



Eesti Geoloogiakeskus
Geological Survey of Estonia

EESTI GEOLOOGIAKESKUSE TOIMETISED

**BULLETIN
OF THE GEOLOGICAL
SURVEY OF ESTONIA**



FOSFOR, FOSFORIIT, KESKKOND JA INIMENE

Valter Petersell
Eesti Geoloogiakeskus OÜ

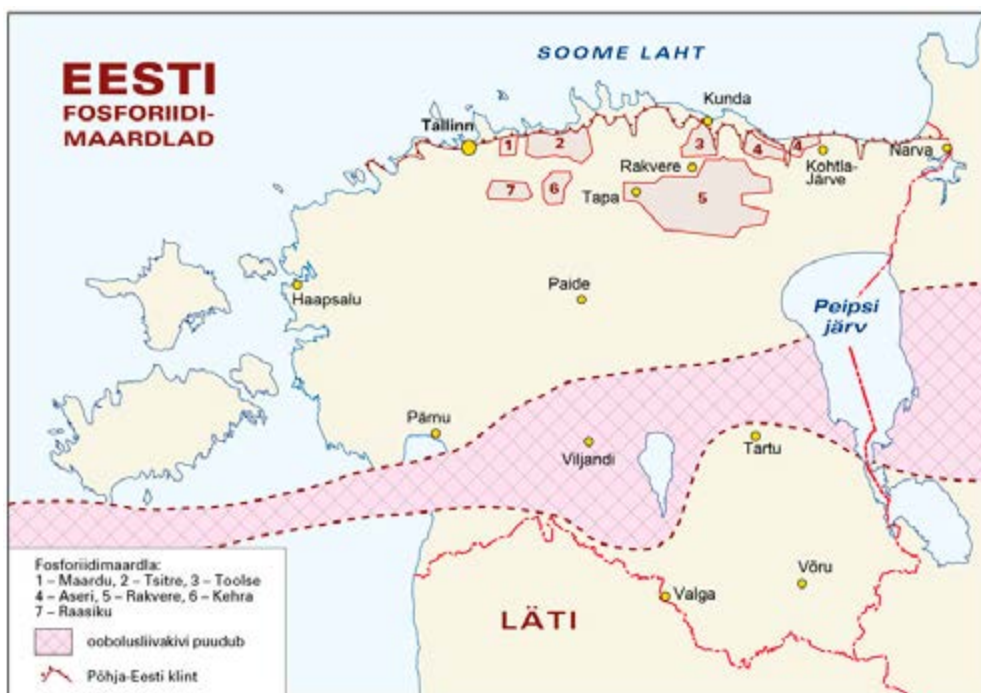
Fosfori keskmine sisaldus maakoos on erinevatel andmetel 0,067 kuni 0,093% piiridesse (Wedepohl 1995; Vinogradov 1962). Mulla künnikihis on fosforit 0,08% ja taimede mineraalosas ligi 7% (Maljuga 1963). Looduses on teada 239 erinevat fosfori mineraali (Ivanov 1994), millistest olulisemad kuuluvad apatiidi ja monatsiidi rühma. Mineraalides esineb fosfor peamiselt fosfaadina (PO_4^{3-}), samuti isomorfsetelt kivimit moodustavates mineraalides. Fosfori mineraalid ja ühendid on tavatingimustes mullas raskesti lahustuvad.

Eestis nimetatakse fosforiidiks settekivimit, mille P_2O_5 keskmine sisaldus ületab 3,0–6,0% piiri. Meie fosforiit, mida puudulikulise brahhiopoodi *Obolus apollinis*e järgi ka oobulusfosforiidiks nimetatakse, koosneb kollakas-, hele- või tumehallist, nõrgalt tsementeerunud peene- kuni jämedateralisest kvarts-liivakivist, milles on 5–90% brahhiopoodide fluorkarbonaat-apatiidist kojapoolmeid või nende fragmente. Brahhiopoodide kojapoolmed sisalda-

vad 34–37% P_2O_5 , fosforiidikihtides on P_2O_5 sisaldus 3–25% (Raudsep 1989).

Põhja-Eestis on uuritud Maardu, Tsiitre, Toolse, Aseri, Rakvere, Kehra ja Raasiku fosforiidileiuukohti (joonis 1), mis paiknevad Ülem-Kambriumi ja Alam-Ordoviitsiumi piiril oleva Kallavere kihistu kivimites. Majanduslikku huvi pakkuvad kihid on 1–12 m paksused ja paiknevad 5–200 m sügavusel maapõues. Fosforiidi kihte katavad Alam-Ordoviitsiumi vanusega diktüoneemakilda (graptroliitargilliidi), savi, glaukoniitliivakivi ning Kesk-Ordoviitsiumi lubja- ja dolokivi kihid. Viimastel lasuvad omakorda 0,5–3,0 m, mattunud orgudes 20–90 m paksused Kvaternaari setted.

Akadeemik Aleksandr Fersmani (eluaastad 1883–1945) arusaamade järgi on fosfor elu ja mõistuse element (Fersman 1954). Fosfor esineb pea kõikides taimsetes ja loomsetes kudedes toimides elutegevusprotsesside soodustajana. Fosfori ühendid on organismides geneetilise informatsiooni kandjad ja säili-



Joonis 1. Eesti fosforiidimaardlad (Raudsep 1993, 1997 järgi).

Tabel 1. Fosfori (P) sisaldus ja kontsentratsiooni koefitsient (K) mulla kui toiteallika suhtes.

Keskkond	P sisaldus, %	K mulla suhtes
Globaalne muld (Maljuga 1963)	0,08	1,0
Eesti mulla huumushorisont (Petersell jt. 1997)	0,057	0,71
Taimede tuhk (mineraalosa) (Maljuga 1963)	7,0	87,0
Eesti nisuterade mineraalosa (tuhk, autori andmed)	18,1	225,0
Inimese luukude (Prohorov 1977)	5,0	63,0

tajad ning ainevahetuse reguleerijad. Inimorganism vajab fosforit eelkõige hammaste ja luude moodustumiseks, aju ja kesknärvisüsteemi tööks ning energiavahetuseks. Kasvuperioodil on fosfori kontsentratsioon kõrge imetajate kudedes, samuti taimedes ja nende viljades (tabel 1). Taimedes ja elusorganismides oleva fosfori peamiseks allikaks on muld, mille seisundi parandamiseks tuleb periooditi lisada fosforväetisi põllukultuuride fosforitarbe rahuldamiseks.

Ajaloost. Eesti Vabariigi (1918–1940) ja Nõukogude Liidu (1944–1991) perioodil toimunud fosforiidi uuringud kestsid kuni 1990. aastani ja selle tulemusel on Eestis välja selgitatud 7 fosforiidi maardlat (joonis 1) summaarse varuga enam kui 9,6 miljardit tonni fosforimaaki keskmise P_2O_5 sisaldusega 9,3% (joonis 2).

Toolse fosforiidimaardla geoloogiline detailuuring lõpetati 40 aastat tagasi (Raudsep, Sinisalu 1972). Samal perioodil jätkus Tapa–Rakvere piirkonna geoloogiline süvakaardistamine (Puura jt 1974), mille käigus kirjeldasid 1972. aasta mais vastpuuritud Assamalla puuraugu F-162 puursüdamikku geoloog Olavi Keerup ja artikli autor. Üllatus oli suur. Maapinnast ligi 161–167 m sügavusel oli kollakaspruun, valdavalt *Obolus*'e tervetest kaantest ja nende detriidist koosnev fosforiit. Järgnev detailsem tutvus talvekuudel puuritud puuraukude südamikuga tuvastas fosforiidi veel neljas puuraugus maapinnast 90 kuni 170 m sügavusel. Ala ühendati Assamalla fosforiidi levilaks. Kogutud proovide laboratoorsete analüüside ja γ -karotaaži graafikute uurimise tulemusel selgus, et fosforiidilasundi paksus oli enamasti 1–6 m ja P_2O_5 sisaldus 4–21,5% (keskmiselt 14,3%). Fosforiidi prognoosvaruks hinnati miljard tonni. Sellesse üüratusse arvu suhtuti tol ajal umbusklikult ja tollaegse Eesti

Geoloogia Valitsuse teadusnõukogu protokollis märkigi: “varu arvutamisel pole arvestatud puursüdamiku kadu ja kõik arvutused on tehtud maksimaalse võimaluse piiiril”. See hinnang välistas maardlate esmavastamise preemia määramise autoritele. Hiljem seda hinnangut korrigeeriti pea 20 aastat kestnud geoloogilise uuringuga. Assamalla levila nimetati Rakvere fosforiidimaardlaks varuga ligi 6,9 miljardit tonni fosforiidimaaki, mille keskmine P_2O_5 sisaldus on 9,1% (Riiklik... 2001).

Rakvere fosforiidimaardla ala geoloogilise kaardistamise ajal ei osanud keegi ennustada, et avastati Euroopa suurim fosforiidimaardla, et avastus saab fosforiidisõja ajendiks ja mõnes mõttes ka Eesti laulva revolutsiooni hälliks. Tuginedes ajakirjanduse ja raadio kaudu levitatavale infole viibisime II fosforiidisõja künnisel. Esimese fosforiidisõja (1987–1988) sündmuste emotsionaalne ja üsna suvaline tõlgendus leiab käsitlemist Juhan Aare (1999) raamatus “Fosforiidisõda 1971–1989”. Nüüd vaikivad nii võitjad kui kaotajad. Fosforiidisõja eesmärke teatakse ainult ühekülselt, sõja organisaatorite ja propageerijate seisukohast vaadatuna. Eesti fosforiidi ja fosforiidiuuringutega kaasnevaid tegelikke põhjusi ning oodatavaid tulemusi pole käsitletud, olgugi, et need on aktuaalsed ka käesoleval ajal.

Iga sõda, olgu see võitlus relvadega, majanduslik, psühholoogiline või muu, teenib teatud ringkonna huve. Sõjas on võitjad ja kaotajad ning sõdivate maade rahvas. Viimaste õlgadele langevad nende soovidest sõltumata sõjaga kaasnevad kulutused.

Inimkonna ajaloos oli fosforiidisõda üheks ainulaadsemaks. Rahvas kaasati fosforiidisõtta selleks, et säilitada elukeskkond ja keelata maavara geoloogilised uuringud. Märkamata jäi, et uuringute positiiv-

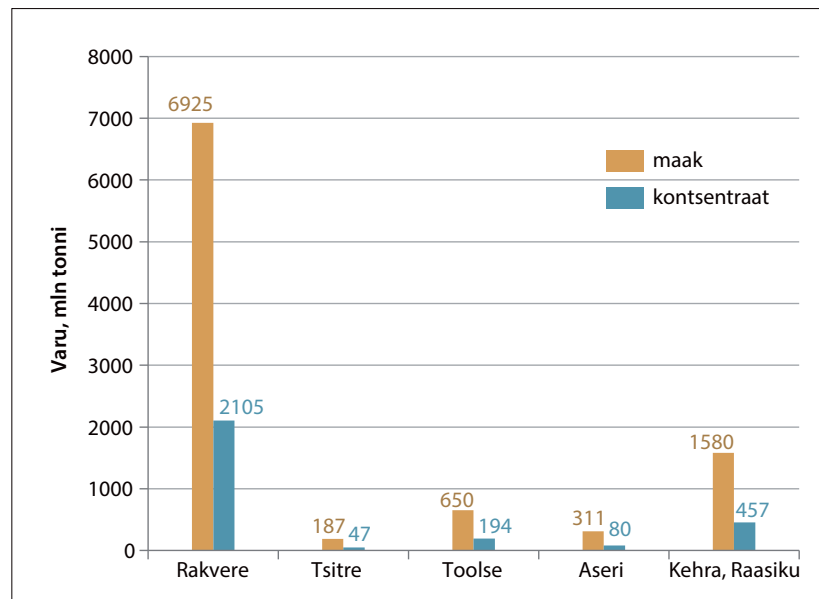
sed tulemused on seotud riigi teaduspotsiaali ja majanduse arendamisega. Korvamatut või mõttetut keskkonnakahju ei soovinud keegi.

On levinud arvamus, et fosforiidisõda hoidis Eestis ära uute fosforiidikaevanduste rajamise. Kahtlemata pole see tõde. TTÜ emeriitprofessor Enno Reinsalu (2012) mainib põhjendatult, et Toolse karjääri ja seejärel Lääne-Kabala kaevandamist ei oleks nagunii alustatud, kuna sellise tegevuse rahastamine käis pankrotistuvale Nõukogude Liidu (NL) majandusele üle jõu. Fosforiidisõja keskkonnakaitse sildi all jätkus Maardu piirkonna ajaloolise põllumaa hävitamine kümnete hektarite kaupa aastas ja selle muutmine radooniohtlikuks ning tervistkahjustavate raskemetallide rikkaks tühermaaks. Teades NL plaanimajanduse süsteemi ja fosforvætiste defitsiidi vähendamise teravat vajadust, oli seitsmekümendatel aastatel Maardu sulgemise ainukeseks reaalseks võimaluseks selle asendamine Toolse fosforiidimaardlaga. Paikneb ju Toolse maardla madalakvaliteedilisel põllu-, karja- ja metsamaal, mille pind on rikutud Kunda tsemenditehase vanade ja töötavate lubjakivi karjääridega. Maardla piires paiknevad geoloogiliselt uuritud tsemenditoorme reservvaru alad. Kui Maardus saadi 1 m² suuruselt pinnalt 0,24 tonni P₂O₅, siis Toolses oleks olnud see arv 2,5 korda suu-

rem ehk 0,61 tonni P₂O₅ ühelt ruutmeetritl. Ehk sama koguse fosforiidikontsentradi saamiseks aastas oleks Toolses kujuneva karjääri pindala olnud 2,5 korda väiksem, kui Maardus. Vaatamata kõigele sellele jätkus kaevandamine Maardus kuni 1991. aastani.

1984. aastaks oli Rakvere fosforiidimaardla Lääne-Kabala kaevevälja toore geoloogide poolt suhteliselt hästi uuritud. Puudus aga tehnoloogia fosforiidi väljamiseks allmaakaevandamise tingimustes. Sellest tulenevalt polnud lootustki, et NL Riiklik Varude Komisjon (GKZ) oleks varu ilma katsekaevanduste tulemusteta kinnitanud ja andnud nõusoleku riskida sadu miljoneid maksva kaevanduse rajamisega. Ilma kaevandamise tehnoloogiata puudus ka garantii, et fosforiidi kaevandamine oleks olnud majanduslikult otstarbekas. Juba 1970-ndatel puudusid NL Väetisetööstuse Ministeriumil rahalised võimalused Koola poolsaare apatiidikaevanduste korrastamiseks. Raha polnud ka Lääne-Kabala katsekaevanduse jaoks, rääkimata uue kaevanduse rajamisest tundmatutes tingimustes.

Tänu “fosforiidisõjale” lõppes fosforiidi probleem Eestis NL Väetisetööstuse Ministeriumi administratiivtöötajatele soodsalt, paljudele teadusasutustele ja teadlastele aga kurvalt, kuna järsult vähendati Eesti fosforiidiuuringuteks kavandatud tööde finantsee-



Joonis 2. Eesti fosforiidivaru maardlate lõikes. P₂O₅ keskmine sisaldus Rakvere maardlas on 9,7%, Tsitre maardlas 7,5%, Toolse maardlas 9,0%, Aseri maardlas 7,7% ning Kehra ja Raasiku maardlas 8,7%. Tööstuslikku huvi pakkuva fosforiidikihi paksus on vähemalt 1,0–1,5 m ja P₂O₅ sisaldus selles on üle 6%. Kontsentradiis on P₂O₅ arvutuslik sisaldus 30–32%.



Joonis 3. Maardu fosforiit (P_2O_5 sisaldus > 15%).



Joonis 4. Fosforiit Mäekalda paljandist, Kadrioru pargi lõunapiirilt (Raudsep 2007).



Joonis 5. Fosforiit Iru koobastunneli paljandist Pirita jõe orust (<http://www.ut.ee/BGGM/maavara/fosforiit.html>).

rimist. Samas tõusis kommunistliku partei prestiiž. Näete, me tahtsime minimeerida põllumajanduses fosforväetiste defitsiiti, kuid me ei saa, me ei või ja ei tohi ignoreerida rahva arvamust, me saame olukor-rast aru, säilitame keskkonna ja külmutame määra-mata ajaks uuringud ja kaevanduse rajamise.

Fosforiit ja majandus. Eesti Vabariigi ja NL oku-patsiooniaastail avastati ja uuriti Eesti NSV Geoloogia Valitsuse ja selle õigusjärgsete poolt erineval tasemel kokku 8 fosforiidimaardlat, milledest Narva on jää-nud laienenud linna piiridesse ning on nimistust kus-tutatud (Raudsep 1997). Eesti fosforiit on saviosakeste vaese merelise kvartslüüva ja biogeensete fluorkarbo-naat-apatiidist koosnevate puudulikuliste brahhiopoodide kodade ja nende fragmentide (detriidi) segu (joonis 3, 4, 5, 6 ja 7). Eesti fosforiit on kergesti rikas-tatav ja kvaliteetse väetise tootmine kontsentraadist on igati põhjendatud. Euroopa Liidu (EL) maade jaoks kaevandatakse fosforiiti Põhja-Aafrika bassei-nis paiknevatest Maroko kaevandustest. Eesti fosforiit on Maroko fosforiidist kaadmiumi (Cd) ja uraani (U) vaesem ning lantanoidide (Ln) (düsproosium (Dy), erbium (Er), euroopium (Eu), gadoliinium (Gd), hol-mium (Ho), lantaan (La), luteetsium (Lu), neodüüm (Nd), praseodüüm (Pr), promeetium (Pm), samaa-rium (Sm), terbium (Tb), tseerium (Ce), tuulium (Tu), üterbium (Yb)) ja ütriumi (Y) ning strontsiiumi (Sr) poolest rikkam (tabel 2), seega on ta keskkonna-sõbralikum (Petersell jt 1986).

Eesti fosforiidist, milles on fosfaatset materjali ligi 80%, on võimalik saada ligi 2,2 miljardit tonni fos-foriidikontsentraati P_2O_5 sisaldusega üle 30%. Sellise kontsendraadi turuväärtus oleks käesoleva aja alla-hinnatud turuhinna (120 USD/t) järgi ligi 260 miljardit USD. Rakvere maardla osa selles oleks ligi 74% ja Toolse maardlal ligi 7%. Pole raske arvutada, et Rak-vere maardla Lääne-Kabala kaeveala 1 m² maa mak-sumuseks kujuneb sellisel juhul ligi 720 USD ja Toolse maardla kaevealal ligi 192 USD. Diktüoneemakilda enda väärtust ei ole sellisel juhul arvestatud.

EL liikmesriikide fosforiidivaru ilma Eestita on tühine. Marokost saadava fosforväetiste toorme kae-vandamise hind asustamata poolkõrbe ja katendi pak-senemise tingimustes kasvab pidevalt. Lisaks kallineb transport ja kasvab Aafrika oma riikide fosforväetise vajadus seoses põllumajanduse arenguga. Need on

Tabel 2. P₂O₅ ja kaaskomponentide sisaldus Eesti ja Maroko fosforiidis ning nende kontsentratsioonid

Maardla, leiukoht	P ₂ O ₅	F	Ln	Cd	Cr	Pb	Sr	U	Y
	%		g/t						
Toolse toore	9.98	0.89	650	< 3	22	29	1380	28	152
Toolse kontsentraat	27.50	2.55	1680	–	–	–	2600	52	380
Rakvere toore	12.01	1.06	375	< 3	18	22	1340	17	101
Rakvere kontsentraat	30.15	2.88	1200	–	–	–	3100	40	240
Maroko kontsentraat (Bliskovskij 1983)	33.1	3.70	1100	20	180	–	1830	100	–

peamised põhjused, miks huvi Eesti maapõues peitva EL suurima fosforiidivaru vastu lähitulevikus ilmselt kasvab.

Eestis lõpetati fosforiidi geoloogilised uuringud ligi 25 aastat tagasi. Selle aja jooksul on muutunud nii nõuded kontsentraadi kvaliteedile kui ka lõppproduktile. Järjest rohkem fosforväetisi ja teisi tarbekaupu valmistatakse fosforhappe baasil. See seab ühelt poolt kõrgendatud nõuded kontsentraadi puhusele, esmajärjekorras raua (Fe), magneesiumi (Mg) ja alumiiniumi (Al) ühendite sisaldusele selles. Teisalt on nüüd ka paremad tehnilised võimalused kasulike ja kahjulike elementide (Ln, Y, U, F ja Sr) eraldamiseks fosforiidist. Kindlasti on vaja kontrollida kaadmiumi (Cd), plii (Pb), arseeni (As), elavhõbeda (Hg), kroomi (Cr) jt kahjulike elementide käitumist rikastamisel. On vaja teada, kas nende elementide sisaldus

jääb loomasöödas lubatud piiridesse või ületab selle. Mainitud probleemide lahendamine on aeganõudev, nende lahendamiseks on tarvis uusi proove olulisematest fosforiidi looduslikest erimitest. Kõik need uuringud tuleb kindlasti teha enne fosforiidi majanduslikku hinnangut ja kasutamise kavandamist.

Valdav enamus nendest vajakajäämistest oli teada juba möödunud sajandi viimasel aastakümnel. Selle asemel, et suunata erialateadlasi ja praktikuid fosforiidiuuringutes mainitud kitsaskohtade lahendamisele, tunnistas möödunud sajandi üheksakümnendatel Eesti Maavarade Komisjon Eesti fosforiidi kui rahva olulise varanduse, kasutamiskõlbmatuks.

Fosfor (fosforiit) ja keskkond. Fosfori peatarbijaks mullast on ahel taimedest kuni inimeseni. Taimede kaasabil, kas otse või läbi loomsete produktide,

Joonis 6. Toolse fosforiit (P₂O₅ sisaldus 6–10%).Joonis 7. Rakvere fosforiit (P₂O₅ sisaldus 6–12%).

rahuldab inimene oma fosfori vajaduse, mis täiskasvanutel moodustab ööpäevas 1 000–1 200 mg (Prohorov 1977), noortel kuni 2 500 mg (Ivanov 1994). Kui taimed kannatavad fosfori puuduse all, ei saa ka inimorganism vajalikku koguses fosforit. Hakkavad ilm-nema erinevad tervisehäired ja haigestumised, kaasa arvatud luude hõrenemine.

Mullast saagiga toimuv fosfori ärakanne põhjustab põllumulla degradeerumise. Eesti mulla huumushorisoni fosfori keskmine sisaldus on 570 g/t (tabel 3) ja

see on mullatüüpide lõikes ning pindalaliselt oluliselt erinev (joonis 8). Eesti mulla fosfori sisaldus on 30% madalam globaalse mulla keskmisest (tabel 1). Huumushorisoni reservi ehk selle lähtematerjali fosfori sisaldus on veelgi madalam.

Globaalne taimede tuha fosfori sisaldus on 7% (tabel 4), seega fosfori kontsentratsioon mulla suhtes suureneb ligi 87 korda. Puutumata looduse tingimustes taimed kasvavad, surevad ja kõdunevad *in situ*. Mullast taimede poolt omastatav fosfor jääb

Tabel 3. Fosfori sisaldus mulla huumushorisonis (Petersell jt 1997)

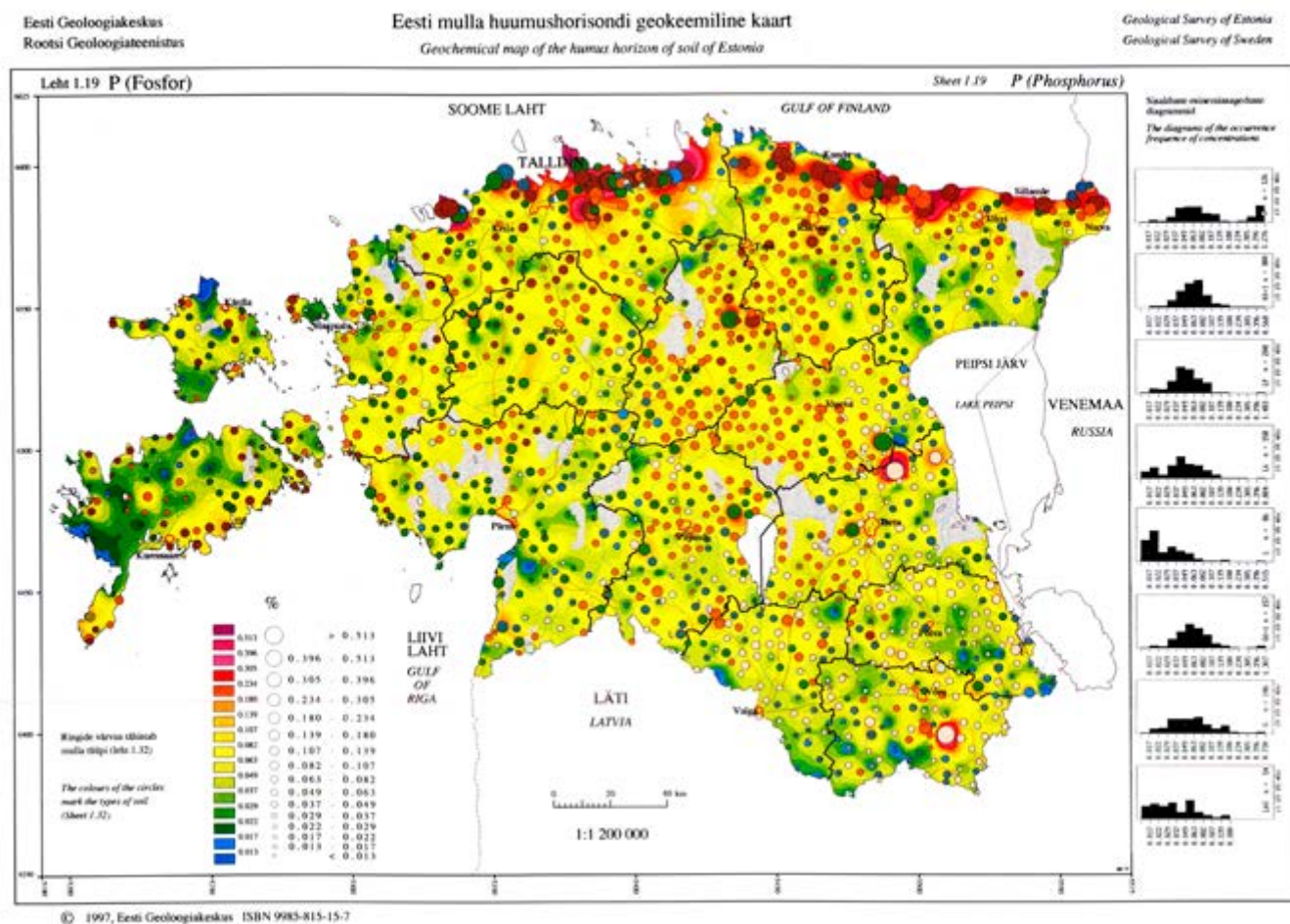
Muld		Analüüside arv	Fosfori sisalduse parameetrid			
Tüüp	Indeks		g/t			ε
			min	max	x	
Rähkne rendsiina	K	126	130	12760	1060	2.91
Pruunmullad	K0+1	330	90	5680	640	1.68
Näivleetunud muld	LP	208	40	14830	510	1.77
Leetunud muld	Lk	158	40	8840	450	2.05
Leedemuld	L	86	40	5100	250	2.36
Rähkne glei-rendsiina	Gk	8	180	1320	540	1.77
Glei –pruunmullad	G0+1	157	130	13100	660	1.95
Gleimuld	G	146	130	7300	620	2.15
Leetunud gleimuld	LkG	54	40	1760	340	2.04
Keskmine		1323	40	14830	570	2.17
Mulla lähtepinnas (keskmine)	–	772	< 100	30480	458	1.98
Põhja-Eesti moreen	–	330	< 100	30480	480	2.06
Lõuna-Eesti moreen	–	224	< 100	1880	450	1.49

x - geomeetrilise keskmise sisaldus; ε - standardhälbe kordajana

Tabel 4. Globaalne taimede tuha ja Eesti nisuterade 16 proovi mineraalosa keskmine toitelementide sisaldus ning nende kontsentratsiooni koefitsient (K) mulla suhtes

Element	Sisaldus mullas, %	Globaalne taimede tuhk		Eesti nisuterade mineraalosa		Eesti nisuterade kuivaine, %
		Sisaldus, %	K	Sisaldus, %	K	
M*	–	~ 1,3	–	1,8	–	–
Ca	1,37	3,0	2,2	1,8	1,3	0,032
K	1,36	3,0	2,2	26,1	19,0	0,471
Mg	0,63	7,0	11,0	6,3	10,0	0,115
Na	0,62	2,0	3,2	0,5	0,9	< 0,01
P	0,08	7,0	87,0	18,1	225,0	0,332
S	0,085	5,0	59,0	6,4	75,0	0,118

* Mineraalosa (tuha) sisaldus taimede ja nisuterade kuivaines



Joonis 8. Fosfori sisaldus Eesti mulla huumushorisoni geokeemilise kaardi järgi (Petersell jt 1997).

kasvukohta. Põllumuldade puhul on olukord oluliselt erinev. Saagiga kantakse fosfor põldudelt ära. Eesti nisuterade mineraalaines on fosfori kontsentratsioon mulla suhtes 225 kordne (tabel 1). On tõenäoline, et selline fosfori kontsentratsioon on omane ka kõikide teiste viljaterade mineraalosalale. Tuginedes fosfori kontsentratsiooni koefitsiendile on üheselt jälgitav, et taimede toitelementide reas (Mg, K, Na, S, P) on fosfor kõige olulisem (tabel 4).

Eesti mulla huumushorisoni fosfori sisaldus on erinevate mullatüüpide lõikes 250–1 060 g/t, keskmiselt 570 g/t (tabel 3). Sellest huumushorisoni fosforist ligi 56% lahustub 1N HNO₃-s (Petersell jt 1997) ja see osa on tõenäoliselt aastate jooksul taimede poolt omastatav. Ülejäänud fosfor on mullas kas raskesti lahustuvate mineraalidena või silikaatmineraalide ruumvõres, seega ei ole taimede poolt praktiliselt omastatav.

Pole raske arvutada, et põllumaa ühe hektari suuruse ala mulla kasvukihis on taimede poolt potentsiaalselt omastatava fosfori reaalne kogus valdavalt

400–900 kg. Nisu saagikuse korral 20–50 tsentnerit hektari kohta, viib mullast aastas välja enam kui 20 kg fosforit (kuni 15 kg teradega ja üle 5 kg põhuga). Kuigi mullas on fosfori varu olemas, muutub taimede poolt kasvuks vajaliku hulga omastamine järjest raskemaks ja väljakantav fosfor on tarvis mullale tagastada. Vastasel korral kaotab muld aastate jooksul võime vilja kasvatada. Selle kujukaks näiteks on möödunud sajandi seitsmekümnendate aastate Norra, Soome ja Eesti põllumajandus. See oli Eesti põllumajanduse õitseaja algperiood, mil tagasihoidliku mürkide kasutuse foonil moodustas keskmine teravilja saagikus ligi 21,5 tsentnerit hektarilt. Põllumaad oli siis ligikaudu 9 400 km². Tol perioodil anti põldudele aastas ühe hektari kohta fosforit väetistena Norras ligi 32 kg, Soomes 30 kg ja Eestis 17,6 kg. Teravilja saagikuseks (Eestis nisu) kujunes vastavalt 38, 25 ja 21,5 tsentnerit hektarilt (Mets 1977).

Käesoleva sajandi esimesteks aastateks vähenes põllumaa pindala Eestis 6 800 km² (Lukas 2004) ja

2008. aastaks 6 300 km² ehk vähenemine oli ligi 33% (Kaukver 2009). Kasutusest on välja langenud järjest madalama saagikusega, looduslikult madalama fosfori sisaldusega põllumaad, mis nüüd võsastuvad (metsastuvad) ja osaliselt ka soostuvad.

Suunaga tulevikku. Tulenevalt põllumajandus- saaduste järjest suurenevast defitsiidist maailmas, peaks Eesti võtma suuna kasutusel olnud põllumaa taastamisele ehk viima selle 9 000 km² lähedale.

Kui võtta aluseks põllusaadustega hektarilt ära kantava fosfori kogus, vajab Eesti põllumaa viljakuse säilitamiseks väetisena ühe hektari kohta aastas kuni 30 kg fosforit ehk ligi 4 korda enam kui põllumees suudab kaasajal välisturgudelt osta (6–7 kg/ha, Kaukver 2009). Reaalselt vajab Eesti põllumajandus ja aiandus fosforväetiste näol tulevikus mullaviljakuse säilitamiseks ja fosfori lisanditega loomasöödaks aastas ligi 27 000 tonni fosforit, mis moodustab alla 0,01% Eesti maardlate fosfori kogusest. Hulgimüügi hindade info andmetel maksab selline kogus fosforit põlluväetistes praegu ligi 50 miljonit eurot, kuid hind kasvab.

Viimastel aastakümnetel on fosforiit ja seda “valvurina” kattev diktüoneemakilt (graptoliitargilliit) olnud Eestis tabuteemaks. Vaatamata sellele, et Eestit on loodus õnnistanud Euroopa suurima fosforiidivaruga ning diktüoneemakilda näol märkimisväärse uraani, molübdeeni, vanaadiumi ja kohati tõenäoliselt ka reenumi ning väärismetallide varuga, ei ole peetud nende uuringuid vajalikuks. Fosforiit ja diktüoneemakilt on Eesti rahva omand. Eesti rahvas peaks järgima eelnevate põlvkondade, samuti Põhjamaade ja teiste heaolumaade arengusuunda, kus loodust ja loodusvarasid kasutatakse rahva elujärje parandamiseks koos keskkonna väärtobjektide tingimusteta säilitamisega ning inimkonna arenguks normaalse elukeskkonna loomisega. Ei tohi unustada, et kõrgtehnoloogia ja selle aluseks olevad teadused arenevad pidevalt ning vajadus toidu ja energia järele aina kasvab. Eesti fosforiit on majanduslikult kasutamata võimalus ja seda olukorras, kus Eestimaa helgemad pead rändavad piiride taha ja põllumaad võsastuvad. Usun, et see suund vajab korrigeerimist ja 1991. aastal likvideeritud fosforitööstus kodumaise toorme baasil taastamist.

KIRJANDUS

- Aare, J. 1999. Fosforiidisõda 1971–1989. Kirilille Kirjastus, Tallinn, 302 lk.
- Bliskovskij, V. Z. 1983. Veščestvennyj sostav i obogatimost fosforitovyh rud. Nedra, Moskva, 200 s. [Vene keeles].
- Fersman, A. E. 1954. Zanimatel'naja geohimija. Leningrad, 113 s. [Vene keeles].
- Ivanov, V. V. 1994. Ekologičeskaja geohimija elementov. Kniga 2. Nedra, Moskva, 303 s. [Vene keeles].
- Kaukver, K. (toimetaja) 2009. Keskkonnaülevaade 2009. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, 182 lk.
- Lukas, M. (vastutav väljaandja) 2004. Elu Eestis: teatmik 2003–2004, Ambassador Collection kirjastus, 528 lk.
- Maljuga, D. L. 1963. Biogeohimičeskij metod poiskov rudnyh mestoroždenij. Moskva, Izdatel'stvo AN SSSR, 240 s. [Vene keeles].
- Mets, E. (koostaja) 1977. Põllumehe teatmik 1977. Valgus, Tallinn, 447 lk.
- Petersell, V. H., Loog, A. R., Mineev, D. A., Petunina, O. I. 1986. Ftor, stroncij i redkie zemli v fosforitah Rakvereskogo fosforitonosnogo rajona. Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised, 759, Tartu, 27–55 lk. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Petersell, V., Ressar, H., Carlsson, M., Möttus, V., Enel, M., Mardla, A., Täht, K. 1997. Eesti mulla huumushorisondi geokeemiline atlas. Eesti Geoloogiakeskus, Sveriges geologiska undersökning. Tallinn–Uppsala, 75 lk. [Eesti ja inglise keeles].
- Prohorov, A. M. (peatoimetaja) 1977. Bolšaja Sovetskaja Entsiklopedija. Tom 27. Sovetskaja ensiklopedija, Moskva, 1971–1975. [Vene keeles].
- Puura, V., Petersell, V. 1974. Aruanne kristalse vundamendi geoloogilisest süvakaardistamisest mõõtkavas 1:500 000 Tapa–Rakvere piirkonnas (Põhja-Eesti). Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 3298. [Vene keeles].
- Raudsep, R. (vastutav täitja) 1989. Rakvere fosforiidirajooni Kabala maardla šahtivälja detailse geoloogilise uuringu aruanne. Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 4364. [Vene keeles].

- Raudsep, R. 1993. Fosforiit. Raudsep, R., Räägel, V. (koostajad) Eesti maapõuerikkusi. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 22–25.
- Raudsep, R. 1997. Phosphorite. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 331–336.
- Raudsep, R. 2007. Phosphorite. Pöldvere, A., Bauert, H. (eds) *15th Meeting of the Association of European Geological Societies “Georesources and public policy: research, management, environment”*: 16–20 September 2007. Geological Society of Estonia, Tallinn, 20–23.
- Raudsep, R., Sinisalu, R. 1972. Aruanne Toolse fosforiidimaardla detailuuringu aastatel 1969–1971. Eesti Geoloogiakeskus. Eesti Geoloogiafond, 3200. [Vene keeles].
- Reinsalu, E. 2012. Fosforiit kui Eesti loodusvara. *Eesti Loodus*, 3, 8–12
- Riikliku maavarade registri registrikaart nr 0192. 2001. Rakvere fosforiidimaardla, Lääne-Viru maakond. Eesti Geoloogiafond.
- Vinogradov, A. P. 1962. Srednee sodержanie himičeskih elementov v glavnyh tipov izveržennyx gornyx porod zemnoj kory. *Geohimija*, 7, 641–664.
- Wedepohl, K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1217–1232.

VAIVARA SINIMÄGEDE JA DISLOKATSIOONIDE VÖÖNDI TEKKEST

Kalle Suuroja, Kuldev Ploom
Eesti Geoloogiakeskus OÜ

Põhja-Eesti klindi äärsel alal on Viru lavamaa tasase reljeefiga. Lavamaast eristub Sillamäe ja Narva vaheline ala, mida piiritleb lõunakaarest Tallinna–Narva raudtee ning põhja poolt Põhja-Eesti klint, oma rahutu, salkorgudest ja pangaskergetest ilmestatud reljeefi ning mitmete geoloogilise ehituse mõistatuslike iseärasustega. Erilisel kohal selles mõistatuste reas on Vaivara Sinimäed.

Esimesena mainis Vaivara mõisa lähistel nähtud omapäraseid künkaid Venemaa Läänemere provintside toimunud reisi märkmetes vene geoloog akadeemik V. Severgin (1803), kes pidas neid pinnasega kaetud graniidikaljudeks. Briti diplomaat W. Strangways (1821a, b), asjaarmastajast geoloog ja Londoni Geoloogia Seltsi (*the Geological Society of London*) asepresident, kes on tuntud kui Venemaa Euroopa osa esimese geoloogilise kaardi koostaja, sinisavile (*blue clay*) nime andja ning nn klastiliste daikide esmakirjeldaja, märkis Peterburi ümbruses nähtu põhjal, et kohati on sinisavi seal kurdudesse surutud. Šotimaa geoloogi R. Murchisoni jt (1854) arvates tekkisid Peterburi ümbruse oma-

pärased künkad eelkõige tektooniliste jõude mõjul.

Eesti geoloogia suurkuju F. Schmidt (1858) arvates on Vaivara Sinimäed (otsa) moreenid. Tema *Geröllhügel*’eid on hilisemad uurijad mõistnud just nii. Oma hilisemates töödes kirjeldas F. Schmidt (1897a, b) detailselt Peterburi ümbruses plastse sinisavi peal paiknevaid mandrijää poolt rikutud ja kurrutatud liiva- ja lubjakivi pangaseid, kuid Sinimägedes nägi ta kihitamata paerähast künkaid, mille jalamil võib eristada rannavalle. Läänepoolseimat, Tornimäge, pidas ta terrenisti vanaks rannamoodustiseks. Tartu Ülikooli geoloogiaprofessor C. Grewingk (1879) kirjeldas Mereküla ja Mummassaare vahelisel alal miilipikkust 60° all kalutatud glaukoniit-lubjakivist pangast, mis tema meelest on tekkinud lamava glaukoniitliiva ärauhumisel või siis liustiku survele.

Akadeemik G. Helmersen (1861), Venemaa Geoloogilise Komitee esimene direktor, kirjeldas Narvas (Ivangorodis) nähtud kaldu lasuvais hiidpangastes nii *Megilaspis*- kui *Vaginatium*-lubjakive. Sinimägesid, kus tol ajal paljandid puudusid, nimetas Helmersen (1882),