

A-16399

24. 10. 44

R. RÄGASTIK

# ÜLDMAATEADUS

X KLASSILE

*RK*

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“  
TARTU

2 / 25213

R. RÄGASTIK

# ÜLDMAATEADUS

X KLASSILE

I OSA

Kohustuslik kontrollseksemplar

3072

*RK*

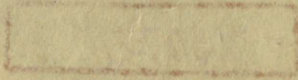
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“  
TARTU, 1947

2



25213

A-16399



# I. Maakoos.

## 1. Maa kuju ja mõõted.

Lagedal avaral tasandikul viibides või kõrgemalt asukohalt vaadates näib Maa meile kettana, mille üle kaardub lameda kuplina taevavõlv. Niisugune kujutus Maast oligi vana-aja



Joonis 1. Kreeklastelt säilinud kujutis neile tuntud maadest.

rahvastel (joon. 1). Kreeka lauliku Homerosse (IX saj. e. m. a.) sõnade järgi on „mõõtmatu Maa ümmargune tasandik, mille ääreosi uhavad vaikselt ümber Maa voolava Okea-

nose ürgsed veed. Sammastel, mida toetab läänes Atlas, lasub vaskne taevas. Ta säravate tähtedega kuppel laiub mannerde ja merede üle, aga vastaspoolel, põrgu all, kummub võlvina Tartaros (Manala), Maa keskel kerkib võimas, kuristikurikas Olümpos, mille kõrgel tipul elavad Hellase jumalad”.

Kuid juba Kreekas leidis teadlasi, kes olid Maa kuju kohta teisel arvamusel. Pythagoras (VI saj. e. m. a.) õpetas, et Maal on kera kuju, mille kasuks esitas hiljem tõestusi Aristoteles (IV saj. e. m. a.). Neid täiendas omalt poolt geotsentrilise maailmasüsteemi looja Ptolemaios (II saj. m. a. j.). Eratosthenes (II saj. e. m. a.) mõõtis vahemaa Aleksandria ja Süene (praegune Assuan) vahel ning arvutas saadud andmeil esimesena meridiaanringi ühe kraadi pikkuse ja Maa ümbermõõdu.

Hiljem unustati kreeka teadlaste õpetus Maa kuju kohta, ja veel keskajal kasutati kaarte, millel Maa oli kujutatud saarena keset ookeani.

XV saj. lõpul ja XVI saj. algul hakkas õpetus Maa keraja kuju kohta uuesti pinda leidma. Tol ajal lõi Kopernikus (1473—1543) oma heliotsentrilise päikesesüsteemi, millele Kepler (1571—1630) pani hiljem planeetide liikumisseaduste näol teadusliku aluse. 1492. a. asus Kolumbus oma esimesele merereisule, lootuses Maa keraja kuju puhul jõuda Indiasse lääne poolt — mis lõppes aga Ameerika avastamisega. 1519.—1522. a. teostati esimene reis ümber Maakeraj; reisu juht Magalhães langes võitluses pärismaalastega Filipiin saartel. See reis tõestas lõplikult, et Maa on kerakujuline.

1525. a. toimus järjekorras kolmas \*) meridiaani kraadi pikkuse mõõtmine Prantsusmaal Pariisi ja Amiens'i (1. amjääni)

---

\*) Teine meridiaani kraadi pikkuse mõõtmine teostati araablase poolt aastal 827 kaliif Al-Mamuni valitsemise ajal.

vahel arst ja matemaatik Fresneli poolt. Fresnel arvutas kaugust maapinnal tõllaratta tiirude järgi.

1617. a. rakendas hollandlane Snellius (1580—1626) kauguste mõõtmiseks maapinnal kolmnurkade omadusel põhineva triangulatsioonimeetodi. Vahenditult mõõdetakse maapinnal ainult kolmnurga ühe külje pikkus (baasis).

XVII saj. teisel poolel tekkisid esimesed kahtlused Maa kui korrapärase kera kohta. Newton (1642—1727) ja Huygens (1621—1695) arvasid, et juhul, kui Maa oli varem vedelas või poolplastilises olekus, siis pidi ta, pööreldes ümber oma telje, võtma endale kesktõuketungi mõjul pöördellipsoidi kuju, s. o. tõmbuma pooluste kohalt veidi kokku.

XVIII saj. algul otsustas Prantsuse Teaduste Akadeemia selgitada selle küsimuse ning lõpetada sel pinnal tekkinud tülid. Ta saatis välja kaks suurt ekspeditsiooni, kes pidid mõõtma meridiaani kraadi pikkuse ekvaatori kohal ja põhja-polaarjoonel. Üks ekspeditsioonidest lähetati 1735. a. Quitosse Lõuna-Ameerikas ja teine 1736. a. Lapimaale. Teostatud mõõtmised näitasid, et meridiaani kraadi pikkus väheneb pooluselt ekvaatori poole, millega oli tõestatud Newtoni ja Huygeni oletus.

Prantslaste eeskujul hakkasid ka teised riigid korraldama meridiaani ja rööbikute kraadi mõõtmist. Nii tekkis eriline teadus — geodeesia, mis tegeleb Maa kuju ja mõõdetega.

Oma ulatuselt suurimad mõõtmised meridiaani suunas teostati Venemaal, tollaegse Tartu ülikooli astronoomia-professori Struve juhtimisel (1816.—1855. a.). Need haarasid 25°20' pikkuse kaare Tartu meridiaanist, alates Põhja-Jäämerelt (70°40'11,2" p.-l.) kuni Doonau jõeni (45°20'2,8" p.-l.).

XIX saj. 50-ndail ja 70-ndail aastail viidi rahvusvaheliselt läbi suurejoonelised mõõtmistööd rööbiku suunas — 63°41'-lise kaare ulatusel. Mõõtmine algas Inglismaalt ja jätkus piki 52° paralleeli läbi Belgia, Saksamaa ja Euroopa-Venemaa Orski linnani Uuralis. Tööd kestsid 15 aastat.

Nimetatud suured ja rida vähemaid mõõtmisi näitasid, et Maa ei osutu täiesti korrapäraseks pöördellipsoidiks, vaid omab keerulisemat kuju.

Väga väärtuslikuks meetodiks Maa kuju määramisel on gravimeetiline meetod, s. o. raskustungi kiirenduse mõõtmine Maa välispinna üksikutes punktides. Nimetatud mõõtmistel saadud andmed ei ühti nendega, millised peaksime saama sel juhul, kui Maa kuju oleks ideaalne pöördellipsoid ning massid maakoos oleksid paigutatud korrapäraselt ja ühtlaselt.

Teostatud vaatlused näitavad, et Maa omab õige keerulist kuju, mida nimetatakse geoidiks. Geoidi pind on kõikjal risti raskustungi suunaga ja ühtib ookeanide pinnaga. Samuti vastaks geoidi pinnale läbi mannerde kaevatud ning ookeanidega ühenduses olevate kanalite veepind.

Rahvusvahelise kokkuleppe põhjal 1924. aastast on praegu kasutusel järgmised Maakera mõõted:

Maa raadius nabadel — 6 356,9 km,

Maa raadius ekvaatoril — 6 378,4 km,

ekvaatori pikkus — 40 076,6 km,

meridiaanringi pikkus — 40 009,1 km,

Maa pindala — ligi 510 miljonit km<sup>2</sup>.

Tehes kokkuvõtte meie vaadete arengust Maa kuju suhtes, saame järgmised etapid:

1. Fantastiliste kujutluste ajajärk, kus Maa esineb alati kettana.
2. Kujutluse tekkimine Maast kui korrapärasest kerast, Aristotelese ajast alates.
3. Kujutluse tekkimine Maast kui korrapärasest pöördellipsoidist väikese lahkuminekuga ekvaatori ja pooluse raadiuse pikkuse vahel. Valitses XVII saj. lõpust XIX saj. esimese pooleni.
4. XIX sajandil veendumusele jõudmine, et Maa on geoid, mis oma kujult on lähedane pöördellipsoidile, kuid korrapäratum ja keerukam.

## 2. Maa sisemus.

Maa on päikesesüsteemi kuuluv planeet ja tema teke on seotud päikesesüsteemi teiste liikmete tekkega.

Pärast tekkimist oli Maa tulipalavast vedelast ainest koosnev kera, mis kiirgas vahetpidamata soojust maailmaruumi. Pideva soojusekaotuse tõttu jahtus Maa välispind sedavõrd, et sellele tekkisid üksikud tardunud pankad. Mõned neist sukeldusid sügavusse, teised jäid aga pinnale püsima, liitudes ühte, kuni tekkis lõpuks kõva, suletud maakoos.

Viimane ei olnud esialgu kuigi paks. All olevad vedelad magmamassid sulatasid ta paiguti läbi ja ujutasid üle tohutuid alasid, või murdsid temasse lõhesid, milledest omakorda voolas maapinnale vedelat kivimimassi. Kuid ka need Maa sisemusest väljatunginud ained tardusid aja jooksul. Neist muutus maakoos järk-järgult ikka paksemaks ja tugevamaks.

Kindla, vastupidava koore tekkimine pinnale oli pöördeks Maa soojusrežiimis. Kuni selle ajani kiirgas Maa välispind ise palju soojust. Nüüd aga, paksu koorega kattumisel, sai tähtsaimaks soojuseallikaks Maakeral Päike.

Kivimite halva soojusejuhtivuse tõttu ei tungi päikesesoojus sügavale maapinda. Temperatuuri ööpäevane kõikumine on märgatav kuni 1 m sügavuseni ning suvine soojenemine ja talvine jahtumine, sõltuvalt temperatuuri aastasest amplituudist, — 40 meetrini. Ekvaatori kohal, kus amplituud on vähim, muutub aasta kestel ainult 1—2 m paksuse pinnakihi temperatuur.

Ülemisele, muutlikule kihile järgneb allpool püsiva temperatuuriga kiht, kus valitseb pidevalt maapinnal asuva koha aasta kesktemperatuur. Pariisi observatooriumi keldris näitab soojamõõtja 27,6 m sügavusel juba üle saja aasta 11,85°. Neis paikades, kus aasta kesktemperatuur on alla 0°, esineb püsiva temperatuuriga kiht kirsmaana, mille paksus ulatub paiguti üle 200 m.

Püsiva temperatuuriga kihist allapoole algab maapinnas järjekindel temperatuuri tõus. Transvaalis, Lõuna-Aafrikas, ulatuvad kullakaevandused kuni 2289 m sügavuseni, kus on 40° sooja. Sama temperatuur valitseb Brasiilia kullakaevandustes 2262 m sügavusel. 2239 m sügavuseni ulatuvas puuraugus Ülem-Sileesias näitab termomeeter 83,4°, ühes Uus-Mehhiko nafta-puuraugus 3000 m allpool maapinda — 140°.

NSV Liidu sügavaimad puuraugud asuvad Bakuu naftaväljadel. Siin jõuti 1938. a. puurimistega kuni 3500 m sügavuseni, kusjuures tööd jätkati. Käsi käes sügavpuurimisega käis maa-koore temperatuuri muutumise jälgimine.

Seoses geomeetriliste vaatluste laiendamise ja puurimistehnika täienemisega võib tulevikus päevakorda tulla Maa sisemise soojuse kasutamine tööstuses.

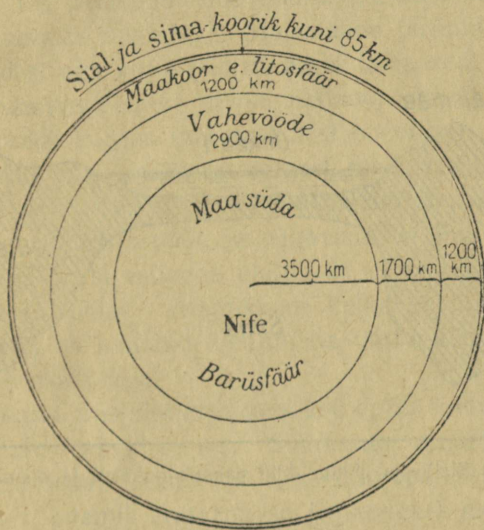
Need andmed näitavad, et temperatuuri juurdekasv pole kõikjal ühesugune. Keskmiselt tõuseb see ühe kraadi võrra 33 m kohta, kõikudes 20—40 m vahel. Meetrite arvu, millede ulatusel Maa sisemuse temperatuur tõuseb ühe kraadi võrra, nimetatakse geotermiliseks soojusastmeks. Ta oleneb kivimite soojusejuhtivusest, maas toimuvatest keemilistest reaktsioonidest, kihtide asetusest maakooses (nurgi lamavad kihid juhivad soojust paremini kui rõhtsad) jne.

Nähtavasti on siin tegemist Maa sisemise ürgsoojuse mõjuga, millega liitub radioaktiivsete ainete lagundumisel ja teistest Maa sees toimuvatest protsessidest tekkiv soojus.

Kui geotermiline soojusaste oleks ühtlane kuni Maa keskpaigani, siis peaks seal valitsema ligi 190 000°-ne temperatuur. Teadlaste arvates ei ulatu see aga üle 2000—10 000°, püüdes tõenäoliselt 5000° piirides. Selles temperatuuris on kõik meile tuntud ained gaasilises olekus. Samasugune olukord peaks valitsema ka Maakera sisemuses. Maa tihedus 5,52 aga näitab, et aineil ta sisemuses on hoopis suurem erikaal, kui meile tuntud pinnalähedastel kivimitel. Samuti ilmneb maavärinate puhul, et Maa on kõva elastne keha, mis koosneb reast

üksteise asetatud õoneskerataolistest kestadest; neil on erinev tihedus ja paiguti järsk omavaheline üleminek (joon. 2).

Välist, 1200 km paksust kesta nimetatakse litosfääriks. Selle pealne osa koosneb eeskätt räni (Si) ja alumiumi (Al) ühendeist ning kannab seetõttu „Sial”-kihi nime. „Sialist”, mille erikaal on 2,6—2,8, koosnevad mannermassid; ookeanide kohal on „Sial” õhuke. Mandrid on sukeldunud plastilisse „Sima”- (eeskätt räni- ja magneesiumiühen-



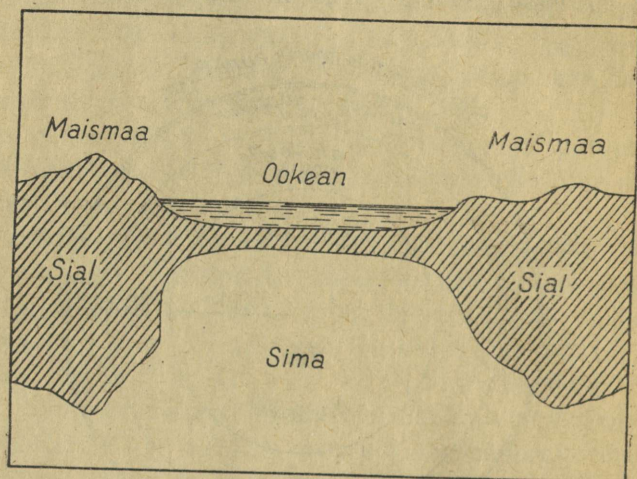
Joonis 2. Maa tihedusvöötmel.

dite) kihti (joon. 3). Viimases tõuseb surve üle 20 000 at ja temperatuur üle 1000°. „Sima” erikaal on 3—3,2. „Sial”- ja „Sima”-kihi kogupaksus arvatakse 60—85 km. „Simast” kuni litosfääri alumise piirini asuvad ülialuselised massid, millede erikaal on veelgi suurem.

Litosfäärile järgneb vahevööde, mille paksus on 1700 km, ulatudes 2900 km sügavuseni maapinnast; selle eri-

kaal on 4,5—6,5, kuna surve tõuseb alumises osas 1—1,5 miljoni at-ni.

Vahevöötimest ümbritsetud 3500-km raadiusega Maa süda ehk barüsfäär koosneb teadlaste arvates peamiselt rauast (Fe, üle 90%) ja niklist (Ni, 8,5%); ta kannab „Nife” nimetust. Tema erikaal on 8—11 vahel ja surve siseosades kuni 3 milj. at.



Joonis 3. „Sial”- ja „Sima”-kihi paksus ookeani ja mannerde kohal.

Tegelikult tunneme meie ainult 16 km paksuse maakoore pealmise kihi kivimilist koostist. Maa siseosades asuvate ühendite esinemise ja koostise suhtes tehakse oletusi maailmaruumist meieni jõudnud meteoriitide põhjal, mida peetakse endiste purunenud taevakehade kildudeks. Näiteks on Maa südame koostise suhtes tehtud oletus nikkelrauast koosnevate raudmeteoriitide põhjal.

Meil puudub võimalus tekitada kunstlikult niisugust suurt survet, nagu see valitseb Maa sisemuses; samuti ei saa ka uurida ainet neis tingimustes. Seepärast jääb meile tundma-

tuks Maa siseosades oleva aine olek. Arvatakse, et seal valitseva kõrge surve puhul ei või see olla vedel ega gaasiline, ka mitte kristalne, vaid amorfne — klaasjas.

### 3. Pinnavormid.

Pärast jahtumist kattus suurem osa maakoorest veega. Nõnda tekkis vesikond ehk hüdrofäär ookeanide ja nende juurde kuuluvate meredega. Maismaana püsima jäänud maakoore osadest aga kujunesid mandrid ja saared.

Maismaa pinnaehitus ei ole ühtlane, samuti kui maismaa üksikute osade kõrgus meretasemest on erinev.

Maa-alad, mis on meretasemest madalamal, on alamikud ehk depressioonid. Maailma suurim alamik asub Kaspia merest põhja pool, ja sügavaim — Palestiinas Surnumere ääres. Neist esimene ulatub 26 m ja teine 394 m alla poole ookeani pinda. Alamikkude hulka kuulub ka Hollandi rannik, mis on kaitstud üleujutuste vastu mere poolt luidete ja tammide vöötmega.

Maa-alasid, mis ulatuvad kuni 200 m üle meretaseme, nimetatakse madalmikeks. Suuremate madalmikena esinevad Ida-Euroopa, Lääne- ja Kesk-Euroopa põhjapoolne osa, Lääne-Siber, enamik Amazonase jõgikonnast jne.

Maa-alad, mis kerkivad 200—1500 m üle meretaseme, on keskmikud, näiteks suurem osa Siberist, Dekhan, Iraan, Araabia, Pürenee poolsaar, Lääne-Austraalia, Brasiilia mägismaa jne.

Maa-alasid, mis ulatuvad enam kui 1500 m üle meretaseme, tuntakse kõrgmiku nime all. Siia kuuluvad esijoones noored kurdmäestikud, nagu Himaalaja, Altai, Kaukasus, Karpaadid, Püreneed, Kordiljeerid, Andid, aga ka mitmed geoloogiliselt vanemad mäestikud ja mägismaad, näiteks Tienšan, Altai, Pamiir, Tiibet jne.

Maismaa pinnaehitust iseloomustavad pinnavormid, mis jagunevad positiivseiks pinnavormideks ehk kõrgendikeks ja negatiivseiks pinnavormideks ehk lohkuks. Nii ühed kui ka teised tekivad maakoore siirete, kuhjumise ja kulutamise teel. Tasase pinnamoega ala kannab tasandiku nimetust.

Siirete tulemuseks on mäeahelikkude ja neid lahutavate orgude tekkimine kurrutustel ning maapangaste kõrgemale kerkimine või allapoole laskumine ümbruse pinnast murrangute puhul.

Kuhjumisvormidest on tuntuimad mannerjää või jääliustike ning nende sulamisvete poolt kokkukantud moreenmoodustised otsmoreenide, voorte ja vallseljakute näol. Tekkelt kuuluvad kuhjumisvormide rühma ka liivakuhjatiseid (näiteks lited) ja tulemäed (vulkaanid). Kõigi nimetatud vormide rühmiti ja tiheda esinemise puhul jäävad nende vahele mitmesuguse kujuga lohud.

Kulutamine on seotud eeskätt lohku tekkimisega, kuid omab tähtsust ka positiivsete pinnavormide kujunemisel: vooluveed võivad oma üha laieneva ja tiheneva orgude võrgu abil liigestada tasase lavamaa üksikuiks järsunõlvalisteks lavakõrgendikeks. Üheks niisuguseks näiteks on Saksi Šveits (Elbe jõe ülemjooksul), kus aluspõhja liivakivi püstlõhedes toimuv murenemine on omakorda eraldanud lavakõrgendike nõlvadest mitmesuguse kujuga sambaid, torne, kaari, looduslikke sildu jne.

Pinnavormidest õige pildi saamiseks ja nende liigitamiseks peame teadma nende kõrgussuhteid ja väliskuju.

On olemas kaks kõrguse määramise viisi, üks neist võtab aluseks meretaseme ja teine ümbruse pinna.

Lähtudes kõrguse mõõtmisel meretasemest, saame iselise ehk absoluutse kõrguse, mida kasutatakse füüsilis-geograafilistel kaartidel ja geograafilises kirjanduses pinnaehituse käsitlustes.

Võttes kõrguse määramisel aluseks ümbruse pinna, saame suhtelise ehk relatiivse kõrguse. Looduses näemegi eeskätt ainult viimast (erandina esinevad vaid rannaäärsed alad), ja just temast sõltub pinnaehituse mitmekesisus.

Eesti NSV-s valitsevate väikeste suhteliste kõrguste tõttu nimetatakse meil geograafias mägedeks neid kõrgendikke, mis ulatuvad enam kui 50 m üle ümbruse pinna (Suur-Munamägi, Vällamägi, Hobustemägi). Suurem osa rahvasuus „mägedena” tuntud kõrgendikke kuulub künngaste (suhteline kõrgus alla 10 m), kinkude (suhteline kõrgus 10—25 m) või vaarade (suhteline kõrgus 25—50 m) hulka.

Kõrgendike väliskujule on mõõduandvad nende põhijoonis, piki- ja ristprofiil ning nõlvade kaldenurk.

Kõrgendikke enam-vähem ümmarguse põhijoonisega nimetatakse latvkõrgendikeks. Viimased jagunevad omakorda kühmadeks ja kupliteks. Neist esimestel on nõlvade kaldenurk alla  $10^{\circ}$ , teistel aga suurem kui  $10^{\circ}$ . Lamedad ja võrdlemisi järsunõlvalised kuplid on tähtsaimad pinnavormid meie Haanja ja Otepää otsmoreenkuhjatistes.

Pikliku, ovaalse põhijoonisega kõrgendikud kannavad selgkõrgendiku nimetust. Neist on künniste nõlvade kaldenurk vähem kui  $10^{\circ}$ , seljakuil aga üle  $10^{\circ}$ . Selgkõrgendike rühma kuuluvad näiteks voored, mis on kaetud viljaka põhimoreeniga. Et nende nõlvade kallakus pole eriti suur, siis on nad põllustatud. Pikitelje suunas tugevasti väljavenitatud ning järsunõlvaliste seljakutena esinevad meie vallseljakud.

Kui kõrgendike latv kujutab endast tasast lava, siis on meil tegemist lavakõrgendikega. Seejuures võib nende põhijoonis olla mitmesugune — niihästi ümmargune kui ka piklik. Lavakõrgendikena tuleb mainida mitmeid endisi linnuseid, näiteks Irus, Otepääl ja mujal. Arvatavasti on neis kohtades mäe ladva tasandamisest olnud tegevuses ka inimese käsi. Krimmi mäestiku lõunapoolseima, s. o. kõrgeima aheliku latv kujutab endast kuni 7 km laiust tasast lava (jaila).


Omapäraseid pinnavorme on a s t a n g enam-vähem järsu ja kõrge üleminekuna ühelt maapinna kõrguselt teisele. Ta tekib kas murrangute, käändude või kulutuse tagajärjel. Astantuna esineb meil paekallas (pank), mis ulatub piki Põhjarannikut Pakri poolsaarest Narvani. Üksikuid panku (rannajärsakuid) leidub ka Saaremaal ja Muhus.


Need on tähtsaimad positiivsete pinnavormide rühmad Nõukogude Eestis.

Lohud liigitatakse sulg- ja avalohkudeks. Esimesed neist on ümberringi veerudega piiratud. Eesti NSV-s leidub sulglohke rohkesti moreenkuhjatiste alal, sageli väikese järvega põhjas.

Avalohku piiravad veerud kahelt poolt, kuna otsad on avatud. Ristprofiili järgi jagunevad nad sälk-, lamm- ja moldorgudeks.

Sälkoru veerud kohtuvad oru põhjas terava nurga all; tema ristprofiil on V-kujuline.

Lammoru põhi moodustab tasase lammi, mille servadelt kerkivad veerud märgatava nurga all. Ristprofiil on  kujuline.

Moldoru lamm läheb märkamatuks üle veerudeks. Ta ristprofiil on  kujuline.

Eesti NSV-s on pehmema aluspõhja ja pinnakatte tõttu rohkem orgusid lõunaosas. Kõik meie suuremad orud on uuristatud mannerjäa sulamisvetel.

Tavaliselt esinevad pinnavormid rühmadena. Kõrgendikud on koondunud kõrgustikuks, orud orustikuks jne.

Alad, kus puuduvad märgatavad positiivsed või negatiivsed pinnavormid, on tasandikud. Ulatuslikumaid tasandikke leidub võrdlemisi harva.

Esineb tasandikul madalamate kõrgendike rühmi, siis on meil tegemist lauskmaaga — juhul, kui ta asub alamikus või madalmikul (Ida-Euroopa lauskmaa). On ta aga keskmikul

või kõrgmikul, siis nimetatakse teda kiltmaaks (Kesk-Siberi kiltmaa).

Moodustub maa-ala kõrgemaist mägedest või mäeahelikest, siis kannab ta mäestikunime. Keskmiku piirides asub keskmäestik (Krimmi mäed), kõrgmikku ulatub kõrgmäestik (Kaukasus, Alpid).

Kui mäed ei kulge ahelastikuna, vaid katavad laialdast maa-ala, siis nimetatakse viimast mägismaaks (Tiibet, Pamiir).

Pinnavormid pole püsivad, nad arenevad alalõpmata — tekivad, kuluvad, muutuvad ja kaovad. Nende kujundamisel on tegevad Maas peituvad sisejõud ja tema pinnal tegutsevad välisjõud.

## II. Maapinda teisendavad tegurid.

### Sisejõudude toime.

#### 1. Vulkanism.

Alati on vulkaanilised pursked oma hävitava toime ja kohutava, kuid ühtlasi suurepärase ja võimsa vaatepildiga jätnud inimestesse unustamatu mulje. Madalamal kultuuritasemel seisvad rahvad, tundmata vulkanismi tõelisi põhjusi, pidasid selle esilekutsujaks jumalate või maa-aluste vaimude tegevust.

Tänapäeva vulkaanilised nähtused on seotud eeskätt tulemägedega.

Euroopas on tuntuimaks tulemäeks Lõuna-Itaalias Napoli linna lähedal asuv Vesuuv. Vesuuv on kuhikutaoline, jalami suunas laugemaks muutuv kõrgendik, mida piirab kirde poolt kunagisest purskest purustatud endise kuhiku poolkaarjas jäänus — Monte Somma.

Vesuuv, nagu enamik teisigi vulkaane, ei tegutse pidevalt, vaid tema purskeperioodid vahelduvad pikemate või lühemate soikeperioodidega. Kuni 79. aastani m. a. j. ei peetud Vesuuvi üldse tegevaks tulemäeks, seega ka mitte ohtlikuks, ning tema nõlvad ja ümbrus olid tihedasti asustatud. Tähendatud aastal toimus Vesuuvi purse, mille kohta on säilinud andmed tänapäevani. Selle tulemusel hävinesid purskeainete alla mattudes Pompeji, Herculani ja Stabia linn.

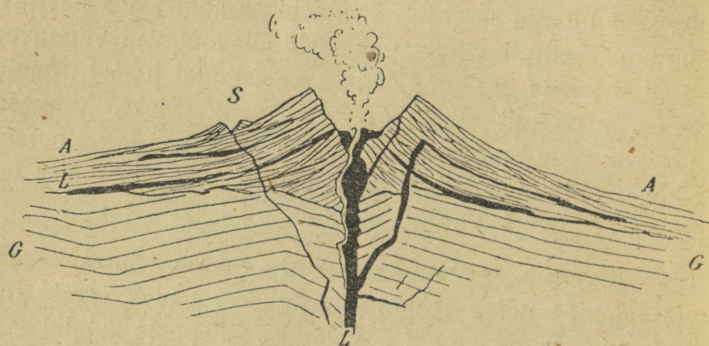
Vesuuvi ja rea teiste tulemägede tegevuse alguse ennustajaks on tugevast maa-alusest mürinast saadetud kohalik maavärin. Selle järel kerkib vulkaani kraatrist — lehtritaisest süvendist kuhiku tipul — veeauru ja gaaside pilv, mis tõuseb mõnikord mitme kilomeetri kõrgusele, laiudes seal piinia- (Vahemeremaade männi) taoliselt. Koos veeauru ja gaasidega paisatakse tulemäest välja peenikest vulkaanilist tuhka, väikesi, kuni kreeka pähkli suurusi kivikesi „lapille” ja suuremaid rahne — vulkaanilisi pomme, mis mõnikord on kuni sadu tonne rasked. Ülal tiheneb veeaur veeks, seguneb seal tuhaga ja sajab ägeda pikse saatel alla hävitava porivihmana. Samuti viivad nõlvadelt allavoolavad vihmaveed endiga kaasa osa maapinnale sadestunud tuhast, muutudes sellest metsikult edasisööstvaiks porijõgedeks. Viimased koos porivihma ja mahalangeva vulkaanilise tuhaga on pursete puhul kõige ohtlikumad, kuna nad võivad endi alla matta terved asulad (Pompeji, Herculanium).

Purske intensiivsuse suurenemisega tungib viimaks kraatrist või tulemäe nõlva tekkinud pragudest päevavalgele tuledel kivimimass — laava, valgudes allapoole jalami suunas. Öösiti see helendab ja paneb punaselt hõõguma ka vulkaani kohal auru- ja gaasisamba. Pärast laavapurset hakkab tulemäe tegevus järk-järgult vaibuma.

Laava — maapinnale jõudnud magma — pääseb sinna lõõri kaudu, mis algab magma koldest ja lõpeb kraatriga (joon. 4). Seda teed mööda esimestena sügavusest hiigla jõuga ülespoole sööstvad gaasid on oma tõugetega kohaliku maavärina põhjustajad. Nende poolt kaasahaaratud ja pihustatud laavaosakesed annavad osa vulkaanilist tuhka, kuna teine osa sellest koosneb lõõrist ja kraatrist lahtirebitud kivimite peenest purust. Lapillid ja vulkaanilised pommid tekivad gaaside survele ülespaisatud ja õhus tardunud laavatompudest või sügavusest maapinnale sööstvate gaaside poolt lahtirebi-

tud aluspõhjamaterjalist ning purske alguseni kraatrit sulgenud tardunud laavatropi tükkidest.

Hoopis teisiti toimub Havai saartel tegutsevate vulkaanide purske. Neist ühe, Kilauea kraatris asub laavajärv, mis on täidetud alalõpmata pulbitseva ja mõne meetri kõrguste samastena ülespaiskuva laavaga. Aeg-ajalt kerkib viimane tavalisest tasemest kõrgemale ja valgub üle kraatri serva hiiglavoogudena allapoole. Mõnikord saavutavad niisugused laavavood 50—60-km pikkuse ja 2,5—4,5-km laiuse. Kogu see protsess kulgeb enam-vähem rahulikult, tormiliste reaktsioo-



Joonis 4. Vulkaani skeem. *G* — aluspõhi, *A* — vulkaaniliste purskeainete kihid, *L* — lõõri ja lõhesid täitev laava, *S* — kõrvalkraater (peakraater asub lõõri ülaosas).

nideta, ilma massilise veeauru ja gaasi eraldamiseta. Kilauea sarnaselt tegutseb ka teine Havai hiiglavulkaan Mauna Loa, mille kraatri pikkus on 13 km ja laius 10 km.

Kirjeldatud erinevus Vesuuvi ja Havai tüüpi tulemägede vahel põhjeneb nende laava omadustel. Vesuuvi-taoliste vulkaanide laava on happeline, suhteliselt madala temperatuuriga (1000—1100°), sitke ja gaasirikas. Havai tüüpi tulemägede laava on aluseline, kõrgema temperatuuriga (1200—1300°), vedel ja gaasivaene; sellest ongi tingitud nende vulkaanide rahulikum tegutsemine.

Esineb vulkaane, millede laavas sisaldub sellisel hulgal gaase, et nende eraldumine purskel sünnib ränga plahvatuse näol, mis võib olla raskete katastroofide põhjustajaks. 1883. a. hävis Krakatau purske puhul  $\frac{2}{3}$  saarest, millel asub tulemägi, ja umbes 22-km<sup>2</sup> maa-ala asendus merega. Õhku paisati 18 km<sup>3</sup> peenmaterjali; tuhk tõusis kuni 80 m kõrgusele, püsidis seal aastaid. Plahvatuse mõjul tekkisid merel 15—30 m kõrgused lained, mis ujutasid üle naabersaarte rannikud. Plahvatuse müra oli kuulda 3400 km kaugusele —  $\frac{1}{15}$ -le tervest Maakera pinnast, kuna plahvatusest esilekutsutud õhuline käis 3 korda ümber ekvaatori. Katastroofi ohvriks langes 40 000 inimest Jaava ja Sumatra saarel.

Väike-Antilli saarestikus Martinique'i saarel asuva tulemäe Mont Pelé purskel 1902. a. oli laava sedavõrd sitke, et ta suruti kraatrist välja üle 400 m kõrguse sambana, mis hiljem lagunes. Gaasid koos tuha ja peenemate kividega murdsid endile tee läbi vulkaani külje, kust valgusid alla mööda mäenõlva kuuma, üha laieneva veermena 8 km eemal asuva Saint Pierre'i linnale, hävitades kogu selle elanikkonna — 30 000 inimest. Eluga pääses vaid 2 inimest.

Islandi saarel esineb veel tänapäeval lõhesid kaudu toimuvaid vulkaanilisi purskeid, mis on vulkanismi ürgsemaid vorme. Sel teel tekib ulatuslikke laavakatteid. 1783. a. tungis läbi 25 km pikkuse Lakilõhe maapinnale ligi 12,5 km<sup>3</sup> laavat.

Raugeva vulkanismi tunnuseks on fumaroolide, solfataaride, mofettide ja geiserite tegevus. Neist eraldavad kolm esimest ainult gaase, kuna laavapurskeid enam ei esine. Kuumimad on fumaroolidest väljuvad gaasid ja jahedaimad — mofettide omad. Solfataaridest eralduvate gaaside seas on esikohal väävliühendid; mofettide omas — süsinikkahelis-hapend.

Geiserid on kumavee purskallikad, millede esinemine on samuti seotud vulkaaniliste aladega.

Vulkaanid on kuhjatisvormid, millede kuju ei sõltu nende all asuva maapinna reljeefist. Nad on üles ehitatud lõõri kaudu väljaheidetud ja selle ümber kuhjunud purskeainest. Esineb

kihilisi ja kihitamata tulemägesid. Kihilised tulemäed koosnevad vahelduvaist vulkaanilise tufi ja laava kihtidest ning kuuluvad maailma suurimate vulkaanide hulka, nagu näiteks Etna (3274 m), Vesuuv (1300 m), Kljutševskaja Sopka (4778 m) (joon. 5) jt. Kihitamata tulemägede koostis on ühtlane: nad koosnevad kas tahkeist pursorkeaineist või tardunud laavast. Neist on tahkeist pursorkeaineist kuhikud kõige järsemad (30—40°), kuid need ei kujune eriti suureks. Siia kuuluvad Pico tulemägi Assoori saartel ja Monte Nuovo Napoli lähedal. Viimane kerkis üles ühe ööpäeva kestel.



Joonis 5. Kljutševskaja Sopka.

Võrdlemisi järsud on ka sitkest happelisest laavast kuhjatud vulkaanid (nn. Pelé tüüp). Kõige lamedamad on vedelast aluselisest laavast tekkinud kilbikujulised hiiglahukikud. Havai tulemägede nõlvade kalle on ainult 4,4—6,8°, aga kõrgeimad kuhikud ulatuvad enam kui 4 km üle meretaseme.

Tänapäeval tuntakse umbes 450 tegevast ja ligikaudu 4000 kustunud tulemäge. Suurem osa neist on koondunud rõngana ümber Vaikse ookeani — Alaskast Patagooniani ning Kamštatkast Uus-Meremaani. Kokku on siin 353 tegevast tulemäge, nende seas maailma suurimad. Eriti rikkalikult esineb vulkaane Jaava saarel, Jaapanis, Kuriili saarestikus, Kamštatkas ja Kesk-Ameerikas. Koguni Antarktise igilume ja -jäa keskel on

2 tulemäge — Erebus ja Terror. Teiseks vulkaanide tihenduskeskuseks on Atlandi ookeani piirkond — Vahemeri ja Lääne-India saarestik ning piki Atlandi ookeani põhjast lõunasse suunduv saarte ja saarestike ahelik Jan Mayenist Tristan d'Acunhani. Selles vöötmes on tulemägede poolst rikkaim Islandi saar oma üle 20 tegeva ja üle 100 kustunud tulemäega. Kolmandaks vulkaanide levimispiirkonnaks on Ida-Aafrika suur murrangute ala koos Lääne-Araabiaga. Kustunud tulemägedest on siin tuntuimad Kilimandžaar ja Kenia ning tegevaist Kirunga.

Kõik loetletud alad elasid lähemas geoloogilises minevikus läbi intensiivseid tektoonilisi protsesse kurrutuste ja murrangute näol, mis pole vaibunud veel tänapäevalgi. Need nähtused põhjustasid sügavamal maakooses paiguti rõhu vähenemist, mille tulemuseks oli kõrge temperatuuriga kivimite vedeldumine neis kohtades. Nii tekkisid perifeersed magmakolded, milledest magma temast eralduvate gaaside surveel hakkas tungima koos gaasidega lõhesid pidi ülespoole. Jõudnud gaaside poolst murtud lõõri kaudu laavana maapinnale, sai ta seal vulkaaniliste nähtuste põhjustajaks.

## 2. Tardkivimid.

Tulemägede kaudu laavana maapinnale tunginud ja siin laialivalgunud magmamassid kattuvad juba mõne päeva pärast paarikümne sentimeetri paksuse kõva koorikuga, mille all jätkub välispinna omast märksa aeglasem tulikuuma sise-muse jahtumine. Lõpuks tardub aja jooksul kogu väljavoolanud laavamass tahkeks kivimiks.

Maakoore välispinnal tardub magma suhteliselt madala temperatuuri ja normaalse õhurõhu juures. Neis tingimustes toimub tardumine kiiresti, nii et magma diferentseerumine, s. o. üksikute mineraalide eraldumine ja väljakristalliseeru-

mine vedelas kivimassis pole täielik. Niiviisi tekivad klaasjad, urbsed, peenekristallilised või porfüürsed kivimid. Klaasja ehitusega on näiteks tumedavärviline, peamiselt ränihapendit sisaldav obsidiaan ehk vulkaaniline klaas. Urbne, vahustruktuuriga on gaasirikkast laavast kindla mineraloogilise koostiseta, silikaatide hulka kuuluv hele pimsskivi, mille erikaal on vaid 0,4—0,9, mistõttu ta ujub vee peal. Teda kasutatakse puhastamis- ja lihvimisvahendina. Krakatau purske puhul 1883. a. tekkisid pimsskivist terved ujuvad saared, mis ulatusid 2 m üle veepinna ja olid takistuseks laevasõidule. Porfüürseil kivimeil on peenekristallilises põhimassis suletisena mõne mineraali suured ja hästi väljakujunenud kristallid, kvartsporfüüril näiteks kvartsi ja päevakivi kristallid.

Tulemägede pursetest saadud kivimid kuuluvad vulkaaniliste ehk purskekivimite hulka, kaasa arvatud ka vulkaanilised tufid, mis tekivad tahkeist purskeaineist: tuhast, lapillidest ja pommidest.

Mitte kõik sügavusest üleskerkiv magma ei jõua maapinnale. Osa temast tardub lõhedes, tühemikes, kihtidevahelistes ruumides jne. Kui seesuguse maapõues tardunud magmamassi ulatus on rõhtsuunas mõnest kilomeetrist kuni mõnekümne kilomeetrini ja tema aluspõhi on kättesaamatu, siis nimetatakse teda batoliidiks. Batoliidid tekivad magma valgumisel maakoore siiretel tekkinud tühemikesse, samuti kõrgemal asuvate kihtide väljatõrjumisel — nende ärasulatamise teel — ning asendamisel sügavusest ülestungiva magma poolt. Surutakse aga magma raskesti läbitavate kivimite all asuvate maakoore kihtide vahele, kus ta hiljem tardub, siis saame leivapätsi- või läätsekujulise lakoliidi. Teda katvad maapinna pealmised kihid on võlvina üles kummitud. Nende ärakulumisel tuleb lakoliit päevavalgele. Seesuguste lakoliitidena esinevad Beštau, Mašuk ja Zeleznaja mäed Põhja-Kaukaasias.

Maasügavuses magma tardumisel tekkinud kivimid arvatakse plutooniliste ehk süvakivimite gruppi.

Tardumine sünnib seal kõrge temperatuuri ja kõrge rõhu juures, mistõttu magma jahtub aeglaselt. Seepärast on sel juhul ka üksikute mineraalide eraldumine ehk diferentseerumine täielik, ja kõik tekkinud kivimid omandavad ühtlase kristalse struktuuri. Purske- ja süvakivimid arvatakse tardkivimite rühma, sest nende mõlemate päritolu on seotud magma tardumisega.

Magma on sitke või tulivedel ülikeerukas silikaatide suland, milles esikohal on alumiinium-, raud-, leelismetallide ja leelismuldmetallide silikaadid. Peale selle sisaldub magmas lahustunud olekus mitmesuguseid gaase ja lenduvaid ühendeid.

Magma koostis pole kõikjal ühtlane. Paiguti esineb temas rikkalikult vaba ränihapendit — see on happeline magma; paiguti puudub vaba ränihapend hoopis — siis on meil tegemist keskse või aluselise magmaga. Vastavalt sellele on ka magmast tekkinud kivimite keemiline koostis erinev.

Happeliste purske kivimite hulka kuulub päevakivi, vilku, amfibooli jt. mineraale sisaldav lipariit — porfüürne, väga hele ja läikiv tardkivim. Happelise süvakivimina esineb graniit, mis koosneb kvartsi, vilgu ja päevakivi teradest. Rabekivi on graniidi porfüürne teisend — tema peeneteralises graniitjas põhimassis on suletistena suured päevakivi kristallid.

Keskse (neutraalse) purske kivimina mainitagu vilgust ja päevakivist koosnevat porfüürset trahhüüti ja keskse süvakivimina sama koostisega kristalset süeniiti.

Aluselise purske kivimina on kõigile tuntud basalt — peeneteraline, tume kuni must, päevakivi, oliviini, augiiti jt. mineraale sisaldav kivim. Ta moodustab ulatuslikke vulkaanilisi katteid Islandil, Gröönimaal, Põhja-Ameerikas, Indias, Kesk-Siberis, Taga-Kaukaasias ja mujal. Süvakivimina vastab basaldile sama koostisega tumedavärviline gabbro.

Tardkivimeis esineb sageli maavarasid. Kulla, tina, mangaani, volframi, molübdeeni, radioaktiivsete ja haruldaste metallide leiukohad on seotud happeliste kivimitega; plaatina, kroomraud jt. esinevad aga aluselistes kivimites (näiteks Uuralis).

Oma vastupidavuse tõttu kasutatakse tardkivimeid ehitus- ja sillutustöödel, monumentideks jne.

Tardkivimite hulka kuulub ka osa meile mannerjää pooit kantud rändrahnudest.

### 3. Maavärinad.

Maavärinad kuuluvad nende loodusnähtuste hulka, millede esinemine põhjustab mõnikord ränki katastroofe. Tugevate maakoore vappumiste puhul pragunevad või varisevad kokku ehitised, hävivad terved linnad, hukuvad kümned kuni sajad tuhanded elanikud ja jäävad peavarjuta miljonid inimesed. Väikese ülevaate selle kohta annavad järgnevad näited. Säilinud teadete järgi langes Hiinas maavärinate ohvriks 1556. a. 830 000, 1662. a. 300 000 ja 1920. a. 200 000 inimest. Lissabonis sai 1755. a. maavärina läbi surma üle 32 000 inimese, Kalaabrias (Lõuna-Itaalias) 1783. a. 100 000, Messinas (Sitsiilia saarel) 1908. a. 83 000 ja Jaapanis 1923. a. 140 000—200 000 inimest. Messina maavärin hävitas 1908. a. Messina linna koos mitme naaberlinnaga, Jaapani 1923. a. maavärin purustas suurema osa Tokio ja Jokohama linnast ning rea ümberkaudseid linnu. Hävitustööd suurendavad omalt poolt merepõhja võnkumisest tekkinud hiiglamerelained, mis ujutavad üle ranniku, nagu see juhtus Lissaboni, Messina ja Jaapani 1923. a. maavärina puhul.

Kohta, kust maavärin saab oma alguse, nimetatakse värina koldeks ehk hüpotsentriks. See asub tavaliselt 10—40 km sügavusel maakoores, kuid võib üksikuil juhtudel olla kuni 800 km allpool maapinda. Siit levivad värinalained laiali igas suunas, niihästi Maa sees kui ka tema pinnal; pikilainete liikumiskiirus on keskmiselt 1,7 korda suurem kui ristlainel. „Sial“-kihis liiguvad esimesed kuni 8 km ja teised kuni 4,4 km sekundis. Muide oleneb maavärinalainete liikumiskiirus tugevasti neid juhtiva kivimi omadustest.

Hüpostsentri kohal maapinnal asuvasse värina kes-  
kusse ehk epitsentrisse tulevad lained otse alt üles  
ning samas (vertikaal-) suunas antakse ka tugevaim tõuge.  
Nii tekib epitsentris tõukeline maavärin, mis paiskab  
püstloodis üles lahtisi esemeid, ehitisi, suuremate ehitiste katu-  
seid, tänavasillutise kive, mis lendavad kahurimürskudena,  
inimesi ja Lõuna-Ameerikas Riobamba maavärina puhul  
koguni laipu haudadest. Selles osas on värin kõige laastavam.

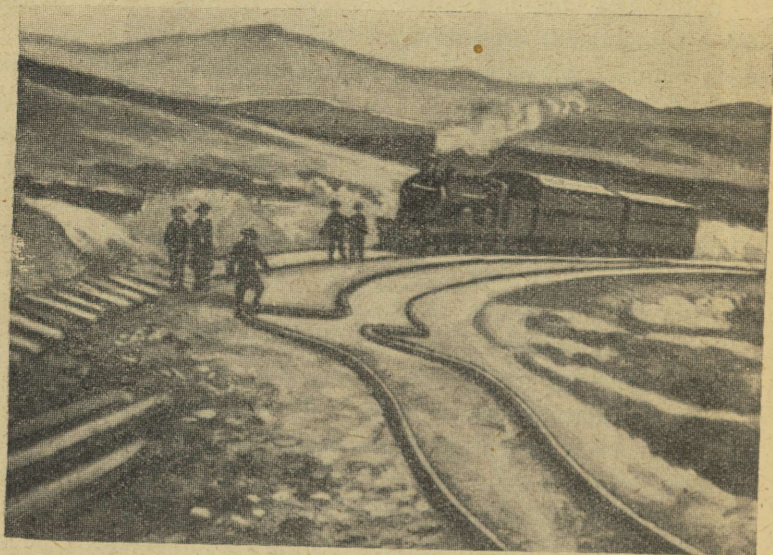
Epitsentris tekib saadud tõukest kolmas värinalainete  
liik — pindlained, mis levivad radiaalselt mööda Maakera  
pinda eemale epitsentrist, kus nad aegamööda vaibuvad. Nii-  
hästi pindlained kui ka piki- ja ristlained jõuavad epitsentrist  
kaugemal asuvasse Maa välispinna punktidesse terava nurga  
all, nii et tõuge seal tuleb küljelt. Nõnda tekib lainjas  
maavärin, kus maapind kõigub lainetaoliselt, esemed pais-  
kuvad ümber, seintesse tekivad praod, hooned varisevad  
kokku jne.

Maavärinate kestus on tavaliselt lühike — ainult mõni-  
kümme sekundit kuni mõned minutid. San Francisco puru-  
nes näiteks 3,5 minuti kestel; suurem osa Tokiost ja Jokoha-  
mast ning rida naaberlinnu hävisid 5 minuti jooksul jne.

Ainult väike osa maavärinaist omab niisugust purustavat  
toimet. Aasta jooksul registreeritavast kuni 80 000 värinast  
märkab inimene 6000, kuid purustavaid on nende seas ainult  
145 ümber. Maavärinad jagatakse oma mõjult nõrkadeks,  
keskmisteks ja tugevaks. Nõrku värinaid saab kind-  
laks teha ainult tundlike aparaatide — seismograafide abil,  
keskmised värinad on inimese poolt juba märgatavad. Nende  
mõjul hakkavad rippuvad esemed võnkuma, kellad helisema,  
vesi anumais üle serva loksuma; pendliga kellad jäävad  
seisma jne. Nad ei kutsu siiski veel esile purustusi. Tugevate  
värinate puhul paisatakse seisvad esemed ümber, seintesse  
tekivad praod, krohv variseb alla, või saabub juba täielik  
katastroof.

Maavärinate tugevuse mõõtmiseks kasutatakse 12-astmelist astrikku. Selle esimesele astmele vastav värin ei ole inimese poolt veel märgatav, kümnenda astmega mõõdetav värin aga on juba purustav.

Maavärinaid registreerivaid täpseid, isekirjutavaid seismograafe hoitakse kaitseks soovimata kõrvalmõjude eest sügavais keldreis. Nende poolt üleskirjutatud seismo-



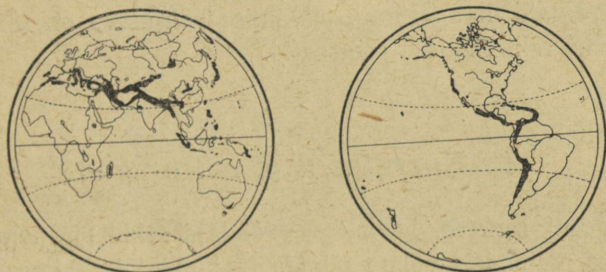
Joonis 6. Maavärina tagajärjel kooldunud rööpmed.

grammile märgitakse iga vähimgi maapinna võnkumine selles paigas. Seismogrammide abil saab kindlaks määrata värina tugevuse ja hüpotsentri asukoha.

Maavärinatega koos esineb rida teisi nähtusi. Olgu neist mainitud mitmesugused kõla- ja valgusefektid, maalihked ja nende poolt esilekutsutud uputused, allikate kuivamine, jõgede ja järvede kadumine maa alla lõhesid kaudu, uute allikate

ilmumine, maapinna lõhenemine, maapangaste nihkumine horisontaal- ja vertikaalsuunas jne. Erilist tähelepanu vääri-  
vad neist kaks viimastena nimetatud nähtust, kuna need  
aitavad selgitada maavärinate põhjusi. Peatume nendel veidi  
pikemalt.

Kalaabria maavärinal 1783. a. tekkis terve lõhedevõrk,  
samuti pandi tähele pangaste nihkumist vertikaalsuunas kuni  
4 m ulatuses. Jaapani 1891. a. suure maavärina ajal tekkis  
Neo jõe orus 105 km pikkune murrang — 20-m kõrgusva-  
hega pangaste vahel lõhe kohal. Jaapani 1923. a. maavärina  
järel oli Sagami lahe põhi kohati vajunud 100—210 m, teisal



Joonis 7. Maavärinate levimise kaart.

tõusnud kuni 250 m. San Francisco maavärina ajal tekkinud  
ja rannikuga rööbiti kulgeva 700 km pikkuse lõhe merepoolsel  
küljel oli maapind nihkunud 3 m loode poole ja kerkinud kohati  
ühel lõhe poolel 4—5 m teisest kõrgemale.

Niisugust lõhede tekkimist ja maapangaste paigast nihku-  
mist piki lõhesid võib pidada maakooses valitsenud ja jär-  
jest kasvanud tugeva pinge järsuks lahenduseks. Ühe kivimi-  
massi järsk nihkumine teise suhtes tekitab tõukeid ja vapus-  
tusi maakooses, mis kutsuvad esile maavärina. Selliseid maa-  
koore siiretest põhjustatud maavärinaid kutsutakse tektoo-  
nilisteks. Vulkaanilised maavärinad, mis teki-

vad tulemägede tegevusel, ja langatus-maavärinad, mida põhjustavad koobaste lagede varisemised, on oma ulatuselt esimestest hoopis väiksemad.

Vaadeldes maavärinate levikukaarti (joon. 7) näeme, et sagedate ja tugevate värinate ehk seismilised alad on koondatud kahte suurde vöötmesse. Üle poole kõigist maavärinaist esineb Vahemere ehk Alpi—Kaukasuse—Himaalaja vöötmes, umbes 40% on koondunud Vaikse ookeani ehk Andide—Jaapani—Malaja vöötmesse. Need mõlemad vöötmed ühtivad noorte kurdmägede aladega, kus masside ümberpaigutused maakoos pole veel kaugeltki lõppenud, vaid kestavad tänapäevalgi. Seega tõestab maavärinate levik omakorda väidet, et suuremate maavärinate tekkimise põhjuseks on maakoos toimuvad tektoonilised protsessid.

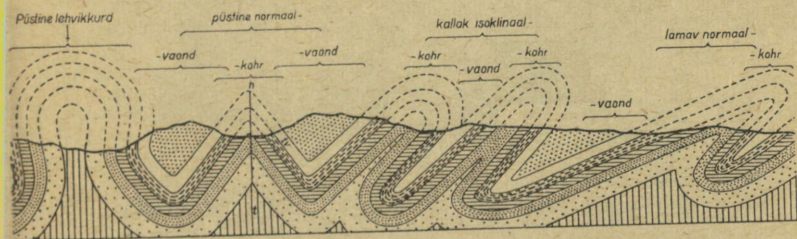
#### 4. Kurrutused ja murrangud.

Jõgede orgudes, kuristikes, rannajärsakuil ja teistes looduslikes paljandeis võime jälgida kivimikihtide paigutust maakoos. Sedasama võimaldavad meile ka inimeste poolt teede läbikaevamisel, kaevandustes, murdudes ja mujal loodud kunstlikud paljandid. Neis paneme tähele, et tasasema pinna-moega maa-aladel lamavad kihid tavaliselt rõhtsalt või pea-aegu rõhtsalt, lasudes üksteisel riita laotud vineertahvlite taoliselt. Mäestikes ja mägismail seevastu aga näeme, et siin on maapinna kihid kohati tugevasti kallakud, moodustades kord lainjaid kurde, kord järsku katkedes, et jätkuda juba kõrgemal või madalamal oma senisest tasemest.

Mäestikes ja mägismail esinevad lademed tekkisid omal ajal mere põhjas rõhtsate kihtidena. Oma esialgsest asendist nihutati nad kõrvale Maa sisejõudude poolt maakoos tekkinud surve ja pinge toimel. Maakoore osade paigast nihkumisi

nimetatakse siireteks (dislokatsioonid); nad jagunevad kurrutusteks ja murranguteks.

Kurrutuste puhul surutakse horisontaalses asendis olevad maakoore kihid külgsurve poolt voltidesse ehk kurdudesse. Kui kihtide kumerus on suunatud alt ülespoole ja kurd meenutab võlvi, siis nimetatakse teda kohruks ehk antiklinaaliks. Künaga sarnanevat, allapoole kumerdunud kihtidega kurdu tunneme vaondi ehk sünkliinalli nime all. Kujult võivad kurrud olla lamedad, järsud, sümmeetrilised või ebasümmeetrilised, asendi suhtes — püstised, kallakud, lamavad jne. (joon. 8).



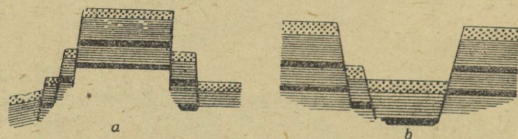
Joonis 8. Kurdude skeem. Kulumud ülemine osa kurdudest on tähistatud punktiiriga.

Murrangute puhul tekivad maakooses lõhed, mida mööda nende vahel asuvad maapankad nihkuvad üles-, allapoole või kõrvale. Nihkumispinda nimetatakse murrangupinnaks. Mõnikord on see hõõveldatud tasaseks või kaetud kriimudega, mis näitavad pangaste nihkumise suunda.

Murrangu tagajärjel ümbruskonnast kõrgemale ulatuvaid pankaid tunneme ülangutena (horstid), sellest allapoole laskunuid aga alangutena (graabenid). Ülangusse kuuluvad kihtide osad asuvad kõrgemal kui nende mõlemapoolsed naaberosad kõrval asuvais pangastes. Alangute puhul on olukord vastupidine (joon. 9).

Harilikult esinevad kurrutused ja murrangud koos samal alal, kuid on kohti, kus üks neist on rõhuvalt ülekaalus.

Kurrutuste teel on üles kuhjatud noored kurdmäestikud. Need koosnevad kilomeetrite kõrgusele ulatuvatest sirgjoonelistest või kaarjatest järsunõlvalistest ja teravaharjalistest ahelatest, mis asuvad üksteisega rööbiti või hargnevad lehvikutaoliselt, olles omavahel lahutatud pikiorgudega. Noori kurdmäestikke esindavad näiteks Alpid, Karpaadid, Püreneed, Kaukasus, Himaalaja, Kordiljeerid, Andid jt. Neis mäestikes esinevad harilike kurdude kõrval nn. katted. Need on külgsurve poolt kuni mitmekümne kilomeetri ulatuses üle nooremate kihtide lükatud hiiglasuured ühe poolega lamavad kurrud.



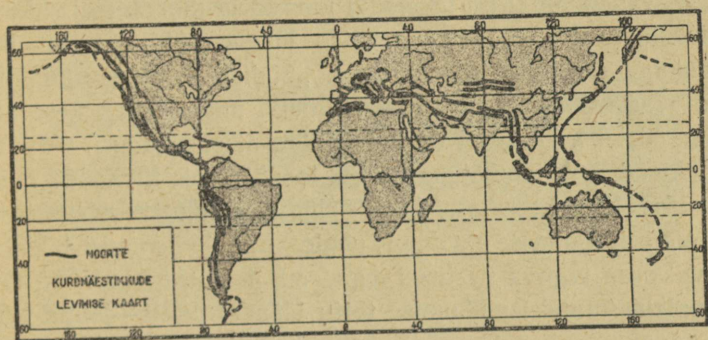
Joonis 9. Murrangute skeemid. *a* — ülal, *b* — alal.

Noored kurdmäestikud levivad Maakeral vöötmetena (joon. 10), milledest üks ümbritseb Vaikset ookeani ja teine ulatub läbi Lõuna-Euroopa ja Aasia. Need alad olid varem kaetud merega, mille põhja kuhjusid tohutud setete hulgad, kuni paarikümne kilomeetri paksuselt, mis oli võimalik selletõttu, et mere põhi pidevalt vajus. Niisuguseid kõvade vastupidavate mannertompudega kahelt poolt piiratud, painduvaid ja kergesti järeleandvaid maakooreosi nimetatakse geosünkliinadeks. Külgsurve tekkimisel osutusid nad nagu pihtide vahele asetatuks, mille tulemuseks oli nende põhja kogunenud setete üleskuhjumine noorteks kurdmäestikeks. Veel tänapäeval kuuluvad need alad rahutuimate hulka Maakeral, kus Maa sisejõud avaldub sagedate maavärinate ja arvukate tulemägede tegevuse näol.

Kurrutuse järgi leiame ka varemadel geoloogilistel ajajärkudel tekkinud vanades kurdmägedes, mis käesoleval ajal on tugevasti kulunud või peaaegu tasandikuks muutunud.

Ulatuslikumate murrangute puhul tekivad pangasmäestikud, nagu näiteks Böömi metsamäestik, Wales'i mäed, Šoti mägismaa jne. Suurimate ülangutena Euroopas tuleb mainida Ziguleid, Vogeesse, Schwarzwaldi. Kahte viimast lahutav Reini jõe org on alang.

Maaailma kõige sügavamaid alanguid on Baikali järve nõgu, mis ulatub kuni 1721 m allapoole järve veetaset.



Joonis 10. Noorte kurdmäestike levimise kaart.

Ida-Aafrika murrangute vööde on ainulaadne terves maailmas. Ta koosneb kahest graabenite ahelikust, mis algavad ühiselt Sambesi jõe kohalt ja ulatuvad üks Ida-Sudaani, teine Abessiiniasse. Siit jätkub viimane üle Punase mere, mis on mereveega täitunud alang, Palestiinasse ja Süüriasse. Graabenite sügavus ulatub paari kilomeetrini. Nende põhjas asub rida järvi, näiteks Njassa, Tanganjika, Alberti, Rudolfi järv ja Surnumeri.

Niisuguseid võrdlemisi järsuloomulisi, Maa sisejõududest põhjustatud maakoore liikumisi, millede tulemusena tekivad kurrud, katted ja murrangud ning millede kaasnähtustena esi-

nevad maavärinad ja tulemägede tegevus, nimetatakse orogeneesiks ehk mäestike tekkeks (kreeka keeles oros — mägi).

Orogeeniliste liikumiste põhjused on kuni tänapäevani lõplikult selgitamata. On püstitatud rida hüpoteese, mis püüavad seda küsimust lahendada, kuid ükski neist pole suutnud anda täiesti rahuldavat seletust ega ole leidnud üldist tunnustamist. Kontraktsioonihüpotees õpetab, et Maa maht kahaneb jahtumisel. Seetõttu on maakoor, mis raskustungi mõjul järgneb kokkutõmbuvale sisemusele, sunnitud oma pindala vähendama; nii tekivadki kurrud ja murrangud. Austria teadlase Wegeneri arvates lõhenes ühtne tervikuline ürgmanner üksikuiks mannerdeks. „Sialist” koosnevad mandrid ujuvad erikaalult raskemal „Simal”, mis pidevalt kestvatel mehaanilistel mõjutustel osutab poolplastilisi omadusi. Viimases tekivad Kuu tõmbetungi mõjul looded, mis tõukavad mannermasse lääne suunas. Lisaks liiguvad nimetatud mandrid veel põhjast lõunasse ekvaatori poole. Et neid liikumisi takistab „Sima” oma tugeva vastusurvega, siis tekkisid Ameerika läänerrannikul (mandri nihkumise tõttu läände) põhja—lõuna suunas minevad, ning Euroopa ja Aasia siseosades (mannerde nihkumise tõttu põhjast lõunasse) lääne—ida-suunalised ahelmäestikud. Mannerde üksteisest eraldumisega seletab Wegener ka Lõuna-Ameerika ja Aafrika randjoone kokkusobivust Atlandi ookeani osas.

On olemas rida teisigi hüpoteese, mis püüavad seletada orogeneetilisi protsesse mitmesuguste magma liikumistega maakoore all.

## 5. Maakoore iidsete kõikumised.

Orogeeniliste liikumiste kõrval põhjustavad sisejõud veel ühe ulatusliku maakooreosade liikumise vertikaalsuunas. See haarab laialdasi maa-alasid, kuid areneb aeglaselt ega kutsu

esile kuigi tähelepandavaid muutusi kivimikihtide asetuses. Tutvume nimetatud nähtusega mõne näite varal.

Skandinaavia rannikuil võime mitmes kohas leida kuni tänapäevani säilinud rannajärsakuid, vanu randvalle ja mereloomade kodade kuhjatisi, mis asuvad kõrgemal praegusest meretasemest (joon. 11). On loomulik, et need on tekkinud kunagi minevikus sinna ulatunud mere rannal. Need endised randjooned ei esine aga kogu poolsaarel samal absoluutsel kõrgusel. Seega ei saa väita, nagu oleksid niisugused rannamoodustised sattunud oma praegusele kõrgemale asukohale merepinna alanemise tõttu. Tõeliselt aga on siin tegemist



Joonis 11. Maapinna kerke tõttu meretasemest kõrgemale tostetud rannajärsak Skandinaavias.

maapinna tõusuga, ja see ei toimunud kõikjal ühtlaselt, vaid oli suurim Põhjalahe looderannikul, kus maismaa on kerkinud umbes 275—300 m.

Veel nüüdki kerkib Skandinaavia poolsaar ebaühtlaselt, suurima (kuni 10 mm aastas) tõusuga Põhjalahe põhjaosas.

Kõrvuti Skandinaaviaga esines sama nähtus ka teistes Läänemerd ümbritsevais maades. Põhja-Eestis kestab see veel käesolevalgi ajal — kõige enam loodeosas, kuid mitte üle 2 mm aastas.

Niisiis on maapinna aeglase kerkimise tunnusteks praegusest meretasemest kõrgemal asuvad rannajärsakud, randvallid, luited ja mitmesugused meresetted. Rannajärsakute lei-

dumine nende seas tõendab, et kerkimisprotsess ei toimunud pidevalt, vaid vaheaegadega, mille kestel oli võimalik järsakute uuristamine merelainete tegevusel.

Kuid laialdaste alade kõrval, kus tänapäeval võib märgata maismaa osade kerkimist, leidub küllaltki kohti, kus pannakse tähele nende vastassuunalist liikumist. Hollandis toimuvad juba aastasadu maapinna aeglane vajumine ja sellega kaasakäiv mere pealetung mandrile. Eriti ohtlikuks muutub see tugevate loodetormide ajal, mil kuhjatakse rannikule kokku tohutud veemassid. Ühel niisugusel hetkel murdis XIII sajandil meri sügavale sisemaale, kus ühines Flevo järvega. Nii sündis praegune Zuiderzee laht. Veel hiljemgi on meri teinud uusi vallutusi, murdes läbi kaitsevöötmetest ning hävitades sadu inim-asulaid ja kümneid tuhandeid elanikke.

Aafrika rannikul on kindlaks tehtud Kongo jõe oru jätkumine Atlandi ookeani põhjas. Mage jõevesi seda sinna uuristada ei saanud, kuna ta merre saabudes valgub laiali raskema soolase vee pinnal. Org on sattunud mere põhja maismaa vajumise tagajärjel. Seesama nähtus põhjustab ka rohkete lehtersuudmete ja limaanide esinemist Ameerika Ühendriikide kagurannikul. Need kujutavad mereveest üleujutatud jõgede alamjooksu endisi orgusid. Sedasama võime öelda ka Musta ja Aasovi mere põhjaranniku kohta.

Järelikult on maapinna vajumise tunnusteks jõeorgude jätkumine merepõhjas ning arvukate lehtersuudmete ja hästi käärulise randjoonega lahtede esinemine rannikul.

Mitmes paigas on maismaa ja meresetete vahelduva asetuse ja muude tunnuste põhjal kindlaks tehtud maakoore vahelduv kõikumine nii ühes kui ka teises suunas. Skandinaavia fjordid tekkisid näiteks poolsaare vajumisel mereveega üleujutatud orgudest. Sellele järgnes hiljem maapinna kerkimine, mis kestab juba aastatuhandeid.

Seesuguseid maapinna aeglasi kõikumisi nimetatakse e p i -

rogeneetilisteks (mandritekkelisteks) liikumisteks ehk maakoore iidseteks kõikumisteks.

On püütud selgitada ka nende liikumiste põhjusi. Skandiinaavia kohta arvatakse, et selle vajumine oli tingitud jääajastikul temal lasuva paksu jääkate raskusest. Seejuures suruti seal maakoore all asuv magma mujale, sinna, kus vastupanu oli väiksem. Jääkate sulamisel hakkas magma oma endisse asukohta tagasi valguma, mis kutsus esile aeglase maapinna kerkimise.

## 6. Moonekivimid.

Me teame, et sügavusega tõuseb maakoores temperatuur ja kasvab surve. Kitsamal alal võivad temperatuuri ajutist tõusu põhjustada alt ülespoole kerkivad tulipalavad magmamassid, kuna survet aitavad suurendada mäetekkeliised protsessid, näiteks kurrutused.

Kõrge temperatuur ja tugev surve kutsuvad omakorda esile muutusi sügavamal maakoores asuvate kivimite mineraaloloogilises koostises. Nende ümberkujunemiste tulemuseks on metamorfised ehk moonekivimid, mis arenevad nii sete- kui ka tardkivimeist. Kivimite kokkupuutel kuuma magma tekib puutemoone ehk kontaktmetamorfosis. Esimeses järjekorras avaldab siin oma mõju kõrge temperatuur. Sellest tekib paljude mineraalide ümberkristalliseerumine: lubjakivi muutub marmoriks, liivakivid kvartsiitideks jne. Õhuke kiht ümbritsevast kivimist sulatatakse sissetunginud magma poolt ja seguneb viimasega, andes uusi kivimeid. Magmast eralduvad gaasid, aurud ja kuumad lahused, mis tungivad naabruses asuvaisse maakoore lõhedesse. Seal ühinevad nad nendega kokkupuutesse tulevate kivimiosakestega uuteks mineraalideks. Olgu viimastest nimetatud ortosilikaatide hulka kuuluv granaat, mis esineb rohekate,

punakate, pruunikate ja mustade, mõnikord õige suurte ja hästi väljakujunenud kristallidena moonekivimeis. Puhtaid ja kaunimaid granaate kasutatakse poolvääriskividena, kõvemaid aga lihvimismaterjalina.

Sügavamal maakoores valitsev tugev surve ja kõrge temperatuur põhjustavad survemoonet ehk regionaalmetamorfoosi, mis annab kivimeile kihilise või kiltja ehituse. Üks selliseist kivimeist on näiteks gneiss, mis sarnaneb mineraloogiliselt koostiselt graniidiga, kuid on kihitatud. Kiltja ehitusega on kristalsed kiltkivid.

Samasugused nähtused esinevad ka moonete puhul mäetekelistes protsessides. Erinevuseks on vaid see, et siin tekib protsess kitsamal maa-alal ja surve on suunatud küljelt.

Kõrgemal asuvate kihtide survest ja Maa sisemisest soojusest tingitud regionaalmetamorfoosi vööde asub umbes 4—10 km sügavusel maakoores. Selle ülemises osas on surve umbes 1000 atmosfääri, allosas aga üle 2000 atmosfääri. Kõrgeimaks temperatuuriks peetakse seal 350°.

Eesti NSV-s leidub moonekivimeid Fennoskandiast meile mannerjää poolt toodud rändrahnude ja munakate seas. Majanduslikult kasutatakse neid samasuguseks otstarbeks nagu tardkivimeidki.

## Välisjõudude tegevus.

### 1. Denudatsioon.

Maa sisejõudude käsitlemisel jõudsimel veendumusele, et maismaa pinnaehitus ja merepõhja reljeef, samuti ookeanide ja mannerde ning nende osade piirjooned pole igavesti püsivad, vaid on pidevas arenemises, katkestamatus muutumisprotsessis. Sisejõudude tegevus on suunatud eeskätt reljeefi mitme-

kesistamisele uute pinnavormide tekkimise ja sellega seotud kõrguste-vahede suurenemise tõttu. Rööbiti sisejõududega tegutsevad Maakera välispinna kujundamisel ka välisjõud, mis aga vähendavad kõrgussuhteid kõrgendike madaldamise ja lohkuude täitmise teel. Seega on maapinna ja merepõhja reljeef ning maismaa ja vee jaotus Maakeral sise- ja välisjõudude vahelise võitluse tulemus.

Maakera pinda teisendavaiks välistegureiks on: murenemine koos raskustungiga, tuule, põhjavete, voolava vee, jääliustike ja mere tegevus. Nende tegurite toime avaldub: 1) lõhkumises, 2) rusu või settematerjali ärakandmises nende tekimiskohalt ja 3) selle kuhjamises teisel.

Ühe või teise teguri ülekaal sõltub eeskätt kliimaatilistest tingimustest. Sademetevaestel aladel on esikohal mehaaniline murenemine ja tuuletegevus, niiske kliimaga aladel on ülekaalus voolava vee tegevus ja keemiline murenemine, kõrgmäestikes ja polaarmais — jääliustike tegevus koos mehaanilise murenemisega jne. Põhjavete tegevus on intensiivne vett läbilaskvast ja vees lahustuvast kivimist (näiteks paekivist) aluspõhjaga paikades. Ulatuslikum kõigist on mere tegevus, mis ei piirdu üksnes rannikualaga, vaid kasutab oma settimisbasseinina tervet maailmamere põhja.

Välistegurite toime võib ulatuda kõrgustike täieliku ärakulutamiseni, nende peaaegu tasandikuks muutmiseni. Nii-sugust välistegurite lõhkuvat ja pinnareljeefi ühtlustavat toimet nimetatakse kulutamiseks ehk denudatsiooniks.

Kallakuilt pindadelt murenemisel tekkinud rusu kõrvaldamisel omab suurt tähtsust raskustung, eriti kuiva kliimaga alades. Allavarisenud murenemissaadused kuhjuvad nõlvade ja järsakute jalameile rusukaldeina. Sageli upuvad oma rusudesse terved mäestikud, ulatudes neist välja vaid ladvasadega.

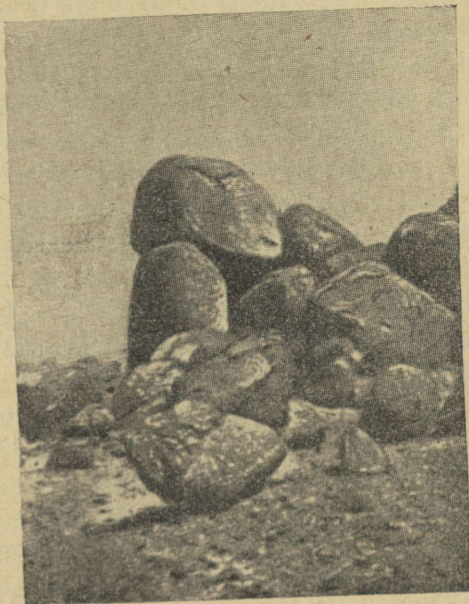
Mõnikord võib nõlvadele peatuma jäänud rusu söösta orgu rasket hävitust sünnitavate maalihete näol. Niiske kliimaga alades tekivad viimased ka suure kallakuga maapinna peamiste kihtide allavarimise teel, kui nende all lamav veekindel kiht (näiteks savi) muutub temasse imbunud sulamisvete või sademete mõjul ebakindlaks pudrutaoliseks massiks, libisemist soodustavaks aluseks. Peale asulate ja kultuurmaistute otsese hävitamise enda alla matmisega põhjustavad maalihked jõgede voolutee sulgemisega laastavaid uputusi.

Väiksema kallakuga aladel asendavad maalihkeid aeglaselt allapoole valguvad maaroomad, mis esinevad kõige sagedamini lumelagunemise ajal. Nende all kannatavad mitmed kohad Volga, Dnepri ja teiste jõgede ääres. Uljanovski linna kohal on Volga kõrge läänepoolne oruveer korduvalt alla libisenud. Ulatuslikke maaroomi on esinenud Kiievis, Odessas ja Krimmi lõunarannikul. Maaroomade vastu võideldakse maapinna kraavitamise ja torutamise teel, et kuivendada veega küllastunud kihte.

## 2. Murenemine ja pinnas.

Taimkattevaestes või taimkatteta kuiva (ariidse) kliimaga aladel on peamiseks maismaa pinnaehitust teisendavaks teguriks mehaaniline murenemine ehk r a b e n e m i n e. Selle esilekutsujaks on ulatuslik õhu- ja pinnase temperatuuri ööpäevane kõikumine, mida omakorda aitab suurendada väike õhuniiskus. NSV Liidu Kesk-Aasia kõrbedes näiteks saavutab õhuperatuuri ööpäevane amplituud 30°, maapinnal koguni 56°; relatiivne niiskus on seal ainult 40—50%. Saharas tõuseb suvisel keskpäeval õhutemperatuur varjus 50—55°-ni, maapinnal aga üle 70°, ja langeb öö kestel 30—40°. Relatiivne niiskus võib siin laskuda alla 20%, mõnikord isegi nullini, mille tagajärjel lõhkevad huuled ja küüned.

Temperatuuri kõikumine muudab kivimi mahtu; see suureneb soojenemisel ja väheneb jahtumisel. Et kivimid tavaliselt koosnevad mitmest erineva paisumiskoefitsiendiga mineraalidest, siis on loomulik, et lühikeses ajavahemikus toimuvate suurte temperatuurikõikumiste tagajärjel tekivad erinevalt paisuvate mineraalosakeste vahele juuslõhed, mis suurenedes ja



Joonis 12. Kaljude rabenemine Saharas.

hargnedes muudavad kivimi pinnakihi rabedaks, kuni see koost pudeneb. Suuremate lõhede kohal eralduvad kaljude küljest hiiglapankad ja rahnud (joon. 12); need alluvad omakorda edasisele murenemisprotsessile, mille käik on suunatud üha peenemateralise murendi tekkimisele. Terasuuruse vähenemise järjekorras tekivad mehaanilise murenemise tagajärjel: pankad, rahnud, munakad, kiviklibu, sõmer, liiv, möll.

Rabenemisprotsessi intensiivsus sõltub mineraalide kõvadusest, soojusejuhtivusest, värvusest ja nende osakeste jaotusest kivimis.

Neis paikades, kus temperatuur langeb alla 0°, etendab mehaanilisel murenemisel päikesekiirituse kõrval suurt osa veel vesi. Tunginud kivimite lõhedesse, külmub ta seal jääks ja kiirendab seega oma mahu suurenemisel tekkinud survega lõhede laienemist.

Kuid vesi on tegev ka keemilisel murenemisel ehk *porumisel*, mis on omane niiske ehk humiidse kliimaga aladele. Paljud mineraalid, näiteks salpeetrid, kaalisoolad, keedusool, lubjakivi, kips jne., lahustuvad kergesti vees ja uhetakse osaliselt või täielikult välja teatud paigast, kuhu tekivad maa-alused käigud, koopad, mineraalallikad. Oletatakse, et ühe aasta kestel kantakse jõgede poolt merre umbes 5 miljardit tonni vees lahustunud aineid.

Vee ja süsihappegaasi koosmõjul muundub päevakivi kaoliiniks, millest valmistatakse portselanesemeid. Osa teisi alumiiniumsilikaate muundub samade tegurite toimel boksiidiks või lateriidiks. Neist esimene on vett sisaldav savimuld ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), mida kasutatakse alumiiniumi saamiseks. Teine tekib troopikamaail ja kuulub punamuldade koostisse. Ta erineb boksiidist rauahapendi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sisalduse tõttu, mis annab talle punase värvuse. Rauamagneesiumsilikaadid muudetakse vee ja süsihappegaasi poolt karbonaatideks — magnesiidiks ( $\text{MgCO}_3$ ) ja sideriidiks ( $\text{FeCO}_3$ ).

Kahevalentse raua ühendid muunduvad vee ja hapniku mõjul punaseks hematiidiks ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) või pruuniks limoniidiks ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Eriti levinud on limonitiseerumisprotsess.

Kivimite murenemisel on oma osa ka organismide tegevusel. Taimejuured tungivad kivimeis leiduvaisse lõhedesse ja laiendavad neid, eritades endist happeid, mis lahustavad mineraale.

Kivimite murenemisel tekkinud aines katab tema all lamava aluspõhja või pinnakatte mõne sentimeetri kuni mõne meetri paksuse kihina. See maakoore pealmine kiht on pinnas. Taimekasvu algusega mingil maa-alal seguneb selle pinnase koostisse kõdunevate taimede lagundumissaadusena tõmmu kuni musta värvusega keerulise koostisega orgaaniline ühend — h u u m u s, pannes aluse m u l l a s t i k u tekkimisele. Humus ise pole taimetele toitaineks, kuid bakterite tegevuse mõjul laguneb ta mineraalooladeks, eeskätt lämmastikuühendeiks, mida taimed saavad omastada. Samuti tekib huumuse lagundumisel rida aineid, näiteks süsihappegaas jt., mis mõjuvad mulla mineraalosadele lahustavalt, tehes ka need taimedele kättesaadavaks. Lõpuks sõltuvad huumusest paljud taimekasvule tähtsad mulla füüsilised omadused, nagu mulla kobedus, soojuse- ja veemahutavus jne.

Sõltuvalt alus- ehk mullakivimist (s. o. kivimist, millest antud mullaliik on tekkinud) esineb kruusa-, liiva-, saviliiv-, liivsavi-, savi- jne. muldi.

Kuid mullastiku omadused sõltuvad suurel määral ka kliimatilistest tingimustest.

Paraskliimavöötme alades, kus sademete hulk ületab aurumise, esinevad leetunud mullad. Nende pealmisest tumedast h u u m u s k i h i s t (kiht  $A_1$ ) viivad maasse nõrguvad veed endiga huumusaineid, mis lahustavad allpool asuvast heledast leetekihi s t (kiht  $A_2$ ) raua- ja alumiiniumiühendid. Tekkinud lahused uhetakse alumisse tumepruuni rooste- ehk nõrgkihti (kiht  $B$ ), kus nad sadestuvad. Sageli leidub selles kihis mineraaloolade lahuse mõjul mullaosakestest kokkuliitunud samavärvilist kõva nõrgkivi.

Seesugust mineraaloolade väljauhtmist nimetatakse leetumiseks; sellega on seletatav ka leetekihi hele värvus, kuna tume roostekiht tekib sinna sadestunud raua- jt. sooladest.

Sadementerikkail troopikamaail kohtame punaseid, kuni 75% rauaühendeid sisaldavaid lateriitmuldi, mis seal toi-

muva intensiivse murenemisprotsessi tõttu on mitme meetri paksused.

Parasvöötmetsteppides, kus aurumine ületab sademed, levivad kuni 1,5 m paksud mustmullad, mis on tekkinud rikkaliku rohttaimestiku kõdunemisel ja vähesest sademetehulgast tingitud leetumisprotsessi puudumisel.

### 3. Tuule tegevus.

Tuulele avaneb vaba tegevusväli seal, kus leidub rohkesti peenikest lahtist ainet ja puudub taimkate kas täiesti või esineb ainult lünklikult. Niisugusteks paikadeks on kõrved ja mere-rannad — esimesed vähesel niiskuse tõttu ja teised lahtise ainese kiire kuhjumise ja selle sagedase üleujutamise tõttu mereveega. Neis kohtades on taimkatte arenemine pidurdatud.

Oma teekonnal haarab tuul endaga kaasa kuiva liiva ja paiskab seda vastu ettejuhtuvaid esemeid, nende pinda mehaaniliselt kulutades — ihudes. Tuulepealsetesse kaljuseintesse tekitatakse sel teel kärje- ja uurdetaolised süvendid; väikesed, ülalt kõvemate kihtidega kaetud künkad voolitakse seenekujulisteks (joon. 13); mõnest kaljust kulutatakse koguni läbi avaus, muutes ta kaarja võlvi sarnaseks. Kõiki seesuguseid vorme leidub kõrvemaastikus.

Tuule ihuva tegevuse e. korrasiooni tagajärjel on tekkinud kõrvetasandikel leiduvad kolmetahulised tuuletahukad. Nende lamedate kivide tahud on tuiskliiv ihunud siledaks vastavalt valitsevate tuulte suunale.

Paiguti on tuul võimeline uuristama maapinda ka vähemaid lohke, näiteks Ida-Turkestanis pikkade ja kitsaste rennide näol, mis on üksteisest lahutatud teravate harjadega.

Üldiselt on tuule ihuv toime suurem maapinna lähedal, sest liivaterad oma raskuse tõttu ei tõuse tavaliselt kuigi kõrgele.

Võttes endaga kaasa liiva ja muud peenemat ainet ning

kandes seda kaugemale, vabastab tuul kivimeid nende murenemissaadustest ja puhastab pinda murenemisprotsessi katkestamata jätkumiseks. Tuule paljandavat ja ärakandvat tegevust nimetatakse deflatsiooniks.

Lahtine kaasavõetud tuiskliiv kuhjatakse tuule poolt luideteks, mis tekivad mingi takistuse, näiteks kivide, puhmiku



Joonis 13. Seenkalju kõrves.

või põõsa taha. Luided on oma ehituselt sümmeetrilised: tuulepealne nõlv on laugjas —  $8-12^{\circ}$ , tuulealune järsem —  $25-32^{\circ}$ , harva kuni  $60^{\circ}$ . Saharas ulatub luidete suhteline kõrgus 300 meetrini, landides Prantsusmaal 90 meetrini ja Läänemere rannikul 30—40 meetrini. Kesk-Aasia kõrbedes on sagedased tavaliselt 3—5 m kõrgused sirbikujulised kaarluided — b a r h a a n i d (joon. 14).

Lahtisest tuiskliivast koosnevad rändluited liiguvad edasi valdava tuule suunas, mattes endi alla asulaid, kultuurmaistut ja muud teel ettejuhtuvat. Luidete edasinihkumist takistatakse neile liivalembeste taimede istutamisega. Taimestikuga kaetud surnud luited püsivad paigal.

Suurte liivakõrbede kõrval esineb luiteid mererannikul, suuremate järvede kallastel ja sandureil. Sageli tähistavad surnud luidete ahelikud sisemaal endist mereranda.

Liivaluidetega sarnaseid lumekuhjatisi tekib tuule tegevusel polaarmais ja parasvöötme põhjaosas talvel.



Joonis 14. Barhaanid kõrves.

Tolmutaolist kaasavõetud peenainest võib tuul kanda tuhandete kilomeetrite kaugusele, näiteks Saharast Kesk-Euroopasse. Mõnikord langeb see maapinnale tagasi koos sademetega värvilise vihma näol, nagu seda oli antiikaja kirjanike poolt imeks peetud „verevihm”. Tavaliselt muutuvad aga tuule poolt kõrbedes õhku tõstetud tolmuterakesed niiskemaisse aladesse sattudes nende ümber tiheneva õhuniiskuse mõjul raskemaks ja lasuvad aeglaselt maapinnale. Sel kombel kuhjunud peenainest on tekkinud ulatuslikud lössilademed Euroopas, Aasias ja Ameerikas — eeskätt stepivöötmeis. Suurima paksuse, 500—600 meetrit, saavutab löss Hiinas.

Löss on kihitamata lubjavaese peenliiva (mõlli) ja saueosakeste segu. Temasse lõikuvad orud on astmelised ja järsuvee-

tulised. Hiina lõss on pärit Sise-Aasia kõrvelistelt aladelt, Euroopa oma — jääsulamisvetest mannerjää serva ette kuhjatud peenemast ainesest, mis on sealt põhjakaartest puhuvate tuulte poolt ta praegusele asukohale.

#### 4. Põhjavete tegevus.

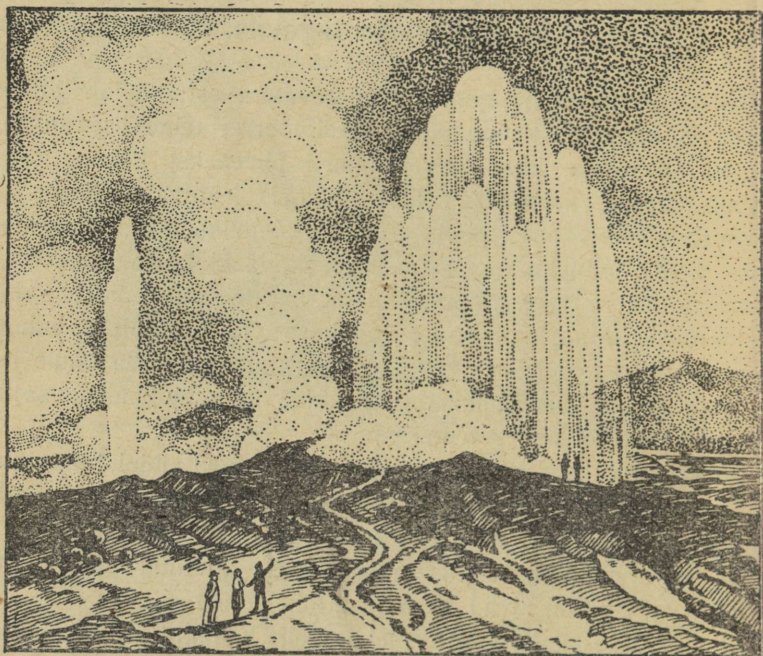
Osa sademeina maapinnale langevast veest voolab jõgedesse ja kantakse nende poolt edasi merre; teine osa aurab tagasi õhkkonda, kus tiheneb uuesti pilvedeks; kolmas osa imbub maasse, kasutades selleks kivimeis leiduvaid lõhesid ja kivimosakeste-vahelisi poore. Nende veehulkade omavaheline suhe oleneb maapinna kallakusest, läbitava kivimi omadustest, temperatuurist, tuulest, õhuniiskusest, sademete hulgast ja saju iseloomust. Maapinna suure kallakuse või rajuvihma puhul voolab rohkem vett ära; kõrge temperatuuri, tugeva tuule ja madala õhuniiskuse puhul on aurumine suur; pikaldase saju korral imbub rohkem vett maasse jne.

Maasse nõrguv vesi tungib kuni vett pidava kihini, immutab selle ja lakkab allapoole valgumast, sest peeneteralise vett pidava kihi väikesed poorid ei anna edasi neis sisalduvat vett. Säärased kivimid on näiteks savid, graniit ja paljud teised; vett läbilaskvad aga on liivad, liivakivid, lõhestunud paas jne.

Läbimatule kihile kogunenud ja selle kallakut mööda allapoole voolav vesi on põhjavesi. Tema pealmine pind ei ole ühel tasemel, vaid muutub teataval määral koos maapinna reljeefiga. Suure hõõrdumise tõttu vett kandvas kihis on põhjavete voolukiirus väike.

Neis paikades, kus vett kandvad kihid avanevad maapinnal, tungib põhjavesi allikate näol päevavalgele (joon. 16). Allikate veehulk, temperatuur ja teised omadused on erinevad ja muutuvad sageli aastaegadega. On külma-, sooja- ja kuumaveeallikaid. Viimaseid esineb endistel või praegustel vul-

kaanilistel aladel, kus nad saavad oma kõrge temperatuuri sen  
veel lõplikult jahtumata laavamassidelt. Osa neist, nn. geise-  
rid, on purskallikad, mis paiskavad oma lõõrides suure surve  
all ülekuumendunud vee koos veeauruga enam-vähem kindla  
ajavahemiku järel kuni 75 m kõrguse sambana õhku (joon.15).

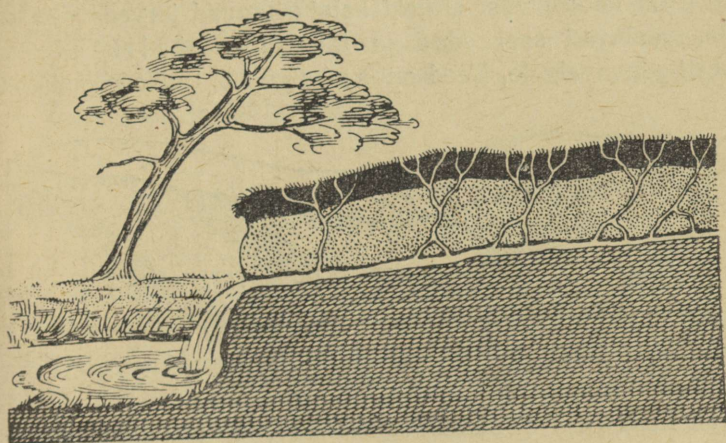


Joonis 15. Geiseri pursed.

Purskeks annab tõuke auru surve, mis ajuti ületab lõõris asu-  
vate veemasside rõhumise. Geiserite vee lahustunud räni-  
hape sadestub mitmemeterilise läbimõõdu ja kõrgusega kraat-  
rina või räninõrg-astanguina, millelt kuum vesi langeb alla  
joastikuna. Geiserid on levinud eeskätt Islandil, Yellowstone'i  
pargis USA lääneosas ja Uus-Meremaa põhjapoolsel saarel.

Kõik põhjaveed sisaldavad lahustunud aineid, saades neid läbiminekul maapinna kihtidest. Mõnes paigas sadestub vee poolt kaasatoodud süsihapu lubi allika lähedal kobeda allikakivina ehk lubjatufina. Sadestumist põhjustab süsihappegaasi hulga vähenemine maapinnale jõudnud vees selle soojenemisel ja roheliste taimede tegevuse mõjul.

Mineraalallikate veele annavad lahustunud ained erilise lõhna ja maitse. Mõned neist allikaist omavad tervist parandavat toimet.



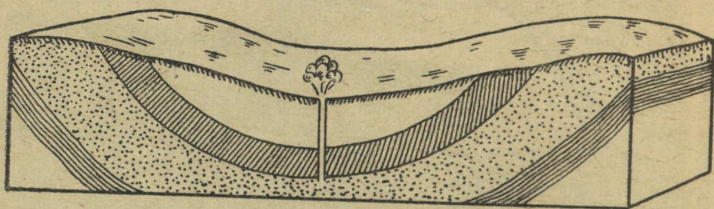
Joonis 16. Allikas.

NSV Liidus on sellistest tuntuimad: süsihappeallikad Kislovodskis (Narzan), kuumad väävelvesinikuallikad Pjatigorskis, leelissüsihappe-allikad Boržomis ja rida teisi.

Juhul, kui nõgus vett kandev kiht on suletud kahe läbimatu kihi vahele, on temas sisalduv põhjavesi tugeva rõhu all. Nii-sugusel korral on võimalik purskuvate arteesia allikate tekkimine või sügavale ulatuvate arteesia kaevude (joon. 17) puurimine. Arteesia kaevud on veerikkad, neid kasutatakse kuivusalade kunstlikul niisutamisel, näiteks Ukraina

ja Krimmi rohtlais, Sahara põhjaosas, Austraalia laialdastel lambakarjamaadel ja mujal.

Kohtades, kus aluspõhi koosneb vees lahustuvaist kivimeist, eeskätt paekihtidest, esinevad põhjavete tegevuse tulemusena nn. karstinähtused. Juba voolava vee lahustaval toimel on siin kallakusse pinda tekkinud sügavad ja järsud uurded. Pinnalt tungib vesi paes leiduvaisse lõhedesse ja valgub seal paekihtide vahele. Lõhed laienevad torutaolisteks lohkedeks ja urgeteks; paesse tekivad maa-alused käigud, mis aja jooksul arenevad koobasteks. Urkeid kaudu kaovad terved jõed maa alla, voolavad seal edasi ja tulevad uhtallikate näol uuesti päevavalgele. Need on salajõed, millede hulka kuu-



Joonis. 17. Artesia kaev.

luvad Eesti NSV-s näiteks Jõelähtme, Uhaku ja Kuivajõgi. Koobaste ehitus on väga keeruline. Kohati meenutavad nad hiiglasaale, teisel ahenevad sedavõrd, et inimene seal vaid vaevaga suudab edasi liikuda. Neis leidub maa-aluseid järvi, jõgesid, jugasid; mõned koobastest on mitmekordsed. Laelt allatilkuv lubjarikas põhjavesi, mis tungib sinna kitsaid lõhesid kaudu, jätab maha osa temas sisalduvast soolast. Sellest tekivad aja jooksul jääpurikatega sarnanevad stalaktiidid, mis võivad altpoolt vastukasvavate stalagmiitidega sammasteks kujuneda. Kunstlikul valgustusel pakuvad need miljonite veetilkadega kaetud moodustised unustamatut värvidemängu. Paljud koopad on ühendatud välisilmaga rea tunnelite kaudu; need tekivad kivimite lahustumisel vees.

NSV Liidus leidub rohkesti koopaid Uuralis, Kaukaasias, Krimmis ja Altais. Suurimaks maailmas on Mammuti koobas USA Kentucky osariigis. Selle käikude pikkus küünib ligi 250 kilomeetrini. Tüüpilisimaks karstinähtuste levimisalaks on Karsti mäestik Triesti ja Fiume vahel, kust on pärit ka nähtuste nimetus. Koobaste kokkuvarisemisel tekivad maapinnale langatuslehtrid, urgetega põhjas.

Omapäraseid on karsti maastikule ulatuslikud sulglohud, nn. poljed, milledest osa on tekkinud langatuslehtrite ühinemise teel. Lumelagunemise või suurte vihmade ajal on nende põhi ajuti kaetud veega. Poljedesse uhetud viljaka pinnase tõttu kasutatakse neid kultuurmaistuina. Livno polje Jugoslaavias on 50 km pikk ja 10 km lai.

## 5. Vooluvete tegevus.

Vooluvete hulka kuuluvad vihmaveenired, ojad ja jõed. Esimesed neist on ajutise iseloomuga, teised aga tavaliselt püsivad. Oja keskmine laius ulatub kuni 5 meetrini, jõel 5 meetrit kuni 200 meetrini, kuna üle 200-meetrise keskmise laiuusega vooluveekogu nimetatakse suurjõeks.

Ojad ja jõed saavad oma alguse allikaist või seisuvetest — järvedest, soodest, rabadest, kõrgmäestiku lumeväljadest. Kohta, kust nad algavad, nimetame lähteks, lõpposa aga suudmeks.

Oma teekonnal ühineb jõgi temasse suubuvate lisajõgedega ja annab (näiteks suudmealal) harusid. Peajõgi koos lisajõgede ja jõeharudega moodustab jõestiku; jõestiku poolt läbipõimitud maa-ala nimetatakse jõgikonnaks.

Samasse veekogusse ehk valgallasse suubuvate jõgede jõgikonnad ühinevad nimetatud valgala vesikonnaks. Naabruses asuvad vesikonnad lahutatakse üksteisest veelahkme abil, kust jõed saavad oma alguse. Veelahkmeks on

mäeahelikud või muud kõrgustikud, tasase pinnamoega maastikus aga sageli ümbruskonnast vaid vaevalt eraldatav kõrgem ala. Jõesed, mis ei suubu merre või merega ühenduses olevasse veekogusse, on valgalata.

Jõesed toituvad vihmast, jää ja lume sulamisel tekkinud veest, põhjavetest ning järvede, soode ja rabade arvel. Nende veehulk pole läbi aasta ühtlane, vaid kõigub suuremas või vähemas ulatuses. Meie jõgedel on vee madalseisud südasuvel, mil aurumine on suurim, ja talvel, mil vee juurdevool sünnib eeskätt vaid põhjavete arvel, kuna suurvesi tekib kevadise lumelagunemise ajal. Kõrgmäestike igilume- ja igijääväljade sulamisvetest toituvail jõgedel esineb suurvesi aga suvel, samuti kui monsuunkliimaga maade jõgedel. Valdavalt talvise vihma- perioodiga aladel, näiteks Vahemeremaal, tõusevad jõesed üle kallaste talvel.

Kõige väiksem on veepinna kõikumine läbi aasta ühtlase sademetehulgaga maade, samuti suurtest järvedest algavail jõgedel. Niiluse, Tigriise, Eufrati ja mõnede teiste jõgede ülejutused omasid juba kauges minevikus suurt tähtsust, võimaldades tsivilisatsiooni levikut keset kõrvelisi alasid.

Normaalselt arenenud jõgedel on voolukiirus suurim ülemjooksul, kust see väheneb suudme suunas. Voolukiirus sõltub veepinna pikiprofiili kallakusest ja jõesängi kujust.

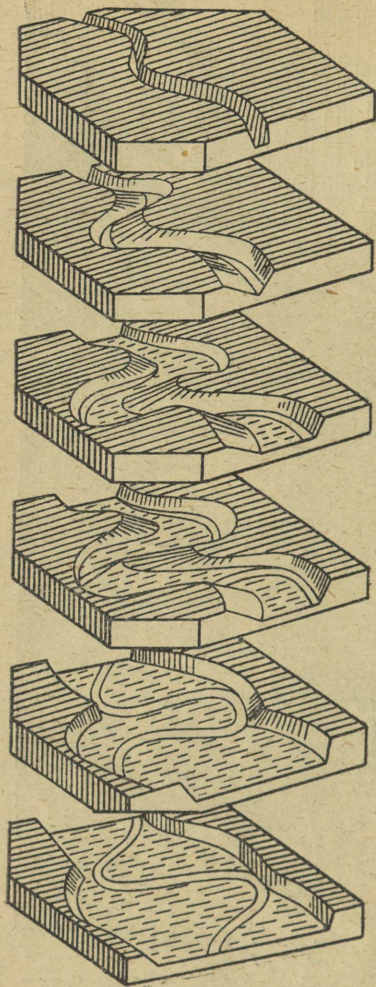
Vooluveed teisendavad maismaa pinnaehitust.

Vihmaveenired, viies endiga kaasa pinnase lahtisi osakesi, tekitavad vihmauurdeid. Suurema kallakusega maapinda uuristatakse vihmavete poolt aegade jooksul sälkorud; need süvenevad seda kiiremini, mida rikkalikum on sademete hulk, mida järsem on kallak, mida vähem on maapind kaetud kaitsva taimkattega ja mida kergemini allub pinnakate või aluspõhja kivim erosioonile (uuristusele). Niisuguseid sälkorge kohtame Eestis ürg- ja uurdeorgude veerudel, väljauhetud ainesest koosneva uhtekuhikuga alumise otsa ees. Suureks takistuseks ja kahjulikud põllundusele on vihmavete poolt uuris-



Joonis 18. Kuristik jõe ülemjooksul.

Ex bibl. univ. Tartu



Joonis 19. Jõe silmused ja lammoru tekkimine. Looklevas jões jääb suurim voolukiirus pörkeveeru poolele, kutsudes seal esile külj-erosiooni, mis suurendab lookeid ja silmuseid ning nihutab neid edasi veevoolu suunas.

tatud sälkorud NSV Liidu steppide vöötmes, kus nad saavutavad paiguti mõnekuni mitmekümnekilomeetrise pikkuse ja harunevad tihedaks lisaorgude võrguks.

Suurima voolukiiruse tõttu ülemjooksul on jõgede uuristav tegevus seal kõige intensiivsem ja valitsev. Vesi võtab endaga kaasa peenainese, kuid veeretab mööda põhja edasi ka jämedamat materjali, sageli koguni suuri rahne. Kõik need koos uuristavad põhja, süvendades jõesängi. Jõel kujuneb sälkorg, millel mägismaal paiguti on sügava ja järsuveerulise kuristikliku kuju (Darjali kuristik Tereki jõel Kaukaasias) (joon. 18).

Kui jõesäng koosneb erineva kõvadusega kivimeist, siis tekivad erosiooni tõttu karestikud ehk kosed ja joad. Joad ei püsi paigal, vaid nihkuvad langeva vee uuristava toime tõttu ülesvett. Niagara juga on sel kombel taganenud umbest 11 km, 1,3—1,7 m aastas. Pikaldane nihkumine ilmneb ka Eesti NSV jugadel.

Keskjooksul on aeglasema voolukiiruse tõttu vee uuristav tegevus väiksem ja esikohale tuleb kandmine. Voolukiiruse vähenemisega käib käsikäes üha suurenev kaasatoodud ainese settimine, alates jämedama materjaliga. Et valitsev külgerosioon ei uurista kaldaid ühtlaselt, siis tekivad jõel looked ja silmused. Nende vee poolt uuristatav pörkeveer on järsk, aegamööda setetega täituv laugveer aga laugjas. Loogete ja silmuste voolusuunas edasinihkumise tõttu kujuneb jõel lammorg (joon. 19).

Alamjooksul on esikohal settimine; tekivad rändavad liivamadalikud ja suudmesse kuhjub kolmnurgakujuline, jõeharudega üksteisest lahutatud saartest koosnev delta. Po, Huangho ja mitme teise jõe alamjooksul on settimine sedavõrd suur, et jõepind asub ümbrusest tunduvalt kõrgemal, kuna jõgi ise voolab suurvee poolt kuhjatud kaldavallide vahel, mille inimesed on omakorda muutnud tammideks. Sageli voolavad jõed oma alamjooksul moldorus, mis esineb orundina.

Eriti hoogus on jõgede geoloogiline tegevus suurvee ajal. Siis toimuvad settimine uhtlammile, vallide kuhjumine piki jõekaldaid, voolutee õgvendamise läbimurrete abil ja mõnikord koguni jõesängi vahetamine, endise asendamine teatavas ulatuses uuega. Oma süngi sageli vahetavate jõgedena on tuntud Huangho, Tarim, Sõr-Darja ja Amu-Darja.

On vähe sellest, kui toome vooluvee aastatuhandeid kestnud tegevuse näiteina 1800 m sügavuse järskude astmeliste veerudega Colorado jõe kanjoni või võimsad Induse, Gangese ja Brahmaputra jõe puhandusorud, mis murravad läbi Himaalaja mäestikust. Jõesetetega on aastatuhandete kestel täidetud terved merelahed ja muudetud maismaaks. Nii on tekkinud Lombardia, Mesopotaamia, Hindustani ja paljud teised madalikud. Voolav vesi on võimeline pühkima maapinnalt terveid mägismaid, madaldades nad lainja pinnamoega pigatasaandikuks (peneplaan). Peajõe ja lisajõgede poolt lõigatakse kõrgustik üksikuiks osadeks, kus teostavad uurista-

mist omakorda väiksemad lisajõed ja vihmaveed. Jõeorgude edasinihkumisega ülesvett, nende laienemisega ja orustiku võrgu tihenemisega ahenevad ja madalduvad neid lahutavad kõrgemad alad järk-järgult, kuni jõutakse pigatasandikuni. Kogu see protsess areneb ühe uuristamise ringkäigu ehk erosiioonitsükli kestel. Tõuseb pigatasandik maa sisejõudude toimel uuesti kõrgemasse asendisse, algab erosiioonitsükkel uuesti.

## 6. Jääliustikud ja nende tegevus.

Ligi 15 miljonit km<sup>2</sup> ehk umbes 10% maismaa pinnast on tänapäeval kaetud igilume ja -jääga. Valdavam osa sellest asub polaarpiirkondades — Gröönimaal, Novaja Zemljal, Antarktises jm.; kuid ka troopikalise, eriti aga paraskliimavöötme kõrgmägestikes esineb ulatuslikke lumevälju, mis võtavad endi alla paiguti sadu kuni tuhandeid ruutkilomeetreid. Lumi kuhjub seal pealpool lumeraja asuvaissse tippudevahelisesse nõgudesse, kus muutub oma alumistes kihtides suure surve tõttu s o m e r l u m e k s (firniks) ja hiljem jääks. Raskustungi mõjul hakkab viimane valguma allapoole, kasutades sängina juba enne olemasolevat orgu. Nii tekib oma kujult jõega sarnanev jääliustik ehk liustikukeel, mille pikkus võib küündida kümneisse kilomeetrisse, laius kilomeetrisse ja paksus sadadesse meetrisse. Mõned neist ulatuvad oma alumise osaga kaugele keset haljendavaid aasu või metsi (joon. 20).

Suure surve mõjul muutub liustikujää mõningal määral plastiliseks: ta püsib koos kompaktsena ja liigub voolavalt. Ta liikumiskiirus on üsna väike — 0,1—3,7 m ööpäevas, sõltudes liustiku suurusest ja tema sängi kallakusest. Suurim kiirus on liustikukeele keskosas — pinnal, kus hõõrdumine on kõige väiksem.

Liustiku pind pole tasane, vaid ristlõikes kumer. Temasse lõikuvad arvukad lõhed, mis tekivad sängi laiendeis (paralleel-lõhed), põhja ebatasasustest üleminekul (ristlõhed) ning jää erinevast liikumiskiirusest äärtel ja keskosas (viltulõhed). Nende lõhede sügavus võib ulatuda mitmekümne meetrini, mõnikord koguni põhjani, lõhed ise võivad jääda varjule lumikatte alla, mis teeb liustikul liikumise küllaltki ohtlikuks.

Oruveerudelt variseb liustiku äärtele mitmesuguseid mure-nemissaadusi, mis jäävad sinna püsima külgmoreeni a;



Joonis 20. Fedtšenko liustik Pamiiris.

kahe liustiku ühinemisel liituvad need keskmoreeniks. Nende mõlema pindmoreeni ainese sattumisel pragusid kaudu liustiku sisemusse tekib s i s e m o r e e n. Sängi põhjast ja külgedelt jää poolt lahtirebitud ja kaasavõetud materjal on tuntud p õ h i m o r e e n i nime all. Kogu see jää sees ja põhjas edasikantav rusu hõõrdub; niiviisi tekib peenaines ning ihutakse siledaks ja ümmaraks rahnud, munakad ja kruusaosakesed. Liustikukeele otsa kohal kuhjub jää poolt ühesveetav, s. o. liikuv moreenaines jää sulamise tõttu paigalejäävaks poolkaarekujuliseks serv- ehk otsmoreenvalliks.

Koos kaasavõetud põhimoreeniga erodeerib liikuv jää oma sāngi, andes sellele ristlõikes U kuju. Kõvemad ja vastupidavamad osad aga voolitakse sile kaljudeks, millede järsem nõlv asub liustiku liikumissuunas.

Vastandina jõeorule ei ole liustiku poolt uuristatud org ühtlase langusega, vaid on astmeline ning lõpeb allosas künnisega. Selle taha jääb nõgu, kuhu liustiku taganemisel võib tekkida järv.

Liustiku pinnal ja põhjas jää sulab, eriti intensiivselt suvel. Sulamisveed tungivad pinnalt pragusid kaudu liustiku sisemusse ja sealt kuni põhjani, kus jätkavad oma teekonda allapoole. Liustikukeele lõpul väljuvad nad jää põhjas asuva võlvialuse — liustiku värava kaudu setterikaste ojadena. Need annavad sageli alguse suuremaile jõgedele, nagu näiteks Reinile, Rhône'ile, Aar'ile jne.

Jääsulamisvete toimel sünnib aine ümberpaigutamisi otsmoreenkuhjatistes ja tekib kaarja moreenvalli välisserva ette kaasatoodud ja siin settinud liivast tasane, veidi kallak liivik ehk sandur.

Niisugust liustikku, kus firninõgu saadab välja vaid ühe liustikukeele, nimetatakse alpi liustikuks. Neist suurimad on: Aletschi liustik (27 km pikk) ja Mer de Glace (15 km pikk) — Alpides, Dõh-Su (15,2 km pikk) ja Bezingi (13,5 km pikk) — Kaukaasia peaaehelikus, Fedtšenko liustik (ligi 80 km pikk) Pamiiris (joon. 20), Siatšen (75 km pikk) Karakorumis jne.

Kui ulatuslikult ja tasaselt firniväljalt laskub mitu liustikukeelt, siis on meil tegemist norra liustikuga, nagu neid kohtame Skandinaavia mägedes, kus leidub rohkesti taseid, üle lumeraja ulatuvaid kõrglavasid (fjelde).

Alaska rannikuahelikes, mis sarnanevad oma ehituselt Alpidega, koguneb rikkaliku sademetehulga (5 m aastas), geograafilisest asukohast tingitud lumeraja madala asendi (900—1200 m), tippude suure kõrguse ja lühikese suve tõttu

niipalju lund, et neist mägedest allavalguvad liustikud ühinevad orgudes ja rannikutasandikel ulatuslikeks, aeglaselt edasi nihkuvaiks jääväljadeks. Nende vahelt kerkivad kõrgemale vaid mäeahelike ülemised osad. Ühe siinse suurima liustiku Malaspina pindala on 3500—4000 km<sup>2</sup>. Niisugused liustikud kannavad eesmaa-liustiku nimetust.

## 7. Mannerjää tegevus.

Antarktis, Gröönimaa ja mõned Põhja-Jäämere saared on kaetud mannerjäega. Gröönimaal ulatub see merre vaid lahesoppides, kus murdudes tekitab ujuvaid jäämägesid, kuna mujal jääb jäälava ja ranniku vahele kitsas vaba maismaariba. Antarktises tungib aga mannerjää  $\frac{4}{5}$  randjoone ulatusel merre, kus lõpeb järsu seinaga ning murdub tõusu ja mõõna kaasabil suurteks lavasarnasteks ujuvateks jäämägedeks, mis on iseloomulikud Lõuna-Jäämerele.

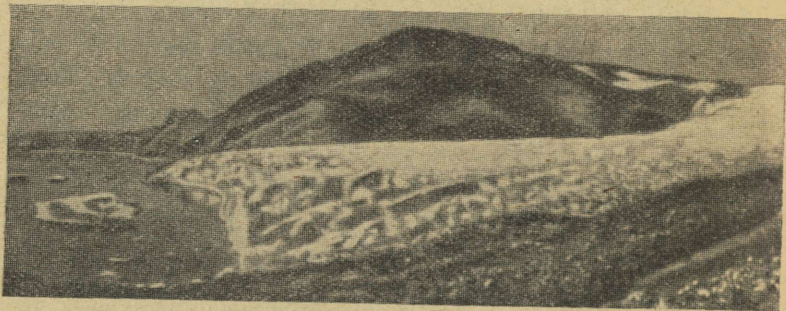
Gröönimaal on mannerjää maksimaalne paksus üle 2000 m, Antarktises tunduvalt vähem. Neist esimesel ulatuvad ääreosades jääst välja üksikud kõrgendikud (nunatakid), teise lääneosas aga terved mäeahelikud oma latvadega. On kindlaks tehtud, et mannerjää välispinna kuju ei olene tema all lamava maismaa pinnamoest.

Kogu mannerjää mass liigub keskkohast servade poole; liikumiskiirus aga on väike — 20 m aastas. Ainult ääreosadest merre valguvail liustikukeeltel ulatub see üle 500 m (joon. 21).

Jäälava serv on lõhestatud pragudest; suvel tekivad tema pinnal, lume sulamisest päikesekiirituse mõjul, lamedad lohud ning voolu- ja seisuvee vormid ajutiste ojade, jõgede ja järvede näol, millede kallasteks on vettinud lumi. Talvel aga valitseb jäälaval lõikav pakane koos kohutavate lumetormidega. Antarktise mandril ja Gröönimaa siseosades ei tõuse kõige soojema kuu kesktemperatuur üle 0°.

Eriti laialt oli mannerjää levinud jääajastikul (jääajal), kattes tol ajal miljoneid ruutkilomeetreid Euroopast, Aasiast ja Põhja-Ameerikast. Liikudes oma lähtekohast aeglaselt lõunakaarte suunas, kujundas ta ümber enda all lamavat maapinda, tekitades sinna mitmesuguseid kulutamis- ja kuhjamisvorme. Need tulid pärast mannerjää sulamist päevavalgele ja on püsinud tänaseni. Nende põhjal võimegi teha järeldusi mannerjää tegevuse kohta, tema mõjust maismaa pinnaehitusele.

Sel alal teostatud uurimused näitavad, et mannerjää avaldas oma tegevusega kulutavat, kandvat ja kuhjavat toimet.



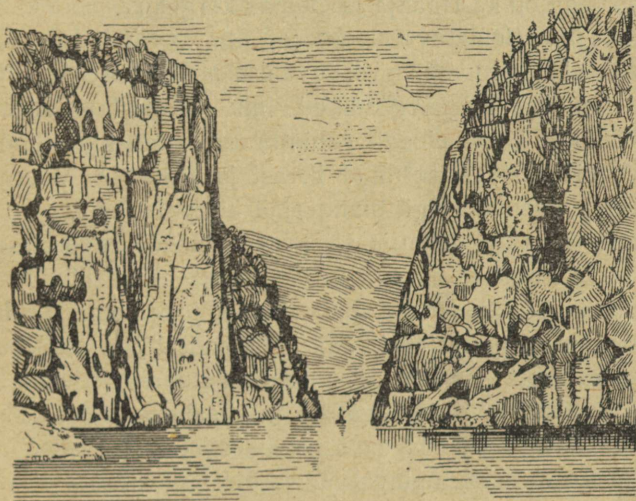
Joonis 21. Mannerjää alalt merre suubuv liustikukeel Gröönimaal.

Kulutamine oli valitsev mannerjää lähtealal ja selle lähemais piirkondades. Tugevasti on kulutatud, siledaks ihutud ja jää põhjas kaasaveetud munakate poolt kriimustatud fjeldide pind, kust kõrvaldati ka kogu lahtine aines ja vooliti aluspõhja vastupidavamad osad silekaljudeks. Samasuguseid jäätegevuse jälgi leidub ka Põhja- ja Kesk-Soomes, vähemal määral Põhja-Eestis ja mujal.

Teatav osatähtsus oli mannerjääl ka fjordide tekkeloos, sest tema andis neile ennejäääegseile tektoonilistele ja vooluvete erosiooniga edasiarendatud orgudele nende praeguse kuju, mis sarnaneb Alpide ruhioruga. Fjordid on aga oma mõõdetelt ruhiorgudest tunduvalt suuremad. Sognefjordi pikkus on

180 km, keskmine laius 6,5 km, suurim sügavus allpool veepinda 1200 m ja suurim kõrgus veepinnast 1500 m. Paljude fjordide lisaorud on rippuvad, neis voolavad jõed langevad fjordi jugadena. Fjorde leidub Norras (joon. 22), Muurmani rannas, Uus-Meremaal, Šotimaal, Gröönimaal, Lõuna-Tšii-lis jm.

Kogu mannerjää poolt kaasavõetud materjal, hõõrdudes omavahel või kokku puutudes kõvema aluspinnaga, ümmardus



Joonis 22. Norra fjord.

ja peenenes, muutudes savist, liivast, sõmerast, kruusast, muna-kaist, rändrahnudest ja -pangastest koosnevaks m o r e e n i k s.

Mannerjää ühtlasel ja kiirel taganemisel jäi moreen maha sortimata vaibana p õ h i m o r e e n i nime all. Ta katab ulatuslikke alasid ja omab kergelt lainjat pinnamoodi.

Jää sulamisel jäid maha ta rändrahnud, mis olid toodud tuhandete kilomeetrite kauguselt. Mõnest haruldasemast kivi-miliigist pärinevate rändrahnude leviku järgi võib kindlaks

määrata mannerjää liikumisteed. Rändrahnudest märksa suuremad rändpankad erinevad esimestest oma kohaliku päritoluga (näiteks paekihtidest pärit olevad pankad Eestis).

Taganeva mannerjää serva kestvamal püsimisel ühel kohal kogunesid sinna otsmoreenkuhjatised, mida iseloomustavad kõrgendike suur sagedus ja nõlvade suur kallakus. Silmapaistvaim otsmoreenkuhjatiste vööde algab Taanis ja ulatub läbi Põhja-Saksamaa ja Poola NSV Liidu loodeossa. Sama tekkega on ka Haanja ja Otepää kõrgustik.

Mannerjää etteulatuvate soppide, nn. „keelte” all tekkisid voored ehk drumlinid, ovaalse põhijoonisega, ühtlase tõusuga lamedad selgkõrgendikud, mis esinevad paralleelsete ridadena. Neid katab pinnalt põhimoreen, kuna tuum koosneb aluspõhja kivimist või sorditud liivast ja kruusast. Voored on laialdaselt levinenud kõigil mannerjää kuhjatisaladel.

Mannerjää serva lõikusid sügavad pikilõhed, milledesse jää sulamisveed kuhjasid endaga kaasatoodud ainekistidena — rikkalikuma veehulga puhul jämedamast ja vähema veehulga puhul peenemast materjalist. Jää taganemisel jäid need kuhjatised maha liivast, sõmerast, kruusast ja munakaist koosnevate pikkade, looklevate, järsunõlvaliste ja kitsaharjaliste vallseljakutena ehk oosidena. Rohkesti esineb vallseljakuid Põhja- ja Kesk-Soomes ning Rootsis. Eestis kohtame neid maa põhjaosas.

Mannerjää tegevusega on seotud ka uurdeorgude tekkimine, mis uuristati samades jäälohedes voolavate sulamisvete poolt. Eestis leidub uurdeorge rohkem maa kesk- ja lõunaosas, vähem põhjapoolses osas.

Jääserva pikemal peatusel uuristasid tema ette kogunenud sulamisveed oma äravooluteedena maapinda sügavad ja laiad orud, mis kulgevad rööbiti jääservaga. Need on ürgorud, mis ületavad oma mõõdetelt uurdeorge ja on alati seotud endist jääserva tähistavate moreenkuhjatiste ridadega. Tuntuimad on Põhja-Saksamaa ürgorud.

Kohtades, kus sulamisveed kandsid endaga rohkesti liiva, kuhjus see jäälohedes vahelduva pinnamoega mõhnastikeks või sadestus jääservast kaugemal lamedaiks deltataolisteks liivikuteks ehk sanduriteks.

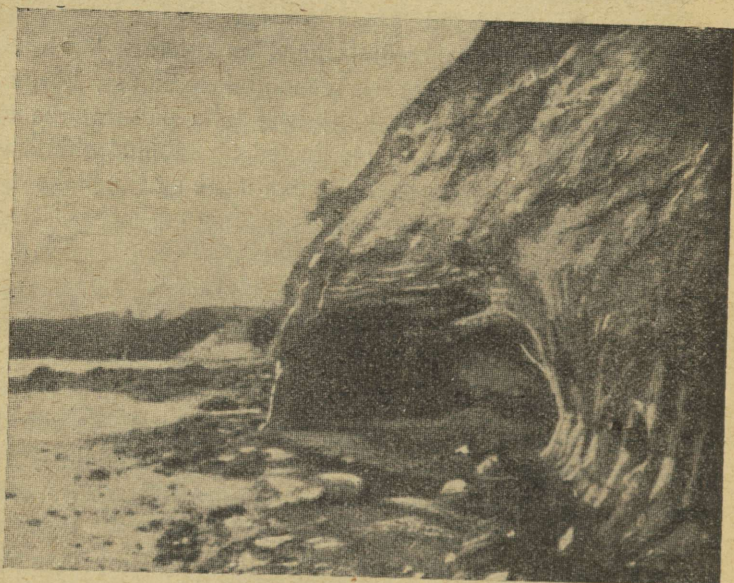
Sulamisvetest jääserva ette tekkinud paisjärvedesse settis peenaines viirsavina, millest igal aastal tekkis kaks kihti — suvel suurema veehulga puhul jämedamašt ja talvel vähema veehulga puhul peenemast materjalist. Viirsavide abil on hiljem üsna hea eduga mõõdetud jääaja kestust.

Jääajal mannerjääga kaetud aladel on rohkesti järvi. Neid leidub jää poolt uuristatud või süvendatud lohkudes, kõrgendikuvahelistes nõgudes, moreenkuhjatiste taha paisutatuna ning uurde- ja ürgorgudes. Sageli on järved koondunud aheljärvestikeks või hulgaviisi omavahel ühendatud, nagu näiteks Soomes.

## 8. Mere tegevus.

Kaunis on meri vaikse ilmaga, mil ta rahulikult veeretab oma laineid kollasele rannaliivale, kuid unustamatu on pilt vihaselt mässavast, tormitsevast merest järskrannikul. Tohtu jõuga viskuvad siis lained vastu kaldajärsakut, andes sellele võimsaid lööke ja pihunedes ise kõrgele paiskuvaks vahusambaks. Mõõtmiste abil on kindlaks tehtud, et Atlandi rannikul Šotimaal võrdub lainete surve tormi ajal kaldapinna ühele ruutmeetrile 30 tonniga, Põhjamemel 15 tonniga ja Läänemerel 10 tonniga. Sellele suurele vee purustavale jõule aitavad omalt poolt kaasa koos lainetega vastu rannakaljused paisatud kivide ja liiva ning kaldajärsakuis leiduvaisse lohedesse ja urgudesse kokkusurutud õhu löhkuv toime. Vaatluste teel on tähele pandud, et Šoti rannikul paiskuvad kivid tormi ajal kuni 30 m kõrgusele, ja ühel juhul purustasid nad tuletorni akna 100 m kõrgusel üle meretaseme.

Meremurrutuse tulemusena tekib järskrannikul maismaa suunas laienev, madala veega kaetud tasane rannikulava, mis lõpeb astanguna kerkiva rannajärsakuga. Selle jalamise on kulutatud koopataolised murrutuskulpad (joon. 23), aga ülasosas tungivad soppidena ettepoole karniisid. Kui randjoone nihkumist ei esine, ulatub lainete lõhkuv tegevus ainult teatud kauguseni, kus see lakkab. Tungib aga meri



Joonis 23. Rannamõisa pankrannik veest uuristatud murrutuskulpaga.

mandri poole, laieneb rannikulava üha enam maismaa suunas, nii et ulatuslikud mandriosad või terved mandrid kuluvad taseks. Mere lõhkuvat tegevust nimetatakse murrutuseks ehk abrasiooniks.

Lauskrannikul on mere murrutus seotud maismaa vajumise või meretaseme kerkimisega. (Näiteid selle kohta vt. lk. 32 „Maakoore iidset kõikumised“.)

Kõrvuti purustava toimega avaldavad lained ka edasikandvat ja kuhjavat tegevust. See ilmneb eriti selgejooneliselt lausrannikul. Veeredes rannale või valgudes sealt tagasi, jätavad lained maha nende poolt kaasatoodud liiva ja teisi murenemisaadusi. Neist osa kuhjatakse randvallina maismaale, teine osa — rööbiti rannaga kulgevate liivakehvliitena merre.

Kui meres esineb valitsevate tuulte mõjul rannikuhoovus, siis kantakse liiv ja muu aines edasi piki rannajaaju näol. Neemede tipul väheneb hoovuste liikumiskiirus ja kaasatoodud aines setib. Tekib m a a s ä ä r, mis üha pikenedes võib liituda mõne saarega, muutes selle poolsaareks (näit. Paljasaar), või eraldada merest madala laia lahe — s ä ä r l õ u k a (hafi) ehk l a g u u n i \*). Läänemeres on Kura säärlõugas neist üks suurimaid.

Mere geoloogilises tegevuses on oma osatähtsus ka loetel. Tõus laiendab jõgede lehtersuudmeid, kuna mõõn kõrvaldab neist sinna kogunevad setted, kaitstes seega jõe suudmeala madaldumise eest. Lõhkuvalt mõjub tõusulaine pikkades ja kitsastes merelahtedes. Fundy lahes Põhja-Ameerika idarannikul on ta purustav toime sedavõrd suur, et ähvardab tulevikus eraldada mandrist Uus-Šotimaa poolsaart, mis tänapäeval on ühendatud teineteisega 20 km laiuse maakitsusega.

Mere kuhjava tegevuse kõige suurejoonelisemaks nähtuseks jääb aga uute maakoorekihtide tekkimine maailmamere põhjas merese t e t e näol.

Ookeanid oma ääreosadega on Maakera suurimad settimisbasseinid. Lisaks settematerjalile, mis kantakse siia jõgede poolt maismaalt või saadakse mere tegevuse tulemusena rannast, pärineb osa ainesest merest endast, tekkides seal elanud organismide veekogu põhja sadestunud jäänuseist. Nii on

---

\*) Musta ja Aasovi mere põhjarannikul esinevad limaanid on maa-säärega eraldatud, mereveest üleujutatud jõesuudmed, mis on tekkinud maapinna vajumisel.

meresetted oma päritolult minerogeensed (anorgaanilised), näit. liiv ja savi, ning biogeensed (orgaanilised), näit. korallrahud ja karpide kogumid. Nad ladestuvad omavahel rõhtsate, korrapä-raste kihtidena ja nende paksus võib ulatuda kilomeetrisse. Meresetete iseloom sõltub settimiskoha kaugusest maismaast, tema sügavusest, asendist kliimavöötmes ja merepõhja kujust. Meresetted jagunevad: 1) laugmere-, 2) mandrinõlva- ja 3) sügavmere-setteiks.

Laugmere-setted (0—200 m sügavusel) koosnevad eeskätt rannast saadud, lainete tegevusel ümmardatud ja peenendatud materjalist ning jõgede poolt kohalekantud ainesest, mis sadestub soolases merevees kiiremini kui magedas jõevees.

Eriti intensiivne on settimine kahe vastassuunalise hoovuse kokkupõrke kohal, kuhu tekivad liivakehvlid või madalikud. Näitena olgu 500 km pikkune Newfoundlandi madalik samanimelisest saarest kagus, Golfi ja Labradori hoovuse kohtamis-kohal.

Et raskemad osakesed sadestuvad rannale lähemal, siis on laugmere-setete järjestus alates rannast järgmine: kruus, sõmer, liiv, muda ja savi.

Laugmere-setteist võtavad osa ka mereorganismid. Olgu nimetatud vaid ulatuslikud korallrahud troopikavetes või mitmesuguste loomade kodadest tekkinud lubimuda ja lubiliiv. Kuiva kliima alade meredes setib vee suure aurumise tõttu keedusoola ja kipsi.

Mandrinõlva-setteist (200—3000 m sügavusel) on levinuim lubjarikas orgaanilise päritoluga sinine hiib, mille värvus tuleb väävelrauasaldusest. Paiguti läheb ta üle lubjakiviks, paiguti glaukoniiti sisaldavaks roheliseks, lössi sisaldavaks kollaseks või lateriiti sisaldavaks punaseks hiivaks.

Süvamere-setteist (üle 3000 m sügavusel) on hele globigeriinhiib üks levinumaid. Ta koosneb samanimeliste juurjalgsete lubikodadest, lasub 2500—4000 m sügavusel ja katab ligi 103 milj. km<sup>2</sup> pindala.

Kiireliste toestest (joon. 27) tekkinud räni-happeline radiolaarmuda esineb üle 4000 m sügavusel ja võtab enda alla umbes 12 milj. km<sup>2</sup> maailmamere põhjast, eriti Vaikse ja India ookeani troopilistes osades. Vetikate ränikestadest koosnev hele diatomeedemuda levib 23 milj. km<sup>2</sup> ulatuses peamiselt külmades polaarmeredes, eeskätt lõuna-poolkeral. Pindalalt (130 milj. km<sup>2</sup>) on süvamere-setteist esikohal üle 5000 m sügavusega ookeani osades valitsev punane saue, mille päritolu pole veel tänapäevani lõplikult selgitatud. Temas leidub ligi 20% radiolaarmuda.

Suuremais sügavustes lasuvad setted ei sisalda süsihapput kaltsiumi, sest settivad loomade lubikojad lahustuvad vees enne mnerepõhja jõudmist.

## 9. Organismide geoloogiline tegevus.

Oleme juba korduvalt puudutanud organismide osa Maa-kera välispinna kujundamisel ning mineraalide ja kivimite tekkimisel. Alljärgnev ülevaade annab lühikese kokkuvõtte taimede ja loomade geoloogilisest tegevusest — selle alalhoidvast, lõhkuvast ja kuhjavast toimest.

Külmades meredes katab kaldajärsaku jalamil asuvaid rannakaljusid vetikate kiht, mis kaitseb kaljusid lainete purustava mõju vastu. Mõõna ajal soodustavad mudasel rannal kasvavad soolakutaimed lahtise settematerjali kinnitumist laguunides ja lehtersuudmeis, nagu teevad seda näiteks soojades meredes mangroovtaimistud. Tihe taimkate pidurdab tuule ärapuhuvat ja vooluvete uuristavat tegevust; metsad mäenõlvadel takistavad pinnase ärauhumist ning on kaitseks maalihete ja lumeeveermete vastu.

Teisest küljest teame, et taimede juured, tungides kivimi lõhedesse, laiendavad neid, ja eraldades happeid, mõjuvad kivi-

mile lahustavalt, kiirendades mõlemal juhul murenemisprotsessi.

Maapinnal kõdunevaist taimejäänuseist tekib bakterite kaastegevusel huumus, millel on suur tähtsus muldkonna kujunemisel. Soodes ja rabades tekib õhuhapniku puuduliku juurdepääsu tõttu sammalde ja teiste rohttaimede pikaldasel söestumisel turvas, mille kihtide kogupaksus ulatub meetreisse. Samasuguseis tingimustes on tekkinud vanemate geoloogiliste ajastute soostunud ürgmetsades kasvanud ja hiljem mutta matunud puuhiiglaste tüvedest rikkalikud pruun- ja kivise lademed. Meie põlevkivi koostises on ligi 50% väljasurnud mikroskoopilisi sinirohelisi vetikaid, mis elutsesid sadu miljooneid aastaid tagasi Põhja-Eesti kohal laiavas madalas meres. Koos vetikatega settis selles veekogus rohkesti mitmesuguste mereloomade lubikodasid, mis jäid põlevkivisse kivististena.

Meresetteist tekivad taimede kaasabil veel diatomeedemuda ja osalub jakeve, viimased lubivetikate ja bakterite tegevuse tulemusena.

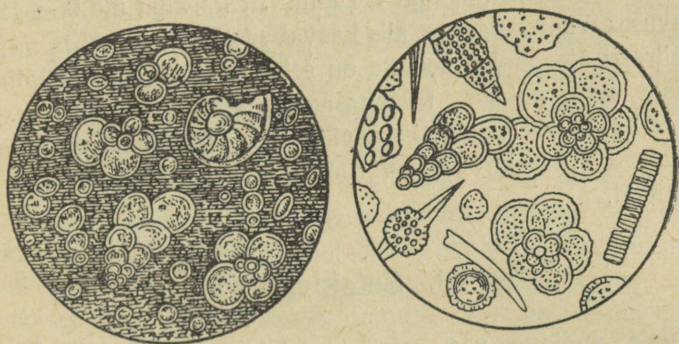
Maismaa veekogudes eritavad määndvetikad järvede veest süsihaput kaltsiumi järvekriidi näol; mitmesugused allikais kasvavad taimed, eeskätt vetikad ja samblad, eritavad sama ühendit allikaveest lubjatuфина. Soodes ja järvedes lagundavad rauabakterid vees lahustunud rauaühendeid, muundades need põhja sadestuvaks pruunrauamaagiks, millega vabastavad endile elutegevuseks vajaliku energia. Niisuguse tekkega on osaliselt Tuula, Lipetski rajooni ja Kertši poolsaare pruunrauamaagi-lademed.

Taimkattega kinnistatud endistel tuiskliiva-aladel võib ettevaatamatu karjatamine sageli rikkuda kaitsva taimestikvaiba; siis tekivad tuiskliiva-alad uuesti.

Paljudes kohtades aitavad maa sisse kaevatud loomad oma tegevusega tunduvalt suurendada lahtise ainese hulka pinnases, nagu oletatakse seda Kalahari ulatuslike lahtise liiva alade suhtes.

Loomade lõhkuvast tegevusest on suurem nende ülesehitav toime.

Üks tähtsamaid maavarasid — nafta — tekkis organismide, eeskätt loomade jäänuseist, mis kuhjusid suuremal hulgal niisuguste veekogude põhja, kuhu hapniku juurdepääs oli raskendatud. Nüüdisajal on sellised soodsad tingimused orgaanilise ainese tohutute masside kogunemiseks Mustas ja Kaspia meres, kus vesi teatavast sügavusest alates sisaldab väävelvesinikku, olles ühtlasi väga hapnikuvaene.



Joonis 24. Kambriliste kodasid tugeval suurendusel. Vasemal — Atlandi ookeani mudas, paremal kriidis.

Kiireliste toestest tekkinud radiolaarmudaga tutvusime juba meresetete käsitlemisel. Paljude foraminifeeride (kambriliste), näiteks rivilase (*Textularia*) ja keralise (*Globigerina*) lubikojad on suure osatähtsusega lubjakivide tekkimisel, millede hulka kuulub ka valkjast või kollakas peenteraline kriit (joon. 24). Osa lubjakive koosneb peaaegu täielikult loomade kivististest, nagu näiteks käsijalgse *Pentamerus borealis*'e kodadest tekkinud *borealis*-lubjakivi meie Tamsalu lademes ja merililliaste jäänuseist moodustunud jämedakristalliline Vasalemma „marmor“.

Suur geoloogiline tähtsus on soojades meredes elutsevail sardkorallidel, kes oma lubiskelettidest aegade jooksul ehitavad ulatuslikke uusi maakooreosi. Need korallid võivad esineda ainult seal, kus veetemperatuur ei lange alla 20° ja vesi on soolane, selge, õhu-, valguse- ja toidurikas. Seetõttu piirub nende levimisala 28° põhja- ja 28° lõunalaiuse vahel asuvate ookeaniosadega. Randa otseselt palistavat korallmoodustist nimetatakse rannakariks, kanali läbi rannast lahutatud osa — vallrahuks. Rõngakujulist korallsaart tunneme rõngassaare ehk atolli nime all. See piirab keskel asuvat ümmargust ja madalat laguuni. Et korallid üle 90—120 m sügavuses enam ei arene, siis kasvavad nad merepõhja vajumisel kiiresti ülespoole; sellega on seletatav paljude korallmoodustiste suur paksus. Rõngassaarte ja vallrahude poolest on eriti rikas Vaikse ookeani troopiline osa. Austraalia kirderannikut palistav 1500 km pikkune Suur vallrahu on omataoliste seas suurimaid.

## 10. Setekivimid.

Tuule, voolava vee, mere ja teiste välisjõudude tegevus mõjub kivimeisse purustavalt. Viimaste lagunemisel saadud aines kantakse enamasti eemale oma tekkimispäigast ja see setib hiljem, moodustades nn. purdkivimid.

Ookeanides, meredes ja järvedes toimub pidev taimede ja loomade jäänuste kogunemine veekogu põhja sadestumise teel. Massilisi taimorganismide kuhjumisi võib teatud tingimustel esineda ka maismaa-aladel (näiteks soodes, rabades, soostunud ürgmetsades). Need on orgaanilised setted.

Järvedes ja merelahtedes, mille vesi on sooladest küllastunud, sadestub osa soola kristalliseerumise teel veekogu põhja ja kasvab seal aja jooksul түsedaks mineraalsoolalademeks. Samasugune nähtus esineb ka soolajärvede ja lahtede kuivamisel. Nõnda tekivad keemilised setted.

Purdkivimid koos orgaaniliste ja keemiliste setetega loetakse setekivimite rühma.

Setekivimite tähtsaimaks tekkimispaigaks on meri, millele järgnevad maismaa, jõed, järved jne. Need on settimisalad, kus tekivad vastavalt mere-, maismaa-, jõe-, järvesetted jt. Sage on setekivimite esinemine kihtidena, mis rikkumata kihituse puhul on rööpsed.

Kivimite purunemisel tekkinud purdsetted on mitmesuguse terasuurusega. Vastavalt viimasele liigitame nad rahnudeks, munakateks, kruusaks, sõmeraks, liivaks, mölliks ja saueks.

Rahnude ja munakate teke on seotud murenemise ning mere ja liikuva jää geoloogilise tegevusega. Rahne ja munakaid leiame mägedes ja rannajärsaku jalameil asuvas rusukaldeis ning liustike ümbruses ja varem jääkatte all olnud aladel.

Kruus tekib ojade, jõgede, mannerjää ja jääliustike sulamisel vooluvete sängis ning ookeanide, merede ja järvede rannal. Tema mineraloogiline koostis on väga mitmesugune. Vee liikumisest põhjustatud vastastikusel hõõrdumisel on kruusakivikesed omandanud keraja, munaja, ümmarguse või lapiku kuju. Eesti NSV-s leidub rõhuvas enamikus mannerjää sulamisvete toimel tekkinud kruusa. Kruusa kasutatakse teede ehitamisel, ehitustöödel, betooni valmistamisel jm.

Sõmera teke ning kivimiline koostis sarnanevad kruusa omadega, kuid tema terasuurus on väiksem, kõikudes 2—4 mm piirides. Teda kasutatakse mitmesugustel ehitustöödel.

Purdkivimit, mille terasuurus on 2—0,2 mm, nimetatakse liivaks. Liiva leidub nii mere- kui ka maismaa-setete seas; ta on kantud kohale tuule, jõgede, jääliustike sulamisvete ja mere tegevuse läbi. Liiv koosneb peamiselt kvartsiterakestest, millede seas leidub vähemal määral paekivi ja vilgu (eriti heleda muskoviidi) mineraalide osakesi. Mõned lisandid annavad liivale erilise värvuse, näit. raud — kollase või punase, glaukooniit — roheline jne. Liiva kasutatakse laialdaselt tehnikaš. Üht-

lase terasuurusega mitte liiga peenikest liiva, milles on lubatav ainult minimaalne rauasisaldus, vajatakse klaasitootmisel. Teravaservalistest terakestest koosnev liiv on heaks lihvimisvahendiks. Kõige ulatuslikumat rakendamist leiab aga liiv ehitustehnikas mitmesuguste kunstkivide ja muu ehitusmaterjali valmistamisel.

Eestis leidub klaasiliiva Võrumaal Piusa jaama lähedal ja Pärnumaal Tori juures.

Liivad, mis on tekkinud väärismetalle või mõnda muud maavara sisaldava kivimi purunemisel, esinevad nimetatud maavarade (näiteks kulla, plaatina, tinakivi, volframiühendite, korundi jt.) leiukohtadena. Majanduslikult suurimat tähtsust omavad neist jõesetted.

Mõll, mille terasuurus on 0,2—0,002 mm \*), on jääaegsete paisjärvede sete ja esineb seetõttu peamiselt madal-Eestis. Hõõrumisel pudeneb ta peeneks tolmuks, ilma et tunneksime sõrmede vahel üksikuid teri. Mõllile seisab omaduste poolest lähedal lō s s.

Purdkivimeist on saued kõige väiksema terasuurusega — alla 0,002 mm. Sauedest väärtuslikem on kaoliin. See tekib päevakivi porsumisel ja koosneb kaoliinidest ühes väheste lisanditega. Nagu teisedki saued, on kaoliin veega segatult plastiline, laseb end siis vormida, kõvastub põletamisel ega muutu seejärel enam plastiliseks. Nende omaduste tõttu kasutatakse kaoliini portselanitööstuses toorainena. Portselansae väärtus sõltub tema keemilisest koostisest (soovimatud lisandid), plastilisusest, paisumissuurusest ja sulamistemperatuurist. Parimate kaoliinide sulamistemperatuur on 1800° piirides. Põletatud portselan on valge.

NSV Liidus leidub kõrgeväärtuslikku kaoliini Ukrainas Kiievi, Žitomiri ja Mariupoli rajoonis, Uuralis Zlatousti rajoo-

---

\*) Teaduses nimetatakse 0,02—0,002-mm terasuurusega purdkivimit „ibe'ks“, millel on mõllist mõnevõrra erinevad füüsilised omadused.

nis Tšebarkuli linna lähedal, Siberis Krasnojarski ja Irkutski juures.

Kui sau oma tekkimiskohal või ümbersettimeisel seguneb liivaga, muutub ta saviks. Eesti NSV-s leiame ida pool pealkalda alumises osas paljanduvat sinisavi, mannerjää poolt mahajäetud moreensavi, jääpaisjärvedes sadestunud peenekihi viirsavi ja hilisemal ajal vete poolt lohkudesse kantud uhtsavi.

Sauede ja savile annavad värvuse neis leiduvad lisandid. Kolmevalentse raua ühendid annavad neile punase, kahevalentse raua omad roheka või sinakashalli, püriit samuti sinakashalli ja orgaanilised ühendid halli kuni musta värvuse.

Tulekindlast sauest valmistatakse tulekindlaid kunstkive ja muid esemeid, savist samuti kunst- ja katusekive, kraavitamistorusid, savinõusid jm. Tsemendipõletamisel segatakse savi lubjakiviga.

Kruus, sõmer, liiv ja savi on pudevad, nagu algul kõik setted. Aja jooksul nad aga tihenevad, nende osakesed liituvad, kuni neist kujunevad kõvad, kompaktsed kivimid. Selles protsessis aitavad kaasa ülalpool asuvate kihtide surve ja maa sees liikuvad, sageli küllastunud vesilahused. Lahused tungivad kivimisse, neis lahustunud ained sadestuvad seal ja seovad üksikuid kivimiosakesi.

Kruusaosakeste liitumisel süsihappu lubja, ränihapendi või rauasoolade abil tekib konglomeraat, teravaservalise kiviklibu liitumisel aga bretsia.

Samade ühendite lahuse liiva tungimisel ning sadestumisel tekivad liivakivimid, mis on mitmesuguse kõvaduse ja terasuurusega. Vastavalt neile omadustele kasutatakse liivakivi ehitusmaterjalina ja luiskude ning käiade tootmiseks.

Sau tiheneb tumeda värvusega sauekindaks, mis koosneb õhukestest lehekestest — kiltadest. Kivimit kasutatakse kirjutustahvlite ja kriihvlite valmistamiseks ning katuste katmiseks.

Ülemineku purdkivimeilt orgaanilistele kivimitele moodustavad lubjakivid. Nad on rõhuvas enamikus meresetted ja tekivad veepõhja kuhjunud, organismide jäänustest koosneva lubimuda tihenemisel, taimede ja loomade poolt ehitatud rahudest, süsihapu lubja sadestumisel mereveest bakterite abil jne.

Lubjakivi esineb — rahumoodustised välja arvatud — alati kihitatuna (kusjuures kihtide paksus on mitmesugune); tal on laialdane levimisala.

Lubjakivide keemiline koostis sõltub settimistingimustest. Puhtast süsihapust kaltsiumist koosnevat lubjakivi nimetatakse kaltsiidiks. Sisaldab kivim savi, siis on ta savikas lubjakivi, rohke savisisalduse puhul aga mergel. Süsihapu magneesiumi lisandusega kivimit nimetatakse dolomiitjaks lubjakiviks. Leidub kivimis magneesiumiühendit aga 46%, siis on meil tegemist dolomiidiga.

Lubjakivi võib dolomitiseeruda mitmesuguste magneesiumisoolade mõjul, muutuda limoniidiks rauasoolade, hapniku ja vee ühisel toimel ning fosforiidiks fosforit sisaldavate ühenditega, näiteks guaanoga kestval kokkupuutumisel.

Lubjakivi kasutatakse ehitusmaterjalina, lubjapõletamisel, kõnniteede sillutamisel, tsemendi valmistamisel, metallurgias, keemiatööstuses jne.

Orgaaniliste setete hulka kuuluvad kütteenetena kasutatavad turvas, pruunsüsi, kivisüsi, põlevkivi ja nafta. Neist neli esimest on tekkinud veekogudesse või veerikastele aladele kokkukuhjunud taimejäänuste söestumisel hapniku puuduliku juurdepääsu tõttu. Koos ajaga suurenes setetes süsinikuhulk, vähenesid niiskus ja hapnikusisaldus, milledega kaasnes kütteväärtuse tõusmine. Turbal kui noorimal neist settest on orgaanilises osas 60% süsinikku, ja edasi vanuse järjekorras: pruunsöel 70%, kivisöel 82% ja antratsiidil 94%. Vastavalt sellele on kütteväärtus kõige väiksem turbal ja kõige suurem antratsiidil.

**Turvas** tekib soodes ja rabades. Turbakihi paksus on mitmesugune. Eesti NSV rabades ulatub see kuni 10 meetrini.

Raba pinnalähedastes osades on kõdunemisprotsess vähe edenenu, tekkinud turvas on väikese kütteväärtusega ning kasutatakse alusturbana ja pakkimisvahendina. Sügavais kih- tides on turvas kõdunenud, tihedam ja tumeda värvusega.

Sooturvas koosneb pruunsamblast ja tarnast ning on tuha- rikkam kui turbasamblast koosnev rabaturvas. Turvast kasu- tatakse kütteinaks labida- ja masinaturbana ning briketina. Suurt tähtsust omab turvas elektrijõujaamade kütteinena.

**Pruun-** ja **kivisüsi** tekkisid metsades, kus valitse- sid arvatavasti samad tingimused, mis on tänapäeval Põhja- Ameerika küpressisoodes ja Sumatra metssoodes. Seda tões- tavad tollaegsete puude hiiglakasv, tüvede paksenemine alu- mises osas, suure labaga lehed, nõrk ja rõhtsalt leviv juurestik jne. Need tunnused on omased tänapäeva troopiliste ja lähis- troopiliste alade metssoode puudele.

Suured mäetekkelised liikumised karbonis (kivisõemetsade ajastul) muutsid korduvalt maapinna reljeefi ja mõjutasid ta taimkatet. Selle tulemuseks on kivisõe esinemine ülestickku asu- vate kihtidena, mis on üksteisest lahutatud sütt mittesisalda- vate vahekihtidega. Nii ulatub Kuzbassis kivisõe- ja vahekih- tide kogupaksus kohati 800 meetrini ja Lõuna-Wales'is koguni kuni 2500 meetrini.

NSV Liidus on tähtsaimad kivisõe leiukohad Donbass, Kuz- bass ja Karaganda.

Tohutud kivisõe- ja pruunsõevarud on avastatud Kesk- ja Ida-Siberis — Leena ja Jenissei jõgikonnas.

Kütteinena kõrval on sütel suur tähtsus metallurgias ja keemiatööstuses.

**Meie põlevkivi** (õlikivi liik) on meresete, mille orgaa- niline osa koosneb mikroskoopilistest vetikatest. Ta on Eesti NSV tähtsaim maavara ja meie rasketööstuse alus. NSV Liidu

teistes osades leidub õlikivi Leningradi oblastis, kuhu jätkuvad meie põlevkivikihid, ja Volga jõgikonnas. Õlikivisid kasutatakse destilleerimiseks ja kütteinena.

Nafta on vedel kivim ja koosneb hulgast küllastunud ja küllastumata süsivesinikest. Ta on tekkinud hapnikuvaesesse merre kuhjunud organismide jäänukest, mis sattusid merepõhja vajumisel sügavamale ja kattusid üha pakseneva nooremate setete kihiga. Suur surve ja kõrge temperatuur põhjustasidki nende muundumise naftaks.

Keemilistest setetest esineb sagedasti kivisool ( $\text{NaCl}$ ). Küllastunud soolajärvedes setib see põhja üha paksenevaks lademeks. Ületab seejuures aurumine vee juurdevoolu, siis kuivab järv lõpuks hoopis ja kogu temas leiduv sool sadestub. Kips kui raskesti lahustuv ühend jääb alla, temal lasub kivisool ja viimasel omakorda kergesti lahustuvad kaaliumi- ja magneesiumisoolad. Kattub niisugune soolalade pinnalt vett pidavate kihtidega, siis jääb ta püsima pikemaks ajaks. Sageli kerkib neis soolakehades ülaltpoolt tuleva surve mõjul osa soolast sealt, kus vastusurve on vähem, sambana ülespoole.

NSV Liidus asuvad maailma suurimad soolajärved — Kaspia ja Araali järv. Soolajärvi leiame Volga alamjooksu piirkonnas (Elton, Baskuntšak), Krimmis, Lääne-Siberis, Kazahstanis ja mujal.

Maailma suurimad kaali- ja kivisoolalademed on Uuralis Solikamski—Berezniki rajoonis. Kivisoola leidub Ukrainas Bahmuti rajoonis, Tškalovi oblastis Iletska ja Zaštšitas ja mujal. Poolas on tuntuimad Wieliczka ja Saksa maal Stassfurdi soolalademed.

Sageli esineb kivisool tervete mägedena: Pärsia lahes Hišimi saarel asuv 6 km pikkune ja 150 m kõrgune mägi koosneb puhtast kivisoolast.

Kaspia mere Kara-Bogaz-Goli lahes sadestub mirabiliit ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Selles 18 000  $\text{km}^2$  suuruses veekogus on

kitsa ja madala väina tõttu ühendus Kaspia merega puudulik ja vee juurdevool väike. Suvel on aga kõrge temperatuuri mõjul aurumine lahes suur. Seetõttu on vees leiduva mirabiili protsent kõrge. Kui temperatuur lahes langeb alla 6°, algab soola sadestumine, mis kestab kogu sügise ja talve.

### III. Maa ajalugu.

#### 1. Maa ja maakoore teke.

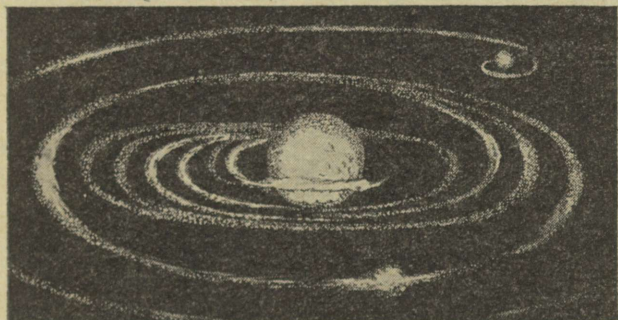
Maa sünd on seotud päikesesüsteemi sünniga. Saksa filosoof Immanuel Kant (1724—1804) ja prantsuse astronoom Pierre Laplace (1749—1827) olid esimesed, kes löid täheldusväärseid ja laialdast tunnustamist leidnud hüpoteesid päikesesüsteemi tekkimise kohta udukogust. Need õpetused ühtivad üldjoontes (kuigi nad loodi täiesti iseseisvalt), ja seepärast käsitletakse neid sageli koos ühtsa Kant-Laplace'i „nebulaarhüpoteesi” („udust-tekkimise” hüpoteesi) nime all.

Laplace'i arvates oli alguses päikesesüsteemi asemel hõre ja tulipalav pöörlev gaasi- või udukogu. Aja jooksul tekkis selle kerakujulise massi keskossa raskustungi mõjul tihendus — ürgpäike. Seda ümbritsev hõre „atmosfäär” ulatus kaugele väljapoole, praeguse planeedi Neptuuni orbiiti. Kiirates vahetpidamata soojust maailmaruumi, jahtus udukogu üha enam ja hakkas selle tagajärjel tihenema, s. o. mahult vähenema. Liikumishulga \*) jäävuse seaduse põhjal käib aga mahu vähenemisega kaasas pöörlemiskiiruse suurenemine; seetõttu muutus kera lapikuks ja sai endale pöördellipsoidi kuju. Jõudnud kiiruse pideva juurdekasvuga viimaks olukorrani, mil kesktõuketung ületas ekvaatoril kesktõmbetungi, eraldusid seal kerast üks-

\*) Liikumishulgaks nimetatakse mehaanikas punkti kiiruse korrutist tema kaugusega keskpunkti ja massiga.

teise järel mitu rõngast, mis jäid kera ümber tiirlema (joon. 25). Aja jooksul tekkisid neis ebaühtlaselt jaotatud massiga rõngastes tihenduskeskused, mis hakkasid endisse koondama ümbritsevat ainet, ühinedes omavahel, kuni lõpuks sai igast rõngast üks kera, s. o. praegune planeet.

Hiljem, kui leiti, et päikesesüsteemi-taoline väike taevakehade süsteem ei saa tekkida kirjeldatud viisil, ega suudetud nimetatud hüpoteesi abil seletada mõningaid nähtusi, loodi rida uusi hüpoteese.

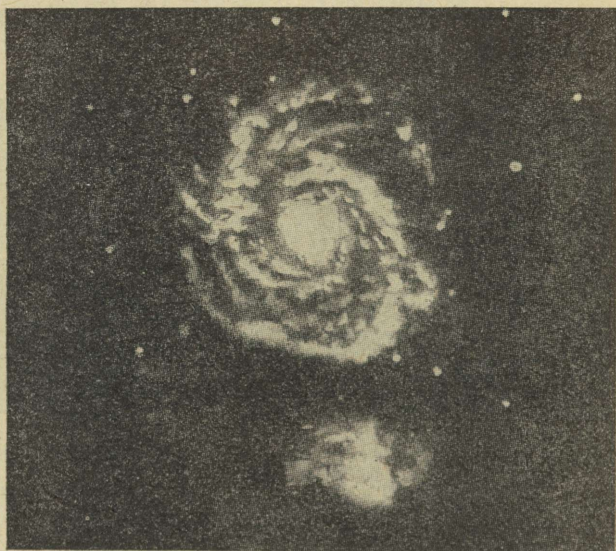


Joonis 25. Päikesesüsteemi kujunemine nebulaarhüpoteesi järgi.

Ameeriklase Chamberlini „planetesimaalhüpoteesi” järgi pidi miljardeid aastaid tagasi mööduma Päikesest mingi täht nii lähedalt, et kutsus esile enda- ja vastaspoolel Päikese pinnal tohutud tõusulained. Nende tõttu väljapaiskunud aine jäi kahe spiraalse haruna tiirlema ümber Päikese, moodustades spiraal-udukogu (joon. 26). Selle harudes tekkisid üliväikestest, tolmuterasuurustest vedelatest ja kindlatest ainekübemekestest suuremad tahked osakesed — planetesimaalid. Massi ebaühtlase jaotuse tõttu liitusid need tihendusteks ehk „sõlmedeks”, mis koondasid enda ümber vähemaid aineosi ning aja jooksul ühinesid omavahel planeetideks.

Edasistel uurimistel selgus, et säärase väikese spiraal-udu-

kogu tekkimine, millest oleks kujunenud päikesesüsteem, on samuti võimatu. Seepärast on mõned teadlased avaldanud arvamust, et teise tähe tõmbetungi mõjul ei tekkinud Päikesel mitte kaks spiraalharu, vaid temast eraldus piklik elliptiline või sigarikujuline mass. Teine täht pidi olema Päikesest tunduvalt suurem ja mööduma temast nii lähedalt, et sundis tõusulaine



Joon. 26. Spiraal-udukogu.

poolt ülespaisatud aine hulki Päikesest lahkuma. Kogu see väljapaisatud aine hakkas tiirlema ümber Päikese. Tema osakesed — planetesimaalid — tihenesid sõlmedeks, viimased ühinesid omavahel, kuni tekkisid lõpuks planeedid. Et eraldunud sigarikujulise massi keskossa oli koondunud ainet rohkem, siis pidid sellest kujunema suuremad planeedid, nagu tegelikult sündiski. Et tähtede kohtumine nende suure kauguse tõttu üksteisest on äärmiselt haruldane juhtum, siis peaks viimaste

hüpoteeside põhjal leiduma planeetidega tähti väga harva. Uuemad vaatlused tõestavad aga vastupidist. Seepärast tulebki nimetatud õpetustesse suhtuda tagasihoidlikult.

Kuigi seni pole esitatud ühtegi hüpoteesi, mis annaks täiesti rahuldava seletuse päikesesüsteemi, seega ka Maa tekke kohta, on siiski kindel, et Maa pärast oma sünni esines tulipalavast vedelikust koosneva, veidi lapiku kerana ja oli ümbritsetud helendavate gaaside atmosfääriga. See hõõguv kera kiirgas vahetpidamata soojust maailmaruumi ja jahtus aegamööda. Jahtumisega käsikäes jätkusid aine tihenemine ja raskema aine koondumine Maa sisemusse ning kergema jäämine pinnalähedamasse osadesse. Nii tekkisid aja jooksul Maa üksikud tihedusvöötmed. See protsess meenutab ainete kihitumist kõrgahjus, kus pinnale kerkib väikese erikaaluga räbu, keskele jäävad sellest raskemad rauasoolad, ja põhja koguneb juba sulametall ise.

Jätkus gaaside eraldumine Maast; osa kergemaid gaase hajus maailmaruumi, teine osa aga jäi ümbritsevasse „atmosfääri”.

Lõpuks jahtus Maa vedel välispind sedavõrd, et seal võis alata kristalliseerumisprotsess. Kristalliseerumisel tekkinud tardunud osad sukeldusid sügavusse, kus sulasid uuesti. See kestis seni, kui vedela massi temperatuur oli muutunud jahtumise teel enam-vähem ühtlaseks. Nüüd liitusid pinnale jäänud hangunud osad ümber Maa ühtsaks kõvaks kestaks, tardkivimeist koosnevaks *m a a k o o r e k s*. Oma halva soojusejuhtivuse tõttu takistas see koor Maa sisesoojuse küllaldast pääsu välispinnale, mis nüüd koos atmosfääriga jahtus hoopis kiiremini. Osa õhkkonda moodustavaist gaasidest tihenes temperatuuri langemisel ja sadas maapinnale. Samuti langes siia rohkesti meteoriite, milledest mõned olid õige suured, ja vigastasid löögi ning sellest tekkinud kuumuse mõjul maakoort laias ulatuses. Kuid viimane sulas ja pragunes ka sügavusest väljatungiva magma survele, mis ujutas siis üle suuri maa-alasid, et

hiljem tarduda ja kaasa aidata maakoore paksenemisele ning tugevnemisele.

Lõpuks oii Maakera pind niivõrd jahtunud, et sinna võis tekida vesikond, olgugi esialgu keevate veekogude näol, milledest kerkis vahetpidamata tihedaid aurupilvi, varjates Päikest ja põhjustades katkestamatuid äikesevihmu. Aja jooksul jahtusid auruhulgad veeks, mis kogunes ookeanideks ja meredeks. Need ümbritsesid tookordseid mandreid ja saari, kuhu tekkisid voolu- ja seisuveekogud jõgede ja järvede näol. Viimaste tekkimisega oli saavutatud moment, millest alates võime jälgida Maakera arengut mitmesuguste mahajäetud jälgede põhjal.

## 2. Maa ajaloo mõõtmine.

Lõpmatu hulk aastaid on möödunud tollest ajast, mil tekkisid Maakeral esimesed ookeanid ja mered ning eraldus maismaa mannerdena ja saartena. Palju muutusi on Maa läbi elanud selle aja kestel, sest tema välispinna esialgne kuju ei sarnanenud hoopiski praegusega. Setete ja neis esinevate organismide jäänuste põhjal järeldame, et mitmes paigas, kus praegu levib maismaa, pidi kunagi varem lainetama meri, ning vastuoksa, paljud olevikus merega kaetud alad esinesid minevikus mannerde osadena. Korduvalt on aegade jooksul sisejõudude toimel üles kerkinud sadade kilomeetrite pikkusi ahelmaestikke, mis ulatusid pealepoole pilvi igavese lume ja jää piirkonda; korduvalt on tekkinud maakoore lõhesid, millede pinda mööda tõusid ülespoole maapankad või vajusid sügavusse. See toimus neil ajajärkudel, mil sisejõud olid välisjõudude suhtes ülekaalus. Kuid teame ka, et hiljem välisjõudude, eeskätt murenemise, voolava vee ja meretegevuse toimel kulutati paljud neist hiiglamäestikest pigatasandikeks ehk peneplaanideks, pühitati nad maapinnalt.

Pikkade aegade jooksul on jõgede poolt kantud maismaalt maailmamerele tohutud hulgad ainetest hõljuvas ja lahustunud olekus; koos merest endast pärinevate orgaaniliste setetega on tekkinud sellest ainesest kilomeetritepaksusi lademeid. Olgu lõpuks mainitud, et juba miljoneid aastaid tagasi tekkis Maakeral elu ja arenes tänapäeva taime- ja loomariigiks, tehes läbi pika ja keerulise tõusutee.

Tekib küsimus, kui vana on Maa, kui palju on möödunud aega sellest momendist, mil ta kattus kõva koorega ja astus oma geoloogilisse arenemisjärku.

Mõned teadlased on püüdnud sellele küsimusele vastust anda ookeanides ja meredes lahustunud kivisoola hulga põhjal. Oletatakse, et maailmamere tekkimisel oli selle vesi mage ning sool kanti sinna hiljem jõgede poolt, maapinnast väljauhetuna, nõrga soolalahuse näol. Arvutuste teel tehti kindlaks, kui palju leidub tänapäeval kivisoola ookeanides ja meredes ja kui palju kantakse seda aasta kestel sinna jõgede poolt. Jagades esimese arvu teisega peaksime saama maailmamerd või juba hüdro-sfääri omava Maakera vanuse. Tulemusena saadi umbes 200 miljonit aastat. Nimetatud arvu ei saa pidada õigeaks, sest on vaevalt usutav, et keedusoola juurdevool merre oli kogu aja ühtlane.

Tõenäolisem on teine maakoore kivimite vanuse määramise viis radioaktiivsete elementide — uraani ja tooriumi — ning nende lagundumisproduktide — seatina ja heeliumi — hulga järgi neis kivimeis. Täpsemad tulemused saadakse seatina hulga arvestamisel, sest heelium kui gaas võib osalt lenduda. Ühe miljoni grammi uraani lagundumisel tekib aastas  $\frac{1}{7400}$  g seatina. Määrates mõnes kivimis leiduva uraani ja seatina kaalu, võime arvutada, kuipalju aega kulub selle seatinahulga tekkimiseks. Niisuguste arvutuste põhjal on leitud vanimate maakoore kivimite vanuseks 2,4 miljardit aastat.

### 3. Ajalooline geoloogia. Ajaloolise geoloogia ühikud.

Maa ajaloo uurimine on ajaloolise ehk stratigraafilise geoloogia ülesanne. Temaga käsikäes käib üldine dünaamiline ehk füüsikaline geoloogia, mis käsitleb sise- ja välisjõudude toimet, s. o. neid tegureid, mis on viinud Maa tema praegusesse olukorda. Suureks abiliseks ajaloolisele geoloogiale on kivististena säilinud loomade ja taime-dega tegelev paleontoloogia. Kivististe abil saab kindlaks määrata üksiku kihi või kihtiderühma võrdleva vanuse ja tõestada nende ajalist ühtekuuluvust. Seda võimaldab tõsiasi, et erinevail aegadel tekkinud maakoorekihtides on lahkuminevad kivistised, samal ajal tekkinud kihtides aga alati samad, vaatamata nende esinemiskohtade kaugusele üksteisest.

Üksikasjaliste uurimuste tulemusena liigitab stratigraafiline geoloogia maakoore kihid neis leiduvate kivististe sarnasuse ja teiste ühiste tunnuste alusel rühmadeks, mis samadel põhimõtetel omakorda liidetakse suuremateks rühmadeks.

Vähimaks ühikuks on vööde. See koosneb ühest või mitmest sama juhtkivistisega kihist. Isekeskis sarnanevate vöötmete ühendamisel saadakse lade. Rida lademeid moodustab ladestik. Ladestikud ühendatakse ladestuks. Ladestute liitmisel saame ladekonna. Ladekond on liigituse suurim rühm.

Sidunud need ühikud ruumiliselt kindlate kihtiderühmadega maakoores ja andnud neile vastavad nimetused, lõi stratigraafiline geoloogia süsteemi, millesse kuuluvad vertikaalsuunas üksteisele järgnevad maakoore osad nende vanuse, s. o. tekkimise järjekorras: vanemad sügavamal ja nooremad pealpool.

Iga kihi, vöötme, lademe jne. tekkimine nõuab teatavat aega. Seepärast on stratigraafiline geoloogia rööbiti kivimikihtide ruumilise jaotusega läbi viinud ka Maa arenguloo ajalise jaotuse, mille ühikud vastavad kihi, vöötme, lademe jne. tekkimisaajale. Ajaliselt vastab ladekonnale aegkond, ladestule — ajastu, ladestikule — ajastik, lademele — iga, vöötmele — põlv ja kihile — välded.

Maa ajalugu jaguneb järgmisteks alljaotusteks:

Aegkonnad:	Ajastud:
Uusaegkond (kainozoikum)	{ Kvaternaar Tertsiaar
Keskaegkond (mesozoikum)	{ Kriit Juura Triias
Vanaaegkond (paleozoikum)	{ Perm Karbon Devon Gotlandium Ordoviitsium Kambrium
Aguaegkond (eozoikum)	
Ürgaegkond (arhaikum)	

Kogutud teadmiste põhjal püüab stratigraafiline geoloogia kindlaks teha vee ja maismaa jaotust Maakeral üksikutel geoloogilistel ajajärkudel ja selgitada tol ajal valitsenud kliimaatilisi tingimusi ja orgaanilise maailma koosseisu. Osaliselt võimaldab esimest ülesannet teostada uuritaval ajajärgul tekkinud maismaa- ja mere-, eriti rannalähedaste setete leviku jälgimine. Tihtilugu ei jõuta sel teel aga õigetele tulemustele, sest otsitavad setted võivad sageli olla varjatud nooremate kihtide poolt või hoopis ära kantud välisjõudude toimetel. Esineb veel rida teisi nähtusi, millede põhjal on võimalik teha järeldusi mannerde leviku suhtes. Näiteks võime kukkurloomade jäänuste leidude põhjal Euroopa keskaegkonna lademeis oletada Euraasia ühtekuuluvust Austraaliaga enne kainozoikumi algust, või ühtede ja samade taimede esinemise tõttu India ja Aafrika permi ajastu kihtides nende maa-alade kokkukuuluvust nimetatud perioodil.

Möödunud geoloogiliste ajajärgude kliima tundmaõppimisel osutavad kivistised jällegi suurt abi. Tuletagem siinkohal meelde karboni ajastu ürgmetsade kasvutingimusi. Et kivi-

söelademeid leidub ka polaarvöötmes, siis peame oletama, et tolleaegne kliima oli nüüdisaja kliimast tunduvalt soojem. Samuti arvatakse, et tänapäeva kivistunud korallrahud arenesid samasugustes tingimustes nagu praegused sardkorallid. Kliima iseloomu määratakse ka setete põhjal. Kipsi-, kivisoola- ja klaasisoolalademetes esinemine maapõues tõendab, et nende settimise ajal valitses selles paigas kõrveline kliima, mis sundis kuivama ookeanist eraldatud endist merelahte või soolajärve.

Organismide levikut saab uurida setekivimeis leiduvate kivististe põhjal. Ainult väike mürdosa taimedest ja loomadest satub pärast oma surma niisugusesse keskkonda, kus ta on kaitstud kõdunemise eest ja võib säilida ning kivistuda. Ka siis ei muutu kivistiseks kogu organism, vaid ainult osa temast, loomadel tavaliselt kofjad, luustik ja hambad. Hoolimata kõigist lünkadest on leitud materjali põhjal siiski võimalik saada ülevaadet elukonna iseloomust Maa ajaloo üksikuil järkudel ning jälgida taime- ja loomariigi üldist arenemist.

### Ürg- ja aguaegkond.

Ürg- ehk arheilne ja agu- ehk eozoiline aegkond on vanimad ja pikimad perioodid Maa ajaloos, millede kestust arvatakse 1700 — 2000 miljonile aastale. Nende aegkondade laded on kindlaks, kristalse struktuuriga aluspõhjaks kogu setekivimite massile.

Oma vanemas osas koosneb see aluspõhi peamiselt graniidist, gneisist ja kristalsetest kiltadest; neist on gneiss ja kristalsed kildad moonekivimid. Graniidi kõrval esineb veel teisi tardkivimeid. Kõik nad kokku kuuluvad arheilisse ladedkonda.

Aluspõhja noorema ehk ülemise osa koostises valitsevad kvartsiidid, savikildad ja marmor. Need moonekivimid elasid oma tekkimisel läbi nõrgema muundumisprotsessi kui neist vanemad arhaikumi omad. Ka nende kõrval leidub tardkivi-

meid. Kogu see noorem seeria kannab eozoilise ladekonna nimetust.

Et juba tol ajal oli olemas intensiivne välisjõudude tegevus, ilmneb sellest, et enamik moonekivimeist on tekkinud setekivimite muundumise tulemusena.

Ürg- ja aguaegkonna lademed on ulatusliku levikuga, NSV Liidus leiame neid Karjalas, Koola poolsaarel, Edela-Ukrainas, Ida-Siberis ja väljaspool meie territooriumi Fennoskandias, Kanadas ja mujal. Sageli paljanduvad nad täiesti katmatuina maapinnal.

Neis aegkondades on tekkinud paljud maavarad, näiteks Kurski, Kertši ja Fennoskandia rikkalikud rauamaagilademed, Hibini apatiidid ja Siberi kulla, mangani, vismuti, vase, vilgu ja grafiidi leiukohad.

Esimesi jälgi orgaanilise elu olemasolust esineb eozoikumis. Selle kihtidest on leitud, olgugi väga harva, mitmesuguste elusolendite jäänuseid, näiteks kivistunud käsnade nõelu, koorikuliste, rõngusside jälgi jne. Šungiidi (antratsiidi laadi kivimi) leidumine Soomes ja Karjalas kõneleb selle kasuks, et aguaegkonnas pidid esinema ka taimed.

Arhaikumi ja eozoikumi kihtide asetus on tugevasti rikutud: nad on surutud kurdudesse, lõhestatud murranguist jne. See näitab, et neil ajajärkudel pidid maakoos toimuma ulatuslikud tektoonilised protsessid. Viimast lubab oletada ka laialdane moonekivimite esinemine. Kanadas ja Soomes teostatud uurimised ongi kindlaks teinud kolm suurt orogeneetilist perioodi, milledest üks oli ürgaegkonnas, teine ürg- ja aguaegkonna piiril ja kolmas aguaegkonnas. Nendega käis kaasas intensiivne vulkaaniline tegevus.

Hiljem kulutati tekkinud mäestikud välisjõudude poolt pigatandikuks ja ainult kurrutatud kihtide jäänuste põhjal võib oletada nende mäestike olemasolu minevikus.

Norra põhjapoolses osas, Põhja-Ameerikas, Hiinas ja Austraalias on leitud tugevasti muundunud moreeni, mis sisaldab

kriimustatud munakaid. Need leiud näitavad, et mainitud paikades valitses tol ajal jääaeg, mis pidi tähendama kliima tugevat jahenemist.

Kokkuvõttes näeme, et meie teadmised ürg- ja aguaegkonnast on väga puudulikud. Sootuks paremas olukorras oleme juba järgneva, s. o. vana- ehk paleozoilise aegkonna suhtes.

### Vanaaegkond.

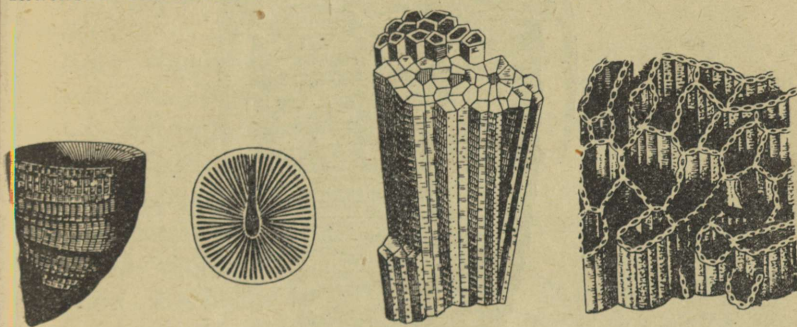
Vana- ehk paleozoiline aegkond (paleozoikum) kestis arvatavasti umbes 400—500 miljonit aastat. Ta jagatakse üksteisest erinevate ladestute arvule vastavalt kuude ajastusse, milledeks on, alates vanemaga: kambrium, ordoviitsium ehk alamsiluur, gotlandium ehk ülemsiluur, devon, karbon ehk kivisöeajastu ja perm. Nende ajastute kestused ei ole omavahel võrdsed.

Paleozoikumis oli vee ja maismaa jaotus Maakeral hoopis teissugune kui praegusel ajal. Põhja-poolkeral oli tollal kolm püsivat mannermassiivi: Fennoskandia koos Ida-Euroopa lausmaaga, Kesk-Siberi ja Kanada kilp, mis sõltuvalt nende vahel asuvate alade vertikaalseist liikumistest olid kord omavahel ühendatud, kord lahutatud. Ühtsa ulatusliku mannermassiivina esinesid nad permi ajastu lõpul. Lõuna-poolkera omas kogu vanaaegkonna kestel ühteainsat, Gondwana-nimelist manert, mis haaras endasse Austraalia, Dekhani poolsaare, Madagaskari, Aafrika ja Brasiilia koos praeguse Atlandi ookeani lõunaosa ja India ookeaniga. Teda lahutas põhja pool mandreist pikk lääne—ida-suunaline vahemeri Tethys, üks suurimaid geosünkliinaale, mille põhjast kerkisid tertsaaris Euraasia noored kurdmäestikud.

Vastandina kristalseist tard- ja moonekivimeist koosnevaile arheilistele ja eozoilistele ladekondadele koosneb paleozoiline ladekond setekivimeist, eeskätt liivakividest, savikividest, savikiltadest, mergleist, lubjakividest, dolomiitidest

ja konglomeraatidest. Intensiivse vulkaanilise tegevuse tõttu, eriti devonis ja karbonis, leidub setekivimite kõrval ka tardkivimeid.

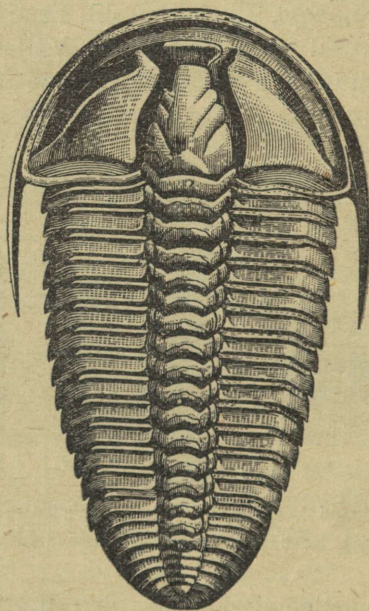
Vanaaegkond on rikas maavarade poolest. NSV Liidus on tollest ajast pärit enamik kivisöest, Petšora jõgikonna nafta, Eesti NSV ja Leningradi oblasti põlevkivi, Urali raua-, mangani- ja vasemaagid, Tihvini boksiit, Eesti NSV ja Podoolia fosforiidid, Solikamski soolalademed jne. Väljaspool Nõukogude Liidu piire kuuluvad paleozoikumi Põhja-Ameerika Suurte järvede ala vasemaagid ja Stassfurdi kivisoola- ja kaalisoolalademed Saksamaal.



Joonis 27. Paleozoikumi korallid. Vasakul — tetrakorall *Zaphrentis* (kõrval otsvaade vaheseinaga), keskel ja paremal tabulaadid *Favosites* ja *Halysites*.

Paleozoikumi setted sisaldavad rohkesti orgaanilise elu jää-nuseid, millede põhjal saab jälgida taime- ja loomariigi arenemist nimetatud aegkonna vältel. Juba ladekonna vanemas osas leidub kõikide praeguste loomahõimkondade esindajaid, kuid enamik neist on välja surnud paleozoikumi kestel. Öösloomadest on sellele perioodile iseloomustavad graptoliidid ja korallid. Graptoliidid olid merepõhja kinnistunud või pinnakihtides ujuvad koloniaalsed hüdralaadsed, kelle kitiinist koorkesti leitakse orgaanilist ainet sisaldavaist kiltkividest. Korallidest esinesid tetrakorallid ja tabulaadid (joon. 27). Lülijalgseist olid suure levikuga trilobiidid (joon. 28) ja mero-

stoomid. Trilobiitide lüliline kitiinkestaga kaetud keha oli piki- ja ristsuunas kolme ossa liigestatud. Hädaohu puhul võis loom end kerra tõmmata, kaitstes nii oma kõhtmist poolt, kus asusid lõpused ja jäsemed. Pisivormide kõrval esines kuni 0,5 m pikkusi trilobiite. Merostoomide seast oli *Pterygotus* kuni 2 m



Joonis 28. Trilobiit.

pikk. Peajalgseist olid valdaval kohal nautiloidid kambritesse jaotatud lubikodadega. Eesti lubjakivides (vahel ka kõnniteeplaatidel) esineb sirgeid ortootseraste ja endootseraste kodasid, millede pikkus võib ulatuda kuni paari meetrini. Praegu elutseb Lõunamaa meredes veel ainult ühe perekonna — *Nautilus*'e — esindajaid sellest seltsist, spiraali keeratud kojaga. Okasnahkseist olid paleozoikumi vanemas osas suu-

rema levikuga kerakujulised tsüstiidid. Skorpion kuulub juba väheste, tõenäoliselt esimeste maismaaloomade hulka.

Ordoviitsiumi kihtidest on leitud ka esimesed kalade jäänused, kuid nende loomade peamine arenemine paleozoikumis on seotud selle aegkonna noorema osaga, alates devoniga.

Devoniga muutus vanaaegkonna loomastiku koostis. Varem domineerinud loomade rühmad näitasid tagasiminekut; graptoliidid surid seks ajaks hoopis välja. Suurenes ainult korallide osatähtsus devonis ja karbonis. Karbonis oli ka rikkalik käsi- ja jalgsete fauna. Peajalgsete seas tulid esikohale ammoniidid, kes saavutasid oma arengu haripunkti keskaegkonnas.

Erilist tähelepanu väärivad devonile omased rüükalad, kellede keha oli kaetud tugeva luust rüüga. Mõned nende seast, näiteks *Heterostius*, kasvasid mitme meetri pikkusteks hiiglasteks. Vaabalised, kopskalalised ja hailised olid teised sama klassi esindajad paleozoikumi meredes.

Merefauna kõrval oli vanaaegkonna teisel poolel arenenud ka maismaaloomastik. Karboni ja permis lademeis leidub hulkjalgsete, ämblikuliste ja putukate jäänuseid. Putukate seast ulatus mõne kiilitaolise vormi tiibade siru-ulatus kuni 70 cm.

Devoni lademeist on pärit esimesed kahepaiksed loomad. Karbonis ja permis jõudsid nad hiidvormideni — ühel liigil oli ainult pea pikkus 1 meeter.

Kõige vanemad leiud roomajaist kuuluvad karbonisse. Permisis esines omapärane roomajate rühm (*Theromorpha*), kes omasid ka imetajate loomade tunnuseid, näiteks diferentseerunud hammastiku näol.

Paleozoilise aegkonna vanemas osas valitsesid meretaimed vetikate näol. Esimesteks enam tundmaõpitud maismaataimedeks on psilofüüdid, mis esinevad esmakordselt gotlandiumi kihtides. Nende 15—20 cm pikkune dihhotoomselt hargnenud vars oli kaetud soomusetaoliste lehtedega ja lõppes

eospesadega. Nad kuuluvad sõnajalgtaimede hulka. Valitsevale kohale tulid sõnajalgtaimed devonis ja püsisid sellel kohal kuni permi keskpaigani, elades üle oma õitseaja karbonis. Puutaolised sõnajalad, mitmesugused *Sigillaria*, *Lepidodendron*'i ja kalamiitide liigid kasvasid tollaegseis metsades hiiglapuudena. Koldade rühma kuuluvad *Lepidodendron* ja *Sigillaria* omadid dihhotoomselt hargnenud tüve ja juurestikku. Puutaolise osja



Joonis 29. Karboni ajastu mets.

— kalamiidi — oksad asusid tüvel ringidena, lehed okstel mänastena (joon. 29).

Karbonis esines juba paljasseemnelisi taimi kordaiitide näol. Oma tüve anatoomiliselt ehituselt seisavad nad lähedal okaspuudele; nende suured lineaalsed lehed asusid okste lõpus. Permi ajastu keskpaigas hakkasid paljasseemnelised õistaimed esikohale rühkima. Nimetatud rühma kuulusid ka saago-

lised, mis oma sirge hargnemata tüve ja selle tipus asuva lehevõruga meenutavad palme. Praegu kasvab saagolisi peamiselt Kesk-Ameerikas ja Kagu-Aasias.

Vanaaegkonnas tekkis kaks suurt kurrutust, milledest esimene oli gotlandiumis ja kannab kaledoonilise kurrutuse nimetust. Selle poolt kuhjati üles kõrged mäeahelikud, millede jäänusteks olevikus on Skandinaavia mäestik ja Briti saarestiku põhja- ja keskosa kõrgustikud. Kaledooniline kurrutus liitis ühte Fennoskandia ja Kanada kilbi. Karbonis algas ja permis lõppes teine, nn. variskiline ehk hertsüüniline kurrutus; siis tekkisid kurdmäestikud Euroopas, Aasias ja mujal. Briti lõunaosa, Prantsusmaa ja Kesk-Euroopa kulunud keskmäestikud, Uural, Tienšan, Altai, Appallatsid jt. on nende tänapäevani säilinud riismed.

Mäetekkeliste protsessidega kaasnes suurendatud vulkaaniline tegevus, mis oli eriti intensiivne karbonis. Mõned teadlased põhjendavad koguni selle ajastu taimkatte lopsakust vulkaanide poolt väljaeritatud süsihappegaasi rohkusega, mis soodustas süsiniku sarnastamist.

Lõuna-poolkeral oli permi ajastul suur jäätumine, mille tunnuseid on leitud Indias, Austraalias ja Lõuna-Aafrikas.

### Keskaegkond.

Kesk- ehk mesozoiline aegkond (mesozoikum) kestis geoloogide arvamuse järgi umbes 100—135 miljonit aastat.

Ta on jagatud kolme ajastusse, mis kannavad triiase, juura ja kriidi nimetust.

Mesozoikumi kestel oli muutusi maismaa ja vee jaotuses Maakeral. Juuras lahutati Gondwana manner kaheks osaks, millest üks koosnes Indiast ja Austraaliast, teine Aafrikast ja Lõuna-Ameerikast. Aegkonna lõpul järgnes sellele uus mannerde liigestumine, mille tulemusena Aafrika, Madagaskar, Araabia, Ees-India, Austraalia ja Lõuna-Ameerika muutusid omaette

üksusteks. Samal ajal tekkisid neid mandreid lahutavad India ookean ja Atlandi ookeani lõunapoolne osa. Juuras teostus ka Põhjamandri jagunemine Euraasiaks, Põhja-Ameerikaks ja Gröönimaaks. Endastmõistetavalt ei sarnanenud toleaegeed mandrid oma kuju, pindala, pinnaehituse ja teiste omaduste poolest praeguste samanimeliste mannerdega.

Keskaegkonna setted koosnevad peamiselt liivadest, liivakividest, savidest, merglist ja lubjakividest. Viimaste hulgas on erilise tähtsusega ülemkriidis tekkinud kirjutuskriidi lademed. Setekivimite kõrval leidus ka tardkivimeid. Dekhani poolsaarel on 3 miljoni km<sup>2</sup> suurune maa-ala kaetud tardunud laavamassidega.

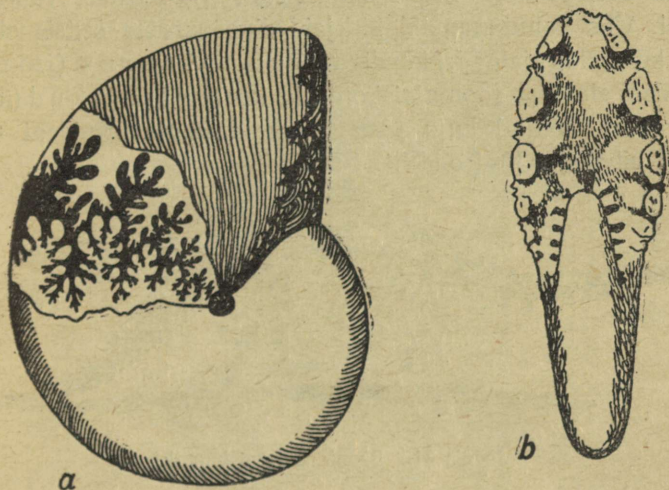
Mesozoilise aegkonna lademeis esineb mitmesuguseid m a a v a r a s i d. NSV Liidus kuuluvad nende hulka Tšeljabinski, Kaukaasia ja Kaug-Ida kivisüsi, Siberi pruunsüsi, Volga-äärsed põlevkivid, Emba nafta ja rohked pruunraumaagi-, fosforiidi-, kivisoola-, kipsi- ja kriidilademed.

Omapärased olid keskaegkonna fauna ja floora, hoopis erinevad teiste aegkondade omadest.

Ülemkriidijastikul etendasid mereloomastikus suurt osa algloomade hulka kuuluvad juurjalgsed, kelle kodasid kohtame rohkesti kriidilademeis. NSV Liidus leidub viimaseid Ukrainas (Belgorodi lähedal), Kurski ümbruses, Volga ääres ja mujal. Vanaaegkonna korallide asemel ilmusid heksakorallid, kelle rahusid esineb rohkesti lubjakivi-Alpides. Silmapaistvaiks mereelanikeks olid aga mesozoikumis a m m o n i i d i d (joon. 30), kes saavutasid siis oma arengu kõrgpunkti. Nende esinemissageduse, liikide rohkuse ja üksiku liigi piiratud levikuaja tõttu kasutatakse neid juhtkivististena. Ammoniidide kõrval oli levinud veel teine peajalgsete selts — b e l e m n i i d i d, keda leidus esmakordselt triiase kihtides. Belemniiidi piklikus tagakehäs asus kuhikukujuline skeletiosa — rostrum, mis kivistisena on rahvasuus tuntud „kuradi sõrme” ja „pikse-noole” nime all. Belemniiidid on samuti juhtkivistised.

Kriidiajastu limuste seas olid omapärased karpide klassi kuuluvad rudistid, kes elasid merepõhja külge kinnistatuna, sarnanesid oma väliskuju poolest üksikkorallidega ja kasvasid kuni ühe meetri pikkuseks.

Triasest on pärit esimesed luukalade leiud. Selle ajastu lõpus surid välja ürgkahepaiksed — katispealised, kes



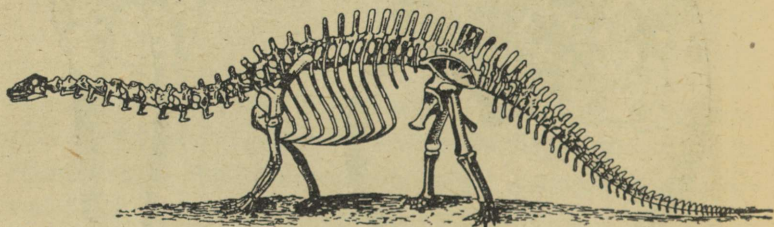
Joonis 30. Ammoniit *Phylloceros* juura ajastust. *a* — vaade küljelt, *b* — eestvaade ühele vaheseinale.

sarnanesid oma väliskujult sisalike ja krokodillidega. Nende seas leitud hiidvorme, kelle pea pikkus oli kuni 1 meeter.

Erakordse vormirikkuse ja mitmekesisuse saavutas kesk-aegkonnas roomajate klass. See etendas tol ajajärgul loomariigis sedasama osa, mis on kainozoikumis imetajail, moodustades valitseva klassi. Roomajaid elas maismaal, levis meredes ja lendas õhus. Nende seas esines pisivorme ja hiiglasti, neljal ja kahel jalal kõndijaid, taimtoitlasi ja kiskjaid. Paljud neist olid eriskummalise välimusega, milliseid me enam

tänapäeva loomade hulgas ei kohta. Maismaal elutsevate dinosaurusete seltsi kuuluv kohmaka keha, pika kaela, väikese pea ja pika, tugeva sabaga brontosaurus (joon. 31) oli üle 20 m pikk ja 5 m kõrge. Ta kõndis neljal jalal ja toitus taimedest nagu tema seltsikaaslane tritseratopski (joon. 32), kelle turja kaitses luust kilp, kuna silmade kohal asetses kaks meetripikkust sarve ja kolmas, väike, oli ninal. Üks kohutavamaid kiskjaid dinosauruste seltsis oli üle 5 m kõrge tagajalgadel kõndiv t r a n n o s a u r u s (joon. 32).

Vees elavaist roomajaist omasid kalasikalikud (ihtiosaurused) delfiini kuju ning arenesid hiiglavormideni (kuni 12 m pikaks). Nad olid head ujjad.

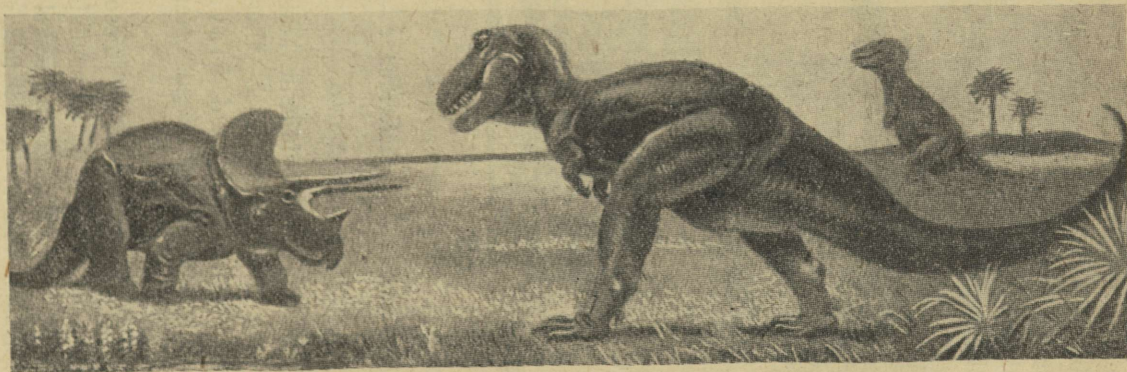


Joonis 31. Brontosauruse luustik.

Lendroomajad (joon. 33) kasutasid õhus liikumiseks, nagu tänapäeval nahkhiired, jäsemete vahel olevat pingutatud lennunahka. Ka nende seas oli hiiglasi (tiibade siru-ulatus kuni 6 m).

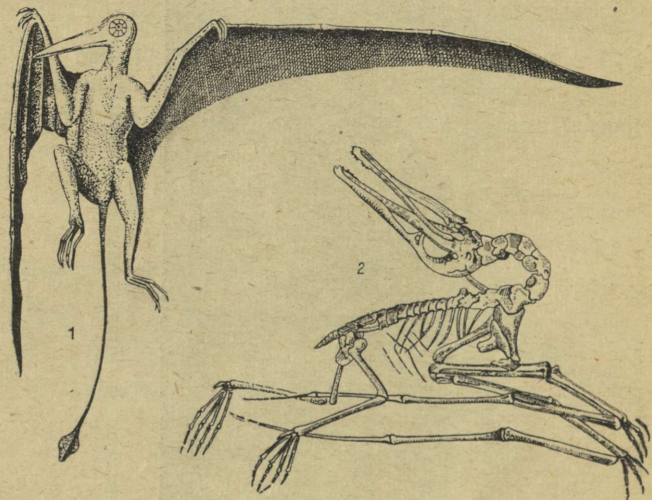
Seni tuntud vanima lindude klassi esindaja jäljend leiti juura ladestusse kuuluvalt litograafiliselt kildalt. See tuvi- kuni kana-suurune ürglind *Archaeopteryx* (joon. 34) omab mitmeid roomajate tunnuseid, näiteks hammastikku; selgrootülidest koosnevat pikka saba, küüniseid esijäsemeil jne., mis näitab tema põlvnemist roomajaist.

Triiasega alates esinesid keskaegkonnas ka imetajad kukkurrottidega sarnanevate väikeste loomade näol. Kriidiajastul ilmusid meile lisaks ürgkabalised ja ürgkiskjad.



Joonis 32. Tritseratops ja türannosaurus (restaureeritud).

Ülalkirjeldatud rikkalik ja mitmekesine roomajate maailm suri välja mesozoilise aegkonna lõpuks. Uusaegkonda läksid üle vaid selle jäänused. Nähtavasti olid selle põhjuseks kriidiajastul toimunud mäetekkelised protsessid, milledega käis kaasas kliima halvenemine. Samaks ajaks kadusid meredest ammoniidid ja belemniidid.

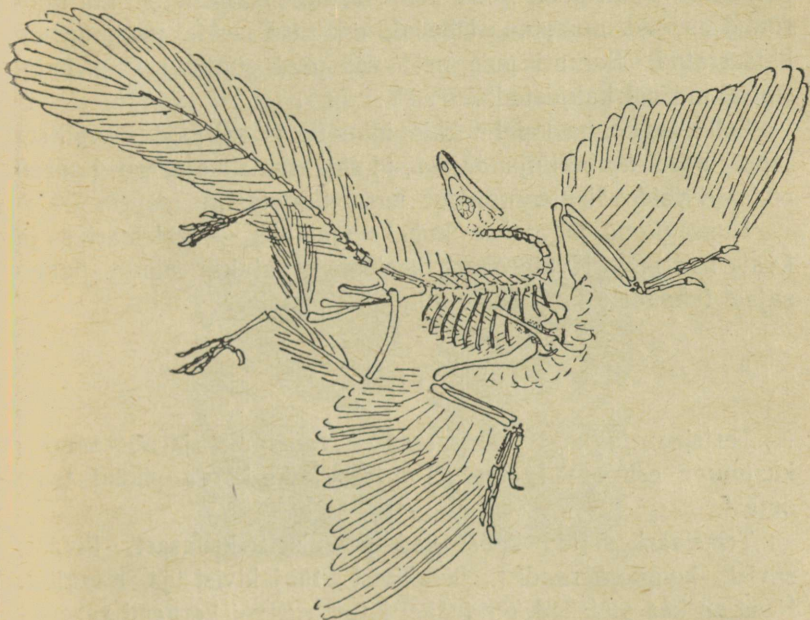


Joonis 33. Lendsisalik. 1 — restaureeritud, 2 — luustik.

Taimkattes valitsesid kuni kriidiajastu keskpaigani paljassemnelised okaspuude ja saagoliste näol. Ülemkriidis tulevad esikohale juba kateseemnelised õistaimed eesotsas tuulelembeste lehtpuude ja palmidega. Nende seas leidub ka putukalembesi taimi.

Mäetekkeliste protsesside poolest oli mesozoikum rahulikum kui teised aegkonnad. Üks vähema ulatusega kurrutus oli juuras. Sellele järgnes kriidiajastu keskel ja lõpul teine, mis haaras juba laialdasi alasid. Tollal tekkisid Kirde-Aasia

mäestikud ja algas noorte kurdmägede üleskuhjumine. Viimane saavutas oma haripunkti tertsaaris.



Joonis 34. Ürglind (*Archaeopteryx*). Jäljend lubjakildal.

Triias esinenud mere taandumisele järgnes juura mere pealetung, mis jõudis oma haripunktile ülemkriidis. See oli üks suurimaid maismaa-alade üleujutusi Maakerajaloos. Kriidi-ajastu lõpul hakkas meri uuesti tagasi tõmbuma.

### Uusaegkond.

Uus- ehk kainozoiline aegkond (kainozoikum) on noorim ja lühim periood Maa ajaloo. Tema eaks arvestatakse umbes 50—55 miljonit aastat. See on aeg, mille kestel mandrid ja mered said oma praegused piirjooned ning arenes välja täna-

päeva taimkate ja loomastik — õistaimede ja imetajate loomade valitsevale kohale tulekuga. Sellest aegkonnast on säilinud kõige enam geoloogilisi asitõendeid. Tema setted kui noorimad asuvad maapinna lähedal, mistõttu nende uurimine on lihtsustatud. Samuti pole neid välisjõud suutnud veel kuigi suurel määral kahjustada.

Selle aegkonna lõpul tekkis inimene ja sai looduse valitsejaks, selle ümberkujundajaks, kuigi tema ajalugu haarab endasse vaid väikese murdosa uusaegkonnast.

Uusaegkond jagatakse kaheks ajastuks — tertsiaariks ja kvaternaariks. Kvaternaari kestust arvatakse ainult paarisajale tuhandele kuni ühele miljonile aastale.

#### a) Tertsiaar.

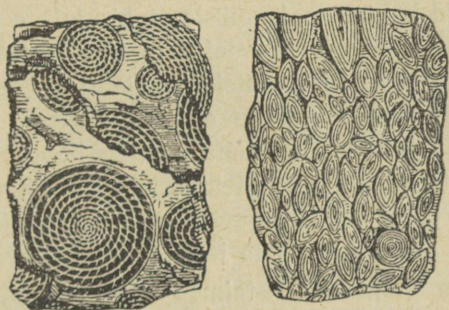
Tertsiaar jaguneb kahte ossa — vanemaks ja nooremaks, kusjuures esimese kestus oli umbes kaks korda pikem teise omast.

Tertsiaari setted koosnevad peamiselt kruusast, liivast, savist, konglomeraadist, liivakivist, lubjakivist ja merglist. Need on kas pudedad, omavahel liitumata või kergesti rabenevad, nõrgalt liitunud kivimid. Nimetatud omadused on seletatavad kivimite „lühikese” elueaga, mille kestel tihenemisprotsess pole veel süveneda jõudnud. Intensiivse vulkaanilise tegevuse tõttu tol ajastul esineb rohkesti tardkivimeid, eriti basalti ja trahhüüti.

Tertsiaarseid setteid leidub Euroopas Londoni ja Pariisi nõos, Belgias, Põhja-Saksamaal koos Taaniga, Alpides, Karpaatides, NSV Liidu lääneosas (Krimmis, Kaukaasias, Ukrainas koos naaberaladega) ja mujal.

Tertsiaari lademeis peitub mitmesuguseid *m a a v a r a s i d*. Küttaaineist kuuluvad sinna pruunsüsi ja nafta. Euroopas leidub esimest rohkesti Põhja- ja Kesk-Saksamaal. Ida-Kaukaasias Apšeroni poolsaarel on naftaga läbi imbunud ligi 2000 m

paksune liivakas-savikate kihtide seeria, mis on üheks suurimaks õliväljaks maailmas. Tertsiaarse tekkega on Ukraina ja Kaukaasia manganilademed ja Kertši poolsaare pruunraumaagi-leiukohad. Neist viimased kuhjusid keemiliste setetena madala merelahe põhja. Samast ajastust on pärit veel Wieliczka kivisool ja merivaik. Merivaigu peamiseks leiukohaks on Samlandi poolsaar Kaliningradi ringkonnas, kus teda kaevatakse välja nn. „sinisest pinnasest”. Merivaik on tekkinud praegu enam mitteesinevate okaspuude vaigu tardumisel.



Joonis 35. Nummuliid-lubjakivi.

Koos keskaegkonnaga kadusid ka tollal valitsenud hiigel-roomajad ja tertsiaaris seisid loomariigis esikohal imetajad.

Algloomadest olid massiliselt levinud juurjalgsete hulka kuuluvad nummuliidid (joon. 35). Nende suhteliselt suurtest (kuni 6-cm läbimõõduga), ümmargustest, lamedatest ja spiraalselt keerdunud kodadest koosnevad terved lubjakivilademed. Neist kivimeist on ehitatud Egiptuse püramiidid, maju Kairos, Sevastopolis, Simferopolis ja mujal.

Luukalade kõrval esinesid hiigelhaid. Neist on säilinud peamiselt hambad. Ühel tertsiaaris elanud haideliigil oli hamba pikkus 15 cm.

Keskaegkonna lademeis tehtud imetajate leidudes dominee-

rivad kukkurloomalised. Tertsiaaris tõrjuti viimased hoopis kõrvale. Nad jäid valitsema ainult Austraalias, sest see manner oli siis juba Aasiast lahutatud. Ka Lõuna-Ameerikas säilis mõnikümmend biisamroti liiki (neist üks Põhja-Ameerikas). Mujal surid kukkurloomalised välja.

Kõrgemad imetajad hakkasid kiiresti arenema. Osa neist siirdus vette, teine osa õhku, enamik jäi aga elama maapinnale. Kujunesid välja taimtoitlased ja kiskjad. Vanema tertsiaari imetajad sarnanesid vähe praegustega. Esines vorme, mis ühendasid endis sageli mitme seltsi või sugukonna tunnuseid. Kuid juba siis elasid kabjaliste, londiliste ja kiskjaliste eelkäijad.

Nooremas tertsiaaris oli imetajate spetsialiseerumine tugevasti edenenud. On leitud näiteks kiskjalistel, kabjalistel, sõralistel ja teistel seltsidel praegu elavate sugukondade ja perekondade esindajaid. Mõne looma, näiteks hobuse pidev arengumine on selgitatud tertsiaaris tehtud leidude põhjal.

Tertsiaari teisel poolel kujunes välja ka ahviliste selts. Inimese eelkäija olemasolu kohta tertsiaaris puuduvad andmed.

Taimkattes valitsesid õistaimed — okaspuud, lehtpuud ja palmid. Praegustest taimedest esinesid näiteks loorberid, pajud, paplid, pöögid, vahtrad jt. Et tertsiaari kestel kliima jahenes, siis nihkusid lõunamaised igihaljad taimed järk-järgult tagasi ekvaatori poole.

Tertsiaaris tekkisid noored kurdmäestikud, mis läbivad laia vöötmena Euraasiat ja piiravad ringina Vaikset ookeani. Need kuhjati üles geosünkliinallidest, mis lahutasid tolaeagseid mandreid üksteisest. Kurrutustega samaaegselt toimusid murrangud, eriti vanades kulunud mäestikes, ja muutsid viimaste välimust tunduvalt. Nii on näiteks Tienšani ja Altai järsunõlvallised lavajad ahelikud murrangute poolt üles paisatud. Sama laadi maapangaste ümberpaigutamisi tertsiaaris sündis ka Uralis, Saksa keskmäestikus ja mujal.

Mäetekkelisi protsesse saatsid maavärinad ja vulkaanilised nähtused. Vulkaanilise tegevuse jälgi tardunud laavakatete,

säilinud tulemägede kuhikute, kuumaveeallikate jne. näol leidub Euroopas näiteks Saksamaal (Eifel, Rhön), Tšehhoslovakkias, Prantsusmaal (keskkõrgustikus Auvergne'is) ja teistes paikades.

#### b) K v a t e r n a a r .

Kvaternaaris eristatakse kahte ajastikku — diluuviumi ja alluuviumi. Neist esimese kestust arvatakse kahesajale tuhandele kuni ühele miljonile ja teise oma vaid 8000—10 000 aastale.

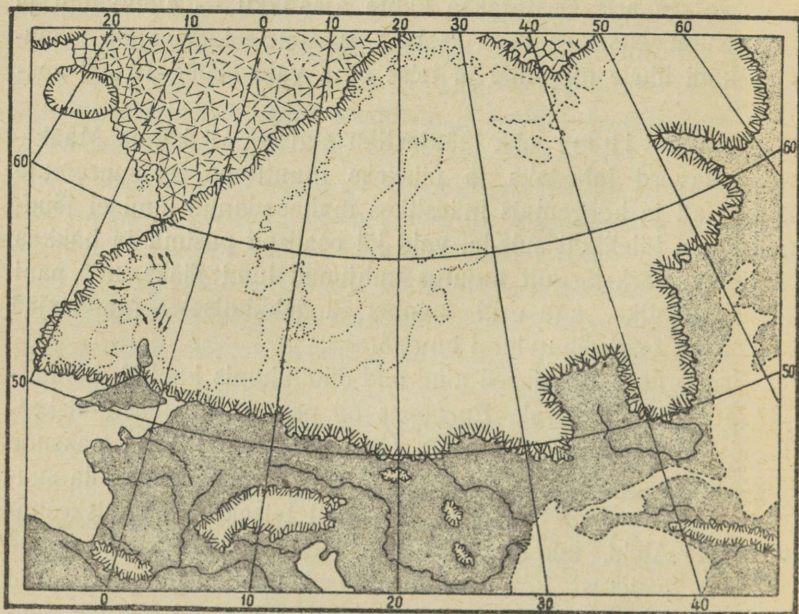
Diluuviumi ehk jääajastiku alguses oli kliima Maakeral sedavõrd jahedaks ja niiskeks muutunud, et suuremate laiuste all ja kõrgemais mäestikes mahasadanud lumi ei jõudnud enam täielikult sulada, vaid jäi osaliselt püsima ja hakkas kuhjuma. Järk-järgult muutus kuhjunud lumi jääks, mis pani alguse liustike, aga eriti mannerjää tekkimisele. Mannerjää suur levik ongi diluuviumi omapäraks.

Erakordselt laialdased alad olid diluuviumis kaetud mannerjääga põhja-poolkeral. Euroopas oli peamiseks jäästumiskeskuseks Skandinaavia mäestik (joon. 36). Kuni 2 km paksune jäämass valgus siit laiali ärte poole ja võttis enda alla suurema osa Euroopa mandrist. Ulatuselt teiseks jäästumiskeskuseks olid Alpid, kus ainult ahelike ladvaosad kerkisid orgusid täitvast liustikust kõrgemale. Mõned liustikukeeled tungisid sealt kaugele väljapoole mäestiku piire. Osaliselt olid samasuguse jääkatte all ka Püreneed, kuna vähemaid liustikke esines paljudes Euroopa keskmägedes. Aasias kattis mannerjää Lääne-Siberi madalmiku põhjapoolmiku, kuid tugevasti olid jäastunud ka Kirde-Siberi mäeahelikud. Suurim levik oli mannerjää Põhja-Ameerikas, kus ta võttis enda alla mandri kirde- ja keskosa. Mannerjää kattis ka Põhja-Jäämeres asuvaid saari ja saarestikke. Samasuguses olukorras oli ka Islandi saar.

Lumeraja madalama seisu ja jääliustike suurema ulatuse kohta diluuviumis on tunnuseid leitud ka lõunapoolsete man-

nerde mäestikes, koguni neis paikades, mis asuvad ekvaatori lähedal. See lubab oletada, et kliima jahenemine nimetatud ajastikul ei ilmnenu mitte üksnes põhja-poolkeral, vaid ulatus üle terve Maakerä.

Põhjalikumad uurimised mitmel maal on näidanud, et diluuviumis ei toimunud mitte ühekordne jää pealetung ja taandu-



Joonis 36. Jääajastik Euroopas. Kaart näitab mannerjää maksimaalset levimist.

mine, vaid see sündis korduvalt. Järelikult pidi ka kliima diluuviumi kestel elama üle kõikumisi, muutudes ajuti soojemaks, et siis uuesti jahtuda, jne. Jää pealetungiga seotud külma perioodi nimetatakse jääajaks ja tema tagasitõmbumisega ühenduses olevat soojema kliimaga ajavahemikku — jäävaheajaks.

Euroopas on seni kindlaks tehtud nelja jääaja ja kolme jäävaheaja olemasolu. Põhja-Ameerikas oli tänapäeva uurimuste andmeil viis jääaega nelja jäävaheajaga, NSV Liidu territooriumil on esinenud seniste uurimuste põhjal kolm jääaega ja kaks jäävaheaga, Eesti NSV-s aga ainult kaks jääaega ja üks jäävaheaeg.

Kõige suurem levik oli mannerjääl Euroopas ja Põhja-Ameerikas eelviimasel jääajal. Euroopa liustik kattis siis Fennoskandia, peaaegu kogu Briti saarestiku, Hollandi, Põhja-Saksamaa koos Taaniga, Poola ning Ida-Euroopa lauskmaa põhja- ja keskosa, kust tungis kahe keelena piki Dnepri ja Doni orundit kaugele lõunasse. Põhja-Ameerikas ületas mannerjää tollal neljakümnenda põhja-laiuskraadi. Üldse oli sel perioodil jääga kaetud umbes 39 miljonit km<sup>2</sup> maismaa pinnast.

Mannerjää kulutamisala tähistavad siledaks ihutud ja kriimustatud kaljualuspõhi, silekaljud, jää poolt süvendatud lohud ja oma mõõdetelt võimsad fjordid. Kuhjamisala iseloomustavad enam-vähem ühtlaselt laotud põhimoreenvaip, voorestikud, looklevad vallseljakud, järsunõlvalistest kuplitest koosnevad otsmoreenkuhjatised ja pikad otsmoreenvallid. Jääsulamisveed uuristasid pehmesse aluspõhja või pinnakattesse uurde- ja ürgorge. Moreenist väljauhetud liiv kanti kokku *liivikuisse* (sandureisse). Jääsetete peenainesest koosnevad mannerjää levimisalast lõuna poole jäävad lössilademed. Jäävaheaja setetest on erilise tähtsusega turbakihid, mis sisaldavad mitmesuguste organismide jäänuseid.

Suuri muutusi sündis diluuviumis ka kuuma kliimaga maades. Üldise jahenemise tõttu vähenes neis aurumine, mille tagajärjeks oli kuivusalade kokkutõmbumine. Sahara vadid olid tol ajal iga-aastase korrapärase suurveega jõed, mis suubusid järvedesse. Araali järv võttis enda alla tunduvalt suurema pindala kui tänapäeval ja saatis oma veed Kaspia merre.

Mannerjää nihkumisega lõuna poole olid sunnitud tagasi tõmbuma ka taimkate ja loomastik. Liigid, kes ei suutnud koha-

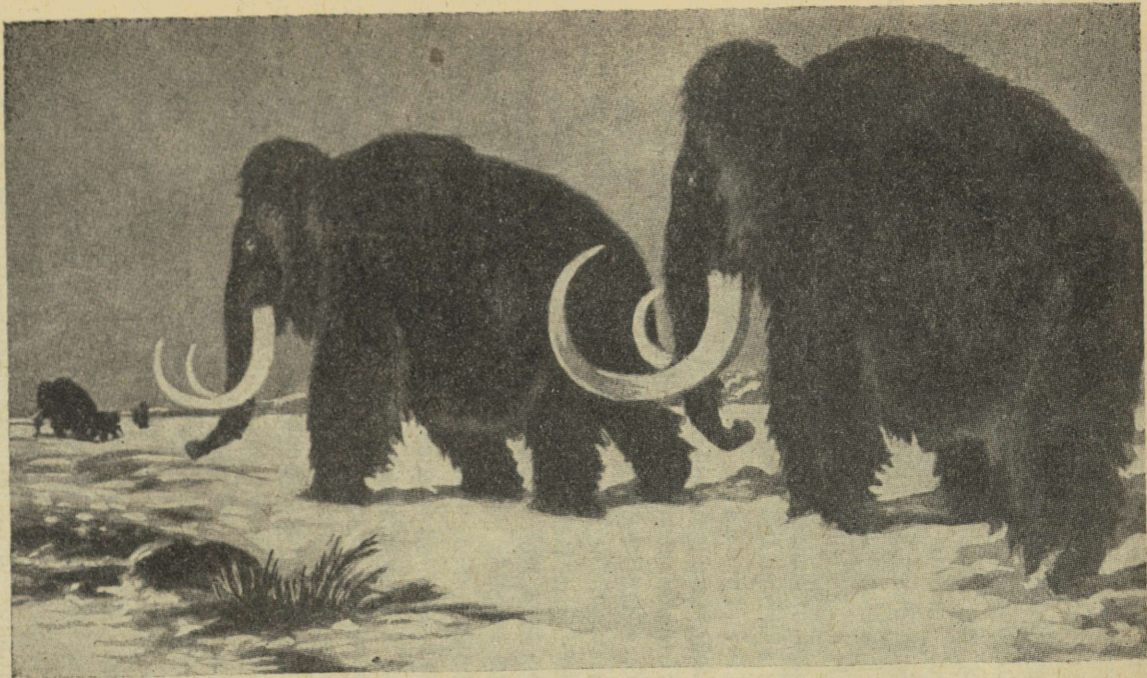
neda tekkinud uue olukorraga, hävisid. Suureks takistuseks osutusid sellele organismide rändamisele lääne—ida-suunalised mäestikud Kesk-Euroopas. See ongi põhjuseks, miks Euroopa on taime- ja loomaliikide poolest märksa vaesem kui Põhja-Ameerika, kus mäeahelikud suunduvad põhjast lõunasse ega olnud seega mingisuguseks tõkkeks.

Diluuviumi loomastiku tüüpilisemaks esindajaks on mammut (joon. 37). See londiliste seltsi kuuluv elevantist märksa suurem loom oli üleni kaetud pika, tiheda punakaspruuni karvastikuga; naha all oli tal paks rasvakiht, millele lisandusid peas ja seljal rasvaküürud. Seega oli mammut kohanenud oma asukohas valitseva külma kliimaga. Mammuti loogataoliselt kõverad kihvad kasvasid kuni 3 m pikkuseks ja saavutasid keskmise inimese kaalu. Rohkesti on mammuti luustikke säilinud Põhja-Siberi ürgjääs. Juba üle kahe ja poole tuhande aasta kogutakse seal selle looma kihvu, milledega kaetakse üks kolmandik kogu müügile minevast elevantiluust. Jäässe on maetud ka terveid mammutilaipu, kuid väljasulamisel söövad nende liha ära jääkarud, hundid, polaarrebased ja koerad. Ühe peaaegu tervelt leitud mammuti topis asub NSV Liidu Teaduste Akadeemia muuseumis. Londiliste hulka kuuluvad ka Põhja-Ameerikas elutsenud mastodonid.

Teiseks jääajastikus laialdaselt levinud loomaks oli villkarvane ninasarvik, kelle keha kaitses külma vastu tihe karvkate. Tema ninal asuvaist sarvedest kasvas esimene kuni poole meetri pikkuseks. See loom ületas suuruselt tänapäeval elavad ninasarvikud.

Mammut, mastodonid ja villkarvane ninasarvik surid välja juba diluuviumis. Sama saatus tabas ka tolleaegseid kiskjaid — koopalõvi ja koopakarude; ürghärg ja euroopa piison hävitati alles alluuviumis — väga hiljuti, kuna põhjapõder, muskusveis, metssiga, ilves ja palju teisi jääajal levinud loomaliike elab veel nüüdki.

Jääajastiku taimestik ei erinenud kuigi tunduvalt praegu-



Joonis 37. Mammutid.

sest. Jäävaheaegadel kasvasid liustiku alt ajutiselt vabanenud maa-aladel valge pöök, tamm, saar, vaher, kask, lepp, kuusk, mänd ja teised puud.

Diluuviumis elas ka juba inimene. Vanimaks leiuks sel alal Euroopas on 1908. a. Saksamaal Heidelbergi lähedal väljakaevatud massiivne alumine lõualuu ühes hammastega. Lõualuul puudub lõuats, tema hambad meenutavad inimese omi. Selle omanikku nimetatakse heidelbergi inimeseks, kes elas jääajastiku esimesel poolel.

1911. a. leiti Lõuna-Inglismaal Pilt-downi lähedalt koopast kolju osad, milledest teravate kihvadega alalõug sarnanes ahvi omaga, ajukolju aga inimese omaga. Need kuuluvad nn. pilt-downi inimesele, kes elas heidelbergi inimesest hiljem. Mõlema kohta puuduvad täielikumad andmed, kuid arvatavasti seisid nad lähemal inimesele kui inimahvile.

1856. a. leiti Lääne-Saksamaal Neandertali orus koopast koljukaas ja mõned jäsemeluud. Hiljem tehti veel rida teisi leide sellest liigist, keda nimetatakse ürg- ehk neandertali inimeseks. Kogutud materjali põhjal pidi ürginimene olema kuni 160 cm pikk, omama madalat, hästi lamedat otsmikku ja käima kүүrus. Tal puudus oskus väljendada oma mõtteid sõnadega. Ürginimene oli koopaelanik ja elas kolmandal jäävaheajal.

1864. a. leiti Prantsusmaal Cro-Magnoni (l. kromanjoni) küla lähedal viis luukeret, mis sarnanevad praegusaja inimese omaga, kuid kuuluvad väljasurnud, nn. Cro-Magnoni tõule. Need inimesed elasid koopas ja ilustasid oma elamu seinu kunstipäraste joonistustega. Nende levimisaeg langeb neljanda jääaja lõpule ja hilisjääajale.

Alluuvium on Maa ajaloo noorim ajastik. Tema setted on kõige vähem tihenened ja oma asendi tõttu kõige kergemini kättesaadavad. Nende tekkimine kestab ka tänapäeval kõrbes ja mererannal tuuletegevuse toimetel, jõesuudmeis deltade kuhjumise näol, järvedes ja meredes orgaanilise ja mineraalainese põhjasettimise teel, lähistroopilistes, troopilistes metssoodes

ning parasvöötme soodes ja rabades kōduneva taimekihi järjekindla paksenemise ja turba tekkimise kujul jne. Avaldub ka Maa sisejõudude tegevus, põhjustades magmamasside ülestungimisega ning sügavuses valitseva kõrge temperatuuri ja suure survega tard- ja moonekivimite tekkimist. Selle näiteks on meie tänapäeva tegevad tulemäed oma laavakatetega.

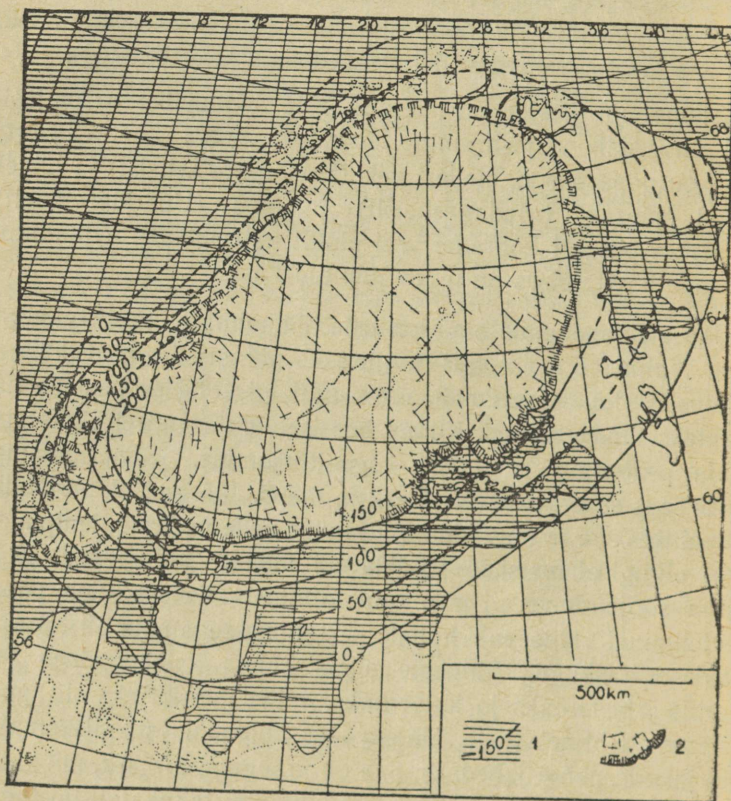
Alluuviumi kestel on hävinud rida loomaliike ja paljusid teisi ähvardab väljasuremine. Esimeste hulka kuuluvad ürghärg, euroopa piison, stelleri veis (sireeniliste seltsist) ja hiigellinnud epiornis (Madagaskarilt) ja moa (Uus-Meremaalt). Ameerika piisonit kohtame veel ainult kaitsealadel. Nimetatud loomade hävitamises on tegev inimese käsi.

Jää alt vabanenud alad kattusid alluuviumis uuesti taimkattega. Taimestiku arengut mõjutasid pärastjääaegsed kliimamuutused. Läänemeremail, nagu mujalgi, olid esimesteks tulnukateks tundrataimed. Kliima edasisel soojenemisel algas aga metsa pealetung ja tundra tagasitõrjumine. Sisserännanud puude seas asusid esikohal kask ja mänd. Järgmisel perioodil, mil valitses soe ja kuiv kliima, lisandus neile veel rida lehtpuude liike, olgugi et metsade pindala oli üldiselt kahanenud. Kuid kliima soojenes veelgi ja muutus ühtlasi niiskeks. See pööre viis lehtpuud valitsevale kohale — tammie-segamets oli tol ajal laialdase levikuga. Siitpeale algas kliima halvenemine. See muutus jahedamaks ja kuivemaks, mille tagajärjeks oli kuuse pealetung lehtmetsadele. Hiljem läks kliima uuesti niiskemaks, kuid jäi edaspidigi jahedaks. See on praegune ajajärk, mil valitseva puuna püsib edasi kuusk. Alluuviumi taimkatet on tugevasti mõjutanud inimene. Ta on laastanud oma majandusliku tegevusega metsi, kuivendanud soid ja rajanud kultuurmaistuid, toonud kultuur- ja dekoratiivtaimedena sisse uusi liike ja sorte, hävitanud umbrohtusid, kuid samal ajal soodustanud ka nende levinemist.

Maakoore liikumistest alluuviumis on meile juba varem

teada Fennoskandia aeglane kerkimine, mille tulemusena tekkis Läänemeri.

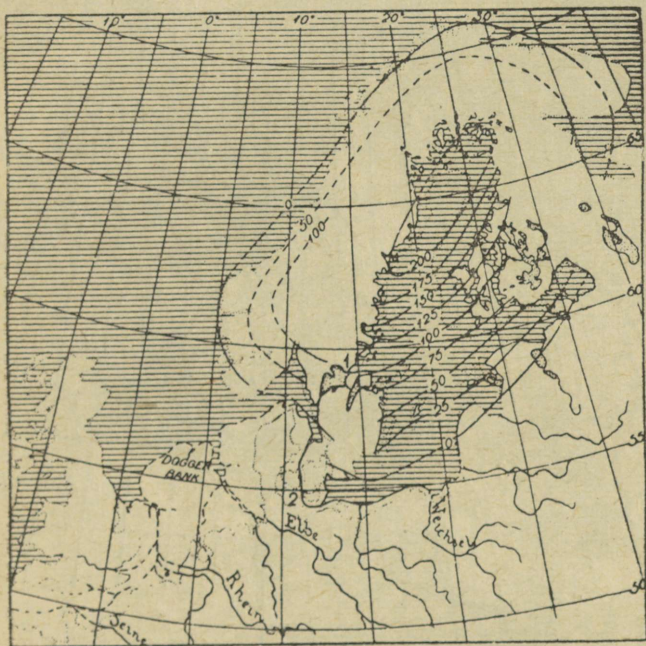
Kui diluuviumi lõpul taanduv jääserv peatus Lõuna-Soome



Joonis 38. Joldia-meri.

kohal, kogunes tema ette sulavetest suur paisjärv. Kesk-Rootsi järvede nõo vabanemisega mannerjää alt tekkis paisjärvel sealtkaudu ühendus Põhjameriga. Samal ajal toimus ühinemine Valge merega üle Laadoga ja Onega järve. Fennoskan-

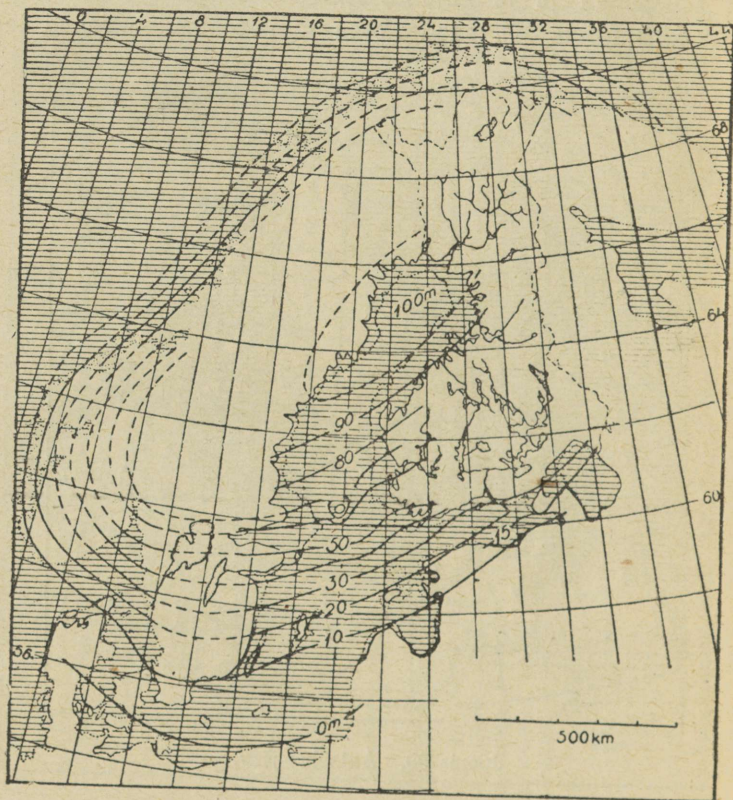
dia muutus saareks, paisjärv — soolase veega arktiliseks mereks. Viimast nimetatakse temas elutsenud väikese karbi *Yoldia arctica* järgi Joldia - mereks (joon. 38), mis püsis 500 aastat. Siis katkes maismaa kerkimise tõttu Joldia-merel side ookeaniga ja ta kujunes mageda veega Antsülus-järveks (joon. 39), saades oma nime temas elutsenud teo



Joonis 39. Antsülus-järv.

*Ancylus fluviatilis*'e järgi. Selle järve kestus oli 2500 aastat. Nimetatud aja möödumisel tekkis Fennoskandia põhjaosa kerkimise ja lõunapoolse osa vajumise tagajärjel Antsülus-järvel ühendus Põhjamerega Taani väinade ja Skagerraki kaudu. Ta sai uuesti mereks, mis tollal valitseva tamme-segametsa kliima tõttu oli soojem oma eelkäijaist. Seda merd nimetati väikese

teo *Litorina litorea* järgi Litoriina-mereks (joon. 40).  
 Ta püsis 3500 aastat. Litoriina-merele järgneva kahe aren-  
 guastme jooksul kujuneb lõplikult välja meie praegune Lääne-  
 meri.



Joonis 40. Litoriina-meri.

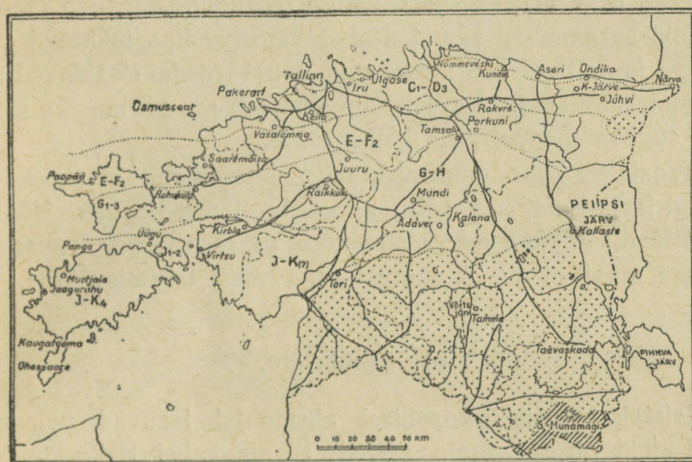
Kirjeldatud veekogude randjooni saab jälgida nende kohal  
 tekkinud astangute, randvallide, luidete ja organismide jäänuste  
 kuhjatiste järgi. Maapinna kerkimise tõttu asuvad vanemad

moodustised meretasemest kõrgemal kui nooremad. Et kerkimine oli aga ebahütlane, siis on samavanustest rannamoodustistest põhjapoolseil suurem absoluutne kõrgus kui lõunapoolseil.

## EESTI NSV ALUSPÕHI JA PINNAKATE.

### 1. Aluspõhi.

Eesti NSV aluspõhjaks on arhaikum ja eozoikum koos paleozoikumi vanema ja keskmise osaga, kuhu kuuluvad kambrium,



Joonis 41. Eesti NSV aluspõhja geoloogiline kaart. Ordoviitsiumi ja gotlandiumi avamused on tähistatud tähtedega, keskkdevon on täpitatud, ülemdevon viirutatud.

ordoviitsium, gotlandium ja devon (joon. 41). Neil lasuvad pinnakattena diluuviumis mannerjää ja selle sulamisvete poolt kohalekantud moreenaines ja alluuviumi setted. Devoni ja diluuviumi vahelisi ladestuid Nõukogude Eestis ei leidu.

## a) Arhaikum ja eozoikum.

Ürg- ja a g u a e g k o n n a lademed, mis Koola poolsaarel, Karjalas, Soomes, Skandinaavias ja mitmes kohas mujal avanevad sageli otse maapinnal, jäävad meil peitu paksu setekivimite katte alla. Põhjarannikul asuvad nad puurimiste andmeil 105—200 m allpool meretaset. See ligi 100 m piiridesse ulatuv kõikumine näitab, et nende ladekondade pealispind ei ole tasane, vaid sellel esinevad kõrgusvahed. Viimased pidid tekima murenemise ja teiste välisjõudude tegevuse tagajärjel sel ajal, mil mainitud pealispind oli maismaaks ega olnud veel kaetud nooremate setetega.

Eesti NSV arheilise ja eozoilise ladekonna tard- ja moonekivimid sarnanevad samal ajal Fennoskandias tekkinud kivimitega ja on tugevasti kurrutatud. Jõhvi lähedal sisaldavad nad magnetrauamaaki. See leiukoht avastati ses piirkonnas esinenud tugeva magnetnõela hälbe põhjal.

Teostatud kahe puurimise abil pole võimalik kindlaks teha maagi levimisala ega välja arvutada tema kogust. Nõukogude Eestis ei ole see ka oluline, sest säärase väikese rauasisaldusega maak ei ole nii suurest sügavusest tootmisväärne.

## b) Kambrium.

Kristasel arheilis-eozoilisel aluspõhjal lasuvad paleozokumi kihid on rikkumata asendis ja omavahel rööpsed. Nad osutuvad kallakuiks lõuna suunas, kuid see langus on väga väike, kõikudes vaid 0°15' kuni 0°24' piirides (joon. 42).

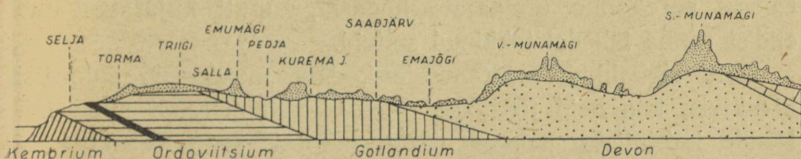
Esimesena lasub tugevasti murenenud kristasel aluspõhjal alamkambriumi ladestikku kuuluv ümmargustest teradest koosnev valge räniliivakivi, mille paksus ulatub mõnekümne meetrini. Ta algab konglomeraadiga, mis osutab mere pealetungile kambriumi alguses. Nimetatud lade jääb veel tervenisti meretasemest madalamale, kuid temale järgnev sini-

savi ulatub Tallinnast ida pool juba üle meretaseme — Aseri—Kunda kohal umbes 20 m.

See kujutab endast sitket, rasvast, roheka värvusega savi, milles esineb liiva- ja liivakivi-vahekihte.

Võrdlemisi suure raua- ja kaaliumisoolade sisalduse tõttu ei ole sinisavi tulekindel ega raskesti sulav, kuid sobib hästi telliste, torude ja katusekivide valmistamiseks ning tooraineks tsemendi tootmisel. Tema lademe paksus kõigub Eesti NSV piirides 50—90 m vahel. Ida pool jätkub ta VNFSV-s.

Sinisavil lasub eofüüton-liivakivi, mis koosneb savikaist ja liivakaist kivimeist ning asub Tallinna—Kaku-



Joonis 42. Eesti NSV geoloogiline läbilõik põhjast lõunasse. Must viir ordoviitsiumis märgib põlekivi avamust ja lademeid. Pealmine, täpiline viir tähistab moreenkatet. Lademete langus on joonisel tugevasti suurendatud.

mäe piirkonnas meretaseme kõrgusel. Selles lademes leiduvad vanim Euroopa trilobiit *Holmia mickwitzi* ja vanim ning väikseim peajalgne *Volborthella*.

Viimase, noorima alamkambriumi lademena esineb meil kivististeta räniliivakivi, mis paljandub meretasemel Tiskre ja Paldiski poolsaare vahel. Ta on koostiselt võrdlemisi puhas ränihapend ja sobiks klaasiliivaks, kuid tal on liiga väike terasuurus. Üldse on kõik selle ajastu liivakivid meil pehmed ja pudevad ega kõlba ehituskiviks, samuti mitte paremate käiade ja tahkude valmistamiseks.

Eesti NSV alamkambriumi lademete kogupaksus kõigub 200 m piirides. Kesk- ja ülemkambriumi setteid meil ei ole. Nähtavasti oli tolleks ajaks meri Nõukogude Eesti alalt taganenud

ja seal levis maismaa, kus toimus eeskätt kulutamisprotsess. Uus mere pealetung järgnes alles ordoviitsiumi alguses, mille tunnistajaks on selle ladestu põhjas lamav kivististeta räni-liivakivist murtud munakaist koosnev konglomeraat.

### c) Ordoviitsium.

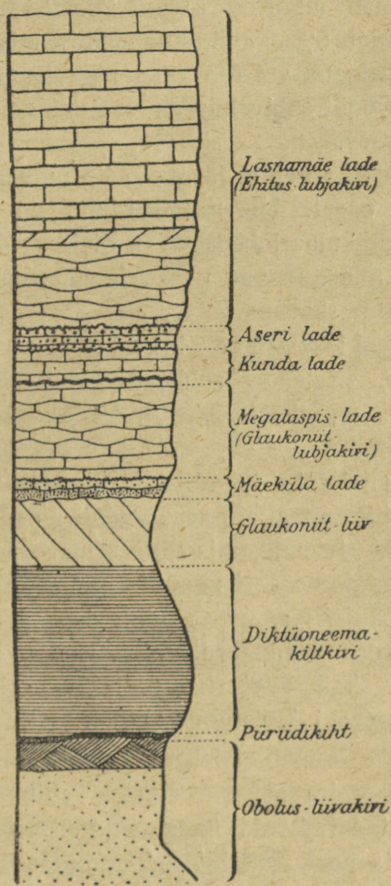
Alamkambriumi pealmised kihid paljanduvad Põhja-Eesti paekalda jalamil. Neist kõrgemal asuvad kaldajärsakul alamordoviitsiumi lademed (joon. 43). Viimased algavad *Obolus*-seeriaga, kuhu kuuluvad *Obolus*-liivakivi, püriidikiht, diktüoneemakilt ja glaukoniitliiv. Neis kõigis leidub käsijalgse *Obolus* perekonna esindajate kodasid, samuti kujutavad nad endist ranna lähedal tekkinud setteid.

Eriti rikkalikult on *Obolus*'e kodade murdosade kuhjatisi liivakivis, kus neid tuntakse *Obolus*-konglomeraadi nime all. Nende kuhjatiste paksus ulatub mõnest sentimeetrist kuni 2 meetrini. *Obolus*'e kojad sisaldavad 35—36% fosforhapendit. Seepärast kasutatakse neid fosforiidi tootmiseks. Konglomeraadis kõigub fosforhapendi hulk 10—14% piirides. Sõelumise teel saab seda tõsta 25—27%-ni. Lähemal ajal ehitatakse Maardu superfosfaaditehas kogutoodanguga 100 000 tonni aastas.

Paldiski poolsaare ja Valgejõe vahelisel alal lasub liivakivil keskmiselt 10 cm paksune püriidikiht. Püriit võib arvesse tulla toorainena superfosfaadi valmistamisel vajaliku väävelhappe tootmiseks.

Diktüoneemakilt paljandub kogu paekalda ulatuses, kuid on ida pool õhem kui läänes. Paldiski poolsaarel on kilda paksus 4,5 m, Ondika juures üle 2 m, Narva kohal aga ainult paar sentimeetrit. Kivim kujutab endast savikilta ja sisaldab keskmiselt 20% orgaanilist ainet, millest on tingitud tume värvus. Temas leidub graptoliit *Dictyonema flabelliforme* jäänuseid. Orgaanilise aine sisalduse tõttu kuulub kiltkivi õli-kivimite hulka. Tema kütteväärtus on 1000—1500 cal. Destil-

leerimisel annab ta 7—8% õli ja ligi 3% põlevaid gaase. Lisaks leidub kilda mineraalosas kaaliumhapendit (7—8%), püriiti ja



Joonis 43. Paekalda profiil Tallinna lähedal.

haruldasi elemente. Seega sobib diktüoneemakilt kütteinaks ning kaaliväetiste ja haruldaste elementide tootmiseks.

Kildal lasuv glaukoniitliiv õheneb samuti ida suunas. Tema keskmine paksus kogu paekalda ulatuses on umbes 1 meeter. Kivim koosneb räniliivast, savist ja rohelise värvusega glaukoniidist, mida on kivimi koostises ligikaudu 40%. Glaukoniit sisaldab 8% kaaliumhapendit, mistõttu teda võib kasutada väetusainena või toorainena kaalisoolade tootmiseks. Samuti on glaukoniit sobiv kareda vee pehmemdamisvahend ja püsiv roheline värv.

*Obolus*-seeriale kõrgemal järgnevad alamordoviitsiumi lademed koosnevad paest. Nimetatud kivim on üksteisega risti seisvate perpendikulaarlõhedega — diaklassidega — jagatud rööptahukaiks, mis esinevad paekalda ülemises osas karniisidena ja teravate nurkadena.

Glaukoniitliival lasuv glaukoniit-lubjakivi on tiheda ja paksukihiline, sisaldades rohkesti glaukoniiditeri. Juhtkivististeks on trilobiit *Megalaspis*'e liigid — *Megalaspis*-lade.

Järgnev, Kunda lade algab Tallinnast lääne pool konglomeraadiga, mille munakate seas leidub ka glaukoniit-lubjakivist pärit olevaid kivimeid, mis vihjab mere pealetungile. Ida pool asendab konglomeraati „alumine läätskiht”, mida iseloomustavad läätselukujulised, mõne millimeetri suurused savist ja rauahapendist koosnevad terakesed. Neile kihtidele järgneb kõrgemal sinakashall *vaginatum*-lubjakivi rohkete peajalgse *Endoceras vaginatum*'i kivistunud kodadega.

Aseri lade esineb täielikult ainult Põhjaranniku idaosas, kus ta koosneb reast vöötmeist. Tallinna kohal ja sealt läände on ta esindatud vaid üheainsa vöötmega, nn. „ülemise läätskihiga”. Ida pool, kus läätsed on omased kogu lademele, puudub eriline läätskiht.

Alamordoviitsiumi noorim liige, Lasnamäe lade, paljandub paekalda kõige ülemises osas ja avaneb selle laval idast läände suunduva kuni 10 km laiuse ribana. Nimetatud lade sisaldab meie parimat ehituslubjakivi. See on peenetera-

lise kuni peenekristallilise struktuuriga kõva, murenemisele ja rõhumisele vastupidav kivim, mis murdub võrdlemisi paksude pankadena. Teda kasutatakse ehitusmaterjaliks, trepiastmekivideks, kõnniteede sillutamiseks, killustiku valmistamiseks, lubjapõletamiseks jne. Seepärast leidub kogu lademe ulatuses rohkesti paemurde. Neist suurim, vanim ja sügavaim asetseb Tallinna lähedal Lasnamäel. Siit sajandite kestel murtud kividest on püstitatud kõik meie pealinna vanad kindlusemüürid, tornid ja hulk muid suuremaid ehitisi.

Kunda, Aseri ja Lasnamäe lademe iseloomulikemaiks kivistesteks on trilobiit *Asaphus*'e liigid.

Nimetatud lademed ulatuvad ka väljapoole meie liiduvabariigi piire, Leningradi oblastisse, kus omavad koguni suuremat kogupaksust kui Eesti NSV territooriumil. Eestis on nad tusedamad idaosas ja õhemad läänes.

Alamordoviitsiumile järgnevad Kukruse, Jõhvi, Keila ja Vasalemma lade moodustavad keskordoviitsiumi ladestiku, millele on iseloomulik trilobiit *Chasmops*'i liikide esinemine. Need lademed ei paljandu enam paekaldal (erandiks on Kukruse lade Paldiski ja Maidla vahel), vaid avanevad sellest kaugemal maapinnal. Nende ribataolised kääruliste piirjoontega avamused kulgevad rööbiti rannikuga läänest itta ja järgnevad üksteisele põhja poolt lõunasse, kusjuures lademetete vanus väheneb lõuna suunas.

Ainult harva leiame avamusel paljast kaljupinda. Tavaliselt on viimane kaetud õhema või paksema kvaternaarist pärit oleva pinnakattega. Sel juhul tuleb aluspõhja kivimeid jälgida loomlikes või kunstlikes paljandeis: murdudes, jõeorgudes jne.

Kukruse lade ulatub Pakri saartelt üle Paldiski poolsaare Narva jõeni, kust jätkub ida suunas. Ta sisaldab oma alumises osas põlevkivi- ehk kukersiidi-vahekihte, mis on üksteisest lahutatud bituumse lubjakiviga. Seniste uurimuste põhjal on need põlevkivikihid Rakvere—Narva-vahelisel 2500 km<sup>2</sup> suurusel maa-alal tootmisväärsed.

Siin ulatub tootsa osa paksus 5 m lähedale, kukersiidikihtide arvele aga langeb sellest 2,1—3 m.

Põlevkivi-vahekihte on üldse 8 ja nende märkimiseks kasutatakse tähti, alustades altpoolt A-tähega. Kõiki neid kihte toodeldakse pealmaakaevandustes, allmaakaevandustes aga ainult kuut alumist.

Lääne poole väheneb kukersiidikihtide kogupaksus. Vana-mõisas on see veel 1,7 m, Kehra juures aga ainult 13 cm. Rööbiti sellega õheneb samas suunas ka kogu lade.

Kukersiit on pruuni värvusega ja koosneb 38—55% orgaanilisest ainesest, kuna ülejäänud osa on süsihapi lubi ja savi. Orgaaniline aines tekkis mikrokoopilistest sinirohelistest vetikatest, mis elutsesid keskordoviitsiumil Põhja-Eesti kohal lainunud meres. Peale vetikate leidub põlevkivis rohkesti loomade kivistisi, näiteks trilobiite, käsijalgseid, nautiloide, tsüstiite, meriliiliaid jt., kokku üle 200 liigi, mis näitab, et tolleaegses meres esines rikkalik elukond.

Põlevkivi kui õlikivi kütteväärtus on 2100—3500 cal. Destilleerimisel annab ta tööstustingimustes 17—21% õli ning põlevaid gaase. Toorõlist saab kütte-, immutus-, määreõli, bensiini, diisli- ja mootorinaftat, mootoripetrooleumi, fenolaate, bituumenit, tuhandeid kunstkive, sideainet, klaasivärvi jne.

Jõhvi lade koosneb räni sisaldavast sinkjast lubjakivist, mis vaheldub 10—20 cm paksuste mergellubjakivi-kihtidega. Paiguti leidub ka veel bituumseid vahekihte. Kivi kasutatakse ehituskivina, lubjapõletamiseks ja tsemendi tootmiseks. Tähtsamad murrud on Jõhvis ja Aluveres. Viimane asub 4 km Rakverest põhja pool; seal murtakse lubjakivi Kunda tsemendivabriku jaoks.

Keila lade koosneb peeneteralisest, väga kivistisrikast mergel-lubjakivist. Kivim on värskelt murtult sinine ja muutub murenedes kollakaks. (Suuremaid murde on Keila murd.)

Vasalemma lademes esineb Eesti NSV loodeosas mitmekümne ruutkilomeetri ulatuses jämedakristalliline puhas süsihapu kaltsium umbes 10 m paksuse kihina; teda tuntakse „Vasalemma marmori” nime all. Ta koosneb meriliiliate ja tsüstiitide jäänuseist. Lubjakivi murdub kuni 70-cm pangas-tena ja sisaldab endas varjatud kihitust, mis tuleb hiljem murenemisel nähtavale lõhede näol. Kivim on lihvitav. Teda kasutatakse ehituskivina, trepiastmete, lauaplaatide ja mälestussamaste valmistamiseks ning lubja-, tselluloosi- ja suhkrutööstuses. Tuntuim on Vasalemma murd.

Rakvere ja Saaremõisa lade moodustavad ülemordoviitsiumi ladestiku. Neis esineb ka lubivetikaid ja koralle.

Rakvere lade koosneb tihedast peeneteralisest kollakast või sinkjashallist, väga kivistisrikkast karpja murruga lubjakivist. Teda kasutatakse ehituskivina. Üks suuremaid murde on Rägavere murd Rakverest ida pool.

Saaremõisa lademe alumises osas esineb valkjaskollane, tihe, räni ja süsihapat magneesiumi sisaldav lubjakivi. Selles leidub ka koralle. Ülemine osa sisaldab valkjat kriidist mergel-lubjakivi, milles kivistisena võib kohata suurt tigu *Mac-lurea*. Samuti leiame ka siin koralle. Lubjakivi murtakse Kärdda, Tapa jt. murdudes.

#### d) Gotlandium.

Gotlandiumi lademed avanevad Kesk- ja Lääne-Eestis ja Läänesaarestikus. Nad lasuvad ülemordoviitsiumil ja on ise lõuna pool kaetud devoni setetega.

Alamgotlandiumi põhjas lamav Porkuni lade koosneb dolomiitidest ja lubjakividest. Viimaste seas esineb ka korall-lubjakivi. Tuntuim on Porkuni murd.

Järgnevas Juuru lademes esinevad hallid, punaselai-  
gulised jämedateralised merglid, mis ei leia erilist rakendust.

Tamsalu lade tekkis rannalähedases meres, kuhu kuhjati lainete poolt massiliselt kokku käsijalgse *Pentamerus borealis*'e karpe. Lubjakivi koosnebki neist karpidest ja omab halli või kollakashalli värvust. Ta annab heakvaliteedilist lupja, mistõttu teda kasutatakse toorainena Tamsalu ja Rakke lubjavabrikus.

Avamuse lääneosas esineb kollakas peeneteraline dolomiitjas lubjakivi, mida murtakse Haapsalu lähedal Ungru murrus.

Raikküla lade koosneb kõvadest valgetest plaat-lubjakividest ja kollakasvalgetest või hallidest dolomiitidest, millede kõrval leidub ka peeneurbset korallirikast dolomiiti. Üks vanemaid murde on Mündis Paide lähedal, kus murrutõid tehti maa all. Sealt on pärit Paide lossi ehitusmaterjal. Kalana murrus on lubjakivi peenekristallilise ehitusega ja murdub õhukeste plaatidena. Et ta on lihvitav, siis võib temast valmistada lülitustahvleid. Kalana lubjakivi on koostiselt peaaegu puhas süsihapu kaltsium.

Järgnev Adavere lade on alamgotlandiumi noorim liige. Ta koosneb peeneteralisest kristalsest dolomiidist ja dolomiit-lubjakivist, milles leidub rohkesti koralle. Avamuse idaosas on need kivimid urbsed, sisaldades seatina ja tsiingiläike sooni ja mugulakesi. Kuni seniajani on neid leiukohti uuritud vaid pinnaliselt. Tähtsamad paljandid P.-Viljandimaal.

Keskgotlandiumi kuuluvad Jaani lade ja Muhu dolomiidid. Neist esimene paljandub mitmel kohal Saaremaa ja Muhu põhjarannikul, paiguti pankadena: idaosas Jaani lade kivistisrikka mergel-lubjakivina ja läänes kivistisvaese mergel-dolomiidina. Kivimit tehniliselt ei kasutata.

Ida-Saaremaal ja Muhus lasuvad Jaani lademel üksteisega väga sarnased Kesselau ja Maasi dolomiidid, mida murtakse ehituskivideks. Muhu põhjaosas on levinud kõva rahkdolomiit, mis on välja erodeeritud ümbritsevast kivimist ja esineb nüüd kõvikuna maastikus. Kivististest on olulised korallid, stroma-

topoorid\*) ja sammalloomad. Kõik need kivimid kuuluvad Muhu dolomiitide hulka. Lääne-Saaremaal esinevad viimaseid kihitatud lubjakivi ja rahkmoodustised. Viimaste hulka kuulub Kihelkonna lahe ääres esinev Jaagarahu rahklubjakivi, mis koosneb peamiselt kivististest ja on keemiliselt peaaegu puhas süsihapu kaltsium. Ta pole kihitatud ja murdub korrapäratute tükkidena ega sobi seepärast ehituskiviks. Oma keemilise puhtuse tõttu on ta kasutatav metalli-, tselluloosi-, suhkru- ja klaasitööstuses.

Ülemgotlandiumi kuuluv Kaarma lademe koosneb mitmesugustest merglilistest lubjakividest ja merglilistest dolomiitidest. Nende omapärases faunas esinevad merostoomidest *Eurypterus* (joon. 44) ja *Pterygotus* ning vanimaist kaladest sõõrsuuliste hulka kuuluvad *Cephalaspis*, *Tremataspis* jt.

Kaarma lademe mergeljast dolomiidist valmistatakse ehitus-, korstna- ja trepikive, kaevurakkeid ja mälestussammaste aluseid. Kivim murdub kuni 1 m paksuste pangastena. Ta on värskelt murtuna pehme ning kergesti töödeldav, kuid kõvastub õhu käes seistes. Suuremad murrud on Kaarmal ja Karedal.

Paadla lademe koosneb kivistisriikkaist lubjakividest ja stromatopoorrahkudest. Kohati on kivim keemiliselt peaaegu puhas süsihapu kaltsium. Paljandid Kuressaarest loodes.

Kaugatuma lademe moodustavad kristalsed lubjakivid ja merglid. Esimeste seast on osa tekkinud meriliiliate jäänuseist ja on koostiselt väga puhas. Paljandid Lõuna-Saaremaal.

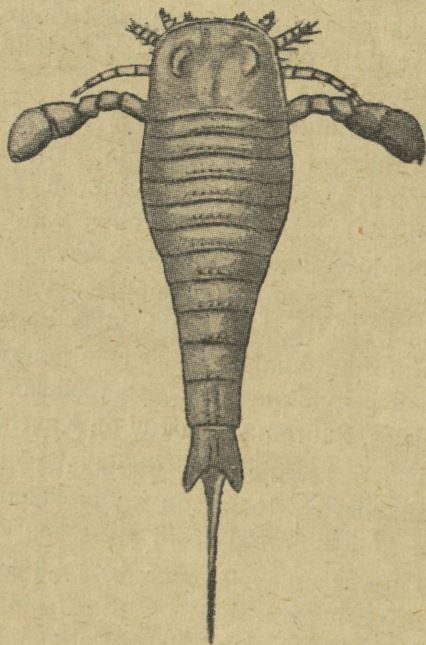
Ohesaare lademe koosseisu kuuluvad peeneteralised ja peenekristallilised lubjakivid mergli- ja savivahekihtidega. Leidub ka liivarikkaid kihte. Paljandid Sõrve lõunaosas.

Keskgotlandiumis toimus mere taganemine, mis jätkus

---

\*) Stromatopoorideks nimetatakse ebakorrapäraseid, mitmesuguse suurusega mügarikke, mis kujutavad endist problemaatiliste organismide toetikke.

ülemgotlandiumi alguses. Seda tõendavad tollest ajast pärit olevad rahkmoodustised, mis pidid tekkima madalas meres, ja Kaarma lademe mahkja või mageda vee fauna. Ülemgotlandiumi keskel järgnes sellele üleujutus, mil settisid mereloomastikku sisaldavad Paadla ja Kaugatuma lubjakivid. Sama ajas-



Joonis 44. Merostoom *Eurypterus*.

tiku lõpul esines aga uus mere taandumine, mida näitab rannalähedaste moodustiste (savivahekihtide, liiva) esinemine Ohe-  
saare lademes.

#### e) Devon.

Alamdevoni setteid Eesti NSV-s ei leidu. Sellest võime järeldada, et gotlandiumi lõpus alanud mere taandumine jätkus

ka järgneva ajastu alguses, nii et meie territoorium esines alamdevonis juba maismaana.

Keskdevoni algul haaras meri endasse suurema osa Nõukogude Eesti pindalast. Sellest ajast on pärit Narva jõe ülem- ja keskjooksul, Võrtsjärvest põhja pool, samuti Navesti ja Pärnu jõel esinevad merglid ja savid, milledele kahes viimatinimetatud kohas lisanduvad veel hallid ja punased liivakivid. Idas lasuvad need kihid ordoviitsiumi lademeil, maa kesk- ja lääneosas aga ülemgotlandiumil.

Peaosaks keskdevoni setteist on meil aga „Old Red” ehk „vana punane” liivakivi, mille kogupaksus ulatub kuni 250 meetrini. Ta on Lõuna-Eesti aluspõhjaks, välja arvatud vaid selle kagupoolseim nurk. Tema paljandeid leiame mitmes kohas Tartu linnas, Arukülas (2 km Tartust), Kallastel Peipsi ääres, Tamme küla lähedal Võrtsjärve idakaldal, Ahja jõel ja mujal — eeskätt oruveerude järsakuis. Kivim on punase värvusega, kuid selle kõrval esineb ka valkjasroosakaid, kollaseid ja valgeid liivakivikihte. Koostiselt on ta peeneteraline, pudev ja sisaldab rohkesti vilku, mis on nähtav juba varustamata silmale. Sagedased on liivakivis sauevahekihid, millede seas leidub ka raskesti sulavaid heledaid savisid, eriti Haanja ja Otepää kõrgustiku vahelises nöös Võrumaal.

„Old Red” on eeskätt vooluyete sete, kuna vähem osa temast tekkis seisuyete kogudes ja mere üleujutuste teel. Ta koostusaines pärineb gotlandiumis üleskuhjatud Kaledoonia mäestikust, mis elas tol ajal läbi intensiivse lagundumisprotsessi. Orgaanilistest jäänustest on punases liivakivis mainimisväärt meile juba tuttavad hiigel-rüükalad, näiteks *Heterostius*.

Ülemdevonis järgneb uus mere üleujutus, mille setteid leiame Lõuna- ja Kagu-Võrumaal, kus nad katavad punast liivakivi. Nende alumine osa koosneb punaseist, violetseist ja rohekaist dolomiitidest, savidest ja mergleist, milledes esineb kalade jäänuseid, kuna pealpool lasuvad hallikad lubjakivid,

merglid ja dolomiidid käsijalgsete, stromatopooride, lubivetikate jt. tolleaegses meres elutsenud organismide jäänustega.

Maavaradest on devonis mainimisväärsed valge klaasiliiv Piusa jaama lähedal Võrumaal ja samas maakonnas esinevad raskesti sulavad savid, näiteks Sänna orus, Joosu lähedal ja mujal.

## 2. Pinnakate.

### a) Diluuvium.

Nõukogude Eestis on seni kindlaks tehtud kahe jääaja ja ühe jäävaheaja esinemine. Viimase setted avastati moreenkatte alt ühe kaevu süvendamisel 1938. a. Rõngus. Uurimiste põhjal peetakse neid viimasesse jäävaheaeaga kuuluvaks.

Meil on peamiseks mannerjää kulutusalaiks Põhja-Eesti. Siin purustas edasiliikuv jäämass paealuspõhja pinnakihte ja hõõveldas nad tasaseks, tekitades sinna kriime ning ära viies kogu lahtise ainese. Muhu ja Saaremaa põhjaosas, Lõuna-Läänemaal ja Põhja-Pärnumaal esinevad rahkdolomiidid, mis olid jää erosioonidele vastupidavamad kui neid ümbritsevad kivimid, vooliti välja maastikupildis esilekerkivaiks kõrgendikeks.

Paekaldast murdis mannerjää lahti sageli väga suuri aluspõhjalahmakaid ja kandis need endaga ühes kaugemale. Suuremal hulgal leiame seesuguseid rändpankaid Vaivaras Sinimägedes, kus nad on nimetatud kõrgustiku tuumaks.

Peipsi ja Võrtsjärve nõgu, mis esinesid lohkvormidena juba enne diluuviumi, said oma praeguse kuju mannerjää kulutava tegevuse toimetel. Samuti avaldub viimase mõju meie põhjapoolse randjoone liigestuses ja Soome lahe põhja reljeefis. Nagu teame, kulgevad Põhjaranniku poolsaared ja neemed loode—kagu, s. o. mannerjää liikumise suunas, ja Soome lahe põhja läbivad samasuunalised nõod.

Jääkuhjava tegevuse jälgi leiame eeskätt Kesk- ja Lõuna-Eestis (joon. 45). Siin on ulatuslikud tasase või lainja pinnamoega alad kaetud põhimoreenvaibaga, mis on sageli mitme meetri paksune. Maa põhjapoolses osas on see kate tunduvalt õhem või paiguti hoopis puudub. Seevastu esineb seal rohkesti Soomest ja Rootsist mannerjää poolt kohale kantud rändrahne, mis mõnes kohas, eriti aga mererannikul, lebavad suurte kivistikena.

Voored on levinud ülekaalukalt Kesk-Eestis, kus neid leiame rühmiti, nn. voorestikena. Viimaseist on suurim ja tuntuim Põhja-Tartumaal asuv Vooremaa. Sealsed suurvoored on kuni 10 km pikad ja nende suhteline kõrgus ulatub 40—50 m piiridesse. Voorte tuum koosneb kihitatud kruusadest ja liivadest, mis on pealt kaetud põhimoreeniga. Türi—Paide, Suure-Jaani, Põltsamaa—Kolga-Jaani, Tarvastu, Rannu—Rõngu ümbruse voorestikus esinevad väikevoored, millede suhteline kõrgus on 5—15 m. Nende tuumaks on põhimoreenvaiba all peituvad aluspõhjakõrgendikud.

Otsmoreenseljakuid kohtame Läänemaal, Põhja-Pärnumaal jm. Need vallitaolised moodustised tekkisid jääserva ees, selle peatumisel lühemat aega. Tuntuim neist on Risti—Palivere-vaheline seljak.

Otsmoreenkuhjatiste hulka kuuluvad Haanja ja Otepää kõrgustik — Eesti NSV kaunimad kohad. Siin vahelduvad üksteisega kuplid, kühmad ja harvemini ka seljakud. Kõrgendikud asetuvad tihedasti, eriti kõrgustiku keskosas, ja neid lahutavad mitmesuguse kujuga lohud, millede põhjas laiuvad järved. Kuplite ja seljakute nõlvad on võrdlemisi järsud ning nende relatiivne kõrgus küünib 60 meetrini või üle sellegi. Suur-Munamägi (317 m) on kõrgeimaks tipuks.

Jääsulamisvete poolt kokkukantud ja kihitatud vallseljakud esinevad peamiselt Põhja-Eestis. Suuremal hulgal leiame neid Harjumaal Paunküla, Paluküla ja Voose „mägedes”, Järvemaal Koonukõrve, Aegviidu ja Jäneda ning Viru-



maal Kadrina, Rakvere—Viru-Jaagupi ja Iisaku ümbruses. Nende suhteline kõrgus ulatub 40 m piiridesse.

Jäälõheded uuristatud uurdeorge ning jäeserva ees tekkinud ürgorge kohtame peamiselt Kesk- ja Lõuna-Eestis. Tiheidam on nende võrk Tartu- ja Viljandimaa keskosas ning Ida-Võrumaal. Uurdeorgudest on tuntuimad Suur-Emajõe, Viljandi—Tänassilma, Oisu ja Rõuge org; ürgoruna esineb Röpina—Võru—Hargla nõgu.

Eesti NSV moreenkuhjatiste alad on rikkad järvede poolest. Nende seas esineb nii süvend- kui ka paisjärvi. Esimestest olgu nimetatud Viljandi, Vagula, Tamula järv ja Vooremaa järved; kuid ka Peipsi ja Võrtsjärve nõgu on hiljem mannerjää poolt süvendatud. Paisjärvede hulka kuuluvad Pühajärv ja rida Haanja ja Otepää kõrgustiku lohkudes peituvaid järvi.

Hilisjäaja jääpaisjärvede setetena esinevad meil viirsavid ja möll. Viirsavisid leidub suuremas ulatuses Kasari ja Pärnu jõe jõgikonnas, Läänesaarestikus ja Narva jõe madalikul, mölli — Kõrvemaal ja Võrtsjärve ümbruses. Hilis- ja pärastjäaegse maapinna kerkimise tõttu asuvad endiste paisjärvede rannamoodustised meil praegu enam kui 80 m üle meretaseme.

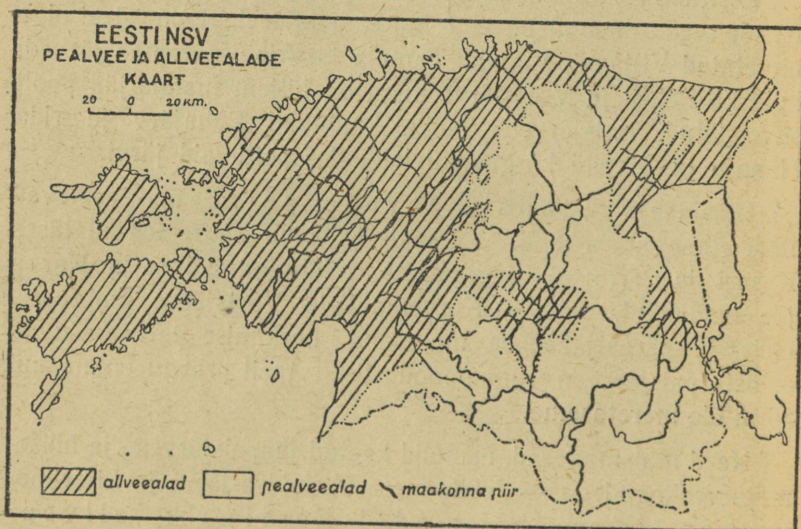
Need maismaaosad, mis olid kaetud jääpaisjärvede ja hilisemate veekogudega — Joldia-mere, Antsülus-järve ja Litoriinamerega —, kannavad „madal-Eesti” ehk „allveeala” nimetust, kuivmaana esinenud osa aga „kõrg-Eesti” ehk „pealveeala” (joon. 46) nime. Esimesse kuuluvad suurem osa Põhja- ja Lääne-Eestist koos Läänesaarestiku ja Peipsi ning Võrtsjärve nõoga. Siin uheti pinnasest välja peenem aines, millest ongi tingitud nende alade mullastiku väiksem viljakus. Kõrg-Eesti tuumaks on Pandivere, Sakala, Otepää ja Haanja kõrgustik.

Diluuviumist pärit olevate maavaradena esinevad meil savid, liivad, kruus ja rändrahnud.

## b) Alluuvium.

Joldia-mere tekkimisega lõpeb diluuvium ja algab alluuvium ehk nüüdne ajastik.

Alluuviumi setteist oli meil kõnet juba eespool. Nagu mujal, nii moodustuvad nad Nõukogude Eestiski soodes ja rabades tekkinud turbast, vooluvete poolt kõrgemalt aladelt lohkudesse kantud uhtsavist ja -liivast, tuule tegevusel kokku kuhjatud tuiskliivast, mitmesuguseist järvesettest jne.



Joonis 46. Eesti NSV pealvee- ja allvee-alade kaart.

Eesti NSV-s on üle 500 soo ja raba. Need võtavad endi alla ligi 15% kogu liiduvabariigi territooriumist, kuid üle 60% neist on pindalalt vähemad kui 5 km<sup>2</sup>. Ulatuslikumad sood ja rabad esinevad meil Põhja- ja Lääne-Eestis — Alutagusel ja Pärnumaal —, kus moreensavise pinnasega suured tasandikud soodustavad sademete kogunemist.

Turbakihi paksus on meie rabades kuni 10 m. Selle alumises osas esineb tume hästi kõdunenud turvas, milles leidub mändide kännustikku. Pealmine osa aga koosneb heledamast, vähem kõdunenud turbast. Neid lahutab teineteisest järsk piirhorisont. Kirjeldatud erinevuse põhjuseks on kliimaatilised olud. Vanem, tume turvas tekkis sooja ja kuiva kliimaga (subboreaalses) aja-järgus, kuna heledama värvusega turbakihi tekkimine on seotud jaheda ja niiske (subatlantilise) kliimaga.

Suuremaid tuiskliivakuuhjatiseid leidub meil Pärnu lahe rannikul ja Peipsi järve ümbruses. Luidestikke on ka sise-maal, kus nad tähistavad endisi randjooi.

Järvesetteist on maavarana tähtis järvekriit. Viimast kohtame sagedamini Lõuna-Eestis, kus ta peitub rabades ja uurdeorgude lammidel turbakihi all.

Mainimist väärib ka Litoriina-mere madalais lahesoppides settinud ränivetikate kestadest koosnev diatomiit. Viimast leidub meil Narva jõe suudmealal.

Vanadest rannamoodustistest võib meil jälgida Antsülusjärve ja Litoriina-mere omi. Loode-Eestis asuvad neist praegu esimesed 35 m ja teised 25 m üle meretaseme. Et hilis- ja pärastjäääjal esinev maapinna kerkimine ei olnud ühtlane kõigis Läänemerd ümbritsevais mais, vaid oli suurem põhja pool, siis olid selle tulemuseks ajutised mere üleujutused lõunapoolseil aladel, nende seas ka praegusel Nõukogude Eesti territooriumil. Näiteks leidub meil Litoriina-mere kuhjatise, mis lasuvad maismaa-setteil.

### 3. Eesti NSV taimkatte ja loomastiku areng.

Eesti NSV taimkate ja loomastik on hilis- ja pärastjäääegse päritoluga. Nagu teisteski Läänemeresmais, nii toimus ka siin taimede ja loomade sisseränd naaberaladelt järkude viisi, vastavalt kliimaatilisele olukorrale.

Parimaks arhiiviks, kust võib leida andmeid meie kodumaa üksikute ajajärkude kliima ja elukonna kohta pärast mannerjää alt vabanemist, on turbarabad. Turbakihi konserveeriva omaduse tõttu on neis säilinud rohkesti taimede ja loomade jäänu-seid, eriti suurel hulgal mitmesuguste puudeliikide tolmuteri, mida tuul on sinna metsadest kandnud.

Määrates analüüsi teel kindlaks rabas teatud sügavuses esi-nevate tolmuteradé liigilise kuuluvuse ja nende liikide omavahe-lise arvulise suhte, saame teada, milline taimkate esines uuri-tava turbakihi tekkimise ajal, ning võime selle põhjal teha järelduse tollal valitsenud kliima suhtes. Analüüsides niiviisi mitme-sugusest sügavusest võetud proove ja järjestades need prooviks võetud turba vanuse järgi, koostame ülevaate antud koha kliima, taimkatte ja loomastiku arengust alates mannerjää sulamisest kuni praeguse ajani.

Jääkatte taganemisega Eesti NSV territooriumilt algas siin arktiline ajajärk. See langes ühte Balti paisjärve ajaga ja kestis arvatavasti kuni 10 000 a. e. m. a. Siis valitses meie kodumaal polaarne kliima ja levis tundrataimestik. Viimase liigilisest koostisest annavad ülevaate Kundas, Viiratsis ja veel paaris teises kohas tehtud taimejäänuste leiud. Nende põhjal selgub, et rida tol ajal esinenud liike, nagu näiteks polaarpaju, võrklehine paju jt., on meil välja surnud, kuna teine osa on säilinud kuni tänapäevani. Niisuguste taimedena tuleb märkida sinikat ja pung-kirburohtu, mis on ülemaalise leviku-ga, vaevakaske ja soojumikat Põhja-Eestis, püst-kivirikku Põhjarannikul, alpi võipätkat Saaremaa lubjarikastes soodes, mägi-kadakkaera Tallinna lähedal Lasnamäel jne.

Loomadest asustasid tol ajal Nõukogude Eesti territooriumi mammut, villkarvane ninasarvik, põhjapõder, muskusveis jt.

Järgnev subarktiline ajajärk, mis langes ühte Balti paisjärve lõpuosa ja joldia-ajaga, kestis 10 000—8000 a. e. m. a. Jääserva jätkuva taganemisega oli kliima muutunud soojemaks, mille tõttu nimetatud ajajärgul algas metsa peale-

tung tundrale. Sisserändavaist puudest olid ülekaalus männid, kased, haavad ja lepad. Neist tuli ajajärgu lõpu poole kask valitsevale kohale. Peale nimetatud puude on meie taimedest subarktilise päritoluga veel laialeheline küüvits Ida-Eestis, põõsasmaran Tallinna ja Paldiski vahelisel maa-alal, taevassinine kuslapuu Põhja-Eestis ja rida teisi. Loomadest rändasid sisse karud, hundid, põdrad ja teised jaheda kliimaga metsade elanikud.

Boreaalset ajajärgul, mis ühtis antsüulus-ajaga ja kestis 8000—5000 a. e. m. a., soojenes kliima veelgi, kuid muutus ühtlasi kuivaks. Sellega käsikäes toimus metsa pindala vähenemine ja männi tulek puude seas esikohale. Uute asukadena lisandusid meie taimkattele sarapu, sanglepp, vaher, pärn, jalakas, tam ja teised laialehelised puud. Metsade loomastik täienes ürghärja, euroopa piisoni ja kaljukassi juurdetulekuga.

Järgnev atlantiline ajajärk, mis ühtib litoriina-ajaga ja kestis 5000—2500 a. e. m. a., oli sooja ja niiske kliimaga. Aasta kesktemperatuur oli tollal paari kraadi võrra kõrgem praegusest kesktemperatuurist. Seega valitsesid kõigiti soodsad tingimused metsade laialdaseks levimiseks. Esikohale tulid tamme-segamedsad koos teiste laialeheliste puudega. Nendega liitus samal ajajärgul ida poolt sisserännanud kuuks. Läänest tulid meile jugapuu, luuderohi, porss, mugulikas, sookold ja paljud teised taimed. Neid leiame tänapäeval veel Eesti NSV merelise kliimaga aladel, peaaesjalikult Läänesaarestikus ja mandri lääne- ja loodeosas. Uute metsaelanikena rändasid meile sisse metssead, hirved ja koprad.

Atlantilisele ajajärgule järgnevat subboreaalset ajajärku, mis kestis 2500—500 a. e. m. a., iseloomustab kliima jahenemine ja kuivemaks, s. o. mandrilisemaks muutumine. Algab kuuse pealetung ja lehtmetsade väljatõrjumine.

Viimase, subatlantilise ajajärgu kliima on veelgi jahedam, kuid ühtlasi niiskem.

Taimkatte ja loomastiku levikus avaldub juba inimese kaas-  
mõju. Kultuurmaistu rajamisel laastati just viljakama pinna-  
sega sega- ja lehtmetsi. Tamm on jäänud meil väga harulda-  
seks puuks, mida suuremal hulgal esineb veel vähestes paika-  
des, näiteks Läänesaarestikus, Pałdiski ja Tallinna vahelisel  
maa-alal, Rakvere ja Simuna vahel, Otepää ümbruses jne.

Inimese poolt on sisse veetud ja kasutamisele võetud rida  
kultuurtaimi. Nende kõrval on aga meie territooriumile tunginud  
või toodud naabermaadest mitmesuguseid umbrohtusid ja teisi  
taimeliike. 1870. a. toodi Tartusse l õ h n a v k u m m e l, kust  
see on levinenud üle terve maa. R a k v e r e r a i b e tuli meile  
idast XVIII sajandil või XIX sajandi algul. K a n a d a v e s i -  
k a t k u leiti esimest korda Emajõest Tartu lähedal ja Sangas-  
tes 1895. a. Praegu on ta üks tüütavamaid taimi Peipsi vesi-  
konna jõgedes.

Koos metsade laastamise ja röövküttimisega hävines meil  
rida loomaliike või muutus üpris haruldaseks. Viimaste hulka  
kuuluvad praegu karu, põder ja ilves, keda kohtame veel vähe-  
sel arvul Alutaguse metsades. Silmapaistvat osa etendavad  
subatlantilise ajajärgu loomastikus inimese poolt sisseveetud  
ja meie oludega kohanenud koduloomad.

Tabel: Eesti NSV taimkatte ja loomastiku areng.

Aeg	Lääne- meri	Kliima- ajajärgud	Kliima	Loodus	Inimkultuurid
1900 1000 a.m.j. 0 e.m.a.	Mya- meri	Subat- lantiline	Jahe ja niiske	Kultuurtaimed ja loomad. Praegused metsataimed ja -loomad	Ajalooline aeg
					Rauaaeg
1000 2000	Lim- naea- meri	Subbore- aalne	Jahe ja kuiv	Kuusk on valitse- vaks puuks. Tamme- segamets hakkab vähenema	Pronksiaeg
					Noorem kivi- aeg
3000 4000 5000	Lito- riina- meri	Atlanti- line	Soe ja niiske	Kuusk ilmub idast. Tamme-segamets valitseval kohal Metsiga, hirm, kob- ras jt.	
6000 7000 8000	Antsü- lus- järv	Boreaal- ne	Soe ja kuiv	Mänd valitseval ko- hal. Ilmuvad laia- lehelised lehtpuud Ürghärg, piison, kaljukass jt.	Keskmine ja vana kiviaeg
	Joldia- meri				
9000 10 000	Balti jää- pais- järv	Subark- tiline	Külm ja kuiv	Kask valitseval ko- hal. Teiste puudena peamiselt männid, haavad ja lepad Karud, hundid jt.	
11 000		Arktiline	Polaarne	Tundrataimestik. Mammut, villkar- vane ninasarvik, põhjapõder, muskus- veis jt.	

## SISUKORD.

### I. Maakoore.

1. Maa kuju ja mõõted . . . . .	Lk. 3
2. Maa sisemus . . . . .	7
3. Pinnavormid . . . . .	11

### II. Maapinda teisendavad tegurid.

#### Sisejõudude toime.

1. Vulkanism . . . . .	16
2. Tardkivimid . . . . .	21
3. Maavärinad . . . . .	24
4. Kurrutused ja murrangud . . . . .	28
5. Maakoore iidsed kõikumised . . . . .	32
6. Moonekivimid . . . . .	35

#### Välisjõudude tegevus.

1. Denudatsioon . . . . .	36
2. Murenemine ja pinnas . . . . .	38
3. Tuule tegevus . . . . .	42
4. Põhjavete tegevus . . . . .	45
5. Vooluvete tegevus . . . . .	49
6. Jääliustikud ja nende tegevus . . . . .	54
7. Mannerjää tegevus . . . . .	57
8. Mere tegevus . . . . .	61
9. Organismide geoloogiline tegevus . . . . .	65
10. Setekivimid . . . . .	68

### III. Maa ajalugu.

1. Maa ja maakoore teke . . . . .	76
2. Maa ajaloo mõõtmine . . . . .	80
3. Ajalooline geoloogia. Ajaloolise geoloogia ühikud. . . . .	82
Ürg- ja aegkond . . . . .	84
Vanaaegkond . . . . .	86

Keskaegkond . . . . .	91
Uusaegkond . . . . .	97
a) Tertsiaar . . . . .	98
b) Kvaternaar . . . . .	101
Eesti NSV aluspõhi ja pinnakate.	
1. Aluspõhi . . . . .	111
a) Arhaikum ja eozoikum . . . . .	112
b) Kambrium . . . . .	112
c) Ordoviitsium . . . . .	114
d) Gotlandium . . . . .	119
e) Devon . . . . .	122
2. Pinnakate . . . . .	124
a) Diluuvium . . . . .	124
b) Alluuvium . . . . .	128
3. Eesti NSV taimkatte ja loomastiku areng . . . . .	129
Tabel: Eesti NSV taimkatte ja loomastiku areng . . . . .	133

Vastutav toimetaja A. Valsiner.  
 Keeleline toimetaja E. Kindlam.

Ladumisele antud 12. II 1947. Trükkimisele antud 24. III 1947. Trükiarv  
 6200. Paber 56:79,  $\frac{1}{16}$ . Trükipoognaid 8,5. Trükitähti trükipoognas 31740.  
 Arvutuspoognaid 6,7. MB-01689. Trükikoda „Hans Heidemann“,  
 Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 261.

На эстонском языке.  
 Р. Рягастик. Общая география. I часть.





RBL. 6.—

A-16399

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00543446 1

RBL. 6.—

A-16399

A-16399

24.12

R. RÄGASTIK

# ÜLDMAATEADUS

R. RÄGASTIK — ÜLDMAATEADUS X KLASSILE

X KLASSILE

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00543446 1

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“  
TARTU