

Kohaliku omavalitsuste keskkonnaspetsialistide mäetööstuse pädevuskoolitus 2012.
 Kaevandamise tehnoloogia konspekt

SISUKORD

1. KAEVANDAMISE TEHNOLOOGIA	2
2. PEALMAAKAEVANDAMINE (AVAKAEVANDAMINE)	2
2.1. PEALMAAKAEVANDAMISE PRAEGUNE OLUKORD JA TULEVIKUSUUNAD	2
2.2. PEALMAAKAEVANDAMINE EESTIS	3
3. TERMINOLOOGIA (KARJÄÄR JA TEMA ELEMENDID)	3
4. KAEVANDAMISVIISID	5
5. MÄETÖÖD JA TEHNOLOOGIAD	5
6. MÄETÖÖD	5
7. TEHNOLOOGIAD	6
7.1. PALJANDUSTÖÖD	6
7.2. PUISTANGUTÖÖD	6
7.3. KIVIMITE RAIMAMINE (LAHTIMURDMINE)	7
7.4. KAEVANDAMINE (JA LAADIMINE)	8
7.5. TRANSPORT	9
7.5.1. Raudteetransport	10
7.5.2. Autotransporti	10
7.5.3. Konveiertransport	10
7.5.4. Hüdrotransport	10
7.5.5. Kombineeritud transport	10
7.6. ESMATÖÖTLEMINE	10
8. KAEVANDATUD ALA KORRASTAMINE	10
9. PEALMAAKAEVANDAMISE KESKKONNAMÕJU JA SELLE LEEVENDAMINE	12
9.1. MÕJU MAASTIKULE	12
9.2. MAAPINNA VÕNKED (VIBRATSIOON)	12
9.3. VEEREŽIIMI MUUTUSED	12
9.4. MÕJU PÕHJAVEELE	13
9.5. MÜRA	13
9.6. TOLM.	13
10. KOKKUVÕTTEKS	14
10.1. MAAVARA SÄÄSTLIK KASUTAMINE	14

TABELID

Tabel 1 Kaljused kivimid	8
Tabel 2 Liivade omadused	8
Tabel 3 Savi kaevandamise ja varisemise nurgad	8
Tabel 4 Nõlvnurgad ja nõlvused	8

1. Kaevandamise tehnoloogia

Kaevandamismoodus tähistab maapõue suhtes kaevandamiskohta. Kaevandamismoodus võib olla pealmaakaevandamine e. avakaevandamine, allmaakaevandamine või allveekaevandamine.

Kaevandamisviis on kaevandamistehnoloogiate kogum, mis hõlmab endas ka kaeveõõnte ja puistangute kujundamise infot. Kaevandamisviis on näiteks vaalkaevandamine ja väljakkaevandamine.

2. Pealmaakaevandamine (avakaevandamine)

Kaevandamismoodus kus maavarasid kaevandatakse maa pealt – maapealsetest kaeveõõntest. Pealmaakaevandamine on mäetööstuse vanim kaevandamismoodus. Alustati maapinnale avanenud maavarade kaevandamisest seejärel maapinna lähedal olevaid. Maavarade kasutuselevõttuga sai hoo sisse inimese töö tootlikkuse oluline areng. Edasi mindi maavarasid otsima sügavamalt- võeti kasutusele allmaakaevandamine.

2.1. Pealmaakaevandamise praegune olukord ja tulevikusuunad

Tänapäeval kaevandatakse kogu maailmas ca 70% maavaradest avakaevandamisega. Lisaks veel looduslikud ehitusmaterjalid kivid, liivad, kruusad, savi. Möödunud sajandi lõpul kaevandati pealmaatöödega 3,8...4,1 mlrd tonni aastas. Pealmaakaevandamise on viinud juhtpositsioonile võrreldes allmaakaevandamisega:

- peaaegu kadudeta kaevandamine,
- kõrge produktiivsus
- väga suured kaevandamise mahud ja alad
- vähem komplitseeritud infrastruktuur

Kuna mineraaltoorme hulk maakoos on lõplik, on peamiseks kaevandamisviisi arengustiimuliks olnud ja jääb kaevandamiskadu. Tänapäeval on arenenud maade mäetööstuses kaevandamiskadu

Karjäärides 0...5%...10%

Kaevandustes 30%...50% isegi kuni 60%.

Pealmaakaevandamisel on veel järgmised eelised võrreldes allmaakaevandamisega:

- kihtmaavarade kõrge väljamisprotsent,
- kerge produktsiooni tõstmise võimalus,
- kaevandamistöõde ülevaatlikkus,
- lihtne tööprotsesside järelevalve,
- parem tööohutus,
- lihtsad ratsionaliseerimis- ja mehhaniseerimistöõd,
- võimalik selektiivne kaevandamine,
- võimalik õhukeste kihtide kaevandamine,
- kaevandamise kohal maavara eelsorteerimise võimalus (klassifitseerimine)
- mäetööliste paremad tervislikud tingimused,
- töötajate kõrgem sotsiaalne prestiiž allmaa kaevurite ees.

Mille poolest karjäär jääb alla kaevandusele? Need oleksid:

- kaugeleulatuv sissetung ja mõju looduslikult kujunenud keskkonda.
- kõrge kapitalivajadus karjääri investeerimiseks (näiteks Reini pruunsöekarjääris ühe töökoha kohta 1 milj. dollarit),
- märgatav kliimaatiline sõltuvus (tuul, külm, sademed),
- Kaevandamiseks tuleb suuri koguseid kattekivimeid eemaldada. Näiteks on suuremad mahud USA-s kus tavaliselt ühe tonni kivisöe paljandamiseks tuleb eemaldada 10...11 (isegi 20) kuupmeetrit pinnast.

2.2. Pealmaakaevandamine Eestis

Eestis kaevandatakse põlevkivi (Narva EEK), Põhjas-Kiviõli (Kiviõli keemiakombinaat), Ubja (Kunda Nordic Tsement);

looduslike ehitusmaterjale: pudedad kivimid kruusa, liiva ja savi; kaljuseid kivimeid: lubjakivi ja dolokivi poolkaljuseid liivakivi ning maavaraks nimetatud turvast.

Eestis pole veel täielikult kasutatud maavarade pealmaakaevandamise eeliseid. Põlevkivi pealmaakaevandamiseks on palju sobivaid kaevevälju. Perspektiivikas oleks fosforiidi kaevandamine kui selle järele on nõudlus. Eriti kasulik kompleksne kaevandamine, kus koos fosforiidiga kaevandada selle peal olevad maavarad põlevkivi, diktüoneema argilliit ja lubjakivi.

3. Terminoloogia (karjäär ja tema elemendid)

Pealmaakaevandamine ehk avakaevandamine: Kaevandamisviisi, kus maavarasid kaevandatakse pealmaatöödega (maa pealt), nimetatakse pealmaa kaevandamisviisiks.

Karjäär:

Kaevandatud ala koos maavara kaevandamiseks rajatud kaeveõõnte kogumiga nimetatakse karjääriks (tehniline mõiste).

Mäetööstusettevõtet, mis maavara kaevandamisel kasutab pealmaa kaevandamisviisi, nimetatakse karjääriks. (näiteks Narva karjäär See on majanduslik mõiste).

Karjääriväli (Kaeveväli): Maardlat või selle osa, mida on ette nähtud kaevandada ühe karjääriga, nimetatakse karjääriväljaks (kaeveväljaks).

Karjääri külg: Pinda, mis piirab karjääri küljelt, nimetatakse karjääri küljeks.

Karjääri põhi: Pinda, mis piirab karjääri alt, nimetatakse karjääri põhjaks.

Karjääri kontuurid: Jooni, mis tekivad karjääri külje lõikumisel maapinnaga ja karjääri põhjaga, nimetatakse vastavalt karjääri ülemiseks ja alumiseks kontuuriks.

Nõlv: Pind (minimaalne), mis tekib ülemise ja alumise kontuuri ühendamisel, nimetatakse karjääri nõlvaks.

Nõlva nurk: Nurka, mis jääb nõlva lõikava (või puutuva) horisontaalse pinna vahele, nimetatakse nõlva kaldenurgaks ehk nõlvanurgaks.

Nõlvus: Väljendab nõlva kallet nõlvanurga tangensiga. St. suhtearvuga. Näiteks nõlvus 1:2 tähendab, et 1 on karjääri sügavus vaadeldaval kohal ja 2 on ülemise ja alumise kontuuri vahelise projektsiooni kaugus.

Karjääri sügavus: Maapinna keskmise kõrguse ja karjääri põhja ühendava vertikaalse joone pikkus on karjääri sügavus.

Tehniline piir: Karjääri lõplikku kontuuri maapinnal (ülemist kontuuri) nimetatakse karjääri tehniliseks piiriks.

Astang: Kaevandatav kiht (või osa kihtidest), mida kaevandatakse iseseisvalt (autonoomselt) selleks kasutatavate masinatega, nimetatakse astanguks.

Astang võib tehnoloogiliste vajaduste alusel olla jagatud alaastanguteks. Näiteks põlevkivikihi kaevandamiseks 5 alaastangut. E-F; C/E (kahekordne paas); C-B; B/A; A.

Tööastang (v.k. tööterrass): Astangu osa, kus toimub maavara kaevandamine (maavara ettevalmistamine kaevandamiseks, maavara väljamine ja transportvahendile laadimine, maavara transport) nimetatakse tööastanguks ehk töötavaks astanguks.

Esi: Osa astangu küljest või põhjast, kus toimub vahetult maavara väljamine (näiteks ekskavaatoriga kaevandamine), nimetatakse eeks.

Kaitseperv: Tööde ohutust tagav ohutusriba astangu serval (pervel), millel on töötamine keelatud.

Mäekivim: Mäekivim on mäetööde objekt. St. kui kivimid muutuvad mäetööde objektiks (väljatakse maapõuest), saavad nad mäekivimiteks (ka turvas, muld jne).

Puistang: Kattekivimite ladustamisel tekkiv kuhje on puistang. Puistanguid liigitatakse nende asukoha järgi *Sisepuistang:* asub karjääri kontuuri sees. *Välispuistang:* asub väljaspool karjääri kontuuri

Tranšee: Maapealsed kas kallakud või horisontaalsed (tavaliselt trapetsikujulise põiklõikega) kaeveõõned, mis rajatud (rajatakse) kas tööhorisontide avamiseks (ka kapitaalsed tranšeed) või avatud horisondil tööfrondi loomiseks (kaevetranšeed).

Katend: Katendiks nimetatakse maavara katvaid kivimeid, mida tuleb maavara kaevandamiseks ka korraga või osade kaupa ümber paigutada puistangusse (puistangutesse).

Paljandustööd: Tööd, mida tehakse katendi eemaldamiseks (kuni puistangusse paigutamiseni).

Puistangutööd: Tööd, mida tehakse kivimite puistangusse paigutamisel.

Kaevandamine: Kaevandamine on maavara väljamine maapõuest ja selle laadimine transportvahendile.

Mäetööd: Mäetööd on tööd, mida tehakse maavara kaevandamiseks ja kaevandatud alade korrastamiseks ning allmaaehtiste rajamisel tehtavad tööd. (Saksa LV on mäetööd alates maavarade otsingust, uuringust ja lõppevad kasevandatud alade taaskasutamiskõlblikuks tegemisega)

Kaevandamisviis: paljandus ja koristustööde (karjääris) või läbindus- ja koristustööde (kaevanduses) tegemise kord, mille valimisel arvestatakse peamiselt kaevandatava maavara ja seda ümbritsevate kivimite omadusi, lasumistingimusi ning kasutatavaid mehhanisme.

Kaevandatud ala korrastamine: Kaevandatud ala taaskasutamiskõlblikuks tegemine.

Kaevandatud ala rekultiveerimine: Kaevandatud alal taastatakse maa endine kasutamise sihtotstarve ja maa boniteet.

Perv: Ülemise kontuuri äärne ala.

Mäeeraldis: Kaevandamisloaga antud maapõue osa maavara kaevandamiseks

Mäeeraldis teenindusmaa: Maavara kaevandamisloaga antud maa-ala, mis on vajalik mäetööde tegemiseks.

4. Kaevandamisviisid

Aukkaevandamine – kasutatakse kui katendit on vähe. Liiv, kruus, lubjakivi, savi. Hiljem jääb järgi lohk või auk.

Vaalkaevandamine - kasutatakse seal, kus maavara katab paks katend, mis tõstetakse kaevandatud alale vaaludesse. Pärast kaevandamist ja kaevandatud ala korrastamist (rekultiveerimist) tekib maale, kus kasutati vaalkaevandamist, uus maakate. Vaalkaevandamine on kasutusel Eesti põlevkivimaardlas ja oli kasutusel fosforiidi kaevandamisel Maardus.

Väljakkaevandamisel - moodustatakse maardlas välja(ku)d, millelt kooritakse kaevist. Eestis kasutatakse väljakkaevandamist turba tootmisel.

Kamberkaevandamine – tervikute ja kambritega kaevandamine, kus tervikud hoiavad lage ülal. Kasutatakse põlevkivi kaevandustes

Laavakaevandamine - Laava on pikk esi, kus kaevandatakse peamiselt kombainiga või ka hõövliga või käsitsi. Laavas on konveier ja laavatoestik. Laava on 20 kuni 450 m pikk - keskmiselt 200m. Enamus kivisütt kaevandatakse maailmas allmaakaevandustes kombainilaavades.

5. Mäetööd ja tehnoloogiad

6. Mäetööd

Klassikalises mäendusõppes liigitatakse mäetööd tehnoloogilisteks protsessideks:

1. Paljandustööd,
2. Puistangutööd
3. Kivimite raimamine,
4. Kaevandamine (ja laadimine)
5. Transport,
6. Esmatöötlemine
7. Kaevandatud ala korrastamine

Optimaalsete lahenduste saamiseks tuleb juba enne karjääri rajamist tutvuda ala geoloogilise uuringuga (või kavandada uuring). Kahjuks puuduvad aruannetes kivimite kaevandamiseks vajalikud andmed nagu tugevus (surve, nihketugevus), püsivust (loomuliku varisemise nurgad), kobestustegurid jm.

Juba kaevandamisloa taotluses tuleb selgelt ette näha tööprotsessid nii töö alustamiseks kui kogu karjääri tööaja jaoks. Näha ette ratsionaalsed tehnoloogiad keskkonnasõbralikuks kaevandamiseks. Kõik tööprotsessid peavad olema omavahel tasakaalus ning omama teatava varu. Puudulikult vormistatud taotluse ja kaevandamisloa alusel ei saa ratsionaalset ning keskkonnasõbralikku kaevandamist korraldada (on juhuseid kus üldse ei saanud kaevandamist alustada). Väga olulise tähendusega on ka õigete mäeeraldise ja selle teenindusmaa piiride määramine.

7. Tehnoloogiad

7.1. Paljandustööd

Maavara kaevandamiseks tuleb temalt eemaldada ja teisaldada seda katvad kivimid – katend.

Esinevad võimalused:

1. Katendi eemaldamine ja paigutamine kaevandatud alasse – sisepuistangusse - vahetult ekskavaatoriga. Lihtkaevandamisviis. Kasutatakse põlevkivikarjäärides;
2. Katendi eemaldamine ja vedu puistangusse transportvahendiga. Kasutatakse buldoosereid mulla ja õhukese katendi eemaldamiseks. Ehitusmaterjalide karjäärides paksema katendi eemaldamiseks ja transpordiks ekskavaatorit ja kallurit. Levinud dolo- ja lubjakivikarjäärides. Transport kaevandamisviis.
3. Kasutatakse kahe ülaltoodud kombinatsiooni- kombineeritud kaevandamisviisi. Eestis pole kasutusel.

7.2. Puistangutööd

Tööde kompleksi, mis koosneb kivimite paigutamisest puistangusse nimetatakse puistangutöödeks. Nendest töödest suurel määral oleneb karjääri töö. Puistangut iseloomustavad:

- kõrgus,
- astangute arv,
- astangute nõlvus,
- üldine külje nõlvus, vastuvõtu võimsus (võimalus)
- pikkus, rinde edasiliikumise viis,
- pindala,
- kõrgus

puistangu kõrgus oleneb kivimite omadusest nii ladustatavatest kui puistangu alustest. Kõrguse suurenemisega väheneb pindala. Mida tugevamad kivimid, seda kõrgema puistangu võime moodustada. Soovitavad puistangute kõrgused on:

- kaljused kivimid 30...35 m,
- liivad (kruus) 15...20 m
- savi 10...15 m.

puistangu nõlvnurk võrdub kivimite loomuliku varisemise nurgaga ja on üldjuhul 26...38 kraadi. Puistangu rinne liigub kas paralleelselt, lehvikukujuliselt või kõverjooneliselt.

Asukoha valik

On karjääri töös olulise tähtsusega. Valikul tuleks eelistada:

- sisepuistanguid välispuistangutele,
- alalisi puistanguid ajutistele.

Alalisi puistanguid ei tohiks paigutada:

- maavarale
- niiskele savisele pinnasele
- mulla peale

Buldooserpuistanguid on otstarbeks teha:

- mulla koorimisel ja ladustamisel
- õhukeste kattekivimite eemaldamisel ja puistangusse paigutamisel

Autopuistanguid paksema katendi korral. Autopuistangu pind on otstarbeks jagada kolme ossa:

- ühes toimub kivimite vastuvõtt (kallurite tühjendamine)
- teises kivimite laialilükkamine buldooseriga
- kolmas on reservis

puistangu täitmine toimub kas puistangu perimeetrit mööda või kogu pinnal. Esimesel juhul autod tühjendavad koorma puistangu kontuuri äärde. Seejärel kivimid lükatakse buldooseriga üle ääre küljele. Selline puistang areneb pindala suurenemise arvel. Teisel juhul autosid tühjendatakse kogu pinnal, selline puistang areneb kõrguse suurenemise arvel. Tavaliselt areneb puistang nii kõrguse kui pinna suurenemise arvel

7.3. Kivimite raimamine (lahtimurdmine)

Kaevandaja peab teadma kivimite omadusi. Viimased muutuvad suures diapsoonis. Pealmaakaevandamisel jagatakse kivimid gruppidesse:

1. purunemata kaljused ja poolkaljused loomulikus olekus kivimid. Kaljused survetugevusega enam kui 50 Mpa (tugevad lubjakivid, graniit); poolkaljused survetugevusega 20...50 MPa (põlevkivi, pehmem lubjakivi, mergel).
2. purunenud kaljused ja poolkaljused kivimid (kruus ja liiv)

Esimese grupi kivimeid tuleb enne nende maapõuest väljamist ette valmistada – raimata.

Purustatud kivimeid iseloomustab kobestuskoeffitsient mille alusel kivimid jagatakse 3. kategooriasse:

1. pudedad purustatud kivimid kobestustegur $K=1,4...1,6$ (lubjakivi)
2. pudedad pooltihedad kivimid $K=1,2...1,3$ (põlevkivi, veeriseline kruus)
3. purustatud tihedad kivimid $K=1,03...1,05$ (liiv)

Kasutatava raimamisviisi valiku määravad mitmesugused tingimused peamiselt kivimite kõvadus ja soovitava kaevisetüki suurus.

Raimamisviisid:

- puur-lõhketööd,
- mäekombain,
- ripper (traktoriga veetav kobestuskonks),
- kobestuskonksuga ekskavaator (ekskavaator murrab konksuga massiivist kivimeid lahti),
- hüdrovasar,
- suure võimsusega ekskavaator

Üldjuhul mõjutavad raimamisviisi valikut kivimi tugevus, kaevandamise maht, hoideobjektide omadused, kohati elamute lähedus. Eestis on katsetatud ja kasutatud kõiki ülalmainitud raimamisviise peale suure võimsusega ekskavaatori. Puur-lõhketööd on Eesti põlevkivi ja lubjakivi karjäärides seni valdav raimamisviis, millele pole tõsiseid alternatiive. Kasutatavad on ka teised raimamisviisid nagu hüdrovasar, kobestuskonksuga ekskavaator, mäekombain, ripper. Kobestuskonks ja ripper tõmbavad lahti suuri plaate, mida on vaja veel tükeldada.

Raimamine tükikivi saamiseks: Saed, paisuvad segud.

Eestis on katsetatud ja kasutatud kõiki raimamisviise väljaarvatud suurt ekskavaatorit, millel puudub kasutamise võimalus.

Raimamisviisi valikul tuleb hoolega jälgida kaevisest saadava lõppprodukti väljatulekut näiteks lubjakivist killustiku väljatulemise osa, et see oleks maksimaalselt suur ja väikese sõelmete (peen osise kogusega)

7.4. Kaevandamine (ja laadimine)

Kaevandamise all mõistetakse maavara väljamist ja laadimist transportvahendile või astangu põhjale (-laele) kuhja.

Enamlevinud kaevandamise masin on ekskavaator. Kaevandamise võimalused olenevad kaevandava masina ekskavaatori, rataslaaduri jt mõõtmetest ja kivimite omadusest nagu kihi paksus, varisemisnurk. Varisemise nurk mõjutab nii astangu kõrgust kui kaevesammu laiust.

Kivimite varisemise nurgad

Tabel 1 Kaljused kivimid

Kivim	Varisemise nurk
Lõhatud paas	38°...40°
Killustik	36°...37°

Tabel 2 Liivade omadused

Liiva liik	Täiskääks sõelal 0,63	Peensusmoodul	Varisemise nurk ja nõlvus vee peal	Varisemise nurk ja nõlvus vee all
Jämeliiv	Üle 50	Üle 2,5	32° (1:1,6)	20° (1:2,8)
Keskliiv	30...50	2,5...2,0	30° (1:1,7)	18° (1:3)
Peenliiv	-	2,0...1,5	26° (1:2)	14° (1:4)
Ülipeenliiv	-	Alla 1,5	25° (1:2,2)	11,5° (1:5)
Kruus			35° (1:1,4)	26° (1:2)

Tabel 3 Savi kaevandamise ja varisemise nurgad

Nurk	Kvaternaari savi	Devoni savi	Kambriumi savi
Kaevandamise nurk (o)	50...60	60...65	65...80*
Püsinurk massiivis (o)	30	35...45	80...90**
Kaevandatud savi (o)	20...25	25...35	35...38

** kuni 10 m sügavusel

Tabel 4 Nõlvanurgad ja nõlvused

Nõlvnurk kraadides	Nõlvus (nõlvanurga tangens)
12	1:5
14	1:4
18	1:3
20	1:2,8
24	1:2,2
26	1:2
30	1:1,7
32	1:1,6
35	1:1,4
40	1:1,25
45	1:1

Enamlevinud on pöördlabidaga ehk pöördkopaga kaevandamine seda eriti tema kopa suure liikumisulatuse tõttu. Saab kaevandada nii alt kui ülalt ammutamisega. Masina tootlikkuse tagamiseks tuleb valida maksimaalne ohutu astangu kõrgus ja kaevesammu laius. Otsesi kasutamisel on optimaalne kaevesammu laius $A = (1,5 \dots 1,7) R_a$ (kus R_a ekskavaatori max ammutusraadius)

Kaasajal on levinud universaalne kaevandamismasin kopplaadur ehk rataslaadur. Pudedaid kivimeid kaevandatakse skreeperitega, buldooseritega, freeskombainidega, ujuva pinnasepumpseadmetega. Kaevandatav maavara võib olla vee tasemest kõrgemal või madalamal või mõlemal viisil. Veealust kruusa ja liiva kaevandatakse vee seest ilma vee taseme alandamiseta. Vee seest kaevandatakse kruusa ja liiva ekskavaatoriga. Vee seest ammutatud liiv tõstetakse ekskavaatoriga karjääri põhjale, kus liivast või kruusast vesi välja nõrgub. Veeest nõrutatud kaevis laaditakse tarbijale. Sügavamalt saab liiva kaevandada ujuva pinnasepumpseadmega. Pinnasepump imeb (dekil oleva pumba abil kuni 10...15 m sügavuselt) või tõstab (ujutatud pump kuni 50...60 m sügavuselt) koos veega liiva või kruusa (segu nimetatakse pulp), milles on liiva 8...12% . Pulp pumbatakse kaldal asuvalle settekaardile kus liiv välja settib. Liivast vabanenud vesi juhitakse tagasi karjääri, pumpamiseks kasutatakse vett suletud süsteemis. Liiva pumpamisega kaasneb ka liiva rikastamine: pestakse välja tolmjad ja savikad osakesed. Pudedate kivimite kaevandamisel tuleb mäeeraldise piiri ääres kaevandamisel kujundada karjääri külje ohutud nõlvanurgad, vastasel juhul võib esineda külje varing. Märkus: kui veepealse liiva alt tuleb ekskavaatoriga kaevandada vee seest, ei tohi veepealset liiva kaevandada kuni vee tasemeni, vaid jätta 0,5...0,7 m paksune kiht kaevandamata. Vastasel juhul ei saa veealust liiva kaevandada - masin vajub liiva sisse. Lubja ja dolokivi kaevandamine üldjuhul toimub suures osas allpool vee taset - vee taseme alandamisega.

7.5. Transport

Tagamaks katendi ja kaevisveo etest tühjendamiskohtadeni (puistangud, rikastusvabrikud kaevisveo laod) tuleb neid transportida. Transport on tsükliline või pidev.

Pidev transport on konveier- ja hüdrotransport. Tsükliline auto-, raudtee transport.

Põhilised transpordi viisid:

- Raudteetransport
- Autotransport
- Konveiertransport
- Hüdrotransport
- Kombineeritud transport

Transpordi liik valitakse arvestades:

- kivimite omadusi,
- maavara lebamistingimusi,
- kliimaatilisi tingimusi,
- veoste mahtu,
- Veo kaugust,
- Laadimismasinade parameetreid,
- Karjääri tööiga,
- Karjääri sügavust.

7.5.1. Raudteetransport

On otstarbekas kasutada suurtes karjäärides, kus veoste maht on aastas 25 milj. kuupmeetrit ja enam ning suhteliselt suur veo kaugus üle 4 km.

7.5.2. Autotransporti

Kasutatakse väikestes ja keskmistes karjäärides veoste mahu 15...20 milj. kuupmeetrit veo kaugusele kuni 4...5 km. Suurte kallurite üle 100 tonni kandevõimega sobib kasutada asuureamates karjäärides. Eestis autotransport.

7.5.3. Konveiertransport

Pudedale või purustatud kivimite transportimiseks.

7.5.4. Hüdrotransport

Kasutatakse hüdrokaevandamisel. Kivimid liiguvad torustikku mööda pumba abil või isevoolu. Kasutatakse lühema maa transpordil.

7.5.5. Kombineeritud transport

on eelpool nimetatud transportide kombinatsioon.

7.6. Esmatöötlemine

Kaevise tükeldamine ja sõelumine. Lubjakivist killustiku tootmine ja põlevkivi rikastamine ja sorteerimine. Hea kvaliteediga produkti (killustiku) saamiseks on väga oluline õigete purustite ja sõelte valik.

8. Kaevandatud ala korrastamine

Korrastamine ja rekultiveerimine.

Kaevandatud alad tuleb korrastada – teha taaskasutamiskõlblikuks. Kaevandatud alad korrastatakse või rekultiveeritakse vastavalt „kaevandamisega rikutud maa korrastamise korrale“ (RTL 1996, 11/12. Nimetatud kord kirjutab kaevandajale ette, karjääri korrastamiseks tuleb koostada projekt. Projekti koostamise eelduseks on keskkonnamati poolt välja antud korrastamistingimused, milledes on märgitud:

- 1) maa sihtotstarbelise kasutamise liikide kaupa (metsamaa, põllumaa, veekogu jm)
- 2) karjääri külgede kujundamise nõuded (tavaliselt külgede nõlvus)
- 3) mulla kasutamise nõuded (üldjuhul kasutada karjääri korrastamiseks)
- 4) veerežiimi kujundamise nõuded (kui kõrgele jääb vee tase, kas on vaja kraave rajada.)
- 5) bioloogilise rekultiveerimisenõuded (millised puud või taimed tuleb istutada või külvata)
- 6) vajadusel muid nõudeid (spordirajatiste ehitamise, supluskohta või muu ehitamise võimaluse, kaevise veoks ehitatud teede saatuse määramine jm)

Maavara kaevandaja peab juba kaevandamise loa taotluses välja pakkuma kaevandatud ala korrastamise kava. Siin ei tohi viga teha. On ette tulnud, et taotleja ise kirjutab praktikas täitmatu või ebaratsionaalse kava. Kaevandamise loas kirjutatakse maa kaevandamisjärgne kasutamise sihtotstarve (metsamaa, rohumaa jne). Kaevandatud ala rekultiveerimine on korrastamise selline taaskasutamiskõlblikuks tegemine kus taastatakse maa endine kasutamise sihtotstarve ja maa boniteet.

Tehakse vahet kahe rekultiveerimise etapi vahel:

1. tehniline ja
2. bioloogiline etapp

Tehnilise etapp - kõik tööd, mida tuleb teha selleks, et valmistada ette maa-ala bioloogilise etapi tööde tegemiseks nagu puude istutamine või rohuseemnete külvamine jms.

Rekultiveerimise praktika on eri riikides mõneti erinev.

Saksa LV

Enne teisi alustati rekultiveerimistöödega Saksamaal. Juba kaevandamistöde algust mõeldi sellel, et kivisöest tühjaks ammandatud alad tuleb taaskasutamiskõlblikuks teha. Aastal 1766 Rodderi kaevandusele antud rendilepingus oli kokku lepitud, et pärast söe ammandamist tuleb kaevandatud aladele istutada lepad. See polnud mitte eetiline või ökoloogiline vaid ka majanduslik motiiv, sest mets oli tähtis majandusharu. Vanima rekultiveerimiseeskirja andis välja 1784. kuurvürst Maximilian Friedrich Preisi mäeseaduses, mis on ühtlasi vanim mäeseadus maailmas. Sellest ajast on Saksamaal tehtud väga palju rekultiveerimise uurimiseks. Tänapäeva Saksamaa rekultiveerimistööd on eeskujuks mitte ainult Euroopas vaid ka väljaspool Euroopat. Üldiselt eelistatakse kaevandatud alad metsastada. Kuid kasutakse kõige mitmesugustel eesmärkidel nagu puhkealade, dendroparkide, tehisjärvede jm Kehtib ratsionaalsuse põhimõte: Tuleb teha nii palju kui hädasti vaja ja mitte sugugi rohkem. Peamiselt kasutatakse loodulikku uuenemist. Taimed ja puud hakkavad ise kasvama. Keskmiselt 32...34 uut liiki igal aastal. Kaevandatud alasid kasutatakse ka ehituseks seejuures elamuehituseks.

Inglismaa

Üldjuhul rekultiveeritakse karjäärid kaevandamise eelne kasutuse sihtotstarbega. St põllumaad põlluks, metsamaad metsaks jne. Kaevandamisel tekkinud süvendid täidetakse jäätmetega. Kuid korrastatakse vähemal määral ka muude eesmärkide saavutamiseks nagu puhkealad, veekogud, spordirajatised (sõudekanalid). Kaevandatud alasid kasutatakse ehituseks kui elamuehituseks.

USA

Ei hoita raha kokku. Püütakse võimalikult palju taastada kaevandamise eelne olukord. Isegi maapinna reljeef. St välispuistangud veetakse kaevandamisel tekkinud süvendisse.

Eestis

Alustati enne sõda Kohtla-Järve linna alal kus asub praegu Kohtla-järve kolledž. Pärast sõda põlevkivikarjääride korrastamise algus on 1960.a, kus katsetati kaevandatud alal paplite kasvatamist. Seejärel katsetati teisi puude liike, nagu mänd, kask, astelpaju. Tänapäevani kasutatav korrastamise tehnoloogia töötati välja Viikonna karjääris ajavahemikus 1963..1965.a. Korrastamine pole enamikult jaolt majanduslikult mõistlik. Ei valita kasvukohale sobivaid puude liike vaid üldjuhul ainult mändi. Üldse pole praktiliselt lubatud looduslikku uuenemist. Metsaga ümbritsetud karjääri alal hakkavad puud ise kasvama. Üldjuhul ei kasutata kaevandatud ala jäätmete ladustamiseks. Inertsete jäätmete ladustamisega ei kaasne mingisugust keskkonna kahjustuse ohtu. Inglismaa näite põhjal saab näha, et igasuguste jäätmete matmine on võimalik ilma keskkonnakahjustusteta. Kaevandatud alade korrastamise ratsionaalseks korraldamiseks on Eestis palju kasutamata võimalusi: korrastatud pinnasele sobiva taimestiku valik, jäätmete matmine, puhkealade kujundamine, dendroparkide rajamine, muuseumide rajamine, spordiväljakute ehitamine jm.

9. Pealmaakaevandamise keskkonnamõju ja selle leevendamine

Kaevandamisest tulenev keskkonnamõju avaldub karjääride territooriumi sees- ja ka väljaspool piire. Piiride sees on mõju suurem ja osaliselt pöördumatu. Esialgne taimekasvu keskkond hävib ja asendub süvendiga. Karjääre ümbritsevale alale mõjuvad ka mitmed tegurid, mis võivad negatiivselt mõjuda looduskeskkonnale ja/või elanikele kui nendele ei pöörata tähelepanu

Üldjuhul kaasnevad kaevandamisega järgmised mõjutused:

- maastiku üldilme muutumine;
- maapinna võnked;
- veerežiimi muutused;
- müra;
- tolm.

9.1. Mõju maastikule

Maastikule mõjub mäeeraldise piires kaevandamine radikaalselt. Pärast maavara ammutamist jääb sinna süvend. Mäeeraldise piiridest väljapoole jääval territooriumil muutusi ei toimu.

Mets ja rohumaa mäeeraldiste piirides lakkab olemast ja seal metsakasvatust ei saa arendada kui kaevandatud ala korrastatakse veekoguks. Veepealse varu kaevandamisel on võimalik taastada maa endise kasutamise sihtotstarve.

9.2. Maapinna võnked (vibratsioon)

Lõhketöödega kaasneb maapinna võnkumine, mis võib ohustada hooneid ja rajatisi. Tänapäeva lõhkematerjalide taseme juures on lõhketöödega kaasnevaid mõjutusi võimalik hoida normide piirides kahjustamata hooneid ja rajatisi.

9.3. Veerežiimi muutused

Kui karjäärides veetaset alandada, siis levib ümbruskonnas veetaseme alang ja võib mõjutada kaevude veevarustust ning seal veetundlikke muldasid ning seeläbi taimede kasvutingimusi. Veetaseme alang 0,4 m on piir, millest alates tekib mõju põhjaveetoitelistele muldadele ja seal kasvavatele taimekooslustele.

Üldjuhul ei tehta vahet olulise ja ebaolulise veetaseme alanduse ulatuse vahel.

Kogemuste põhjal võib väita, et karjääri lähedal elavaid inimesi teeb alati ärevaks kaevandamisega kaasneda võiv mõju pinna- ja põhjaveele. Eriti seoses joogivee kvaliteedi ja kvantiteedi võimalikud muutused. Nende mõju tuleb hinnata vee pumpamisel, veetaseme alandamisega. Vähesel määral mõjutab veerežiimi ka liiva või kruusa veealune kaevandamine ilma vee pumpamiseta. Koos liiva vee seest ammutamisega alaneb ka vee tase karjääris väljatõstetud liiva mahu võrra. Selle jagu vett tuleb karjääri sisse ümbritsevalt alalt.

Kaevandamise mõju pinnaveele, s.h vooluveekogudele hinnatakse karjäärist väljapumbatava vee puhtuse, vooluhulga ja temperatuuri järgi. Antud tegurid mõjutavad eesvoolude looduslikku seisundit. Tavaliselt ei ole karjäärist väljapumbatava vee kogus jões voolava vee kogusest 0,01...0,04%

Kui osa varust on veekihis, siis sealt kaevandamisel tekib vajadus kavandatavast karjäärist ka vett välja pumbata. Karjäärivesi sisaldab tavaliselt rohkem mehaanilist hõljumit. Näiteks Tondi-Väo karjääris võeti karjääri veest pärast settetiikide läbimist 2004 – 2005 a 17 proovi.

Hõljuvaine sisaldus oli neis vahemikus 2 - 8 mg/l ja naftaprodukte alla 20µg/l, mis jäävad lubatud piiridesse ja seda tavaliselt ka kõikides lubjakivikarjäärides.

9.4. Mõju põhjaveele

Mõju põhjaveele hinnatakse väljapumbatava veehulga kui ressursi kasutamise ja/või raiskamise seisukohast. Hinnatakse põhjavee taseme alangu mõju piirkonna taimestikule, vesivarustusele, (karsti) allikatele, võimalikku põhjavee reostust karjääride kaudu.

Mõju põhjaveele taseme alangu ehk depressiooni suuruse ja ulatuse järgi on prognoosinud hüdrogeoloog dr. Katrin Erg lubja- ja dolokivikarjäärides. Üldjuhul pole kunagi praktikas vee alanduslehtri ulatus ja mõju nii suured kui arvtakse. Seejuures tuleb arvestada olulise alanduse ja ebaolulise alanduse mõjuga, mida praktikas tihti ei tehta. Nii ulatub vee oluline alandus mitte kaugemale kui 500 m. Märgitud kaugusel on alandus juba 10 korda väiksem.

Koostatud alanduslehtri graafiku abil saab prognoosida, kas konkreetne objekt jääb karjääri mõjupiirkonda või mitte. Vee alanduslehtri ulatust ja sissevoolava vee hulka saab vähendada kaevandamisvõtete abil, veetõkete rajamisega. Näiteks karjääri külgedele paigutatakse vettpidavatest kattekivimitest tõkkevallid, mis praktikas on vähendanud vee sissevoolu.

9.5. Müra

Müra tekitavad karjääris töötavad kaevandamismasinad (ekskavaator, buldooser, kopplaadur, kallurautod) ja eelkõige purustus-sorteerimissõlm. Transpordi masinate müratase on normeeritud. Normide järgi 150 kW ja suuremate mootoritega ning täismassiga 12 t ja raskemate masinate müratase on 84 - 90 dB vahemikus. Samas suurusjärgus on ekskavaatorite, buldooseriite ja kopplaadurite müratase.

Müraallikast eemaldudes müratase alaneb. Avamaal 100 m kaugusel alaneb müratase 32 dB, 200 m kaugusel 38 dB ja 300 meetri kaugusel sumbumine 5 dB iga 50 m kohta. Välismüra normtase III kategooria segaalal (elamud ja ühiskasutusega hooned, kaubandus-, teenindus- ja tootmisettevõtted) on päeval 65 dB öösel 55 dB. Päevane kestab kella 7.00 - 23.00 ja öine 23.00 - 7.00. Seega avamaastikul päevane normatiivne müratase saavutatakse 50 m kaugusel ja öine tase 150 m kaugusel.

Töötavates purustus-sorteerimissõlmedes avamaastikul on müratasemeks fikseeritud 250 m kaugusel 30 - 70 dB. Kuna purustus-sorteerimissõlm võib avaldada lähimatele elamutele häirivat müra, siis on soovitatav purustus-sorteerimissõlm esimestel tööaastatel paigutada müratundliku objekti suhtes puistangu taha ja edaspidi karjääri põhja, siis tekib müraekraan, mis vähendab mürataset 18 dB võrra.

Kui eeldada et purustus-sorteerimissõlme maksimaalne müratase on 250 m kaugusel 70 dB, siis süvistatult või vallide taga on see $70 - 18 = 52$ dB.

9.6. Tolm.

Tolmu tekitajateks karjääris on samad masinad ja seadmed, mis tekitavad ka müra. Kaevandusmasinate tekitatud tolmu hulk näiteks kaevise laadimisel on suhteliselt väike ja see settib maha masinate töökoha läheduses 50-100 m kaugusel. Kaugemale võib tolmu levida kaevist või killustikku vedavatest kallurautodest. Avamaal, niisutamata kruusateedel võib tolmu levida tuulega 150 - 200 m kaugusele. Selle tolmu vastu võitlemiseks on vaja teid kuival aastaajal niisutada ja eriti suure koormusega teelõigud katta musta kattega.

Peamiseks tolmu tekitajaks on karjääris tavaliselt töötav purustus-sorteerimissõlm. paekivi purustamine, sõelumine, laadimine, ladustamine ja vedu tekitavad tolmu. Kõik need

tegevused tekitavad suure hulga peeneid fraktsioone, sealhulgas lenduvaid tolmuosakesi. Ilma tõkestusmeetmete rakendamiseta põhjustab see allatuult asuvatel aladel väljaspool mäeeraldist suurt ülenormatiivset tolmu kontsentratsiooni.

Vaatlused töötavates karjäärides on näidanud, et silmaga nähtav tolmu võib levida töökohast 200 – 300 meetri kaugusele.

Vastavalt Välisõhu kaitse seadusele ja selle allaktidele on inimese tervise kaitseks rakendatav 24 tunni keskmine saastatuse taseme piirväärtus on $SPV_1 = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. See tase peab olema saavutatud elamute piirkonnas. Seda on ka võimalik saavutada. Tolmu mahasurumiseks on kasutada mitmesuguseid võtteid. Karjääri teid tuleb kuival ajal kasta või ehitada mustkattega teed. Kuival ajal annab head tulemust kui karjääris lõhatud paelasu enne purustamist kasta veega. Laadimiskohal kasutatakse killustiku niisutamist. Konveierite tühjendustrumlitel on tolmu tekke vältimiseks kas pihustid või lastakse killustiku läbi elastsete torude vältimaks tolmu õhku lendamist. Kinnised sõelad ja kaetud konveierlindid.

10. Kokkuvõtteks

Kaasaja mäetööstus võib kaevandada keskkonnasõbralikult ja ratsionaalselt. Arusaam mäetööstuse poolt tekitatavatest kahjudest on eelmise sajandi pärand selle kummutamiseks puuduvad tihti ala teadvad inimesed.

10.1. Maavara säästlik kasutamine

Igasugune maavara on taastumatu loodusvara. Kui on tehtud otsus tema kasutamiseks, tuleb toimida ratsionaalselt. Kaevandamise seisukohalt tähendab see seda, et aktiivne tarbevaru tuleb väljata minimaalsete kaevandamiskadudega. Kaod tekkivad nii tervikute jätmisel kui kaevandamistehnoloogiast lähtudes. Tehnoloogilisi kadusid s.o killustiku tootmisel on võimalik vältida või vähendada siis kui kõik fraktsioonid leiavad kasutamisel. Sellekohased võimalused on olemas (näit Paekivitoodete Tehase OÜ).

Maavara kui ühe ressursi kaevandamisel tuleb arvestada ka teiste loodusvaradega karjääride mõjualal.

Kontakt:

Mäeinstituut mi.ttu.ee 620 3850

Mäendusõpik mi.ttu.ee/maeopik

Täienduskoolitused mi.ttu.ee/koolitus

Projekteerimine mi.ttu.ee/projekteerimine