**Heitkoguste arvutus**

**Orava VI lubjakivikarjääri keskkonnakaitseloa esmataotluse nr T‑KL/1031721 juurde**

OÜ Merko Kaevandused (edaspidi ka *arendaja* või *kaevandaja*) taotleb keskkonnakaitseluba maavara kaevandamiseks Orava VI lubjakivikarjääris (edaspidi ka *Orava VI karjäär*). Õhusaasteloa arvestuses on aastaseks kaevandatavaks mahuks arvestatud 100 000 m3 ehk 260 000 t (maavara mahumassi 2,6 t/m3 juures). Taotluses toodud info põhjal toimuvad Orava VI karjääris järgmised tegevused, millega kaasneb saasteainete heide:

* lõhkeaukude puurimine;
* lõhkamine;
* purustus-sorteerimissõlm (peenestamine, sõelumine);
* materjali laadimine.

Orava VI karjääris kavandatava tegevuste põhimõtteline plokkskeem on esitatud alloleval skeemil.

Joonis 1. Orava VI karjääris kavandatava tegevuse plokkskeem.

Lõhkamine

Lõhkeaukude puurimine

Purustus-sorteerimissõlm

Toodangu ladustamine

Laadimine väljaveoks

PM-sum/  
PM10/PM2,5

PM-sum/  
PM10/PM2,5  
süsinikmonooksiid (CO)  
lämmastikoksiidid (NOx)

PM-sum/  
PM10/PM2,5

PM-sum/  
PM10/PM2,5

PM-sum/  
PM10/PM2,5

1. **Puur-lõhketööd**

Puurimisel ja lõhkamisel eralduvate saasteainete heitkoguste leidmiseks puudub ühtne eestisisene metoodika. Seetõttu on puur-lõhketööde puhul saasteainete heitkoguste leidmiseks kasutatud Ameerika Ühendriikide keskkonnakaitse agentuuri (*United States Environmental Protection Agency*) välja töötatud metoodikat ([*AP, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. 11.9. Western Surface Coal Mining*](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/c11s09.pdf)) ning Kanada keskkonnaameti (*Environment Canada*) täiendatud metoodikat ([*Pits and Quarries Guidance*](https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/pits-quarries-guide.html)).

* 1. **Puurtööd – heiteallikas 1**

Maavara kobestamine toimub puur-lõhketöödega arvestuslikult kuni 100 000 m3 ulatuses aastas. Puurtöid teostatakse standardse puurmasinaga, mis on varustatud 12 filtrist koosneva püüdeseadmega, mille püüdeefektiivsus on vähemalt 99,5%[[1]](#footnote-1). Puurimisel tekkiv tolm püütakse seega enamuses kinni ning õhku eralduvad heitkogused on seetõttu marginaalsed. Eelviidatud metoodika kohaselt on puurimise eriheited tahkete osakeste kohta järgmised:

* PM-sum = 0,59 kg/puurauk;
* PM10 = 0,31 kg/puurauk;
* PM2,5 = 0,31 kg/puurauk.

Puurimisega eralduvate osakeste aastase heitkoguse leidmiseks on vajalik teada puuritavate puuraukude arvu. Korraga lõhatakse keskmiselt ligikaudu 4 500 m3 maavara, mille tarbeks on vajalik puurida eeldatavalt u 60 puurauku (laengutihedusel 7,5 m2/puurauk). Aastase kaevandamise mahu lõhkamiseks tuleb seega puurida vastavalt:

100 000 m3 / 4 500 m3 x 60 = 1 333 lõhke-puurauku

Lähtudes eeltoodud osakeste eriheidetest ning puurmasina garanteeritud püüdesüsteemi efektiivsusest, on arvutuslikud aastased heitkogused järgmised:

* PM-sum = 1 333 x 0,59 / 1 000 = 0,787 t/a, millest õhku eraldub 0,004 t/a;
* PM10 = 1 333 x 0,31 / 1 000 = 0,413 t/a, millest õhku eraldub 0,002 t/a;
* PM2,5 = 1 333 x 0,31 / 1 000 = 0,413 t/a, millest õhku eraldub 0,002 t/a.

Puurmasina arvestatav puurimiskiirus on umbes 60 m/h ehk 1 m/minutis. Puuritava augu sügavus on kuni 10 m. Eeltoodu kohaselt puurib masin aastase lõhatava mahu kohaselt kokku

1 333 x 10 m = 13 333 m

Puurimiseks kuluv aeg oleks seega kokku ~222 h, mille kohaselt oleksid hetkelised heitkogused järgmised:

* PM-sum = 4 000 g / 799 200 s = 0,005 g/s;
* PM10 = 2 000 g / 799 200 s = 0,003 g/s;
* PM2,5 = 2 000 g / 799 200 s = 0,003 g/s.
  1. **Lõhkamine – heiteallikas 2**

Lõhketööd viiakse läbi vastavalt lõhketöö projektile, mis kooskõlastatakse TTJA-ga ning tööde läbiviimisel kasutatakse kvalifitseeritud ja litsentseeritud lõhkajat. Lõhketöödel eralduvate osakeste heitkogused leitakse eeltoodud metoodika kohaselt järgmise valemiga:

, kus

*E* – eriheide, osakeste kogus, kg/lõhkamise kohta;

*A* – lõhkeala pindala, m2 (kus lõhkamissügavus ≤ 21 m).

Metoodika kohaselt rakendatakse peenosakeste (PM10) heitkoguste leidmisel eeltoodud valemis konstanti 0,52 ning eriti peenete osakeste (PM2,5) heitkoguste leidmisel konstanti 0,03.

Arvestades, et ühe lõhkamisega kobestatakse maavara keskmiselt 4 500 m3 ulatuses, tuleb keskmise aastase kaevandamismahu 100 000 m3 raimamiseks lõhketöödega teostada   
22 lõhkamist, mille põhjal kujuneb ühe lõhkamise ala suuruseks ~450 m2. Eelviidatud metoodika kohaselt kujunevad aastased osakeste heitkogused järgmiselt:

* PM-sum = 0,00022 x (450)1.5 x 22 / 1000 = 0,047 t/a;
* PM10 = 0,00022 x (450)1.5 x 0,52 x 22 / 1000 = 0,024 t/a;
* PM2,5 = 0,00022 x (450)1.5 x 0,03 x 22 / 1000 = 0,001 t/a;

Lõhketöödel eralduv tolm on lokaalse iseloomuga, mis põhjustab suuri kontsentratsioone ainult väga lühiajaliselt ning lõhkekoha vahetus ümbruses. Seega on tegu iseloomult kontrollimatu heitmega. Tekkinud tolmu kontsentratsioonid hajuvad esimese paari minutiga ning need ei avalda olulist mõju pikemaajalistele keskmistele kontsentratsioonidele.

Lõhkamisel tekkivad põlemisgaaside heitmed võimalik arvutada kasutatava lõhkeaine tüübi ja koguste kaudu[[2]](#footnote-2). Karjäärides kasutatakse ammooniumnitraadi ehk ANFO-tüüpi lõhkeainet. Lubjakivi lõhkamisel on lõhkeaine erikuluks kobestuslaengu puhul 0,4 – 0,6 kg/m3 lubjakivi mahu kohta. Võttes lõhkeaine erikuluks 0,5 kg/m3 kohta, on aastase toodangu kobestamiseks vajalik ligikaudu 50 t lõhkeainet. Laboratoorsetel katsetustel[[3]](#footnote-3) on mõõdetud, et lõhkeaine plahvatamisega kaasnevate saasteainete sisaldused heitgaasides on järgmised: CO ‑ 0,051 %, NO2 ‑ 0,056 %.

Arvestades aastas lõhkeaine kulu, kujunevad lõhkamiste põlemisgaaside aastasteks heitkogusteks:

* CO = 50 t x 0,051 % = 0,026 t/a;
* NOx = 50 t x 0,056 % = 0,028 t/a.

Lõhkamisel eralduvad põlemisgaasid ja tolm esinevaid vaid lõhkamise hetkel ja väga lühiajaliselt - valdavalt mõne sekundi jooksul, pärast mida saasteaineid juurde ei teki. Samuti toimub saasteainete umbes paari minuti jooksul. Lõhketööde teostamise ajal muud karjääri tööd peatatud ning teistest heiteallikatest täiendavaid heitkoguseid ei lisandu.

Ühel lõhkamisel toimub saasteainete hajumine tegelikkuses umbes 5 minuti ehk 300 sekundi jooksul, moodustades tunniajasest heitekoormusest ~8,3 %. Võttes aluseks eelpool leitud aastased heitkogused, kujuneksid lõhkamisega kaasnevad tunnikeskmised maksimaalsed heitkogused järgmiselt:

* PM-sum = 2,1 kg x 1 000 / 3600 s = 0,583 g/s;
* PM10 = 1,092 kg x 1 000 / 3600 s = 0,303 g/s;
* PM2,5 = 0,063 kg x 1 000 / 3600 s = 0,018 g/s;
* CO = 1,148 kg x 1000 / 3 600 s = 0,319 g/s.
* NOx = 1,26 kg x 1000 / 3 600 s = 0,350 g/s;

1. **Purustus-sorteerimissõlm – heiteallikas 3**

Purustus-sorteerimissõlmes toimub kaevise töötlemine killustikuks. Materjal laetakse sõlme ekskavaatoriga. Purusti peenestab kaevise ning sõelur sorteerib selle erinevate fraktsioonide vahel. Valmistoodang jaotatakse vastavate fraktsioonidega puistangutesse. Arvestades purustus-sorteerimissõlme ja laadimistööde sisuliselt kõrvuti toimumist ning tehnoloogilist seotust, on kirjeldatud tööprotsessid (purustamine, sõelumine, laadimine) kui heiteallikad grupeeritud ning käsitletud ühtse heiteallikana.

* 1. **Materjali laadimine**

Kõikidel laadimisprotsessidel ehk kukkumisprotsessidel (*drop operation*) tekkivate osakeste heitkoguste arvutamisel lähtutakse metoodikas [*AP, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources. 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles*](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.4_aggregate_handling_and_storage_piles.pdf)) toodud järgnevast valemist:

, kus

*E* – eriheide, osakeste kogus, kg/t (kg heidet materjali ühe tonni kukkumisel);

*k* – osakeste aerodünaamilisest läbimõõdust sõltuv konstant;

*U* – keskmine tuule kiirus, m/s;

*M* – materjali niiskussisaldus, %.

Orava VI karjääri mäeeraldisele lähim ilmajaam on Kuusiku meteoroloogiajaama. Tuginedes Riigi Ilmateenistuse Türi MJ registreeritud ilmastikuandmetele, on 2020. – 2025. aastate keskmine tuulekiirus (*U*) 3,0 m/s. Materjali niiskussisalduseks (*M*) on võetud 5 %, mis on lubjakivi puhul keskmiseks näitajaks[[4]](#footnote-4). Parameeter *k* sõltub arvutatava saasteaine osakeste aerodünaamilisest läbimõõdust (tabel 1).

Tabel 1. Osakeste aerodünaamilisest läbimõõdust sõltuvad konstandid

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Osakeste aerodünaamiline läbimõõt | PMsum | PM10 | PM2,5 |
| Konstant *k* | 0,74 | 0,35 | 0,053 |

Eriheited kujunevad eeltoodud tingimustel seega järgmiselt:

* *E* (PMsum) = 0,00049
* *E* (PM10) = 0,00023
* *E* (PM2,5) = 0,00004

Saadud eriheidete, aastase tootmismahu (260 000 t) ja karjääris toimuvate tööprotsesside põhjal arvutatud aastased osakeste heitkogused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Kukkumis- ja laadimisprotsessidel eeldatavalt tekkivad heitkogused Orava VI karjääris

| Protsess | Osakeste fraktsioon | Eriheide, kg/t | Protsessi läbiv kogus, t/a | Heitkogus, kg/a |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Kaevise kukkumine purustisse;  2. Purustatud materjali kukkumine sõelurisse;  3. Sõelutud materjali kukkumine puistangusse;  4. Valmistoodangu ladustamine lattu;  5. Valmistoodangu laadimine kallurile väljaveoks. | PM-sum | 0,00049 | 260 000 | 5 x 127,7 =  639 |
| PM10 | 0,00023 | 5 x 60,4 =  302 |
| PM2,5 | 0,00004 | 5 x 9,1 =  46 |

* 1. **Materjali sorteerimine ja purustamine**

Analoogselt laadimisprotsessidega, sõltuvalt kivimi purustamisest ja sõelumisest tekkivad heitkogused protsessi läbivast materjalivoost ja protsessi eriheitest. Eriheide sõltub materjali niiskussisaldusest ja ka kasutatavatest leevendusmeetmetest. Juhul, kui ei kasutata leevendusmeetmeid ning materjal on väga kuiv (niiskussisaldus <1,3 %), on eriheide maksimaalne (*uncontrolled*). Leevendusmeetmete kasutamisel on võimalik heitkoguseid vähendada ligi 90 %[[5]](#footnote-5) (*controlled*). Vastavalt eelviidatud Keskkonnaameti lubjakivi töötlemisel välisõhu saasteainete heitkoguste arvutamise juhendile, on Eestis rakendatavad kontrollitud eriheiteid, kuna töödeldava materjali niiskussisaldus on >1,3 %. Arendajalt saadud informatsiooni põhjal niisutatakse purustus-sorteerimissõlme sisseantavat materjali ning arvutustes on kasutatud metoodikas vastavalt täiendavaid heidet vähendavat meedet.

Eelviidatud metoodika kohaselt on eriheited jämedama killustiku fraktsioonide purustamisele ja sõelumisele samad. Eristatakse vaid peenpurustamist ja -sõelumist <5 mm toodetavatele fraktsioonidele, mille eriheited on kõrgemad. Materjal läbib purusti, misjärel toimub purustatud materjali sõelumine erinevate fraktsioonide kaupa. Toodetavad killustiku fraktsioonid ja kogused on eeldatavalt järgnevad:

* fr 32/64 ligikaudu 25 % ehk 65 000 t/a;
* fr 16/32 ligikaudu 25 % ehk 65 000 t/a;
* fr 0/32, ligikaudu 10 % ehk 26 000 t/a;
* fr 4/16 ligikaudu 20 % ehk 52 000 t/a;
* fr 0/4 ligikaudu 20 % ehk 52 000 t/a.

Arvutustes on arvestatud, et fr 0/4 tootmisel kasutatakse kõrgemaid eriheiteid.

Arvutatud heitkogused on toodud tabelis 3*.* Maksimaalse hetkelise heitkoguse (g/s) arvutamisel lähtuti PSS-i tootlikkusest, milleks on arendaja sõnul 250 t/h.

Tabel 3. Purustamisel ja sõelumisel tekkivate osakeste eriheited ja heitkogused Orava VI lubjakivikarjääris

| Protsess | | Protsessi läbiv kogus | Eriheide (*controlled)* | | | Heitkogus, kg/a  (g/s) | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t/a  (t/h) | PM-sum | PM10 | PM2,5 | PM-sum | PM10 | PM2,5 |
| Purustamine\* | jäme | 208 000  (200) | 0,0006 | 0,00027 | 0,00005 | 60  (0,017) | 28  (0,008) | 5  (0,001) |
| peen | 52 000  (50) | 0,0015 | 0,0006 | 0,000035 | 39  (0,010) | 16  (0,004) | 1  (0,000) |
| Sõelumine | jäme | 208 000  (200) | 0,0011 | 0,00037 | 0,000025 | 229  (0,061) | 77  (0,021) | 5  (0,001) |
| peen | 52 000  (50) | 0,0018 | 0,0011 | - | 94  (0,025) | 57  (0,015) | - |
|  |  |  |  | Kokku | | 424  (0,113) | 178  (0,048) | 11  (0,003) |

\* Purustamisel on arvestatud metoodika kohase materjali niisutamisel rakendatava heite vähendusteguriga 0,5.

1. **Kokkuvõte**

Orava VI karjääris maavara kaevandamisel ja materjali laadimistel eeldatavalt tekkivad saasteainete aastased heitkogused on kokkuvõtvalt toodud tabelis 4.

Tabel 4. Orava VI karjääri saasteainete aastased heitkogused

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Saasteaine | Heitkogus, t/a (raskmetallid kg/a) | Künniskogus, t/a[[6]](#footnote-6) |
| Osakesed summaarselt (PM-sum)  sh peenosakesed (PM10)  sh eriti peened osakesed (PM2,5) | **1,113**  0,506  0,06 | 1 |
| Süsinikoksiid (CO) | 0,026 | 10 |
| Lämmastikoksiidid (NOx) | 0,028 | 0,3 |

**Saasteainete heitkoguste kohaselt ületatakse taotletaval tegevusel eelviidatud määruse lisas6 sätestatud künniskoguseid osakeste (PM-sum) puhul.**

Arvutused koostatud: 05.02.2026

Priit Kallaste

OÜ Inseneribüroo STEIGER */ allkirjastatud digitaalselt /*

Keskkonnaekspert

1. Ranger-tüüpi puurmasina tolmupüüduri pass: [*Sandvik Ranger DX800 tolmu püüdur\_pass.jpeg*](https://steigeree-my.sharepoint.com/:i:/g/personal/priit_steiger_ee/ERs6j5fHEpdNiq8Bcs1KbpUBg6NVra9wYoFxD6EKi58JlQ?e=PYBWLn) [↑](#footnote-ref-1)
2. Tomberg, T. Lõhketööd. Tallinna Tehnikaülikool, Mäeinstituut, Tallinn 1998. [↑](#footnote-ref-2)
3. Explosives and Electric Detonators Research Laboratory, [*Report No. 119/03 on explosive testing*](https://steigeree-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/priit_steiger_ee/Ec9WIHnuOVNEpY8g5Y49V3wBoKXEy2ccEBVQGzNLMSOsiQ?e=ROVSpA), Central Mining Institute. 2003 [↑](#footnote-ref-3)
4. [Keskkonnaamet. 2025. Eestis enamlevinud maavarade (liiv, kruus, dolokivi, lubjakivi) kaevandamisel ja töötlemisel välisõhu saasteainete heitkoguste arvutamise metoodiline juhend.](https://keskkonnaamet.ee/sites/default/files/documents/2025-08/Metoodika_karj%C3%A4%C3%A4rid_18082025.pdf) [↑](#footnote-ref-4)
5. [AP, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing](https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s1902.pdf) [↑](#footnote-ref-5)
6. Keskkonnaministri 14.12.2016 määrus nr 67 „[*Tegevuse künnisvõimsused ja saasteainete heidete künniskogused, millest alates on käitise tegevuse jaoks nõutav õhusaasteluba*](https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1141/2201/7010/KKM_m67_lisa.pdf#v)“ lisa. [↑](#footnote-ref-6)