



GEOLOOGIA-MINERALOOGIATEADUSTE KANDIDAAT

S. A. KRASKOVSKI

**MAA SÜVASOOJUS
JA
SELLE KASUTAMISE
PERSPEKTIIVID**

Nr. 2 (210)

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS * TALLINN 1956

2/30710

EESTI NSV POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE
LEVITAMISE ÜHING

GEOLOOGIA-MINERALOOGIATEADUSTE KANDIDAAT

S. A. KRASKOVSKI

MAA SÜVASOOJUS
JA
SELLE KASUTAMISE
PERSPEKTIIVID

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

С. А. Красковский.

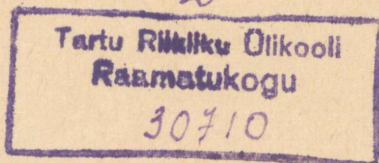
Глубинное тепло земли и перспективы
его использования.

Издательство «Знание»

Москва 1955

Tõlkinud K. Määrisepp

2



ARHIIVKOGU

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei juhtimisel suunavad teaduse ja tehnika alal töötajad oma loova mõtte meie maa määratute looduslike ressursside kasutamisega seoses olevate uute probleemide üha kiiremale lahendamisele.

Üheks sellistest probleemidest on ka uue energiaallika — Maa süvasoojuse — kasutamine tööstuses ja igapäevases elus.

Mida kujutab enesest see energiaallikas ja mil viisil ta esineb? Kus ja kuidas kasutatakse Maa süvasoojust? Kas ja kus nimelt saab seda süvasoojust kasutada Nõukogude Liidu territooriumil?

Niisugused on küsimused, mis lugejal võivad tekkida ja millele me püüame vastata.

MAA SÜVASOOJUS JA SELLE ESINEMISVIISID

Vastuse küsimusele, mida kujutab enesest uus energiaallikas — Maa süvasoojus, annab meile geotermika — teadus meie planeedi sisemuse soojuslikust olukorrast ja maakoos esinevatest soojusnähtustest. Maakoos esinevateks soojusnähtusteks on vulkaanide pursked, kuumade gaaside maapinnale tungivad joad — fumaroolid, perioodiliselt purskuvad kuuma vee joad — geisrid ja kuumaveeallikad. Peale selle võime me igal pool — nii mandril kui ka ookeanide ja merede põhjas — tähele panna maakoos sügavamale minnes temperatuuri tõusu. Kõik see tunnistab, et kusagil meie planeedi sügavuses esineb väga kuuma, võib-olla tulivedelat materjali. Sellepärast tekkis ja arenes üksikuil rahvail juba kauges minevikus ettekujutus tulivedelas olekus olevast aineksest Maa sügavuses, kaetud enam või vähem paksu kõva koorikuga — maakoorega.

Me ei peatu meie planeedi tekkimise kohta käivate vaadete arenemisel ega sellega lahutamatu seoses olevatel kujutlustel tema soojusliku oleku kohta. Märgime ainult, et

veel üsna hiljuti oli laialdaselt levinenud vaade, et Maa kunagi oli sulas olekus ja et ta pikkamööda jahtus, kattudes kõva koorikuga.

Seda vaadet kinnitasid sula laava ja kuumade gaasijugade pursked Maa sügavusest ning kuumaveeallikate esinemine. Kui mäetööde tehnika arenedes hakati rajama üha sügavamaid kaevandusi, märgati, et mida sügavamale maa-põue tungida, seda soojemaks läheb.

XVIII sajandi keskel hakati Maa temperatuuri mõõtmiseks kaevandustes kasutama termomeetrit, XIX sajandi 30-ndatel aastatel aga asuti temperatuuri mõõtmisi maakihtides — geotermilisi mõõtmisi — viima läbi paljudes sügavpuuraukudes. Kõik need mõõtmised, kus neid ka läbi ei viidud, kinnitasid, et temperatuur tõuseb sügavuse suurenedes. Ent sedamööda, kuidas arenesid astronoomia, füüsika ja geoloogia, kuidas kogunesid uued, üha täpsemad andmed meie planeedi sisemuse oleku ja ehituse kohta, muutus üha silmanähtavamaks varemate, Maa sisemust tervenisti sulas olekus kujutavate vaadete paikapidamatus.

Siis aga avastati aine uus omadus — radioaktiivsus. See XX sajandi lävel tehtud suur teaduslik avastus kutsus esile sügava huvi väga mitmesuguste teaduste esindajate poolt; paljudes maades loodi spetsiaalsed laboratooriumid ja instituudid, hakkas ilmuma arvukalt kirjandust, kiiresti kasvas uus teadus — radioloogia. Selle teaduse ajaloos jääb igavesti mälestusväärseks 1896. aasta, mil prantsuse füüsik Becquerel Pariisis uraaniühendeid uurides avastas, et need kiirgavad nähtamatuid kiiri, mis mõjuvad fotoplaadile, tekitavad elusa koe põletuse jne. Mõõdusid mõned aastad, ning M. Sklodovska tegi kindlaks tooriumi radioaktiivsuse ja koos oma mehe P. Curie'ga avastas uued elemendid — raadiumi ja polooniumi, mitu tuhat korda võimsamad kui uraan ja toorium.

„Uraan- ja tooriummineraalid saadavad välja Becquereli kiiri,” kirjutas M. Curie 1904. aastal, „ma nimetasin radioaktiivseiks ained, millised tekitavad sellist kiirgust ja andsin nende ainete poolt ilmutatud mateeria uuele omadusele nimeks radioaktiivsus.”

Venemaal tundis suurt huvi aine selle uue omaduse vastu tähelepanuväärne vene teadlane, geokeemia rajaja akadeemik V. I. Vernadski. Esimesena vene teadlastest sai ta aru sellest tähtsusest, mida radioaktiivsus pidi omandama inimese elus.

1903. aastal avastas P. Curie radioaktiivsete elementide uue hämmastava omaduse — nende võime eraldada soojust. Edasised uurimised näitasid, et kõik kivimid sisaldavad radioaktiivseid elemente, kuid nende hulk erinevates kivimites ei ole ühesugune.

Kõige rikkamad nende poolest on niinimetatud hapud kivimid (s. o. rändioksiüdirikkad kivimid), näiteks graaniidid. Vaesed nende poolest on aluselised kivimid (s. o. rändioksiüdivaesed kivimid), näiteks basaldid. Sügavuse suurenedes radioaktiivsete elementide hulk väheneb, järelikult peaks vähenema ka nende poolt tekitatud soojuse hulk. On täiesti võimalik, et radioaktiivsete elementide maksimaalne hulk asetseb maapinna läheduses, 15—20 km sügavuses, s. o. maakoore piirides. Nad paiknevad maakihtides korrapäratult, moodustades üksikuid kuhjumeid. Seega osutubki aatomiline radioaktiivne energia paljusid Maal toimuvaid geoloogilisi protsesse seletava soojuse peamiseks allikaks.

Maa sisemise ehituse uurimine mitmesuguste meetoditega, eriti kivimeis tugevate maavärinate tagajärjel tekkivate elastsete võnkumiste analüüs näitas, et Maa ei ole homogeenne keha, vaid koosneb kontsentrilistest vöödest, geosfääridest, millel on erinevad füüsikalised-keemilised omadused. Ülemist geosfääri paksusega 40—70 km nimetatakse maakooreks. Sügavamal, kuni 2900 km sügavuseni, esineb vahepealne geosfäär, selle ja Maa keskpunkti vahel aga niinimetatud Maa tuum, mille olemuse kohta seniajani puuduvad kooskõlastatud vaated. Tõenäoliselt on see metalne, võimalik, et tahke ja mitte kõrge temperatuuriga. Ent meid huvitab praegu maakoore ja tuuma tegutsevad jõud.

Ainus otsene tee faktilise materjali saamiseks Maa temperatuuri kohta on kivimite temperatuuri mõõtmine sügavates kaeveõõntes ja puuraukudes. Kasutades eriaparaatuuri, saab praegu temperatuuri mõõta kuni 6 km sügavuses, mis võib tunduda küllaltki suure kaugusena. Ent see sügavus on ainult ligikaudu $\frac{1}{1000}$ Maa raadiusest ning saadud andmetest ei saa me teha mingeid järeldusi temperatuuri kohta tunduvalt suuremates sügavustes.

Ometi pakub Maa temperatuur ka mõne kilomeetri sügavuseni tunduvat teoreetilist ja praktilist huvi. Mõõtes temperatuuri sügavas puuraugus, võime välja arvutada geotermilise gradiendi, s. o. kindlaks määrata temperatuuri tõusu (kraadides) sügavusühiku kohta.

Viimase saja aasta jooksul on kogunenud suurel hulgal andmeid Maa temperatuuri kohta. See materjal näitab, et maakoorele on iseloomustav temperatuuride, järelikult aga ka gradientide mitmekesisus: mõnes kohas gradiendid ei ületa 5° kilomeetri kohta, teisel ulatuvad nad kuni 150° ja isegi 250°.

Millest on tingitud temperatuuri selline kiire kasv sügavuse suurenedes? Kõige tõenäolisemalt sellest, et suhteliselt lähedal Maa pinnale, 10—20 km sügavuses asetsevad veel kuumad mitmekujulised ja -mõõtmelised magmakehad, milised on tunginud, ehk nagu ütlevad geoloogid, intrudeerunud maakoore kihtidesse planeedi sügavamatest osadest. Sellepärast nimetataksegi selliseid magmakehasid intrusiivideks.

Mõnikord tungib tulivedel magma maakoore tekkinud lõhe kaudu ülesse ja purskub maapinnale laava kujul. Toimub kõigile tuntud nähtus — vulkaani purse. Laava, tuhk ja vulkaanilised pommid kuhjuvad kraateri ehk kanali ümber ning pikkamööda kasvab üles koonilise kujuga mägi — vulkaani koonus. Ent mõnikord magma ei jõua maapinnani ega voola välja laava kujul. Ta jääb peatuma teatud sügavuses, moodustades nii intrusiivse kivimi.

Tõustes suurtest kuumadest sügavustest maapinna lähedale, kus temperatuur on tunduvalt madalam, maa tulivedel intrusiiv jahtub. Selliste intrusiivide jahtumine toimub väga aeglaselt ja võib kesta kümneid ja sadu tuhandeid aastaid, väga suurtel intrusiividel aga isegi miljoneid aastaid. Jahutamise ja kristalliseerumise protsessis nad eraldavad kuumi gaase; need gaasid tungivad lõhesid ja pragusid mööda ülespoole, kohtavad oma teel vett sisaldavaid kihte ja soojendavad vett tihti kuni väga kõrge temperatuurini.

Akadeemik V. I. Vernadski õpilane akadeemik A. J. Fersman kirjeldab sellise kuumade magmakeha jahtumisprotsessi järgmiselt: „Magma — see on määratu hulga ainete keeruline lahus-sulam. Kuni ta keeb kättesaamatutes sügavustes, olles läbi imunud veeaurudest ja lenduvatest gaasidest, toimub temas oma sisemine tegevus ja üksikud keemilised elemendid ühinevad valmis (kuid ikka veel vedelateks) mineraalideks. Kuid äkki temperatuur langeb (kas üldise jahenemise mõjul või sellepärast, et magma tõuseb külmematesse ja kõrgematesse tsoonidesse) ja magma hakkab hanguma ning endast eraldama üksikuid aineid. Ühed ühendid lähevad kiiremini üle tahkesse olekusse kui teised. Nad

kristalliseeruvad ja kas ujuvad veel vedela massi pinnal või langevad selle põhja. Tekkinud kõvade osakeste külge liibuvad kristallisatsiooni jõul vähehaaval üha uued ja uued; tahke aine koguneb kokku ja eraldub vedelast magmast.

Magma muutub kristallide seguks, selleks mineraalmassiks, mida me nimetame kristalseks kivimiks.

Tahke kivimi koostis pole kaugeltki niisugune nagu sula kolde enda koostis. Määratu hulk lenduvaid ühendeid küllastab seda sula segu, eraldub sealt võimsate jugadena ja läbib tema katte... Ainult tühine osa neist gaasidest jääb tardunud massi sisemusse; teine osa kerkib gaasijugadena üles maapinna suunas.

Kaugeltki mitte kõik lenduvad ühendid ei jõua maapinnale. Väga suur osa neist sadestub juba sügavustes, veeaurud tihenevad; mööda lõhesid ja sooni voolavad maakera pinnale kuumad allikad, pikkamööda jahtudes ja järk-järgult eraldades lahuseist mineraali mineraali järel. Osa gaase küllastab vett ja tungib allikate või geisrite näol maapinnale, teine osa leiab endale kiiresti teise väljapääsu ja moodustab tahkeid ühendeid.

Kuumad allikad on need teed, mis ühendavad magma elu maapealse eluga... Neist tekivad allikad, mis toovad endaga sügavusest kaasa pinnale võõraid aineid. Lõhede seintele ja kivimite pisitillukestesse pragudesse hakkavad sadestuma mineraalid, raskete metallide väävliühendid. Nii tekivad sügavuses asuva magma lenduvaist ühendeist maagisooned, sünnivad need maavarade kogumikud, mida inimene oma tööstuse jaoks nii innukalt otsib.”

Kuid tungides lõhede kaudu ülespoole, ei kanna kuum vesi ja looduslik aur mitte ainult enesega hinnalisi keemilisi elemente ja nende ühendeid — nad toovad sügavusest kaasa ka soojust, mida inimene samuti on õppinud edukalt kasutama mitte ainult kütmiseks, vaid ka elektrienergia saamiseks.

Võib näida, et selleks otstarbeks oleksid kõige sobivamad tegevvulkaanid, mis eraldavad määratul hulgal soojust. Ent see ei ole nii. Esiteks — vulkaani purse on ajutine nähtus ja teiseks, mis on peamine — tegevvulkaanid osutuvad niivõrd võimsateks soojuse ja mehaanilise energia allikateks, et mitte mingisugused inimese poolt valmistatud seadmed ei suuda pidada vastu purske jõule. Vulkaanide pursked põhjustavad sageli tervete linnade purunemise ja nende elanike hävinemise. Nii hukkus 1815. aastal Ida-India vul-

kaani Tambora purske tagajärgel ligi 92 000 inimest. Hõõgukuum gaasipilv, mis veeres 1902. aastal Martinique'i saarel Mount Pelé kraaterist alla, kandus läbi St.-Pierre'i linna ning mõne minutiga purustas terve linna ja põletas kogu tema elanikkonna — 30 000 inimest.

Süvasoojuse kasutamiseks tuleb valida kohad, kus maapinnale tungivad kuumade gaaside joad või kuumaveeallikad või kus puurauku lastud termomeeter registreerib kiire temperatuuri tõusu, mis on seotud väga kuuma intrusiivse keha asetsemisega maapinna läheduses.

Maa pealispinnale tungib suur hulk kuumaveeallikaid; sisina ja vilinaga paiskuvad õhku kuni mitmesaja kraadini kuumenenud gaasid; kümnete meetrite kõrgusele purskuvad perioodiliselt keeva vee fontäänid — geisrid. Ainuüksi Jaapanis, vulkaanide ja maavärinate maal, on läbi uuritud üle kuue tuhande kuumaveeallika. Yellowstone'i rahvuspargis (Ameerika Ühendriigid) on üle seitsme tuhande kuumaveeallika ja üle 80 geisri; miljonid gaasijoad tungivad maapinnale Kümne tuhande suitsu orus Alaskas; tuhandeid kuumaveeallikaid voolab maapinnale Uus-Meremaal. Palju kuumaveeallikaid tuntakse Aasia maades, Aafrikas, Põhja-, Kesk- ja Lõuna-Ameerikas, Atlandi ja Vaikse ookeani saartel. Euroopas tuntakse kuumaveeallikaid paljudes maades Poolast Portugalini; tuhandeid kuumaveeallikaid ja umbes 30 geisrit leidub Islandi saarel.

Meie kodumaal on geisreid Kuriili saartel ja Geisrite orus Kamtšatkal. Tuhandeid kuumaveeallikaid on meie geoloogid ja hüdrogeoloogid uurinud Nõukogude Liidu määratuil avarusil. Kogu maailmas on kuulsad Põhja-Kaukaasia ja Taga-Kaukaasia mineraalveeallikad. Kuumaveeallikaid tuntakse Lääne-Ukrainas, Krimmis, Kesk-Aasia vabariikides, Baikali järve ääres, Siberis, Primorjes, Kuriili saartel, Sahalinil, Kamtšatkas ja Tšuktši poolsaarel.

Kõik need planeedi võimsate sisejõudude esinemised on seotud tolle tähelepanuväärse piirkonnaga, mis on hõlmanud terve maakera ja kulgeb laia vööna Vaikse ookeani kallastelt läbi Kagu-Aasia, Himaalaja, Iraani ja Lääne-Euroopa maade ning mida geoloogid nimetavad Alpi kurrutuspiirkonnaks. Kahest teisest vööst, mis on peaaegu meridonaalsed, kulgeb üks piki Vaikse ookeani läänerannikut (Aasia haru) ja teine piki tema idarannikut (Ameerika haru). Selle piirkonna iseloomustavaks jooneks on sagedased ja tugevad maavärinad ning kohati tunduv Maa kuumendamine

maapinnalähedaste magmakollete poolt. Seega teavad õpetlased, et uut maavara — Maa süvasoojust — tuleb otsida ja uurida peamiselt Alpi kurrutuspiirkonna piirides.

Vulkaanilised pursked, kuumade gaaside joad ja kuumaveeallikad kannavad maapinnale ja osalt hajutavad atmosfääri määratul hulgal mitmesuguseid keemilisi aineid. Toome ühe näite: miljonid Kümne tuhande suitsu oru fumaroolid Alaskas, koosnedes 99-protsendiliselt puhtast veest, annavad sekundis 23 miljonit liitrit kuni 600° temperatuuriga auru. Ühe aasta jooksul väljub neist õhkkonda ja hajub selles kuni 1 250 000 tonni kloorvesinikhapet (soolhapet) ja kuni 200 000 t fluorvesinikhapet. Kuumaveeallikate vesi sisaldab mõnikord nii suurel arvul temas lahustunud mineraalaineid, et neid toodetakse tööstuslikuks otstarbeks. Karlovy Vary kuumaveeallikatest Tšehhoslovakkias näiteks saadakse igal aastal umbes 6 t fluorkaltsiumi, 800 t süsihaput naatriumi, 1300 t gläubri soola jne. Uus-Meremaal on kuumaveeallikas, milles väävel- ja soolhappe kontsentratsioon ulatub kuni 10%, mistõttu temasse lastud tsingitükk lahustub otsekohe.

Me rääkisime juba, et hõõguvtuliste intrusiivsete kehade jahtumine toimub väga pikkamööda. Reas kohtades võime leida näiteid, mis kinnitavad geokeemikute teoreetilisi arvutusi. Nii on mõnede Prantsusmaa kuumaveeallikate läheduses säilinud rooma saunade varemmed Caesari Gallias viibimise ajast; geoloogide poolt uuritud mineraalsete setete iseloom aga näitas, et möödunud kahe tuhande aasta jooksul allikate deebit, vee koosseis ja temperatuur praktiliselt ei ole muutunud. Mõnede Islandi kuumaveeallikate vanus on hinnatud 10 000—15 000 aastale, Yellowstone'i pargi allikate oma aga kuni 20 000 aastale. Alates 1870. aastast, mil lal algas selle pargi soojusnähtuste süstemaatiline uurimine, on mõned vaatlejad märkinud üksikute geisrite ja kuumaveeallikate tegevuse nõrgenemist, real juhtudel aga isegi lakkamist. Väljendati arvamust, et kõikide nende imeliste nähtuste esinemist põhjustav magmakolle on jahtumas. Ent see mõte ei leidnud kinnitust. Geisrite või allikate tegevuse nõrgenemine või mõnel juhul lakkamine näitab ainult, et looduslik maa-alune torudesüsteem (s. o. lõhed ja kanalid), mis juhib kuuma vett maapinnale, on täitunud või ummistunud sadestunud sooladega. 1946. aastal purskas Yellowstone'i pargis muuseumi ühe hoone lähedal uus geiser, purustades sillutise ja asfaldi, hiljem aga muutudes fumarooliks.

Vaatamata sellele, et vulkaaniline tegevus Yellowstone'i pargi piirkonnas lõppes vähemalt 1 miljon aastat tagasi, on (nagu näitavad mõõtmised spetsiaalselt selleks rajatud puuraukudes) temperatuur maa sees veelgi väga kõrge ning ületab 80 m sügavuses 200°. Järelikult on seal sügavuses soojusevarud veel väga suured. See soojuse tagavara on kontsentreerunud väga aeglaselt jahtuvasse, kristalliseeruvasse ja kuumi gaase eraldavasse magmakoldesse.

Me tutvusime maasisese soojusenergia avaldumisviisidega maapinnal. Isegi nende väheste meie poolt toodud näidete järgi pole raske ette kujutada, kui võimas ja praktiliselt ammendamatu soojusenergia allikas on inimese käsutuses.

MAA SÜVASOOJUSE KASUTAMINE

Vaatame nüüd, kus ja kuidas kasutatakse Maa süvasoojust.

Maa süvasoojuse kasutamiseks on vaja suures koguses kõrge temperatuuriga vett või looduslikku auru. Meie aga teame juba, et temperatuuri tõus sügavuse kasvades toimub igal pool — nii mandritel kui ka ookeani põhja all. Kuid me teame samuti, et see tõus toimub erinevates kohtades erinevalt — 5° kuni 250° kilomeetri kohta. Sellest lähtudes pole raske vastata küsimusele, millistes kohtades võib kasutada Maa süvasoojust.

Energia saamiseks võib süvasoojust kasutada ainult neis kohtades, kus puurimistehnikaga kättesaadavates sügavustes esinevad tingimused võimaldavad maapinnale juhtida küllaldaselt hulgal kuuma vett või looduslikku auru.

Sellised sügavuses hõõguvate intrusiivsete kehade olemasolu eeldavad tingimused ongi leitud Alpi kurrutuspiirkonnas.

Võib arvata, et juba väga ammustel aegadel ürginimene kasutas kuumaveeallikate vett oma igapäevasteks tarvidusteks, näiteks et keeta toitu. Kuumaveeallikate vee kasutamine igapäevases elus (toidu valmistamiseks, pesupesemiseks, vannide tarbeks jms.) oli levinud mitte ainult muistsetel aegadel. Hulga selliseid näiteid võib leida paljudes maades ka keskajal ja meie päevil.

Ent praegu huvitab meid võimalus kasutada Maa süvasoojust tööstuslikus ulatuses. Tööstuslikuks otstarbeks kasutatakse Maa soojust järgmisel viisil.

1. Allikate kuum vesi juhitakse torustikku mööda elumajadesse ja teistesse hoonetesse ning ehitustesse nende kütmiseks (termofikatsioon).

2. Kuum vesi soojendab lenduvat vedelikku sisaldavaid katlaid; auruks muutudes paneb viimane käima turbogeneraatori, mis annab elektrivoolu.

3. Puuraukude rajamise teel juhitakse Maa sisemusest pinnale looduslik aur, mida pärast tema puhastamist kasutatakse turbiinides elektrivoolu saamiseks.

Käesoleval ajal kasutatakse Islandis termofikatsiooniks laialdaselt allikate kuuma vett; loodusliku auru abil saadakse elektrienergiat Itaalias, Uus-Meremaal ning vähemal määral mõnes muus kohas. Esitame ainult Maa süvasoojuse kasutamise peamised resultaadid.

Kõigepealt tutvume sellega, mida tehakse sel alal Islandis — jää ja tulemägede maal, nagu teda vahest nimetatakse.

Geoloogilises suhtes kujutab Islandi saar enesest kilbitaolist kõrgendikku, mis koosneb peamiselt basaldist. Vulkaaniline tegevus kestab seal vaheaegadega vähemalt 30 miljonit aastat; see ei ole kustunud ka meie päevil: saarel on üle saja vulkaani, neist vähemalt 28 tegevvulkaani. Hekla viimane tugev purse toimus 1947. a. Saarel on teada palju geisreid ja tuhandeid kuumaveeallikaid, milledes vee temperatuur ületab 100° C. Islandi lõunaosas need allikad grüpeeruvad suunas kirdest edelasse, rööpselt sügavate pragude ja suurte avatud lõhedega.

Paljud allikad sõltuvad antud rajoonis toimuvatest maavärinatest: maaosade ümberpaiknemise tagajärjel mõnede allikate tegevus lakkab, kuid nende asemele tekivad uued. Kõik kuumaveeallikad võlgnevad oma vee kõrge temperatuuri kuumadele gaasidele, mida eraldab magmakolle.

Majanduslikus suhtes on Island nõrgalt arenenud. Loodusvarade poolest ei ole ta rikas: nafta ja kivisüsi tuleb sisse vedada välismaalt. Sellepärast pöörasid töökad Islandi elanikud juba ammu, sadu aastaid tagasi tähelepanu neile looduse poolt nii heldelt eraldatud ressursidele — kuumaveeallikatele. Kuum vesi leidis seal laialdast kasutamist igapäevases elus, linna- ja maamajanduses: paljudes asulates on ehitatud avalikud pesumajad; talupojad veavad kuuma vett oma põldudele, et kiirendada köögiviljade ja teraviljakultuuride valmimist. 1928. aastast saadik viiakse saarel läbi süstemaatilisi geoloogilisi ja geofüüsikalisi uurimisi ning puurimistöid. Pärast Teist maailmasõda, esmakordselt

tehnikat ajaloos teostati kogu linna täielik termofikatsioon Islandi pealinnas Reykjavíkis, kus on 53 000 elanikku. Kuum vesi juhitakse linna 16 km pikkust torustikku mööda. Vee deebit on 16 000 liitrit minutis, temperatuur 87°.

Ent sellega ei piirdu kuuma vee kasutamine. Kliima ja pinnas ei luba kasvatada Islandis paljusid köögi- ja puuviljakultuure, kuid siiski valmivad seal edukalt kurgid, tomatid, viinamarjad ja ananassid. Nad valmivad lugematuis kasvahooneis, mis on ehitatud saare mitmesugustesse osadesse kuumaveeallikate lähedusse.

Elektrienergiat looduslikust aurust Islandis veel ei saada, kuid hiljuti asuti 3000 kW katselise geotermilise jaama ehitamisele.

Samuti nagu Islandis, kasutatakse kuumaveeallikate vett majapidamistarvidusteks ka Jaapanis: talupojad kütavad sellega oma maju niiske ja külma talve jooksul; paljudesse kohtadesse on ehitatud supelhood ja kuurordid. Kuuma vett juhitakse riisipõldudele ja aedadesse mitte ainult pinnase soojendamiseks, vaid ka väetisena neis kohtades, kus ta sisaldab ammooniumi ja fosfori soolaid.

Kuuma vett kasutatakse ka mereveest keedusoola väljaaurutamiseks. Uurimis- ja puurimistööd võimaldasid tuua maapinnale kõrge temperatuuriga, suure deebitiga ning selise keemilise koostisega vett, et osutus võimalikuks korraldada selliste haruldaste elementide tööstuslikku tootmist, nagu tseesium, aktiinium x, toorium x, radium, samuti aga ka liitiumkloriid.

Mõnes kohas toodetakse kuumast veest kuus kuni 100 t keedusoola, kuni 10 t kaaliumkloriidi, 0,5 t boorhapet jne. Hiljuti organiseeritud Maa soojuse komisjonis uuritakse veelgi avaramaid perspektiive Maa süvasoojuse kasutamiseks Jaapanis.

Allikate kuuma vett kasutatakse eluhoonete, peamiselt võõrastemajade termofikatsiooniks paljudel Vaikse ookeani saartel, Lõuna-Ameerikas, Põhjasaarel (Uus-Meremaa).

Huvi äratab viis, kuidas Mäetööde departemang kasutas kuumaveeallikate vett Oregoni osariigis. Järskudel mägitel osadel, mis talvel kattusid jääga, juhtus tihti inimohvritega autoõnnetusi. Otsustati soojendada tee hädaohtlikke lõike. Selleks puuriti kuumaveeallikate lähedusse kuni 130 m sügavusi ja 12 dm läbimõõduga puurauke. Sel teel saadi mineraalvett temperatuuriga 90°. Mineraalvesi soojendab soojusevahendajat, milles on mage vesi ja jäätumist takistav

vedelik. Sel viisil kuumendatud mage vesi pumbataksegi läbi järskudel teosadel tee muldkeha sisse pandud torude, takistades jää tekkimist.

Tutvume nüüd loodusliku auru kasutamise, mida geoloogid ja geofüüsikud õppisid üles otsima ja puuraukude kaudu maapinnale juhtima, keemikud ja energeetikud aga puhastama ja odava elektrienergia saamiseks turbiinidesse saatma. Esmakordselt õnnestus seda teha 1904. a. Itaalias.

Geoloogid vaatlevad Apenniini poolsaart noore mäeahelikuna, mis moodustus geoloogiliselt hiljuti — kvaternaaris — ja jätkab praegugi oma arenemisteed. Piki Apenniini mäeahelikku toimub arvukaid ja tihti purustavaid maavärinaid. Magmakollete termiline tegevus on avaldunud ja avaldub praegugi kuumaveeallikate, keevade järvede, kuumade gaaside pursete ja vulkaanide Vesuuvi, Etna, Stromboli ning Vulcano võimsate erupsioonide näol. Peale nende tegevulkaanide (Vesuuvi viimane purse toimus 1944. a., Stromboli tegutseb pidevalt) kõrguvad poolsaarel kümned oma tegevuse juba lõpetanud vulkaanide koonused.

Napoli lahe põhjaosas asub võimas vulkaaniline kolle paljude väikeste šlakk-koonustega (1538. a. tekkinud vulkaani Monte Nuovoga) ja teiste süvamagma tegevuse väljendajatega. See on Flegrei väljade (flegraios — kreeka keeles „põlev“, „tolmav“) piirkond. Tema läänepoolseks jätkuks Türeeni meres on väike Ischia saareke Epomeo vulkaaniga ja arvukate kuumaveeallikatega.

Värvika kirjelduse Flegrei väljade termilisest tegevusest andis hiljuti seal viibinud G. D. Bogemski oma paeluvas raamatus „Mööda Itaalia linnasid“: „Peaaegu kogu Flegrei väljade küngasterohke org on üle külvatud väikeste kustuvate kraatritega, järvedega ja kuumaveeallikatega. Kord siin, kord seal tungivad maa seest suitsu ja kuumade gaaside joad, ajuti kuulduv maa-alt tumedat kõminat. Kohati kerkivad tõelised mäed pimsist ja laavast. Sageli tõstab maa-aluste jõudude hetkekski katkematu tegevus kord ühes, kord teises paigas maapinda või vastupidi — maa vajub ootamatult, tekitades sügavaid lõhesid.”¹

Itaalia ei ole rikas põlevate maavarade poolest; väikeses koguses toodetakse pruunsütt ja naftat, ent vee-energia varud, peamiselt põhjas, on küllalt tähelepanuväärsed ja

¹ Г. Д. Богемский. По городам Италии, стр. 220. Географгиз, 1955 г.

neid kasutavad arvukad hüdroelektrijaamad. 1954. a. andmetel on kõikide elektrijaamade võimsus Itaalias 10 059 000 kW, sealhulgas hüdrojaamadel 7 852 000, soojuskeskustel 1 942 000 ja geotermilistel jaamadel 265 000 kW.

Need 265 000 kW on peamiselt Toskaana maakonna geotermiliste jaamade võimsus, mis ehitati algul Firenze lähedusse Larderello asulasse, edaspidi aga lähedastesse piirkondadesse. Larderello on praegu tuntud kogu maailmas. Muide, piirkond, kus see kohake asub, oli tuntud juba väga ammu, tänu arvukatele kuumaveeallikatele, keevatele lagoonidele ja aurujugadele (soffioonid), mis tungisid välja arvukatest lõhedest paljas ja kõrbenud, taimestikuta maapinnas.

Põrgulikkude jõudude arvele kirjutati muiste ja keskajal need tol ajal arusaamatud nähtused: tihedad valged väävliahaisuga aurupilved, lagoonide alaliselt keevale pinnale lakamatult tõusvad suured mullid, imelikud maa alt kostvad helid, mis meenutasid kord sisistamist ja vilistamist, kord oigeid ja tumedaid karjeid, kord justkui sadade kudumismasinatööd. Maapind ei jäänud kunagi rahule: kord siin, kord seal avanes maa järsku ja sügavusest murdsid välja uued soffioonid; paljudes kohtades oli maapind kaetud õhukese krigiseva pimsitaolise kattega ja ettevaatamatu teekäija vajus tihti tundmatusse hõõgukuumasse sügavusse.

Inimese tegevuse tagajärjel aga muutus see rajoon niivõrd, et teadlased, kes külastasid Toskaana piirkonda 100 aastat tagasi, ei märganud enam paljusid keskajal kirjeldatud nähtusi. Nii näiteks oli paljude lagoonide tegevus korrapärastatud ja kontrolli all; nad olid täidetud mullaga, kusjuures olid jäetud ainult väikesed avaused, mille kaudu tungisid välja aurujoad ning milles kees ja pulbitses vedel muda. Seda tehti seoses asjaoluga, et 1776. a. avastati seal boorhappe esinemine, mida peale Vulcano saare kusagil Euroopas ei leitud. Kuni boorimineraalide avastamiseni oli boorhappe peamiseks boori tooraineks maailmas. Boorhappe avastas Toskaanas saksa keemik Häfer, ettepaneku kasutada Maa soojust selle väljaauramiseks tegi aga 1817. a. prantsuse emigrant F. Larderelle. Tol ajal aurutati seal aastas kuni 80 000 tonni vett, millest saadi kuni 1600 t boorhapet.

1904. a. tegi insener G. Conti katset kasutada Maast surve all väljuvat auru energiaallikana. Seks otstarbeks juhtis ta aurujoa 40-hobujõulisse aurumasinasse, mis pani

liikuma boorhappevabriku seadised ja valgustusotstarbeks elektrivoolu andva generaatori. Sellega oligi pandud alus edasistele edukatele täiustustele uue energiaallika — Maa süvasoojuse — kasutamise alal, algul Itaalias, seejärel aga ka teistes maades. Varsti selgus, et aurus leiduvad gaasid rikkusid masinat, mistõttu järgmiseks etapiks oli loodusliku auru kasutamine aurutaja soojendamiseks, mis tootis puhtast veest auru ilma kahjulike lisanditeta. Uue seadise võimsus oli 1912. a. 200 kW, kuid 1916. aastaks lasti käiku juba kolm agregaat, igaüks võimsusega 2500 kW.

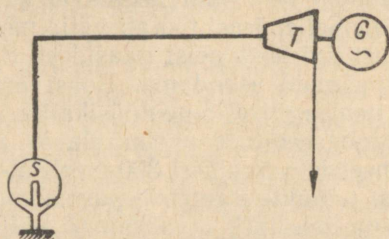
Auru koosseisu kuuluvad sööbivad gaasid mitte üksi ei söövitanud seadmete osi, vaid takistasid ka auru täielikku kondenseerumist. Sellepärast töötati välja meetod, mille abil kõrvaldati aurust ligi 90% neist gaasidest. Seejärel ilmusid turbiinid kolbmasinaid asendama. Edasi asuti detailse ja süstemaatilise geoloogilise ja geofüüsikalise luure läbiviimisele, rajooni pinnaseehituse uurimisele ja arvukate, algul madalate, 60-meetriste, seejärel 300-meetriste, viimasel ajal aga kuni kolme tuhande meetriste puuraukude puurimisele. Selle tulemusena selgitati, et aurujoad väljuvad vanadest paralleelsetest lõhedest ja et maa pealispinna all esineb väga tiheda aine — savikilda — kiht, mis osutub looduslikuks ja läbitungimatuks katteks, takistades aurude väljavoolamist õhkkonda. Neis kohtades aga, kus kivimit läbivad lõhed, tungib auru välja atmosfääri. Sellised kohad on kõlbmatud eksploatatsiooniks, nagu on kõlbmatu näiteks katel, mille kate on vigastatud aukude ja lõhedega: ta ei hoia auru vajaliku surve all.

Uurimised selgitasid, et kõikide nende soojusnähtuste põhjustajaks on suur kuum intrusiivne keha ja et Toskaana piirkond asetseb selle kuplil. Looduslikku auru on siin kasutatud juba üle 50 aasta. Selle aja jooksul pole muutunud ei tema temperatuur, rõhk, deebit ega koosseis. Toskaana auru koosseis aga pakub küllaltki suurt majanduslikku huvi. Nagu sada aastat tagasi, toodetakse seal ka praegu boorhapet, kuid nüüd saadakse seal aastas 7000—8000 tonni boorhapet, kuni 4500 tonni booraksit, süsihappegaasi, ammooniumkarbonaati, ammooniumsulfaati, ammooniumbikarbonaati, ammooniumkloriidi, heeliumi jm.

Aja jooksul uuriti ja võeti järk-järgult eksploatatsiooni uued, Larderello lähedal asuvad alad: Castelnuovos, Serazanos, Lustignianos, Sassos, Lagos ja Monterotondos. Koos tehnika täiennemise ja koha geoloogilise ehituse täpsusta-

misega kasvas ka seadmete võimsus. Kui näiteks 1932. a. saadi aastas 50 miljonit kWh energiat, siis 1939. a. saadi juba 500 miljonit kWh. Teise maailmasõja poolt tekitatud purustused alandasid seadmete võimsust 90% võrra, ent juba 1948. a. saadi aastas 1 miljard kWh, 1952. a. aga umbes 2 miljardit kWh, mis moodustab 5,8% kogu Itaalias toodetavast elektrienergiast. Kui 1933. a. kulutati 1 kWh energia saamiseks umbes 20 kg auru, siis 1951. a. juba ainult 10 kg.

Geotermilise jaama projekteerimisel ei ole enne kõikide luure- ja puurimistööde läbiviimist võimalik ette teada,



Joon. 1. Geotermilise seadme skeem A:

S — soffoonid; T — turbiin; G — generaator.

millise hulga auru võib saada, järelikult ei saa ette välja arvutada ka seadiste võimsust, nagu seda tehakse hüdro- ja soojusjõujaamade rajamisel. Praktika on näidanud, et on otstarbekohasem ehitada jaamu, millede võimsust võib suurendada vastavalt sellele, kuidas rajatakse uusi auru väljatuleku kohti.

Itaalias kasutatavaid seadmete skeeme võib jaotada järgmisse kolme gruppi:

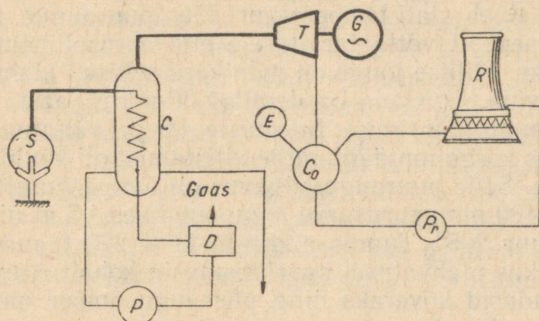
1. Süvaaur juhitakse vastusurvega turbiini, s. o. turbiinist auru väljalaskmisega õhku; turbiin on ühendatud generaatoriga (skeem A).

Skeemi A järgi töötav jaam on kõige lihtsam ja odavam jaamatüüp, kuid vajab väga palju auru. Selliseid jaamu püstitatakse seal, kus loodusliku auru väljavool ei ole suur, kuid on võimalus suurendada seda edasiste uurimistööde tulemusel.

Selle jaamatüübi turbiinide karakteristik: kaks gruppi turbiine à 3000 kW (surve klapi juures 4,4 at, surve väljalaskel 1,08 at, auru temperatuur 185°, 3000 tiiru minutis) on ühendatud kolmefaasilise generaatoriga pingega 4500 volti. Aurutarvitus 19 kg/kWh. Töötanud auru kasutatakse keemiatööstuses.

2. Süvaaur juhitakse soojusevahendajasse, see toidab auruga kondensatsiooniga turbiini, mis on ühendatud generaatoriga (skeem B).

Skeemi B järgi töötavates jaamades on reaktiivturbiin ühendatud 15 000-kilovatise ja 9000-voldise kolmefaasilise generaatoriga. Iga generaator on ühendatud 15 000-kilovatise kolmefaasilise transformaatoriga, mis tõstab pinget 130 000 voldini. Selle skeemi järgi on Larderellos

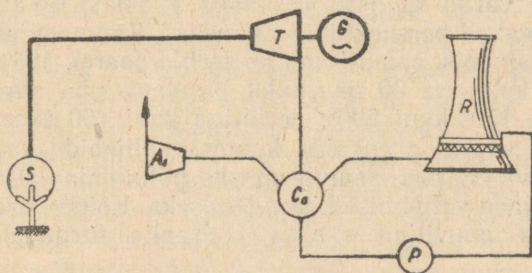


Joon. 2. Geotermilise seadme skeem B:

S — soffioonid; P — pump; C — soojusevahendaja;
 D — degasaator; T — turbiin; G — generaator;
 Co — kondensaator; Pr — pump; R — gradeerimiseseade.

üles seatud seitse kõige võimsamat agregaat. Neli selle skeemi kohast agregaatit töötavad ka Castelnuovos. Aurutarvitus on 14 kg/kWh.

3. Süvaaur juhatakse kondensatsiooniga turbiini, mis on ühendatud generaatoriga (skeem C).



Joon. 3. Geotermilise seadme skeem C:

S — soffioonid; T — turbiin; G — generaator;
 Co — kondensaator; P — pump; R — gradeerimiseseade;
 A1 — reaktiivturbiin.

Skeemi C järgi töötavates jaamades toidetakse turbiine vahetult süvaauruga, mis sisaldab kuni 4% keemiliselt aktiivseid gaase. See tõttu peab metall olema korrosioonikindel.

Praegu ehitatakse Larderellos selle skeemi järgi suurt jaama, kus püstitatakse neli gruppi turbiine; igas neist on reaktiivturbiin võimsusega 26 000 kW (auru surve 4,7 at, temperatuur 185°, 3000 tiiru minutis). Aurutarvitus on 9,5 kg/kWh.

Kui puurauk satub suurele auruhulgale, toimub tõeline plahvatus, omalaadi purse, kusjuures paisatakse õhku puurimisel kasutatav savilahus ja kivimitükke. Sellist tormilist auru eraldamist nimetavad itaallased „soffionissimo”. Plahvatusele eelneb alati temperatuuri tõus puuraugus, mistõttu võib õigeaegselt võtta tarvitusele ettevaatusabinõud avarii vältimiseks. Millise jõuga on mõnikord sellised plahvatused, selle üle võib otsustada Larderellos 30-ndatel aastatel rajatud puuraugu puurimise tulemuste järgi: väljatungiv aur moodustas kõrge fontääni, mille vilistamist oli kuulda 50 km kaugusele. Selle puuraugu sügavus oli ümmarguselt 250 m, läbimõõt 480 mm, aurusurve augu suudmes 4,5 at ning auru temperatuur 205°. Tunnis andis ta kuni 220 t auru. Teine kord paiskus plahvatusel puurimismasin kohalt, tema terasosad paindusid kõveraks ning puuraugu ümber moodustus 18 m sügav kraater.

Auru temperatuur on erinevates kohtades erinev ja kõigub 140° kuni 296°. Ka deebit muutub küllalt suurtes piirides — mõnest tonnist tunnis kuni 300 tonnini tunnis; surve muutub 4 atmosfäärist maapinnal 18 atmosfäärini puuraugu põhjas.

Pärast Teist maailmasõda organiseeriti Itaalias, peamiselt hüdroenergiavaestes lõunapiirkondades, laialdasi uurimis- ja puurimistöid. Eriteadlaste arvates ületavad sealsed süvaauru varud tublisti Toskaana maakonna auruvard. Eriti hiilgavad perspektiivid avanevad Kampaanias Flegrei väljade rajoonis, samuti aga ka Ischia saarel. 1954. a. puuriti neis kohtades 90 puurauku ja saadi juba auru temperatuuriga 150° kuni 296°, deebitiga kuni 100 tonni tunnis.

Ischia saare arvukaid kuumaveeallikaid kasutatakse ammu raviotstarbel, samuti aga ka põllumajanduses köögi- ja puuviljade valmimise kiirendamiseks. Kõige varajasemad köögi- ja puuviljad saabuvad Itaalia turgudele Ischia saarelt.

Mõne aasta eest ehitati saare läänekaldale väike geotermiline jaam. Siin kasutati esmakordselt kuuma vett kergesti lenduva vedeliku etüülkloriidi (keemispunkt 12,5°) soojendamiseks, mis pani liikuma väikese turbiini. Selle jaama võimsus on 300 kW; tema töötamiseks on vaja 1,5 t etüülkloriidi ning varuks veel 0,5 t, mida kasutatakse järgnevatks üsna tühisteks täiendusteks.

Pärast Teist maailmasõda hakati Uus-Meremaa Põhja-saarel viima läbi luure-, uurimis- ja puurimistöid süvaauru saamiseks. Sellel saarel leidub hulgaliselt kuumaveeallikaid,

võimsaid geisreid ja tegevulkaane. Kuuma veega köetakse võõrastemaju, haigemaju, süvaauruga töötavad saeveskid; pärismaalastest elanikkond kasutab juba ammust ajast kuuma vett toidu valmistamiseks. Vairakea piirkonnas on puuritud 13 puurauku ja saadud peaaegu puhast auru temperatuuriga 234° ja deebitiga kuni 90 tonni tunnis. On lastud käiku geotermiline jaam võimsusega 134 500 kW. 1952. aastal kinnitas Uus-Meremaa valitsus eri seaduse süvaauru luure ja ekspluatatsiooni kohta energeetiliseks otstarbeks. Peale selle asutasid Suur-Britannia aatomienergia komitee ja Uus-Meremaa valitsus aktsiaseltsi, mille eesmärgiks on saada looduslikust aurust rasket vett. Sellel eesmärgil ehitatakse 1957. aastaks veel üks geotermiline jaam ja tehas, mis hakkab andma iga aasta mitu tonni rasket vett.

Itaalia ja Uus-Meremaa ongi tegelikult ammendatud piirkonnad, kus enam või vähem laialdaselt kasutatakse praegusel ajal Maa süvasoojust elektrienergia saamiseks. Muide, juba 20-ndatel aastatel saadi Kalifornia osariigis sel viisil vähesel hulgal elektrienergiat; geotermilisi jaamu on ka Jaapanis.

Kuna meie püstitame enesele ülesande teada saada, kus ja kuidas kasutatakse Maa süvasoojust, tutvume ka sellega, mis on ära tehtud Kalifornias ja Jaapanis. San Franciscost umbes 100 km põhja pool asub geotermika ja geokeemia seisukohalt väga huvitav piirkond, mis kannab nime „Geisrite rajoon”. Geisreid seal ei ole, kuid piki Miakemi mäeahelikku ja suurt lõhe maakoos väljuvad kuumaveeallikad, ning läbi palja ja kohati soolakorruga kaetud maapinna tungivad aurujoad. Paljude kuumaveeallikate temperatuur on 98° , mis vastab vee keemispunktile selles kohas.

Mitmes kohas puuritud madalad puuraugud andsid suure hulga auru temperatuuriga kuni 200° (ühes puuraugus aga peaaegu kuni 600°), mis on küllaldane selleks, et panna liikuma väikest turbiini ja varustada elektrienergiaga läheduses asuvaid maju ja ehitusi. Selle rajooni edasine uurimine on näidanud, et auru võib saada suurtes kogustes ja pika aja kestel. Nende termiliste nähtuste põhjustajaks peetakse üsna maapinna läheduses asuvat suurt hõõguvkuuma intrusiivset keha.

Kiušiu saarel Jaapanis rajati väike katseeadeldis, 1954. aastaks aga oli seal projekteeritud 3000 kW võimsusega geotermiline jaam.

Itaalia ja Uus-Meremaa energeetikute edusammud osutusid stiimuliks uurimis- ja luuretoodele paljudes maades: Kesk-Ameerikas — Salvadoris ja Nikaraaguas, Lõuna-Ameerikas — Tšiilis, Väikestel Antillidel — Santa Lucial, Ekvatoriaal-Aafrikas, samuti aga ka mõnedel Vaikse ookeani saartel.

MAA SÜVASOOJUSE KASUTAMISE VÕIMALUSED NSV LIIDU TERRITOORIUMIL

Nõukogude Liidu laialdasel territooriumil, kus leidub määratuid söe, nafta, maagaasi ja hüdroenergia varusid, kohutame suurel hulgal ka Maa termilisi nähtusi: vulkaane, geisreid, fumarooli ja arvutuid kuumaveeallikaid.

Need on koondunud noorde kurrutuspiirkonda, mis kulgeb määratu vööna Karpaatidetagusest kuni Tšuktši poolsaareni — piki Nõukogude Liidu lõunapiiri ja Vaikse ookeani rannikut. Just siin tulebki teostada uue maavara — süvasoojuse — luuret.

Sellisele järeldusele jõudis ka NSV Liidu Teaduste Akadeemia presiidium, kui ta autori ettekande põhjal juba 1937. a. märkis, et „maakoore sügavate osade soojust võib kasutada mõnedes NSV Liidu rajoonides, kus maapinnale tungivad kuumaveeallikad ning esineb noori laavavoolusi. Siia kuulub esmajoones Kamtšatka, mõned Tšuktši poolsaare rajoonid, Kaukaasia naftapiirkonnad, samuti aga ka Pamiiri ja Tjan-Šani rajoonid Kesk-Aasias”. Akadeemik V. A. Obrutšev laiendas neid piire, juhatahes autorile mõningaid kohti Primorjes (kus on kvaternaari vulkanismi tunnuseid), Vitimi kiltmaad, Džida jõe ülemjooksu ja mõningaid orge Ida-Sajaanides, kus esineb kvaternaarse vulkaanide jäänuseid, samuti aga ka Suure Hingani mõlemaid nõlvu (Hiinas ja Mandžuurias) ning mõningaid punkte Mongoolia Rahvavabariigis.

Nõukogude kirjanikud on oma teostes korduvalt jutustanud Maa süvasoojuse mitmesugustest kasutamisviisidest. Praegu tahaksin meenutada lugejaile mõningaid ridu V. Ažajevi kõigile tuntud raamatust „Kaugel Moskvast”, milles kirjeldatakse lihtsat, kuid väga väärtuslikku seadist triiphoonete soojendamiseks kuumaveeallikate veega. Siin need read on: „Kolhoosnikud olid katnud mõned külale lähedal asetsevad allikad puust kastidega. Maksuta kuum vesi

kogunes puust torudesse ja läks kasvuhooneisse ning majade kütmiseks. Kasvuhoonete klaaskatuse all, mis oli nagu hangest välja kasvanud, oli kuum, pikkadel riiulitel kasvas lopsakate puhmastena aedvilja: rediseid, salatit, kurke, tomateid.”

Praegusel ajal võiks korraldada võrratult täiuslikuma kütmissüsteemi. Triiphooned, kasvulavad, saunad, pesumajad, haiglad ja lastesõimed — raske on isegi loetleda kuumaveeallikate vee kõiki kasutamisevõimalusi küla ja linna majapidamises; raske on loetleda ka kohti, kuhu võiks ehitada nii väikesi kui ka väga suuri kasvuhooneid köögivilja, puuvilja, marjade, subtroopiliste ja troopiliste toidu- ja tehniliste kultuuride kasvatamiseks.

Külma Tšukotka elanikud võivad kogu aasta jooksul saada lauale värsket juurvilja ja marju. Ananassid võivad valmida mitte ainult Islandi kasvuhoonetes; mitte vähema eduga valmivad nad ka Tšukotka triiphoones. Kuid mitte ainult kasvuhooneisse ei juhi Tšukotka elanikud oma võimsate allikate kuuma vett. Nad ehitavad pesumajasid, saunu, juhivad kuuma vett haiglatesse ja elumajadesse. Loodus avas neile laialdased võimalused, kuna seal läbi alaliselt külmunud maakihtide mitmete aastatuhandete jooksul voolavad maapinnale allikad, paljud temperatuuriga üle 90° ja deebitiga, mis ületab 1000 l/sek. Kui seal aga viiakse läbi kõik vajalikud uurimis- ja puurimistööd, siis leitakse vett veel kõrgema temperatuuriga ja suurema deebitiga. On täiesti võimalik, et avastatakse lõhesid, mille kaudu tungivad maapinnale ülekuumendatud auru joad, ning siis võib saada elektrienergiat. Muide, elektrienergia saamiseks Tšukotkas ei ole vaja nii võimsat auru väljavoolu, nagu Itaalias. Kuumaveeallikate lähedusse ehitatud ja lenduva vedeliku abil töötavad väikesed geotermilised jaamad osutuvad arvatavasti kõige sobivamaiks.

Kuumaveeallikatega pole siiski veel ammendatud Tšuktši poolsaare sügavuses peituvate magmakollete termilised nähtused. Seal on veel teisi ebaharilikult huvitavaid kohti, kuhu ialgi ei saabu talv: Maa sisemusest tuleb maapinnale selline võimas soojusevoog, mis soojendab kogu pinnast. Ümberringi võib ulguda lumetorm, kuid neis oasides on alati „suvi”, aasta ringi kasvab siin mahlakas rohi ja põõsad on kaetud roheliste lehtedega. Paljud reisijad on ka meie päevil kirjeldanud neid imepäraseid kohti, kus inimese silmade all „loodus muudab kliimat”. Tõsi küll, selliste soo-

jendatud alade pindala on väike, näiteks Penkegneiski allikate lähedal on selle suurus ainult 200×30 m, kuid energetikutel ja agronoomidel maksab siiski mõelda nende nähtuste üle ja neid igakülgsest uurida. Selliseid kohti on ka Kamtšatkal ja Baikali järve idakaldal.

Kamtšatka on termiliste nähtuste poolest rikkaim piirkond meie maal. Seal on umbes 100 gruppi kuumaveeallikaid 100° ületava temperatuuriga pinnal ja deebitiga 1 miljon liitrit ööpäevas, arvukalt geisreid, fumaroolle ja majesteetlikke vulkaanide koonuseid, mis on ühed ilusamatest maailmas. Musta basaltlaava kuhjatised vahelduvad seal tiheda ja mahlaka rohuga kaetud aasadega; rohi ise ulatub üle ratsaniku pea. Arvukates jõgedes ja ojades on rikkalikult kalu. See on määratute rikkuste maa. Ent see suurepärase maa on peaaegu ilma põlevate maavaradeta, samal ajal aga tungib maapinnale ja hajub atmosfääris iga päev määratu hulk soojust. Teadlased peavad leidma võimalusi suunata see soojus juba lähemal aastail nõukogude inimese teenistusse.

1953. a. kirjutas autor ajalehes „Kamtšatskaja pravda“, et „Kamtšatka tingimustes omandab allikate kuuma vee kasutamise probleem... esmajärgulise tähtsuse ja väärib kõige terasemat tähelepanu NLKP KK määruse „NSV Liidu põllumajanduse edasise arendamise abinõudest“ valguses.“ Laialdane kasvuhoonete võrk Petropavlovski linna läheduses ja teistes asustatud punktides annab kogu Kamtšatka töötajatele võimaluse saada aasta läbi mitte ainult köögivilja- ja marjakultuure, vaid ka lõunamaisi puuvilju, sealhulgas viinamarju, tsitrusvilju, aga ka mitmesuguseid lilli. Ent kiiresti arenev Kamtšatka vajab elektrienergiat. Selleks on vajalikud süstemaatilised uurimised, et leida ja tuua maapinnale süvaauru ning ehitada katselisi geotermilisi jaamu.

Kamtšatka läheduses leidub teine rajoon hõõguvtulise maasisemuse võimsate termiliste nähtustega — Kuriili saared. Mõne aasta eest kirjutas kirjanik S. K. Gerassimov, kes külastas Kuriili saari ja viibis Kunaširi saarel: „Väike Saseki külake, piiratud okaspuumetsast, kus saja-aastased puud on imepäraselt põimitud roomavate liaanidega, võtab meid vastu aurusammastega, mis eemalt näivad lõkkesuitsudena.“

Kogu plaaž piki Sasekit on täis neid aurujugasid. Neid on sellisel hulgal, et isegi liiv on kohati kuum.

Kohalikud asula elanikud kasutavad seda maksuta soojust teravmeelselt. Nad laiendavad auru väljavoolu-avasid, vooderdavad neid kividega või lihtsalt põhjata tunnidega ning keedavad kuumas aurus kalu, krabisid, riisi, mere-
linde.”

Altais, kus noored patrioodid-vabatahtlikud meie partei ja valitsuse kutsel äratavad tuhandeaastasest unest viljakaid jäätmaid, leidub palju kuumaveeallikaid. Kohalikud elanikud tunnevad hästi nii Belokurihha allikat veetemperatuuriga üle 30°, kui ka Abakani allikat temperatuuriga peaaegu 40° ja veidi soojemat Rahmanovi allikat ning lõpuks kõige soojemat Halauni allikat, mille vee temperatuur ületab 50°. Nüüd, mil Altaisse on kogunenud ettevõtlik ja energiline noorsugu, uuritakse neid allikaid detailselt ning puuraugud toovad maapinnale suurel hulgal kuuma vett, mis leiab laialdast praktilist kasutamist nii põllumajanduses kui ka majapidamises.

Paljusid kuumaveeallikaid tunnevad geoloogid ja hüdrogeoloogid Kesk-Aasia vabariikides. Kõiki neid ei suuda loetleda. Mainime ainult Tadžiki NSV allikaid, selliseid, nagu Hodža-Obi-Garm, Obi-Garm ja Tovil-Dora. Hodža-Obi-Garmis, kuhu nüüd on ehitatud sanatoorium, väljub 1796 m kõrgusel merepinnast graniitkaljudes olevatest sügavatest lõhedest aur ja kuum vesi temperatuuriga üle 90°. Selle allika vee poolt kaasa toodud soojuse hulk on sealviibinud geoloogi arvestuse kohaselt ekvivalentne peaaegu 5 tonni kivisöe põletamisele ööpäeva jooksul. Kunagi on tadžikid kasutanud seda maksuta soojust: nad raiusid kaljusse 2,5 × 1 m augu, katsid ülevalt puukaanega ning keet-
sid sellises looduslikus praeahjus lambaliha.

Juba 1930. a. tegi geoloog A. S. Uklonski ettepaneku kasutada Tadžiki allikate kõrget temperatuuri soojusallikana. „Meie termilised jooned,” kirjutas ta, „oma kuumaveeallikatega kiirgavad lakkamatult, ööd ja päevad, nii halbade kui ka ilusate ilmadega soojusenergiat ilmaruumi. Seda energiat mitte ainult et ei kasutata, vaid meil isegi ei ole mingeid arvulisi andmeid tema kasutamiseks.” Käesoleval ajal asuvad energeetikud koos geoloogidega, hüdrogeoloogidega ja agronomidega lahendama sellist praktilise tähtsusega probleemi, nagu seda on võimsate termiliste nähtuste kasutamine. Uuritakse kuumade vete teket; puurimine toob maapinnale suure deebitiga kõrgetemperatuurilist vett, aga võib-olla ka looduslikku auru; püstitatakse geo-

termilisi uurimisjaamu, kus uuritakse ja katsetatakse mitmesuguseid seadiste süsteeme. Kuum vesi pannakse talvel kütma sanatooriume ning soojendama kasvuhooneid subtroopiliste ja troopiliste kultuuridega.

Nüüd on Vahši orus tekkinud uus põllumajandusharu — tsitrusviljade kasvatuse; juba on istutatud rohkem kui 15 000 sidrunipuud, mis kasvavad limonaariates, s. o. laiades ja sügavates kaevikutes, mis kaitsevad sidrunipuid talvel külmumise eest. 23. veebruaril 1954. a. viitas sm. N. S. Hruštšov ettekandes NLKP Keskkomitee pleenumil vajadusele „rohkem kasutada tehaste soojusjääke sidrunite kasvatamiseks vastavates kasvuhoonetes”. Kuid neid kasvuhooneid võib soojendada mitte ainult tehaste tootmisprotsessis järelejääva kuumaveega — neisse võib juhtida ka kuumaveeallikate vett ja seega rajada kasvuhooneid sinna, kus ei ole mingeid tööstuslikke soojusjääke.

Suure soojusmajandi subtroopilistele ja troopilistele kultuuridele võib rajada Turkmeeni NSV-s, kus esineb nn. Kopet-Dagi termaalne joon; 200 km ulatuses voolavad seal maapinnale rohkem kui 100 allikat temperatuuriga kuni 40° ja ülddeebitiga 5000 l/sek.

Määratu suured soojusevarud peituvad veel Kaukaasia kuumas põues. Laavavooluste kuhjatise ja kustunud vulkaanid annavad tunnistust peamiselt Taga-Kaukaasias geoloogiliselt alles üsna hiljuti toimunud tormilisest vulkaanilisest tegevusest.¹ Kõigile on hästi tuntud meie poetide poolt ülistatud suursugused ja ilusad Elbrus ja Kazbek — Suur-Kaukasuse vulkaanid, samuti aga ka Agamani vulkaaniline ahelik, Alagöz ja teised Armeenia vulkaanilise kiltmaa vulkaanid. Kuigi need Maa sisejõudude võimsad avaldused on nüüd kustunud, jätkub Kaukasuse all veel magmakollete kristalliseerumise ja aeglase jahtumise protsess, toimub kuumade lahuste ja kergesti lenduvate elementide ning nende ühendite eraldumine. Nende keerukate füüsikalis-keemiliste protsesside tunnistajaiks on Maa sisemusest pealispinnale tõusvad arvukad allikad (tihti tervisevee-allikad), mis on Kaukaasia kuurortidele toonud ülemaailmse kuulsuse. Väga paljudel neist on kõrgendatud veetemperatuur.

¹ Kaukaasia geoloogilisest minevikust jutustab prof. S. S. Kuznetsovi hiljuti ilmunud raamat „Недра гор Северного Кавказа”, Изд-во АН СССР, 1953.

Samal ajal, kui toimus Elbruse purse, pidi olema alanud purse ka temast kirde pool, praeguses Mineralnõje Vodõ rajoonis. Ülesse tungiv väga sitke magma aga ei jõudnud murda enesele teed maapinnale ja voolata laiali laavavooluste näol. Ta jäi peatuma sügavuses, moodustades kupli-taolised kõrgendikud — lakoliidid (Mašuk, Beštou jt. mäed). Ent suur intrusioon, millest need tekkisid, ei ole veel jahtunud; ta saadab ülesse kuumi gaase. Mõned neist, näiteks süsihappegaas, kohates sügavaid vett sisaldavaid kihte, soojendavad neid ja annavad veele võime lahustada kõrge-malasuvaid kivimeid.

Sel viisil need veed rikastuvad leelissooladega ja saabu- vad maapinnale mineraalveeallikate näol. Kuigi nende alli- kate temperatuur ei ole igal pool ühesugune, on nad ühe ja sama päritoluga. Tõepoolest, kui näiteks vesi tõuseb suurel hulgal ja kiiresti, siis teel maapinnani tema temperatuur ei jõua tunduvalt alaneda; kui aga deebit on väike, jõuab vesi jahtuda tema poolt läbitud maakihide temperatuurini. Peale selle lisanduvad mineraalvee-voolusele tihti madala temperatuuriga põhjaveed, teda lahjendades.

Mineralnõje Vodõ rajoonis läbi viidud detailsed geo- loogilised ja hüdrogeoloogilised uurimised ja puurimistööd näitasid, et tema idaosas võib tuua maapinnale vett tempe- ratuuriga kuni 80—90°; Mineralnõje Vodõ jaama piirkon- nas saab väga suure deebitiga vett temperatuuriga kuni 70° ja rajooni kirdeosas ületab vee temperatuur 100°.

Meie teame, et selle rajooni kuurordid võlgnevad tänu oma olemasolu eest erineva mineraalide sisaldusega vetele. Ent kuigi need veed toovad meie maa töötajaile hindama- tut kasu, ei kasutata neid senini täielikult; ainuüksi neli allikat Pjatigorskis võivad anda Riikliku Balneoloogilise Instituudi arvestuste järgi aastas nii palju soojusenergiat, kui palju teda saaks 3300 t kvisiõe põletamisel. Uued kuuma vee väljavoolukohad annavad palju rohkem energiat, ja allikaid Mineralnõje Vodõ jaamas, Železnovodskis ning Pjatigorskis hakatakse kasutama mitte ainult põllumajan- duše huvides, vaid ka kuurortide soojendamiseks talvisel ajal.

Terve rida kuumaveeallikaid leidub ka Põhja-Kaukaasia teistes kohtades: Psekupi allikad Krasnodari lähedal tem- peratuuriga üle 50° ja kogudeebitiga kuni 350 000 l ööpäe- vas, Groznõi oblasti allikad ja kuumad naftaveed ning lõpuks Braguni kuumad väävliallikad temperatuuriga 90°,

kuulus „Kuum kaev”, mida esmakordselt kirjeldati XVII sajandil.

Laialdaselt kasutatakse kuumade allikate vett Mingrelias, kus mõne aasta eest puurimisega toodi päevavalgele vett temperatuuriga üle 80° ja suure deebitiga. Nüüd soojendatakse selle veega Tsanši kuurorti ning kasutatakse mitmesugusteks põllumajanduse vajadusteks. Laialdasid uurimistöid ja puurimisi teostatakse Gruusia pealinnas Tbilisis — soojade vete linnas. Juba ürgses minevikus kasutati seal saunadesse juhitud väävliste vete tervistavaid omadusi. Ligemas tulevikus tuuakse Tbilisis maapinnale kõrge temperatuuriga ja suure deebitiga vett, mida hakatakse kasutama elumajade termofikatsiooniks ja botaanikaaias kasvuhoonete soojendamiseks. Samasuguseid töid viiakse läbi Abastumani kuurordis ja teistes Gruusia raviautistes, kus saabub maapinnale kuum vesi; selle vabariigi mitmetes kohtades teadaolevad arvukad sooja või kuuma veega allikad aga leiavad laialdasid kasutamist sovhoosides ja kolhoosides.

Rikas soojade ja kuumade vete poolest on Armeenia. Maalilises kohas mägedes lõpetatakse praegu Džermuki kuurordi ehitamist, millest saab üleliidulise tähtsusega raviautis. Tervisveeallikaid temperatuuriga kuni 70° kasutatakse kuurordi ja kasvuhoonete kütmiseks.

Julgete tõmmetega ja eredate värvidega joonistas akadeemik A. J. Fersman süvasoojuse kasutamise perspektiive meie maal: „Meie jalgade all keev magmaookean, maa sügavusse peidetud kolossaalsed soojusehulgad — kõik see tehakse kättesaadavaks inimesele... ta soojendab maad maapõue soojusjaamade kaudu, ta lõpetab metsade hävitamise, ta võimaldab loobuda keemilisteks protsessideks nii vajaliku kivisöe mõttetust põletamisest, nafta kasutamisest soojus-jõuseadmetes.

Miljoneid kaloreid kannavad eneses torud sügavusest maapinnale; nad mitte ainult ei anna soojust elamutele ja tehastele — nad soojendavad terveid rajoone oma kuuma hingusega, sulatavad polaarmaade jääd, muudavad kliimat.”

Piiritud võimalused avanevad nõukogude geoloogide, hüdrogeoloogide, energetikute ja põllumajanduse alal töötajate ees uue energia — Maa süvasoojuse — sajandeid töötavate allikate uurimisel ja kasutamisel.

SISUKORD

Maa süvasoojus ja selle esinemisviisid	3
Maa süvasoojuse kasutamine	10
Maa süvasoojuse kasutamise võimalused NSV Liidu territooriumil .	20

С. А. Красковский
ГЛУБИННОЕ ТЕПЛО ЗЕМЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

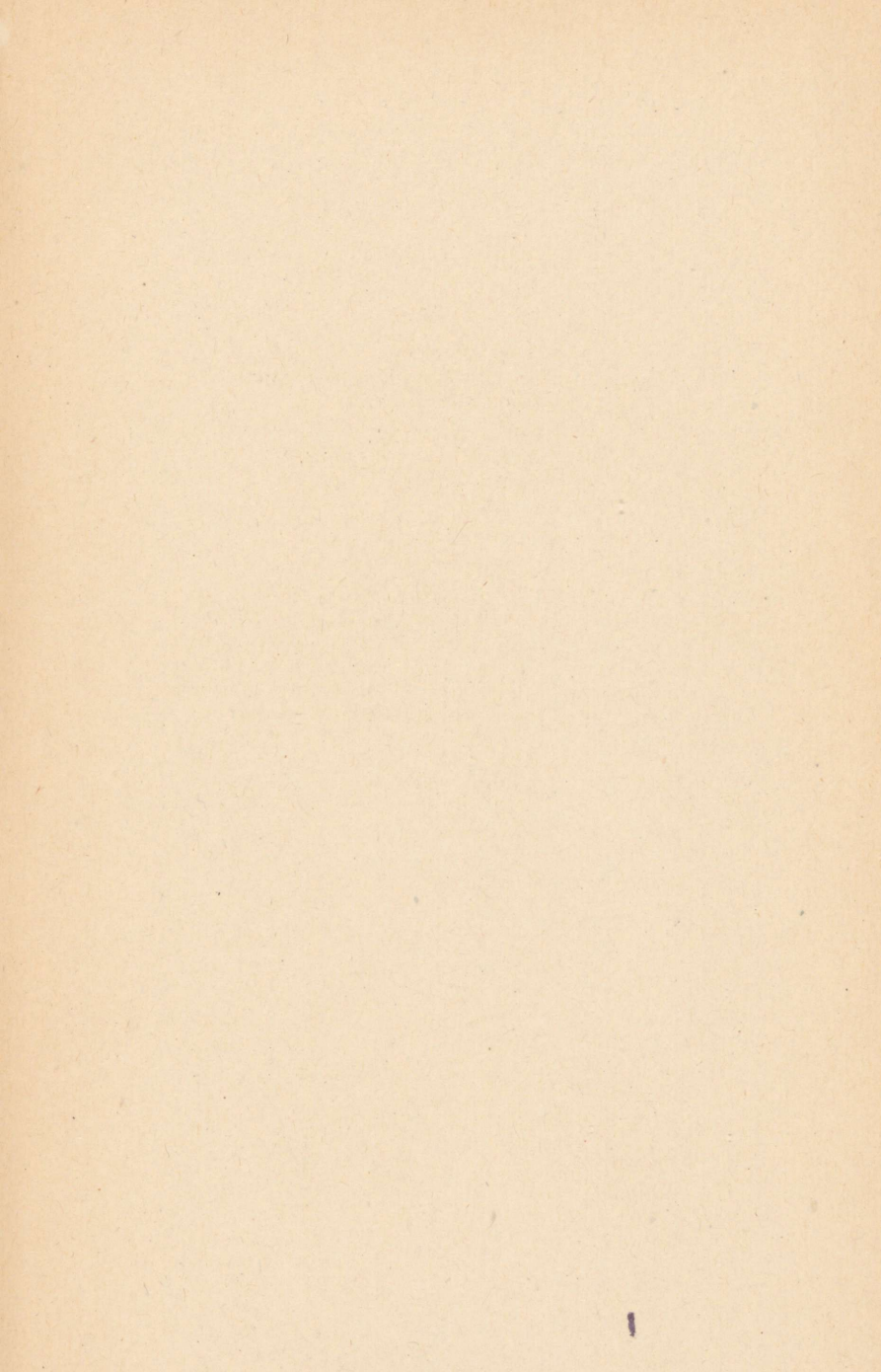
На эстонском языке
Эстонское Государственное Издательство
Пярну маантэ 10

*

Toimetaja R. M ä g i
Tehniline toimetaja L. U u s p õ l d
Korrektor J. R a m m i

Ladumisele antud 31. I 1956. Trükkimisele antud
12. III 1956. Paber 54 × 84, 1/16. Trükipoognaid 1,75.
Formaadile 60 × 92 kohaldatud trükipoognaid 1,43.
Arvutuspoognaid 1,48. Trükiarv 3500. MB-02634. Tel-
limise nr. 407. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu,
Vallikraavi 4.

Hind 80 kop.



80 kop.

A-17346

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00482953 9