

18/74

Cand. geol.
H. BEKKER

ОТЕПÄÄ
KÜNKLINE
MORÄÄN-
MAASTIK



18/
74



ОТЕПÄÄ
KÜNKLISE MORÄÄNMAASTIKU
GEOMORFOLOOGILINE KIRJELDUS

JÄ
JÄRVEDE TEKKIMINE
SELLES MAASTIKUS



V-42818

Cand. geol. H. BEKKER

OTEPÄÄ

KÜNKLISE MORÄÄNMAASTIKU
GEOMORFOLOOGILINE KIRJELDUS

JA

JÄRVEDE TEKKIMINE
SELLES MAASTIKUS



K.-Ü. „RAHVAÜLIKOO“
TALLINNA

Riigi Väärtmärkide Valmistamise Osakonna trükikoda,
Tallinnas.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

32956733

I. OSA.

Lõuna - Eesti Otepää künklist moräänmaastikku **Sisse-
juhatus.** geomorfoloogiliselt (selle all tuleb mõista maastiku kirjeldust küngaste kuju ja koosseisu poolest) kirjeldades ja järvede tekkimist selles maastikus selgitada püüdes, tuleb üleüldistes joontes meie maa geoloogilist ehitust puudutada, sest sellest, kas aluspõhi on pae platoo või liivakivi, olenevad peasjalikult jääajajärgu moodustused, mille hulka ka künkline moräänmaastik kuulub, ja neist moodustustest oleneb osalt ka järvede tekkimine. Need peale jääaega kohale jäänud moodustused on: 1) liiva, lubjaka-liiva, liiv-savi, savi. kruusa, rändmunakate (Erratischer Wanderblock) mitmekujulised kuhjatised, millest meie maastikkude laad oleneb; 2) järved ja 3) algjõeorud.

Mõne suurema maaosa aluspõhja saab harva näha laialises ulatuses pealmise maapinnana. Harilikult katavad seda paksemad ehk õhemad murenemiskorrad, mis aluspõhja pealmistest kihtidest tekivad; kohati võivad tuul ja mitmel kujul voolavad veed pealmist maapinda moodustada. Meie kodumaad, suurt osa Venemaast, Põhja - Saksamaad ja suurt

osa Põhja - Ameerika aluspõhja katavad aga kihid, mis jääajast pärit.

Loomulikkudes paljastustes, jõgede, järvede kallastel ja mere rannal ning siis ka kunstlistes paljastustes, nagu kivimurdudes, mitmesuguste ehituste ja puurimiste kohal, selgub aluspõhja ehitus. Ja ehk aluspõhi meile küll ainult nagu luukidest siit ja sealt nähtav on, valmistavad geoloogid kaunis täpipealseid maa aluspõhja kaarta.

Suuremalt osalt on maakera mannermaadel aluspõhja kihid keeruliste tektooniliste tungide tõttu loomulikust seisukorrast — see on niisugusest, nagu nad kord meredes, järvedes ehk mannermaadel sadenenud — välja nihkudes väga mitmekujulisi volta, horsta, kraavisid jne. sünnitanud. Seesugusel korral ei ole just kerge aluspõhjast ülevaadet saada.

Mis aga meie kodumaasse puutub, siis selgub siin, et aluspõhja kihid muutmatult enam-vähem kaalus seisavad.

**Eestimaa
siluuri
kiltmaa.**

Eestimaa*) kujutab enesest madalat kiltmaad, kõige üleüldisemates joontes öeldes. Ja selle maa sokel—aluspõhi—on paekivi.

Paesein Eestimaa rannal on ka selle maa kõige suurejoonelisem aluspõhja paljastus.

Paeseinas paljastuvad isegi Eestimaa lubjasokli all lamavad kembriumi süsteemi kihid. Kõigi nende paeseinas paljastuvate „kihtide ligemat kirjeldust

*) Põhja-Eesti.

võib leida 1919 a. Sirvilaudades*). Siin nimetan nendest ainult mõnda, mis kõige tarvilikum. Kõige suurejoonelisem on see paljastus Padast—Udriasse (see on ligi 70 v.), kus ta otse merekaldal kõrge paeseina moodustab; edasi lääne poole katavad teda suuremad liivamoodustused. Edasi aga leiame paeseina uuesti Tallinna juures n. n. „Lasnamäena“, veel enam läänes, Tiskre juures, Paltiski poolsaarel, Pakri saartel, Saaremaal.

Kõigil neil paeseina moodustavatel kihtidel on väike kallak lõuna poole, nii et, mida enam lõuna poole, seda hilisemast siluur - ajajärgu osast on lubjakihid; Porkunist, Juurust näit. lõuna poole, kuuluvad nad juba pealmise siluuri süsteemi.

Meid ei huvita seekord kõigi siluur-kihiosade üksikasjaline kirjeldus, vaid just see asjaolu, et me Eestimaal aluspõhjana lubjakivi leiame. Edasi huvitavad meid lubjakivi omadused, nagu: tihedus, siis asjaolu, et ta igatahes aeglasemalt mureneb kui näit. devoonliivakivi (millega seletada võib palju õhemat morääni katet Eestimaal), et ta n. n. diaklaaside-süsteemi tõttu kergemalt korrapärastesse tükkidesse laguneb, et ta veele mitte kindlaks aluspõhjaks ei ole ja et vesi temas veealuseid koopaid ja käikusid tekitab.

Sirvilauad 1919 a. „Paeseinast ja Kukruse põlevast kivist“. H. Bekker.

Kui me Eestimaad jääaja sademeist katmata kujutame, näeksime tema aluspõhja. Põhjapoolne lubjakivi-osa paistaks ühtlase kiltmaana, kus aga siiski leiduvad siin-seal kausi, vaagnä ehk koonusekujulised (alusega ülespoole) augud, mis lubjakivisse selle tõttu tekivad, et põhjavesi mitmesuguseid käikusid ja aukusid sulatab. Pealmiste kihtide sisselangemise tõttu kujunevad siis mitmesugused eelpoolnimetud pinnavormid.

Kui Audrust, Torist, Navastust, Kassinurmest joone tõmbame Kodaveresse, saame umbes piiri, kus me aluspõhjana veel lubjakivi leiame. Sellest joonest lõuna pool jääb paepind sügavamale maa-põue, selle maaosa aluspõhja—devoon-liivakivi—alla.

Eesti
devoon-
kihid.

Devoon-liivakivi esineb kõnesolevas maaosas (eelpoolnimet. joonest lõuna poole), keskdevoon-liivakivina, n. n. „old Red Sandstone“ (alumised devoonkihid puuduvad meil sootu).

Liivakivi mureneb lubjakivist palju kergemini. Paljastusteski, kus vesi pudenenud liiva ära ei kannu, võib tähele panna, et jõe ehk järve äkilise kalda ette koguv liiv aegamäda paljastuse kinni matab.

Selle devoon-liivakivi maastik oli juba palju mitmekesisem. Siin voolavatel jõgedel olid sügavamad orud, sest vesi saab enesele seesugusse liivakivisse võrdlemata kiiremini sügava sāngi lūua, kui paepinnasse.

Siin võisid kohati olla sügavamad lohud, katla-sarnased, õige suure ulatusega madalikud. Sarnast madalikku tuleb ette kujutada näit. sel kohal, kuhu pärast Otepää künkline moräänmaastik tekkis.

Eestis ei ole seni hilisemate ajajärgude merekihta leitud; neid leiame Latvia lõunapoolses osas. Kas neil ajajärgudel meie maad meri ei katnud, või on jääaeg need uuemate ajajärgude võrdlemisi õhemad kihid hävitanud, ei ole lõpulikult selge.

Kui aga Soome-Rootsi poole tähelepanemist pöörame, selgub järgmist:

Oldi ja ollakse osalt praegugi arvamises, et Soomemaa enesest graniidi massiivi kujutab alg- ja algonkia ajast, mida suuremalt osalt järgnevate ajajärgude mered ja sellega ka meresademed ei katnud. Kuid uuemate andmete*), Soome geoloogi prof. Sederholm'i, järgi on tõenäitlik, et kembria-siluur-meri tervet Soome-Rootsit kattis. Devooni ajal oli ainult osa Soomest vee all, sest devoonliiva sademed võisid ainult mannermaa ligiduses sadeneda.

Kivisöe ajajärgul oli ainult Fennoskandia idapoolne osa merega kaetud. Permi ajajärgul ei olnud merd sellel maaosal nähtavasti mitte. Kuid

*) J. J. Sederholm „Weitere Mitteilungen über Bruchspalten mit besonderer Beziehung zur Geomorphologie von Fennoskandia“. Bulletin de la commission geologique de Finlande. Nr. 37. Helsingfors 1913.

triase ja juura ajajärkudel on meri uuesti Fennoskandia lõunapoolsemas ja põhjapoolses osas transgredeerinud. Niisama on mere transgressioonid Fennoskandia lõunapoolses osas kriidi ja tertsiaär ajajärkudel olnud.

Kõige selle tõttu, mis eelpool nimetud, ei ole mitte võimata eeldada, et hilisemate ajajärkude mere või manermaa sademeid kunagi Eestis leidis, kuid jääajal pühitati nad ära (denudeeriti).

Ülevaatliku pildi meie kodumaa aluspõhjast saab prof. Schmidt'i profiilist, mis tal Kundast üle Rakvere, Porkuni-Kursini on tehtud. Profiili olen ma täiendanud, nimelt pikendanud üle Tartu—Otepää künklike moräänmaastiku. Ja et pilti veel ülevaatlikumaks teha, olen aluspõhjakihtidele ka jääaja-moodustused (morään-katte) joonistanud.

Sellel profiilil näeme, et umbes Eestimaa keskel alumise siluuri kihid pealmiste alla jäävad. Kursi kohal aga katab devoon-liivakivi pealmised siluur-kihid. Tartu algjõe-oru kõrgetel kallastel on devoonkihtide kogupaksus umbes 135 met. *) Emajõe orus on nende kihtide paksus vähe üle poole eelpool nimetud arvust. Alluviaal, peale jääaegsed, sademed nagu: liivad, niidumergel, turvas,

) Leo von z. Mühlen „Der geologische Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebung“. Sonderabdr. aus der „Sitzungsber. der Naturf.-Gesellschaft bei der Univers. Dorpat (Jurjev)“, Bd. XXI, 1, 2, 1912.

on Doss'i *) järgi üle 10 m. paksud. Puurimisel on Tartus devoon-liivakivi all dolomiit-mergelkivi leitud — mida alumiseks Saaremaa kihiks arvatakse.

Sel profiilil olen ka Emajõe ja Kambja algjõe-orud ära tähendanud, mille kallastel kohati aluspõhi paljastub.

Et ülevaatlikumaks teha eelpool nimetud ajajärgude kronoloogilist seisu, toon järgmise tabeli, (vaata lhk. 12—13) kus alt, vanematest alustades, kõik maakera perioodid — ajajärgud ja viimastele iseloomulised kivitõud ja organismused on nimetud.

Nagu eelpool juba nimetasin, on jääajajärgu ja peale jääaegsed veed ja sademed meie maastiku lõpuliku kuu moodustanud.

**Jääaja-
järgu
põhjused.**

Mis aga olid need põhjused, mis selleks mõjusid, et suur osa Euroopast ja Põhja-Ameerikast jääkatte alla jäi? Jääaja põhjustest pikemalt kõnelda ei käi selle töö ülesandesse. Nimetan ainult lühidalt, et hüpoteesi (oletusi), mis jääaja põhjusi püüavad seletada, õige palju on. Nad jaotakse 3 osasse:

I. Kosmilised hüpoteesid otsivad põhjusi kosmilistes nähtustes, nagu: maatelje kalduvuse muutumine ekliptika vastu, päikese soojuse vähene-mine, päikesesüsteemi läbimine külmematest ilma-ruumi kohtadest (Pouasson).

*) Prof. Dr. Br. Doss. „Gutachten üb. d. Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat“ Riga, 1906.

Feg	Ajajärgud	Astmed	Tähtsamad kivitõud ja sademed	Ajajärgule iseloomulised organismused ja sündmused
Usaaeg	Kvartäär	alluviaal	Jõgede ja järvede liiva, savi, muda, kruusa sademed.	Suurelt osalt praegune fauna ja flora.
		diluviaal	liiv, kruus, ränd - munnakad, loss, turvas, pruunisüsi.	Põhijapõder, jääkaru, mammut, koopstkaru. Inimene asub Euroopasse.
	Tertsiaär	pliootseen	Liivakivid, savid, lubjakivid.	Ülemineku aeg. Taimedest: kaheidulehised
		miotseen		Imetajate loomade arenemine.
		oligotseen		Praeguste mannermaade ja kliimavööde
		eotseen		kujunemine. Hulgaline vulkan. tegevus.
Keskkaeg	Kriidi	pealmine	kriit, liivakivi, must ja valge kriit-lubjakivi, hall lubjakivi, glaukonit liivakivi, savi.	Tektoonilised sündm., mägede tekkimine.
		alumine		Esimesed lehtpuud. Aegamööda kaovad keskoja loomad: ammoniidid, belemnitiidid, paljud liigid roomajatest.
	Juura	pealmine	tahvelkivi, valge-, kollane-, pruun-lubjakivi; savi;	Ammonitide, belemnitiide rohkus; korall- rahud, käsnad.
		keskmise		Hiiglaroomajate õitseag: (ichtiosaurus, plesiosaurus, dinosaurus), krokodillid, kilpkonnad, lendajad roomajad.
Triase		alumine	tume savi, must lubjakivi.	Vaapsoomuslased. Ilmuva luukalad.
		keuper	liivakivi;	Ammoniidid. Viimased hiigla peatilibikud (stegotsefalid); notosaurus.
		karp lubjak.	karp-lõhene lubjakivi, savikas susi;	Krokodilidest: Belodon.
		kirju liivak.	punane liivakivi.	

V a n a a e g

Permii	pigikivi	must tahvelkivi; hall lubjakivi, dolomiit kipsi ja soola ladem.; Valged punase-täplised liivakivid ja konglomeraadid	Vana-aia floora ja fauna kadumine. Peakiltbikud ja esimesed roomajad.
	punakivi		
Kivisöe	pealmine	liivakivi ja konglomeraadid, kivisöe vahekihtidega; savimust lubjakivi, vaheldamisi liivakivi, grauvaki ja saviga.	Rikkalik eostainede floora. Foraminifeeride ja kassjalgsed rohkus; merelilliate tiirihkne. Esimesed kahopaiksed, (hiigla) putukad.
	alumine		
Devooni	pealmine	must lubjakivi, tahvelk. dolomiit; vana punane liivakivi (old Red Sand-stone);	Kindlad maataime jätsed.
	keskmine	diabaas, tuffid, grauvakkid, kvartsit; liivakivi;	Kilp-, vaapsoomusliste kalade, vanaaja korallide ja kassjalgsed öitseag.
Siluuri	alumine		Trilobiidid ja graptoliidid vähenevad.
	pealmine	lubjakivi, liivakivi.	Trilobiitide, tsistitiide, graptoliitide, nautiliitide öitseag. Kassjalgsed. Hiiglavahjad.
Kembriumi	alumine	savitahvelkivid, grauvakid.	Kaladest esimesed vaapsoomuslased.
	pealmine	liivakivi;	Esimesed trilobiidid, nautiliidid, kassjalgsed, konnakarbid, tsistitiidid, hüdrolauidid, alamad vähjad.
E l a e g	keskmine	lubjakivid;	
	alumine	savi;	
E l a e g	pealmine	Võltimeata kvartsit liivakivid, konglomeraadid, savitahvelkivi.	Organismusi lubavad oletada süsi.
	Jatulia	Võltimeata tahvelkivi, süsi, dolomiit, diabaas, gabro.	usside ja mitme teise looma kivistused.
A l g a e g	Kalevi	Võltimeata laikekivi, -kloriit, -seritsit, -talk-, ja kvartsit-tahvelkivi.	
	Botnia	Läikekivi, tahvelkivid, kvartsit	Organismusi pole leitud.
A l g a e g	Ladoga	Füllit, kvartsit, dolomiit,	
	Katarchelline	lubjakivi, graniit või ürgneis.	

II. Telluurhüpoteesid otsivad põhjusi merede ja mannermaade jaotuse muutustes, merede trans- ja regressioonis, merevoolu muutustes (Lindval), söehappehulga muutumises õhus (Arrhenius, Frech), veeauru rohkenemises atmosfääris (õhkkonnas) vulkanismuse tõttu, maakera nabade paigamuutumises (Reibisch, Simrot, Tschirvinski), atmosfäär-sademetekasvamise tõttu udusel suvel ja lumerohkel talvel (Brockmann-Jerosch).

III. Segahüpoteesid seletavad jääajajärku kosmiliste kui ka telluurpõhjuse abil.

Kirjeldan ligemalt üht (Krishtafovitch'i — Vene geoloog) huvitavat telluur hüpoteesi*). See hüpotees seisab ligi prof. Võjeikovi hüpoteesile, mida arendasid Knippovitsh ja viimasel ajal prof. E. Geinitz. Need viimased arvasid jääaja põhjuseks Skandiinaavia tõusmist ja selle tõttu Golfströomi eemale nihkumist. Kuid vaieldi vastu, et see seletab küll jääaega Euroopas, mitte aga Põhja-Ameerikas.

Krishtafovitch'i järgi võib aga Euroopa kui ka Põhja-Ameerika ühtlast jäätust**) seletada.

Uuel ajal tõusid maakera põhipoolkeral mannermaad alatas, kuna meri ikka enam alanes.

Selleaegse Atlandi ookeani osades elasid pliotseeni

*) Н. И. Криштафович „О последнем ледниковом периодъ в Европѣ и Сѣверной Америкѣ“ Москва, 1910.

**) jäätus—оледенѣніе.

lõpul (ka Vahemeres) põhjamaa fauna esitajad, nagu *Cyprina islandica*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata*, *Panopea norvegica*, *Trichotropis borealis*, kes praegu ainult põhjameredes elavad.

Lõuna-Venemaal leidub Odessa lubjakivis, mis pärit pealmisest pliotseenist, kristall-tõugude muna-kaid, mida ujuvad jääpangad põhjamailt toonud. Soome-Rootsi jääkate ulatas siis juba Mustamere piirkonda, kuhu selleaegsed jõed munakaid võisid kanda.

Kõik tõendab seda, et pliotseeni lõpul juba suur osa Euroopast ja Põhja-Ameerikast jää all oli, ja et see avaldas väga suurt mõju üleüldise elu iseloomu peale neil mannermail.

Jääaja algust aga, jääkatte arenemise esimesed staadiumid, tuleb asetada kaugele uude aega, võib olla oligotseeni lõppu.

Pliotseeni-aegsed mere sademed katkevad Euroopas umbes 53° põhja laiusekr. Põhja-Ameerikas 42° põhja laiusekr. Arvatavasti oli neist laiusekraadidest põhjapool suurema ulatusega mannermaa.

Praeguse Atlandi ookeani põhja-reljeef tõendab seda oletust. Joonel, kus just pliotseen-mere sademed katkevad, läheb mööda ookeani ka nüüd veel kõrgustik, mille kõrgemad osad moodustavad Briti, Föeröeri saari, Islandi ja Gröönimaa. See Atlandi

ookeani lõikav kõrgustik on ka praegusel ajal barjääriks Atlandi ja Põhja-jääookeani vahel, niisama ka nende ookeanide fauna zoogeograafiliseks piiriks.

Pliotseeni teisel poolel ja postpliotseeni algul oli Põhja-jääookeani ja Atlandi ookeani vahel mannermaa, ja soojad ekvatoriaalsed veevoolud (nagu näit. Golfstrom) ei pääsenud Jääookeani. Arvatavasti tekkisid selles soojadest vooludest isoleeritud ookeanis igavene jää ja jääliugustikud, nagu praegu Gröönimaal ja Põhja-Ameerika polaar-saarestikus, kuhu ka soojad ekvatoriaal-voolud peaaegu ei ulata. Põhja-jääokean, Põhja-Ameerika polaar-saarestikust kuni Uue-Siberi saarteni, pidi igal tingimusel jää alla jääma, mis muidugi mõju ei jättnud avaldamata temperatuuri langemisele lähedasel mannermaal.

Nii olid siis kohased tingimused mannermaa jääliugustikkude tekkimiseks. Jääliugustikud nihkusid oma tsentritest (Soome- Rootsist ja Kanaadast), katsid järk-järgult jääga terve Põhja - Ameerika kirdeosa ja Euroopa loodeosa. Hiigla jääkuhjatised Põhjaookeanis, Ameerikas ja Euroopas, mõjusid kaasa, võib olla, üleüldise soojuse langemisele tervel maakeral.

Selle Krishtafovitch'i hüpoteesi järgi on siis jää ajajärgu alg-põhjus maakoore loodis tõusmine, sest sellest tekkis Atlandi ookeani barjäär, mis soojad voolud kinni pidas.

Kirjeldasin seda huvitavat hüpoteesi sellepärast ligemalt, et ta kaunis tõenäitlik paistab olevat. Tuleb aga silmas pidada, et ühes selle telluur-põhjusega võis ka mõni kosmiline põhjus jäätusele kaasa mõjuda.

Jäätuse lähe (lähtekoht) oli Fennoskandia **Euroopa** (Soome-Rootsi) massiiv. On võimalik, et jäämägede **jäätus.** tipp Soome-Rootsi massiivil sel ajal, kus jääliugustikkude ulatus kõige suurem oli, 4000 meetrini ulatas, Botnia lahe suu juures vahest veel enam*).

Siit nihkus jää laiali ja kattis Inglismaa, põhjapoolse osa Saksamaast (ulatas Krakau-Karpaatideni), ulatas Venemaal Kiievi, Harkovi, N.-Novgorodini, kust piirjoon üles pöörab Uurali mägesid mööda, kuna need mäed jääst katmata jäid.

Ka Alpides nihkus jää kaugele madalikkudesse ja alla orgudesse; mitmed Schveitsi järved tulevad selle aja sünnitusteks arvata. Seda arvavad need geoloogid, kes jääle teatava kündejõu omaseks loevad. Teised jälle eitavad seda.

Ka arvati, et jää on Soome järvede asemed kündnud, mis osalt jääliikumise sihti näitavad. Prof. Sederholmi järgi on aga järve asemed juba enne suurelt osalt tektooniliste sündmuste tõttu valmis olnud. Ta kirjutab nimelt oma töös:

*) J. J. Sederholm „Sur la geologie quaternaire et la geomorphologie de la Fennoscandia“. Bulletin de la comiss. géologique de Finlande № 30. Helsingfors, 1911.

„Weitere Mitteilungen über Bruchspalten“ jne. järgmiselt: „Suurem osa järve asetetest on tingitud hulgast eeljäaaegsetest pragudest, viimased hõlbustasid jääd kaljust aluspinda tugevamini tetraheerida.

Pragude tekkimine võis olla suurtel dislokatsioonide perioodidel, mis maad võtsid miotseenalgajajärgul (astmel)“.

Ka Lääne meri ja ta lahed, nagu Botnia, Soome ja teised, tekkisid sel ajal maakoore vajumise tõttu. Lõhed või praod eraldasid ka Saaremaa ja teised saared Eesti siluurplatoo küljest.

Võib oletada, et Põhja Euroopa ja Põhja-Ameerika jäätus sarnane oli, nagu ta praegu Gröönimaal on, kus terve maa paksu jääkatte all: Gröönimaa keskel tõuseb jääkate, arvatavasti ka maapind, kõrgemale kui äärtes; jää alt ulatavad välja ainult üksikud kaljumürakad (nunataki).

Jääkate võis mõnede geoloogide arvamise järele Põhja-Euroopa jäätuse tsentri ligi paksem olla kui Gröönimaal, umbes 1 verst.

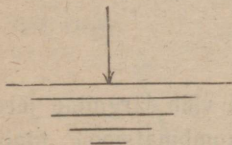
Suurema osa geoloogide arvamise järele on see jääkate jääaja jooksul enne osalt vähenenud, siis jälle suurenenud.

Muutusi jää- ja jäävee-sademetes võib tähele panna neis maakohtades, kus suure jääkatte äär oli, nimelt Saksamaal, Venemaal. Saksa geoloogi Penk'i järele oli Alpide ümbruses neli suurt jäätust. Kesk-Euroopas oletakse 3 suurt jäätust. Lääne-

meremaade kohta, mis jäätuse tsentrile nii ligidal, toovad ehk edaspidi ettevõetavad puurimised kindlamat selgust selle kohta kas 1 või 2 jääajajärku oletada.

Jääliugustikud liiguvad; nad liiguvad ka sarnasel lausikmaal, nagu Gröönimaa. Millest jääliikumine. Liugustikkude liikumine oleneb, selle kohta on palju oletusi. Üks huvitavamatest oleks Dublin'i ülikooli prof. Jolli oma. Ta kirjutab:*) „Meie uisutame talvel jääl. Vaevalt on kellegile meele tulnud, et me mitte libedat jääd mööda ei liigu, vaid vett mööda. Ja seda näeb järgmistest diagrammidest:

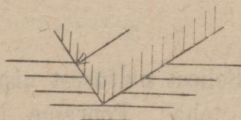
1 atm.

Jää $t^0 = -3^0 \text{ C}$

Shu rõhum. = 1 atmosfäär.

Jää sulamise punkt = 0^0 C .

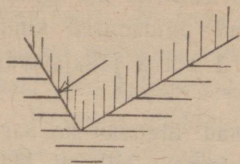
1000 atm.

Jää $t^0 = -3^0 \text{ C}$ Jää sulam. p. = $-7,5 \text{ C}$.

Kui näit. 160 n. raskune inimene puudutab uisurauaga jääd, siis kasvab rõhumine jää pinnal 1000 atmosfäärini. Sulamise p. langeb kuni $-7,5 \text{ C}$. Kuna jää $t^0 = -3^0$, siis sulab ta loomulikult, uisuraud vajub, sellega aga väheneb rõhumine.

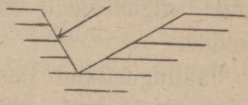
*) Jolly „The birth time of the world“ kogutööst: „The ice“.

400 atm.

Jää $t^0 = -3^0 \text{ C.}$ Jää sulam. p. = -3^0 C.

Uisuraua vajumise tõttu langes rõhumine 400 atmosfäärini. Sulamise p. tõusis $-3^0 \text{ C.}_{\text{ni.}}$ Uisuraud jookseb vett mööda ja ei vaju enam.

1 atm.

Jää $t^0 = -3^0 \text{ C.}$ Jää sulam. p. = 0^0 C.

Uisuraud on üle läinud. Rõhumine jääs on jälle 1 atmosfäär. Sulamise p. loomulikult 0^0 C. Vee riba külmab uuesti.

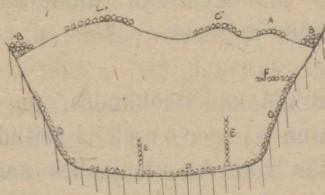
Jolly järgi.

Sellest näitusest uisutajaga võib järgmine järeldus teha: Pöörame terve kombinatsioon ümber (pea peale). Uisutaja rauaga olgu kas Fennoskandia graniidi massiiv, või meie Eesti siluuri-sokel ja devooni liivakivi. Jää neil mail on peal. Et paksu jääkatte puhul mitte ainult 1000 atm. rõhumisega tegemist ei ole, vaid palju suuremaga, on selge. Shemaatiliselt öeldud oleks siis jää liikumine järgmisel teel võimalik: sulamine — kus rõhumine kõige suurem —, liikumine vett mööda ja uuesti külmetamine. Selle järelduseks oleks jää liikumine, niihästi osaline kui ka terves masses.

Et jääajajärgu liiva, kruusa, savi ja teiste sademete ja moodustuste tekkimist seletada, tuleb lähemalt tähele panna praeguste jääliugustikkude juures leiduvaid sademeid.

Rahvusvahelisel jääajajärku puutuvaid küsimusi harutaval kongressil 1899 a. otsustati moräänideks nimetada kõike seda materjaali, mida jää edasi kannab enese peal, sees, all või mis jää sulamise ehk tagasinihkumise puhul maha jääb.

Võib kõnelda liikuvast ja liikumata moräänist. Järgmine shemaatiline joonistus (Alpigletsheri ristlõige) teeb selgeks, mis liikuva morääni all tuleb mõista.



A—pealmine morään. B—kõlgmorään. C—keskmorään.
D—põhimorään. E—sisemorään. F—põikmorään ehk rõhtmorään.

Jääliugustiku lähtekohta piiravad kaljud, neist langevad kaljutükid ja liiguvad jääpinnal ühes jääga edasi n. n. „pealmise moräänina“. Kui kivirusu jääliugustiku serva on aetud, kutsutakse morääni—kõlgmorääniks.

**Jää-
liugustiku
sademed
või
liikuvad
moräänid.**

Kui jääliugustiku keskel üksik kalju seisab, millelt alatasa tükka mureneb, ehk kui kaks jääliugustiku haru ühinevad, siis läheb kas kaljust või ühinemise kohast kaljuprügi riba, paralleelselt jääliugustiku teljele—see on siis keskmise morään. Aegamööda tekib jääliugustikku ja aluspõhja (millel jää liigub) vahel enam-vähem paks kiht muda ja kruusa, segatud mitmesuguses suures kaljutükkidega,—see on põhimorään.

Teravmäe saarel vahelduvad jääkihid prügistud materjaliga. On kohti, kus põhimorääni ei ole, nagu Valló „Mer de Glace“ jääliugustiku kohta tõendab; jää liigub seal otse kaljul, kuid see on erand.

Kui kaks jääliugustikku ühinevad, jääb morääni materjali mõlema vahele n. n. sisemoräänina.

Jääliugustikku käika lõhkudes, on keskmorääni all loodis-kihina sisemorääni leitud.

Põhimorään võib ka võhtjoones seisvatesse jää pragudesse sattuda, mida siis põikmorääniks ehk võhtmorääniks kutsutakse.

Jääliugustiku sulamise kohal on moräänide liikumine võimata, siis tekivad n. n. liikumata moräänid, mis liiki ka Eestis leiduvad moräänid kuuluvad.

Liikumata moräänid. Iseäranis hästi on liikumata moräänide tekkimine jääliugustikkude tagasinihkumisel näha. Pealmistest moräänidest tekivad vallikujulised moräänid

(Wallmoränen), neid, mis jääliugustiku serva jäid, nimetakse *serva morääniks* (Randmoräne), jääliugustiku otsa jääb aga loogakujuline otsa- või lõpamorään (Endmoräne).

Põhimoräänist jääb enam-vähem ühtlane kate jääliugustiku tagasinihkumisel. See põhimoräänikate (Grundmoränen Decke) on õige iseloomuline seesugust tüüpust jääkatele nagu see Eestis oli.

Põhimorääni-katte teisendina tuleb nimetada selgkünkaid (Drumlin), — piklik-ellipsi seljakujulised, üksteisele paralleelsed, jää ja jäävee liikumise sihis seisvad künkad. Eestis leidub neid Jõgeva, Voldi vahel, kust nad peaaegu Tartuni ulatavad, ja mitmel teisel kohal.

Missugune on kõigi eelpool nimetud moräänide **Moräänide** koosseis? Gröönimaa jääliugustikkudel on põhi- **koosseis.** morään — kruusa, liiva, savi ja munakate sorteerimata segu — jääliugustiku ääres 1–2 meetert paks. Võrreldes Eesti - Vene - Skandinaavia põhimorääni kattega, mis 20–30 met. ja enam paks, on eelpool nimetud kate õhuke, kuid tuleb meele pidada, et see Gröönimaal jääliugustiku liikumise piirkonnas on. Servamoräänides, mis 30–40 met. kõrged, on suuri ja väikesid kiva läbisegi; osalt lihvitud; peenikest kruusa ja savi on vähem.

Tuleb ka neid sademeid nimetada, mis jääliu- **Jäävee** gustiku vee kaudu tekkinud. Need sademed on **sademed.** kihilised. See sademeid tekitav jäävee töö võib

käia kas tunnelites jää all; jää kadumisel jääb siis see kihitud materjal kitsaste siiruliste ribadena n. n. vall-künkad (oosar), maha, või kihilised sademed tekivad jäävee voolude ääres. Sarnaseid künkaid leiame Eestis: Rakvere, Tapa, Sinialliku ja mitmel teisel kohal.

Jää künd-jõud. Tähelepanemist nõuab ka jää künd-jõud. Adrana kujutame endile põhimoräänist jäässe kiilutud Soome-Rootsi kaljumürakaid. Nendega tõmbas jää aluspõhjale kriipsusid. Kohati, nagu näit. Soomes, kus lihvimisele kohasem aluspõhi graniidist, gneisist, on iseäranis selgesti näha jää lihvimise, poleerimise, kriimustamise tagajärgi. Seesugused kriipsud näitavad, mis sihis jää liikus. Kriimustud paepinda on akad. Schmidt leidnud Rakvere lähedal, Adaveres (Paide ja Põltsamaa vahel). On näha ka Põltsamaa ligi, Kamari mõisa juures ja mitmel teisel kohal.

II. OSA.

Lõpulikult kujunes maastik Eestis, või lõpuliku kuju said jääaja moodustused, kui pärastist erosiooni tähele panemata jätta, peale jääajajärgu. Kui viimased jääliugustikkude keeled ikka enam põhja poole nihkusid, jäi maha kõik see risu, mis nad eneses ja eneste peal kandsid.

Jääveest tekkinud suured voolased lõikasid laiad sügavad sängid jääaja sademetesse ja edasi põhikihtidesse (algjõeorud — nagu Emajõe, Kambja, Viljandi ja mitmed teised), neid aga osalt jälle täites kihitud materjaliga.

Merepinna kõrgus oli rohke vee tõttu, jääsulamisest ja veevooludest, kõrgem kui praegu; meri kattis suure osa praegusest Läänemeremaade mannermaast, omakorda muutes jääaja moodustusi ja jälgi jättes enese veepinna kõrgusest rand-vallide kujul.

Viimastest jääliugustikkudest leiab Kuramaal suurepäraselt alalhoidunud otsamorääni; ta ulatab Vegernist Linkovosse; läänes arvatakse selle lõpu-

morääni loomulikuks jatkuks Ida-Preisi ja Jüüti-maal leiduvad otsamoräänid. See otsamorään on 100 kilom. pikk, 28 või 4—6 met kõrge. Tema koosseis: korratult läbisegi liiv, kruus ja rändmunakad. Samasuguse koosseisuga otsamorään, — mis viimasest jäälingustiku keelest meie maal räägib, — on Hiiu saare Ristna poolsaarel (poolsaare kõrgema osa n. n. „Tornimägi“). Edasi idasse on see morään katkestud, kuid tema loomuliku jätkuna tundub selg, mida mööda Palivere Risti maantee läheb. See selg ulatab Hellamaasse WSW—EWE sihis. Kohati näitab selg viltukihitud liiva. Murdlainetest (Joldia ja Littorina merest) on selg tublisti uhutud; uhutud on ka Eesti lääneosa põhimorään, mis ka peale jääajajärku, nende me-rede all oli.

Jääliikumine, võis Lõuna-Eesti ja Põhja-Latvia devoon-aluspõhjaga osas ainult suurte peatustega minna. Liikumine ei olnud nii hõlbus, nagu siledal Eesti siluur-platool ja kohati Latvias leiduval punasel devoon-dolomiidil.

Lõuna - Eesti devoon - aluspõhjas leiduvatesse suurtesse lohkudesse kogus osalt jääd, edasi mitte pääsedes. Jää sulas. Jäid kohale kõik jääd ja jääs leiduvad moräänid, iseloomulikkude n. n. „künklist morääni - maastikku“ sünnitades. Kus jää liikus, on põhimorääni kate enam-vähem tasane, või kergelt laineline.

Et künklike morään- maastiku reljeefiga tutvuneda, kirjeldan ligemalt Otepää künklist morään- maastikku. Seda maastikku on Hausen*) lühidalt järgmiselt kirjeldanud: „Otepää künkline morään- maastik, ilusam jääaja akumulatsioon- maaosa Liivimaal, sünnitab Tartu, Valga ja Võru vahel kolmnurga. Ehk küll aluspõhi devoon- liivakivist on, kuid lubjasavi-kuhjatised on siin nii paksud, et liivakivi kuskil nähtavale ei tule. Küngaste vahel on sügavad, katlakujulised madalikud, tihti ümariku järve ja soodega. Pea igal pool on kuhjatised pruunist lubjasavist, madalamad künkad kohati sile-kruusast (Rollsteingrus). Morääni küngastes leidub ka savi. Kohati leidub palju kristall ränd-munakaid“.

Lühikest Otepää künklike moräänmaastiku kirjeldust leiame ka Kupferi „Baltische Landeskunde's“.

Iseloomuline tähendud maastikule on tema põhja-, loode- ja lääneosa. Neil külgedel piirab maastikku katkeline kõrgendiku ring. Kui sõita Otepää poole Kambja orust läbi, läheb maantee aeglaselt üles ja me jõuame viimati Pangoti kõrgendikule (370—400 jalga merep. kõrgemal), mille põhiaäär väikese (längusega) kallakuga, kohati ka vähe järsu- malt, Tartu ja Nõo tasase või kergelt lainelise põhimoräänmaastikku läheb. Pangoti kõrgendikult

**Otepää
künklike
morään-
maastiku
reljeef.**

*) H. Hausen „Materialien zur Kenntniss der Pleistozänen Bildungen in den Baltischen Ostseeländern“, Helsingfors 1913.

ulatab silm kaugele sellesse maastikku, kus leidub laialisi soid ja sinavaid metsi horisondil.

Pangoti kõrgendik on huvitav enda mitmekesise pinnareljeefiga. Ta peal leidub väikesi, mitmekujulisi künkaid: siin poolkera, seal aga pikliku selja laadi, kirjus segus, täiesti korratult väikeste lohkudega, pajakujuliste või lahkkujuliste aukudega. Mõni verst kõrgendikul sõites jõuame alles ta kõrgema punktini, kus tagasi vaadates paistavad (enam kui 20 versta tagant), Tartu kiriku tornid. Vähe edasi kaob sinetav kaugus. Uus panoraama avaneb lõunas—küngaste kirju segu. Sõidame kõrgendikult alla, Pangoti järvest mööda, ja me jõuame ikka vaheldusrikkamasse ümbrusse. Künkad — väga mitmekujulised — korratult läbisegi; nad on õige mitmesuguse kõrgusega, 20—30 sülda ja enam künka all leiduvast soost või heinamaast kõrgemal. Kohati on küngaste kallak kaunis järsk, isegi 60° ehk veel enam.

Küngaste vahel on sood ja heinamaad, osalt katlasarnastes, harilikult aga käärulistes, üksteisega ühenduses olevates madalikkudes, kus ka ojad looklevad. Mitte unustada ei tule ka metsatukke, suurelt osalt segamets, kas küngastel või madalikkudes.

Pea samasugust pilti pakub maastik, kui temale edelast (SW) või lõunaedelast (SSW), Keeni või Sangaste poolt, läheneme. Kohati on aga siin üleminek platokujulisesse, künklist moräänmaastikku

piiravasse, kõrgustikku veel selgemini märgatav. Näit. 6 versta Keeni mõisast kirdesse, külateed üles kõrgustikule minnes, võib samasugust pilti tähele panna nagu Pangoti ümbruses. Huvitav on selle kõrgustiku (mille laius 5—6 v.) keskastmel katlakujulises ümarikus lohus väike, pinna poolest $\frac{3}{4}$ vakamaad suur, Kird järv. Praegu on ta umbjärv, kuid endise väljavoolava oja säng on selgesti näha.

Ka siin läheb kõrgustik, — mille peal nagu künkline morääni-maastik miniatüüris, — äärest mõni verst eemal kõrgemaks, kus lai panoraama avaneb Valga, Sangaste ja Laatre madalikku — lainelise põhi-morääni maastikku. Kõrgem osa sellest kõrgustikust on n. n. „Arimägi“*) — 215 met. merepinnast kõrgemal — „Arimäest“ mööda ja kõrgustikust alla minnes, jõuame tüüpilisse künk-lisse morään-maastikku. Mida lähemale Pühajärvele, seda suurem on üksikute küngaste relatiivne kõrgus, kuna aga küngaste vaheliste madalikkude absoluutne kõrgus vähem on, kui maastiku äärepoolsemas osas.

Ka loodepoolt Otepääle lähenedes on üleminek madalikust kungas-maastikku kohati väga silmanähtav. Hästi selgelt paistab ääre-kõrgendik, Pritsust

*) Rahvas nimetab kõiki maastikus leiduvaid künkaid mägedeks. Et aga geograafiliste terminite juures selget vahet tuleb teha „mäe“ ja „künka“ vahel, tuleb meeles pidada, et meil mägesid ei ole: Tarvitan rahvasuus liikuvaid liiteid küngaste nimedena märkide vahel.

Otepää poole sõites, Palupera metsast läbi jõudes, endise Palu kõrtsi ligiduses.

Lõunasse, Karula ja Võru poole, läheb kün-
gastik kord-korralt madalamaks, ilma ääremoo-
dustuseta.

Maastik Otepääst idasse on künkline, kuid
madalamate küngastega kui Pühajärve ümbruses.
Siin ei ole suurt laia ulatusega, pealt enam-vähem
lamedat kõrgustikku, nagu „Arimäe“ või Pangoti
kõrgustikud.

Osalist tõusu maastikus ja nagu kõrgema ääre
moodustavad künka read Vastse-Otepää mõisa kohal.
Edasi idasse läheb maastik silmanähtavalt mada-
lamaks, kus harilikud künkad, ainult madalamad.
On aga veel teine kõrgem küngaste ahelik: see on
Piigaste mõisa ligi. Siis järgneb uuesti künkline,
kord-korralt madalamaks minev maastik.

Maastik Maastik Pühajärve lähemas ümbruses läheb selle
Pühajärve poolest lahku Otepää künklike morään-maastiku
ümbruses. äärekõrgustikkudest, et siin palju enam künkaid on,
mille relatiivne kõrgus, s. o. tipu kõrgus järve pin-
nast arvates, suurem on kui teistel küngastel, mis
ääre kõrgendikule asetud. Terve platoo - kujuline
ääre-kõrgendik on aga harilikkudest morään-maas-
tiku küngastest kõrgem („Arimäe“ kohal 215 met.,
Pangoti juures 120 met.), välja arvatud „Muna-
mägi“ Nüpli järve juures, mille tipp on kõrgem
punkt terves maastikus (244 met.).

Kirjeldan edasi üksikute küngaste reljeefi üksikasjalisemalt, mis tervest maastikust aitab selgemat pilti luua.

Sellenimeline küngas on igal Pühajärvel käijal **„Hobusemägi“** tuttav. Ta seisab järve lõunaotsas ja on järvepinnast 100—110 met. kõrgemal; ta on pikergune, lohuga vahel (mis selle tõttu, et lohk ja künka tipud metsaga kaetud, silma ei paista), nagu kaheküüruga kaameli selg. Künka kõrgemate otsade vahel on lohk, mis õieti kaheastmeline on. Paistab, nagu oleks kuskilt kõrgemalt langev vesi (võib olla mõnest sulavast jääpangast) lehtrikujulise augu valmistanud (on umbes 8 met. sügav); seda auku täites on vesi lühikest sāngi mööda voolanud (põhja sihis) ja vähe allpool veel sügavama (10—15 met.) lehtrikujulise augu uuristanud. Et seesugused augud, mis ka väga sagedad teistel küngastel, mitte uuemast ajast pärit ei ole ütleb see, et neis tihti mets kasvab või nad on muruga kaetud.

„Hobusemäe“ külgede kallak on väga mitmesugune. Kohati on see järve pool seisval küljel 60°—70°. Hobusemäe talu vastu läheb kallak aeglaselt, ja see osa künkast on ka põllu all, kuna muu osa on metsaga kaetud. Lõuna-kagupoolne SSE osa künkast, vastu Mülke sood, tõuseb kolme astmena, kus kallak 40°—50°. Põhjapoolsel küljel on kaks selget astet. „Hobusemäe“ selja siht läheb NNE—SSW, põhikirdest—lõunaedelasse.

Leidub ka teisi veel enam selja-kujulisi tihti mitme versta pikkusi künkaid, mis eelpoolnimetud sihis, või NNW—SSE ja ka N—S lähevad.

Paistab, nagu võiks kohati maastikku sarnaseks pidada „drumlin“-maastikuga, aga seda takistab see asjaolu, et eelnäidatud sihis käivate küngaste hulgas leidub künkaid, mis W—E või selle lähedas sihis lähevad.

„Marja-
mägi“.

Sellenimeline küngas on „Hobusemäelt“ lõun-
idas. Vähe madalam kui viimane, on ta ka kahe tipuga, millest aga lõunaida-poolne peaaegu kaks korda madalam teisest. Kõrgem osa künkast on peaaegu korrapärase poolekera kujuline. Ida ja põhjaida küljed tõusevad kõrgemal künka osal järsult soo äärest; külgede kallak 50°—60°. Künka tippude vahel on ka lehtrikujuline auk kust endised lühikesed vee-voolu sängid, üks soo poole (mis künka N—E ja E küljel), teine—madalale söödile, vastupidises sihis lähevad.

Tuleb veel tähendada, et viimane küngas on tihedalt metsaga kaetud.

Üleüldse on poolkera - sarnane kuju küngaste hulgas kaunis sage; iseäranis vähemate küngaste seas on sarnaseid palju, niisama ka teis - küngaste hulgas platookujulistel kõrgendikkudel.

Peaaegu poolkera kuju on ka Otepää „Munamäel“.

**Platoo-
kujulised
künkad.**

Eelpool kirjeldud küngastest lähevad oma kuju poolest täitsa lahku platoo-kujulised, lamedad künkad. Tihti on neil peal vähemad, teis-künkad. Seesugusel platoo-künkal, mis võib mitmeastmeline olla, on Nuustaku alev. Ka Nüpli kroonumets on seesugusel künkal. Kaunis suur pealmise pinna poolest — mitu ruutversta — on seda laadi künkas Neeruti ja Nuustaku vahel.



A. Reinik'i ülesv.

Künkline morään-maastik Nüpli järve juures.

(Eespool osa Nüpli künkast).

„Nüpli*)
küngas“.

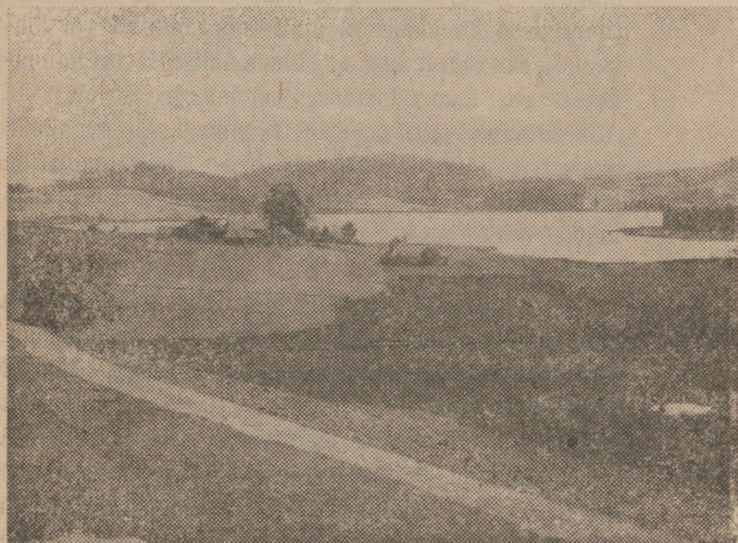
See platoo - kujuline küngas on 12 versta pikk, kohati $1\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ versta või peaaegu 1 verst lai, kääruliste ja sopiliste äärtega, nagu see harilik seesuguste küngaste juures. Osa künkast, mis Poslovitsa talu päralt, kutsutakse „Varikmäeks“. Künka lõunapoolne osa, Poslovitsa oja äärest alates, kus ka Poslovitsa talu looduse poolest kaunil kohal asub, on põldude all; suurem osa künkast on aga metsaga kaetud.

Tähelepanemist äratav selle künka juures ligikaudu versta pikkune endise veevoolu org, mis künka kirde- (NO) poolset osa nagu kaheks lõikab ja mille suu Nüpli järve äärsesse soosse läheb. Kohati on selle oru põhjas kinnikasvavad tiigid, teisel on need sooks muutunud, kus tihe mets ja muru kasvab, nagu oru äärtelgi. Et see org mitte praeguseaja lumeveest ei ole tekkinud, näitab juba see, et kevadine suur vesigi voolab orus, muru üles kiskumata.

Kui kõik eelpool nimetud küngaste tüüpused ette kujutada kirjult läbisegi, kõige mitmekesisemas suuruses ja kõrguses, kaetud siin ümbruses veel rikkaliku okaspuu- või lehtpuu-metsaga — siin veel kaunis sagedasti leiduvate tammedega — harilikult aga segametsaga; kui veel nimetada küngaste vahel leiduvaid järvi — suuremad neist väga kääru

*) Oma loodud nimi.

liste äärtega, — soid, heinamaid, millel ka puud üksikult või salkades, — siis on meil pilt Otepää künklistest morään-maastiku tsentraalosast.



A. Reinik'i ülesv.

Künkline morään-maastik üle Nüpli järve
paistva „Munamäega“.

Suurem osa küngastest on kaetud kas muru, metsa või põldudega, nii et pole võimalik tunda õppida nende koosseisu. Seda saab ainult üksikute juures, kus on kunstlised paljastused—liivaaugud,—või haruldastel juhtumistel loomulikud, vihmaveest avatud.

**Küngaste
koosseis.**

Suurem osa küngastest sisaldab sorteerimata liivakat savi või kruus-liiva, millel suuremal või vähemal määral mitme suurused ränd-munakad hulgas. Need mitmekujulised, tihti ka ümarikud (nurgelised on hilisemal ajal, kas lõhutud või lõhenud) ränd-munakad on silepinnalised. Osa munakatest on, nagu uurimised näidanud, Soomest ja Ahvenamaalt pärit olevad raudkivid või graniidid, gneisid ja mitmed teised kivitõud. Neilt mailt on jää need kivid meie kodumaale tassinud, neid silestades, osalt neid purustades, millest siis tekkis kruus, liiv ja savi.

Kaartidele on ära tähendud, kus kohal teatava kivitõu ränd-munakas leitud. Kui kõik need kohad, kus munakad ühesugustest kivitõugudest, kaardil ühendame joontega, saame mitu, osalt üksteist katvat, lehvikukujulist joonistust. Viimased on jää meile kandnud teatavast lähtekohast (lehviku pide) Soomest või Ahvenamaa saartelt, mille maa aluspõhi niisugustest kivitõugudest on, nagu meil leiduvad kristall-rändmunakad.

Lähtekohtadeks (eelpool nimetud Seederholmi „Les depots Quaternaire etc.“ töös leiduva kaardi järgi) jääga Eestisse kantud munakatele oleksid:

- 1) Ahvenamaa, kust pärit on Ahvenamaa rabakivi ja Balti porfiir-munakad.
- 2) Hämenlinna (Tavastehus) ümbrus, kus uraliit-porfiir-munakate kodu on ja

3) Viiburi, Hamina, Laappenranta ümbrus, kust meile jää peaaesjalikult Viiburi rabakivist koosseisvaid munakaid toonud.

Teiste kivide hulgas on palju siledaid lubjakivimunakaid. Leidub ka osalt suuremaid nurgelisi paetükka. Need sattusid loomulikult jäässe, kui jää üle Eestimaa siluur-platoo liikus. Lubjakivides leiduvate kivistuste järgi otsustades on nad osalt alumise siluuri kihtide pealmistest järkudest, nagu: Rakvere, Vasalemma kihijärkudest. Leidub aga ka tihti kivistusi, mis iseloomulised pealmistele siluurkihtidele; näituseks mitmesugused korallid, nagu: Favosites, Chalysites ja teised.

Tihti on küngastes ja küngastel lubjakiva seesugusel hulgal, et neid lubjaahjudes põletamiseks korjatakse. Kohati on künkad nendega nagu üle külvatud. Seesugustel juhtumistel on künkad tihti söödis. Seesugusel suurel hulgal on ka Soomest ja Ahvenamaa saartelt pärit olevaid väikesi siledaid kiva (peale ränd-munakate) kruusas ja liivas, harilikult lubjakivikestega läbisegi.

Küngastel, iseäranis lamedatel, on õige harilikud ka savikihid. Savi on segatud peene liivaga, on pruunikas-kollane ja tarvitakse teda teliskivivabrikutes ja kodu.

Savi lamab küngastel harilikult võhtjoones, ja seesugusel korral on ta pinna ligi, jala või poole-jala paksuse põllupinna all, kui künkal põldusid

leidub, või umbes niisama paksu huumus-kihi all, kui künkal mets kasvab.

Seesugune savilade, künkal Pühajärve mõisa savikoja juures, $\frac{1}{2}$ —1 jala paksu põllupinna all, on kuni paari meetri paksune.

Ka Nüpli künkal on pealispind kohati päris savi. Ka võib künkal leiduva savi aluspinnast sellel künkal asuva soo tekkimine oleneda. Sest lameda seljaga künka vaagnakujulise madaliku põhjas leiduv savi, kui vettpidav pind, hoiab sademete vee enese peal. Seal leiavad kohaseid tingimusi niiskust nõudvad taimed, nagu soosamblad ja mitmed sootaimed. Tekib tüüpiline sammal-soo.

Paljude küngaste paljastustel võib tähele panna, et nendes on kruus, liiv, munakad — kõik sorteerimata — korratult läbisegi. Seesugune künka paljastus, mis peaaegu künka tipust kuni aluseni ulatab, on Otepää „Munamäe“ ligi. Paljastusi on üleüldse kaunis palju liivaaukude kujul, nad on ainult kas künka alused või umbes keskel, nii et nad ainult osa künka läbilõikest näitavad.

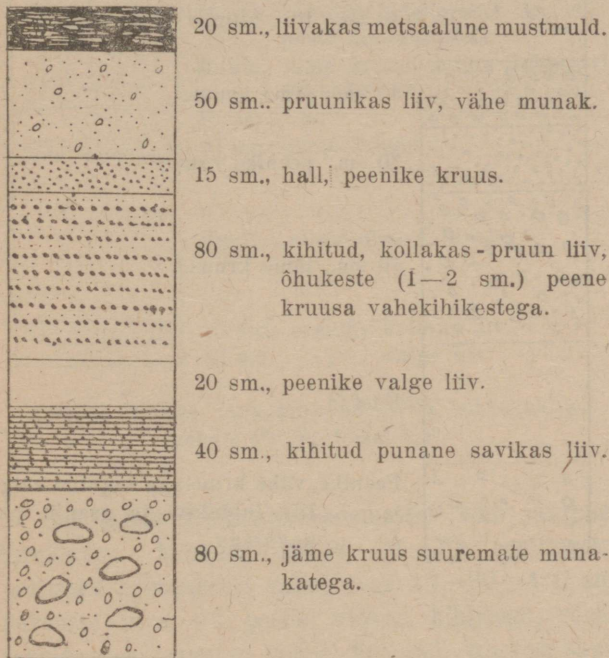
Kihilised künkad. Kohati aga on materjal küngastes kihiline. Seda on ta madaliku ja järve äärsetes küngastes. See laseb aimata, et seesugustel kohtadel kunagi tegev on olnud voolav vesi, mis harilikult sellelaadilisi sademeid tekitab.

Kirjeldan mõnda seesugustest paljastustest, milles kihiline koosseis selgesti näha.

Paljastus Pühajärve ääres, liivaaugus

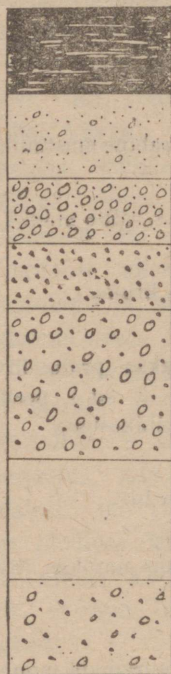
Kitsemäe talu juures

(4,5—5 sülga järvepinnast kõrgem).



Kihtide langemine N—S sihis.

Paljastus liivaaugus Vana-Otepää mõisa ligi,
tuuleveski all.



40 sm., põllupind.

40 sm., liiv, hulgas vähe kruusa.

30 sm., jäme kruus.

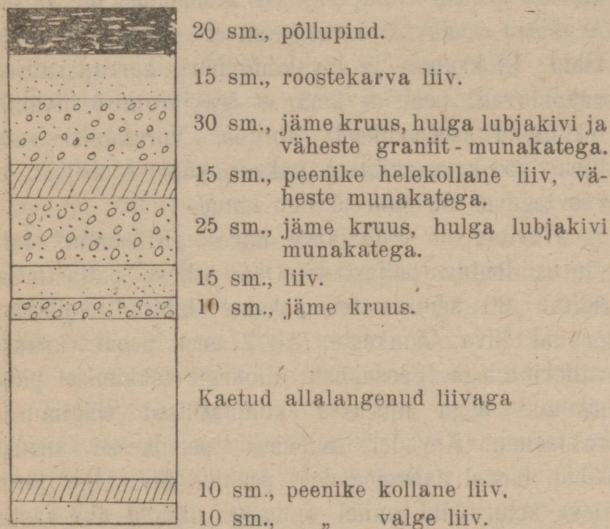
30 sm., peenike kruus.

70 sm., jäme kruus.

Kaetud.

Peenike, vähe kruusaga segatud valge
liiv, lubjakivi ja graniit mu-
nakatega.

Liivaauk Nuustaku juures (künkalt alla sõites
Pritsu poole).



Osalist kihtide langemist on NNW sihis näha,
kohati 4⁰—5⁰, teisel 0,5⁰.

Sarnastest kihelistest sademetest võib järgmist Kihiliste
järeldada: künkad, milles 30—70 sentimeetri sademete
paksused kruusakihid vahelduvad 15—30—40 sm. tekkimine.
paksuste liiva või peene kruusa kihtidega, võisid
tekkida vee tegevuse mõjul. Kevadel, kui vesi suur,
oli ka vee vool kiirem, ühes sellega materjali

kandejõud suurem (s. o. kivikeste põhja mööda veeretamine või vees kandmine), siis võisid sadeneda jämeda kruusa kihid, mis vee kandejõust üle käisid. Aeglaselt voolavast veest — suvel — sadenesid liivakihid. Et kruusa- ja liivakihid päris korrapäraselt vahelduvad, peab arvama, et iga järgmise liivakihi tekkimine perioodiliselt kordus. Võrdlemisi suur liiva- ja kruusakihtide paksus kõneleb sellest, et vee tegevus on suurejõuline olnud.

Huvitav on Pühajärve ääres „Kitsemäe“ talu juures leiduv paljastus. Osa sellest paljastusest näitab 80 sentimeetri paksust kihitud kollakaspruuni liiva, õhukeste (1—2 sm.) peene kruusa vahekihtidega. Seesuguste kihikeste tekkimisel pidid pikemat aega ühtlased kliimaatilised tingimused valitsema. Kevadel sadenesid peenikesed kruusa kihid, teistel aastaagadel — peenike liiv. Iga järgneva kruusakihi vahel on aega läinud üks aasta. Nende kihikeste sadenemine oli käimas vee tegevusel, mille kandejõud umbes praeguse aja loolaste vee kandejõu suurune oli.

Künklise
morään-
maastiku
kujune-
mine.

Nagu juba eelpool tähendasin, tuleb Otepää maastiku kohal devoon - liivakivis sügavamalt lohku või vaagna - kujulist madalikku eeldada. Liivakivi ei tule siin kuskil morääni - katte alt päevavalgele. Kohati, maastiku ääres, kus lohu kõrgem äär, on liivakivi paljastusi, nagu näit. Kambja orus, Pangoti järve ja Ahja jõe ääres.

Seesugusesse lohku kuhjus jääd kokku. Siin jäi ta, vähemalt osalt peatama, edasi mitte pääsedes.

Materjali moräänidele sai jää kergelt pudenevast devoon-liivakivist ja kõigest sellest risust, mida jää enesega kandis. Jää sulas, ja sise-, ääre-, peal-, kesk-, põik- ja põhimoräänid jäid kaootilises korratuses maha, mitmekujulisi künkaid sünnitades.

Üksikud künkad, iseäranis suuremad—pealt lame-dad—ja just need, millel savilademeid leidub, võisid tekkida osalt juba jää all. Selle sulamisel kogus vett jää alla ja vesi liigitas (eristas) põhimorääni materjali: raskem osa—kruus, liivmunakad—vajus alla, savi sadenes lõpuks kõige peale. Pärast võis vesi uuesti savile liiva ja kruusa kohati peale kanda.

Seesugune liigitamine võis aga ka jään olevates veeloikudes sündida ja lõpulikul jää kadumisel võis see materjal ühele või teisele kohale maha jääda.

Tuleb arvata, et meie kliima mitte äkki soojemaks ei läinud, sest jääajajärgu tagajärjed ulatavad meie päivini, mitmesuguste reliktaimede ja -loomade kujul. Võib sellepärast ka eeldada, et pikal talvel peale jääajajärku sademeid lumena enam kogus kui praegu. Jää ja lumi, lühidal suvel sulades, andis hulga vett ja vesi tekitas küngastesse eelpool kirjeldud auka ja voolusänga, nagu n. „Hobusemäel“ ja Nüpli künkal; ja arvatavasti denudeeris vesi hulga künkaid, nende kuju tublisti muutes, sest arvesse tuleb võtta, et künkad, esialgu

taimedest katmata, kõige mitmekesisemat võimalust pakkusid vee tegevusele.

Edasi tuleb arvesse võtta, et suur vee hulk, mis sulavast jääst tekkis, ületuldist veepinna seisu tublisti tõstis. Arvata on, et kõik madalikud ja lohud küngaste vahel, isegi madalamad künkad vee all olid; üksikud kõrgemad künkad ja kõrgendikud olid saartena vees.

Et vesi voolav oli, tunnistavad eelpool kirjeldud kihilised sademed, mis tekkida võisid, kui vee pind 8—9 sülda või veel enam praegusest Pühajärve pinnast kõrgemal oli.

Praegu on Otepää maastiku Pühajärve ümbruses leiduvad künkad veelahkmeks, kust põhjalääne sihis suurematest jõgedest Elva jõgi, lõuna-lääne sihis aga Emajõgi voolab.

Kas seesugune veelahe ka peale jääajajärgu siin oli, on raske otsustada. Selge aga on, et suurem vee voolus Pühajärve pikkuse sihis NNO—SSW on voolanud, kihitud sademeid mitmele poole äärde jättes, nagu näit. „Kitsemäe“, Kolga talu juures (samasugune kihiline liiv nagu „Kitsemäel“). Pühajärvest Põhja on sellest voolusest Neitsi, Kur-nakese, Jaanuse, ja Kukemäe järved järgi jäänud. Edasi lõunapoolle on see voolus läinud selles sihis, kus Emajõgi praegu välja voolab, kuidugi jagu-nedes paljudesse harudesse, selle järgi, kuidas madalikud asenesid. Endised kalda ääred on sel

alg-voolusel ehk algjõel (Ur- Strom), selgesti näha, „väikese Emajõe“ ääres. Need kujunesid, kui vesi juba palju oli alanenud. Kohati on need endised kaldad 1—2 silda jõepinnast kõrgemal, kuna laius väga mitmesugune on: 30, 40 — kuni mitusada silda ja kohati mitu versta.

Järved võivad mitmel viisil tekkida. Manner- maa-järved võivad orograafilistel, või nagu meie kodumaal, kliimaatilistel mõjudel tekkida. Relikt- järved on merest milgi viisil lahutud, meil näituseks Peipsi järv, maa aeglase tõusmise pärast.

Üleüldse võib järved tekkimise viisi järgi kahte osasse jagada: pais- ja nõgu järved.

Järvede
tekki-
misest
üleüldse.



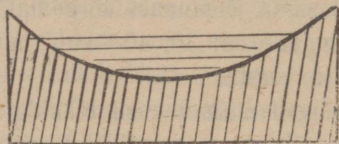
Pais-järved.

Paisjärve kava.

Paisud, mis (piltlikult öeldud) järvi paisutavad, võivad väga mitmel moel tekkida. Sellepärast võib kõnelda jääliugustiku-järvedest, kas jääliugustikul enesel, kui seal pais vee äravoolu takistab, või jääliugustiku kõrval. Laviin-järved on niisugused, kus laviin allatoodud risuga jões või ojas paisu valmistab. Niisama võivad järved tekkida kalju ja kivi-rusu langemise tõttu. Kui paisusid jääliugustiku moräänid tekitavad, kõneldakse morään-

järvedest (seesuguseid leidub Tjan-schan'is, Skandi-naavias, Alpides). Seesuguseid järvi võivad tekitada veel liivaluited, deltad, rannavallid.

Nõgu-järved



Nõgu-järve kava.

Nõod, mille sees on järved, võivad tekkida välistest teguritest, nagu vee, jää, õhu-uhumisest. Tihti on aga tekkimise põhjuseks ka sisemised, tektoonilised muutused maapinnas, nagu lademetevajumised, tõusud, voltimised ja geoid-pinna muutumine.

Maakera pinda nimetakse geoid-pinnaks. Keha, mida see pind piirab, on geoid. Kui maakera koor ühepaksune ja ühesuguse tihedusega oleks, siis oleks geoidi kuju sferoid (kera). Et aga maakera koor mitte ühepaksune ja ühesuguse tihedusega ei ole, siis ei või geoidi pind sferoidiga ühte minna. Kohati — meredel — on geoid sferoidi all, mannermaadel — sferoidi peal.

Jääajajärgul oli geoidi pind teistsugune, praegusest. Absoluut-kõrgused olid siis kohati teised, ja jõed võisid sellepärast teises sihis voolata. Peale jääaega, kui maa raske jääkatte alt vabanes, kui päike teda uuesti soendama hakkas, võis geoidi

pind muutuda. Selle tõttu muutusid absoluutkõrgused maapinnal, ja sellest järgnes paljude jõgede voolu muutumine. Paljude seesuguste jõgede osad võisid järvedeks muutuda.



Nõosügavusi, kus praegu meie kodumaal järvi leidub, võib nõgude kuju järgi mitmesse tüüpi asetada; selle järgi on ka järved mitmekujulised:

**Uhtumise
nõgudes
tekkinud
järved.**

1. Korratu-ümmarikud või hõlmalised järved, mis iseloomulised on põhi- ja lõpumorääni maastikkudele.

2. Pikad, kitsad järved on endiste jõgede asemetes.

3. Ümmarikkudes, nõokujulistes aukudes tekisid järved kõrgemalt langeva jäävee uhtumisest (nagu näit. Kirdjärv „Arimäel“).

Lademete sissekukkumisest tekkinud järvi meie kodumaal ei leidu, niisama ka mitte dislokatsioon-järvi, mis maakihtide vajumisest ja tõusmisest tekivad. Näituseks tekkis Uue-Madridi järv Missisippi jõe orus alla vajunud kohal maa-värisemisel 1811 a. Suure vajumise lõhe kohal on Surnud meri, Tiberia järv, Jordani org, Vadi Arabah.

Järvede Künklikes morään-maastikus võisid järved järg-
tekkimine miselt tekkida:

künklikes Suur jääsulamise vesi kahanes aegamööda ikka
morään- enam, mida osalt kiirendada võis ka geoidi pinna
maastikus. muutumine.

Laiematele ja sügavamatele kohtadele eelpool kirjeldud Otepää künklike morään-maastiku vooluses kogus savi, mis vett pidavat pinda andis, ja kui vesi veel enam alanes, katkes voolus terveks väga kääruliste ja sopiliste äärtega järvede ahelaks.

Kuidas esi-järved veealanemise tõttu muutunud, näitavad endiste järvede kaldad, mis praegustest kohati mitu silda kõrgemal. Selget endist kalda joont näeb pea kõigil maastikus leiduvatel järvedel.

Järvede Edaspidised muutused järvede juures olenesid
muutumine. suurelt osalt ka järvede kinnikasvamisest, millele kaasategevad on väikesed vees elavad organismused, taimed kui ka loomad, ja vees kui ka kalda ääres kasvavad taimed.

Järvedesse kogub alalõpmata sademeid. Need võivad olla esiteks surnud organismuste jätised, teiseks jõgedest, ojadest, allikatest ja sademete veest järve kantud materjal, nagu savi, liiv, muda, kruus. Kõigi nende sademete kogumine aastatuhandete jooksul mõjub möödapääsemata selleks, et järv lõpuks kaob.

SISU.

I. OSA.

Sissejuhatus	lehekülg 5.
Eestimaa siluuri kiltmaa	" 6.
Eesti devoon-kihid	" 8.
Jääajajärgu põhjused	" 11.
Euroopa jäätus	" 17.
Jää liikumine	" 19.
Jääliugustiku sademed või liikuvad moräänid	" 21.
Liikumata moräänid	" 22.
Moräänide koosseis	" 23.
Jäävee sademed	" 23.
Jää künnijõud	" 24.

II. OSA.

Sissejuhatus	lehekülg 25.
Otepää künklike morään-maastiku reljeef	" 27.
Künklike morään-maast. ääre kõrgendikud	" 27.
Maastik Pühajärve ümbruses	" 30.
„Hobusemägi“	" 31.
„Marjamägi“	" 32.
Platoo-kujulised künkad	" 33.

„Nüpli kuningas	lehekülg	34.
Küngaste koosseis.	”	35.
Kihilised künnad	”	38.
Kihiliste sademete tekkimine	”	41.
Künklise morään-maastiku kujunemine	”	42.
Järvede tekkimisest üldse	”	45.
Pais-järved	”	45.
Nõgu-järved	”	46.
Uhtumise nõgudes tekkinud järved	”	47.
Järvede tekkimine künklises morään- maastikus	”	48.
Järvede muutumine	”	48.

Pühajärve

ümbruse kaart

Juusa järv
Käärrik
Nüpli
Mäha
Kaarna
Pera
Kukemäe
Jaaniuse
Kurnakese
Kõrvi
Väike Kõrvi

Puka

Heeri

Sangaste

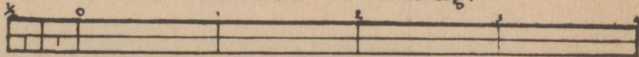
Ena jõgi

Mõel - vahetund 1 toll = 3 versta

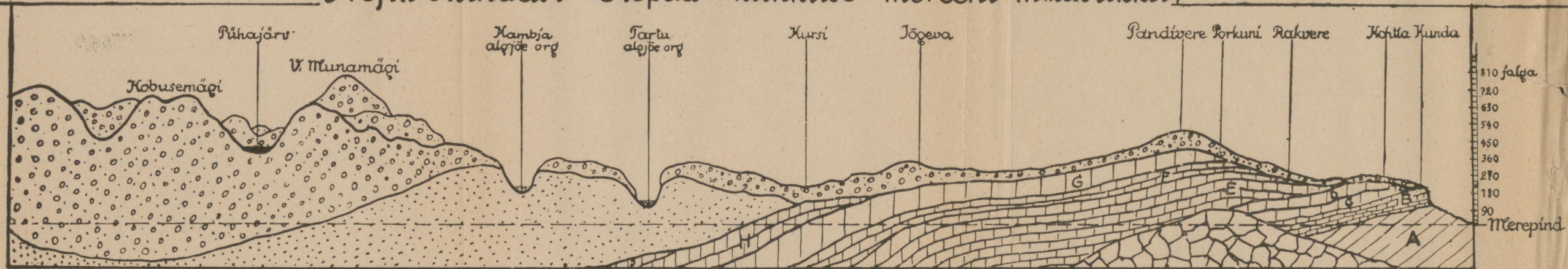
0 H

Paljastused:

- I Nuvistaku juures
- II Kitemäe
- III Munamäe
- IV Kolga talu
- 1 Hobusemägi
- 2 Marjamägi
- 3 Nüplikungas
- 4 Arimägi



Profiil Kündast - Otepää künglise moreeni maastikku.



Graniit
 Kambrium
 Alum. siluur:
 Pealm. siluur:
 Devon-lüüakivi
 Moreen-kate

F. Saaremaa kiht
 E. Rakvere kiht
 D. Jõhvi, Keila, Vasalema kihid
 C. Echinoferrüüliubi, Kuka-ise, Idavere
 B. glaukonit liiv, lubi, ortotseratüt liiv

J. Alum. Saaremaa kiht
 H. Cesti kiht
 G. Jõhvi, Põrvalis, Raiküla kihid

H. Bekker
 Oalt prof. Schmidt'i
 järgi

V-1923