

<https://doi.org/10.3176/biol.1984.3.02>

УДК 502.6:62+622.85.2

Arno PIHLAK, Ello MAREMÄE,  
Valentina PIKKOV, Endel LIPPMAA

## MAARDU FOSFORIIDIKARJÄÄRI PUISTANGUTE SAASTAV MÕJU VEELE

Maardu fosforiidikarjääri kaevandatud ala suurus ulatub 812 hektarini. Sellest 60,2 ha asub eraldi, lõuna pool Leningradi maanteed (IV jaoskond). Valdav enamik kaevandatud alast on tasandatud ja suurelt osalt metsastatud.

Fosforiiti katvate kivimite paksus on Maardus 10–16 m. Karjäärisisestesse puistanguisse minev kobestatud aheraine (kobestuskoefitsient 1,5) sisaldab 28–37% lubjakivi, 25–38% diktüoneemakilta (edaspidi nimetatud *kilt*), 13–16% glaukoniitliivakivi ja 18–25% kvartsliaiva.

Kobestatud kivimite porumine ja leostumine hüpergeensetes tingimustes on loomulik nähtus, kuid karjääri puistanguis, kuhu iga aasta kuhjatakse miljoneid kuupmeetreid peenestatud kivimeid, on nende protsesside mastaabid looduses toimuvatest mõõtmalt suuremad ja võivad seetõttu anda soovimatuid tagajärgi. Sellest seisukohast on Maardu karjääri puistanguis keskkonna kõige ohustavamaks komponendiks kilt, mis moodustab suure osa puistangumaterjalist ja sisaldab 12–15% orgaanikat, 3% väevlit ning terve rea raskeid ja haruldasi metalle. Tema kütteväärtus ulatub kuni 1500–1600 kcal/kg (Kivimägi, 1974). Koos kildaga sattub puistangusse ka vahetult tema all lasuv 5–10 cm paksune püritiseerunud liivakivi kiht, mis sisaldab FeS<sub>2</sub> üle 50% (Kivimägi, 1974). Kilt oksüdeerub õhu käes energiliselt ja see põhjustab isekuumenemis- ja isesüttimiskollete tekkimist puistanguis.

Temperatuuri tõustes kilt poolkoksistub looduslikult, eritades gaasi, õli ja vett, mis saastavad nii pinnavett, pinnast kui ka õhku. Sellest tekivad ka puistangu pinnale suuremad või väiksemad õlist ja tõrvast läbiimbunud laigud, sulfaadikoorikud ja eheda väevli kristallid (Veski, 1981; Вески, Сидорова, 1981). Utteõlide eritus puistangus sõltub kergeenisaldusest kivimite lähtesegus ja mineraalne koostisest viimases (Высоцкая, Уров, 1983). Kilda utmisprotsessis tekkivad ka kantserogeense toimega polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (Уров, Высоцкая, 1981). Isesüttimiskollete kohal võib temperatuur puistangu pinnal ulatuda kuni 500°C, mõningail andmeil aga ka 800°C (Певзнер, Наймов jt., 1982).

Kõrgenenud temperatuur ja kilda termilise lagunemise produktid tõhustavad ainete leostumist nii kildast endast kui teistest puistangus olevatest kivimitest.

Vee aurumisel puistangu pinnale sadestunud sulfaadikooriku koostis annab ettekujutuse puistangus tsirkuleerivate veset lahustunud mineraalainest. Viimane sisaldas protsentuaalselt: S — 20,34, MgO — 11,79, CaO — 8,01, SiO<sub>2</sub> — 5,06, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 3,26, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,69, K<sub>2</sub>O — 0,4, FeO — 0,25 ja P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,09. Nähtub, et kõige enam leostuvateks makroelementideks on puistanguis S, Mg, Ca, Si ja Fe<sup>3+</sup>.

Sulfaat-, kaltsium- ja magneesiumioonid koos moodustavad keskmiselt 84% karjääri heitvees lahustunud mineraalainetest (vt. tab. 1). See-



SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> sisaldus ja lahustunud mineraalainete kogusisaldus (Σi)  
Maardu fosforiidikarjääri heitvees. (25. 11. 82—29. 09. 83)

Veeproovi võt- mise koht	Proovide arv	Sisaldus mg/l			
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Σi
Põhjatee pumbajaam	6	1364 —1617	330,1—357,5	183,5—222,4	2095—2418
Peapumbajaam	6	1384 —3257	275,2—416,2	127,8—617,9	2150—4951
IV jaoskonna pumbajaam	7	410,7— 879,1	138,7—251,9	57,6—107,6	847—1566

pärast on käesolevas artiklis pööratud tähelepanu ainult neile kui põhilistele keskkonna saastajatele.

Vesi tuleb karjääri ühelt poolt sademetena, teiselt poolt valgub kambrium-ordoviitsiumi, ordoviitsiumi ja kvaternaari põhjavee kompleksidest. Karjääri heitvesi suunatakse peamiselt Maardu järve ja Kroodi ojasse, mille tagajärjel need saastatakse.

Sademetete hulk vaadeldaval perioodil (25. 11. 82—29. 09. 83) oli 482,4 mm. Puistanguisse imunud veehulka arvestades oletati, et 62,5% sademetest aurub (Эйпре, 1981). Tabelist 2 järeldub, et sademete osa väljapumbatavas vees on suurim karjääri kõige põhjapoolsemas osas — 48,3% ja väiksem IV jaoskonnas — 5,6%. Seega domineerivad karjääri veebilansis põhjaveed. Seda kinnitavad kaudselt ka karjääris esinevad ja Eesti keskmisest looduslikust (7—8 l/s·km<sup>2</sup> (Simm, 1975; Järvet, 1983)) tunduvalt suuremad vee tehisärvavoolu moodulid (vt. tab. 2).

Tabel 2

Maardu karjääri veebilanss ajavahemikul 25. 11. 82—29. 09. 83

Objekt	Dreneeritava ala keskmine suurus vaadel- daval aja- vahemikul		Väljapumbatud vee hulk			Pumbajaamade osa kaevanduse vee äravoolus %	Tehisärvavoolu moodul l/s·km <sup>2</sup>
			Üldine	Sealhulgas			
	ha	%		10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> %	põhja- vesi 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> %		
Põhjatee pumbajaam	124,9	15,7	$\frac{466,8}{100,0}$	$\frac{241,3}{51,7}$	$\frac{225,5}{48,3}$	8,5	14,6
Peapumbajaam	616,3	77,5	$\frac{3282,0}{100,0}$	$\frac{2170,3}{66,1}$	$\frac{1112,5}{33,9}$	59,7	19,8
IV jaoskonna pumbajaam	54,5	6,8	$\frac{1751,0}{100,0}$	$\frac{1653,5}{94,4}$	$\frac{98,4}{5,6}$	31,8	119,9
Kogu karjääris	795,7	100,0	$\frac{5501,5}{100,0}$	$\frac{4065,1}{73,9}$	$\frac{1436,4}{26,1}$	100,0	25,9

Puistanguis toimuvad porsumis- ja leostumisprotsesse ja nendest tingitud saastuse mastaapi iseloomustavad SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup> ja Mg<sup>2+</sup> bilansid (tab. 3). Bilansi koostamisel võeti karjääri valguga põhjavee keskmiseks sisalduseks SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> — 70, Ca<sup>2+</sup> — 89 ja Mg<sup>2+</sup> — 13 mg/l. Vaadel-



Sulfaat-, kaltsium- ja magneesiumioonide bilanss Maardu fosforiidikarjääri heitvees (25. 11. 82—29. 09. 83)

Objekt	Pumbatud välja koos karjääri veega											
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				Ca <sup>2+</sup>				Mg <sup>2+</sup>			
	Kokku t	Sealhulgas			Kokku t	Sealhulgas			Kokku t	Sealhulgas		
		tulnud põhja- veega t	leostunud puistan- guist			tulnud põhja- veega t	leostunud puistan- guist			tulnud põhja- veega t	leostunud puistan-	
t			%	t			%	t			%	
Põhjatee pumbajaam	693,0	16,9	676,1	7,6	161,0	21,5	199,5	11,1	97,1	3,1	94,0	6,4
Peapumbajaam	7330,0	151,9	7178,1	80,8	1092,5	193,2	899,3	71,9	1293,1	28,2	1264,9	85,9
IV jaoskonna pumbajaam	1141,4	115,7	1025,7	11,6	359,5	147,2	212,3	17,0	135,3	21,5	113,8	7,7
K o k k u	9164,4	284,5	8879,9	100,0	1613,0	361,9	1251,1	100,0	1525,5	52,8	1472,7	100,0

daval ajavahemikul (10 kuu jooksul) on puistanguist välja leostunud ja pinnavetesse juhitud 8879,9 t sulfaatiooni, 1251,1 t kaltsiumit ja 1472,7 t magneesiumit. Väljaleostunud ainete suurimad absoluuthulgad langevad Peapumbajaamale, mis dreeneerib ka kõige suuremat osa karjäärist ja mille poolt väljapumbatud vee maht moodustas 59,7% kaevandusvee kogu äravoolust (tab. 2 ja 3). Seejuures aga oli leostumine kõige intensiivsem karjääri IV jaoskonnas, kus ühelt puistanguhektarilt leostus kuus vette kõige rohkem sulfaat-, kaltsium- ja magneesiumioone (vt. tab. 4).

Riikliku Mäekeemia Toorainete Instituudi poolt on kavandatud uus kaevandamisviis, mida praegu juurutatakse Maardu karjääri IV jaoskonnas (Грачев, Peneryx, 1983). Kilt paigutatakse eraldi puistangu põhja lubjakivitükkidest padjale ja isoleeritakse ta pealt inertsete kivimitega. Sellega loodetakse vältida kilda isekuumenemist, isesüttimist ja leostumist. Eeldatakse, et kildaalune ca 1 m paksune lubjakivipadi neutraliseerib sulfaadid ja parandab seega kaevandusvee kvaliteeti. Kuivõrd see uus kaevandamisviis parandab ökoloogilisi tingimusi karjääris ja selle ümbruses, näitab tulevik. Uut kaevandamisviisi on katsetatud veidi üle kahe aasta. Praeguseks on sel teel kaevandatud kõigest ligi 25% IV jaoskonna väljatootatud alast ja seetõttu on tema mõju jaoskonna ökoloogilistele tingimustele veel suhteliselt väike. Kuid katseala põhjaosas on juba fikseeritud mitmeid isekuumenemise koldeid, kus pealpinna temperatuur ulatus kohati 80—85°C. Katseala kesk- ja lõunaosas praegu olemasolevas kahes vaatluspuuraugus, mis läbivad katsepuistangu kogu tema kõrguses, on ühes temperatuur 8—12 m sügavuses 20—22°C ja teises 13—16 m sügavuses 41,5°C. See näitab, et puistangud isekuunenevad suhteliselt kiiresti mitte üksnes katseala põhjaosas, kus kilt on ehk kaevandamise tehnoloogia rikkumise tõttu sattunud pinnase ligidale, vaid ka seal, kus ta on maetud sügavale puistangu põhja inertse materjali kihi alla. Tuleb tähendada, et kilda paiknemine puistangu põhjas põhjaveetaseme vahetus läheduses soodustab leostumisproduktide sattumist vette. Kui aga põhjavee tase tõuseb maetud kildani, võivad leostumisprotsessid ja kaevandusvee saastumine võtta ettenägematu ulatuse. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup> ja Mg<sup>2+</sup> ühikleostumised vette IV jaoskonna puistanguist on kõrgemad kui karjääri teistes osades. See näitab, et porsumis- ja leostumisprotsessid toimuvad siin ka intensiivsemalt kui mujal (vt. tab. 4). Seepärast tuleb rõhutada, et madalam SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,



Sulfaatiooni, kaltsiumi ja magneesiumi ühikleostumine puistanguist  
(25. 11. 82—29. 03. 83)

Objekt	Ühikleostumine puistangu 1 ha-lt kuus,			
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	t/ha kuus	Sama ümber arvestatud chedale väävlile t/ha kuus	t/ha kuus	t/ha kuus
Põhjatee pumbajaam	0,54	0,18	0,11	0,08
Peapumbajaam	1,16	0,39	0,15	0,20
IV jaoskonna pumbajaam	1,88	0,63	0,39	0,21
Keskmine	1,12	0,37	0,16	0,18

Ca<sup>2+</sup> ja Mg<sup>2+</sup> sisaldus IV jaoskonna heitvee proovides teiste piirkondade omadega võrreldes (vt. tab. 1) ei näita mitte uue kaevandamisviisi suuremat keskkonnalembesust, vaid on tingitud ainult puhta põhjavee suuremast juurdevoolust (vt. tab. 2). Nagu eelnevast näha, ei ole veel saavutatud positiivseid tulemusi, mis lubaksid soovitada uue kaevandamismeetodi kasutamist Toolse fosforiidileiukoha lahtiseks kaevandamiseks, kus katte kivimiteks on samuti olemas diktüoneemakilda kiht.

Eespool toodust järeldeb:

1. Maardu fosforiidikarjääri kilta sisaldavad puistangud on nendes toimivate porsumis-, leostumis- ja isekuumenemisprotsesside tagajärjel kaevandus- ja pinnavee sulfaat-, kaltsium- ja magneesiumioonidega reostuse allikaks.

2. Karjääripuistanguis leostus ja pumbati koos karjääriveega pinnaveekogudesse 10 kuu jooksul 8880 t sulfaatiooni, 1251 t kaltsiumit ja 1473 t magneesiumit.

3. Kõige intensiivsemalt leostusid sulfaatioon, kaltsium ja magneesium Maardu karjääri IV jaoskonna puistanguist, kus täheldati ka kilda isekuumenemist. Et praegu ei ole veel tõestatud uue kaevandamisviisi suurem keskkonnalembesus vanaga võrreldes, oleks ennatlik soovitada seda kasutusele võtta Toolse fosforiidileiukoha lahtisel kaevandamisel.

4. Uurimistulemused näitavad, et Maardu karjääri heitveed vajavad puhastamist enne nende suunamist pinnaveekogudesse.

#### KIRJANDUS

- Järvel, A. Pinnaveekogude laboratoorse kontrolli korraldamisest Tartu Maaparanduse Valitsuses. — Keskkonnakaitse, 1983, nr. 1, 1—4.
- Kivimägi, E. Eesti senikasutamata maavara. — Eesti Loodus, 1974, nr. 4, 199—202; nr. 5, 295—297.
- Simm, H. Eesti pinnavee hüdrokeemiast. Tln., 1975.
- Veski, R. Väävli ja naftoidi tekkest Maardu karjäärides. — Eesti Loodus, 1981, nr. 11, 716—720.
- Вески Р., Сидорова С. О смоле самовозгорания диктионемового сланца. 1. Сера в смоле. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1981, 30, 95—100.
- Высоцкая В., Уров К. Влияние минеральной части диктионемового сланца на выход и состав продуктов его термического разложения. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1983, 32, 246—251.
- Грачев Ф. Г., Репетух В. К. Предупреждение эндогенных пожаров на прибалтийских месторождениях фосфоритов. — Горный ж., 1983, № 9, 29—31.



- Певзнер М., Наумов Б., Пуура В., Беленький П. Распределение диктионемового сланца и температурный режим его самонагрева в отвалах Маардуского фосфоритового карьера. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1982, 31, 131—139.
- Уров К., Высоцкая В. О смоле самовозгорания диктионемового сланца. 2. Особенности химического состава смолы. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1981, 30, 101—105.
- Эйпре Т. Ф. Водные ресурсы закарстованной Пандиверской возвышенности Эстонии. Л., 1981.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut

Toimetusse saabunud  
22. II 1984

Arno ПИХЛАК, Элло МАРЕМЯЭ,  
Валентина ПИККОВ, Эндель ЛИППМАА

### О ЗАГРЯЗНЯЮЩЕМ ВЛИЯНИИ ОТВАЛОВ МААРДУСКОГО ФОСФОРИТОВОГО КАРЬЕРА НА ВОДУ

В статье рассматриваются состав и балансы воды, сульфат-иона, кальция и магния в Маардуском фосфоритовом карьере. Установлено, что подземные воды составляют 73,9, а атмосферные осадки 26,1% всей поступающей в карьер воды. Техногенный сток воды с северной территории карьера составлял 14,6—19,8, а с южной (IV участок) — 119,9 л/с·км<sup>2</sup>. За 10 месяцев из отвалов карьера было выщелочено и поступило в гидрографическую сеть 8880 т сульфат-иона, 1251 т Ca<sup>2+</sup> и 1473 т Mg<sup>2+</sup>. Среднее удельное выделение из отвалов карьера составило: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> — 1,12, Ca<sup>2+</sup> — 0,16, Mg<sup>2+</sup> — 0,18 т/га в месяц, на IV участке карьера SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> — 1,88, Ca<sup>2+</sup> — 0,39, Mg<sup>2+</sup> — 0,21 т/га в месяц. Карьерные воды требуют очистки перед их сбрасыванием в поверхностные водоемы. Имеющиеся данные пока еще не подтвердили предположения об исключении самонагрева отвалов и уменьшении поступления в воду загрязняющих компонентов в результате внедрения на IV участке карьера новой системы разработки и отвалообразования, поэтому recommendовать ее для обработки Тоолсеского месторождения открытым способом преждевременно.

Arno ПИХЛАК, Ello MAREMÄE,  
Valentina PIKKOV, Endel LIPPMAA

### WATER POLLUTION IN THE MAARDU PHOSPHORITE QUARRY DUMPS

The article deals with the composition of water, and the balance of water, sulphate-ion (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in the Maardu phosphorite quarry. It has been found that 73.9 per cent of the quarry water is underground water and 26.1 atmospheric precipitation. The technical water flow from the northern part of the quarry is 14.6—19.8 l/s per km<sup>2</sup> and from the southern part (4th region) 119.9 l/s per km<sup>2</sup>. During a 10-month period 8880 tons of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 1251 tons of Ca<sup>2+</sup> and 1473 tons of Mg<sup>2+</sup> were leached from the dumps and entered the streams. Specific separation from the dumps of the quarry is 112 tons/km<sup>2</sup> in a month for SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 16 tons/km<sup>2</sup> in a month for Ca<sup>2+</sup> and 18 tons/km<sup>2</sup> in a month for Mg<sup>2+</sup>; but in the 4th region 188 tons/km<sup>2</sup> in a month for SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 39 tons/km<sup>2</sup> in a month for Ca<sup>2+</sup> and 21 tons/km<sup>2</sup> in a month for Mg<sup>2+</sup>. The quarry water needs to be purified before it enters the streams.

The obtained data do not show the assumed decrease of water-polluting components and the prevention of spontaneous heating in the 4th region of the quarry. So, in spite of the new technology of quarrying, it is premature to recommend the use of this technology at Toolse.