Olen määrdunud. Olen infitseeritud mikroobidega. Vajan pessu saatmist.» Seda laadi signaalriietus levib aasta-aastalt üha enam koos sanitaarkultuuri taseme tõusuga. Meenutagem, et umbes sada aastat tagasi, kui elas ja töötas Pirogov, opereeris nii tema ise kui ka teised tolle aja kirurgid tavalises tänavariietuses!

Mustusest, määrdumisest signaliseerivad ka valge pesu, valged päevasärgid, pluusid, valge krae, mansetid jne. Sellised signaalriietuse osad määrduvad ja lasevad end tarvitada ainult puhastena. Seega on

nad puhtuse pidamise mõttes väga head. Olen näinud tumedavärvilisi või mustrilisest «mittemäärduvast» riidest päevasärke, mida oli kasutatud mitu nädalat järjest! Need särgid signaliseerivad määrdumisest vastiku lagunenud higi haisuga.

Signaalriietusele tuleb rohkem mõtelda! Kandkem vähem riietusesemeid, mis «ei määrdu»!

Lõpuks esitame kõige üldisemad nõuded riietuse kohta, mis peavad olema juhisteks riietusküsimuste teaduslikul lahendamisel.

1) Riietus peab laitmatult täitma oma kaitsefunktsioone.

2) Riietus peab olema võimalikult kerge ja valmistatud pehmest materjalist.

3) Riietusesemed ei tohi rõhuda üksikutele kehaosadele, häirida vereringet, hingamist ega muid organismi funktsioone, ei tohi ärritada nahka ega takistada liikumist.

4) Riietusesemed peavad säilitama kandmisel oma normaalse kuju, võimalikult vähe määrduma ja olema kergesti puhastatavad; riietumine ning lahtiriietumine peab olema hõlpus.

5) Riietusesemed peavad lõike, kuju ja värvuse poolest vastama esteetika nõuetele.

M. Kask

KAS MOEJOON ARVESTAB ILMA?

Inimese rõivastuse määrasid alguses alati välistingimused — selle maa ilmastik ja loodus, kus ta elas. Loodus andis riiete jaoks materjali, ilmastik määras selle vormi ja vajaduse. On üsna loomulik, et polaarmaade elanikud mähivad ennast nahkadesse, troopikas aga piisab bastikiududest punutud niudevööst. Vastavalt esteetilistele tõekspidamistele ja aegade jooksul väljakujunenud tavadele kaunistati riietust mitmesuguste lisandite ja mustritega, mis võisid varieeruda olenevalt välismõjudest või kasutamisajast. Pidulikel juhtudel kanti uhkemaid peakatteid või vöösid, tööl või jahil pandi selga lihtsamad ja mugavamad rõivad kui pulmas või mitmesuguste rituaalide täitmisel. Ürgset kommet kanda kindlatel juhtudel teatavat kindlat vormi või värvi riietusesemeid nimetamegi tavaliselt moeks, kuigi niisugusel moel puudub hilisemate ajastute moe mõistega kaasnev muutlikkus, kalduvus äärmuslikkusse ja põhjendamata liialdustesse.

Vastavalt sellele, kuidas riietumise ja käitumise maneeris hakkavad ilmnema taotlused esile tõsta rõivaste kandja seisust või majanduslikku seisundit, varjata või välja tuua mõnda kindlat kehaosa, muuta siluetti naiselikumaks või rõhutada figuuri mehelikkust, lahkub mood oma loogilise ja loomuliku arengu pinnalt ja satub pahatihti otsesesse vastuollu tegeliku elu vajadustega. Edevus, matkimisiha, massipsühhoos sundisid inimesi kandma rõivaid, mis käisid neile üle jõu mitte üksi hinnalt, vaid tihti lihtsalt ka kaalu poolest, mis muutsid nende kuju naeruväärseks meie tänapäeva mõiste järgi, mis olid nii ebamugavad, et nende kandmine valmistas otsest füüsilist piina. Sajandite jooksul liikusid moeepideemiad perioodiliste puhangutena üle kogu kontinendi niisama tõkestamatult kui gripilained. Moeviiruse nakkuslikkus on aga tohutult suurem kui ühelgi teisel tõvel — immuunseid peaaegu ei ole. Huvitav on seejuures märkida, et kuni möödunud sajandini on moepisik möllanud ainult Euroopa mandril. Kui ka rõivastus kõikide rahvaste juures aegade jooksul on muutunud, siis on selleks olnud tavaliselt teised põhjused. Muidugi ei saa sellest kohe teha järeldust, et just Euroopas on ilmastikutingimused eriti soodsad moenarruste kultiveerimiseks!

Ilmastiku mõjust moe arengule moe ajalugu peaaegu vaikib, nende vastuoludest toob aga rikkalikult näiteid. Ilmaga ja kõikide loodusnähtustega, mis seda ilma meie planeedil teevad, on mood alalõpmata sõjajalal seisnud. Nii mõnelgi juhul on ohvrite arv selles ebavõrdses võitluses olnud üsna suur.

Alates antiikajast kuni käesoleva sajandini on Euroopa naiste suhted päikesega olnud üsna kehvad. Päike kõrvetas nende kaunilt kahvatu naha punaseks või pruuniks, muutis ninad ja otsmikud tedretäpiliseks. Selle kaitseks leiutati juba Kreekas peagi vastav peakate — laiaäärediine terava põhjaga ketas, mis kinnitati rätitaolise pealisrõiva külge ja



Joon. 1. Kreeka naise kübar-päevavari, 4. saj. e.m.a.





Joon. 2 (*vasakul*). Maailma suurim kübar, 20. saj.

Joon. 3 (*paremal*). Flandria naine vihmarätiga, 16. saj.

mida oli võimalik koos rätiga ümber paigutada vastavalt päikese suunale (joon. 1). Lõunapoolsetes maades on päevavari peaaegu alati olnud naiste rõivastuse lahutamatuks osaks. Teda võis vahel asendada laiaäärelise kübar, mis erines teistest peakatetest selle poolest, et teda kanti ainult tänaval, mõnikord ka vastav näokate (joon. 5), mis kaitses ühtlasi tuule ja külma eest ja oli kasulik ka juhtudel, kui vajati erilist diskreetsust. Ent kui kübarad muutusid nii laiaäärelisekс, et nad olid suuremad kui vaese mehe söögilaud (joon. 2), siis oli see järjekordne moekapriis, milles päikest süüdistada oleks ilmselt ülekohus. Ainult 15. sajandil, kui Itaalias läksid moodi nn. Tizian-punased juuksed, pöördusid naised abi saamiseks päikese poole: tumedate juuste pleegitamiseks tuli põhjata kübaras istuda tundide kaupa päikese all, nii piinarikas ja tüütu kui see protseduur ka ei olnud.

Vihma suhtes on naised olnud palju ükskõiksemad — nad lihtsalt ei läinud välja, kui vihma sadas. Äärmisel juhul, näiteks kirikusse minemisel, mida tuli teha olenemata ilmast, kõlbas vihma kaitseks väga hästi ka päevavari. Nii on 1715. a. ilmunud «Frauenzimmerlexikonis» öeldud, et «parasol» (s. o. päikesekaitse) on vahariidest vari, mida naised

kasutavad nii päiksepõletuse vastu kui ka vihma puhul. Sel ajal olid varjud juba avatavad ja suletavad. Euroopa põhjapoolsetes, vihmarikastes rajoonides on kasutatud ka omapäraseid vihmarätte (joon. 3). Niisuguse mantlikujulise riidetüki ülemise ääre sees oli pea kohal traat või vits, mis hoidis riide pingul ja näost eemal nagu varju.

8. sajandil hakkasid meeste moes domineerima lühikesed mantlid. Esialgu põrkas uus mood tugevale vastuseisule. Nii ütles frankide kuningas ja Rooma keiser Karl Suur: «Milleks need lapid head on? Voodis ei ole ma nendega korralikult kaetud, ratsutades ei kaitse nad ei tuule ega külma eest ja sääred külmetavad üldse kogu aeg.» Hoolimata kuninlikust vastuseisust ja uute mantlite kõrgest hinnast (nii nagu tänapäevalgi on lühikesed ja moodsad kallimad vanadest pikkadest mantlitest) jäi võitjaks mood. Varsti näeme ka keisrit ennast lühikeses, paremal õlal pandlaga kinnitatud mantlis (joon. 8). Olukord muutus veelgi halvemaks mõni sajand hiljem, kui lühemaks hakkasid muutuma ka meeste kued, käised kuni õlanukini lõhki lõigati ja moodi tulid suured dekolteed. Õlgadele riputatud lühike riidetükk oli rohkem dekoratiivne





Joon. 4 (*vasakul*). Naise talverõivastus 1781. a.

Joon. 5 (*paremal*). Naise talverõivastus 1643. a.





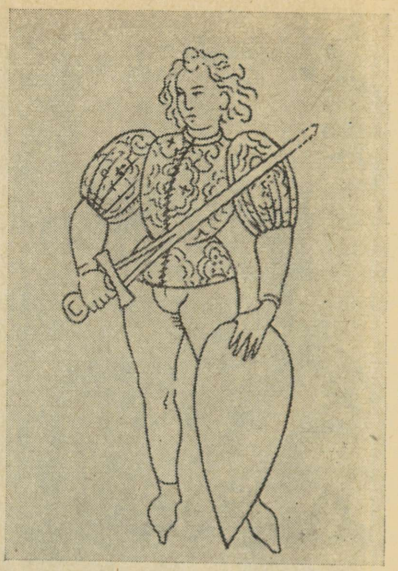
Joon. 6 (*vasakul*). «Armastajapaar», 15. saj.

Joon. 7 (*paremal*). Saksa mees, 16. saj.

lisand kui mantel (joon. 6). Soojemaid pealisrõivaid ei saanud kanda aga mitmel põhjusel. Esiteks oli klassiühiskonnas riietusel üks põhilisi ülesandeid tema kandja seisuse määramine, mida ei tohtinud mingil juhul pealisrõivastega varjata. Teiseks puudus ajaloolisel riietusel täiesti jaotus aastaaegade järgi, nii nagu me tänapäeval tunneme rõivastuse sügis-talvise või kevad-suvise hooaja erinevusi. Jõuka mehe garderoob võis koosneda küll kümnetest või sadadest ülikondadest, kuid nad kõik olid enam-vähem ühesuguse lõikega ja ühesugusest materjalist. Et rõivad olid reeglina väga kallid, siis ei tahtnud keegi neid varjata. Otse vastupidi, ränka raha maksvat toredust tuli demonstreerida kõikjal ja kõigile, eriti madalamatele seisustele ja vaesematele kaaslastele.

Mõningal määral läks asi paremaks, kui moejoon hakkas nõudma meestelt laiemat rinda ja tugevamaid õlgu. Riiete vateerimiseks hakati kasutama villa, takku või sulgi (joon. 9). Kuid moele nii iseloomuliku omaduse tõttu alati kõikuda äärmusest äärmuseni võttis vateerimis-





Joon. 8 (*vasakul*). Karl Suure pronksstatuett, 9. saj.

Joon. 9 (*paremal*). Mees vateeritud kuue ja käistega, 14. saj.

vaimustus varsti fantastilise ulatuse. 16. sajandil topiti meeste kahekordsed põlvpüksid nii pungil täis igasugust täitematerjali, et nad sarnanesid kõrvitsatega. Ka kuub muutus pikemaks, ulatus põlvini või isegi maani ja oli seest vooderdatud karusnahaga (joon. 7). Häda muidugi oli selles, et niisuguseid riideid ei kantud mitte üksi talvel ja õues, vaid ka toas ja suvel, ja seda nii Itaalias kui Hispaanias, kus suvine temperatuur ületab sageli 30 kraadi. Sada aastat hiljem on aga meeste rõivastus uuesti teises äärmuses: pealmised püksid on muutunud lühikeseks seelikuks, kuub nii lühikeseks, et see on vaid pihik käiste kooshoidmiseks. Kanti küll tohutul hulgal siidpaelu, pitse, tresse ja nööpe, nii et mehed käisid ringi nagu liikuvad pudupoed, aga sooja sai sellest üsna vähe (joon. 10).

Alles 18. sajandi lõpuks jõudis meeste rõivastus välja moepalaviku vapustustest ja hakkas orienteeruma otstarbekusele. Vammused muutusid pikemaks, kuub sai voodri, reisidel või vihmaste ilmadega hakati kandma mantlit. Kui oli külm, võis selga panna neliteist särki või jalga kaksteist paari sukki. Tõelise käistega ja mitme kraega mantli said mehed

siiski alles möödunud sajandi algul. Selleks oli sinine, viie kraega, valge taftvoodriga nn. palverändur, mille juurde tavaliselt kanti silindrit. Kalli hinna tõttu oli ta noorematele meestele siiski ainult unistuseks ja vihmaste või külmade ilmadega pidid nad leppima vähem moodsa riietusega.

Naised on külma vastu alati paremini kaitstud olnud kui mehed, sest läbi sajandite on nende seelikud alati olnud pikad ja laiad. Kleite võis külmema ilmaga kanda ükskõik kui palju ülestikku, reeglina ainult odavamad all ja kallimad peal. Mitme seeliku kandmine ei olenenud aga



Joon. 10. Mees nn. *rhingrave*'ga, 17. saj.



Joon. 11. Naise kreekalik kleit 18. saj. lõpust.

sugugi alati ilmastikust. Nii nõudis mood 18. sajandil hästi kohevat figuuri ja Hispaanias kandsid naised suvel kuni kaheksa, talvel aga kuni kaksteist kleiti pealistikku. Samuti jäi naistel alati võimalus ka kõige moodsama kleidi juurde kanda mõnda hinnalist kraed, boad (joon. 4), peleriini, salli või vateeritud rotundet (joon. 12). Ometi oli moe ajaloos periood, kus naiste riietus sattus ilmastikuga otsesesse konflikti. See oli 18. sajandi lõpul, kui pärast Prantsuse revolutsiooni tuli moodi antiikne rõivastus, mis praktiliselt tähendas täielikku alastiolekut (joon. 11). Ainsaks rõivaks oli õhkõhuke musliinsärk, mille all kanti ihuvärvi trikood. 1800. aastal kaalusid naise kleit, kingad ja ehted kokku vaid 400 grammi. Kleidi juurde võis kanda küll kuni 14 küünart pikka sleppi, mis külma puhul mähiti ümber keha, või hinnalist kašmiirsalli, kuid Euroopa talve jaoks oli sellest ilmselt liiga vähe. Kopsukatarr levis naiste hulgas nii massiliselt, et seda hakatigi kutsuma musliinihaiguseks.

Ebaotstarbeka riietuse tõttu haigestus 1803. a. epideemiana puhkenud grippi iga päev kuni 60 000 inimest.

Möödunud sajand, eriti selle teine pool, ja käesolev sajand on riietuse reformimise ajastu. Loodi otstarbeka riietuse teoreetilised alused ja

töötati välja praktilised vormid. Rõivad hakkasid erinema sesoonsuse, kandmiskoha, kandja tegevuse iseloomu, vanuse ja mitmete teiste tingimuste poolest. Materjalide valik suurenes, vastavalt vajadusele on neid igasuguses paksuses ja kujunduses. Kuid koos sellega avardus ka moe tegevusväli — kõiki neid uusi riietusesemeid on tarvis kujundada, üksteisega kombineerida ja nende kasutamispiirid määrata. Ilmne on rõivastuse muutumine ratsionaalsemaks, kuid ei saa öelda, et mood oleks täielikult hakanud arvestama ilmastiku poolt esitatavaid tingimusi — niipalju kui me moe all mõistame riiete silueti geomeetrilist kujundamist, lõike, värvi, materjali ja lisandite valikut, kandmismaneeri.

Näiteks kui mood nõuab lühikest kleiti, siis peab see olema lühike üle kogu maailma ja läbi kogu aasta. Ja kui mood nüüdsel ajal eelistab sportlikult päevitunud nahka üle kogu keha, siis tuleb see ka saavutada, olenemata sellest, kas mõnes kohas päike suve jooksul üldse suvatseb pilvede tagant välja vaadata.

Käesoleval sajandil ületas Euroopa mood meie kontinendi piirid ja vallutas kogu maailma, ulatudes ka Aasia ja Aafrika kõige troopilisema-



Joon. 12. Uisutajad 1800. a.

tesse vööndidesse. Sisuliselt kujutas see Pariisi kui üldtunnustatud moetsentrumi moejoone võidukäiku. Mõnes riigis, kus rahvas seda küllalt kiiresti vastu ei võtnud, pandi see kehtima seaduslikus korras — nagu Türgis ja Jaapanis. Ja alles viimastel aastatel on hakanud ilmnema vastulöök sellele suurele pealetungile, mis seisab kohalike rahvuslike traditsioonide taaselustamises, nende elementide sissesulatamises rahvusvahelisse moodi. Tõenäoliselt viib see lõpuks ka moe diferentseerumiseni kliimapiirkondade järgi, moe ja ilmastiku vastuolude lõpliku likvideerimiseni.

E. Vende

ELUSLOODUS JA ILM

MIKROOBID...

Mäletamata aegadest saadik on inimkond oma tervislikku seisundit sidunud õhuga, tuulega. Heaks näiteks selles suhtes on vanaaegne haigusenimi «malaaria» (tõlkes «halb õhk»), mis on püsinud tänini. Näiteid leiame aga antiikajastki. Meditsiini isa Hippokrates (460—377. a. e.m.a.) oli veendunud, et epideemilisi haigusi kutsub esile sellise õhu sissehingamine, milles sisaldub kahjulikke algeid. Üsna lähedale kaasaegsetele arusaamadele jõudis Titus Lucretius Carus (96—55. a. e.m.a.). See antiikautor jälgis tolmukübemete tantsu pimedasse tuppa tunginud päikesekiirtest ning jõudis mõttele nende seosest haigusidude levikuga — viimaseid kannab tuul edasi koos tolmukübemetega, need sadenevad toidule ja süüakse koos saastunud toiduga või hingatakse sisse koos saastunud õhuga.

Kaasajalgi on Inglismaal üsna halb kuulsus idatuulel, mida arvatakse põhjustavat paljusid haigusi. Ei ole ka saladuseks, et mäestike, samuti kõrbelise Turkmeenia õhk on inimeste tervisele soodsam kui soiste tasandike õhk, rääkimata juba suurlinnade mürgitatud õhust. Oleme tuttavad sellega, kuidas toimivad inimesesse tuule tugevus ja kiirus, õhuniiskus, sademete hulk ja sagedus, õhu temperatuur, insolatsioon ja muud ilmastikku iseloomustavad näitajad, ometi tekib siinkohal küsimus, kas ilmastik toimib inimesesse ainult otseselt või tuleb arvestada veel mõningaid seni puudutamata faktoreid. Vastuseks võib lühidalt märkida, et antiikaja autorite intuitsioon oli õigel teel: atmosfääris levivad üsna mitmesugused mikroobid, mis nii või teisiti mõjutavad inimese heaolu, kuid alluvad samal ajal tugevasti ilmastikumõjule. Tõsi, ilmastikumõjule alluvad ka pinnast asustavad mikroobid, seda aga hoopis vähemal määral kui atmosfääri mikrofloora. Bioloogiadoktor P. Rahno tööd on selles suhtes mitmeti korrigeerinud meie varasemaid vaateid. Selgub, et meie laiuskraadidel jätkub mikroobide elutegevus mullas ka talvisel ajal, s. o. külmunud mullas, mille temperatuur on lumikatte kaitse all pakasepäevadelgi vaevalt madalam kui —2 kuni —4° C. Üldse ilmneb, et õhu ja mulla temperatuuril on mulla mikroobiderikkuse suhtes täita vaid teisejärgulise faktori osa — peamine täht-

sus on orgaaniliste jäätmete mulda sattumise ajal ja hulgal (orgaanilised väetised, taimejäätmed jmt.) ning mitmesugustel põhjustel tekkival mulla toksilisusel (mürgisusel) ja detoksikatsioonil. Olulisem on mullaniiskus, mis suuresti sõltub sademetest, seega ilmast. Nimelt vajavad kõik mikroobid oma elutegevuseks kõrge veeaurusisaldusega atmosfääri, seda ka mullapoorides. Soodsaimad kasvutingimused mikroobidele esinevad siis, kui mullaniiskus vastab 60% maksimaalsest veemahutavusest, s. o. mullas, mis käes tundub niiske, isegi märg, millest aga veel ei saa vett välja pigistada. Pikaajalise põua korral, kui mullaniiskus langeb alla 10—12% maksimaalsest veemahutavusest (kuiv, tolmav muld) hävib praktiliselt kogu aktiivne mikrofloora, mulda jäävad vaid kaitse- või puhkevormid spooride, mikrotsüstide ja muude anabioosiseisundis viibivate moodustiste näol, mida iseloomustab paks kest, eriliselt tihe protoplasma ning äärmiselt aeglane, praktiliselt tabamatu elutegevus. Põuda lõpetav elustav vihmavaling äratab aktiivsele elule ka mullas säilinud spoorid, mis «idanevad» ja annavad uuesti mikroobide nn. vegetatiivsed rakud. Võiks meenutada, et viljakas põllumullas võib 1 hektaris künnikihis (30 cm sügavuseni) olla 2,5 kuni 10 tonni mikroobe. See vastab sadadele miljonitele või isegi mõnele miljardile mikroobirakule igas grammis mullas.

Mulla mikroobidesisaldust mõjutavad tugevasti ka ülemäärane kuumenemine ja otsene ere päikesevalgus. Taimkattega mullas kohtame harva mulla kuumenemist sel määral, et mikroobid kahjustuvad (massiline väljasuremine algab 45—50° C juures), ometi peab arvestama, et paljud liigid lõpetavad aktiivse elutegevuse juba 35—40° C juures ja lähevad puhkevormidesse. Selline soojenemine on enamasti ülemäärase kuivamise kaasnähtus, seega põuda iseloomustav näitaja. Taimkatteta kesamullas võib päevi kestev ere päikesevalgus praktiliselt steriliseerida kõige ülemise, kuni 1 cm paksuse mullakihi.

Muld on looduses põhiline mikroobide reservuaar, nende n.-ö. päriskodu. Atmosfääris ei ole iseseisvat mikrofloorat, s. o. liike, mis esineksid ainult seal. Õhku satuvad mikroobid ikkagi mullast, veest ja mitmesugustest materjalidest koos tolmu või pisimate veepiiskadega. Kord õhku sattunud, võivad aga mikroobid oma väiksuse ja kerguse tõttu seal kaua püsida (kerakujuliste bakterite keskmine läbimõõt on näiteks vaid 0,1—2 μm, pulkpisikute pikkus küünib 2—5 μm, õhus massiliselt esinevate bakteri- ja seenespooridegi mõõtmed on samas suurusjärgus). See õigustab meid siiski rääkima ka atmosfääri mikrofloorast. Osutub, et just siin ilmneb kõige tugevamini ilma mõju mikroobidesse.

Kogu atmosfäärist on inimesele olulisim see kiht, milles ta ise elab, s. o. atmosfääri madalaim kiht ehk troposfäär. Selles on avastatud kuni 1200 liiki baktereid ja aktinomütseete, bakterite, seente, sõnajalgade ja sammalde spoore aga mõnikümmend tuhat liiki. Peale selle hõljub õhus

üherakulisi vetikaid, pärme, algloomi ja muid. Eriti hästi on uuritud õhu mikrofloorat Prantsusmaal. Ilmneb, et ilmastiku sesoonsusele vastab mikroobidesisalduse sesoonsus. Nii leidis Pierre Miquel Pariisi parkides eluvõimelisi mikroobe 1 m^3 õhu kohta järgmiselt:

Aastaaeg	Baktereid	Hallitusseente spoore ja fragmente
Talvel	170	145
Kevadel	295	195
Suvel	345	245
Sügisel	195	230

Väärib märkimist, muide, et Pariisi kesklinnas on õhu mikroobidesisaldus 30 kuni 100 korda suurem! Vähemalt siin õigustab ennast Camille Flammarioni ütlus: «Iga tolmukübe, mis kandub edasi õhuvoogudes, on iseendast terve maailm, asustatud tormilisest tegevusest hõivatud elusolenditega.»

Põhimass õhumikroobe on küll inimesele kahjutud, et aga nende seas siiski leidub hulgaliselt ka tõvestavaid algeid, siis väärib õhu mikrofloora tähelepanelikku suhtumist. Kõiki faktoreid, sealhulgas ka ilmastikufaktoreid tuleb hinnata eeskätt sellest aspektist, mil määral nad soodustavad õhu puhastamist, vabastamist mikroobidest. Analüüsid näitavad, et mäestike ja kõrbete õhus on mikroobe tänu ebasobivaile elutingimustele kümned korrad vähem kui metsastel madalmikel ja sajad korrad vähem kui suurlinnade reostatud õhus. Siit ka üks põhjusi, miks mägede ja kõrbete õhk on tervistav.

Teadusharu, mida tuntakse aerobioloogia nime all, uurib muu hulgas ka probleeme, mis huvitavad meid seoses küsimusega, kuidas mõjustab ilmastik õhumikroobe. Juba küsimus sellest, kuidas mikroobid õhku satuvad, seostub otseselt ilmastikuga, veel enam on sellega seotud aga mikroobide levik ja õhus eluvõimelisena säilimine.

Nagu märkisime, on mikroobide põhiliseks reservuaariks, «taimelavaks» muld, samuti aga taimed ja loomad. Vabalt liikuvasse õhku saavad mikroobispoorid minna alles pärast seda, kui nad on vabanenud seosest substraadiga ja läbinud substraati (mulda, taimelehte jm.) katva õhukese liikumatu õhukihi. Selleks vajaliku energia saavad spoorid mõnikord neid tekitanud organismilt (toimub aktiivne «väljapritsimine»), enamasti aga toimub vabanemine passiivselt tuule või vihmatilkade kineetilise energia arvel. Osa spoore satub õhku lihtsalt koos mulla-

kübemekeste või tolmuosakestega, mida keerutab tuul. Tervete bakterirakkude puhul, mis pealegi õhus esinevad peamiselt suuremate või väiksemate agregaatidena, on asi keerulisem. Reeglina ei suuda tuul rebida rakke lahti bakterikoloonia pinnalt, eriti kui see on limane. Üldse võib öelda, et praegu ei tunta looduslikke protsesse, mis võiksid viia aerosoolide moodustumisele vahetult bakterirakkudest.

Bakterid satuvad õhku ikka koos neid kandvate mineraalsete või orgaaniliste pisiosakestega. Iga toime, mis sunnib tolmu õhku tõusma, viib sinna ka baktereid. Suur osa selliseid toimeid (peale inimtegevuse ja loomade liikumise) mahub ilma mõistesse: siia kuuluvad tuul, päeva päikeselisus (soojendab maapinda ja viib õhu konvektsioonile) ning vihm (vihmatilkade löökide tagajärjel satuvad õhku pisimad pritsmed, mis on potentsiaalsed bakterikandjad). Vaatlusandmed on nende kaalutlustega kooskõlas. Tuule tugevnemine tähendab bakterite ja üldse mikroobide arvu suurenemist õhus. Vihma ja päikese toime on keerulisem, siin tuleb arvestada samaaegseid vastandlikke toimeefekte. On õige, et pärast põuda sadav vihm loob eeldused ka õhu mikrofloora taastumiseks (eeskätt mullamikroobide elustumise ja õhku sattumise tõttu), kuid samal ajal viib vihm, eriti kestev sadu, mikroobide sadenemisele. Kui suvepäeval on õhus baktereid keskmiselt mõnisada rakku kuupmeetri kohta, siis pärast paaritunnilist vihma jääb neist alles vaevalt paarkümmend («vihm puhastab õhku»). I. Langmuiri uurimised näitasid, et suurim «haardekoefitsient» on vihmatilkadel, mille läbimõõt on 2 mm. Need võivad intensiivse vihma korral (200 ja rohkem tilka sekundis 1 m^2 pinnale) sadestada tunniga kuni 80—90% õhumikroobidest. Võiks lisada, et maksimaalne vihmatilkade läbimõõt on umbes 5 mm, suuremad langemisel lihtsalt lagunevad. 2 mm piisku on suhteliselt kõige enam vihmas, mille intensiivsus on vähemalt 25 mm tunnis. Vihmas intensiivsusega alla 2 mm/h on kõik tilgad juba väiksemad kui 2 mm. Järelikult sõltub vihmahoo õhku puhastav efekt suuresti ka ta tugevusest, mitte ainult kestusest.

Õhku puhastavalt toimivad muidugi teisedki sademed, muu hulgas ka lumi. Lumi väldib veel mikroobide õhku sattumist maapinnalt (lumikate ei lase tolmul üles tõusta).

Rääkides mikroobide õhust sadenemisest, tuleb märkida tuule vastutöötamist sellele protsessile. Tegelikult on kõik mikroobid õhust raskemad (tihedus $d = 0{,}862 — 1{,}44$) ja seepärast sadeneksid nad liikumatus õhus teatava püsiva kiirusega.

Mikroobide sadenemiskiirusele, järelikult ka õhu puhtusele mõjub veel õhu relatiivne niiskus. A. R. Weinholdi töödest ilmnes, et õhu relatiivsete niiskuste 24%, 45%, 52% ja 80% juures oli spooride sadenemiskiirus vastavalt 1,03, 1,22, 1,23 ja 1,54 cm/s. See asjaolu on üks põhjusi, miks veekogude kohal on õhk mikroobidest suhteliselt puhtam kui maismaa kohal, üldiselt ei tule aga erinevate geograafiliste

paikkondade õhu puhtuse oletuslikul hindamisel lähtuda sellest ilmastikunäitajast — peale sadenemiskiiruse tuleb arvestada ka seda, kui palju eluvõimelisi mikroobe üldse võib antud paikkonnas õhku sattuda.

Õhu puhtuse seisukohalt on mitmed ilmastikufaktorid olulised ka selles suhtes, mil määral nad kahjustavad või soodustavad õhku sattunud mikroobide eluvõimelisust. Siin tuleb eeskätt arvestada õhu temperatuuri, niiskust ja päeva päikeselisust. Enamiku mikroobide jaoks on optimaalseks õhutemperatuur 20—30° C. Temperatuuri langedes soikub mikroobide elutegevus küll järk-järgult, väga raske on aga mikroobide puhkevorme madalate temperatuuridega hävitada (ühes katses säilisid bakterispoorid eluvõimelisena isegi pooleaastasel hoidmisel vedelas õhus —190° C juures), seepärast ei saa oodata kahjulikest mikroobidest vabanemist külmade toimel. Igatahes meie talvekülmi taluvad mikroobid üsna kergesti, kui pole just tegu kiiresti vahelduva külmumise ja ülessulamisega. Hoopis tõhusam on kõrgete temperatuuride mõju. Tõsi, vaevalt küll kunagi esineb nii sooja ilma, mis otseselt hakkaks hävitama mikroobe (vegetatiivsete rakkude hävitamiseks on vaja vähemalt 50—60° C), kuid arvestada tuleb õhu relatiivse niiskuse vähenemist temperatuuri tõustes ja mikroobide hukkumist kuivamise tagajärjel (muidugi on eelduseks vihmasadude puudumine). Kuivade ilmadega hävib mikroobe massiliselt õhus leiduvail tolmuosakestel, ometi säilivad spoorid seejuures eluvõimelistena. Kui aga soojade ilmadega liitub küllaldane õhuniiskus, siis on olukord just soodne mikroobide aktiivseks elutegevuseks. Asjata ei ole vanarahvas märkinud, et kõige halvemini paranevad haavad ja kriimustused, mis tekivad juulis-augustis. Reeglina on soojas kliimas õhk mikroobirikkam kui kuivas ja külmas, Novaja Zemlja õhk on aga kohati praktiliselt steriilne.

Kõigist ilmastikufaktoritest on mikroobidele, eriti suhteliselt õrnadele tõvestavatele mikroobidele aga hukutavaim otsene päikesevalgus. Kuival vaiksel päikeselisel päeval hukkub õhumikroobe massiliselt. Tõsi küll, nende «varu» uueneb hõlpsasti tuulistel päevadel õhku sattuva tolmuga, kuid ikkagi tuleb päikesevalguses näha meie tervise suurimat sõpra. Saksa vanasõnagi ütleb: «Kuhu päike ei paista, sinna tuleb arst.» Lisame, et juba keskajal pandi tähele, et hävitavad epideemiad ilmusid reeglina ikka neil aastail, millal oli vähe päikest.

Hajunud (s. o. pilves ilmaga valitsev) valgus, samuti pikalainelised spektriosad õhumikroobe suurt ei häiri, hukutav on just pilvitu ilmaga maapinnani jõudev lühilaineline valgus ja eriti ultravioletkiirgus. Eri bakterid on erineva valgustundlikkusega, tõvestavad mikroobid seejuures tundlikumad kui saprofüüdid. Eriti tundlik on aga *Mycobacterium tuberculosis* (tbc-tekitaja), mis õhus hävib päikesevalguses mõne tunniga.

Mitte asjata ei ole vana-kreeka meditsiinijumal Asklepios päikesejumal Apolloni poeg. Valgusel on võrratu hügieeniline tähtsus. Hinnakem siis seda ja püüdkem maksimaalselt kasutada iga päikesekiirt, mida meile kingib küllalt kitsi ja tujukas ilmastik, ning seda nii õues kui toas. Viimase osas: kadugu päeva ajal aknaid katvad kardinad ja eesriided! Laskem päikesevalgus enda juurde tuppa.

V. Tohver

TAIMED...

Annuus fructum fert, non tellus.
Herodotos (484—425 e.m.a.)

Toodud moto väljendab mõtet, et viljasaak oleneb eelkõige aastast (ilmastikust), mitte aga maapinnast. Vanema põlve eesti põllumees jagas sama seisukohta, öeldes, et ega maa vilja sigita, vaid taevas. See seisukoht on suures osas õige. Hoolsalt haritud ja väetatud pinnase korral määrab saagi tõepoolest ilmastik. Sageli on raske otsustada, milline on ühe või teise ilmastikufaktori mõju taime elutegevusele. Tuleb ette, et nad kõik on aeg-ajalt «leebed» ja soodustavad taimekasvu. Harvad ei ole ka juhtumid, kus kõik faktorid korraga on «otsustanud» taime «näpistama» hakata. Üksikfaktori mõju taimekasvule avaldub ilmekalt alles siis, kui ta teiste soodsalt mõjustavate faktorite taustal on muutunud limiteerivaks, s. t. taimekasvu pidurdavaks.

Saak kujuneb fotosünteesiprotsessi tulemusena. See on protsess, kus taimedes neeldunud süsihappegaasist, mullast juurtega haaratud veest ja mineraalsooladest sünteesitakse valgusenergia varal orgaaniline aine — aine, mis on taimedele ehitusmaterjaliks, millest moodustub vili.

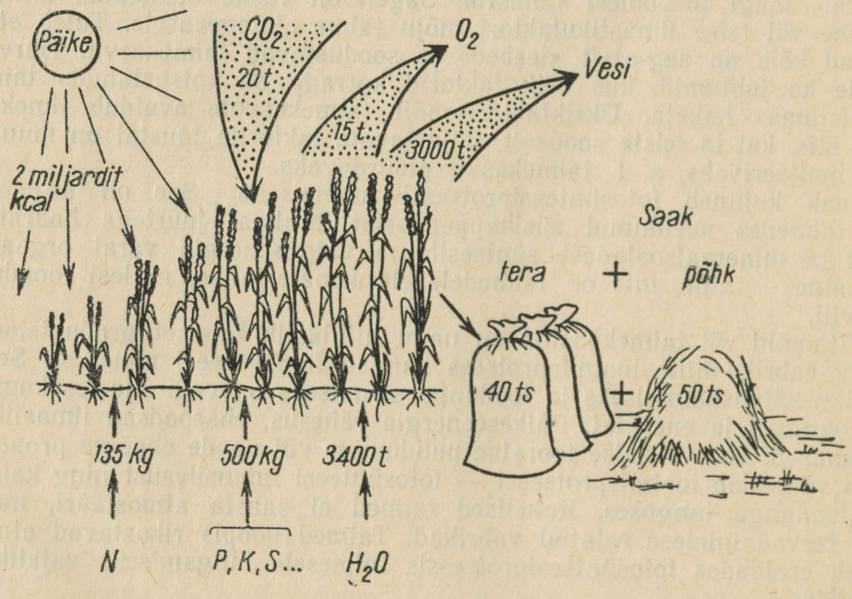
Viljapõld või taimekooslus on nagu hiiglaslik taimset produktsiooni andev vabrik, mille tootmisprotsess kannab fotosünteesi nimetust. Selle vabriku käigushoidmiseks ja toodangu saamiseks on vaja suurtes kogustes toorainet ja energiat. Päikeseenergia vähesus, ebasoodsad ilmastikutingimused, ühe või teise tooraine puudumine või nende ebaõige proportsioon vähendab tootmisprotsessi — fotosünteesi intensiivsust ning kajastub toodangu languses. Rohelised taimed ei saasta atmosfääri, nagu seda teevad inimese rajatud vabrikud. Taimed hoopis rikastavad atmosfääri, eraldades fotosünteesiprotsessis inimesele hingamiseks vajalikku hapnikku.

*

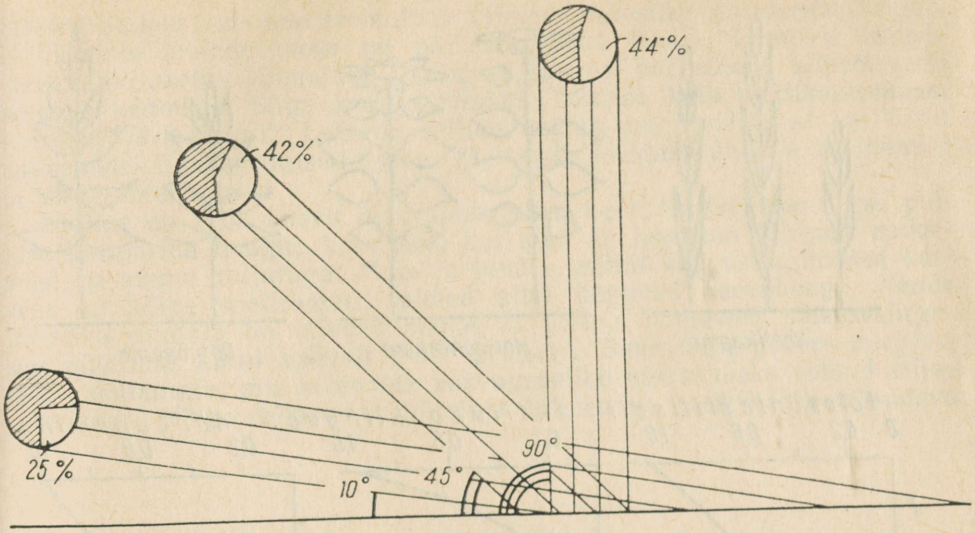
Kõik põllud enda palge järgi
kui taidur maalind päike,
neil ümber pannud peenarpärgi
ning terra enda läike.

Erni Hiir

Meteoroloogilistest faktoritest mõjustab fotosünteesi kasutegurit ja saagi kujunemist eeskätt päikese kiirgusenergia juurdevool. Päikesekiirguse maksimaalselt võimaliku intensiivsuse muutumise seaduspärasused on seotud astronoomiliste tingimustega — Päikese kõrguse, trajektoori ja päeva pikkusega. Kogu päikesekiirgus ei avalda otsest mõju taimekasvule. Fotosünteetiliselt aktiivne on ainult osa, mis langeb lainepikkuste vahemikku 380 kuni 710 nanomeetrit. Tartu päikesekiirguse uurijad — aktinometristid on selle küsimusega põhjalikumalt tegelnud. Vastavad mõõtmised ei ole piirdunud mitte üksnes meie vabariigi territooriumiga: 1964. aasta suvel korraldati ekspeditsioon Moldaaviasse ja 1965. aastal Hissaari orgu Tadžiki NSV-s. Päikesekiirguse mõõtmised



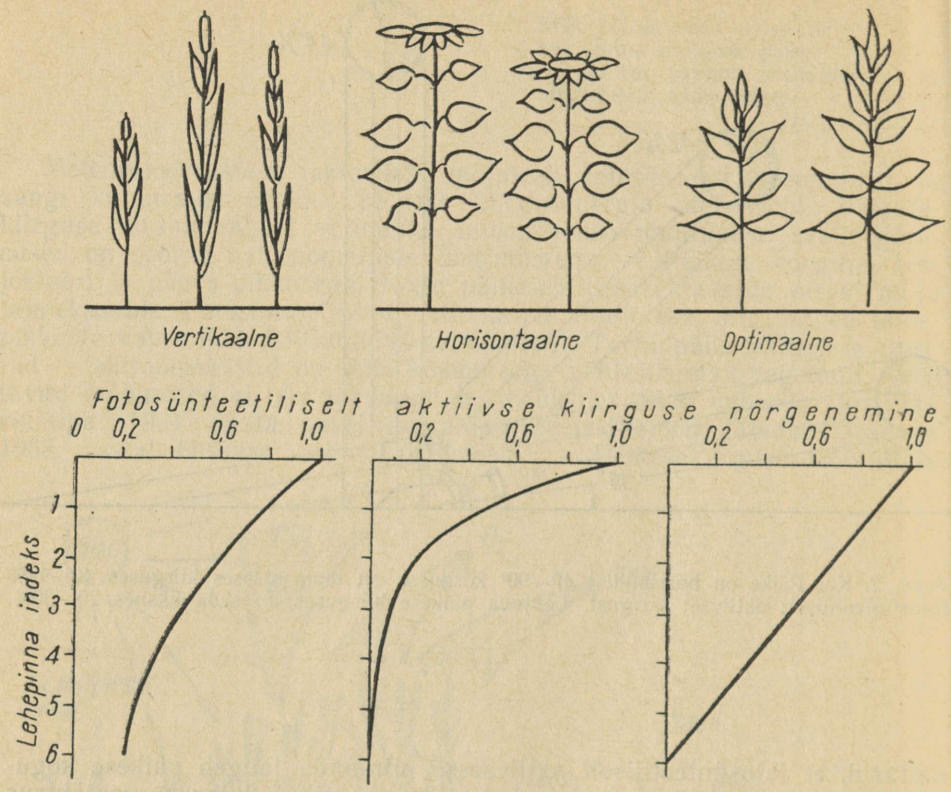
Joon. 1. Selleks et nisupõld annaks 40 tsentnerit saaki hektarilt, peavad taimed õhust omastama umbes 20 tonni CO_2, neelama 20 miljardit kilokalorit energiat päikesekiirguselt, imema pinnasest 3400 tonni vett, 135 kg lämmastikku, 500 kg fosforit, kaaliumi, väävlit jt. aineid. Neelates hiiglakoguses päikesekiirgust, on põld sunnitud aurustama suure osa haaratud veest — ainult 400 tonni, s. o. 10—12% kogu veest kasutatakse ära saagi moodustamisel, nagu näitavad A. Nitšiporovitši andmed.



Joon. 2. Kui Päike on horisondist 40—90° kõrgusel, on tema otseses kiirguses 42—44% fotosünteetiliselt aktiivset kiirgust. Loojuva päikese kiirguses on seda üksnes 20—30%.

näitasid, et fotosünteetiliselt aktiivsesse piirkonda langeb päikese kogukiirgusest vähem kui pool. Fotosünteetiliselt aktiivse kiirguse osatähtsus päikese kogukiirguses on maksimaalne Päikese suurte kõrguste korral, s. o. keskpäeval, ning minimaalne hommiku- ja õhtutundidel (vt. joonis 2).

Tsüklonitega kaasnevad pilved varjavad aga märgatava osa Maale jõudvast päikesekiirgusest. Põhjamaadel, kus kesksuvel päike ainult tunniks või paariks horisondi taha vajub või üldse ei looju, oleks taimede fotosüntees pilvitu ilmaga niisama suur kui ekvaatoril ööpäeva jooksul, kus päeva pikkus on ainult 12 tundi. Põhjas võib ka taimede kasv ajuti isegi kiirem olla kui lõunas, kuid saak jääb siiski väiksemaks. Sellel on kaks olulist põhjust. Esiteks, juuli lõpul ja augusti algul langeb keskmine õhutemperatuur alla 10°, mis ei ole enam taimekasvule soodne. Teiseks, päike käib madalalt ja päikesekiired ei suuda tungida sügavale taimkattesse. Taimkatte sügavamates rinnetes taimelehed ei fotosünteesi ja närbuvad. Lopsaka taimestiku arenemine ei ole võimalik. Troopilistes piirkondades langevad päikesekiired keskpäeval peaaegu



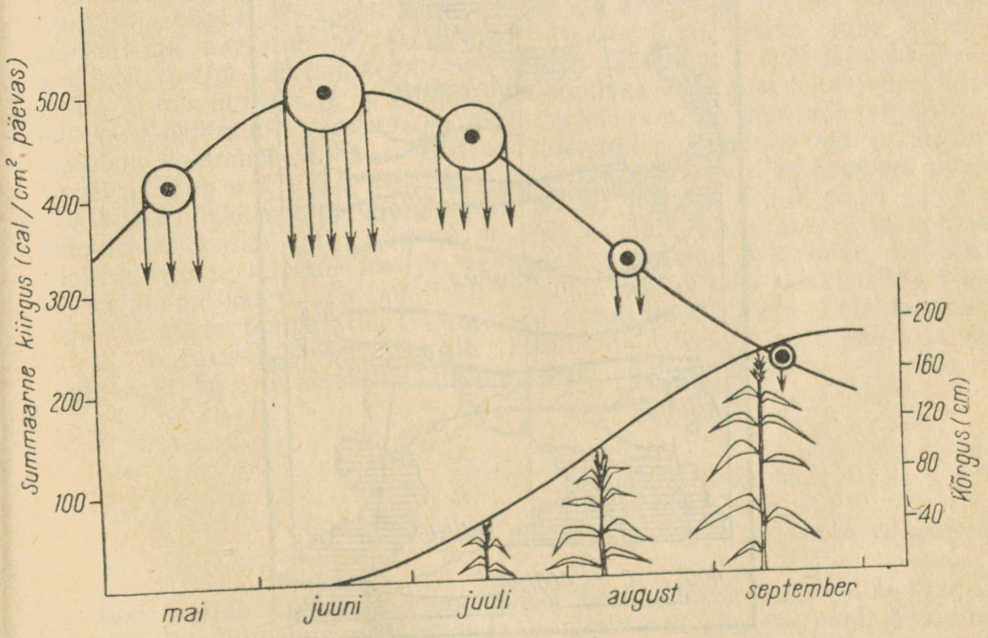
Joon. 3. Tartu aktinometristide arvutused näitavad, et päikesekiirgus nõrgeneb kõige kiiremini horisontaalsete lehtedega taimkattes. Ülemised lehed neelavad valdava osa päikesekiirgusest, mida alumiste lehtedeni jõuab vähe. Seetõttu fotosünteesivad aktiivselt ainult ülemised lehed. Lehestiku vertikaalse, eriti aga optimaalse asetuse korral jaguneb kiirgus keskpäevatundidel ühtlaselt kõigi lehtede vahel, see tagab taimkatte kui terviku maksimaalse fotosünteesi. Eriti märgatav on efekt lõunapoolsetes rajoonides.

risti taimkattele, mistõttu tungivad sügavale ja tagavad taimelehtedele head tingimused fotosünteesiks. Troopikas kasvab kõrge ja võimas taimestik, mille moodustumist lisaks öeldule soodustavad temperatuur ja niiskus.

Päikesekiirguse juurdevoolu me ei saa reguleerida. Maapinnale langevat päikesekiirgust võime aga paremini ära kasutada. Uute sortide aretamisel võiksime selles suhtes eeskuju võtta looduslikest taimekoos-

lustest. Selleks tutvume troopiliste taimede lehestiku asetusega. Selgub, et ülemiste lehtede jaoks on päikesekiirgust üleliia. Ülemiste lehtede vertikaalne asetus võimaldab üleliigset kiirgust peegeldada allpool asetsevatele lehtedele. Sügavamates rinnetes lehtede kalle vertikaalsuunast suureneb järk-järgult. Lehtede selline asetus, nagu näitavad ka Tartu aktinometristide arvutused (joon. 3), tagab kiirguse ühtlase neeldumise ja kõrge fotosünteesi.

Oluline on vilja kasvu õige ajastamine. Eesti tingimustes algab paljude kultuuride hoogne kasv siis, kui mai- ja juunikuu kiirguse maksimum on ammu seljataga. Mais ja juunis, millal kiirgustingimused kasvuks on kõige soodsamad, taimed alles koguvad kasvuhoogu. Nende lehestiku pindala on niivõrd pisike, et põllule langevast päikesekiirgusest püütakse kinni vaevalt mõni protsent. Suur hulk päikeseenergiast jääb kasutamata, mis sobivama kasvugraafiku korral oleks võinud viljas salvestuda. Kõige väiksemgi külviaja hilinemine toob kaasa täiendava



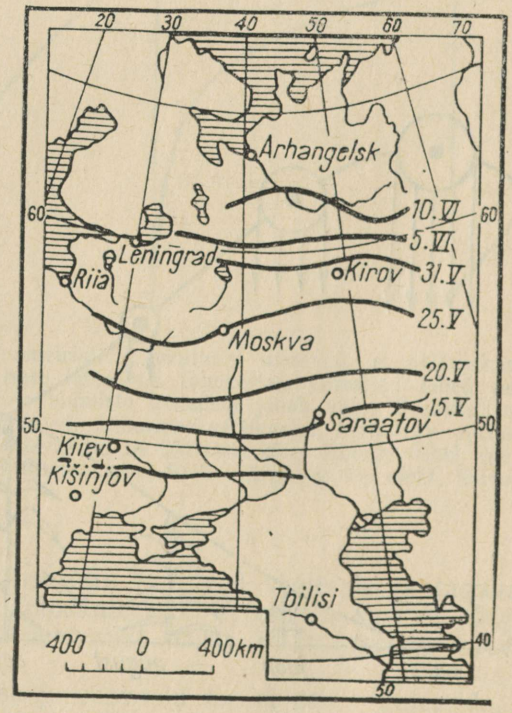
Joon. 4. Eesti tingimustes algab maisi hoogne kasv alles siis, kui kiirguse maksimum on möödas. Kasutamata jääb hulk päikesekiirguse energiat.

energiakao või nagu ütleb põllumees: «Kui kevadel viivitad päeva, sügisel ootad nädala.» Ehk ajapikku õnnestuks aretada varasemaid, kiirema kasvutempoga ja meie tingimustes sobivamaid sorte?

Peale fotosünteesiprotsessi energiaga toitmise on päikesekiirgusel veel teisi tähtsaid funktsioone taime elus. Piisab väikesest tõukest kindla lainepikkusega tühise kiirgusvoo näol, et taimedes vallanduksid elulise tähtsusega protsessid.

*

Kunagise külmapooluse Verhojanski lähedal elab mõnisada kõrgemat taimeliiki. Üksikud Arktika vetikad säilivad —34° C juures. Kuumaveeallikate ümbruses kasvavad vetikad 70—90° C kuumuses. Taimedel, mis kasvavad äärmuslikes oludes, ei ole suurt tähtsust inimese menüüs.



Joon. 5. Sireli õitsemise jooned, nn. sireli isoandid.

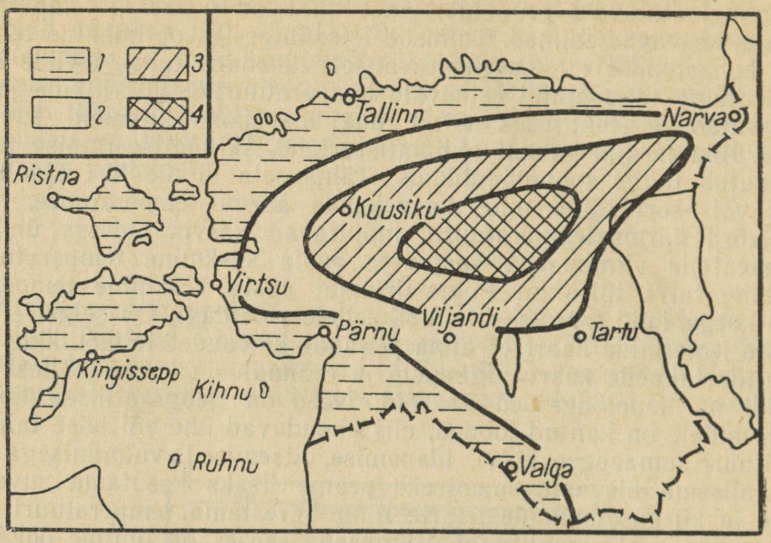
Enamiku arvestatavast produktsioonist annavad 5—35° C temperatuurivahemikus kasvavad taimed. Taimede fotosünteesiks optimaalne temperatuur on kohastumise tulemusena tavaliselt lähedane taime levilas kasvuperioodil kõige sagedamini esinevale temperatuurile. Võõrliikide ja -sortide kasvatamise efektiivsus sõltub uue kasvukoha kliimast. Tavaliselt peab uut liiki järkjärguliselt aklimatiseerima. Aklimatiseerumise tulemusena muutub taime soojanõudlikkus. Tähtsuseta ei ole ka asjaolu, kas võõrliik või -sort talub uues kasvukohas äärmustemperatuure, samuti see, kuivõrd äärmustemperatuurid mõjutavad kasvu. Odessa ümbruses võib kasvatada viinamarju, kusjuures aasta keskmine temperatuur on 10°. Pehme talve tõttu on Põhja-Iirimaal aasta keskmine temperatuur niisama kõrge, kuid jahe suvi ei luba sellele mõeldagi. On selge, et aasta keskmiste isotermide kaart ei anna piisavat ülevaadet taimeliikide leviku ning kultuurtaimede kasvutingimuste ja -võimaluste kohta. Sellest annavad pildi nn. fenoloogilised kaardid. Need on geograafilised kontuurkaardid, millele on kantud jooned, mis ühendavad ühe või teise taimeliigi või -kultuuri samaaegse külvi, idanemise, õitsemise ja valmimisega kohti. Üksikasjalisema ülevaate saamiseks peame lisaks kasutama suvekuude isoterme ja kiirgussummade kaarte ning arvestama temperatuuri aastaringset ja ööpäevast amplituudi. Viimasega seoses on oluline öökülmade esinemisaja arvestamine. Öökülmade vastu algab võitlus juba külmakindlate sortide aretamisega. See jätkub öökülmade ennustamise meetodite arendamisega ja praktiliste sammudega öökülmade kahjude vältimiseks. Öökülmade varajane ja õige prognoos aitab koostada viljakoristustööde kalendrit või siis määrab lõkkesuitsu tegemise aja ja kohad. Vahel puudub usk lõkke kasulikkusse, kuna mõeldakse, et öökülma aitab ära hoida lõkke soojus. Selle mõju ulatub lõkkest ainult paari sammu kaugusele. Suitsu mõju aga on märksa suurem. Suits neelab maapinna soojuskiirgust, kiirgab ise ja vähendab maapinna jahtumist. Sellisest suitsu pisimõjust piisab tavaliselt öökülma vältimiseks, sest harilikult on vaja takistada temperatuuri langemist ainult 1—2° võrra. Laialdasemalt tuleks juurutada suitsupadrunite kasutamist. Nende abil saaks anda soojavarju ka suurematele põllulappidele.

*

Päike on saagi isa,
vesi saagi ema.

India vanasõna

Vesi kuulub fotosünteesi toorainete hulka. Kuid teda kulub märksa rohkem, kui fotosünteesiks on vaja. Suurem osa pinnase poolt haaratud veest aurustub lehtede kaudu ja kulub nn. transpiratsiooniks. Transpiratsiooniprotsessiks «kulub» ka enamik päikesekiirgusest — fotosünteе-



Joon. 6. Öökülmade esinemise sagedus Eestis 14. maist kuni 18. septembrini ajavahemikus 1948—1964. *1* — kuni 5 juhtu; *2* — kuni 14 juhtu; *3* — 15 kuni 25 juhtu; *4* — üle 25 juhu.

siks kasutatakse parimal juhul vaid 5%, vee puudumise korral aga veelgi vähem. Mulla veevarude ammendamise korral transpiratsioon väheneb ja lõpuks katkeb, taime temperatuur hakkab ülemäära tõusma, 40—50° juures lakkab õistaimede fotosüntees, millele järgneb närbumine ning häving. Nähtavasti ei ole taimedel transpiratsioonist efektiivsemat vahendit oma temperatuuri säilitamiseks.

Vesi annab taimele kuju ja on üks määravamaid tegureid, mis talle kätte juhatab elukoha maakeral. Nii on metsa-, stepi- ja kõrbevöötmed olulises osas sademeteolude väljendajaks. Äärmises veenappuses suudavad eksisteerida ja aeglaselt kasvada 20—30 m sügavusele ulatuva juurestikuga taimed ning sambalise, keraja või lühtrilise arhitektuuriga taimed, nn. sukulendid. Need on võimelised vett koguma, sileda nahkse pinna abil transpiratsiooni vähendama ja vett säilitama.

Piirkondades, kus sademete hulk on ebapiisav ega vasta kiirguse juurdevoolule, on fotosünteesi kasuteguri ja saagi tõstmiseks vajalik kunstlik niisutamine. Näiteks tadžikid on Hissaari orus loonud kanalite mosaiigi, millest aeg-ajalt iga põld saab täpselt väljaarvestatud ja kohapeal mõõdetud koguse vett. Sealsetes kiirgustingimustes vajab hektar

põllumaad ligi 100 tonni vett päevas. Ühekordset kogust, mida antakse põllule paari nädala tagant, iseloomustab põlvini pori. Selles poriplõdis kasvavad mais, puuvill, päevalill ja sorgo. Viimane on väga perspektiivne kultuur, välimuselt üsna maisi sarnane, suhkrusisalduselt võrreldav suhkrurooga. Sorgo kasvab kuni 6 m kõrgeks ja annab ühekordselt haljasmassi 1000 ts/ha.

On välja arvutatud, et põllumajanduslikult kasutatavast maast maakeral on ainult 13% piisavalt veega varustatud, kusjuures sellelt 13%-lt saadav saak on niisama suur kui ülejäänud 87% oma kokku. Niisiis oleks põllumaade niisutamise arvel võimalik tõsta saaki 6,5 korda. Lisaks sellele võimaldab niisutamine lõunas saada aastas 2—3 lõikust. Eeldused selle perspektiivi realiseerimiseks on olemas: maakera jõed kannavad iga aasta umbes 27 000 miljonit kuupmeetrit vett peaaegu kasutult merre. Sellest veevoolust on seni ära kasutatud üksnes $^1/_{20}$.

Eesti kiirgusoludele vastavalt on hektari põllumaa veevajadus umbes 40—50 tonni päevas või ca 4000—5000 tonni vegetatsiooniperioodi kohta. See kogus vastab enam-vähem meie sademete aastanormile. Arvestades sademete ebaühtlast aastaringset jaotust ja vee äravoolu, on meie põldudel, karja- ja heinamaadel ajuti mõnesugune vee puudujääk. Kaudselt väljendab seda ka meie põllumehetarkus, mis ütleb, et kevadine lumi on maale enam kui sügisene sõnnik, või et mida kõrgemad lumehanged, seda suuremad viljarõugud. Ja ei ole ka vist päris tõeterata lugu kahest taadist, kes omal ajal Riia sadamat takseerinud. Üks küsinud teiselt: «Mis maksavad need laevad?» Teine vastanud: «Üks hea saps vihma enne jaani!» Ka meie põllumehed on hakanud kaaluma tulusid ja kulusid, mis on seotud mõnesuguse niisutuse organiseerimisega.

Peale otsese mõju taimede kasvule omab vesi mehhaanilist jõudu, millel nagu tuulelgi on suur osa täita taimede seemnete ja kasvude levitamisel. Vool kannab neid jõgede ülemjooksult allapoole. Nii kannavad Alpi jõed subalpiinseid mägitaimi tasandikele. Üleujutatud Niilus kannab Alam-Egiptusest troopika umbrohte Vahemere madalikku. Sama osa täidavad ka merehoovused. Juba Linné korjas Norra rannalt troopiise Ameerika taimede seemneid, pannes nende leidmise Golfi hoovuse arvele.

*

Koosluses on taimed üksteisest täielikult sõltuvad. Ühe liigi ainevahetusproduktid on vajalikud teise eksisteerimiseks, samal ajal kui liikide ja sama liigi isendite vahel käib ka konkurents valguse, vee ja toitainete pärast. Ilmastikufaktorite mõju arvestamine taimede kasvule on siin märksa keerulisem kui põllukultuuride korral. Taimed ja terved liigid mõjustavad siin ilma ja kliimat nii enestele kui ka naaberliikidele

sobivas suunas. Nii ei ole mõeldav varjulembeste taimede kasvamine, ilma et valguselembesed puud neile sobivaid kiirgustingimusi ei looks. Jänesekapsas aga ilmub alles päris hämara metsa alla, tundes ennast kõige paremini siis, kui on säilinud vaid 0,2% päikese täisvalgusest. Nii moodustub kooslus taimedest, milledest igaühel on kindlad nõudmised päikesekiirguse, niiskuse, soojuse, pinnase koostise jne. suhtes. Neid tingimusi saavad taimed rahuldada ainult siis, kui nende naabruses kasvab terve rida teisi liike, mis neid tingimusi aitavad luua ja millele need kujunenud tingimused ja naabrid sobivad. Looduse «lugupidamine» kuulub ka kiskjatele, kes reguleerivad taimtoiduliste loomade arvukust. Viimaste hulga ülemäärane kasv võib viia taimestiku hävimisele, mis tähendaks ühtlasi ka loomade ja osaliselt inimese toiduvarude hävingut. Looduslike koosluste üksikud komponendid tarvitavad niisiis kõik haardeulatuses olevad energiavarud kasulikult ära, mistõttu nende produktsioon läheneb antud tingimuste juures maksimaalselt võimalikule. Looduslike koosluste moodustumine ja muutumine toimub inimesele veel üsna võõras koodis, mille aabitsat teadusemehed alles veerivad, selleks et tulevikus luua täppisteaduslikult range looduse kasutamise teooria. Läbimõtlemata metsaraie, taimede niiskuserežiimi mittearvestav kraavitamine ja kõik muu, mis rikub loodusliku koosluse targalt väljakujunenud regulatsiooni, võib osutuda tõsiseks iseenda kannale astumiseks. Oleks kahju, kui inimtarkus kollitava toiduprobleemi lahendamisel ei näeks puude tagant metsa.

*

Tavaliselt püüavad kõik autorid lõppkokkuvõttes hinnata, kui suurt inimhulka on maakera suuteline inimväärselt toitma. Pessimismiks ei ole igal juhul põhjust. Veel praegu on võimalik põllupinda laiendada 2—3 korda, rääkimata pidevast saakide kasvutendentsist, mida tagavad põlluviljakuse suurenemine ja sordiaretustöö. Käesolevas loobume konkreetsetest hinnangutest, sest need on seotud tänase momendi olukorrast mõjustatud ettekujutustega. Homsed võimalused võivad olla hoopis avaramad. Ja praegu ei tunne me veel kuigi täpselt, kui suured on maakera looduslikud, taimsed ja loomsed ressursid — käesoleva Rahvusvahelise Bioloogiaprogrammi raames on ette nähtud vastav «inventuur». Me ei oska ette näha, milliseid võimalusi avab teaduse kiire areng, areng, mis annab meile uusi teadmisi fotosünteesi ning füüsikaliste, bioloogiliste ja hüdrometeoroloogiliste faktorite seose kohta; inimese kui bioloogilise objekti omaduste ja tema toitumisbioloogia kohta. Milliseks muutuvad põllumajandustehnika ja väetiste ning toiduainete keemia? Prognooside teooria? Lisasaaki saame ka siis, kui laialdaselt juurdub uus arusaamine, uus mõtlemine, uus kool, mis väljendub põllumajandusega

tegelevate inimeste senisest suuremas huvis ja sümpaatias selle vastu, mida bioloogia, biofüüsika ja agrometeoroloogia anda suudavad. Aga praegu ei oleks huvituseta hinnata, kui palju õnnestuks saaki tõsta selle «vee» arvel, mida on võimalik «välja pigistada» saagikuse tõstmisele pühendatud kirjandusest (ka käesolevast) ja selle taga seisva töö läbimõelduma organiseerimise arvel. Ja lõpuks ei suuda me ette näha inimühiskonna sotsiaalsete muutuste arengutempot ja aega, millal ükskord kõik mõõgad taotakse atradeks.

H. Tooming

KALAD...

Kalade ja teiste veeloomade elus mängivad ilmastikunähtused suurt osa, ehkki meile kui kuivamaaelanikele sageli harjumatul kombel. Järgnev skeem püüab lihtsustatud kujul anda ülevaate tähtsamate ilmastikuelementide omavahelistest seostest ning mõjust veekogule kui elukeskkonnale, eeskätt aga kalade elutegevusele ja arvukusele. Siin näidatakse, mis, mida ja kui suurel määral mõjustab. Silmas on peetud eeskätt siseveekogusid, mis alluvad ilmastiku toimele rohkem kui mered ja ookeanid.

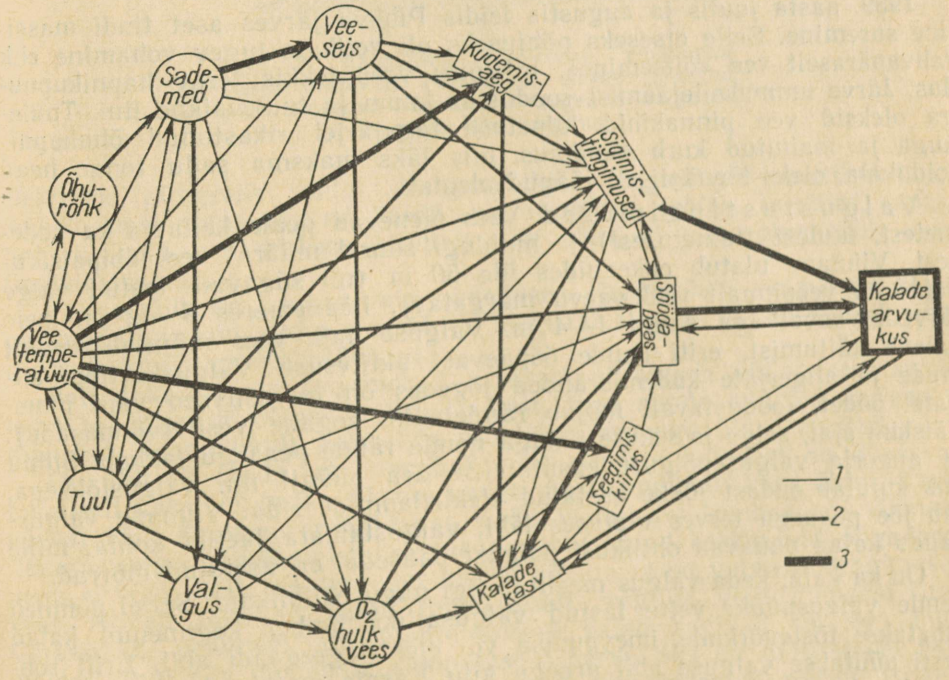
Skeemilt ilmneb, et vee-elanikele on tähtsamaks ilmastikuelemendiks v e e t e m p e r a t u u r. Kalade ja üldse kõigusoojaste loomade ainevahetus, hingamine ja mitmed teised talitlused olenevad välistemperatuurist võrreldamatult rohkem kui püsisoojastel loomadel, kelle sisemiljöö on enam-vähem stabiilne. Näiteks kestab ahvena ja koha poolt allaneelatud kalade täielik seedumine talvel (0—5°) 9—12 ööpäeva, suvel (20—25°) kõigest 20—30 tundi.

Vee temperatuur on ka tähtis signaaltegur, mis määrab kalade kudemise, rännete, toitumisperioodide ja mitmete teiste toimingute alguse ja intensiivsuse. Mõistagi on siin ilmastikul suur tähtsus. «Aastad pole vennad,» ütleb vanasõna. Ilmastiku poolest üks muutlikumaid perioode on varakevad. Piisab sellest, kui märkida, et pikaajaliste vaatluste järgi vabanes Peipsi järv jääst kõige varem 24. märtsil, kõige hiljem 23. mail, seega ajaline erinevus kaks kuud! Vastavalt sellele varieerub ka varakevadel jäämineku ajal kudevate kalade (haugi, tindi, säina jt.) kudemise algus. Hiljem olukord mõnevõrra stabiliseerub, suvi saavutab talve vastupanust hoolimata ülekaalu. Hiliskevadel ja suvel kudevate kalade «pulmapeo» algus kõigub eri aastatel tunduvalt vähem: latikal 2—3 nädala, kogrel ja linaskil 1—2 nädala piires jne.

Suur tähtsus on vee temperatuuril niihästi kudemise algusele kui ka selle edukusele üldse. Näiteks on lutsu kudemiseks ja marja arenguks kõige sobivam temperatuur 0,5—4°, haugil 8—15°, latikal 16—20°, linaskil 21—24° jne. Väga ebasoodsalt võib mõjuda ilma järsk jahenemine koos tormiga. Siis võib kalaliigi uus põlvkond päeva-paari jooksul tervenisti hukkuda.

Ammu on teada, et soojal ja pikal suvel kasvavad kalad kiiremini kui külmal. Võrtsjärves oli 1966. aasta oktoobris samasuviste ahvenamaimude pikkus 4,5 cm ja kaal 1,4 g, 1967. aastal samal kuul aga 4,0 cm ja 1,1 g (M. Kangru andmed). Mäletatavasti oli suvi 1966. aastal tunduvalt soojem kui järgmisel aastal. Soe vesi soodustab kõigepealt planktoni ja põhjaloomastiku — kalade söödabaasi kasvu. Teiseks tõstab vee temperatuur tublisti kalade toitumise intensiivsust, ning nagu eespool öeldud, ka seedimiskiirust. Erandiks on luts ja mõned teised külmalembesed kalad, kes ei salli sooja ning toituvad ja kasvavad paremini külmas vees.

T u u l ja selle tagajärjel tekkiv l a i n e t u s on kalanduses tähtsad kõigepealt selle poolest, et võivad oluliselt soodustada või takistada püüki. Ilmekaks näiteks on kevadine tindipüük Peipsi järves. See toimub tindi kudemisperioodil — jäämineku ajal — kaldapiirkonnas mõrdadega. Tindi massiline kudemine ja sellega seoses ka püük kestavad tavaliselt ainult nädalapäevad. Kui selle aja jooksul puhuvad Peipsil idatuuled,



Joon. 1. Ilmastikuelementide seos kalade eluga: *1* — ebaoluline; *2* — tähtis; *3* — määrav.

tuleb jää meie randa, mõrdu ei saa sisse panna ja tint koeb kohapeal jää all. Kolkja, Varnja ning Kallaste kaluritel pole oma koduvetes siis midagi teha. Neil jääb üle vaid tindimõrrad veoautodele laduda ning kihutada paremaid püügikohti otsima. Peipsi vastaskaldal, Vene NFSV kalurikolhoosidel, aga läheb sel juhul tindipüük hästi korda. Läänetuultega on asi vastupidi, siis on paremad tindisaagid meie kaluritel.

Tuul võib vee temperatuuri kaudu sundida kalaparvi asukohta muutma. Näiteks koonduvad rääbiseparved Peipsis ja teistes suurtes järvedes suvisel toitumisperioodil (juunis, juulis) selle kalda lähedale, kust puhub tuul. Põhjuseks on see, et tuul ajab soojema pinnaveekihi kalda piirkonnast eemale, selle asemele aga voolab sügavamalt jahedam vesi, mis on rääbisele kui külmalembesele kalale rohkem meeltmööda. Kaluritel tuleb suvisel rääbisepüügil tõsiselt arvestada tuule suunda.

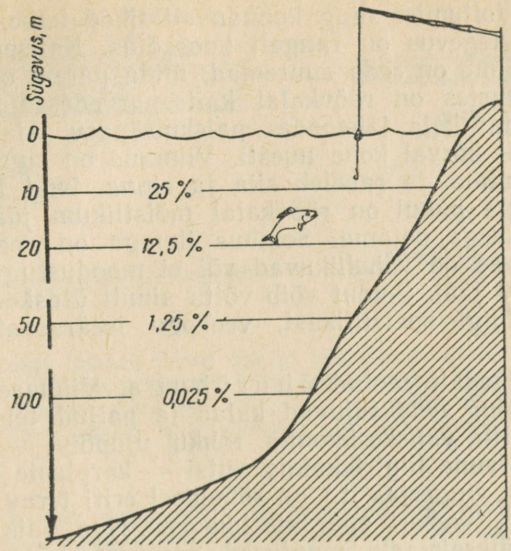
Meriforelli ja lõhe sügisest kudemisrännet Soome lahte suubuvatesse jõgedesse soodustavad tugev põhjatuul ja kõrge veeseis.

Lainetus võib tugevasti segada kalade kudemist ja hävitada koetud marja ning koorunud vastsed, eriti siis, kui koelmud asuvad madalas vees.

1959. aasta juulis ja augustis leidis Pihkva järves aset tindi massiline suremine. Selle otseseks põhjuseks oli vetikate tugev vohamine ehk rahvapäraselt vee «õitsemine», mistõttu vees tekkis terav hapnikupuudus. Järve ummuksilejäämist soodustas kuum ja tuulevaikne ilm. Tuulega oleksid vee pinnakihid lainetuse tagajärjel rikastunud õhuhapnikuga ja mainitud kurb sündmus, mis läks maksma sadu tonne head toidukala, oleks tõenäoliselt jäänud olemata.

Valgustustingimused vees olenevad peale kellaaja ka sademetest, tuulest (lainetusest) ja muidugi suurel määral vee läbipaistvusest. Viimane ulatub ookeanides üle 50 m (nii sügavale lastud valge ketas on veepinnalt veel vaevu märgatav), Läänemeres 5—12 m, meie järvedes suvel aga ainult 1—4 m. Valguse hulk vees mõjutab samuti kalade käitumist, eriti nende ööpäevast aktiivsust. Valguskartlike silmude ja angerjate kudemisränded jõgedes on intensiivsed vaid pimedatel öödel, soodustavalt mõjub rändele ka sogane vesi (vihmasadu). Täiskuu ajal, selge ja vaikse ilmaga nende ränne peaaegu lakkab. Silmu ja angerja valgusepõlgust kasutatakse ära püügil nn. valgustõkkega, mis kujutab endast jõkke asetatud elektrilampide rida. Viimane valgustab jõe peaaegu terves ulatuses läbi, valgustamata jäetud kohta, mille kaudu kalad püüavad ohtlikust paigast pääseda, on asetatud mõrrad.

On ka kalu, keda valgus meelitab ligi nagu ööliblikaid. Sellel põhineb nende valguspüük: vette lastud valgusallika ümber kogunenud kalad tabatakse tõstevõrkude, imevpumba või elektriagregaadi abil. Eriti rohkesti püütakse valguse abil praegu kilu Kaspia merel, stauriidi Mustal merel ja sairat Vaiksel ookeanil, kuid kahtlemata levib see odav ja



Joon. 2. Valgustuse ligikaudne muutumine meres olenevalt sügavusest. Arvud näitavad, mitu protsenti veepinnale langenud valgusest on veest läbi tunginud.

efektiivne püügiviis veelgi. Valgusallikale reageerivad positiivselt ka mõned meie vetes elavad kalad, nagu ogalik, tobias, meritint, peipsi tint jt., kuid vee väikese läbipaistvuse tõttu ei ole valguspüük meie tingimustes tasuv.

Valguspüük on edukas vaid pimeduses. Kaspia kilu saagid on kõige paremad vana kuu ajal pilves öödel. Isegi tähistaevas mõjub püügile ebasoodsalt, kuuvalgusest rääkimata.

Paljud kalurid ja õngemehed arvavad, et kalade püünistesse sattumine ja õngevõtt olenevad Kuu faasist, kuid nende andmed on vasturääkivad. Teaduslikult pole seda probleemi peaaegu üldse uuritud.

On üldiselt teada, et enamikul meie sisevete kaladest on ööpäevas tavaliselt kaks toitumis- ehk neeluaega, üks hommikul, teine õhtul. Keskpäeval võib õngitseja rahuldavat saaki loota vaid sombus või vihmase ilmaga, selge päikesepaistelise taeva puhul kalad keskpäeval õnge peaaegu ei võta. Selle nähtuse peamiseks põhjuseks on valgustustingimused vees. Nimelt toituvad kalad intensiivselt reeglina vaid hämaral ajal. Väiksemad, peamiselt planktontoidulised kalad sagivad sel ajal toitu otsides ringi ega moodusta kompaktseid parvi. Siis on röövkaladel neid kerge tabada. Kui valguse hulk veekogus tõuseb teatud piirini, katkes-

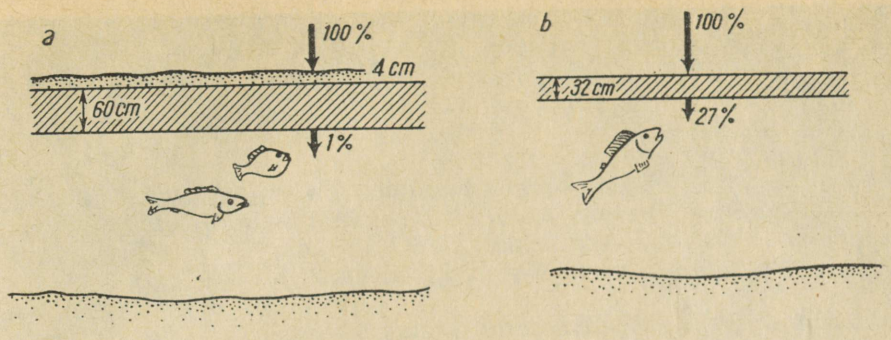
tavad saakkalad toitumise ning koonduvad tihedatesse, nn. kaitseparvedesse, kus kõigi tegevus on rangelt kooskõlas. Kaitseparvede kiirus ja manööverdamisvõime on seda suuremad, mida parem on nähtavus. Normaalsetes tingimustes on röövkalal kaitseparvedesse koondunud saakkalu raske tabada: kala lähenedes paiskub parv laiali, kuid koondub röövkala taga või kõrval kohe uuesti. Viimane on sunnitud alatasa liikumissuunda muutma, ta rabeleb siia ja sinna, kuid tavaliselt ei taba kedagi. Selge ilma puhul on röövkalal mõistlikum jääda saakloomade järgmist toitumisaega ootama. Sombus ilmaga on vees ka keskpäeval hämar, kaitseparved on väheliikuvad või ei moodustugi ning röövkalad on aktiivsed päeva läbi. Öeldut võib võtta ainult üldskeemina, sest palju oleneb siin kalaliigi spetsiifikast, veekogu iseärasustest ja muudest asjaoludest.

Ilmastik on tihedalt seotud õhurõhuga. Viimase muutused kanduvad ka vette ning neid tajuvad kalad ja paljud teisedki veeloomad. Kaladel registreerib väliskeskkonna rõhku ujupõis — looduslik baromeeter. Meie kalafauna liigirikkaima seltsi — karplaste esindajail (karpkala, särg, latikas, vingerjas jt.) on rõhumeel eriti terav. Neil on ujupõie ja kolju vahel nn. Weberi aparaat, luukeste rida, mis annab ujupõies valitseva rõhu väikseimadki muutused edasi sisekõrvas asuvale tasakaaluelundile.

Meie kaladest on õhurõhu muutuste suhtes erakordselt tundlik vingerjas — pruunika usja kehaga kuni 30 cm pikkune kalake, kes elab seisva veega taimestikurikastes ning mudastes järvesoppides ja jõekäärudes. Juba ööpäev enne tormi või vihmase ilma saabumist muutub vingerjas rahutuks, tõuseb kord veepinnale, kord laskub põhja, ei toitu. Jaapanis ja mitmetes teistes maades on nende kalade akvaariumis pidamine ilmaennustamise otstarbel laialt levinud.

Ilma muutumist aimavad ette ka teised kalad. Õhurõhu tunduval langemisel lähevad kalad harilikult sügavamale, muutuvad loiuks (ei lähe püünistesse) ja katkestavad toitumise (ei võta õnge). Madalrõhkkonna püsimise puhul kohanevad kalad aga peagi olukorraga ja nende aktiivsus taastub. Üldiselt hoiduvad kalad madalrõhu ajal sügavamatesse, kõrgrõhu ajal kõrgematesse veekihtidesse.

Õhurõhk näib kalade elutegevust mõjutavat ka talvel jää all. Külmalembesel lutsul on kõige parem isu ja tegutsemisind käredate külmade (kõrgrõhu) ajal. Siis on lutsusaagid kõige paremad. Nähtavasti soodustavad külmad talveilmad ka lutsu kudemist. Peipsi järves tekkisid sel kalal eriti arvukad põlvkonnad just karmidel talvedel (1956, 1958). Sulailmade (madalrõhu) saabudes lutsu aktiivsus langeb, mida näitab saakide vähenemine. Soojalembesed kalad (latikas, koha jt.) käituvad talvel vastupidi: suurte külmadega on nad passiivsed, sulad aga mõjuvad ergutavalt. Omajagu tähtis on siinkohal ka asjaolu, et sulailma-



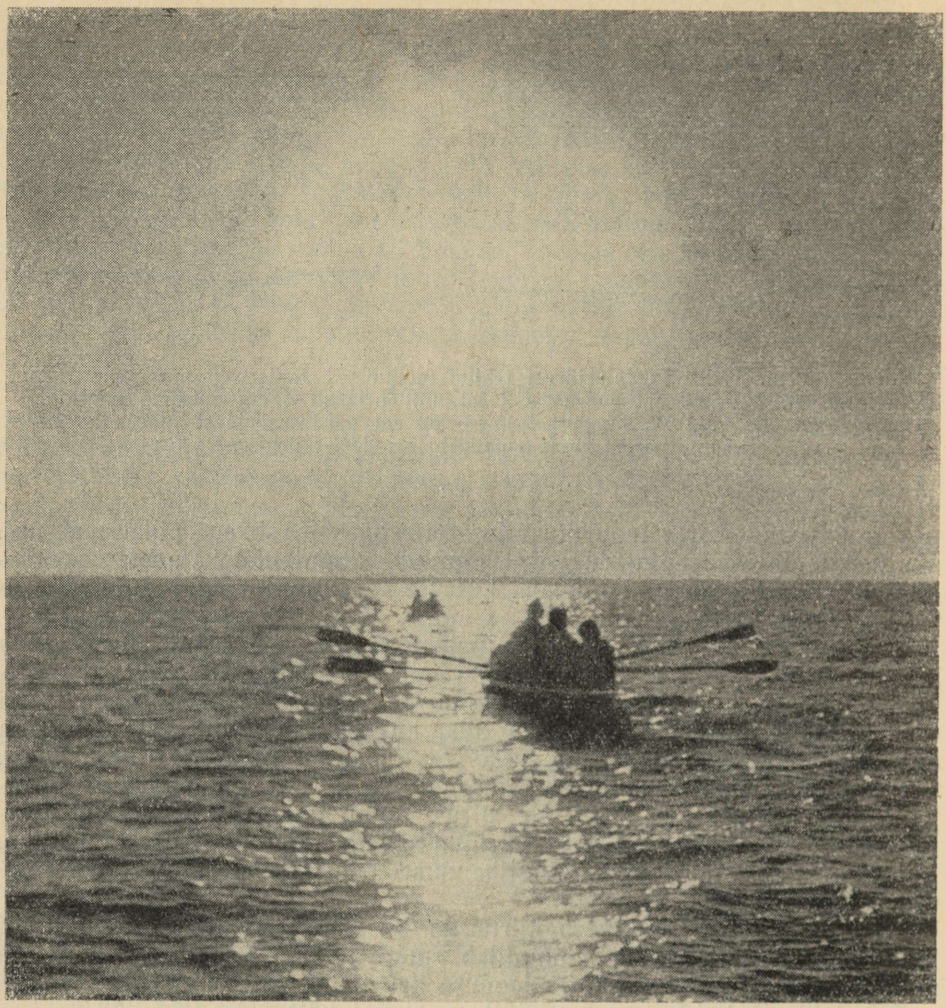
Joon. 3. Leningradis Suzdali järvel tehtud mõõtmised Janiševski püranomeetriga näitasid, et: *a* — 60 cm paksusest jääst, millel lasub 4 cm paksune lumekiht, tungib jää alla vaid 1% kiirgusest; *b* — 32 cm paksusest jääst tungib aprillikuus, pärast lume sulamist läbi 27% kiirgusest.

dega kaob jääd kattev lumekiht ning vette pääseb rohkem päikesevalgust. Valguskiir talvises pimeduseriigis mõjub enamikule kaladest kevadekuulutajana ja ajab nad liikvele. Lutsule — tuntud valgusepõlgurile — selline ilm ei meeldi.

Arvatavasti ei aima kalad ja mõned teised veeloomad halva ilma saabumist ette mitte ainult õhurõhu langemise põhjal. Mereäärsed elanikud on ammu tähele pannud, et kalad ja meduusid lähevad enne tormi madalveest sügavale sageli juba siis, kui õhurõhk pole veel langema hakanudki. Tormihoiatuse signaaliks peetakse sel juhul nn. mere häält. See kujutab endast madala sagedusega (ca 10 Hz) häälelaineid (infraheli), mis tekivad siis, kui tuule kiirus ületab tunduvalt veelainete leviskiiruse ja lainetus hakkab veepinna lähedal õhu liikumist takistama. Laineharjade kohal tekivad õhutihendused, laineorgudes aga -hõrendused, mis tekitavadki infraheli.

Teatavasti levib heli vees kiirusega ca 1,5 km/s, seega palju kordi kiiremini kui tuul. Niisiis võimaldab «mere hääl» veeloomadel ka väga muutlikes ilmastikutingimustes looduse kapriiside eest õigeaegselt pelgupaika otsida. Inimkõrv «mere häält» vastu ei võta.

Sademed mõjutavad kalade elutingimusi mitmel viisil. Siseveekogudes avaldub nende toime eelkõige veeseisu muutuste kaudu. Üldiselt on kõrge veeseis veeorganismidele soodsam kui veepuudus. Vihmavaestel aastatel võib veetase jõgedes ja järvedes langeda nii madalale, et kaladel tekib toidu-, ja mis veel halvem — hapnikupuudus. Viimane nähtus — ummuksilejäämine — esineb sagedamini külmadel ja lumerikastel talvedel jää all, mil lainetuse puudumise tõttu tungib õhuhapnikku vette minimaalselt, elusate «hapnikuvabrikute» — taimede elu-



Joon. 4. Võrtsjärvel. (*M. Sulevi foto*).

tegevus on aga tugevasti aeglustunud, sest vette pääseb läbi paksu jää ja seda katva lumevaiba liiga vähe valgust. Üheks hapnikupuudust vähendavaks vahendiks on jää puhastamine lumest veetaimestikurikastes kohtades, selleks et taimed hakkaksid fotosünteesiprotsesside intensiivistumisega vette rohkem hapnikku andma.

Kõrge veeseis loob kaladele tavaliselt paremad sigimistingimused. Mõnikord on lugu aga teisiti. Lumerikka talve ning hilise ja sooja kevade puhul toob Velikaja jõgi Pihkva järve mõne päevaga tohutud veehulgad ning võimas vool kannab tindi tema tähtsamast kudemispiirkonnast — Velikaja jõe deltast — kaugele järve põhjaossa, mis muidugi mõjub kudemisele üpris ebasoodsalt.

Paduvihm võib veekogusse kanda umbrohutõrjeks ning taimekaitseks kasutatavaid mürkaineid. See on viimastel aastatel mitmel pool põhjustanud kalade suremist.

Kokku võttes võib öelda, et kuivõrd ilmastikunähtused on isekeskis tihedalt seotud, siis ei avaldu ka nende mõju kaladele mitte «puhtalt», vaid koos, kompleksselt. Sõltuvalt kala liigispetsiifikast, tema füsioloogilisest seisundist ja veekogu iseärasustest on mingi tegur kas kasulik, kahjulik või ebaoluline. Keerukas põhjuste ning tagajärgede labürindis võiks üldreegliks pidada seda, et äärmuslikul kujul esinevad ilmastikunähtused (torm, kestev tuulevaikus, paduvihm, pikk põud, kõrvetav kuumus, vali pakane jne.) avaldavad nii kaladele kui ka teistele elusolenditele (ka inimesele) ikka ebasoodsat mõju. Siin kehtib «kuldse kesktee» põhimõte: kõike olgu omal ajal õiges kohas parajuse piires.

E. Pihu

KEVAD

Imelikult astub alla
kevad kellukesi tilistades,
paneb aralt maale ühe talla,
teine tald jääb õhku kumisema.
Ning siis läheb rõõmsalt vilistades,
ikka õhus üks ja teine maas,
järgi vilistab ja õitseb aas,
hakkab kõikjal särama ja sumisema.

Tule, pääsu, teeme endal pesa
räästa varju, roogu, ristinuppudesse.
Lõoken, kui lõhnab karikakrais kesa,
minu laul saab üle sillerdama.
Minu laul on arm, see kullerkuppudesse
paneb mett ja kulda, lükib õide puud,
avab lindude ja laante, vete suud.
Tule, päev ju hakkab pillerdama.

Henrik Visnapuu

PUTUKAD...

Veelgi enam kui selgroogsed alluvad ilmastiku tujudele selgrootud, kelle hulgas on nii arvukuselt kui ka liikide rohkuselt kahtlemata silmapaistvaimad putukad. Putukate seost ilmastikuga on täheldanud inimesed juba ammustest aegadest ning on väheste tuntud putukate esinemise ja käitumise järgi püüdnud ilmastikunähtusi ette kuulutada. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Fr. R. Kreutzwaldi nimelise Kirjandusmuuseumi kartoteekides leidub hulgaliselt materjale, mis illustreerivad vanarahva tähelepanekuid putukate ja ilma vahelistest seostest, kuigi mõnikord on «ilmatarkade» tähelepanekud ning ennustused teineteisele risti vastukäivad.

Nii näiteks on üldine arvamine, et kui toakilk lendab toas ringi, laulab intensiivselt ning püüab toast välja tungida, tähendab see saju ja tuule tulekut (Tallinn, Pärnu-Jaagupi, Äksi, Avinurme jt.). Kuid Paistul olla sama nähtus hea ilma endeks. Üldiselt ollakse arvamisel, et kui verdimevad putukad (sääsed, kihulased, lutikad, kirbud, täid jne.) on väga aktiivsed, «vihased», hammustavad eriti valusasti, siis pidada see ette kuulutama vihma tulekut. Kui aga sääski ja parme korraga eriti palju ilmub, pidada tulema äikest. Enamik selliseid ettekuulutusi käibki just vihma tuleku kohta. See on ka arusaadav — olid ju sademed tolleaegsele talupojale põllutööde puhul eriti tähtsad.

Ennustamise juures kasutatakse peaaegu kõiki tuntuid putukaid. Nii toovat vihma «pikkhändade» (arvatavasti ühepäevikuliste) arvukas lendamine, jaaniussi tugev helendamine (kuigi on ka vastupidiseid arvamusi), suurte kiilide arvukas lendamine (väikeste «kõrendite» — liidriklaste — lendlus õhtul tähendavat aga vastupidist — kuiva ilma tulekut), rohutirtsude puu otsas laulmine (kui laulab maas, tulevat kuiv ilm), herilaste nõelamine, lendavate sipelgate rohkus, vees elavate lutikate lend, tooneseppade tiksumine, sitasitikate lendlus jne. Väga tuntud ennustus-«vahendiks» oli «sääskede» või «kihulaste» surumine (kahtlemata mõeldi siinjuures surusääsklaste parvi). Enamasti arvatakse, et kui «kihulased sõdivad» üles-alla, siis tuleb halb ilm, kui aga edasi-tagasi, siis parem ilm.

Putukad on sobinud pikaajaliste prognooside tegemiseks. Samade «kihulaste» surumise järgi on ennustatud viljasaaki: üles-alla surumine toovat sügisel «puhta leiva», edasi-tagasi surumine aga «aganase leiva». Üldiselt olla putukate arvukas esinemine hea ja viljarikka suve ettekuulutajaks, ehk nagu väljendab Rõuge ilmatark — «putukate suvi — soe suvi, soe suvivilja suvi». Väga halb olla sääse nägemine talvel — «kui näärikuu sääske näed, siis ilma heinata jääd» (Harju-Madise, Haljala). Lõuna-Eestis (Paistu) tähendada aga talviste sääskede nägemine hoopiski sooja suve ja üldse õnnelikku aastat.

Aitab rahvatarkusest! Seda enam, et nähtavasti pole «ilmatargad» veel ühist keelt leidnud. Pealegi on kaasaegsel põllumehel kasutada palju paremad ja täpsemad prognoosid (ehkki ka need alati täppi ei lähe).

Üsna rohkesti andmeid ilma, õigemini üksikute tema elementide mõjust putukaile võib leida putuka-ökoloogilistest uurimustest.

Eriti tuntud on putukate seos temperatuuriga. See on ka arusaadav, sest kõigusoojaste loomadena erineb nende kehatemperatuur puhkeolekus vaid ebaoluliselt ümbritsevast temperatuurist ning peab seega kaasa tegema kõik temperatuuri kõikumised (nii ööpäevased kui ka aastaaegsed). Ainult vähesed putukad on võimelised kehatemperatuuri aktiivselt reguleerima, seda peamiselt lihaste töö abil. Nii näiteks mesilastarus hakkavad mesilased temperatuuri langedes alla 13° C intensiivselt liigutama, kogunevad kogumikeks, kusjuures väljaspool asuvad mesilased pidevalt vahetuvad seesmistega. Kehatemperatuuri võib oluliselt tõsta ka intensiivne lend. Nii näiteks võib lendavate surude kehatemperatuur erineda õhutemperatuurist kuni 30 kraadi.

Seega seab juba temperatuur piirid eluks. Elutegevuse alampiir on seotud putukate organismis leiduva veega. Veehulk aga kõigub putukate kehas seniste määrangute järgi 45—48%-st (teraviljakärsakas) 90—92%-ni (liblika *Telea* röövik). Vesi pole aga putukate kehas vabal kujul, vaid esineb enamasti seoses kolloididega. Sellel asjaolul on putukate elus tohutu tähtsus. Nimelt seepärast ei külmu enamik putukaid 0° juures, vaid neid võib tugevasti alla jahutada. Külmumine, jääkristallide tekkimine (ning koos sellega teatud soojushulga vabanemine) toimub olenevalt liigist ning talvitumiseks ettevalmistamisest märksa madalamal temperatuuril (kuni —30°, mõnedel isegi kuni —50° juures). Ometi on ka putukaid, keda on ellu äratatud pärast kehamahlade täielikku külmumist (näiteks pajumailase ja vaarikakedriku röövikud). Varreleediku (*Pyrausta nubilalis*) röövikuid on ellu äratatud isegi pärast nende jahutamist temperatuurini —80° kuni —190° C.

Selline kohastumine madalate temperatuuride talumiseks esineb siiski ainult põhjapoolsete alade putukail. Troopilistel ja soojalembestel putukatel järgneb surm juba 0° C juures. Sama võib täheldada ka putukate

puhul, kellel talvitub mõni teine arengujärk. Siit selgub, miks enamikku liike võib kohata valmikuina ainult kindlatel aastaaegadel. Liik talvitub just niisuguse arenguastmena (munana, vastsena, nukuna või valmikuna), mis on kõige paremini selleks kohastunud. See tagatakse mitmesuguste, peamiselt valgustuse kestuse poolt esile kutsutud kohastumistega (arengu aeglustumine, diapausinähtused jne.).

Tuleb veel nimetada, et valdava enamiku putukate aktiivne elutegevus lõpeb juba 0° C-st kõrgemal temperatuuril (tavaliselt 7—10 kraadi juures). Vaid väheseid putukaid võib aktiivseina täheldada madalamail temperatuuridel. Siia kuuluvad eeskätt meil talviti lumel leitavad putukad — lumekärbsed (*Chionea*), lumekoonlased (*Boreus*) ja mitmed hooghännaliste (*Collembola*) liigid. Näiteks viimaseid on leitud ringi hüppamas —2° kuni —5° C juures.

Elutegevust piirav kõrgem (siin mõeldakse valkaineid kalgestav) temperatuur ei tule Eesti putukate juures elutegevust takistava tegurina arvesse.

Ka elutegevust võimaldava temperatuuri piirides ei suhtu putukad sellesse ühetaoliselt. Palju huvitavaid fakte on andnud putukate eelistemperatuuri uurimine. See sai alguse tähelepanekust, et laboratooriumis koondusid kärbsed ringina teatud kaugusele Bunseni põleti ümber. Hiljem on konstrueeritud rida spetsiaalseid aparaate (temperatuuriorel, termogradient jne.), milles putukatele pakutakse terve astrik temperatuure, ning putukate puhkekohtade järgi arvestatakse eelistemperatuure (või õigemini -temperatuurilõike). Selles temperatuurilõigus on arvatavasti kõigi protsesside kulg optimaalne ning energiakulu kõige väiksem. Nagu vastavad katsed on näidanud, oleneb eelistemperatuur peale mitmete muude tingimuste (aastaaja, päevaaja, eelneva kasvatamistemperatuuri jne.) ka putukarühmast, selle levikust ja jaotumisest elupaikade järgi. Nii on kuumade, kuivade elupaikade putukate eelistemperatuur tavaliselt kõrgem, niiskete, külmade elupaikade oma aga madalam. Talitputukate eelistemperatuur on aga üsna madal (näiteks talikoonlastel +4° ja —3° vahel, lumekärbestel +0,5° ja —5,5° vahel).

Temperatuurist oleneb ka putukate arengu kestus. Algul see kiireneb temperatuuri tõusuga, saavutab igale liigile omase optimaalse kiiruse ja temperatuuri edasisel tõusmisel langeb uuesti. Putukate arengu kestuse ja efektiivsete temperatuuride summa vaheline sõltuvus on nii kindel, et see võimaldab isegi kindlaks määrata putukaliikide ilmumise aja.

Vähem on andmeid niiskuse mõju kohta putukatele ja nende arengule, ehkki vesi, nagu varem mainitud, moodustab suure osa putukate kehast. Veehulga nõutaval tasemel hoidmine sõltub suurel määral väljastpoolt tulevast veest, arvestades veel seda, et hingamisel kaotatakse tunduvalt niiskust.

Samuti kui temperatuuri, nii on ka õhuniiskuse kohta putukail oma

nõuded, oma optimum, mida nad püüavad välja valida looduses alati esinevaist astrikest. Nii näiteks on sääsed väga tundlikud õhuniiskuse suhtes, selle langedes on nad peidus pinnalähedase taimestiku õhukihis, kus õhuniiskus on kõrgem. Metsades aga on nad aktiivsed ka päeval, samuti varakevaditi ja sügiseti, kui üldine õhuniiskus on kõrgem. Vahustajalased, kelle vastsed moodustavad enda ümber vahutaolise massi, kinnitavad niisketes elupaikades oma vahupesad vabalt vartele, kuivades elupaikades aga lehetuppede vahele.

Ka on püütud kindlaks teha putukate eelisniiskust (vastavalt hügrogradiendis või «niiskuseorelis»), kusjuures tulemused on hästi seletatavad putukate nõudlustega elupaiga suhtes.

Võiks nimetada veel niiskusest tingitud elutsükli pikenemist või lühenemist, sobivate tingimuste loomist patogeenseile organismidele jne.

Ka tuule mõju kohta on vähe andmeid. Tuul mõjub eeskätt lendavaile putukaile ning eriti halbadele lendajatele. Nii on arvatavasti kõik lugejad täheldanud, et tuuliste ilmadega on sääski vähe lennus. Katsed on nimelt näidanud, et sääsed ei talu tuult kiirusega üle 3 m/s.

Samuti koondub tuuliste, päikesepaisteliste ilmadega tuulevaiksetesse kohtadesse, näiteks põõsaste taha hulgaliselt putukaid (kärbseid, liblikaid jne.), nende hulgas isegi nii häid lendajaid, nagu seda on kiilid. Võib-olla koonduvad viimased sinna siiski nagu parematele «jahimaadele». Enamik putukaid on tuule suhtes «eitavalt häälestatud», ehk nagu öeldakse — negatiivselt anemotaktilised. Kuid on ka vastupidiseid näiteid. Näiteks armastab pistekärbes tuuliseid paiku. Seetõttu tungibki ta kallale tubades, just põranda lähedal, kus õhuliikumine on kiirem. Pealegi on seal õhuniiskus suurem.

Suurem tähtsus on tuulel putukate levimise seisukohalt. Nii võivad tuulehood kanda halvasti lendavaid putukaid üsna suurtele kaugustele. Püügid lennukitelt aga näitavad, et kõrgetes õhukihtides võib kohata isegi tiivutuid putukaid. Kahtlemata on siin tegemist tõusvate õhuvoolude poolt õhku kantud putukatega.

J. Vilbaste

LINDUDE KEVAD

Lõõritades lendas lõo
üle nurmenõo,
laskus alla keset kesa,
tegi sinna pesa.

Sauna taga kasvab saar.
Rõõmus rästapaar
lendas sinna, vaatas kongi —
oma jagu ongi.

Västrik, väike väle lind,
küllap tunnen sind —
teised nii ei lenda, rända
ega viska hända.

Mustad tiivad, valge rind,
lendab pääsulind.
Eks ta varsti peale hakka —
pesa lauda lakka.

Vaatad üles, silmil käed,
mida kuuled, näed?
Kriiga-kruuga üle mere
tuleb kurepere.

Ööbikut ei ole veel.
Rukkirääk ka alles teel.
Aga mets ju seda nägu —
varsti tuleb kägu.

Mart Raud

LINNUD...

Missugune oleks loodus ilma lindudeta? Kevadised ilmad ilma linnude lauluta, meri ilma kajakateta, mets, kus poleks kuulda rähnide trummeldamist, luht, kus õhtul ei kisaks rukkirääk?

Linnulaul ilmestab loodust peaaegu kõikjal. Linnud taluvad polaarmaade madalaid ning troopika kõrbete kõrgeid temperatuure. Et lindude keha ei jahtuks, siis on neil sulg- ja udusulgkate. Samuti kaitseb külma eest nahaalune rasvakiht, mis on eriti silmatorkavalt välja kujunenud veelindudel. Meie alal talvituvad linnud, nagu varesed, harakad, hakid, pasknäärid, käbilinnud, tihased, rähnid ja teised on hästi kohastunud temperatuurikõikumistega. Kõhastunud on ka linnud, kes lendavad väga kõrgetes külmades õhukihtides, näiteks kotkad. Suurem osa rändlinde aga ei talu ulatuslikke temperatuurikõikumisi. Väga madala temperatuuri juures võivad külmuda linnu munad, hukkuda linnupojad ja isegi täiskasvanud linnud. Ka väike külm kevadel või suve algul avaldab ornitofaunale suurt mõju. Järsk kõrvalekaldumine normist võib esile kutsuda lindude massilise hukkumise. Näiteks kevadised külmaperioodid hävitavad eriti hulgaliselt rändlinde — kiivitajaid jt. Aastaaegade vaheldumine loob ka lindudele elurütmi aastatsükli. Kevadel ja suvel — kõige soojematel aastaaegadel — kasvatatakse poegi, sügisel aga algavad lennuharjutused ja ränne.

Linnud on väga tundlikud ilmamuutuste suhtes. Juba enne külma ilma saabumist vaibub lindude vilgas elu. Püsivate külmade ilmade puhul on linnud väga vaiksed. Nad liiguvad vähe ega häälitse peaaegu üldse. Juba mitu päeva enne ilmade pehmenemist linnud elavnevad. Eriti torkab see silma vareste, kakkude, varblaste ja tihaste juures.

Lumesaju ja tuisu eel näeme elavnemist eriti hallvareste hulgas. Nad lendavad omapäraselt häälitsedes üles ja sööstavad siis järsku vertikaalselt alla.

Kevadel on linnud väga aktiivsed, söövad vähe, on rahutud ja laulavad. Juba varakevadel asuvad kohalikud linnud pesitsemiskohtadesse. Hallvaresed ja harakad moodustavad paare veebruaris, põldpüüd ja

laanepüüd märtsis. Ka tedred kogunevad mänguplatsidele veebruaris, kuid tõsine mäng algab alles märtsi lõpul või aprillis. Nende laulu on kuulda väga varajastel tundidel ja eriti udustel hommikutel.

Rändlindude kevadsaabumine on reeglipärane ja kulgeb lainetena. Esimese lainena saabuvad künnivaresed, kuldnokad, lõokesed, kanepilinnud, kiivitajad ja samuti roherähnid. Need on tihti kohal juba siis, kui lumi on veel maas ja veekogud jääkaane all. Teine laine saabub veekogude jääst vabanemise ajal. Siis jõuab kohale enamik veelinde, metsvindid, linavästrikud jt. Mai algul on kolmas laine — saabuvad käod, pääsukesed jt. Neljanda lainega, pärast seda kui ilmad on jäänud püsivalt soojaks, jõuavad kohale rukkirääk, piirpääsuke, peoleo jt. Esimese ja teise lainega saabuvate lindude pärale jõudmise aeg sõltub sellest, kas kevad on varane või hilineb. Näiteks põldlõoke võib mõnikord meile saabuda väga varakult (1959. aastal — 3. märtsil, 1943. a. — 8. märtsil), teinekord aga haruldaselt hilja (1958. aastal — 10. aprillil). Nii näeme, et põldlõokese kevadise kohalejõudmise ajas võib erinevus ulatuda 37 päevani. Kõige varajasem kiivitaja saabumine oli 1959. aastal — 13. märtsil, kõige hilisem aga 1956. aastal — 14. aprillil. Üldisest seaduspärasusest tuleb ette ka erandeid. Nii saabusid kuldnokad 1954. a. Baltikumi ligi 3 nädalat hiljem selle aasta fenoloogilisest kevadest. Nagu näitas A. Lindi uurimus, tõi varajase kuldnokkadeta kevade meile Atlandilt üle Pürenee poolsaare, Vahemere ja Balkani saabunud tsüklon. See tsüklon ei läbinud aga Inglismaad, Belgiat ja Hollandit, kus kuldnokad olid väljalennu ootel. Alles kolm nädalat hiljem saabusid koos neid alasid läbinud uue tsükloniga hilinenud kuldnokad.

Kolmanda, eriti aga neljanda lainega pärale jõudvad linnud saabuvad peaaegu kalendaarse täpsusega. Näiteks peoleo jõuab peaaegu igal aastal kohale 20. või 21. mail (saabumise andmed on võetud autori vaatlustest Elva ümbruse kohta).

Esimese lainega saabuvad linnud rändavad tihti tagasi, kui ilm muutub ebasoodsaks. Neljanda lainega saabuvad linnud ei tee seda isegi siis, kui mai lõpul tuleb külm ja sajab lund. Seetõttu hukkuvad hilised saabujad sageli massiliselt.

Suvel on lindudele nuhtluseks jahedad vihmaperioodid. Tunda annab putukate vähesus, mistõttu pojad surevad sageli nälga. Sulgimise ajal kurnab vihm linde. Mõnede linnuliikide isendid (vanad linnud ja lennuvõimelised pojad) lahkuvad enne vihmaperioodi pesitsemisterritooriumilt ja rändavad ajutiselt mujale. Mõnede linnuliikide isendid aga just vastupidi kogunevad enne vihmaperioodi pesitsemisterritooriumile.

Juulikuus ärkab lindudel rändeinstinkt. Esimestena koonduvad parvedesse noored kuldnokad. Augusti algul lahkuvad piirpääsukesed, augusti lõpul aga toonekured, peoleod, siniraod ja teised. Sel ajal on ilm veel soe ja toitu küllaldaselt. Suurem osa linde alustab äralendu enne eba-

soodsat perioodi, kuid nõmmelõokesed, põldlõokesed jt. lahkuvad alles novembris.

Metshanedel algab ränne harilikult oktoobris enne öökülmade saabumist, laululuikedel aga paar päeva kuni nädal enne veekogude kinnikülmumist. Varsti pärast laululuikede rännet sajab lund. Ja eks rahvatarkuski ütle: haned lähevad, hallad käivad, luiged lähevad, lumi taga.

Lindude käitumise põhjal võib isegi ilmastikku prognoosida. Näiteks lindude varajane pesitsemine tähendab tihti suvist põuda. Hiline ja ka teistkordne pesitsemine on endeks, et võib oodata toidurikast (putukate poolest) suve ja sügist. Juuni lõpul lakkavad linnud harilikult laulmast, mis viitab sigimisperioodi lõppemisele. Mõnikord kukub kägu veel juuliski. Veelgi haruldasem on tetrede hiline kudrutamine. Lindude laul hilissuvel ennustab aga pikka ja sooja sügist. Näiteks 1967. aastal võis tetrede kudrutamist kuulda ja mängu jälgida veel juuli lõpul. Selle aasta sügis kujunes ka haruldaselt pikaks ja väga soojaks.

Põhjapoolsete lindude varajane saabumine meie territooriumile tähendab varajast talve. Lumekaku varajane ilmumine on tundemärk, et talve algus on väga külm.

Huvitav on jälgida tuulte mõju lindudele rände ajal. Varem arvati, et vastutuul on lendamiseks ja rändeks soodne, pärituul takistavat lendamist, puhudes linnu sulgedesse. See on aga vaieldav. Kas nende tähelepanekute tegemisel arvestati asjaolu, et tuule suund maapinnalt kõrgemale tõustes muutub märgatavalt? Mõnikord võivad kõrgemal õhus puhuda otse vastupidise suunaga tuuled, võrreldes maapealse tuule suunaga. Uuemad andmed näitavad, et lindude normaalne ränne kulgeb õhukihtides, mis on kõrgemal kui 1000 meetrit. Ränne on seal eriti intensiivne pärituultega päevadel. Vastutuulega kulgeb lend madalamal, harilikult ca 100 meetri kõrgusel. Miks? Aga sellepärast, et madalamates õhukihtides on tuule kiirus väiksem ja lendamine kergem. Nii et mida tugevam on vastutuul, seda madalam on lindude lennu kõrgus.

Lõpetuseks võiks öelda, et kuna lindude elu on otseses sõltuvuses ilmast, siis on nähtavasti neil välja kujunenud suur ilmastikutundlikkus ja rida meile seni tundmatuid kohastumismehhanisme, mille abil nad instinktiivselt aimavad eelseisvaid ilmamuutusi, sageli juba siis, kui olemasolevad meteoroloogilised aparaadid ei näita veel mitte midagi.

V. Želnin

KÜLM

Mets härmatises surnuvaik,
koit idas veripunane,
õhk kristallisid pisardab,
õhk põhjast — tuleleil on see!
Loom koiduvalgel kisendab,
hunt, põder, metskits ägavad.
Kord-korralt külm sääl plaksatab,
siis jällegi kõik surnuvaik . . .
Koit idas veripunane.

Juhan Liiv

ULUKID...

Loodusliku keskkonna tegurite hulka, mis ühel või teisel määral mõjustavad ulukitefaunat, kuuluvad ka ilmastikutingimused. Seoses ulukivarude pideva kasutamisega on tarvis tunda nende tingimuste iseloomu ja mõju ulatust, et tagada ühe või teise loomaliigi varude plaanipärane taastootmine. Eriti oluline on jahiloomade ja ilmastikutingimuste vahelise seose kõigi aspektide tundmine talveperioodil, mis on valdavale enamusele liikidest nn. bioloogiline kitsaskoht. Talvistest ilmastikutingimustest on kõige olulisema tähtsusega temperatuur ja lumikate ning selle iseloom. Lumikatet iseloomustavad sügavus, struktuur ja ajaline kestus. Lumikatte sügavuses esineb suuri kõikumisi nii erinevatel aastatel (lumevaesed ja lumerohked talved) kui ka ulukite erinevates elupaikades. Allpool toome ära lumikatte sügavused 1964. a. veebruarist Aakre metskonnas:

1) jõeluht	51 cm;
2) põld	48 cm;
3) metsalagendik	40 cm;
4) männinoorendik	36 cm;
5) siirdesookaasik	35 cm;
6) mustikamännik (kolmas vanuseklass)	30 cm;
7) mustikamännik (VI—VII vanuseklass)	30 cm;
8) pohlakuusik (IV vanuseklass)	24 cm.

Lumikatte sügavus eri paikades, samuti toidubaas ongi ulukite talvise elupaigalise leviku olulisemateks mõjutajateks. Oluline on ka lumikatte struktuur. Sulade tagajärjel koorikuga kattunud lumi on eriti sõralistele palju suuremaks liikumistakistuseks kui sügav ja kohev lumi. Lumikate raskendab ulukite liikumist toiduotsinguil, samuti vaenlaste eest põgenemisel. Sügavas lumes võib täheldada paljude liikide kindlaid teeradu (valgejänes, metssiga, metskits), mis hõlbustab pääsemist toitu-

mispaikadesse. Madala temperatuuri mõjul tekkinud soojuskadude kompenseerimiseks suureneb aga toidutarvidus, mille katmine pole talvetingimustes sugugi lihtne. Ka on paljudel juhtudel toit maetud lumikatte alla (metskits, jänesed, orav), metsseal takistab toidu hankimist veel külmunud maapind. Madala temperatuuri mõju ilmneb eriti noorloomadel, kel ei ole termoregulatsioon täiesti välja kujunenud. Temperatuuri mõju ning sellest tingitud haigestumist suurendab ka lumikatte paksus, mille puhul metskitsed ei suuda enam magamisasemeid välja kaapida ja magavad lumel. Talvise lumikatte sügavus piirab paljude liikide levikut. Nii on metsseal ja metskitsel nn. kriitiliseks lumikatte paksuseks 30—40 cm, põdral 70 cm. Kriitilise lumikatte paksuse all mõistetakse sellist sügavust, mille kestev esinemine viib antud liigi isendite hukkumise sagenemisele. Karmid ja lumerohked talved on põhjustanud ulukite arvukuse vähenemist nii otsese hukkumise kui ka järglaste arvu vähenemise ja nende elujõulisuse taseme languse teel. Sellisteks talvedeks on viimasel ajal olnud 1939/40., 1940/41., 1941/42., 1955/56. ja 1965/66. a. talved.

Üheks kõige tundlikumalt karmidele talvetingimustele reageerivaks liigiks on metskits. Nii leiti 1939/40. a. talve tagajärjel riigimetsamaadel 4452 hukkunud metskitse, mis moodustab 20% nende koguarvust. 1965/66. a. talvel leiti 2223 hukkunud metskitse (8% koguarvust). Nagu selgus H. Lingi ja M. Salemi uurimustest, on noored külma suhtes tundlikumad kui täiskasvanud, kuid lumikate mõjustab noor- ja vanaloomade hukkumist ühtemoodi.

1965/66. a. talvel moodustasid sokud 11%, kitsed 18% ja noorloomad 71% analüüsitud hukkunud isenditest. Emasloomade hukkumise põhjuseks on kahtlemata suurem toiduvajadus tiinuse perioodil, mis langeb talvele.

Metssiga on liik, kelle arvukus ja esinemine meie ulukitefaunas on otseses sõltuvuses ilmastikutingimustest. Maapinna külmumine ja sügav lumikate takistavad oluliselt toiduhankimist. Seetõttu hukkusid meil metssead neljakümnendate aastate erakordselt karmidel talvedel täielikult.

Suurel määral sõltub talveperioodi ilmastikust orava arvukus, jooksuaeg, pesakondade arv ja suurus. Lumikate takistab osaliselt orava toiduotsinguid, sest suure osa toidust hangib ta maapinnalt, kaapides välja mahalangenud käbisid. Madalate temperatuuride, samuti ka tuiskude puhul varjuvad oravad pesas ja liiguvad vähe, ning võivad sageli külmuda ja nälga surra.

Ka teiste jahiloomade elu pole talveperioodil kerge — temperatuuri langusest tingitud ainevahetuse intensiivistumine ja sellega kaasnev suurenev toiduvajadus, samaaegselt liikumist oluliselt piirav lumikate — see mõjub kõigile metsaelanikele.

Ilmastikutingimuste muutmine pole veel meie teha, küll võime aga

nende mõju vähendada otstarbeka ja mitmekülgse lisatoitlustamise teel, mis on jahindusorganisatsioonide üks põhiülesandeid.

Kuid ka looduses on enamikul liikidel kujunenud välja kohastumine raskete kliimatingimustega, mida vaatlemegi allpool.

Madalatest temperatuuridest tingitud suuremate soojakadude vältimiseks on enamikul meie loomadest talvel märksa pikem ja tihedam karvkate kui suvel.

	Suvekarv			Talvekarv		
	Karvade arv 1 cm² kohta	Karva pikkus, mm		Karvade arv 1 cm² kohta	Karva pikkus, mm	
		Aluskarv	Pealiskarv		Aluskarv	Pealiskarv
Orav	4200	9,4	17,4	8100	16,8	25,9
Valgejänes	8200	12,3	26,4	14700	21,0	33,4

Sama liigi põhja pool esinevate isendite kehamõõtmed on suuremad (järelikult suhteline kehapind väiksem) kui lõunapoolsetel isenditel, mis aitab vältida soojakadu. Nii ületab meie halljäneste keskmine kaal, samuti karvkatte tihedus samu näitajaid Lääne-Euroopa halljäneste juures.

Mõnedel liikidel on ebasoodsate talvetingimuste vältimiseks välja kujunenud talveuni, mille puhul elutegevuse aktiivsus langeb ja loomad veedavad sellises seisundis mitmeid kuid suvel kogutud toiduvarude arvel. Selline uni (õigemini uinak, sest sellega ei kaasne kehatemperatuuri tunduvat langust, samuti ainevahetustaseme langust) esineb meie jahiloomadest karul, mägral, kährikkoeral ja oraval. Kõige pidevam on ta karul, kestes novembrist märtsi-aprillini. Mägral võib see pikemate soojaperioodide puhul katkeda, kuna kährikkoeral soojematel talvedel korrapärast taliuinakut üldse ei esinegi. Oraval esineb unetaoline vähese aktiivsuse periood peamiselt pikemate külmaperioodide ja kestvate tuiskude ajal, samuti õhurõhu järskude languste korral.

Paljude ulukiliikide kandeaeg langeb klimaatiliselt kõige ebasobivamale perioodile — talvele. See tingib suurenenud toiduvajaduse nii emasorganismi kui ka loodete normaalseks elutegevuseks ja arenemiseks. Vastavalt sellele on kujunenud real liikidel (põder, metskits, metsnugis) välja nn. latentsusperiood. Pärast munaraku viljastamist lõigustub see osaliselt ja jääb oma edasises arengus n.-ö. seisma kuni kevadtalveni, mil algab loote intensiivne arenemine. Kui aga kevadtalvised tingimused pole samuti soodsad, võib loode (või looted) resorbeeruda ja kasutatakse seega ära emasorganismi ülalpidamiseks.

Lumes liikumiseks on põhjapoolsetel liikidel kohastumisena toimunud käpapinna suurenemine, mille tagajärjel väheneb keha suhteline raskus 1 cm^2 käpapinna kohta. Nii on see metsseal 903 g/cm^2, põdral 500, metskitsel 320, hundil 190, põhjapõdral 140, ilvesel 42, rebasel 28, metsnugisel 12 g/cm^2. Äärmiselt huvitav on võrdlus kahe lähedase liigi, hall- ja valgejänese puhul: halljänesel (keskmine kaal 4,2 kg) on see 24 g/cm^2, valgejänesel (3,4 kg) on see 19 g/cm^2.

Raskete talvetingimuste tõttu esinevad paljudel ulukitel ränded, mis on eriti ulatuslikud nende levikualade põhjapiiril (põder, põhjapõder, polaarrebane) või kõrgmägedes (nn. vertikaalsed ränded). Analoogiliseks nähtuseks, kuigi tunduvalt väiksemas mastaabis, on meie ulukite (põder, metskits, metssiga, kährikkoer) sügisene elupaikade vahetus sobivamate toitumistingimustega ja madalama lumikattega alade otsinguil.

Ilmastikutegureist, mis mõjustavad ulukite levikut ja normaalset päevarütmi, samuti käitumist, tuleb veel nimetada sademeid, tuult ja õhurõhku. Kestvama sajuperioodi korral, samuti talvel sula ajal, kui mets hakkab «tilkuma», lahkuvad põdrad tavaliselt liitunud puistutest ja eelistavad lagedamaid alasid. Samade ilmastikutingimuste, aga ka tugeva pakase korral otsib rebane varju urgudest, millega ta muidu on seotud ainult sigimisperioodil.

Tuul on enamikule imetajatest orienteerumisvahendiks, tuues informatsiooni mitmesuguste lõhnade näol. Seetõttu eelistab enamik liike liikuda vastutuult. Vastutuult liiguvad oma rännakutel suvistest elupaikadest talvistesse ja tagasi ka metsikud põhjapõdrad, kuna meie tundraaladel on valitsev tuulte suund kevadel ja suvel merelt mandrile, sügisel ja talvel aga vastupidi. Jamali poolsaarel kinnipüütud ja märgistatud polaarrebased levisid lehvikukujuliselt vastu valitsevate tuulte suunda. Olulise tähtsusega on tuul verdimevate kahetiivaliste mõju vähendajana. Nii eelistavad põdrad (eriti vanad isasloomad) suvel lagedaid paiku (luhad, lageraba), kus tuule tõttu on vähem sääski.

Lõpuks veel ilmaennustamisest loomade käitumise järgi.

M ä g e r. Vaatlused mägraurgude juures näitasid, et kui lähemate tundide jooksul on oodata vihma, siis ei tule mäger õhtul urust välja toitu otsima, vaid käib ainult paaril korral uru lähemas ümbruses.

K ä h r i k k o e r. Kui kährikkoerad tulevad talvituma kõrgemates küngastes olevatesse urgudesse ja kraavide kallastesse ning madalamatesse kohtadesse jäävad suveurud on sügisel tühjad, siis võib oodata kevadel lumesulamise ajal metsaosade üleujutamist. Sama nähtust täheldas Zverjev karude puhul sobiva talvituskoha valikul.

M e t s k i t s, h a l l j ä n e s. Kui on tulemas halb ilm (tuisk, vihm), siis toituvad nad orasepõllul hommikul tavaliselt kauem, õhtul tulevad aga toituma tunduvalt varem. Metskitsedel langeb toituma tuleku algus kellaaegade järgi eri päevadel väga täpselt kokku ja on seotud valgus-

režiimiga. Tugeva õhutemperatuuri languse eel eelistavad ulukid ööbimispaikadena tihedamaid metsaosi, eriti selliseid, kus alusmetsa moodustab kuuse järelkasv. Eriti reageerivad õhutemperatuuri muutustele jänesed.

O r a v a d. Kui õhurõhk järsult langeb, pole värskeid oravajälgi kusagil näha. Eriti ilmneb see siis, kui õhurõhk langeb päikesepaistelisel päeval. Aeglase õhurõhu languse korral käivad oravad pesast aegajalt väljas, on aga väheaktiivsed. Kui õhurõhk tõuseb, käivad nad väljas ka lumesajuga. Sama ilmnes ka kodus peetud orava käitumises. Halva ilmaga ja õhurõhu langemise eel oli ta peaaegu alati end ära peitnud — kas viltsaapasse, voodisse tekkide-linade alla, kappi riiete alla või mujale.

Ka m e t s n u g i s e liikumise aktiivsust mõjustab õhurõhk — rõhu langedes on metsnugis tunduvalt vähem aktiivne, eelistab maapealseid (ja lumealuseid) varjekohti.

Küsimust ilmastiku mõjust ulukitele on suhteliselt paremini uuritud just talvetingimustes. Teiste tegurite mõju ulatus ja iseloom on seni kirjanduses leidnud hoopis juhuslikumat kajastamist. Jahisportlaste tähelepanekud ulukite esinemise kohta ühes või teises elupaigas konkreetsete ilmastikutingimuste korral on vägagi erinevad ja ainult nende massiline analüüs võimaldab teha kaalukaid järeldusi.

J. Naaber

LÕPETUSEKS

Meie koduplaneedil on üks imepärane omadus. Maal esineb elu — nähtus, mis füüsikaseaduste järgi on seotud väga vähe tõenäolise olekuga, s. o. püsiva mittetasakaaluolekuga. Biosfääril on omadus järjest laieneda, järjest täiustuda, tõsta oma avaldusvormide organiseerituse astet. Oli aeg, millal elusainet maakeral võis arvestada grammidega. Praegused hinnangud näitavad, et elusaine kogukaaluks maakeral on umbes 10^{14} tonni. Elusaine on tekkinud päikese kiirgusenergia varal, mida taimed on salvestanud ja takistanud maailmaruumis täielikult hajumast. Omadus töötada püsivalt tasakaalu vastu, s. o. kõige tõenäolisema oleku — kaose saabumise vastu eluta loodusel puudub. Eluavaldused ja inimühiskonna tegevus ning areng kätkevad endas palju sarnaseid jooni. Inimese tööstuslik tegevus, näiteks metallurgia, kivisöe ja nafta tootmine, nendes produktides sisalduva energia efektiivne vabastamine ja rakendamine inimühiskonna elukorralduse parandamiseks on tegevus, mis on suunatud kaose vähenemisele, korrapära, organiseerituse, inimkonna poolt aktiivselt kasutatavate energeetiliste ressursside suurendamisele. Väike pilk ajalukku näitab, et aja jooksul inimühiskonna organiseeritus kasvab, inimese poolt vabastatud ja kasutatud energiahulk suureneb. Kasvab energia kasutamise efektiivsus — kasutegur. Inimühiskonna organiseeriv mõjusfäär hakkab kosmoselendude vahendusel ulatuma üle meie planeedi läve. Nagu arvatakse, ei ole võimatu, et Maa biosfääril ja biosfääridel üldse, kui neid maailmaruumis rohkem eksisteerib, on ka kosmiline funktsioon. See võiks olla seotud lokaalse mittetasakaaluoleku süvenemise tendentsiga vastukaaluks eluta mateeria tendentsile pürgida tasakaaluoleku poole.

Niisiis, sotsiaalsete ühiskondlike muutuste kõrval iseloomustab inimühiskonna arengut tendents järjest organiseerituma elukorralduse laienemisele, üha suuremate energiahulkade kasutamisele. Kui seda nähtust lugeda seaduspäraseks, siis kogu inimtegevus, mis on suunatud sellele kaasaaitamisele, tuleks lugeda positiivseks — inimühiskonna ja üksikisiku elunõuetele vastavaks. Kõik vastupidine oleks aga taunitav.

Sellelt seisukohalt peaksime hindama ka inimtegevust, mis on seotud meie planeedi atmosfääriga, ilma ja ilmastikuga.

Inimese ja suurema osa Maa biosfääri elu ei ole mõeldav ilma atmosfäärita. Me oleme kohanenud eksisteerimiseks just niisuguses atmosfääris, nagu see on Maal, ja meie kohuseks on sellist atmofääri olekut säilitada. Iseenesest mõista peame igapäevase elu korralduses võimalikult paremini kasutama ja arvestama ilmastikutingimusi. Kuid inimene ei ole atmosfääri suhtunud alati päris mõistlikult. Me alles hakkame aru saama ohust, mis kaasneb atmosfääri saastamisele võõrkehadega — tahma, mürkkemikaalide, masinate heitgaasidega jne., jne. Kõige kohutavamad on muidugi tuumapommide lõhkemisel atmosfääri sattunud radioaktiivsed ained, mis kas sademetega või vahetult õhu kaudu meie organismi satuvad. Atmosfääris toimuvate tuumakatsetuste keelustamise kokkulepped on inimühiskonnale ja järgnevatele põlvedele suureks teeneks. Väga tühisest osoonihulgast, mis paikneb paarikümne kilomeetri kõrgusel, piisab, et kaitsta elu lühilainelise ultravioletse kiirguse eest. Väga võimalik, et osoonikihi lõhkumiseks ei vajata eriti suurt energiat. Atmosfääri loomuliku tasakaalu rikkumine võib vallandada protsessid, mis tundmatuseni muudavad atmosfääris valitsevaid tingimusi ja ilmastikku.

Kuid ka igapäevases inimtegevuse sfääris on palju taunitavat seoses atmosfääri saastamisega. Mõistlikuks ei saa lugeda tehase juhtkonna tegevust, kes tagab küll kvaliteetse toodangu, samal ajal lubab aga hoolimatult saastata atmosfääri põlemisproduktidega. Me näeme küll, et okaspuud hääbuvad suurlinnade tahmas, märkame, et ka inimestel sagenevad mõningad haigused, kuid ei pööra sellele alati vajalikku tähelepanu ega rakenda abinõusid võitluseks õhu saastamise vastu.

Ettevaatlikult ja isegi teatava skeptitsismiga peaksime suhtuma projektidesse, mis on seotud kliima muutmisega. Praegusel ajal on polaarjää sulatamine või Golfi hoovuse Põhja-Jäämerre suunamine või Beringi väina tammi ehitamine igal juhul fantastika. Teadmised Maa atmosfäärist, ilmast ja kliimast on liiga kesised selleks, et niisuguste projektide elluviimisest midagi positiivset loota. Kasu ühes piirkonnas ei korva võib-olla mitmekordset kahju teises. Suureulatusliku soojusjaotuse muutmine maakera ühes osas kajastub ju terve maakera atmosfääri üldises tsirkulatsioonis. Seni kui me ei tunne üksikasjadeni atmosfääri tsirkulatsiooni seaduspärasusi, ei tohiks me globaalseid projekte ellu viia. Kas ei tuleks lähtuda bioloogide eeskujust elusloodusе säilitamisel ja looduskaitse organiseerimisel, et tagada atmosfäärikaitse, tagada atmosfääri *status quo*?

Niisiis, kaitskem ennast atmosfääri kahjulike mõjude eest, planeerigem oma tegevus ilmastikku arvestades. Ühtlasi aga tehkem kõik selleks, et kaitsta Maa atmosfääri. Sellega kaitseme elu, seda vähe tõenäolist nähtust, sellega kaitseme iseennast.

REGISTER

A

Aakre 344
Aasovi meri 126
Abercromby, R. 21
Aberdeen 228
Absoluutne temperatuur 69, 71
Absoluutselt must keha 95
Adavere 217
Adiabaatiline jahtumine 82
— protsess 178
— soojenemine 83
— tõus 82
Advektiiv-dünaamiline teooria 76
Advektiivne udu 88
Aerodünaamiline toru 280, 281
Aeroionisatsioon 39
Aeroionisatsioonravi 265
Aeroloogiaobservatoorium 26
Aerosoolid 268, 312
Agrokliima 217, 221, 222
Agrometeoroloogia 40, 325
Agrometeoroloogiajaam 40
Ahelvälk 102
Aktiivne kiht 233
Aktinomeetria 30, 31, 40
Aktinomeetriajaam 16, 30, 36, 37, 39
Aktinomeetrialaboratoorium 37
Aktinomeetrilised vaatlused 35—37
Alazani org 190
Albeedo 53, 54, 56, 62, 112, 205
Allajahtunud kihtpilv 193
— piisad 80, 85, 89, 92, 93, 190, 191
— pilv 191, 195
— pilvepiisad 190
— udu 193
— udupiisad 97, 238
— veetilgad 238
— vihmapiisad 97
Alpid 233, 258, 323
Altocumulus 85
Altocumulus castellatus 85
Altostratus 90
Ameerika Ühendriigid 18, 96, 119, 136, 178, 182, 191—195, 234, 236, 237, 240, 265
Amsterdam 134
Analoogaastate meetod 179
Andid 257
Anemograaf 16
Anemomeeter 22, 24
Aneroidbaromeeter 19, 227
Anhelioos 270
Antarktika 33, 64, 65, 79, 114, 135, 158, 253, 254, 287, 291
Anomaalse kuuldavuse tsoon 162
Antitsüklon 67—72, 75, 76, 170, 171, 175, 181, 268
Antitsüklonaalne ilm 171
Antverpen 209
Ångström, A. I. 31
Ångströmi pürheliomeeter 31, 36
Apollon 314
Argentiina 195
Aristoteles 15
Arktika 29, 31, 32, 67, 79, 137, 158, 230, 287, 291, 320
Aruksaar, H. 34, 38
Asklepios 314
Astrospektroskoopia 247
Ašhabad 94
Atacama 96
Atmosfääri dünaamika 181
Atmosfääriionisatsioon 259, 267
Atmosfäärikiirgus 55, 57
Atmosfääri kohalik tsirkulatsioon 58
Atmosfääri turbulentsus 173
Atmosfääri vastukiirgus 55—57
Atmosfääri üldine tsirkulatsioon 51, 62, 63, 65—67, 170, 173, 178, 268, 350
Augsburg 27
Auramisudu 88
Austraalia 194, 225, 257

Austria 265
Avaste, O. 38
Avinurme 335

B

Baarilise topograafia kaart 68, 69, 177
Babüloonia 15
Bad-Gastein 265
Baieri 269
Balaklava 24
Balkani ps. 25, 341
Balleny s. 136
Baromeeter 19, 330, 331, 348
Baromeetriline rõhk 264
Beaufort, F. 19
Beauforti tuuleskaala 19, 114
Belgia 341
Bengaali laht 136
Bentley, W. A. 90, 91
Bergeron, T. 190
Beringi v. 350
Berliin 26, 237
Biarritz 265
Bilansomeeter 37, 38
Bimetallaktinomeeter 31
Biosfäär 269, 349, 350
Biskaia l. 134, 265
Bjerknes, V. 75
Bjerknes-Kotšini teooria 75
Boreus 337
Boston 236
Briis 58, 116, 277
Brüssel 27
Budõko, M. 56
Buhhantsev, K. 283

C

Cabo da Bõa Esperança 225
Cabo Tormentoso 223
Callendari kiirgusregistraator 35
Camões 224
Campbell 30
Campbell-Stokesi heliograaf 30, 31
Castelli, B. 16
Celsius, A. 18
Celsiuse kraad 18
— skaala 9, 18
Chaudigarhi 203
Cherbourg 134
Cherrapunji 95
Chionea 337
Christchurch 185
Ci filosus 172
Ci uncinus 172
Cirrostratus nebulosus 153
Cirrus 21
Collembola 337
Consolini, A. 283
Coriolisi jõud 66—68, 112, 113
Costa Brava 120
Cumulonimbus 84, 85, 89, 90, 92
Cumulus 21
Cumulus congestus 83, 85
Cumulus humilis 82

D

Dallas 236
Darwin, Ch. 25
Davitaja, F. 190
Davos 233
Dayton 117
Descartes, R. 146
Diapaus 337
Diaz, Bartolomeu 224
Dickens, Ch. 235
Difraktsioon 144, 145
Difraktsioonikujutis 249
Difraktsioonirõngas 248, 249
Difraktsioonivõre 46
Dissotsiatsioon 50
Dissotsiatsioonienergia 50
Doggerbank 228
Dolgov, N. 232
Donbass 232
Drake, F. 225
Drake'i v. 136
Dünaamiline kõrgus 68, 69
— meeter, vt. geopotentsiaalne meeter
— tasakaal 50

E

Edelamussoon 135
Ebapäikesed 153, 154
Eeslaht 123
Eesti 21, 31, 34, 35, 38, 40, 96, 104, 105, 119, 122, 129, 137, 218—222, 232, 242, 243, 247, 249, 274, 275, 280, 319, 337
Efektiivne temperatuur 217—219, 337
Eksosfäär 48
Eksperimentaalne meteoroloogia 191, 196
Elavhõbetermomeeter 18
Elektrilahendus 101, 102, 237, 268

Elektroaerosool 39
Elektroaerosoolravi 265
Elektromagnetiline lainetus (elektromagnetilised lained) 44, 45, 47, 103, 257, 268, 269, 271
Eller, R. 158
Elva 120, 341
Emajõgi 11, 89, 103
Energia transformatsioon 173
Energiavahetus 178, 179
Energiavoog 55
Enno, E. 123
Erastvere 165

F

Faasiline labiilsus 190
Fahrenheiti kraad 18
— termomeeter 18
Faklid 267
Fenoloogiline kaart 321
— kevad 341
Filipiinid 95
Filtreerimine 175, 176
Findeisen, W. 190
Firenze 269
Fitzroy, R. 25
Flammarion, C. 311
Flandria 299
Fotodissotsiatsioon 50
Fotosfäär 267
Fotosüntees 38, 315, 317—322, 324
Fotosünteesi kasutegur 316, 322
Fotosünteesiprotsess 315, 320, 333
Fotosünteetiliselt aktiivne kiirgus 316, 317
Frondiäike 103
Front (frondijoon) 72—75, 88, 103, 123, 171, 175, 176, 195
Frontaalpind 72, 73, 75
Frontogenees 74
— , kinemaatiline 75
Frontolüüs 74
Fundy laht 125
Föön 258, 259

G

Galilei, G. 16, 17
Galveston 136
Geigeri loendur 33, 250
Genf 32
Geofüüsikaline rakett 48
Geomagnetilised poolused 269
Geopotentsiaalne meeter 69
— dekameeter 69
Globaalne vaatlussüsteem 182
Golfi hoovus 104, 323, 350
Golitsõn-Vilipi tüüpi seismograafid 34
Gordien, F. 283
Gradientjõud 58, 66, 112, 113
Gravitatsioonilained 125, 176
Gruusia 190
Gröönimaa 21, 65, 239
Guericke, O. 19
Gutslaff, J. 165

H

Haanja 12
Haapsalu 122, 137
Habarovsk 184
Hajuskiirgus 31, 37, 52, 56, 57, 145
Haljala 336
Hall 89, 96, 97, 342
Halod 153, 154
Hargrave'i-tüüpi tuulelohe 24
Harju-Madise 336
Havai s. 95
Hea Lootuse neem 224, 225
Helgoland 135
Heliograaf, vt. Campbell-Stokesi heliograaf
Helkivad ööpilved 40, 48, 117, 156, 158
Heluan 201
Henrique (Heinrich Meresõitja) 224
Herstmonceaux 247
Hildebrandsson, H. H. 21
Hill, S. A. 280, 281
Himaalaja 95
Hippokrates 258, 309
Hispaania 120, 225, 302, 304
Hissaari org 316, 322
Holland 11, 137, 341
Hoogvihm 85, 90
Hooke'i pendelanemomeeter 19, 20
Hoovused 129, 135, 137
Howard, L. 21
Humphreys, W. J. 91
Huygens, C. 17
Hõbepilved, vt. helkivad ööpilved
Härm 89, 96
— , teraline 97
— , kristalliline 97
Hääleallikas 159, 160
Häälekiir 159—162
Hääle kiirus 159
Häälesignalisatsioon 163

Hääle tugevus 160, 162
Hüdrodünaamiline teooria 175, 178
Hüdrodünaamilised ilmavõrrandid 175
Hüdrometeoroloogiateenistus 34, 179
Hügrogradient 338
Hügroskoopsus 288, 292

I

Igijää 233
Igikelts 233
Iisrael 194
Illinoisi osariik 187
Ilm, tsüklonaalne 71, 72
— , antitsüklonaalne 71
Ilmabüroo 175, 184
Ilmaennustamise hüdrodünaamiline teooria 30
Ilmaennustamise numbriline meetod 175
Ilmaennustus (-ennustamine, -prognoos) 5, 25, 26, 34, 35, 77, 88, 167, 168, 170, 171, 173, 175, 182—184, 187, 226, 230, 247, 249—251, 269, 277, 330, 347
Ilmajaam, vt. meteoroloogiajaam
Ilmakaart 25, 26, 175
Ilma reguleerimine 194
Ilmastikuelemendid 258, 259, 273, 326, 327
Ilmastikufaktor (-tegur) 257, 258, 271, 311, 313, 315, 323, 347
Ilmastiku foon 181
Ilmastikunähtus 6, 7, 326, 333, 335
Ilmastikuprognoos, vt. ilmaennustus
Ilmastikuvaatlused, vt. ilmavaatlused
Ilmateenistus 5, 25, 240
Ilmateooria 90
Ilma tüüp 76, 260, 262, 265
Ilmavaatlused 7, 15, 21, 183, 275
Ilmavaatluspunkt 223
Ilmavõrrandid 30, 175—177
India 16, 95, 203, 225, 295
Infrapunane kiirgus 45—47, 51, 269
Inglismaa 18, 25, 35, 105, 178, 211, 225, 229, 231, 247, 309, 341
Insolatsioon 309
Int, L. 40
Integraalne kiirgus 45—47
Inversioonikiht 84
Ionisatsioon 264
Ionisatsioonienergia 49
Ionosfäär 49, 158
Ioonid, kerged 260, 262, 264, 265, 267
— , rasked 260, 262, 264, 265, 267
Island 105, 204, 239
Isoandid 320
Isobaar 68, 69, 113, 172
Isobaarpind 68—70, 184
Isohüps 69
Isojooned 177
Isoterm 237, 239, 321
Isotermiline kiht 84
Itaalia 25, 230, 259, 299, 302

J

Jaapan 121, 136, 194, 306
Jaava s. 104
Jakuutia 64, 291
Jamali ps. 347
Janiševski, J. 31, 36
Janiševski aktinomeeter 30
Janiševski püranomeeter 31, 331
Jannsen, J. W. 11
Jelabuga 265
Johnstown 234
Joonvälk 102, 195
Jugavool 116—118, 238—240
Juushügromeeter 24, 254
Jõelähtme 11
Jõgeva 40, 216—221
Jäide 89, 96, 97, 236
Järve 273
Jääkristallid 20, 79, 80, 85, 88, 89, 92, 97, 100, 101, 153, 154, 171, 189—192, 195, 233, 336
Jäänõelad 90, 190
Jäävihm 91
Jüüti ps. 228

K

Kadrina 11
Kagupassaadid 135
Kahheetia 190
Kairo 201
Kalifornia 65, 247
Kalitin, N. 31, 36
Kallaste 328
Kallavere 274
Kambja 165
Kamsiin 259
Kanada 137, 178, 194, 247
Kangru, M. 327
Kansas 119
Kap Hoorn 229
Kapillaarlained 125

Kapitsa, P. 103
Karpaadid 233
Kaspia m. 328
Kaste 89, 96, 170
Kastepunkt 81, 83, 96, 193
Kaukaasia 93, 135, 195, 247, 258, 265
Kauksi 119
Keenia 93
Keeristorm 94, 133
Keravälk 102, 103, 237
Kergueleni s. 136
Kihtkiudpilved 153
Kihtpilved 21, 82, 87, 88, 90, 91, 154, 193,
Kihtrünkpilved 87, 88, 90, 275
Kihtsajupilved 89, 90
Kiiev 26
Kiilasjää 6, 97, 208, 243
Kiirgusbilanss 37, 38, 56, 62—65, 88
Kiirgusenergia 62, 63, 208, 316, 349
Kiirguskliima 38
Kiirguskvant 45, 46, 49—51, 145
Kiirguslik jahtumine 152
Kiirgusrežiim 208
Kiirgusspekter 46
Kiirgussumma 321
Kiirgustingimused 30, 319, 322, 324
Kiirgusudu 88
Kiirgusvahetus 268
Kiirgusvastuvõtja 254
Kiirgusvoog 30, 38, 53, 55, 62, 178, 320
Kiirgusvöönd 33, 250, 268
Kikepera 11
Kingissepa 137, 217
Kirde, K. 34
Kirdemussoon 135
Kirdepassaadid 135
Kirov 239
Kirsmaa, vt. igikelts
Kislovodsk 52
Kiudpilved 21, 73, 153, 154, 167, 171, 172, 248
Kliimakamber 269
Kliimakilp 212
Kliimamuutus 180
Kliimategur 267
Kliimavööde 201, 202, 207, 211, 213
Klooga 272, 273
Kogukiirus 47, 317
Kohtla-Järve 274
Koiva j. 9
Kolkja 328
Kondensatsioon 81, 82, 87, 88, 100, 253
Kondensatsiooninivoo 83, 84
Kondensatsioonituumad 54, 80, 208
Kontsentratsioon 175, 249, 260, 262, 264, 265, 267
Konvektiivne soojusvahetus 181
Konvektsioon 189, 190, 312
Konvektsiooninivoo 83, 84
Konvektsioonipilved 81, 83, 84
Konvektsioonivool 58, 68, 71, 72
Korea 16
Koroonanähtus 195, 268
Korpuskulaarkiirgus 47, 49, 178, 249, 250
Kosmoselaev 156, 158, 186, 294
Kotšin, N. 75
Kraft, G. W. 8, 9
Kreeka 298
Kreem, E. 158
Krimm 24, 247
Kromosfäär 267
Kudemisränne 328
Kuiv jää 190, 192, 193
Kujutise vilkumine 249
Kuramaa 10
Kuressaare 10
Kurtna 119
Kuuldavustsoon 162
Kuusiku 218
Kuznetsov, V. 24
Kuznetsovi tuulelohe 23
Kvant, vt. kiirguskvant
Kõrbelinn 212, 213
Kõrgatmosfäär 18, 183
Kõrgfront 75
Kõrgkihtpilved 90, 192
Kõrgrünkpilved 85
Kõrgrõhkkond 19, 67, 68, 176, 259
Külmapoolus 64, 65, 291, 320

L

Labiilne seisund 189
Lahendus, vt. elektrilahendus
Laine elemendid 133
Lainefront 127, 128, 130
Laine hari 127, 128, 130, 134
Laine kiirus 133
— kõrgus 128
— lohk 128, 130
Lainemurd 133, 134, 228
Laine periood 133
Lainepikkus 45, 46, 49—51, 125, 126, 128—131, 133, 145—147, 154, 248, 268, 316, 320
Lainerind 129
Lainerõhk 134

Laine sõlm 127, 128
Lainete murdumine 129, 130
— summutamine 130
Lainetus 125, 126, 128—131, 133, 135, 140, 143, 144, 176, 327, 328, 331
Lainetuse aste (kõrgus) 133
Lainjad pilved 86
Laipmann, B. 123
Laisk, A. 38
La Manche 134
Langmuir, I. 312
Lasnamägi 116, 234
Laulasmaa 272
Lauslumi 90
Laussadu 73, 87
Laustorm 94
Lausvihm 90, 229
Laviinimurdja 233
Lenardi efekt 101
«Lendavad taldrikud» 103
Leningrad 21, 36, 137, 265, 331
Leverrier, U. J. 24, 25
Lidarid 173
Liidemaa, H. 34, 35, 94
Liider 102
Liitlaine 130
Liivatorm 102
Liivimaa 119
Lindeberg 26
Ling, H. 345
Linnatuul 209, 210
Linnatüüp 211
Linné, C. 323
Lint, A. 341
Lokaator, vt. raadiolokaator
Lomonossov, M. 21
London 15, 209, 229, 239
Looded 125
Looduslik ionisatsioon 265
Lopato, A. 280
Los Angeles 112
Lumekristall 90, 91
Lumelaviin 232, 233
Lumepilv 254
Lumepind 72, 152
Lumetorm 94, 101, 102, 209, 253
Lumetuisk 95, 232, 236, 254, 272, 274, 340, 345, 347
Lumetäheke 80, 85, 89, 90, 95
Lumeveere, vt. lumelaviin
Lumikate 35, 94, 95, 223, 232, 309, 312, 344, 345, 347
Lõuna-Orkney s. 253
Läti 12
Lääne-India s. 136
Läänemeri 7, 35, 123, 125, 129, 134, 136, 137, 328
Lühiajalised prognoosid 169, 170, 175, 177, 178, 180, 181

M

Maa efektiivne kiirgus 55—57
Maailmameri 136
Maakera energiabilanss 181
Maandustakistus 108
Maanvere, E. 34, 35
Maa pikalaineline kiirgus (maapinna sooja kiirgus) 18, 54, 55, 57, 62, 63, 321
Madalmaad 137
Madalrõhkkond 19, 67, 68, 113, 176, 259
Magdeburg 19, 154
Magnettorm 49, 251, 268
Malaka v. 229
Mandrituul 58
Maroko 134
Masing, O. W. 10
Medvedjev, J. 36
Mehhiko laht 136
Melbourne 183, 283
Merehoovus 137
«Mere hääl» 331
Merehüdroloogiajaam 34
Merekaart 230
Meretuul 58
Mesopaus 156, 158
Mesosfäär 48
Meteolabiilsus 258
Meteorograaf 24, 26
Meteoroloogia 15, 17, 18, 21, 22, 25, 30, 31, 33, 34, 39, 40, 68, 76, 80, 166, 167, 177
Meteoroloogiajaam 6, 19—21, 32, 34, 182, 184, 187, 273
Meteoroloogiaobservatoorium 22, 34, 35, 173
Meteoroloogiateenistus 22, 29
Meteoroloogiline boi 29
— rakett 28, 29, 48, 173
— satelliit 173, 175, 180—182
— situatsioon 69
— sputnik, vt. met. satelliit
— tegur (faktor) 260, 316
— tehiskaaslane, vt. met. satelliit

Meteoroloogilised andmed 16, 56
— elemendid 16, 29, 71, 75, 182, 260, 277
— nähtused 6, 48, 73, 112, 190, 258
— onnid 16, 19
— vaatlused 17, 21, 33, 34
— väljad 173
Meteotroopsus 259
Michelson, V. 31
Mikrokliima 35, 38, 40, 201, 221—223, 270, 293
Miquel, P. 311
Miraaž 144, 152, 153
— , alumine 151
— , ülemine 152
Mitt, A. 38
Mitteadiabaatiline protsess 181
Moldaavia 38, 316
Moldau, H. 38
Molodjožnaja 254
Moltšanov, P. 29
Moltšanovi raadiosond 26, 29
Monokromaatiline kiirgus 45
Monsuun 229
Montreal 236
Moritz, A. 154
Moskva 15, 21, 27, 183, 210, 271
Mullamaa, Ü. 38
Multšimine 223
Mussoonid 95
Munamägi 104
Mustel, E. R. 178
Must meri 25, 53, 129, 135, 328
Mustvee 119
Mäetuul 117
Müristamine 10, 12, 101, 105, 163
Mürk, H. 34, 38
Mycobacterium tuberculosis 313

N

Nagoja 136
Naissaare 129
Neeluaeg, vt. toitumisaeg
Neeva 9, 137
Nei, I. 40
Neutra, R. 202
Neutrosfäär 49
Newton, I. 146
New York 18, 209, 230, 236, 239
Niilisk, H. 38
Niilus 9, 323
Niiskus 24, 26, 154, 159, 216, 222, 318, 324, 337
Niiskusemahutavus 292
Niiskuserežiim 324
Nikandrov, V. 191
Nilson, T. 38
Nimbostratus 89, 90
Nitšiporovitš, A. 38, 316
Noor tsüklon 76, 77
Norra 105, 323
Novaja Zemlja 313
Numbriline eksperiment 173
Numbriline ilmaprognoos 187
Numbrilised meetodid 177, 183, 187
Nõukogude Liit 23, 27, 29, 31—33, 36, 38, 39, 93, 178, 183, 190, 191, 193, 195, 202, 222, 233, 236, 247, 249
Nõlvatuul 116
Nõmme 40
Nähtav kiirgus, vt. optiline kiirgus
Nähtavuskaugus 241, 242
Nähtav valgus 46, 47

O

Obolenski, V. 131
Obrutšev, V. 153
Observatoorium, vt. meteoroloogiaobservatoorium
Odessa 321
Odysseus 224
Oerter, A. 283
Oettingen, A. 22
Ohio 117
Ohu, A. 34
Oimjakon 64
Okeaania 133
Oklahoma 237
Okludeerumine 73
Okludeerunud tsüklon 76, 77
Ookeanilained 129
Optiline kiirgus 249, 280
Optilised nähtused 153, 169, 171, 247
Orkaan 115, 133, 136, 137, 194, 234, 253, 254, 259
Orkaani dünaamika 194
Orkaanilaine 136
Orkaani struktuur 194
Orutuul 117
Osoaviahimi stratostaat 48
Osoon 50, 55, 209
Osoonikiht 163, 268, 350

Otepää 12
Otsene päikesekiirgus 30, 35, 52, 56, 57, 147
Otšamtšire 135

P

Paduvihm 90, 95, 109, 229, 234, 272, 275, 276, 333
Paide 212
Paistu 335, 336
Pakri 273
Palestiina 16
Palmse 8
Paralepa 123
Pariis 24, 193, 306, 311
Pandivere 105
Passaadid 121, 129, 229, 230
Peatumistee 241, 242
Peegeldumine laineliselt pinnalt 144
Peegelduse nihkumine horisondi suunas 144
Peegelpind 138
Peipsi j. 11, 13, 96, 119, 126, 136, 326—328, 330
Perugia 16
Peruu 96, 189
Peterburi 8, 9, 21
Piccard, A. 27
Piccardi, G. 269
Pihkva j. 11, 33, 328
Pidurdustee 242
Piiritustermomeeter 18
Pikaajalised prognoosid 38, 168, 170, 178—181, 187, 336
Pikne 104, 105, 108
Piksevarras 110
Pilootpall 118
Pilvede atlas 21, 88
— klassifikatsioon 21
— külvistamine 190—195
Pilvemass 121, 194
Pilveväli 158
Pilvisus 30, 74, 88, 112, 138, 170, 178 181, 189, 236, 276
Pilvkate 87, 96, 181, 191
Pindlainetus 131
Pindpinevus 125
Pindvälk 102
Pinnasetermomeeter 254
Piotrovitš, V. 191
Pirita 275
Pirita-Kose 96, 234
Pirogov 295
Plancki konstant 45
— valem 45
Planetaarsed lained 177
Planetaarsete lainete teooria 173
Plasma 103, 249
Pogosjan, H. 76
Pouillet, C. S. M. 30
Polaarfront 75, 116
Polaarlinn 212
Polükromaatiline kiirgus, vt. integraalne kiirgus
Pomortsevi tuulelohe 23
Popovi — 23
Portugal 224, 225
Prahhovi tuulelohe 23
Prantsusmaa 27, 311
Prokofjev, G. 27
Protuberantsid, vt. Päikese pursked
Prüller, P. 39
Punane meri 65
Purgaa 259
Põhja-Dakota 119
Põhja-Jäämeri 212
Põhjameri 134—137, 228
Põiklik, K. 40
Põldmaa, V. 38
Põlva 217
Põud 7—11, 13, 146, 154, 220, 310, 312, 333, 342
Päikese aktiivsus 33, 249, 251, 267—270
Päikesekiirguse intensiivsus 260, 316
Päikese kroon 267, 268
Päikese kõrgus 46, 53, 62, 316, 317
Päikese laigud 267, 268
Päikesepatarei 184, 186
Päikese pursked 249—251, 267—269
Päikesespekter 46, 47
Päikesesapp 153
Pälk 102
Pärnu 12, 129, 134, 137, 244, 245, 274
Pärnu-Jaagupi 335
Pärnumaa 11
Pöörised 238
Pööristorm 229
Püranomeeter 37, 254
Pürenee ps. 341
Püstvool 82—85, 92—94, 114, 189, 195
Pyrausta nubilalis 336

R

Raadiokiirgus 46, 269
Raadiolained 29, 103, 237, 248, 251, 268, 269

Raadiolokaator 27, 103, 195, 236, 237, 269
Raadiopurse 268
Raadiosond 27, 29, 48, 173, 184, 187
Radar 29, 173
Radiatsiooniline udu, vt. kiirgusudu
Radiatsioonilis-advektiivne udu, vt. segatüüpi udu
Radioaktiivne kiirgus 286, 294
Radioaktiivsus 103, 265
Radiomeeter 18
Rahe 12, 89, 91, 93, 180, 194, 195, 237
Rahekahjustus 190
Rahepilved 194, 195
Rahepilvede dünaamika 194
— juhtosa 195
— struktuur 194
Rahetera 79, 92, 93, 195
Rahetõrje 195
Rahno, P. 309
Rahulik Päike 268, 269
Rahvusvaheline Bioloogiaprogramm 324
— Geofüüsika Aasta 33, 36
— Polaaraasta 31, 32
— Rahuliku Päikese Aasta 158
Raik, A. 38
Randmets, R. 158
Raudam, E. 39
Rayleigh, J. W. 145
Reageerimisaeg 242
Reemann, J. 37, 38
Reemanni integraator 37
Refraktsioon, astronoomiline 149, 150
— , maapealne 149
Regensburg 19
Reinet, J. 38, 39
Reiter, R. 268, 269
Relatiivne niiskus 71, 273, 288, 293, 312, 313
Riia 12, 216, 323
Riiv, J. 39
Ristid 153, 154
Robinson, J. T. 20
Roela 119
Rooma 94
Rootsi 7, 36, 178, 230, 247
Rootsimaa 119
Ross, J. 22, 31, 36—38
Ross, V. 40
Rossby lained 176, 177
Ruhnu 10
Russow, B. 7
Ruumlaeng 101
Rõhu gradient 58, 71
Rõngad 44, 153, 170, 171
Rõngu 11
Rõuge 336
Rändeinstinkt 341
Röntgenikiirgus 46, 286
Rünkpilved 21, 74, 81, 84, 85, 88, 99, 189, 193
Rünksajupilv 81, 85, 89, 90

S

Saaremaa 10, 12
Saareste, A. 167
Sademete aastasumma 95
Sademete anum 95
Sademetemõõtja 16, 17, 220, 254
Sahara kõrb 65, 96
Sajupilv 73
Saju tugevus (intensiivsus) 95, 96
Saks, O. 39
Saksamaa 27, 211
Saku 40
Salem, M. 345
Samarõhujoon, vt. isobaar
Samarõhupind 68, 69, 172
Sambad 153, 154
Samotsvetov, A. 283
Samuum 259
Sangaste 166
Satelliit 186, 187
Savinov, S. 31
Schaefer V. J. 191
Schelde tunnel 209
Schieferdecker 11
Segatüüpi udu 88
Seisev laine 127
Sestroretsk 265
Sevastoopol 24
Sidesatelliit 173
Signaalriietus 295, 296
Sigson 91
Siirde, E. 39
Siroko 259
Siselained 131
Smog 209
Sondpall 27—29, 173, 184—186
Soojad pilved 193
— udud 193
Soojakadu 288, 289, 346
Soojamahutavus 208
Soojapoolus 65
Soojusbilanss 55—57, 88, 145
Soojusjuhtivus 94, 95, 288, 293
Soojuskiirgus 37, 181, 321
Soojuskiirgusrežiim 170

Soojusvahetus 57, 82, 175
Soojusvoog 55, 57
Soome laht 35, 137, 328
Sotši 135, 265, 269
Spektrogramm 247
Spetsiaalrõivastus 292
Sreznewsky, B. 22, 35
St. Gotthard 233
Stokes, G. G. 30
Stratocumulus 90
Stratocumulus vesperalis 86, 88
Stratosfäär 27, 48, 67, 173
Stratostaat 25, 27
Stratosfääri tsirkulatsioon 173
Stratus 21, 90
Sublimatsioon 80
Sublimatsioonitingimused 80
Suhhovei (põuatuul) 259
Suitsudu, vt. smog
Sulev, M. 39
Sulgpilv (kiudpilv) 226
Sumbumine 130, 131
Summaarne kiirgus 31, 52, 54—56
Surmaorg 65
Suzdali j. 331
Sünoptika 168—170
Sünoptiline meteoroloogia 25
Sünoptilised meetodid 175, 178
Süsihappelumi, vt. süsinikdioksiid
Süsinikdioksiid 190
Süsteem maa—atmosfäär 55, 56, 63
Süvahavva 119

Š

Šotimaa 235
Šults, N. 269
Šveits 265

T

Taani 137, 228, 229
Taani väinad 7
Taborovski, N. 76
Tadžiki NSV 316
Tadžikistan 38
Tagalaht 123
Taifuun 15, 114, 121, 122, 133, 136, 234, 238, 259
Taifuuni silm 121, 122
Taimekooslus 315, 318, 323, 324
Taimkatte kiirgusrežiim 38
— produktiivsus 38
Takistustermomeeter 18
Tallinn 7, 10, 11, 13, 21, 116, 129, 163, 206, 234, 239, 273, 275, 277, 280, 335
Tamištšev, A. 9
Tammet, H. 39
Tapa 212
Tarad 44, 154, 155, 226
Tartu 12, 13, 21, 22, 36—39, 52, 54, 88—90, 94, 114, 259, 260, 262, 264, 265, 267, 269, 316, 318, 319
Taškent 37, 52, 184
Tay laht 235
Tegevkiht 54
Tehisionisatsioon 39, 265
Tehiskaaslane 30, 33, 48, 77, 156, 163, 179, 194, 251
Telkes, M. 227
Telekommunikatsioonisüsteem 182
Telekommunikatsioonivõrk 183
Teleskoop 248, 249
Temperatuuri inversioon 72, 159, 160, 162
Temperatuurirežiim 208
Teralumi 91
Terav laine 126
Termiline konvektsioon 83, 312
Termobaariline väli 76
Termoelektriline efekt 31
Termogradient 337
Termomeeter 17—19, 254
Termopaar 18
Termosfäär 48
Termoskoop 17
Tiit, V. 40
Tiivikanemomeeter 20, 21
Tokio l. 135
Tolmutorm 102
Tolski, A. 97
Tooma katsebaas 217
Tooming, H. 38, 40
Torm 11, 12, 19, 22, 24, 25, 80, 112, 115, 128, 133, 136, 137, 173, 189, 224, 226, 228, 229, 232, 234, 253, 254, 272, 273, 326, 330, 331, 333
Torma 217
Tormide neem 225
Tormihoiatus 6, 25, 34
Tormijutid, vt. tuulejutid
Tormikahjustus 130
Tormilaine 133, 135—137, 274
Tormi silm 194
Tornaado 119, 121, 234, 259
Torricelli, E. 19

Transpiratsioon 321, 322
Tromb 118, 119, 121, 234
Troopiline õhumass 68
Tropopaus 48, 238, 239
Troposfäär 48, 67, 73, 76, 85, 178, 310
Tseilon 225
Tshaltubo 265
Tsirkulatsioonimehhanism 194
Tsirkulatsiooniring 66, 67
Tsirkulatsioonisüsteem 68
Tsüklogenees 175, 178
Tsüklon 67—70, 72, 75, 76, 96, 114, 121, 123, 133, 136, 137, 154, 170—173, 175, 176, 178, 181, 194, 253, 254, 265, 268, 269, 271, 317, 341
Tsüklonaalne tegevus 75, 136, 170, 260
Tsükloni areng 76
— dünaamika 194
— silm 254
Tšiili 96, 229, 247, 249
Tuisk, vt. lumetuisk
Tulemaa 229
Turbulentne olek 238
Turbulentne segunemine 54, 57, 87, 162
— soojusvoog 55, 57
Turbulentsed vahetusprotsessid 173
Turbulentsus 236, 238
Turkmeenia 94, 309
Tutevitš, B. 283
Tuuleaga (tuulepesa) 226
Tuulejutid 225, 226
Tuulelainetus 128
Tuulelohed 23, 24, 26
Tuulemõõtja 254, 255
Tuule pall 114
Tuuleroos 114, 209
Tuuleskaala 19
Tuulevaikus 112, 115, 116, 118, 121, 133, 135, 208, 281, 282, 333
Tuulispask 234
Tuulte süsteem 67, 68
Tõllassepp, A. 26
Tõravere 16, 30, 37, 39, 40, 87, 88, 120, 158
Tõusu-mõõna laine 125
Täielik sisepeegeldumine 150—152
Täispilvisus 90
Türgi 306

U

Udu 6, 7, 44, 54, 55, 79, 80—82, 88, 148, 170, 191—193, 208, 228, 229, 230, 235, 236, 241, 243, 244, 277
Udupiisad 97, 193, 238
Uduvihm 89, 90, 95
Ukraina 38, 194
Uljanini tuulelohe 23
Ultravioletne kiirgus 45—47, 49—51, 163, 208, 267—269, 286, 313, 350
Ummikas 129, 135
Ummiklaine 129, 133
Undla, I. 38
Ungari 109
Urvaste 165
USA, vt. Ameerika Ühendriigid
Ušveridze, G. 269
Uue-Saaluse 119
Uus-Meremaa 136

V

Vaatlusjaam 35, 195
Vaatluspunkt 220
Vaatlusväljak 16, 37, 120, 254
Vahhušti 190
Vahemeri 323, 341
Vahtre, S. 15
Vaikne elektrilahendus, vt. koroonanähtus
Vaikne laht 52
Vaikusetsoon 159, 160, 162, 163
Vaikusevöönd 135
Valge m. 53
Valgusallikas 140, 143—145, 154, 155, 328
Valguse tee 143
Valguskvant, vt. kiirguskvant
Valguskliima 203
Valguspunkt 144
Valguspüük 328, 329
Valgusrežiim 347
Valgustundlikkus 313
Valgustõke 328
Valparaiso 229
Varikatus 205, 206
Varnja 328
Vasco da Gama 224
Vastse-Kuuste 119
Vastseliina 120
Vastseliina-Ruusmäe 119
Vastukiirgus 96
Veebilanss 189
Veekiht 95
Veemagesti 227
Veemahutavus 310
Veepadi 242, 243
Veepiisad 20, 100, 101, 146, 147, 154, 155, 189

Vee ringlus looduses 54
Veeseis 331, 333
Velikaja j. 333
Venemaa 15, 21, 23, 268
Veraart A. W. 190
Verhojansk 320
Vertikaalne ränne 347
Vermont 90
Vesipüks 118—120, 122, 226
Vihma intensiivsus 312
Vihmapilv 21
Vikerkaar 44, 146—148, 154
Viljandi 12
Villmann, Ch. 40
da Vinci, L. 19
Vindso 119
Virmalised 44, 47, 49, 268
Virumaa 8
Visnapuu, H. 156
Vonnegut, B. 191
Võru 119
Võrtsjärv 327, 332
Võnkumine 161
Väike-Viik 123
Väina j. 8
Välgukanal 99, 101, 102, 108
Välgu peenstruktuur 101
Välk 12, 99, 101, 102, 108, 110, 166, 195, 237, 268

Õ

Õhuionisatsioon 38, 265
Õhuioonide loendur 264
Õhukiht 55, 67, 71, 72, 82, 84, 86, 88, 90, 91, 150—152, 154, 162, 163, 178, 190, 268, 290, 340, 342
Õhulaine 86, 232, 237
Õhumass 63, 65, 68, 69, 71, 72, 74, 75, 173, 176, 178, 187, 249, 253, 259
Õhupall 25, 27, 28
Õhu puhtus 208, 313
Õhupööris 87, 114
Õhuravi 201
Õhurõhu gradient 113, 121
Õhurõhujaotus 67, 68, 184
Õhutihedus 148, 150, 175
Õhutiheduse fluktuatsioonid 171

Ä

Äike 10, 12, 21, 40, 71, 85, 99, 101, 104, 105, 109, 163, 165, 171, 195, 226, 236, 264, 272, 276, 335
— , frontaalne 103
— , õhumassisisene (kohalik) 103, 194, 237
Äikesekahjustused 99, 105, 110
Äikesekolle 105, 237
Äikesepilv 71, 74, 81, 85, 89, 90, 93, 94, 100, 102, 118, 119, 189, 190, 195, 237
Äksi 335

Ö

Öökülm 6, 10, 12, 55, 97, 217, 219, 221, 222, 321, 322, 342

Ü

Üheksas laine 125, 129, 130
Ülemaailmne Ilmavaatlus 33, 182—184
— Meteoroloogiaorganisatsioon 32
— meteoroloogiakeskus 183
Ülemiste 234

W

Washington 183
Weinhold, A. R. 312
Wild, H. 20
Wildi tuulelipp 20
Wilson, M. 18
Wolfi arv 268
Wren, Ch. 17
Wöhrmann 12

Z

Zahharov, J. 27
Zverjev 347
Zürich 27

SISUKORD

Eessõna — *H. Tooming* 5
Ilmataadi vempudest möödunud aegadel — *S. Vahtre* 7
Ilmastikuvaatluste arengust — *H. Tooming* 15
Meteoroloogia arengust Eesti NSV-s — *J. Ross* 34

Mis on ilm?

Ave Sol! (katkend) — *Janis Rainis* 43
Päikesekiirgus — atmosfääri liikumapanev jõud — *H. Mürk* 44
Kodused ilmad — *Debora Vaarandi* 60
Kuidas tekib ilm? — *H. Mürk* 62
Heitlikud ilmad — *Mart Raud* 78
Pilved ja sademed — *H. Aruksaar* 79
Äike — *Betti Alver* 98
Äike ja äikesekahjustused — *V. Ross* 99
Käik tuultesse (katkend) — *Marie Under* 111
Tuuled ja tormid — *H. Tooming* 112
Torm — *Juhan Smuul* 124
Kas on olemas üheksas laine? — *Ü. Mullamaa* 125
Meri on tõusnud — *Marie Under* 132
Kus on meri kõige tormisem? — *H. Mardiste* 133
Peegeldused veel — *Ü. Mullamaa* 138
Mida võime näha taevalaotusel — *M. Sulev* 145
Helkivad ööpilved — *Ch. Villmann.* 156
Ilm ja hääl — *H. Mürk* 159
Keset päikest — *Juhan Sütiste* 164
Vanarahva tähelepanekud ilmast — *M. Proodel, H. Mürk* 165
Ilmaennustamine kaasajal — *O. Avaste* 172
Põud — *Aira Kaal* 188
Kas on võimalik ilma muuta? — *H. Aruksaar* 189

Tsivilisatsioon ja ilm

Arhitektuur ja kliima — *H. Härmson* 199
Kaasaja linnade planeerimine, heakorrastus ning ilm — *A. Mellik* . . . 207
Tartu valgel ööl (katkend) — *Ernst Enno* 215
Põllumajandus ja ilm — *K. Põiklik* 216
Meremees ja ilm — *H. Sergo* 224
Rongisõit ja ilm — *H. Ohak* 231
Kas õhusõit on ajavõit? — *A. Kallis, T. Äär* 236

Autosõit ja ilm — *H. Taidre* 241
Astronoom ilmast — *L. Luud* 247
Tuisk — *Loit Tiitsar* 252
Meteoroloog lumetormis — *E. Kreem* 253
Tuleb! — *Ellen Niit* 256
Ilm ja tervis — *P. Prüller, J. Riiv* 257
Puhkuse- ja laulupeoilmast — *A. Tarand* 272
Sajab, sajab — *Marie Under* 278
Ilm ja sport — *L. Võhandu* 280
Sügise käsk — *Loit Tiitsar* 285
Otstarbekohase riietuse teaduslikud alused — *M. Kask* 286
Kas moejoon arvestab ilma? — *E. Vende* 297

Elusloodus ja ilm

Mikroobid... — *V. Tohver* 309
Taimed... — *H. Tooming* 315
Kalad... — *E. Pihu* 326
Kevad — *Henrik Visnapuu* 334
Putukad... — *J. Vilbaste* 335
Lindude kevad — *Mart Raud* 339
Linnud... — *V. Zelnin* 340
Külm — *Juhan Liiv* 343
Ulukid... — *J. Naaber* 344
Lõpetuseks 349
Register 351

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие — *Х. Тооминг* 5
О шалостях погоды в прошлом — *С. Вахтре* 7
О развитии метеорологических наблюдений — *Х. Тооминг* 15
Развитие метеорологии в Эстонии — *Ю. Росс* 34

Что такое погода?

Ave Sol! (отрывок) — *Янис Райнис* 43
Солнечная радиация — движущая сила атмосферы — *Х. Мюрк* . . . 44
Погода в родном краю — *Дебора Ваараниди* 60
Как возникает погода? — *Х. Мюрк* 62
Неустойчивая погода — *Март Рауд* 78
Облака и осадки — *Х. Аруксаар* 79
Гроза — *Бетти Алвер* 98
Гроза и грозовые повреждения — *В. Росс* 99
Прогулка по ветрам (отрывок) — *Марие Ундер* 111
Ветры и бури — *Х. Тооминг* 112
Буря — *Юхан Смууль* 124
Существует ли девятый вал? — *Ю. Мулламаа* 125
Море поднимается — *Марие Ундер* 132
Где море наиболее бурное? — *Х. Мардисте* 133
Отражения на воде — *Ю. Мулламаа* 138
Что мы можем видеть на небосводе? — *М. Сулев* 145
Серебристые облака — *Ч. Виллманн* 156
Погода и голос — *Х. Мюрк* 159
На солнце — *Юхан Сютисте* 164
Народные приметы погоды — *М. Проодель, Х. Мюрк* 165
Предсказание погоды в наше время — *О. Авасте* 172
Засуха — *Айра Каал* 188
Можно ли изменять погоду? — *Х. Аруксаар* 189

Цивилизация и погода

Архитектура и климат — *Х. Хярмсон* 199
Планирование и благоустройство городов и погода — *А. Меллик* . . 207
Тарту в белую ночь (отрывок) — *Эрнст Энно* 215
Сельское хозяйство и погода — *К. Пыйклик* 216
Моряк и погода — *Х. Серго* 224
Железнодорожный транспорт и погода — *Х. Охак* 231
Авиотранспорт — выигрыш во времени? — *А. Каллис, Т. Ээр* 236

Автотранспорт и погода — *Х. Тайдре* 241
Астроном о погоде — *Л. Лууд* 247
Метель — *Лойт Тийтсар* 252
Метеоролог в снежной буре — *Э. Креем* 253
Идет! — *Эллен Нийт* 256
Здоровье и погода — *П. Прюллер, Я. Рийв* 257
О погоде во время отпусков и певческих праздников — *А. Таранд* . . 272
Дождь, дождь — *Марие Ундер* 278
Спорт и погода — *Л. Выханду* 280
Приказ осени — *Лойт Тийтсар* 285
Научные основы целесообразной одежды — *М. Каск* 286
Мода и погода — *Э. Венде* 297

Живая природа и погода

Микровы... — *В. Тохвер* 309
Рыбы... — *Э. Пиху* 315
Растения... — *Х. Тооминг* 326
Весна — *Хенрик Виснапуу* 334
Насекомые... — *Ю. Вильбасте* 335
Весна птиц — *Март Рауд* 339
Птицы... — *В. Желнин* 340
Холод — *Юхан Лийв* 343
Дикие животные... — *Я. Наабер* 344
Заключение 349
Альфавитный указатель 351

CONTENTS

Foreword — *H. Tooming* 5
Pranks of the weather in the past — *S. Vahtre* 7
The evolution of meteorological observations — *H. Tooming* 15
The development of meteorology in the Estonian S.S.R. — *J. Ross* . . 34

What is the weather?

Ave Sol! (extract) — *Janis Rainis* 43
Solar radiation — the motive power of the atmosphere — *H. Mürk* . . 44
The weather at home — *Debora Vaarandi* 60
What makes weather? — *H. Mürk* 62
Changeable weather — *Mart Raud* 78
Clouds and precipitation — *H. Aruksaar* 79
Thunderstorm — *Betty Alver* 98
Thunderstorms and the damages they do — *V. Ross* 99
A walk in the winds (extract) — *Marie Under* 111
Gales and storms — *H. Tooming* 112
Storm — *Juhan Smuul* 124
Does the ninth wave exist? — *Ü. Mullamaa* 125
The sea rises — *Marie Under* 132
Where is the sea most stormy? — *H. Mardiste* 133
Reflections in the water — *Ü. Mullamaa* 138
What can one see in the sky — *M. Sulev* 145
Noctilucent clouds — *Ch. Villmann* 156
The weather and a voice — *H. Mürk* 159
In the sun — *Juhan Sütiste* 164
Sayings about the weather — *M. Proodel, H. Mürk* 165
Weather forecasts in our time — *O. Avaste* 172
Drought — *Aira Kaal* 188
Is it possible to change the weather? — *H. Aruksaar* 189

Civilization and the weather

Architecture and climate — *H. Härmson* 199
Town planning, social services and the weather — *A. Mellik* 207
Tartu during the white nights (extract) — *Ernst Enno* 215
Agriculture and the weather — *K. Põiklik* 216
Sailor and the weather — *H. Sergo* 224
Railway travel and the weather — *H. Ohak* 231
Is travelling by air a gain of time? — *A. Kallis, T. Äär* 236

Motor transport and the weather — *H. Taidre* 241
An astronomer about the weather — *L. Luud* 247
Blizzard — *Loit Tiitsar* 252
A meteorologist in a snowstorm — *E. Kreem* 253
Drawing nigh — *Ellen Niit* 256
The weather and the health — *P. Prüller, J. Riiv* 257
Weather on holiday — *A. Tarand* 272
Raining, raining — *Marie Under* 278
Sports and the weather — *L. Võhandu* 280
The autumn's command — *Loit Tiitsar* 285
Rational clothing — *M. Kask* 286
Does fashion take account of the weather? — *E. Vende* 297

Living nature and the weather

Microbes... — *V. Tohver* 309
Fish... — *E. Pihu* 315
Plants... — *H. Tooming* 326
The spring — *Henrik Visnapuu* 334
Insects... — *J. Vilbaste* 335
Birds in the spring — *Mart Raud* 339
Birds... — *V. Želnin* 340
Frost — *Juhan Liiv* 343
Wild animals... — *J. Naaber* 344
Conclusion 349
Index 351

ЧЕЛОВЕК И ПОГОДА. Составитель Х. Тооминг. На эстонском языке. Художественное оформление Р. Кангерт. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10. Toimetaja H. Heinoja. Kunstiline toimetaja A. Säde. Tehniline toimetaja S. Kohu. Korrektorid H. Kull ja M. Pall. Laduda antud 27. II 1969. Trükkida antud 22. IV 1970. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2, 70×90/16. Trükipoognaid 23 + 12 kleebist. Tingtrükipoognaid 28,67. Arvestuspoognaid 23,93. Trükiarv 8000. MB-04809. Tellimuse nr. 1459. H. Heidemanni nim. Trükikoda. Tartu, Ülikooli 17/19. II.
Hind rbl. 1.01

A
30555
76794

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU
1 0300 00036953 0

A
30555
76794

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU
1 0300 00036953 0

inimene ja ilm

