EESTI
GEOLOOGIATEENISTUS

Eesti fosforiit, selle teke, levik ja ülevaade peamistest omadustest

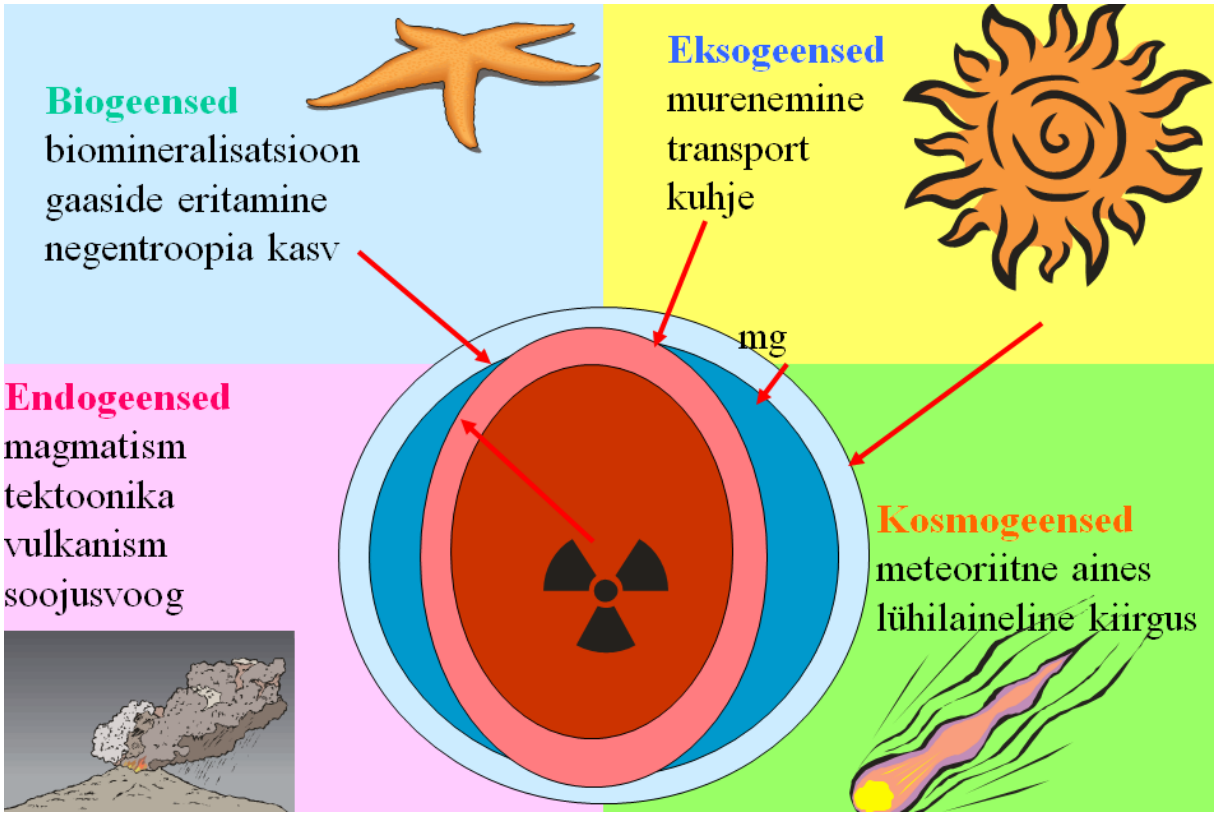
Jüri Nemliher

Eesti Geoloogiateenistus / vanemgeoloog

Viinakuul, AD 2019

Mõned definitsioonid ja väited

Fosforiidiks nimetatakse kivimit, millel on võrreldes teistega kõrgenenud fosfori-sisaldus. Reeglina fosforisisalduse % (kaalu, mahu, mis iganes väljenduses) ei defineerita, erandiks on Eesti (ja endine NSVL), kus juriidilis-administratiivselt pandi paika mõiste „fosforiit“ kivimi fosforisisalduse alampiirina, seda kaalu% väljendis, vastavalt 4 ja 6 % P_2O_5 kivimimassist.



KÕIK inimkonnale kättesaadavad kivimid, sh fosforiit paiknevad maakoore pinnal või selle ülemises osas ning fosforiidid jagunevad tekkeprotsessi järgi

- **Endogeenseteks** (magmalisteks), seda koos moondeliste tuletistega
- **Eksogeenseteks** (settelisteks) seda koos setendi moondelise ning algselt biogeense tuletisega

Inimtegevuse majandusliku tegevuse mõttes võiks fosforiidiks nimetada kivimit ja selle geograafiliselt ja ruumiliselt piiratud lasundit, mille kasutuselevõtt tööstuslikus mõõtmes on majanduslikult tasuv. Siinkohal ei laskuta aruteludesse teemal, mis on majandus, mis raha, jne.
Inimkonna fosforivajaduse peamiseks põhjustajaks on põllumajandus, inimkeeli: me kõik vajame sööki. Meie planeedil me seda reeglina toodame sümbioosis biosfääriga, millises ökoloogilises püramiidis on aluseks taimekasvatus.
Selleks on vaja (vedelat) vett ja päikesepaistet (valgust) ning muid lisa-elemente ja keemilisi ühendeid, peamised on süsinik (CO_2 kujul), lämmastik (aminohapped), fosfor (ATP) ja väävel (Cys, üks aminohapetest). Lisanduvad K, Na, Ca (skeletimoodustajatel) jmt kribu-krabu



Fotosünteesi süsiniku aspekt

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O + h\nu \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

Veeslahustuva fosfori kättesaadavus suvalises tsönoosis on biomassi kogust kriitiliselt reguleerivaks teguriks. Fosforit-sisaldavad kivimid pole reeglina veest lahustuvad, seega mobiilse fosfori sattumine bioloogilisse ringlusse on sama biomassi (väljendatuna orgaanikasse seotud süsinikuna) kogust määrav tegur.

- Anorgaaniliselt satub fosfor litosfäärist biosfääri läbi lähtekivimi murenemise, ennekõike läbi porsumise (keemiline murenemine: kivi+H_2O+CO_2+T°+pH+keskkonna soolsus)
- Vees lahustuva fosfori (ortofosfaat, PO_4^{3-}) ringe Maa footilistes tsoonides toimub läbi bioota ning sellese saab fosfor nii siseneda kui ka väljuda, nt läbi skeletiapatiidi
- + Läänemere probleem



Planeedi Maa maakoores on peamiseks fosforitkandvaks mineraaliks apatiit.
On ka teidi, nt vivianiit kuid stabiilseimaks ja levinuimaks on siiski apatiit, see tekkib endogeensete, eksogeensete ja biomineralisatsioonil moodustuvate protsesside käigus.



Apatiit on mineraal, mille nimi - απαταο – tuleneb kreekakeelsest sõnast petma, *id est* selle mineraali visuaalsed omadused on vägagi muutlikud. Kristallokeemilised omadused on samuti muutlikud, kuid siinkohal on oluline, et mineraal on olemuslikult lisa-aniooniga Ca-fosfaat, üldistatud keemilise valemiga nii:

$Ca_{10}(PO_4)_6HL_2$ NB! koostis taandatud väikseima ühisnimetajani

kus HL positsioonis on reeglina mingi halogeen, kui praktiliaelt KÕIK ioonpositsioonid võivad olla hõivatud mistahes vastava valentsiga elemendi/iooni poolt

Igasugu bioota tegevuseks on veeslahustuva fosfori kontsentrasioon limiteeriv faktor nii kui ka meie: inimesed, sest kuigi elame enamuse ajast maismaal, puhkame, sigime jmt maismaal on vedel vesi universaalne lahusti ja sel moel elu (nagu me teda tunneme, aga peale Maa teisi näiteid pole) on selle olemasoluks vajalik.
Kuikord mineraalne fosfor satub moel või teisel vees lahustuvasse vormi toimub selle ringlus läbi bioota.

Millised on siis kõrgenenud fosforisisalduse võimalikud juhud Maa koores?

Endogeensed (magmalised) fosforiidid (kivimid) ja maardlad

Meile lähimad on Balti kilbil asuvad Siilinjärve ja Hibiinide leiukohad (ja kaevandused) mis mõlemad on seotud leelismagmatismi batoliitidega, fosforitkandvaks mineraaliks on apatiit.



Apatiit esineb üpris kivimitmoodustava mineraali rollis, talle lisanduvad eudialiit, lopariit jmt üpris eksootilised mineraalid. Eripäraks on, tulenevalt tekkest, on kõrge REE ja raskmetallide sisaldus temas. Seega on fosfor vaid üks paljudest inimkonna huvidest seda tüüpi fosforiidimaardlate vastu

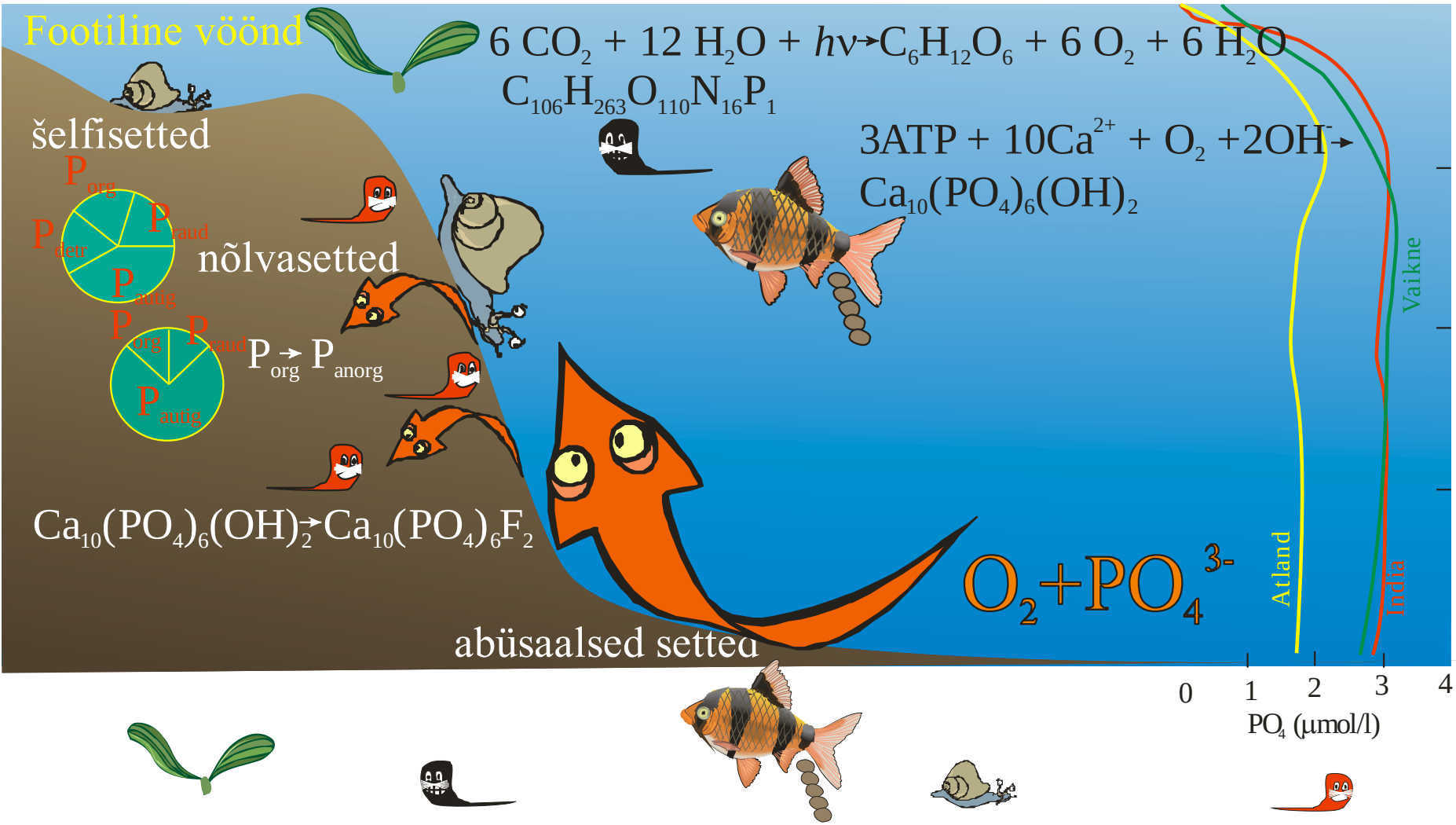
Endogeensed fosforiidimaardlad on kaunis isomeetrilise konfiguratsiooniga, seetõttu on nad geograafiliselt kompaktsed ja inimkonna huvi nende vasu on suunatud pigen alla, kui pindalaliselt. Reeglina paiknevad need leiukohad vanades (Ar-Pr) litosfääri osades, mis on tektooniliselt stabiilsed ja kus ei esine hüdrogeoloogilisi probleeme, setõttu on nende kasutuselevõtt ka lokaalse keskkonnamõjuga ning ühiskonnale positiivne



Naljakal kombel defineeritakse mõiste „õnn“ läbi raha, aga mõistagi õnnetunne vast ei sõltu kasutadaolevast ressursist, pigem meeleseisundist. Süüa ikka tahaks!

Settelised fosforiidimaardlad

Tõusuhoovus ja upwellingu fosforiitide teke, PZ ja KZ, indutseeritud bioapatiidi teke. siia kuulub ülim rõhuv enamus maailma fosforiidimaardlatest



fütoplankton zooplankton luud pelletid bentos organotroofid setetes

Eesti fosforiit on kahtlematult settelise iseloomuga, läbi omal ajal skeletti-moodustavate elukate tegevuse filtri, kuid siiski, bioloogiline ollus on (välja) surnud ja nende skeletid (antud juhul kojad) on basseini põhjas elanud – ja mis peamine – *post mortem* säilunud!, moodustades kivimkihi, mida geoloogid nimetavad Kallavere kihistu liivakiviks.







Upwellingu fosforiit Mososauruse hambaga

Olemuslikult on settekivimite kihid lateraalselt suure levikuga, kusjuures kihindi kvantitatiivsed omadused võivad olla (paiguti, kohati) üpris erinevad. Ühisnimetajaks on siinkohal formatsiooni moodustumise üheaegsus.

Eesti fosforiit *sensu stricto*

Lasund on teada alates Schmidti, Panderi ja Eichwaldi uurimustest

Der estländische Obolenphosphorit. - Geoloogia Instituudi Toimetised 1929. № 18. 49 lk

Öpik nimetas neid kihte hoopis unguliit-livakiviks

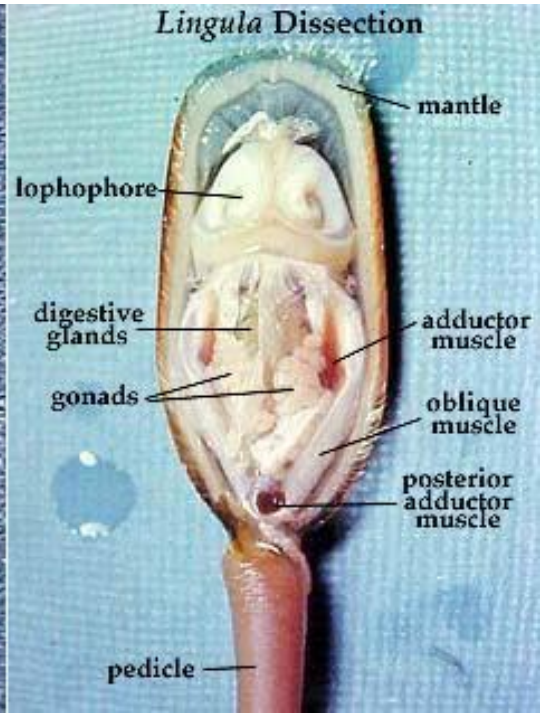


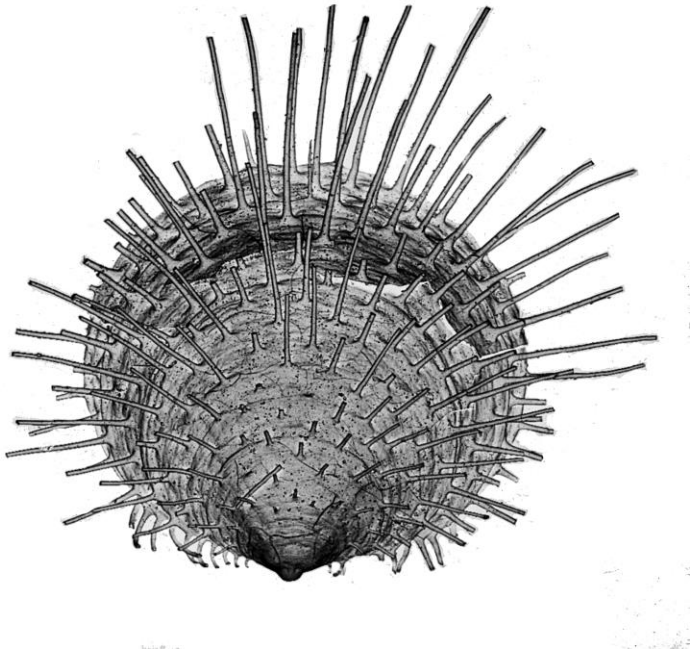




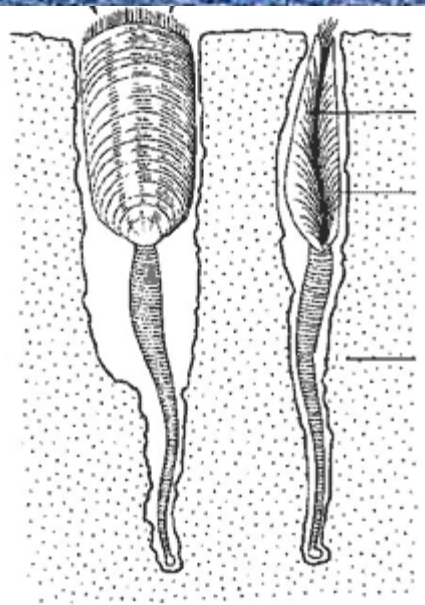
Lingulaadid on apatiitse toesega lukuta käsijalgsed kes on geoloogias teada Kambriumist tänapäevani. Aktualismiprintsiip







Epifauna



Infauna







Elusate loomade eluavaldusi saab uurida, nii on teada, et nad on filtraatorid ning elavad **normaalsoolsuga** veelises keskkonnas.
Skeletimineraali sekreteerimiseks vajalik fosfor pärineb toidust (orgaanilisest hõljumist) Ca aga mereveest. Lisa-anioon sekreteeritakse hüdroksüülina (OH^-).



Glottidia pyramidata, Kariibi meri

Aktiivse vee tsirkulatsiooniga basseini põhjas laguneb *post portem* protsesside käigus disartikuleerub Lingula koda ca 2 nädalaga apatiitseteks plaadikesteks tänu organotroofsete bakterite tegevusele ning 3 nädala jooksul mõnekümne µm läbimõõduga ja mõne µm paksusega osakesteks, mis on muu setendi seas praktiliselt eristamatud ning kodade apatiit alustab moodustuva setteformatsiooni pooriruumis toimuvasse fosforiringesse, nagu upwellingu fosforiitidel.



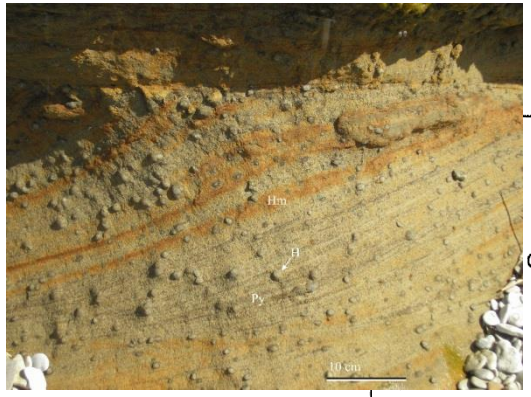
Lingula reevei, Hawaii

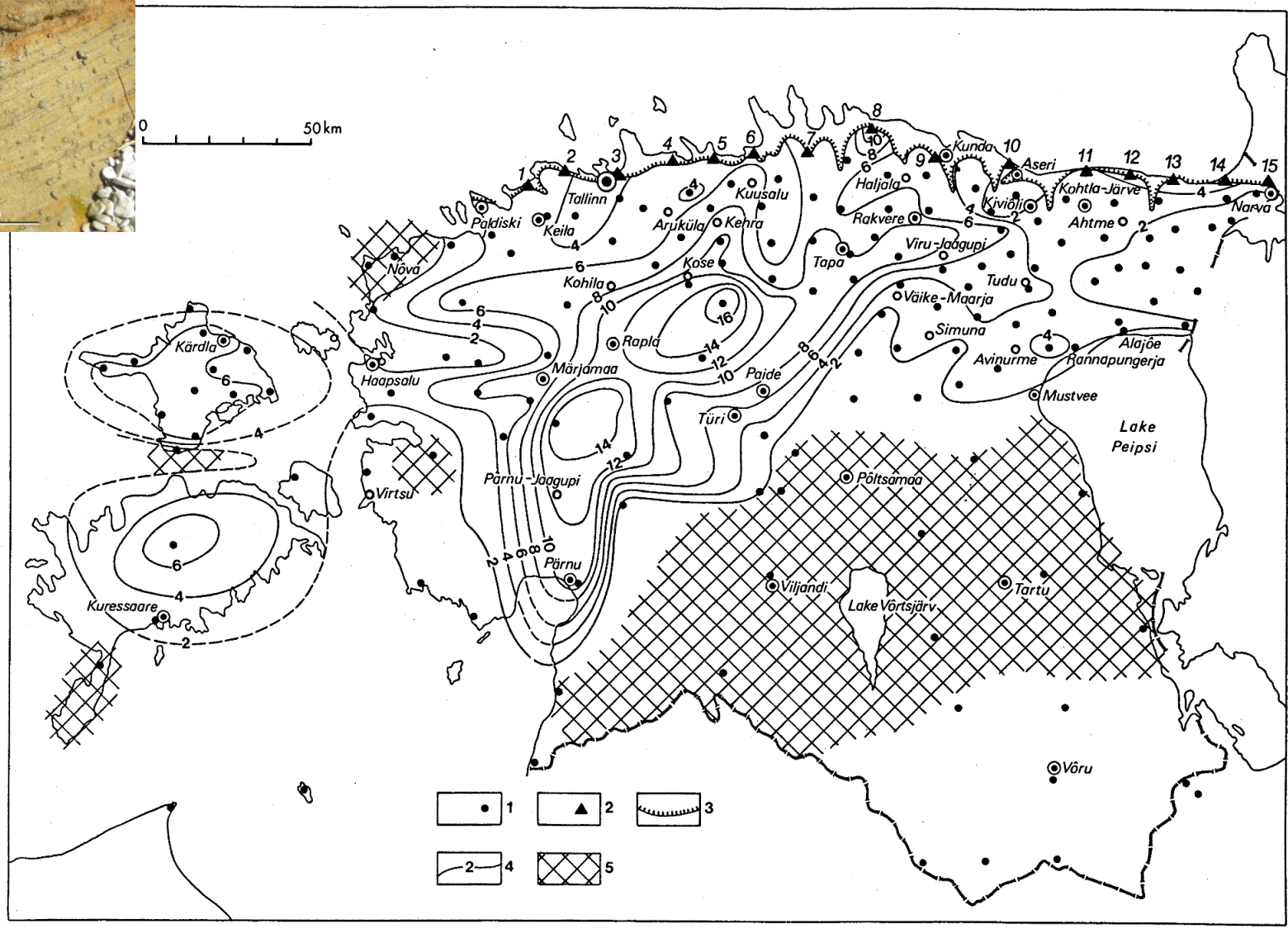
Kaasajal Kallavere ajaga (oobolusmere aeg) mahu poolest võrreldavat lingulaatide kuhjet ei toimu, ainuke analoog on Namiibia madalšelfil toimuv protsess, kus rannaliivale kuhjub *Discina tenuis* poolmeid kuid oma mahult ei ole see kuidagigi võrreldav oobolusmeres toimunuga



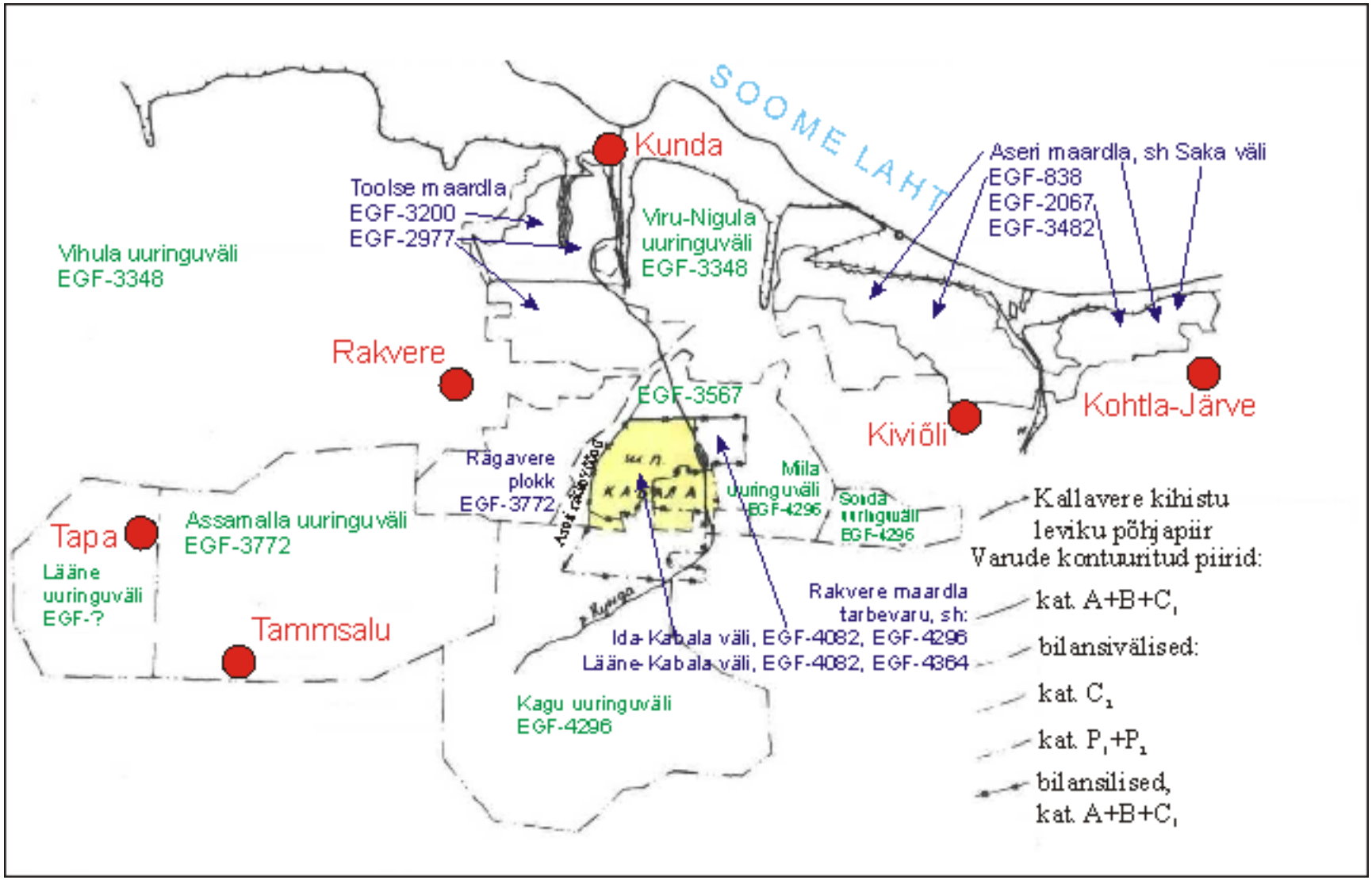
Kui see kord nii on ja me teame, et poolmed kauvad bioloogilises ajas siis kuidas on säilunud oobolusmere apatiitne komponent?

Kallavere kihistu kulutus- ja kuhjealad Eestis Heinsalu & Viira 1997. Geology and mineral... järgi





Virumaa fosforiidiuuringud 1938-1988 R. Raudsepa järgi



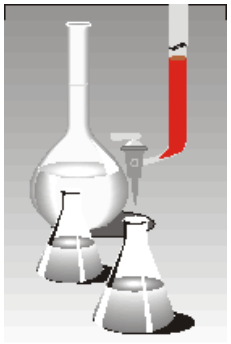
Võrreldes upwellingu-fosforiitidega on meie fosforiidi eripäraks



- Suur suhteliselt jämeda lõimisega kvartsliiva sisaldus
- Sisuliselt minimaalne savikomponendi esinemine selles kivimis
- Mosaiikselt leviva diageneetilinse tsemendi esinemine
- Kihindi väga suured erinevused ühe ja sama kihindi levila ulatuses

Virumaa fosforiidi puhul tuleb silmas pidada, et:

- Fosforiidilasund on läbi lõigatud mitmete ürgorgude ja mattunud orgude poolt
- Virumaade fosforiidilasundit läbivad mitmed rikkevööndid, mis jagavad lasundi loomulikeks osadeks
- Oluliste põhjaveekihtide paiknemine fosforiidilasundi peal
- Tihe inimasustus ja eraomanike suur hulk maaomanike hulgas



- Tegelikult me ei tea, millistele parameetritele peaks vastama meie fosforiidikeemia tööstuse sisendkivim – me ei tea, mis on meie mõistes fosforiit
- Seda defineerimata ei tea me ka, kui palju meil fosforiiti on, enamvähem teame, et kus ta on, kui sügaval jne
- Aga me teame, et seda on, ja seda on palju!



Tänan. Kõigile küsimustele vastatakse, kui mitte kohe siis väljapool eetriaega kindlasti (eeldusel, et tean asjast)