

## 2. Mäemasinate kasutusareaal

Ingo Valgma

Mäemasinate kasutusareaal on igapäevane mäetööstuse töökorraldusprobleem. Kõigi protsesside teostamiseks kasutatakse teatud masinaid ja masinate valiku käigus optimeeritakse masinate hinda, erikulu, usaldust ja võimekust [2, 24, 27]. Hankesüsteem on viinud paljudel juhtudel alavõimekate masinate hankimiseni. Seejärel tehakse hangitud masinate töö põhjal järeldusi ka teiste, parema võimekusega masinate kohta [30]. Masinate valikukriteeriumid on reguleerimata ja põhinevad seetõttu tihti subjektiivsetel või mugavatel põhjustel [31]. Teine probleem on masinate sobitamine tehnoloogilisse skeemi [6]. Ükskõik mis süsteemi muutmine, ka tehnoloogilise skeemi muutmine on niivõrd tülikas ja psühholoogiliselt keeruline, et see jäetakse enamusel juhtudel tegemata [29, 8].

**Mäemasinatel** on teatud omadused ja mäetööde protsessidel on teatud nõuded ja piirangud [11]. Neid omavahel sobitades on võimalik kasutusareaali kirjeldada. Kahjuks ei ole see areaal aga üldtunnustatud kokkulepe vaid äri, kus huvi on subjektiivne ja kokku ei saa robotid vaid inimesed.

**Mäeõpikus** seni kirjeldatud mäemasinate valik ei sõltu samuti üldtunnustatud vajadusest kuid peegeldab siiski praegust olukorda Eesti mäetööstuses või spetsialistide ettevalmistamises [7, 26]. Masinate terminoloogia ja omaduste selgitamise vajadus tuleneb just sellest, et see ei ole üheselt mõistetav. Üldsuse puhul ei ole see väga oluline, kuid ametnikud, spetsialistid, juhid ja töölised – kõik nad pärinevad üldsuse hulgast ja teevad otsuseid just nende teadmiste pinnalt, mis neil on. Selleks, et lugeda lihtsat risttabelit näiteks protsessidest ja masinatest, peavad olema mõisted üheselt arusaadavad [23]. Seejuures protsess on mäenduses mäetööde operatsioonide kogum, mis viib kindla eesmärgini. Seda nimetatakse mäetööde protsessiks. Mäetööde protsessidest koosneb mäetööde e. kaevandamise tehnoloogia. Kaevandamine on kas majanduslik tegevus maavarast toodangu valmistamise eesmärgil või mäetööde kogum, mis koosneb peamiselt põhiprotsessidest: raimamine, laadimine ja vedu [14]. Tüüpilised protsessid on raimamine, laadimine, vedu, rikastamine, ladustamine, paljandamine, ettevalmistamine, rekultiveerimine, toestamine, purustamine, sõelumine, pesemine jm [13, 21, 17, 22, 19, 20]. Raimamine on kivimi purustamine või eraldamine massiivist. Laadimine on mäenduses kivimi siirdamine veovahendile või töötlemissõlme. Laaditakse kas laaduri, konveieri, pumba või labida abil. Vedu on kaevandamise protsess mille käigus veetakse kaevis, aheraine või katendikivim ettenähtud kohta. Veoga on seotud veovahendile laadimine ja veovahendi tühjendamine. Rikastamine on kasuliku kivimi eraldamine aherainest. Enimlevinud rikastusmeetod on raskes vedelikus kergema e. hulpiva kivimi koorimine ja raskema e. põhja vajuva kivimi juhtimine aherainepuistangusse [32, 34, 36].

Abiprotsessid on need protsessid, mis hõlbustavad mäetöid, kuid ei anna otsest tulu või ilma milleta on ka võimalik kaevandada, kuid see on oluliselt ebemugavam või

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

keskkonnavaenulikud [15, 16]. Need on veekõrvaldus, tuulutus, täitmine ja mugavusprotsessid [5, 12, 13, 4, 28].

**Aheraine** võib osutada mingil tingimusel ka kasulikuks toormeks. Nii purustatakse ja sõelutakse põlevkivi aherainet e. vahekihtide ja suletiste lubjakivi, tootes sellest killustikku. Samuti kasutatakse fosforiidi rikastusjääki e. flotoliiva täitematerjalina [9, 12].

**Rikastusmeetoditeks** on veel flotatsioon, õhujoas või veejoas rikastamine, magnetsepareerimine ja teised nn. kõrgtehnoloogilised eraldamismeetodid - optiline, elektromagnetkiirguse jm alusel rikastamine. Vanim meetod on käsitsirikastamine.

**Paljandamine** (ka katendi eemaldamine või teisaldamine) on tüseda katendiga maavara puhul avakaevandamise olulisim protsess. Maavara paljandatakse ekskavaatori, buldooseri, traktorskreeperi abil. Mida rohkem tuleb katendit eemaldada maavaraühiku kohta, seda suurem on katenditegur.

**Veomasinad** jagunevad pideva tööviisiga ja tsüklilise tööviisiga masinateks. Pideva tööviisiga masin on konveier.

**Raimamine** jaguneb mehaaniliseks ja puurlõhketöödeks. Lisaks kasutatakse keemilisi, termilisi ja teisi erilisemaid mooduseid [33, 14].

Peamine **klassifikatsioon** on mäendusprotsesside ja tehnoloogiate jaotus süsteemi loomise eesmärgil (Tabel 2-1 Mäendusklassifikatsioonid).

**Tabel 2-1 Mäendusklassifikatsioonid**

Kaevandamismoodus	<b>Avakaevandamine / Allmaakaevandamine</b>	<b>Plaanid</b>
Viis	<b>Vaalkaevandamine</b>	<b>Projekt</b>
Tehnoloogia	<b>Draglainidega transpordita paljandamine</b>	<b>Tööde organiseerimine+ masinad</b>
Protsess	<b>Katendi teisaldamine</b>	<b>Masinad</b> <small>mäetehnika</small>
Operatsioon	<b>Ammutamine</b>	<b>Masin</b>

Valitud masinad mäeõpikus on esitatud tähestikulises järjekorras allmaakopplaadurist kuni tükeldini (Tabel 2-2 Valitud masinad Mäeõpikus).

**Tabel 2-2 Valitud masinad Mäeõpikus**

Allmaakopplaadur
Aurumootor
Buldooser
Ekskavaator
Giljotiin
Greider
Hüdrovasar
Kallur
Konveier
Koonuspurusti
Kopp-purusti
Kopplaadur
Laadimismasin
Läbinduskilp
Lühieekombain
Mäemasinad
Pealmaakopplaadur
Protsessid
Pump
Purusti
Puurvanker
Ratasbuldooser
Ripper
Rootorpurusti
Soonur
Sõehöövel
Teehöövel
Toestik
Traktor
Turba profileerija
Turba tiguprofileerija
Tükeldi

**Mäemasinad** on kaevandamisel, mäetöödel, allmaaehitamisel ja maavarade töötlemisel kasutatavad põhimasinad.

Mäetööde **protsesside** järgi jaotatakse mäemasinad ettevalmistusmasinateks, raimamismasinateks, puurmasinateks, veomasinateks, laadimismasinateks, purustiteks, sõeluriteks, tõstemasinateks, tuulutusemasinateks, pumpadeks. Lisaks on abimasinad ja erimasinad. Traditsioonilisim mäemasin on buldooser. Ajaloolisim mäemasin on skreeper. Enimkasutatavaim mäemasin on ekskavaator. Maailma suurimad mobiilsed masinad on mäemasinad.

**Allmaakopplaadur** on kopaga kaevandusse mahtuv ja kaevanduses töötamiseks sobilik laadur. Üldjuhul on allmaakopplaadur varustatud sädemepüüdjaga, heitgaaside katalüsaatoriga, selle kuju on madal ja pikk. Enamus koppladureid on liigendraamiga. Allmaakopplaadur on väiksema kopaga ja väiksema tootlikkusega kui pealmaakopplaadur.

Aurumootor on mootor, mille paneb liikuma aururõhk. Tavaliselt surub aur silindris liikuvat kolbi, mis paneb pöörlema hooratta. On ka ainult silindriga sirgjoonelist liikumist tekitav, rootoriga või turbiinidega aurumootoreid. Maailma esimene aurumootoriga mobiilne masin oli auruekskavaator. 1796. aastal valmistas Englishman Grimshaw neljahobujõulise Boulton & Watt aurumootoriga ekskavaatori millest küll pole säilinud jooniseid, kuid mis oli maailma esimene mobiilne aurumootoriga masin. 1804. aastal valmistas Oliver Evans esimese

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

---

Ameerika mobiilse aurumootoriga masina - amfiib-auru-rootorekskavaatori, mis töötas Philadelphia sadama süvendamisel palju aastaid.

Sõna "Bulldozer" pärineb Ameerikast ja oli seotud Pulli piitsutamiselega. Bulldozer oli see, kes andis Pullile keretäie, e Bull doze. Seejärel hakati seda sõna kasutama slängis mitmete jõuliste tegevuste kohta, näiteks hoburakendile, mida tõmmati konksuga jää purustamiseks. Hiljem pandi sama nimi (**buldooser**) roomiktraktorile, mis tõmbas palke või haagist [1]. Sahn e. lükkamise funktsioon lisandus aastakümneid hiljem. Sahn on metallist või metallservaga plaat, millega lõigatakse ja lükatakse pehmet või puistematerjali. Sahn koosneb lõikeservast ja hõlmast. Sahn on buldooseri ja greideri tööorgan. **Ekskavaator** on ühe või mitme kopaga kaevandamis- või kaevamismasin. Ekskavaatori tööorgan on kopp. Kopp ei ole ekskavaator. Sõna "ekskavaator (excavator, экскаватор) pärineb prantsuskeelsest sõnast "Excavateur", mis tähistas algselt paljukopalist kettekskavaatorit. Paljukopaline kettekskavaator on mitme kopaga, noolel liikuva keti külge paigutatud koppadega ekskavaator. Nool võib olla nii üla- kui alasetusega, e. ekskavaator võib ammutada nii üla- kui alaaustangust. Kettekskavaatorit kasutatakse peamiselt liivase või savika kivimi koorimiseks austangust. Enim kasutatakse neid ekskavaatoreid pruunsöe e. ligniidikarjäärides. Eestis kasutatakse paljukopalist kettekskavaatorit Aseri savikarjääris savi kaevandamiseks. 1827. aastal patenteeris insener Poirot de Valcourt Pariisis esimese kuivamaa paljukopalise kettekskavaatori. Enne seda kasutati ekskavaatoreid süvendustöödeks praamidelt. Seoses esialgu sobivate ajamite puudumisega, hakati neid ekskavaatorid ehitama alles 50 a. hiljem LMG (Lübecker Maschinenbau Gesellschaft) poolt. Saksamaa esimese auruekskavaatori - praamil asetseva paljukopalise kettekskavaatori (draagi) ehitas 1841. aastal Ferdinand Schichau Elbingis. Ekskavaator ammutas kuni 3,5 m sügavuselt ja tühjendas üle praami serva. 1860. aastal ehitas Alphonse Couvreur esimese aurumootoriga töötava puidust paljukopalise kettekskavaatori. Aastatel 1863 kuni 1867 läbindati kuue sellise ekskavaatoriga Suessi kanalit. Tänu revolutsioonilise tootlikkusega masinatele lõpetati töö 6 kuud plaanitud kiiremini. 1882. aastal ehitas Saksamaa vanim ekskavaatoritehas Lübecker Maschinenbau Gesellschaft (LMG) esimese paljukopalise kettekskavaatori mis kaalus 26 tonni ja mille tootlikkus oli 90 kuupmeetrit tunnis. Esimene ekskavaatorite võistlus toimus 1885. aastal Prantsusmaal kui katsetati nelja paljukopalist kettekskavaatorit. Eesmärk oli välja valida parim ekskavaator Panama kanali ehitamiseks. Võitis Boulet & Cie ekskavaator 250 kuupmeetrise tunnitootlikkusega. 1902. aastal tegi H August Schmidt tehas Wurzenis esimese elektriajamiga kompaktse paljukopalise kettekskavaatori. Esimese roomikutega (nii bensiini kui diiselmootoriga) paljukopalise kettekskavaatori tegi LMG 1935. aastal. Samal aastal sai alguse rootorekskavaatorite kasutamine (LMG 360 t) pruunsöekaevandamisel Bitterfieldi karjääris Saksamaal. 1938. aastal ehitas Hamburg-Magdeburg Damfschiffahrts-Compagnie maailma suurima paljukopalise kettekskavaatori - 2500 tonnise, 44000 kuupmeetrit päevas väljava ekskavaatori.

**Giljotiiniks** nimetatakse mäenduses mehaanilist seadet millega on võimalik purustada suuremaid kivimi tükke (ülegabariidilisi) väiksemateks.

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

---

**Greider** on mäenduses karjääriteede hooldamise masin. Karjäärigreider on oluliselt suurem ja võimsam kui maanteegreider.

**Hüdrovasar** on hüdraulilise ajamiga vasar kivide või kivimimassiivi purustamiseks ehk kaevise raimamiseks massiivist.

**Kallur** on mobiilne veomasin, mille tööorganiks on kallutatav kast. Kalluri tähtsaim, e. tootlikkust määrav omadus on kandevõime tonnides. Esmajoones mõeldakse kalluri all jäiga raamiga karjäärikallurit. Kui tegu on liigendkalluri, allmaakalluri või muu veokiga, siis täpsustatakse seda nimetuses. Liigendkallur on kallur mille esiosa ja tagaosaga on ühendatud liigendiga. Liigendkallurit nimetatakse ka artikuleeritud kalluriks (Articulated truck). Liigendkallur on jäiga raamiga kallurist suurema läbivusega, paindlikum ja kulukam.

**Konveier** on mäenduses pideva tööviisiga transpordi- e. veomasin mis veab kaevist (materjali) lindil, plaatidel, koppades või kraapide abil.

**Purusti** on seade või masin, millega purustatakse raimatud kivimeid. Koonuspurusti on purusti, kus metallist koonilise korpuse sees olev metallist koonus surub ringliikumise (kontsentriselt) kive survejõuga katki. Koonuspurustiga purustamine meenutab uhmerdamist. Koonuspurusti on üldjuhul suurem, tootlikum ja suurema avaga kui teised purustid.

**Kopp-purusti** on purusti mis on kopa sees. Ekskavaator ammutab kopa materjali täis ja purusti purustab selle. Nii purustatakse operatiivselt materjali, mille kogus on suhteliselt väike ja seega ka vajalik purusti tootlikkus on väike.

**Kopplaadur** (LHD) on ratastega või roomikutega ja kopaga mobiilne laadimismasin. Sõltuvalt veermikust kasutatakse nimetust - rataslaadur, roomiklaadur (wheel loader, tracked loader). Sünonüüm on ka frontaallaadur (front end loader). Kaubamärgina on kasutusel ka inglise keeles terminid payloader, scooptram). LHD tähistab lühendit Load Haul Dump e. kopplaadurveokit. Kui seda masinat kasutatakse laadimisrežiimis, on see kopplaadur. Kopplaadurit nimetatakse ka rataslaaduriks ja frontaallaaduriks. Roomikutega kopplaadurit kasutatakse kohtades, kus rataslaaduri e. ratasvankril kopplaaduri kasutamine on raskendatud. Roomikud taluvad paremini temperatuuri, teravate servadega kive ja naelu. Roomikutega laadur on veidi aeglasem ja energianõudlikum. Kopp on ekskavaatori, kopplaaduri või elevaatorkonveieri tööorgan.

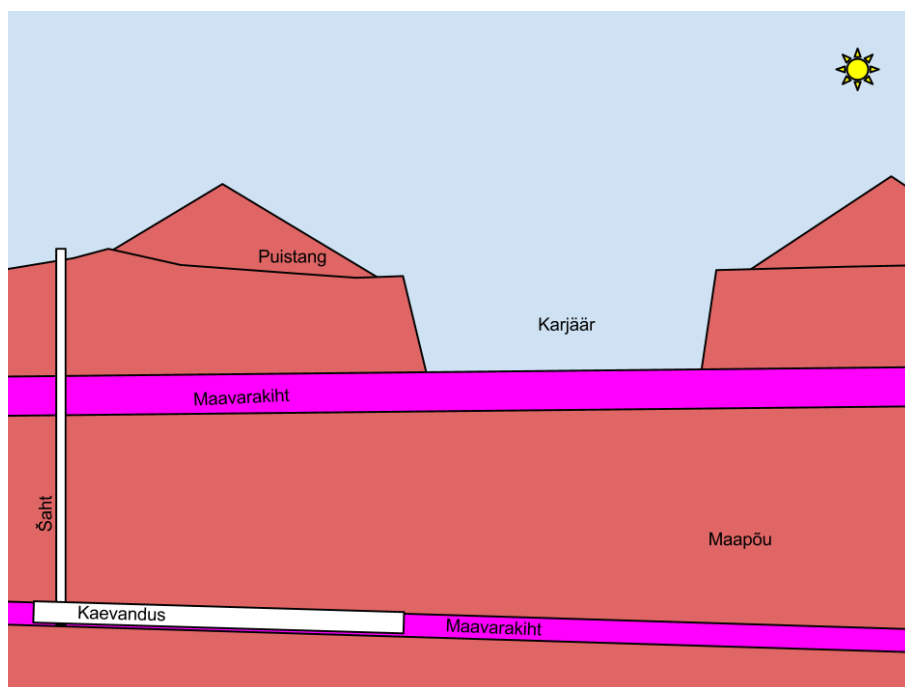
**Laadimismasin** (laadur) on masin millega laaditakse kaevist. Üldnimetusena sobib see kõigi laadimisoperatsiooni teostavate masinate kohta. Levinud laadimismasinad on: Kopplaadur (LHD, rataslaadur ja roomiklaadur), Käpplaadur, Punkerlaadur, Ümberlaadur. Ekskavaatorit ei nimetata üldjuhul laaduriks, kuigi seda kasutatakse laadimisoperatsiooniks. Ekskavaator on spetsiifiline masin, millega saab teostada oluliselt rohkem operatsioone kui laadimine.

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

**Läbinduskilp** e. TBM - Tunnel Boring Machine on läbinduskombain, mille tööorgani läbimõõt on sama suur ja sama kujuga (ringikujuline) kui läbindatav käik, e. tunnel. Kaevandamisel kasutatakse läbininduskilpe vähe, kuna kaevanduses peab läbindama erineva läbimõõduga ja erineva ristlõikekujuga käike. Seda on otstarbekam teha lühieekombainiga. Läbinduskilbid on erimasinad, mis tehakse konkreetse tunneli läbindamiseks. Lühieekombain on mehaanilise raimamise masin mis trumlil asetsevate hammaste abil lõikab kivimit massiivist. Lühiesi on lühike esi e. töökoht mis sobib ühele masinale. Lühieekombaini kasutatakse nii läbindamiseks kui kaevandamiseks.

**Pealmaakopplaadur** on karjääris kasutatav kopplaadur. Karjäär on maapealne kaevandamiskoht. Tehniliselt on karjäär kaeveõnte kogum koos masina- ja seadmepargiga. Majanduslikult on karjäär ettevõtte, mis kaevandab maa peal. Karjäär asub karjääriväljal.

**Karjääris** kasutatakse kaevandamiseks vaalkaevandamise, aukkaevandamise või väljakkaevandamise tehnoloogiat. Karjääri ei ole otstarbekas nimetada kaevanduseks kuigi kaevandus on üldnimetusena igasugune kaevandamiskoht. Kuna kaevanduse nimetamisega kaasneb tavapäraselt detailsem info, siis peab vastavalt lisatud infole kasutama ka täpsemat nimetust, e. karjäär, võtukoht, kaevandus, turbafreesväli, jms (Joonis 2-1 Kaevandus ja karjäär). Üldnimetusena on otstarbekas kasutada "kaevandamiskoht". Konkreetsetest kaevandamiskohtadest rääkides ei ole mõttekas üldnimetust kasutada. Kui siiski kasutatakse "kaevandust" karjääri mõistes, on tegu tänavakeelega, e. ajakirjaniku, poliitiku või võhikuga aga mitte mäemehega.



**Joonis 2-1 Kaevandus ja karjäär**

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

---

Mäemees (tavaliselt mäeinsener) on spetsialist, kes plaanib, projekteerib ja juhib kaevandamist. Mäeinsener ei ole kaevur ja kaevur ei ole mäeinsener.

**Pump** on seade vedeliku või gaasi ühest kohast teise kohta transportimiseks surve abil.

Puurvanker on ühe või mitme puurmasinaga varustatud iseliikuv alus [25]. Puurvankrit kasutatakse puur-lõhketöödel laenguaukude puurimisel. Lühend PLT tähistab Puurlõhketöid. Puurtööd tähistavad kivimisse laengu- või lõhkeaukude puurimist. Aukudesse paigutatakse lõhkeaine. Lõhketööd tähistavad lõhkeaine ja lõhkematerjalide käitlemist, aukude laadimist ja lõhkamist. Lõhkamine on üks raimamise moodustest.

**Ratasbuldooser** on ratastega mobiilne masin, mille põhioperatsioon on lükkamine. See on kiirem kui roomikbuldooser. Samas on selle läbivus, haardejõud ja lükkejõud väiksem kui roomikbuldooseril. Ratasbuldooser võib olla spetsiaalselt selliseks ehitatud masin, või ka traktor, auto või kopplaadur, mida kasutatakse buldooserina. Kui sellist masinat kasutatakse lumekoristustöödel, siis nimetatakse seda ka lumesahaks. Masin on seade või seadmete kogum, mis hõlbustab inimese tööd, nii kirjutab EKI. Mäemasin on mäetööde protsessi teostav masin.

**Ripper** on metallist konks mille abil purustatakse kivimit massiivis. Ripperi konks (pii, hammas) on lihtne selektiivse väljamise vahend. Konks paigutatakse üldjuhul buldooseri tagaossa. Sel juhul tähistab ripper buldoosrkobestit. Kui ripperi konks on kinnitatud ekskavaatori noolele, siis nimetatakse masinat ekskavaator-kobestiks või ripperekskavaatoriks.

**Rootorpurusti** e. löökpurusti purustab kivimit löögi abil, mis antakse kivimile pöörleva rootori labaga. Kivi lüüakse vastu purusti pörkeplaati või vastu langevaid kive (kivi vastu kivi purustamine).

**Soonur** on masin, millega saab soonida soont. Sooni soonitakse püstasendis veekraavide rajamiseks ja kaablikraavide lõikamiseks. Horisontaalasendis sooni kasutatakse kaevandamisel vaba pinna tekitamiseks lõhkamisel.

**Höövel** on mäenduses kasutusel kivisöe mehaniseeritud lankkaevandamisel. Hööveldatav kivim peab olema nii rabe kui ka pehme, et seda oleks võimalik hõövli hammastega lõigata. Söehõövli laava on ca 150m pikk ja kuni 2 meetrit kõrge. Kõrgemates laavades kasutatakse laavakombaine. Höövli tömmatakse mööda ett edasi-tagasi, surudes selle hambaid samal ajal kivisöe sisse. Raimatud süsi kukub kraapkonveierile, mis viib kaevisse ümberlaadimispunkti. Edasi liigub kivisüsi lintkonveieril kaevanduse hoovi suunas.

**Ankurtoestikuks** nimetatakse aukudesse paigutatud vardaid, millega kaeveõõnt ümbritev kivim kihiti kinnitatakse. Ankurdamist kasutatakse juhul kui lae- või külgekivim ei ole piisavalt stabiilne, et ohutult töötada kuid on seda ankurdatult. Rusikareegli järgi soovitatakse ankru pikkus valida 1,2..1,5 ankrute paigaldussammust pikem. Lõheliste kivimite korral

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

---

kasutatakse 2:1 suhet. Käigu toestamisel valitakse laeankru pikkuseks 1/3 käigu laiusest ja külgankrute pikkuseks 1/5 käigu kõrgusest.

Sõna "Tractor" on ajalooliselt lühend sõnaühendist "Traction Engine" e. mootor, mis veab põllumajandusmasinaid või palke. Kuna ajalooliselt arendati traktor vedurist, siis esialgselt nimetati neid ka "Road locomotive". "Locomobile" oli mootor, mida sai ratastel hobusega vedada. **Traktor** on ka tänapäeval vedav masin, mille külge saab ühendada haakeseadmeid, lisaseadmeid, sahka, koppa, ekskavaatorit, puuri jpm. Sõltuvalt lisaseadmest nimetatakse traktorit mitmeti või vastavas režiimis töötavaks traktoriks. N: traktor-ekskavaator, traktor-kopplaadur või kopplaaduri režiimis töötav traktor.

**Turba profileerija** on turbaväljaku hõövel millega antakse kraavidevahelise väljaku pinnale kaldprofiil, millelt vesi hõlpsasti kraavi voolab. Nii kuivatatakse kraavidevahelise platsi ülemist kihti. Turba tiguprofileerija on hõövel, mis tigutööorgani abil profileerib turbaväljaku pinda.

**Tükeldi** (sizer ingl.k.) on hammastega purusti (meenutab valtspurustit), mis surub kivi kammaste vahele, surub hamba kivi sisse ja lõikab vastupanus kivimi tõmbetugevusele kivi katki.

**Vibraator** on mäenduses vibratsiooni tekitav seade, mida kasutatakse vibrosõelte raputamiseks, punkrite puhastamiseks või puistematerjali tihendamiseks. Vibraatori paneb liikuma tsentrist eemale paigutatud pöörlev rootor.

**Masinate valiku** esimene reegel on protsessi nõuete ja piirangute defineerimine ja teine kõigi võimalike masinate sobitamine nende tingimustega. Optimeerimiseks peavad olema sätestatud parameetrid, mida optimeeritakse.

### Kokkuvõte

Masinate kasutamine ei ole mäenduses reglementeeritud ja sõltub lisaks tehnoloogilistele ja majanduslikele oluliselt enamatest kriteeriumitest. Maailmakogemuse ja analüüsi abil on võimalik masinate kasutusala optimeerida ja saavutada kas erineva parameetritega masina, erineva tüübiga masina või tehnoloogilise skeemi muutmisega saavutada oluliselt paremad tulemused. Lisaks hankesüsteemile tuleb kasutada analoogia ja multikriteeriaalset valikumeetodit.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine, ETF8123 - Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses ja DAR8130 - Energia ja geotehnika doktorikool II.



**Viited:**

1. 500 Years of Earthmoving 1994, Heinz-Herbert Cohrs. AKHL Group Publication
2. Author(s): Bazzazi, AA (Bazzazi, Abbas Aghajani)<sup>1</sup>; Osanloo, M (Osanloo, Morteza)<sup>2,4</sup>; Karimi, B (Karimi, Behrooz)<sup>3</sup>, A NEW FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING MODEL FOR OPEN PIT MINES EQUIPMENT SELECTION, Source: ASIA-PACIFIC JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Volume: 28 Issue: 3 Pages: 279-300 DOI: 10.1142/S0217595911003247 Published: JUN 2011
3. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
4. Kolats, M.; Valgma, I. (2010). Täitmatu kaevandus. In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõue ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 28 - 31.
5. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaarajatistes. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (56 - 69). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
6. Mims, C; Ziemerink, C. Unearthing Hidden Opportunity in Mobile Mining Equipment Utilization. E&MJ-ENGINEERING AND MINING JOURNAL Volume: 213 Issue: 3 Pages: 90-91 Published: MAR 2012
7. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 12.05.2012
8. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
9. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Robam, K. (2011). Täitmise tehnoloogia ja kaevandusvesi. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (70 - 72). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
10. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Väizene, V.; Pototski, A. (2011). Kaevandamise täitmisuuringud. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 38 - 41.
11. Robam, K.; Valgma, I. (2008). Hämmastavad augud ja ökogigandid. Amon, L.; Verš, E. (Toim.). Suured teooriad : neljas geoloogia sügiskool 10.-12. oktoober 2008 (25 - 34). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
12. Robam, K.; Valgma, I. (2011). Veekõrvaldamine ja veekõrvaldamisega seotud uuringud. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (13 - 15). Tallinn: TTÜ mäeinstituut
13. Sabanov, S.; Reinsalu, E.; Valgma, I.; Karu, V. (2009). Mines Production Quality Control in Baltic Oil Shale Deposits. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing,

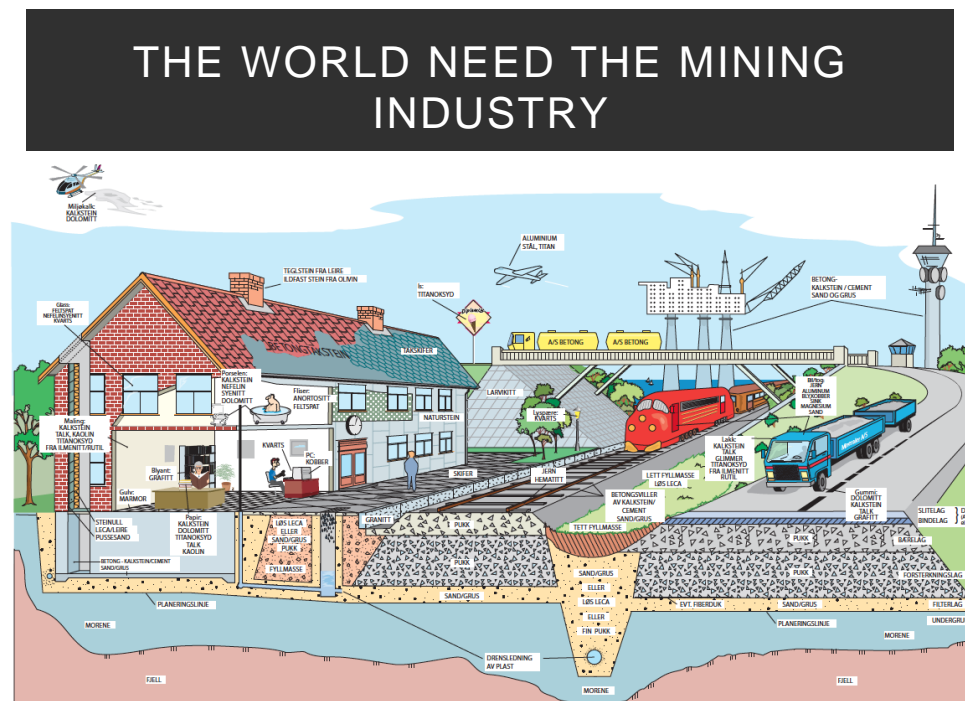
- Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
14. SME Mining Engineering Handbook. Howard L. Hartman, Seeley W. Mudd Memorial Fund of AIME., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992
  15. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collaps with seismic methods - a case study from Estonia . In: Book of abstracts: International Oil Shale Symposium, Tallinn, Estonia, 8-11 June 2009: Tallinn:, 2009, 101 - 102.
  16. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Detection of mine collapses with seismic methods- a case study from Estonia. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
  17. Soosalu, H.; Valgma, I. (2009). Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid. Keskkonnatehnika, 3, 6 - 9.
  18. Soosalu, H; Valgma, I; Sokman, K (2009). Seismic detection and on-site survey of mine collapses in Estonia. Nordic Seismic Seminar, Stockholm, 14.-16.10.2009. , 2009.
  19. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
  20. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu., 2007, 31 - 37.
  21. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
  22. Valgma, I. (2009). Miks me praegu fosforiidist ei unista? In: Unustatud maavarad: XVII Aprillikonverentsi Tallinn 03.04.2009. (Toim.) Suuroja, K., 2009, 16 - 16.
  23. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
  24. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
  25. Valgma, I. (2011). Kildagaasi ehk uue nafta lätetel. Inseneria, Detsember/10, 24 - 26.
  26. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (22 - 24).Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
  27. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-).Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

28. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västriku, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J.-R.; Köpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
29. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajak
30. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. Oil Shale, 27(3), 239 - 249.
31. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuringud ja kaevandamine.
32. Valgma, I.; Tammeoja, T.; Anepaio, A.; Karu, V.; Västriku, A. (2008). Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Toim.). Schacht, Strecke und Tunnel (161 - 172). Freiberg : TU Bergakademie
33. Valgma, I.; Vesiloo, P. (2011). Underwater blasting experiments in Estonia. In: International Conference on Explosive Education and Certification of Skills: Explosive Education and Certification of Skills, Riia, Läti, 12-13 Aprill 2011. (Toim.) Olga Mutere. Riga: Riga, Latvia University, 2011, 37 - 39.
34. Valgma, I.; Västriku, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
35. Vesiloo, P.; Valgma, I. (2011). Dolokivi vee seest kaevandamine ja lõhkamine. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 35 - 38.
36. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.

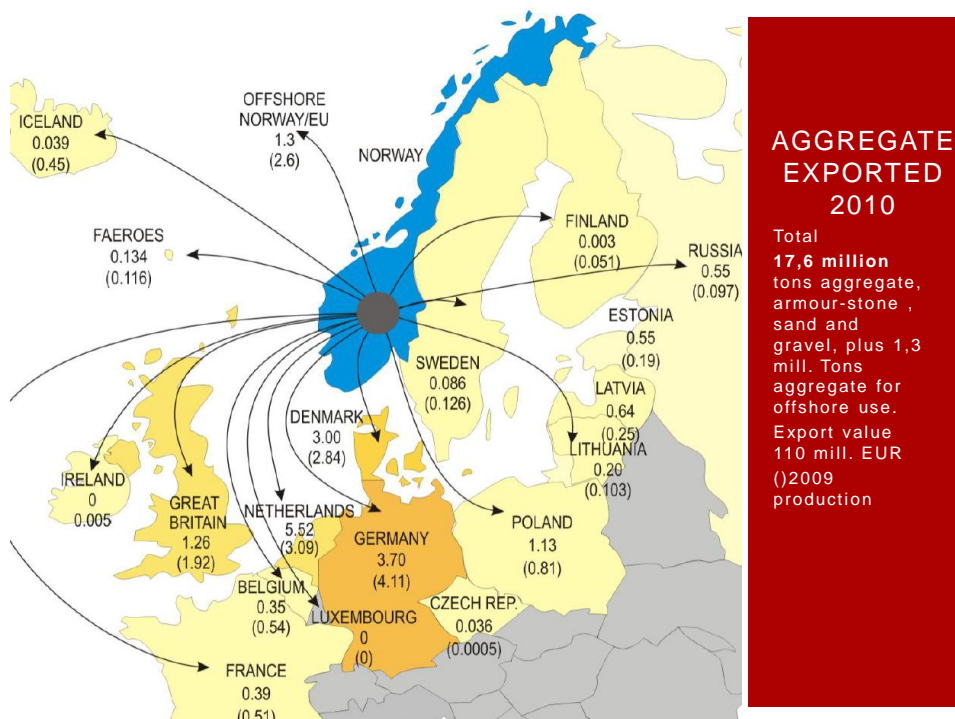
### 3. Norra mäendus

Ingo Valgma, Veiko Karu

Norra on tuntud kui naftamaa. Naftaga seonduv varjutab avalikkuse jaoks teiste maavarade kaevandamise. Kuid kui võrrelda Eesti olukorraga siis oleme osaliselt sarnased. Prevaleerib õli, e. Eesti puhul põlevkivi. Samas eksporditakse Norrast tardkivikillustikku ja ka tehnoloogilisi maavarasid. Norra olukord on võrreldav Saksamaaga, mis on olnud arenenud mäetööstusmaa [16, 17, 7, 1]. Eesti on Norraga seotud nii killustiku ostmise kui kaevandamisjäätmete ühisuuringu läbi [4]. Kuna puurplatvormid on oluline osa Norra majandusest, siis kõrgub ka maavarade kasutamise skeemil naftaplatvorm (Joonis 3-1 Norralaste selgitav skeem maavarade kasutamise kohta). Nagu statistika näitab, siis Norra ekspordib oluliselt rohkem maavarasid kui Eesti (Joonis 3-2 Norra maavarade väljavedu) [5, 3]. Norras kasutatakse maailmatehnoloogiat kui ei ole maailmatuntud kaevandamisfenomene [11, 14]. Pindala on suur ja seega tulevikus mäetööstus suure tõenäosusega areneb [19, 20, 21]. Allmaakaevandamine ei ole praegusel hetkel aktuaalne, kuid tulevikus võib muutuda [23, 24]. Ka kildagaasi leidmine ei ole Norra territooriumil välistatud [25]. Kui gaasi ja naftaga seotud kilt- või liivakivi välja jätta, siis ei ole Norra mäendustingimused Eesti omadele väga sarnased [29, 34, 36]. Võõraste, kui eriti lähiriikide erialaspetsiifika on oluline, kuna mõjutab suurt osa suhetest [26].



Joonis 3-1 Norralaste selgitav skeem maavarade kasutamise kohta



### Joonis 3-2 Norra maavarade väljavedu

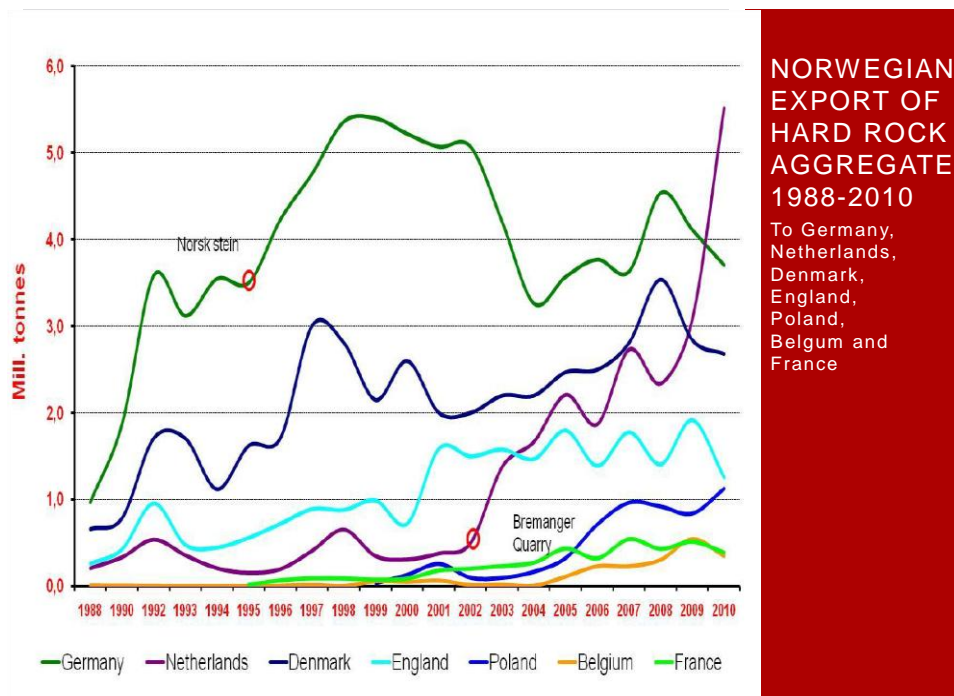
Viimastel aastakümnetel on ekspordimahud kasvanud (Joonis 3-3 Norra maavarade ekspordimahud). Maavarade kaevandamine on koondunud vastavalt ärioloogikale mereteede lähedale (Joonis 3-4 Norra killustikukarjäärid asuvad mereteede läheduses). Maagikaevandamine on aga koondunud kesk-Norrasse (Joonis 3-7 Norra maagikarjäärid (roheline) ja maardlad). Ka tehnoloogilise toorme tootmine on maailma mastaabis olulisel kohal (

## NORWEGIAN INDUSTRIAL MINERALS

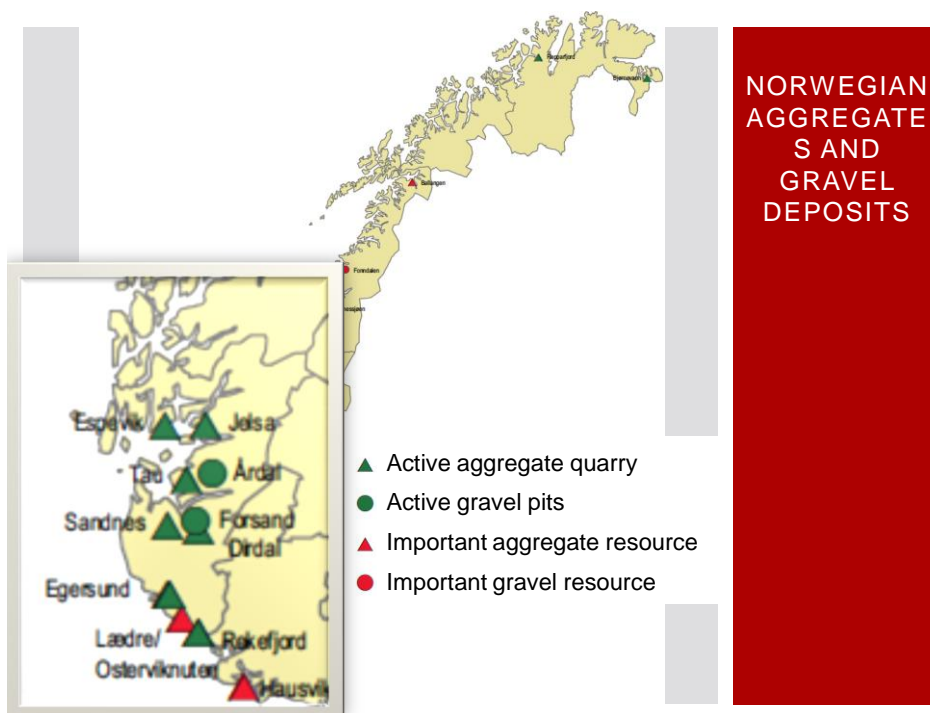
- Industrial minerals in production:
  1. Produce 7 m/t/y chalk and dolomite (Nordland)
  2. Quartzite (bl.a Tysfjord)
  3. Graphite (Senja)
  4. Olivine (40% of World production) 1,3 m/t/y
  5. Nephelin syenite 346.000 t/y (15% of World production)
  
- Not in production
  1. Talc (Sørfold)
  2. Apatite (Rogaland++)



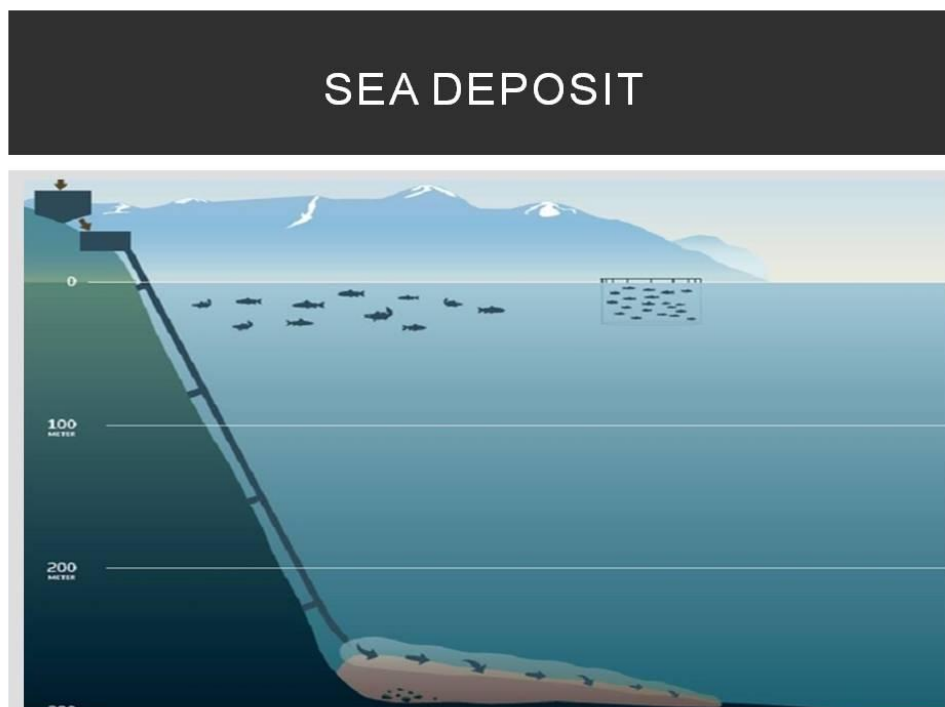
Joonis 3-8 Tehnoloogiline toore). Üks huvipakkuvatest faktidest on Norras fjordide kasutamine katendi või aheraine ladustamiseks (Joonis 3-5 Aheraine paigutamine fjordi) [2].



Joonis 3-3 Norra maavarade ekspordimahud



Joonis 3-4 Norra killustikukarjäärid asuvad mereteede läheduses



Joonis 3-5 Aheraine paigutamine fjordi

## SEA DEPOSIT ON LAND

- The only one in production today in Norway is Titania
- Problems: Dust, runoff, securing and towering



Joonis 3-6 Aheraine maismaapuistang





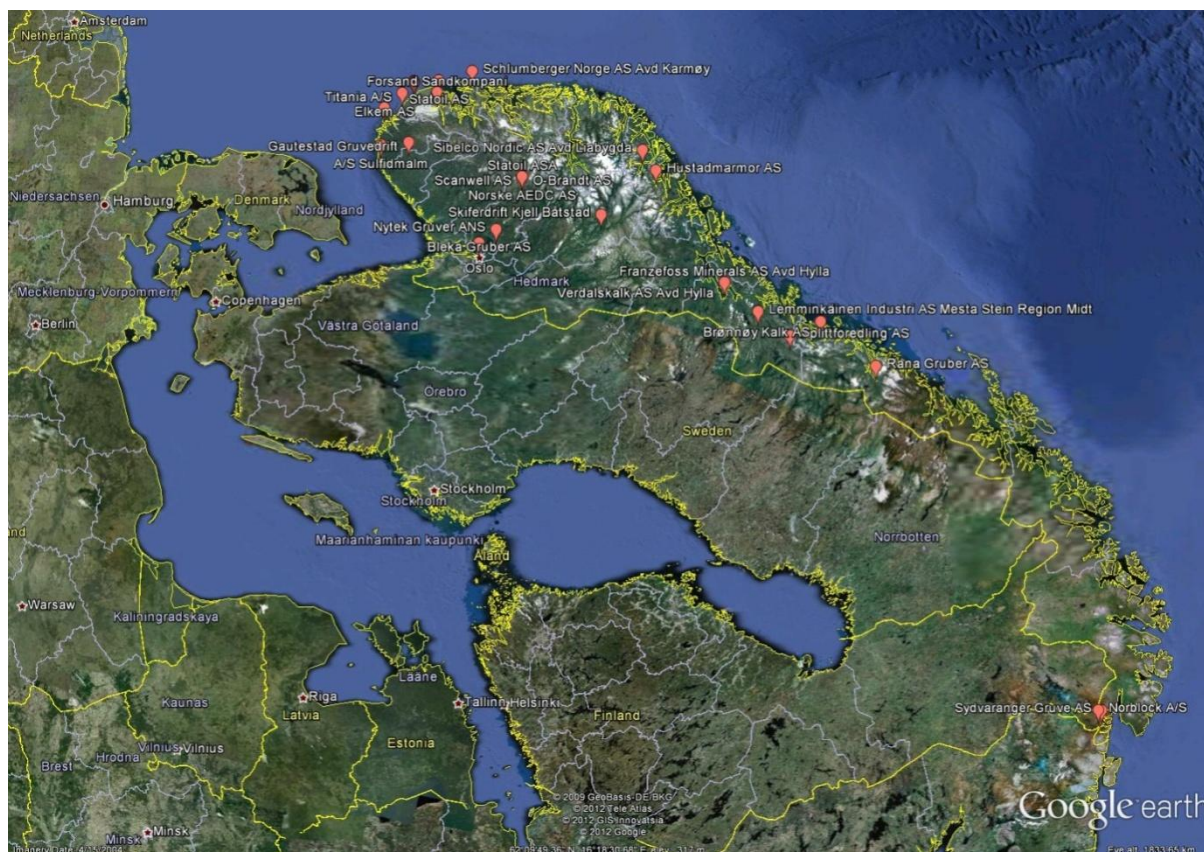
## NORWEGIAN INDUSTRIAL MINERALS

- Industrial minerals in production:
  1. Produce 7 m/t/y chalk and dolomite (Nordland)
  2. Quartzite (bl.a Tysfjord)
  3. Graphite (Senja)
  4. Olivine (40% of World production) 1,3 m/t/y
  5. Nephelin syenite 346.000 t/y (15% of World production)
  
- Not in production
  1. Talc (Sørfold)
  2. Apatite (Rogaland++)



### Joonis 3-8 Tehnoloogiline toore

Kaevandamisel tekkivate jääkide uuringuraames on kaasatud Läänemere äriettevõtete andmebaasi Norrast 61 ettevõtet (Joonis 3-9 Baltic business database - Norra ettevõtted) [22]. Kaasatud ettevõtted tegelevad maavarade kaevandamisega ja naftapumpamisega.



### Joonis 3-9 Baltic business database - Norra ettevõtted

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: VIR491 - MINNOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäädike/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas, AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine ja DAR8130- Energia ja geotehnika doktorikool II.

#### Viited:

1. How the coal farmers managed to defeat the Ironworks owner, Bernt Anker - Peasant politics and peasant economy in the Oslo Fjord region in the 18th century. Author(s): Dorum, K (Dorum, Knut). Source: HISTORISK TIDSSKRIFT Volume: 85 Issue: 3 Pages: 403-+ Published: 2006
2. Impact of waste from titanium mining on benthic fauna, author(s): Olsgard, F (Olsgard, F); Hasle, Jr (Hasle, Jr), source: Journal of Experimental Marine Biology And Ecology Volume: 172 issue: 1-2 pages: 185-213 doi: 10.1016/0022-0981(93)90097-8 published: 1993
3. Karu, V.; Valgma, I.; Haabu, T.; Robam, K.; Anepaio, A.; Soosalu, H. (2011). Mida teha kaevandatud maavaraga. In: XIX Aprillikonverentsi "Eesti mere- ja maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest" teesid: XIX Aprillikonverents "Eesti mere- ja

- maapõue uuringutest ning arukast kasutamisest", Tallinn 01.04.2011. (Toim.) Suuroja, K.; Kivisilla, J.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2011, 47 - 50.
4. MIN-NOVATION projekti partnerite töökoosolek Norras 24.-28.04. <http://www.ttu.ee/ttu-uudised/sundmused/ulikooli-sundmused-2/min-novation-projekti-partnerite-tookoosolek-norras-24-2804/> 22.05.2012
  5. Norwegian mining industry deposits and tailing. Pål Thjømøe. Min-Novation Mining Waste Conference. Stavanger. 2012
  6. Robam, K.; Valgma, I. (2008). Hämmastavad augud ja ökogigandid. Amon, L.; Verš, E. (Toim.). Suured teooriad : neljas geoloogia sügiskool 10.-12. oktoober 2008 (25 - 34). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
  7. SME Mining Engineering Handbook. Howard L. Hartman, Seeley W. Mudd Memorial Fund of AIME., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992
  8. Valgma, I. (2007). Kuidas rajoneeritakse maardlaid? Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat (61 - 67). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
  9. Valgma, I. (2007). Maardlate rajoneerimine. In: Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007]: Tartu., 2007, 31 - 37.
  10. Valgma, I. (2009). Dependence of the mining advance rate on the mining technologies and their usage criteria. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
  11. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. Oil Shale, 26(4), 445 - 150.
  12. Valgma, I. (2010). Kust ja kuidas kaevandada? In: XVIII aprillikonverentsi "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine" teesid: Eesti Geoloogiakeskuse XVIII aprillikonverents "Eesti maapõu ja selle arukas kasutamine", Tallinn 1. aprillil 2010. (Toim.) Suuroja, K.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2010, 12 - 13.
  13. Valgma, I. (2011). Kildagaasi ehk uue nafta lätetel. Inseneeria, Detsember/10, 24 - 26.
  14. Valgma, I. Jt. Mäeõpik - <http://mi.ttu.ee/opik/> - Mäeinstituut. 22.05.2012
  15. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västrik, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
  16. Valgma, I.; Kattel, T. (2006). Saksamaa kaasaegsed kaevandamistehnoloogiad. In: 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] : Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 88 - 94.
  17. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
  18. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

---

19. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
20. Valgma, I.; Västrik, A.; Karu, V.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Adamson, A. (2008). Future of oil shale mining technology. Oil Shale, 25(2S), 125 - 134.
21. Väli, E.; Valgma, I.; Reinsalu, E. (2008). Usage of Estonian oil shale. Oil Shale, 25(2S), 101 - 114.
22. Baltic business database - <http://www.min-novation.eu/sme-database.html> - (22.05.2012)