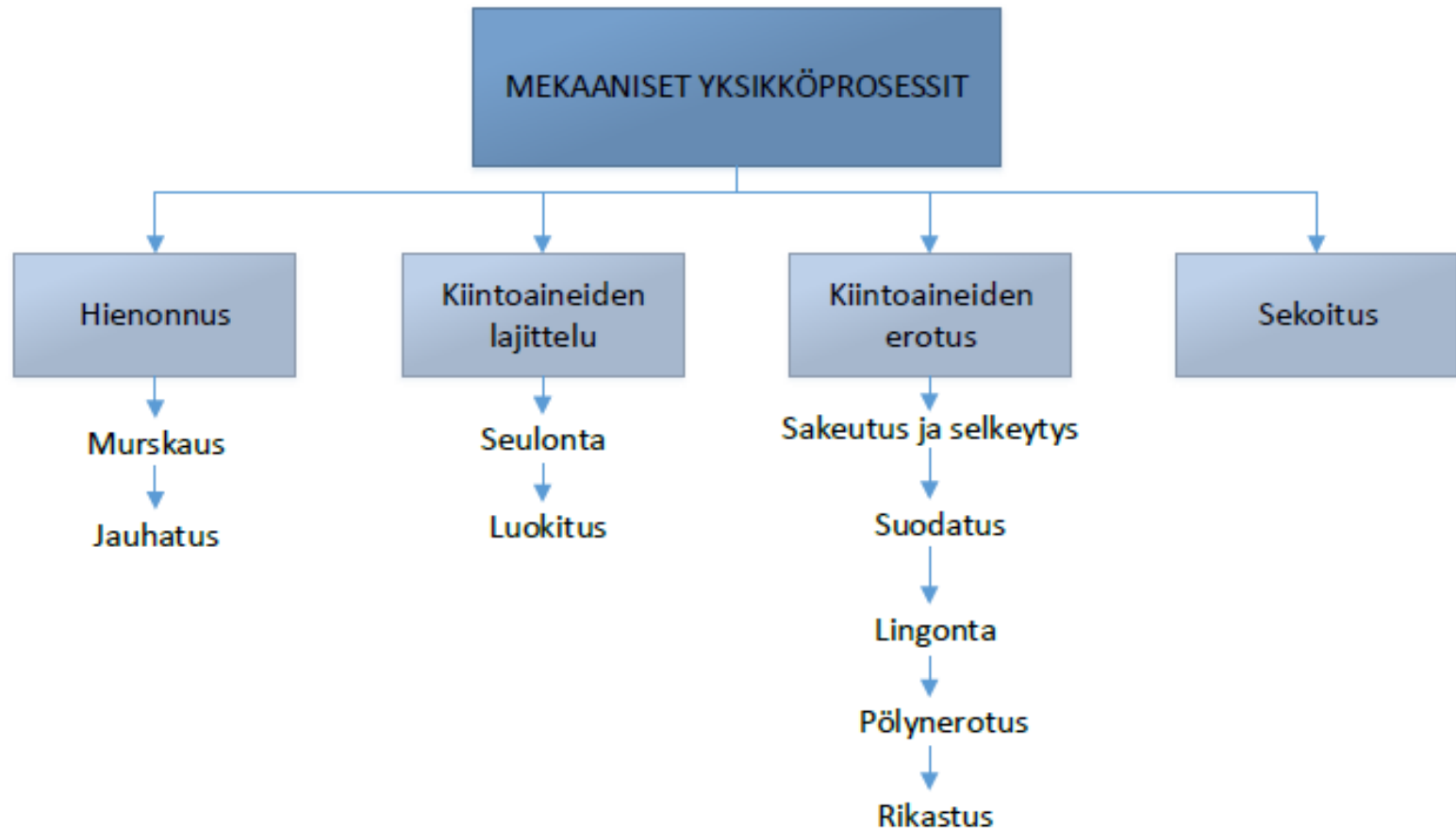


Kaiva.fi

Hienonnuks
Kiintoaineiden lajittelu

Johdanto

- Mineraalien hienonnus on osa mekaanisia yksikköprosesseja



Hienonnuks

- Hienonnuksella tarkoitetaan murskausta ja jauhatusta sekä raekoon jakauman samanaikaista ohjausta seulonnan ja luokituksen avulla.
- Hienonnuks on tärkeä osatekijä useissa valmistusprosesseissa (myös muissa kuin kaivannaisalan prosesseissa)
- Hienonnusta käytetään:
 - Halutun partikkelikoon aikaansaamiseksi
 - Arvokkaan mineraalin erottamiseen sivukivestä, jotta rikastus onnistuu (puhtaaksijauhatuksen lisäys)
 - Pinta-alan kasvattamiseen kemiallisia reaktioita varten
 - Massa- ja paperitekniikassa kuitujen ominaisuuksien muuttamiseen



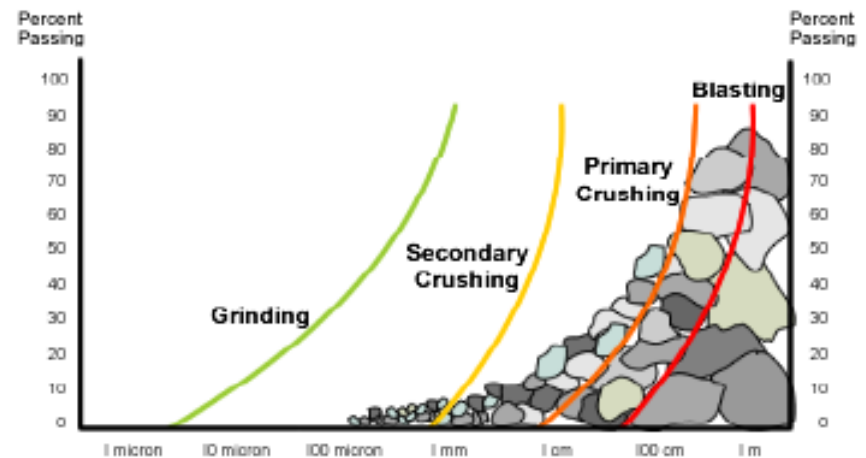
Hienonnuks

- Hienonnuks vaatii runsaasti energiaa: varsinaisen hienonnustyön vaatima energia, prosessissa syntyvä lämpöenergia ja mekaaniset häviöt
- Hienonnuksen työvaiheet:
 - malmikiven louhinta
 - Murskaus
 - murskeen jauhatus
- Suoritetaan yleensä useammassa vaiheessa, koska:
 - Hienonnukslaitteilla on tietty optimaalinen toiminta-alue
 - Niillä voidaan saavuttaa vain tietty hienonnuksuhde
- **Malmi** = arvokasta mineraalia sisältävä aine



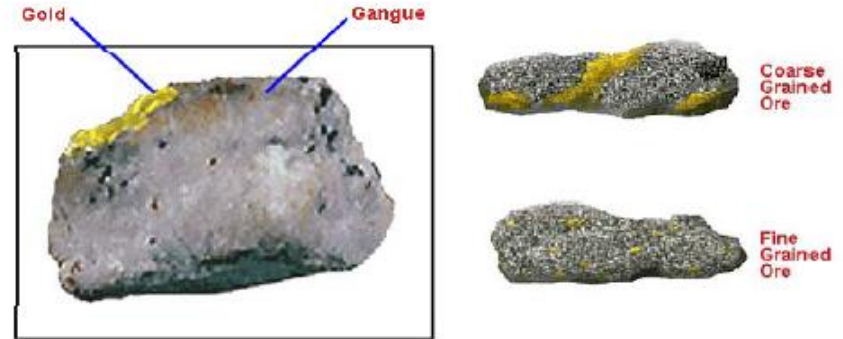
Hienonnuksen luokitus raekoon mukaan

Hienonnuks- vaihe	Tuotekoko, alle
Louhinta	1 m
Karkeamurskaus	100 mm
Hienomurskaus	10 mm
Karkeajauhatus	1 mm
Hienojauhatus	100 μm
Hyvin hieno jauhatus	10 μm
Erittäin hieno jauhatus	1 μm

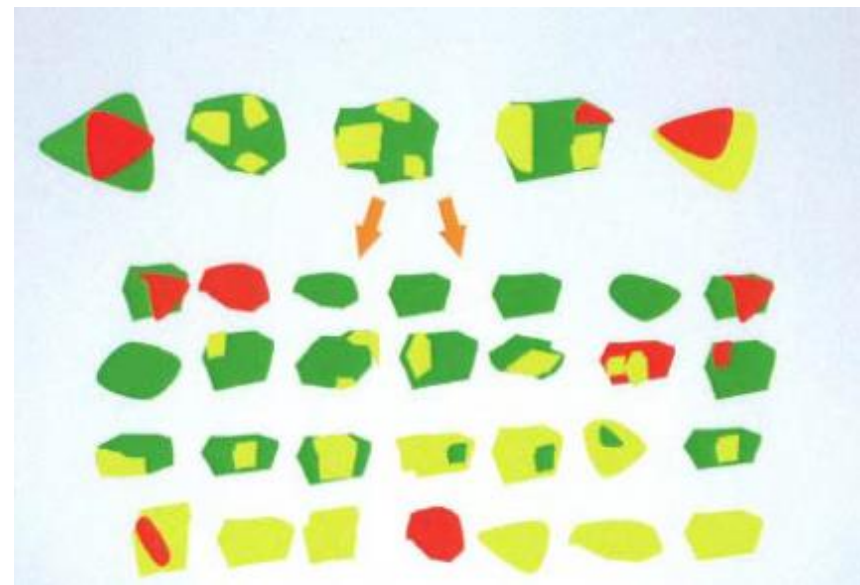


Puhtaaksijauhatusaste

- Puhtaaksijauhatusasteella tarkoitetaan puhtaina rakeina esiintyvän ainemäärän suhdetta saman aineen kokonaismäärään
- Epätäydellinen puhtaaksijauhatus rajoittaa joko tuotteen pitoisuutta tai saantia

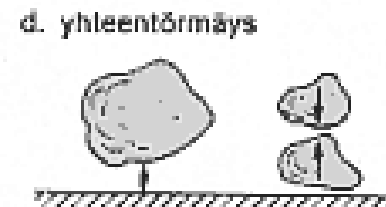
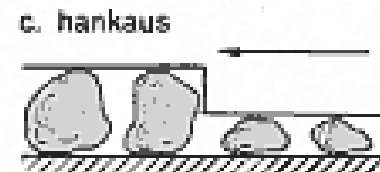
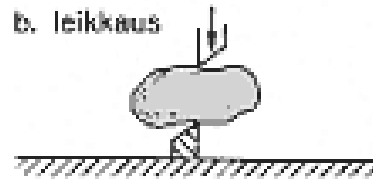
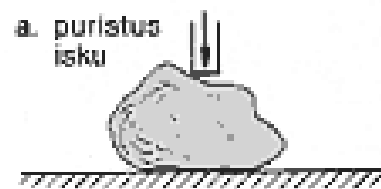


Metso Minerals, CBT



Hienonnuks perustuu...

- iskuun
- puristukseen
- hankaukseen
- leikkaukseen
- yhteentörmäykseen

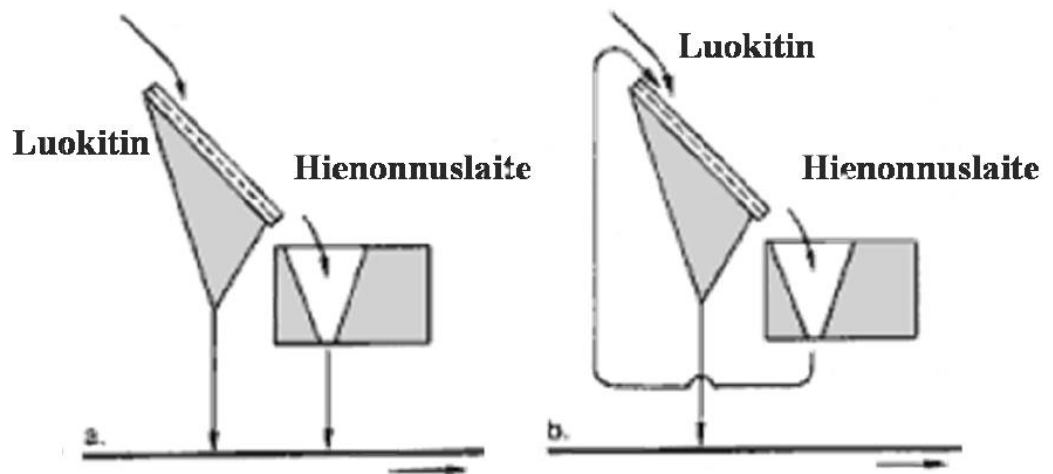


Ilmiöt, joihin hienonnuks perustuu (Pihkala 2003)

Seulonta ja murskauspiirit

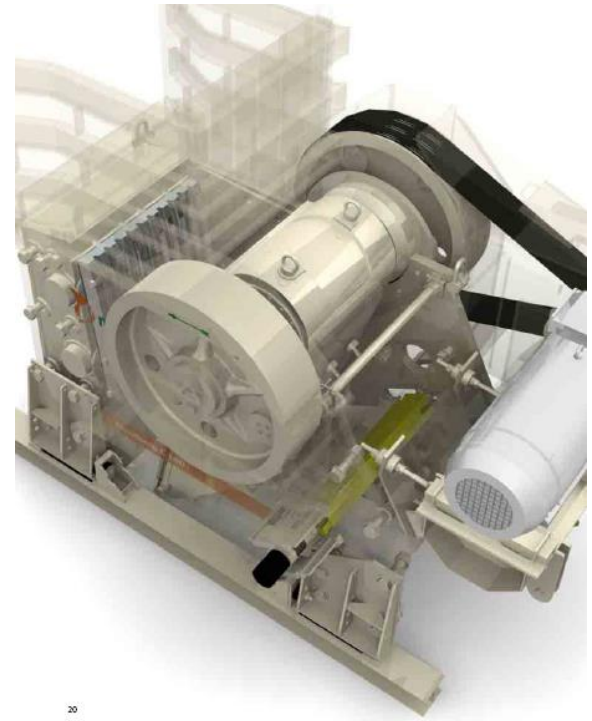
- Luokituslaitteet (yleisimmin seulat) ovat keskeinen osa murskaamoita.
- **Avoin** seulonta/murskauspiiri:
 - Luokitin on sijoitettu hienonnuksilaitteen eteen. Luokituslaite erottaa hienon ainesosan karkeasta aineksesta. Karkea osa syötetään hienonnuksilaitteeseen (murskain, mylly). Saatu hienonnuksituote yhdistetään luokittimesta tulevaan ainekseen.
- **Sulkeinen** seulonta/murskauspiiri:
 - Hienonnuksilaitteen tuote palautetaan takaisin luokittimeen uudelleen ja uudelleen, kunnes se on hienontunut haluttua hienonnuksastetta vastaavaksi ja läpäissyt luokittimen.

- a) Avoin piiri
b) Sulkeinen piiri
(Pihkala 2003)



Murskaus

- Karkean louhitun malmin tai muun karkean aineksen hienontamista yhdessä tai useammassa perättäisessä käsittelyvaiheessa (yleensä 1-3 vaihetta).
- Tavoitteena tuote, joka sopii raekooltaan jauhatuslaitteisiin syötettäväksi (raekoko maksimi noin 10 mm ennen jauhatusvaiheita, jos jauhatus suoritetaan tavanomaisilla metallisilla jauhinkappaleilla varustetussa myllyssä)



20

Hienonnussuhde n

- Hienonnussuhde = hienonnukslaitteen syötteen ja tuotteen raekokojen (partikkelikokojen) välinen suhde

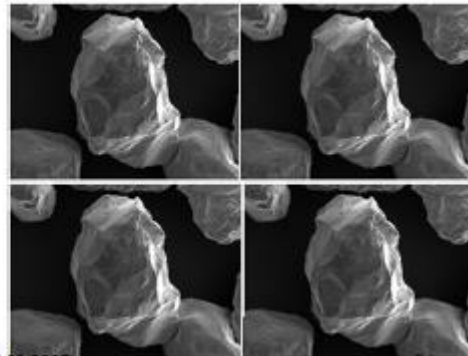
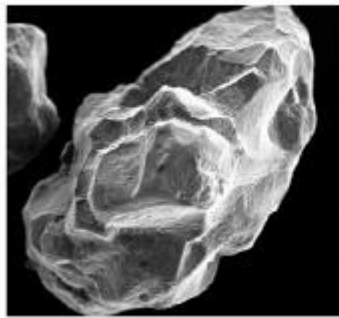
$$n = \frac{d_1}{d_2}$$

d_1 = suurin kappalekoko ennen hienonnusta

d_2 = suurin kappalekoko hienonnuksen jälkeen

Tavallisen murskaimen

hienonnussuhde on noin 5.

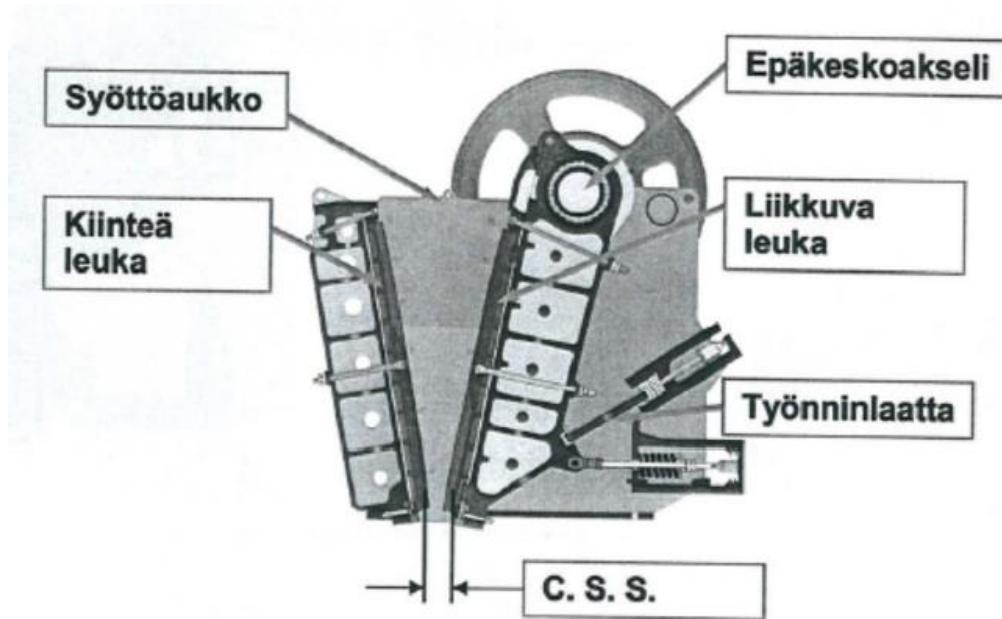


Murskaimet

- Leukamurskain
- Kartiomurskain
- Valssimurskain
- Iskumurskain

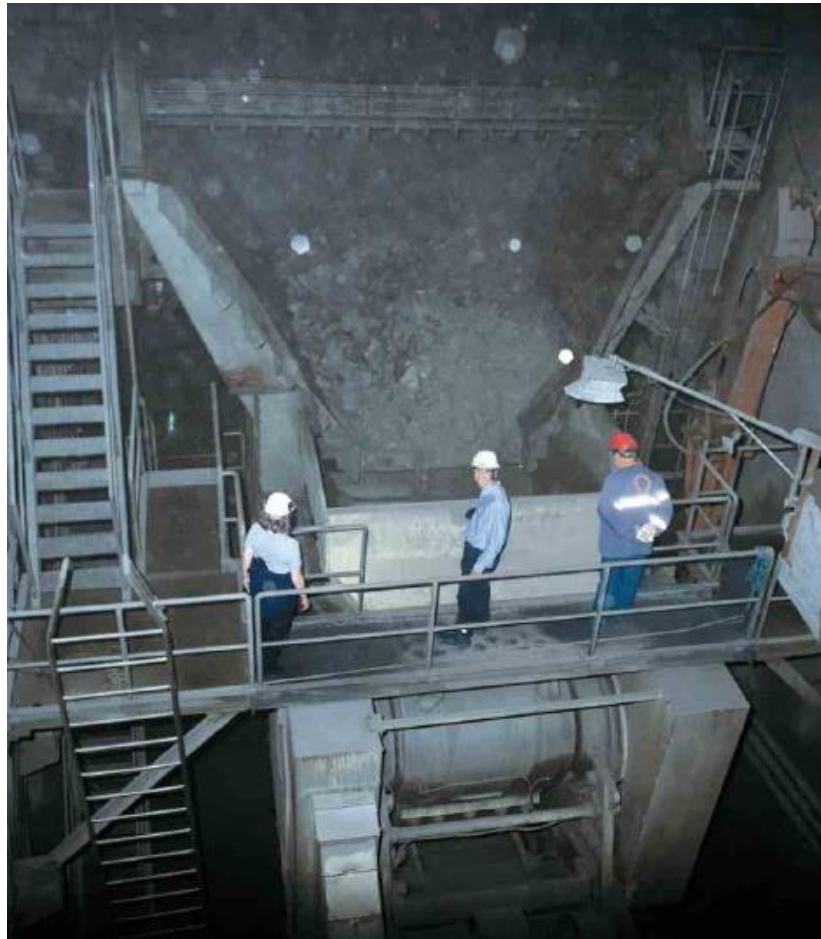


Leukamurskain

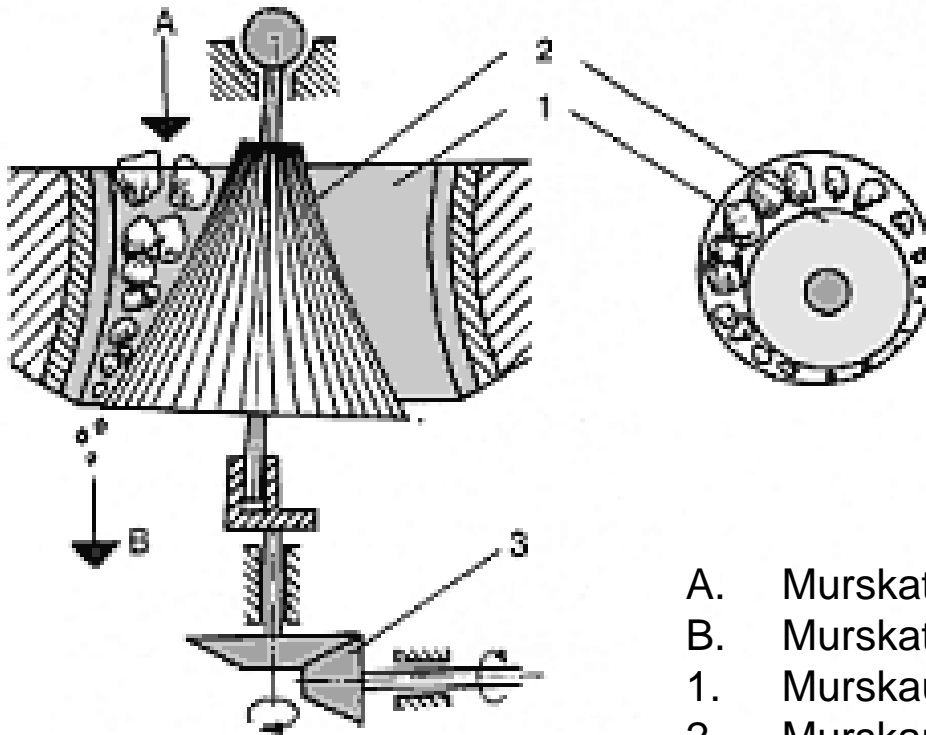


- Oleellista murskaimen kita-aukko ja asetusarvo.
- **Kita-aukko** ilmaisee kuinka suuria lohkareita murskaimeen voi syöttää ja siten murskata.
- **Aetusarvo (C.S.S.)** ilmoittaa kiinteän ja liikkuvan leuan pienimmän etäisyyden kita-aukon alareunassa.
- Aetusarvon perusteella määräytyy murskatun materiaalin hienous.
- Leukamurskaimella murskaussuhde on 3-7.

Leukamurskain



Kartiomurskain

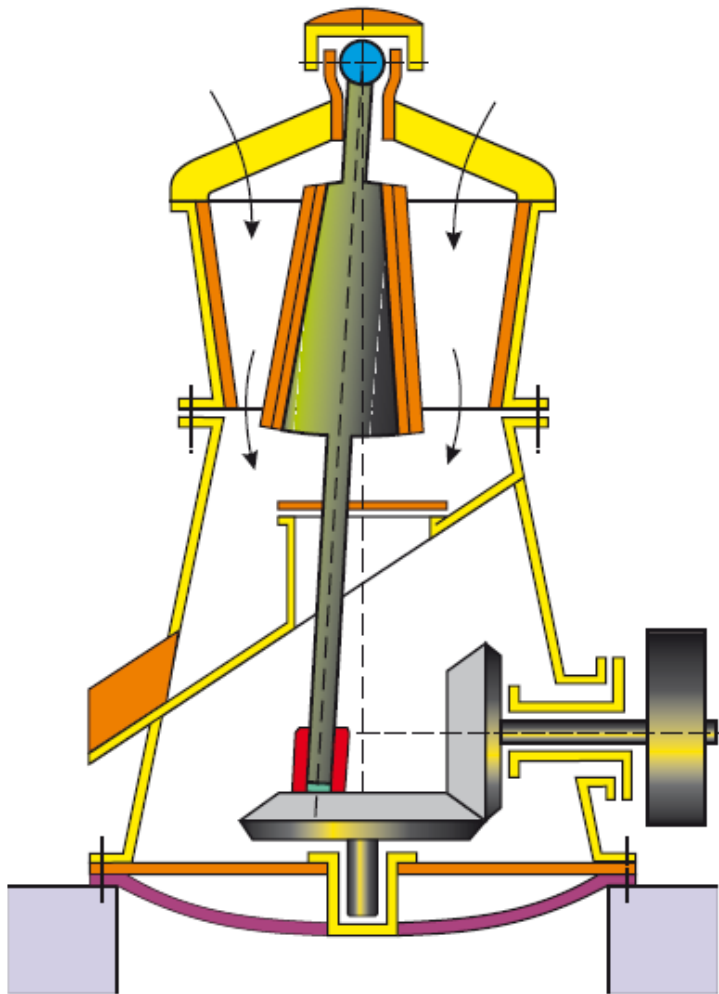


- Toiminta perustuu iskuun ja puristukseen.
- Soveltuu kun murskattavan materiaalin määrä on suuri.
- Kartiomurskaimella murskaussuhde on 3-10.

- A. Murskattavan materiaalin syöttö
B. Murskatun materiaalin poisto
1. Murskausmalja
2. Murskauskartio
3. Kartion pyöritys- ja epäkeskomekanismi

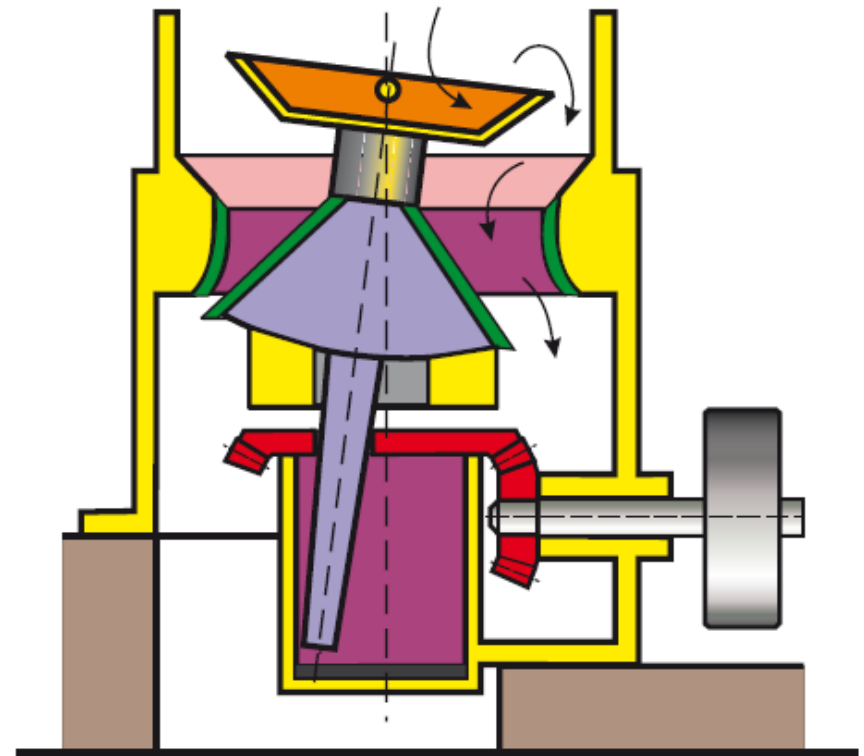
Karamurskain

- Kara tyypillinen esimurskain
- Karan yläosan rakenne tuettu ja laakeroitu
- Kartion syöttö avoin



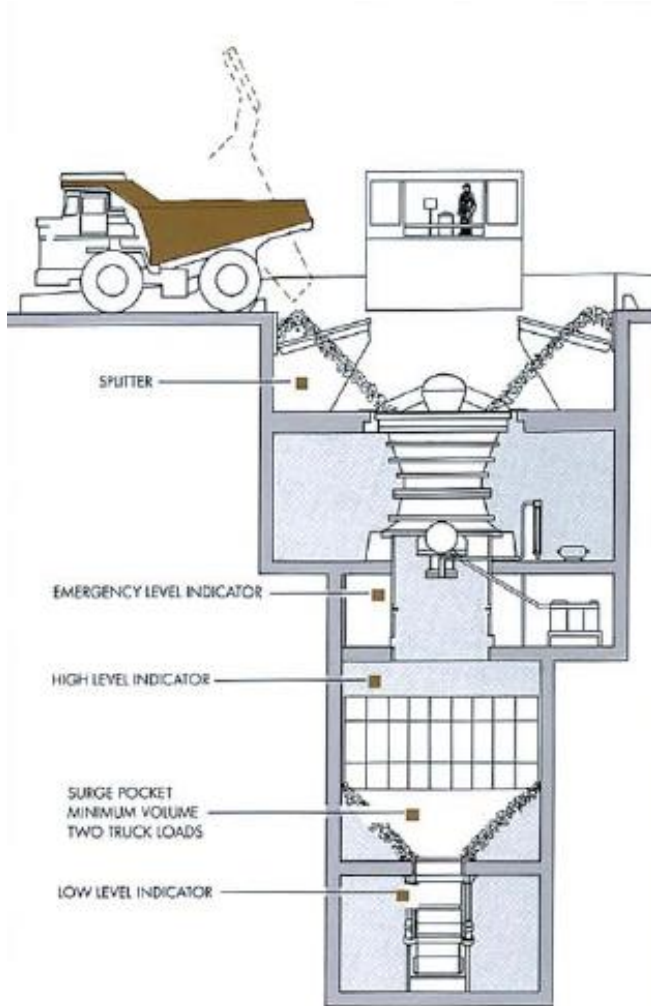
Gyratory crusher

Kartiomurskain

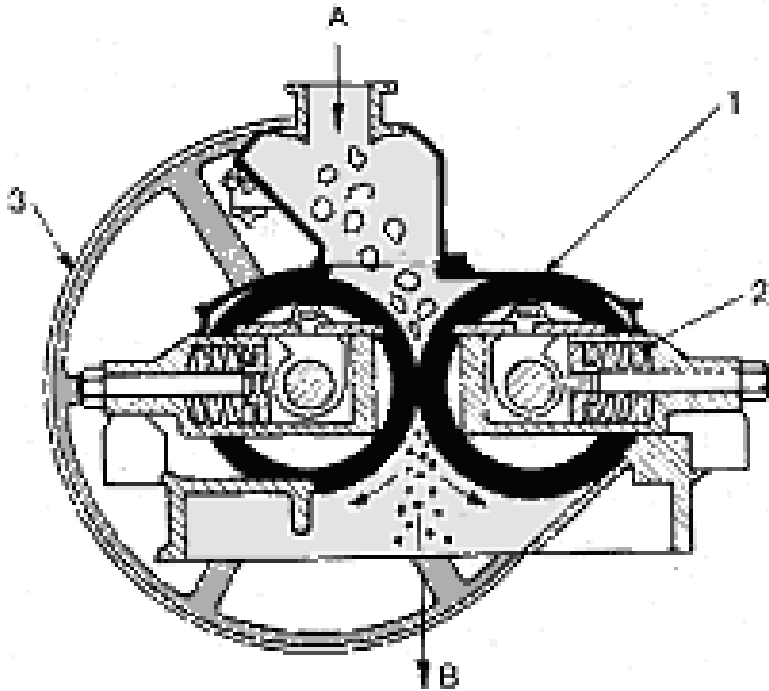


Cone crusher

Karamurskain



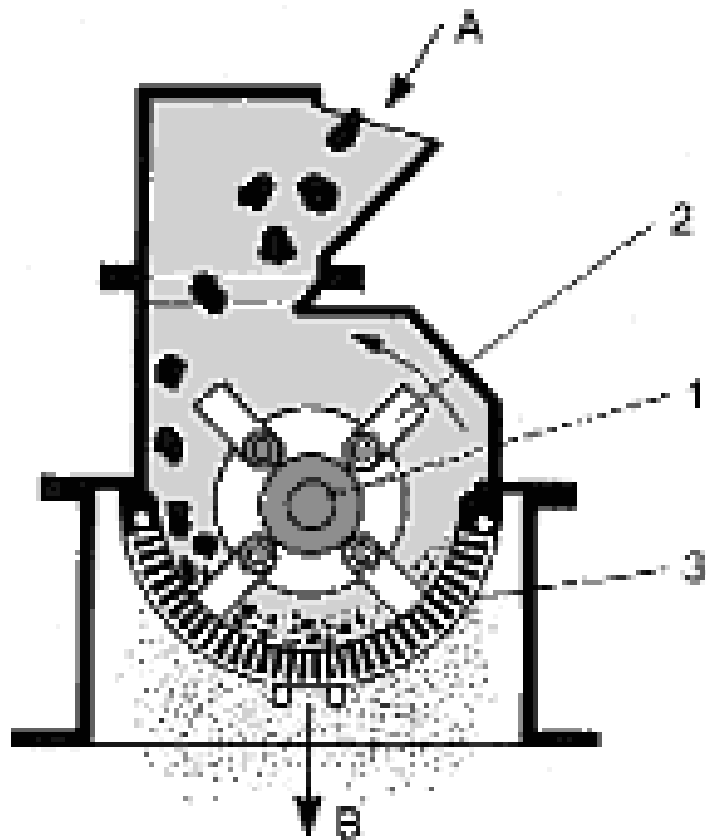
Valssimurskain



- A. Syöte
- B. Murskattu materiaali
- 1. Valssit
- 2. Jousi
- 3. Vauhtipyörä ja käyttömekanismi

- Valssimurskainta käytetään, kun halutaan tuotteessa olevan mahdollisimman vähän hienoainesta
- Kuluttavilla materiaaleilla valssien keskikohta kuluu nopeasti => pehmeät materiaalit
- Rajallinen kapasiteetti
- Keskeistä valssien välinen asetus, ts. **raon leveys**, joka voidaan asettaa halutun suuruiseksi
- Valssimurskain on luonteeltaan hienomurskain

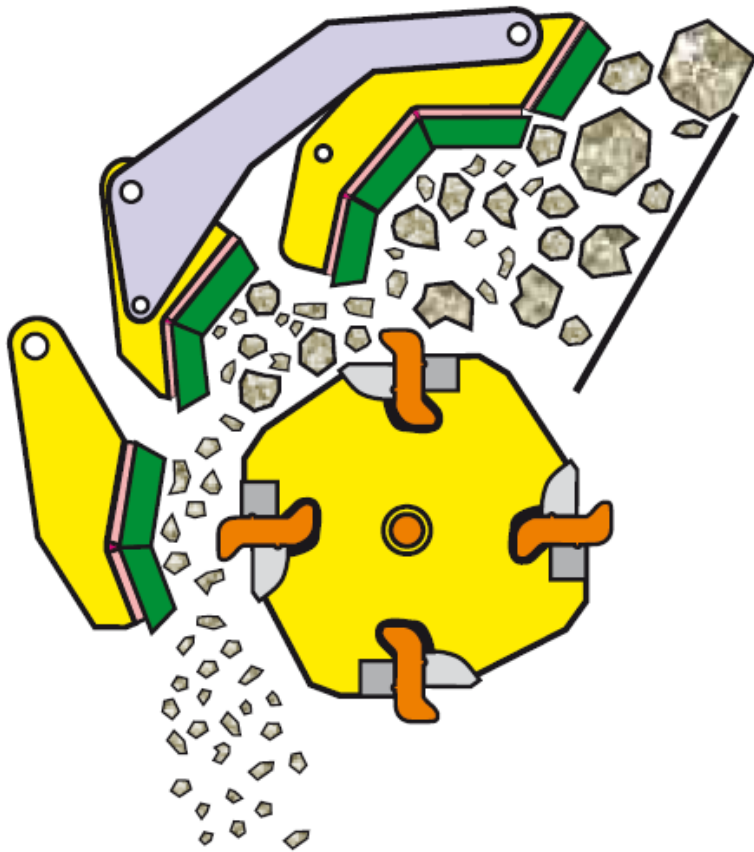
Iskumurskain/ vasaramyly



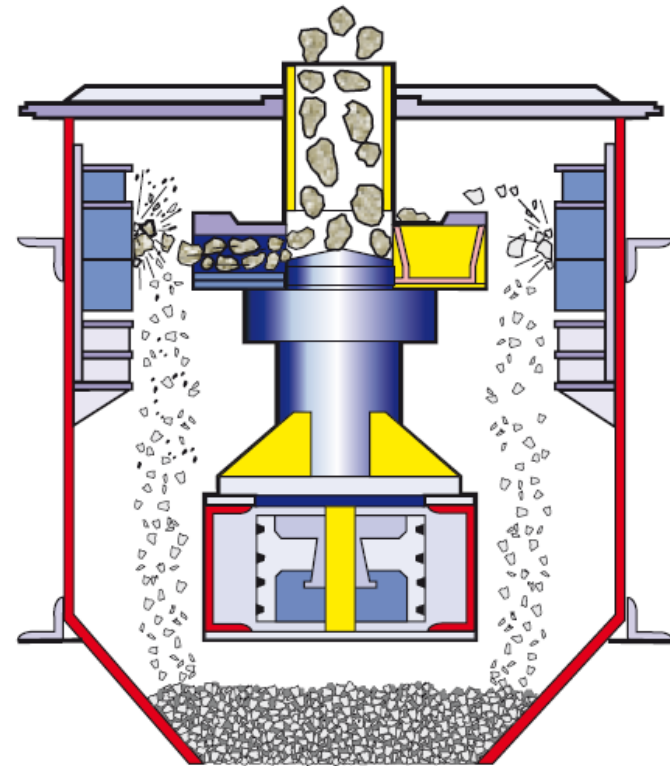
- Hienontuminen perustuu iskuun, ei puristukseen (kuten murskauksessa yleensä)
- Jatkuvat, toisiaan seuraavat nopeat iskut
- Erittäin suuri hienonnussuhde
- Murskaimissa on kuluvia osia (esim. vuorausvaipat)

- A. Syöte
- B. Murskattu materiaali
- 1. Roottori
- 2. Vasarat (4 kpl)
- 3. Seulapohja

Iskumurskain / Impact crusher



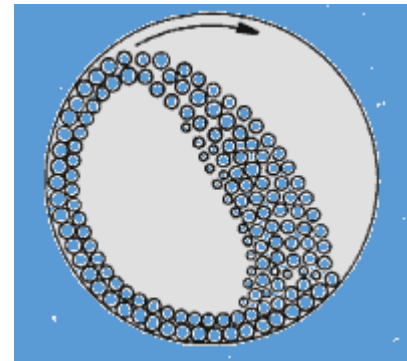
Impactor



VSI impactor

Jauhatus

- Murskatun, karkean aineksen hienontamista
- Jauhatus tapahtuu myllyissä, jossa rummun pyöriessä myllyn irtaimet jauhinkappaleet saatetaan jauhatukseen sopivaan liiketilään
- Jauhautuminen perustuu siten iskuihin, puristukseen ja hiertoon (jauhinkappaleiden putoamis- ja vierintäliikkeeseen)
- Jauhatus on teollisuuden tärkeimpiä perusprosesseja.
- Korkea energiankulutus.
- Märkä- tai kuivajauhatus



Jauhatusessa ja myllyn valinnassa huomioitavat seikat

- Jauhettavan materiaalin ominaisuudet
- Tarvittava jauhatuskapasiteetti (t/h)
- Syötteen karkeus
- Tuotteen karkeus
- Märkäjauhatus / kuivajauhatus
- Hankintahinta
- Käyttökustannukset
- Muut



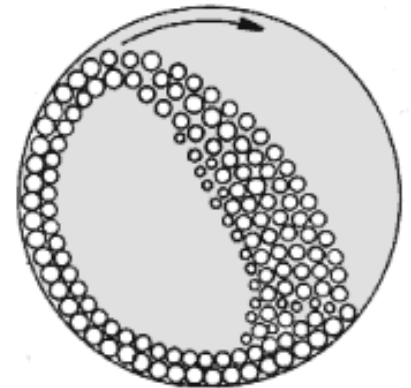
Myllyn kehänopeus ja kriittinen kierrosluku

- Jauhatusmyllyn kriittiseksi kierrosluvuksi sanotaan sitä pyörinnän minuuttinopeutta, jolla jauhinkappaleet juuri ja juuri pysyvät myllyn kehällä irtautumatta siitä painovoiman vaikutuksesta myllyn pyöriessä tasaisella nopeudella.
- Myllyn kriittinen kierrosluku riippuu:
 - Myllyn sisähalkaisijasta (D)
 - Jauhinkappaleiden halkaisijasta (d)

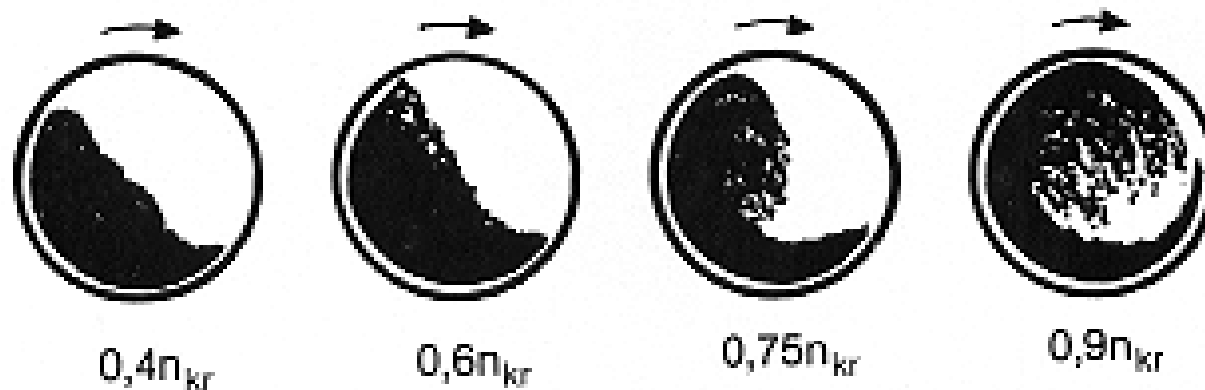
$$n_c = \frac{42,3}{\sqrt{D-d}} \text{ 1/min}$$

D= myllyn sisähalkaisija [m]

d = jauhinkappaleiden halkaisija [m]



- Myllyjen todelliset nopeudet ovat yleensä n. 60-85 % kriittisestä (joskus tankomyllyillä 50-65 %)



Jauhettavan materiaalin ja jauhinkappaleiden käyttäytyminen myllyssä erilaisilla kierrosluvuilla.

Myllyn täyttöaste

- Myllyn täyttöasteella tarkoitetaan jauhinkappaleiden (kuulat, tangot) määrää verrattuna myllyn tilavuuteen

$$Täyttöaste = \frac{V_k}{0,62 \cdot V_m}$$

missä V_k = jauhinkappaleiden (kuulat) tilavuus

V_m = myllyn tilavuus

- Myllyn täyttöasteen tulee olla 0,3-0,5 (30-50 %) hyvän jauhatustuloksen saavuttamiseksi

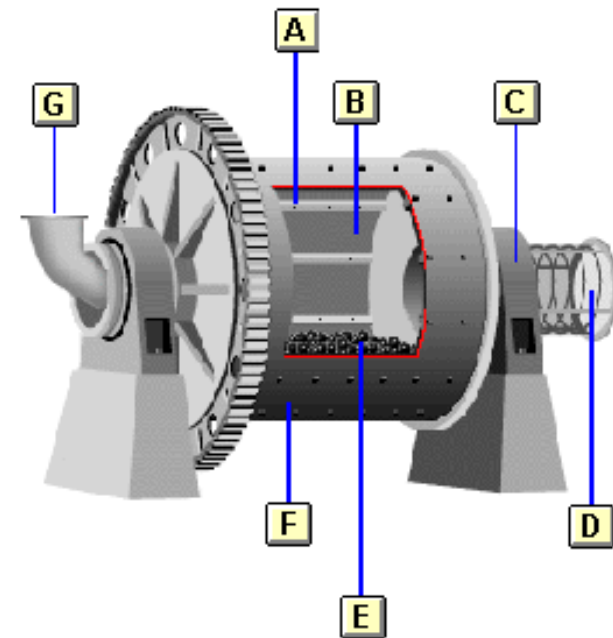
Myllyn kapasiteetti ja tehonkulutus

- Myllyn kapasiteetti määritetään mm. seuraavasti:
 - (1) Myllyn aikayksikössä käsittelemä materiaalmäärä (t/h)
 - (2) Myllyn aikayksikössä tekemän määrättyä raekokoa (tavallisesti $x = -74 \mu\text{m}$) hienomman uuden tuotteen määrä (t/h)
- Myllyn toimintaan ja kapasiteettiin vaikuttavat esimerkiksi:
 - Myllyn koko (halkaisija, pituus)
 - Myllyn pyörimisnopeus
 - Myllyn täyttöaste
 - Jauhettavan materiaalin laatu; tiheys ja jauhautuvuus
 - Jauhinkappaleet; laatu ja määrä
 - Myllyn rakenne, vuorausmateriaali
- Tyypillisten myllyjen tehonkulutus vaihtelee muutamista sadoista kilowateista useisiin megawatteihin (suurimmat jopa noin 20 MW)



Myllyn rakenne

- Mylly koostuu vaipasta, sen päihin kiinnitetyistä päädyistä ja pätyihin kiinnitetyistä kauloista
- Kaulan ympärillä on laakerointi, jonka varassa mylly lepää laakeripukeilla
- Moottorin voima välitetään myllyyn vaihteen kautta
- Hammaspyörä pyörittää myllyn päädyn ympärillä olevaa hammaskehää
- Suuremmissa/uudemmissa myllyissä mylly on sähkömoottorin roottori ja sen ympärille on rakennettu staattorirengas
- Tällä ratkaisulla saadaan suuri vääntömomentti ja teho
- Myös myllyn nopeus on säädettävissä ja huollon ryömintäkäyttö onnistuu ilman erillistä moottoria.



Jauhatusessa käytettävät laitteet

- Myllyt, joissa metalliset jauhinkappaleet
 - Kuulamylly
 - Tankomylly(metalliset jauhinkappaleet: tangot, kuulat)
- Myllyt, joissa ei-metalliset jauhinkappaleet
 - Autogeeninen mylly(joissa jauhettava materiaali ja jauhinkappaleet ovat samaa materiaalia)
- Semiautogeenimyllyt (Kuulamyllyn ja autogeenimyllyn kombinaatio)



Jauhinkappaleet

- Jauhinkappaleet ovat kuulia, tankoja tai malminkappaleita
- Jauhinkappaleet tekevät myllyssä jauhatustyön
- Mitä karkeampi syöte, sitä painavimmat jauhinkappaleet tarvitaan
- Jauhinkappaleiden kuluminen -> kustannustekijä jauhatuksessa
- Malminkappaleet (autogeenijauhatus): ongelmana hienoaineksen muodostuminen



Myllyjen vuoraus

- Mylly on vuorattu rakenneosien kulumisen ehkäisemiseksi ja energian siirtämiseksi jauhinkappalepanokseen
- Vuorauksen kesto on tärkeä kustannustekijä jauhatuksessa
- Vuorausmateriaalit:
 - teräs
 - valurauta
 - kumi ja elastomeerit
 - keraamiset materiaalit

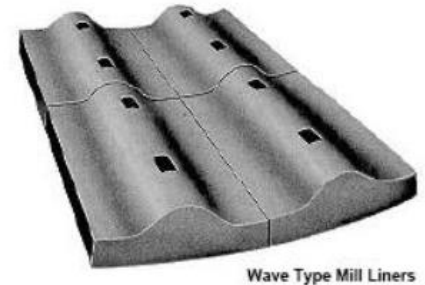


Vuorauksen kuluminen:

- mekaaninen kuluminen
- korroosio (märkäjauhatus)

Vuoraus ja vuorausmateriaalit

- Myllyn sisällä vaihdettava vuoraus suojaa vaippaa ja optimoi kuorman liikettä myllyn sisällä
- Vuorauksen tulee kestää kulutusta ja iskuja
- Tankomyllyjen päätyjen vuoraus on yleensä sileä, materiaalina mangaaniteräs tai kromimolybdeeniteräs
- Kuulamyllyjen päätyvuorauksessa on yleensä nostimia ja niiden materiaalina on yleensä nikkelisaostettu valkoinen valurauta (Ni-Hard), kumi yms.
- Tankomyllyjen vuoraus on yleensä aaltomuotoinen ja valmistettu seosteräksestä tai valuraudasta



Wave Type Mill Liners



Wedge Bar Or Lifter Bar Mill Liners

Mill liners, rod mill



Lorain Rolled Steel Mill Liners

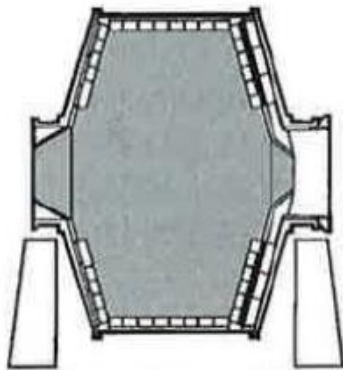
Myllyt

- Rumpumyllyt (Tumbling mills)
 - Autogeenimyllyt/ Autogenous (AG) mill
 - Semiautogeenimyllyt/ Semi-autogenous (SAG) mill
 - Tankomylly
 - Kuulamylly
- Sekoitusmyllyt
- Tärymyllyt
- Erikoismyllyt

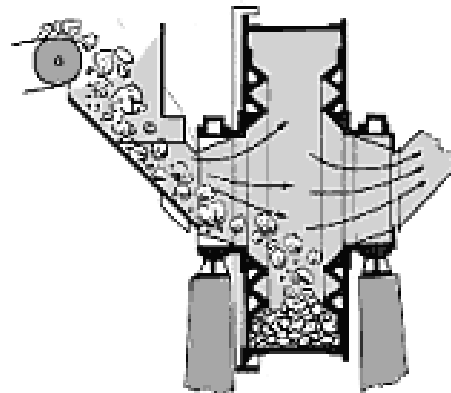


Autogeeni- ja semiautogeenimyllyt (AG, SAG)

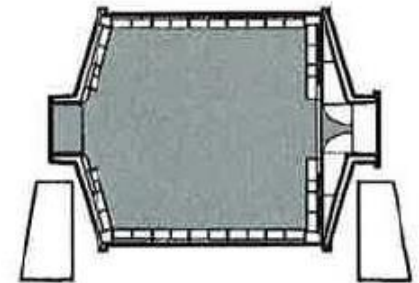
- Materiaali ja jauhinkappaleet samaa ainetta
- -> materiaali pysyy puhtaana
- Autogeenimyllyt, esim.
 - kaskadimylly (märkäjauhatus)
 - Aerofall-mylly (kuivajauhatus)
 - Tuotteen karkeusaste määräytyy myllyn läpi puhallettavan ilmamäärän mukaan
- Semiautogeenijauhatus mahdollinen (kuulat)



kaskadimylly

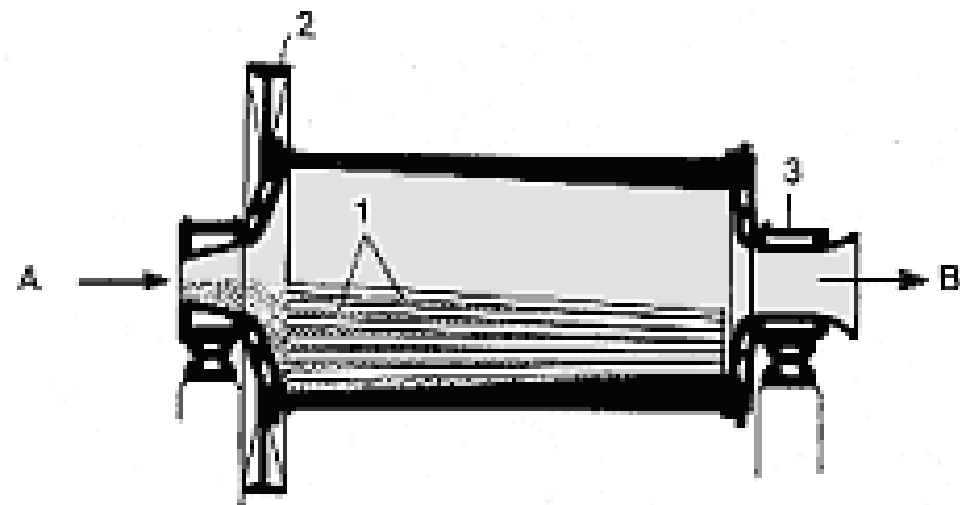


aerofallmylly



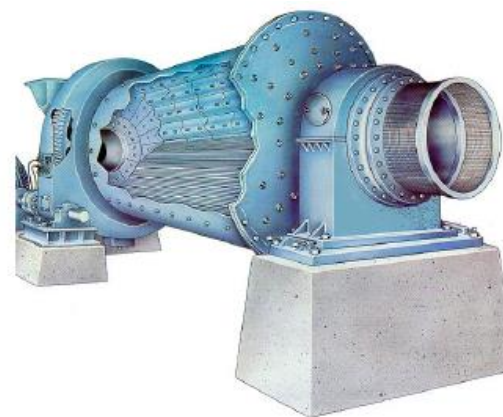
SAG-myllymylly 32

Tankomylly



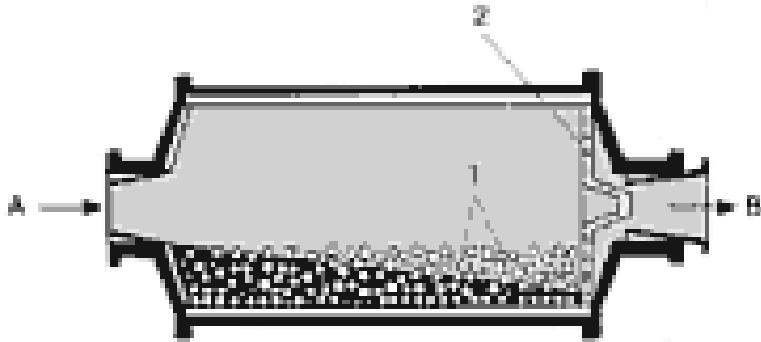
- A. Syöte
- B. Tuote
- 1. Tangot
- 2. Käyttömekanismin hammaspyörä
- 3. Rummun kannatinlaakerit

- Tankomyllyssä käytetään jauhinkappaleina metallisia tankoja
- Pyörii vaakasuoran akselin ympäri
- Myllyn pituus on läpimittaa suurempi
- Karkeat rakeet 6-35 mm (syöte) → karkeat rakeet 1-2 mm (tuote)



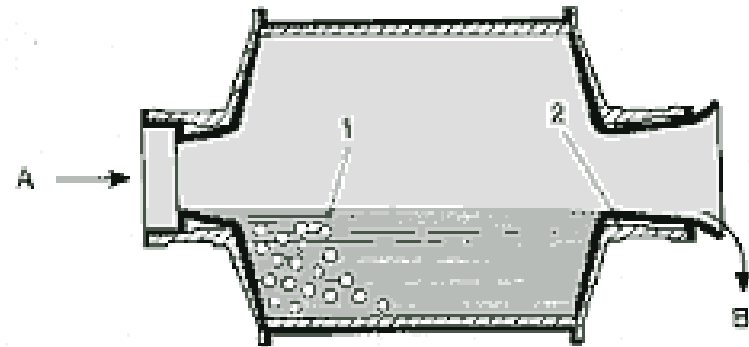
(Pihkala 2003)

Arinamyly ja ylitemyly



- A. Syöte
- B. Tuote
- 1. Jauhinkuulat
- 2. Arina

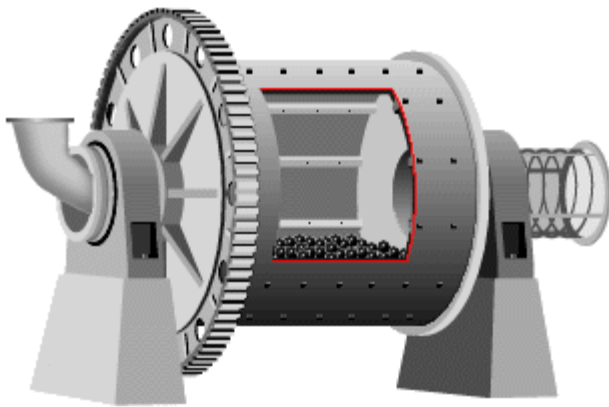
- Arinamylyt ovat autogeeni- ja kuulamylyjä
- Tuote poistuu myllystä yhden tai useamman arinan kautta (myllyn päädyssä tai kehällä)
- Arina läpäisee tuotteen, muttei jauhinkappaleita



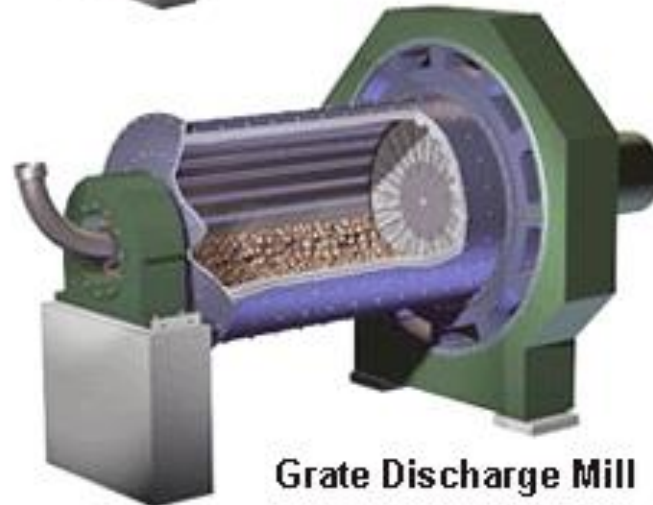
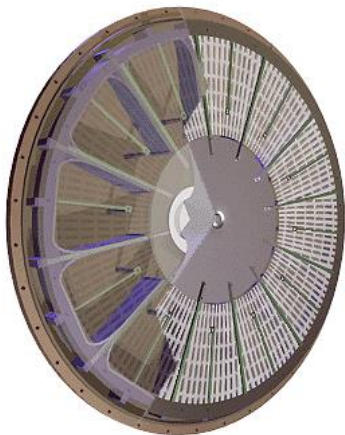
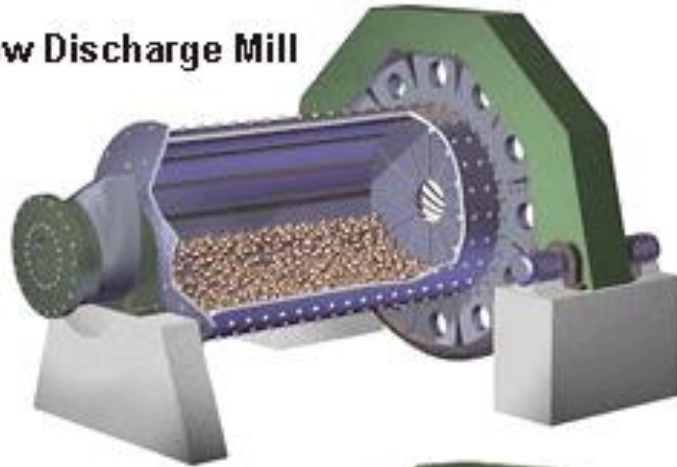
- A. Jauhettavan materiaalin syöttö
- B. Jauhetun materiaalin poisto
- 1. Jauhinkuulat
- 2. Ylitereuna

- Jatkuvatoiminen mylly
- Tuotteen poistotaso on syötetasoa alempana
- Tasojen välinen korkeusero poistaa sekä lietteen että hienojakoisen jauheen myllyn pyöriessä vaak akselin ympäri
- Ylitemylyt ovat joko kuula- tai tankomylyjä

Kuulamylly, ylitemylly, arinamylly



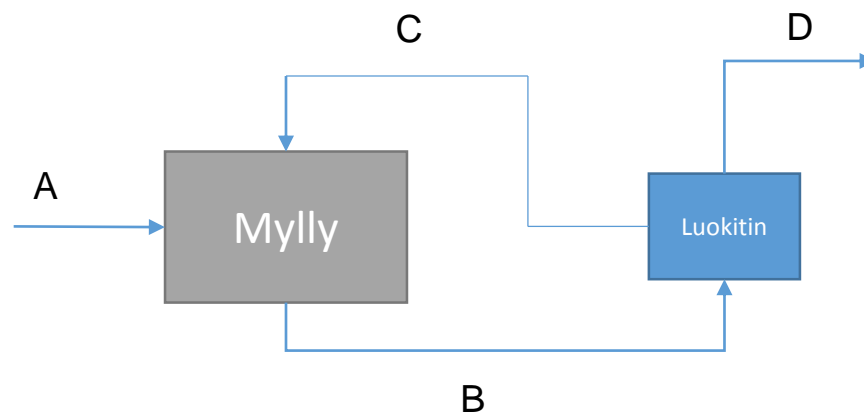
Overflow Discharge Mill



Grate Discharge Mill

Myllyn kiertokuorma

- Myllyn kiertokuormalla tarkoitetaan luokittimelta palaavan materiaalin suhdetta uuteen syötteeseen



A = syöte

B = myllyn tuote

C = luokittimelta palaava karkea jae

D = luokittimelta lähtevä hieno jae

$$\text{Kiertokuorma} = \frac{C}{D} = \frac{C}{A}$$

Kiintoaineiden lajittelu

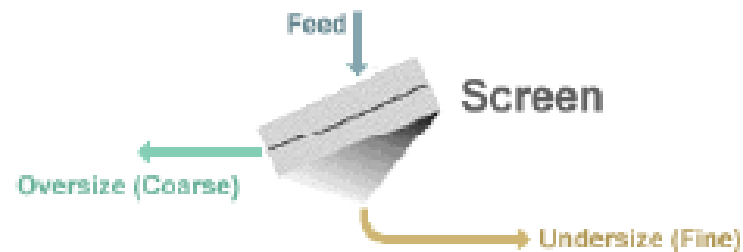
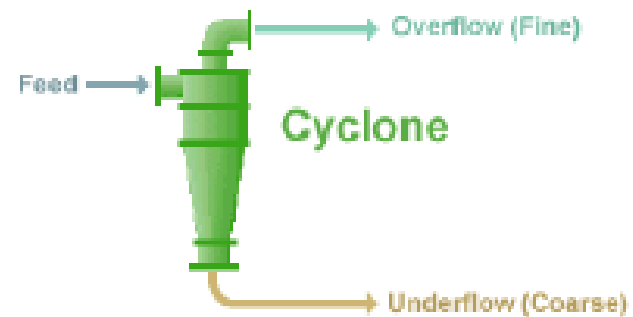
- Seulonnan tärkein tehtävä on säännöstellä murskattavan tai murskatun tuotteen karkeutta.
- Seulonta suoritetaan teollisuusmittakaavassa joko märkä- tai kuivaseulontana.
- Seularatkaisuja:
 - Säleiköt
 - Epäkeskotäryseulat
 - Magneettiset täryseulat
- Kuivaseulontaa käytetään noin 5 mm:n asti. Märkäseulonta voidaan ulottaa 100 – 250 μm asti



Seulonta ja luokitus, virrat: syöte, ylite ja alite

Huom! Luokituksessa karkea ja hieno jae ohjautuvat eri virtoihin verrattuna seulontaan!

Prosessi	Ylite on ...	Alite on...
Seulonta	Karkea jae	Hieno jae
Luokitus	Hieno jae	Karkea jae



(Flupa I 2007)

Seulonnan kapasiteetti

= seulan läpäisevän aineksen määrä aikayksikköä ja pinta-alayksikköä kohden.

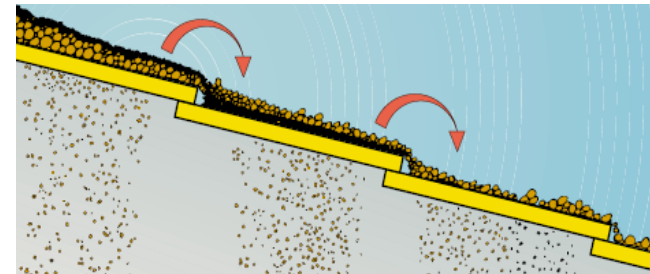
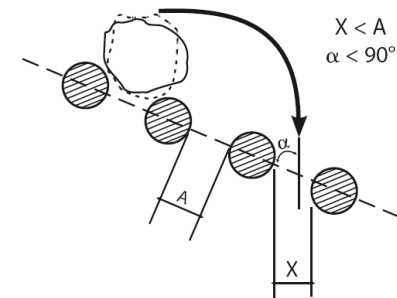
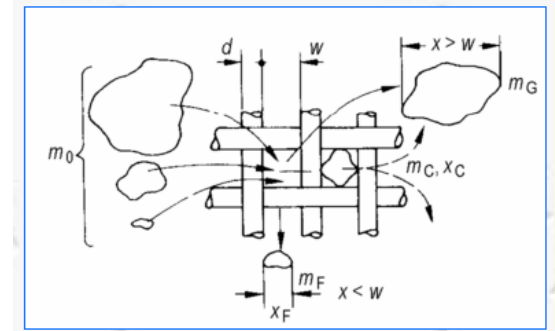
• Seulonnan kapasiteetti riippuu:

1. Syöttömateriaalin laadusta (materiaalin tiheys, rakeiden muoto, raekoon jakauma, materiaalin kosteus)
2. Seulan laadusta (seula-aukkojen koko, muoto ja lukumäärä, seulan rakenne, seulapinnan tasaisuus, seulakangas, seulonnan apukappaleet (tangot, rullat tms.), seulontaan osallistuva osa seulapinnasta)



Seulonnan onnistumisen edellytykset

- Riittävän suuri vapaa seulapinta
- Suuri (optimi) seulottavan materiaalin ja seulapinnan välinen suhteellinen nopeus → materiaalin liike seulan päällä sopiva
- Rakeiden suuntaaminen aukkoon nähden oikein → rae ei tartu aukkoon
- Seulavoimien lisäämismahdollisuus → ei liian paksua kerrosta materiaalia seulalle (syötön määrä oikea)
- Oikea partikkelikoon ja seula-aukon koon suhde → lähellä seula-aukon kokoa olevat partikkelikoot hankalimpia
- Pieni kosteuspitoisuus



Seula-analyysi

- Määritetään materiaalin raekokojakauma käyttämällä seulasarjaa (ISO TC 24/ Tyler)
- Seulakoot kulkevat Tyler-sarjassa välillä 53 μm – 6,68 mm, peräkkäisten seulojen suhde on pääsääntöisesti $\sqrt{2}$
- Seulonnan tuloksen tarkastelu graafisen kuvaajan avulla
- Logaritmiasteikkoa käytetään, koska raekoko pienimmillä seuloilla on hyvin pieni

Seula-analyysiä käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

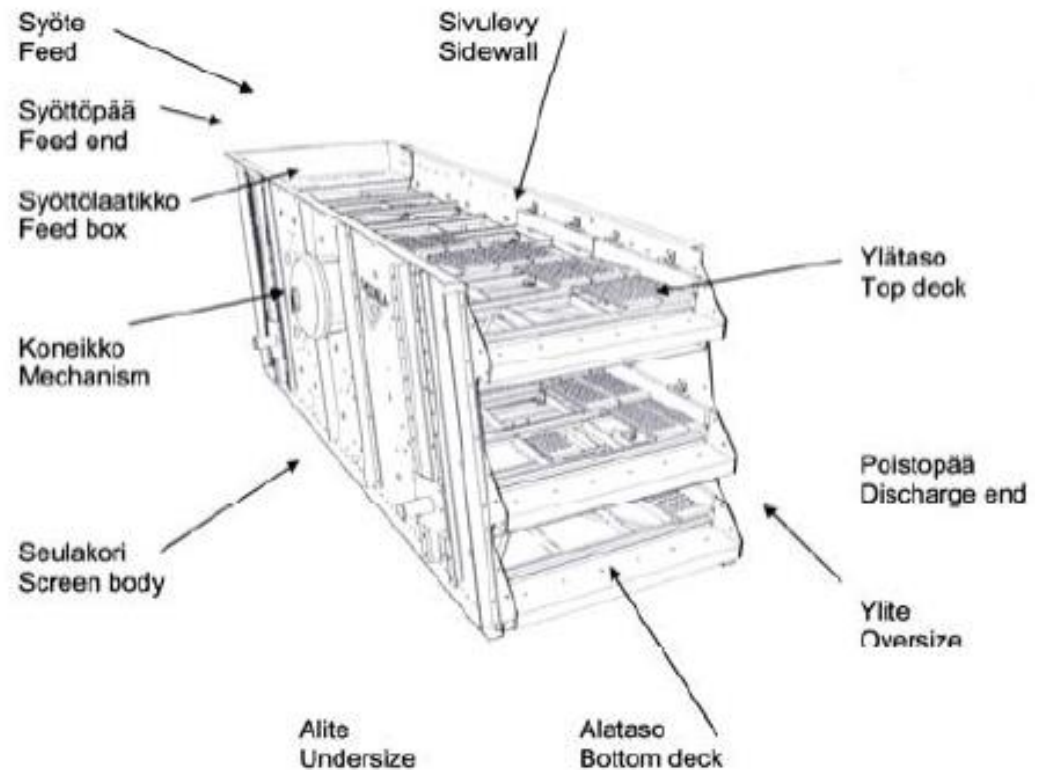
- Se on tärkeä menetelmä murskauksen ja jauhatuksen ohjaamisessa ja tutkimisessa
- Sen avulla tutkitaan mineraalien ja metallien jakautumaa eri raeluokkien kesken
- Sen avulla voidaan tutkia eri mineraalien keskinäistä murskautuvuutta ja jauhautuvuutta
- Seula-analyysin graafisen kuvaajan avulla voidaan:
 - Tutkia eri murskaus- ja jauhatuslaitteilla saatujen tuotteiden laatua ja koneiden hienonnussuhdetta
 - Laskea raekoon jakautuma myös hienoimman käytettävissä olevan seulan läpäisseyssä aineessa
 - Kalibroida seulasarja
 - Arvioida murskeiden ja jauheiden pinta-aloja



Seulat ja seulakoneen rakenne

Seulat:

- Täryseulat
- Rumpuseulat
- Rullaseulat

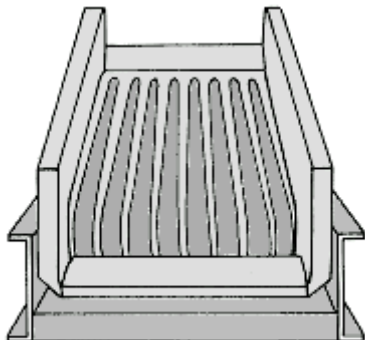


(Flupa I 2007)

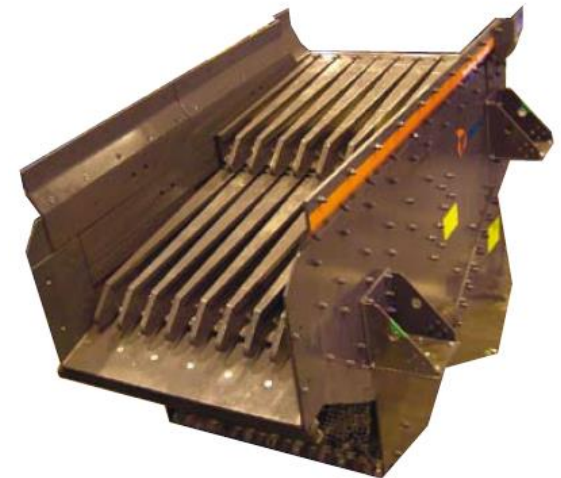
Säleiköt



- Yhdensuuntaiset säleet tai palkit
- Säleiköllä on kaltevuus, kulma 35 - 45°
- Säleikköjä käytetään yleensä karkeaseulontaan
- Säleikkö toimii usein luokituslaitteena murskauspiirissä
- Rullasäleikkö; pyörivät rullat ja hieno jae seuloutuu rullien välistä
- Tärysäleikkö: tärytysliike

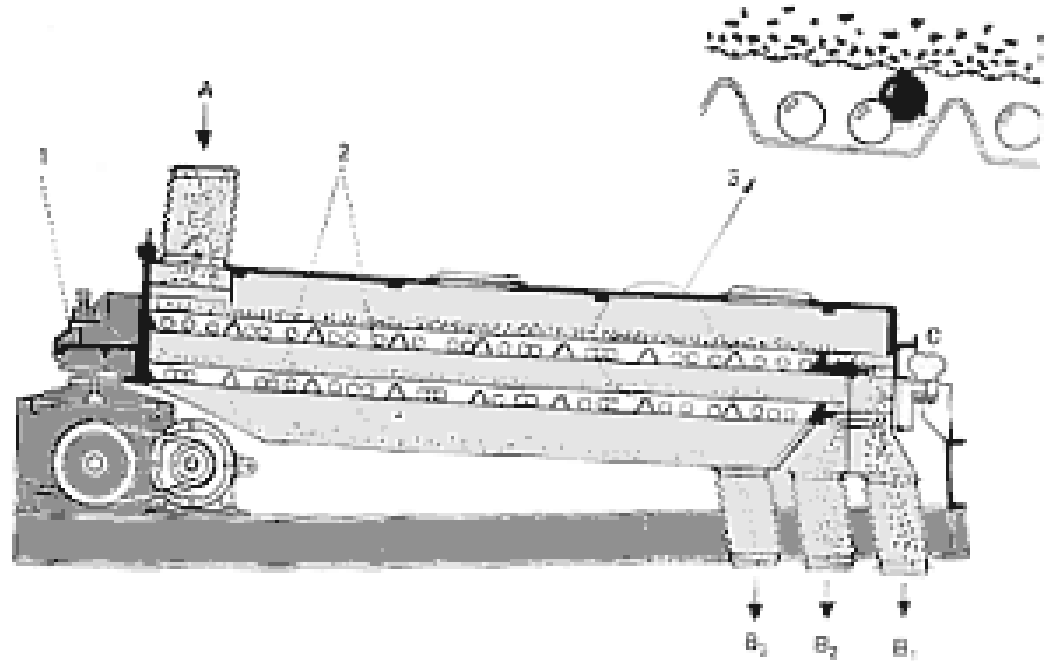


Tärysäleikkö
(Pihkala 2003)

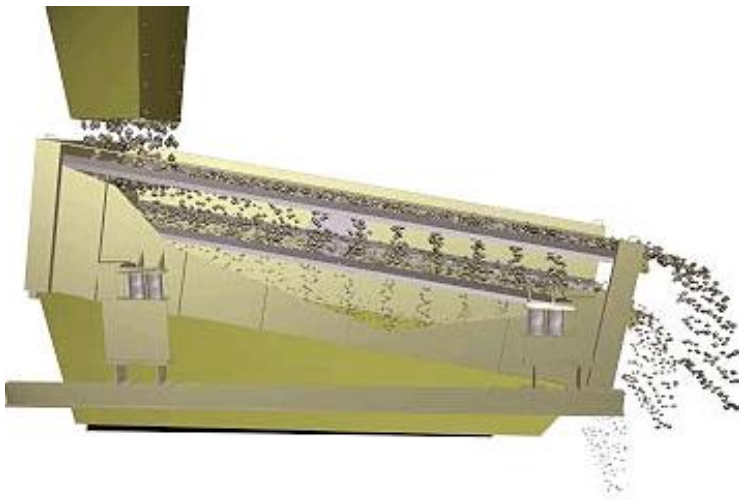


Täryseulat

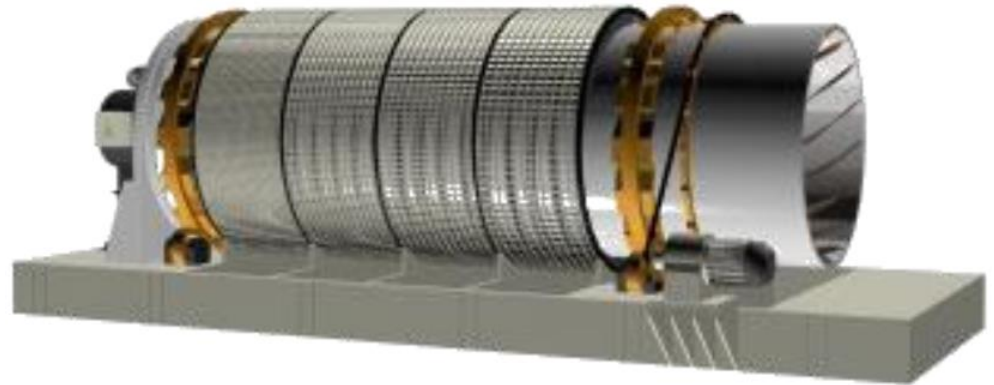
- Soveltuvat parhaiten keskikarkeaan kuivaseulontaan
- Täryseula (900 – 1500 värähdystä/min)
- Lievästi kalteva seulapinta (tärytys + painovoima)



Epäkeskotäryseula.
A Syöte
B1 Karkea jae
B2 Keskikarkea jae
B3 Hieno jae
(Pihkala 2003)



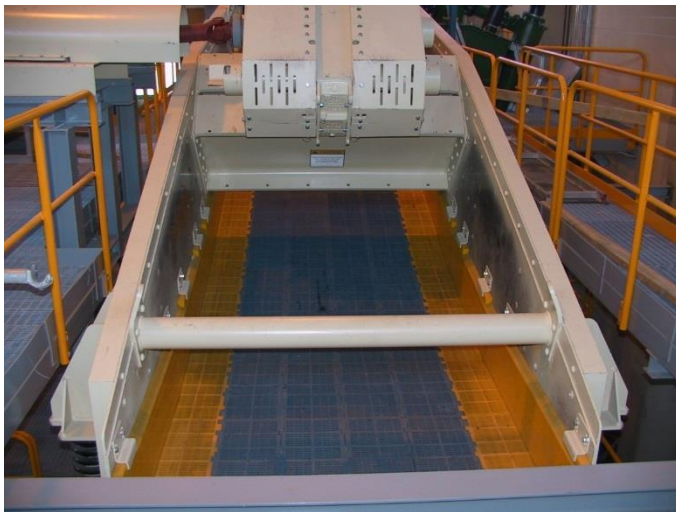
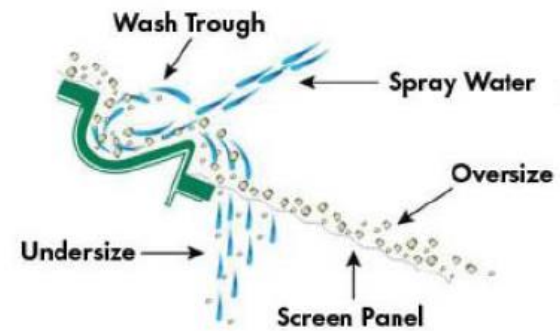
Täryseula ja rumpuseula



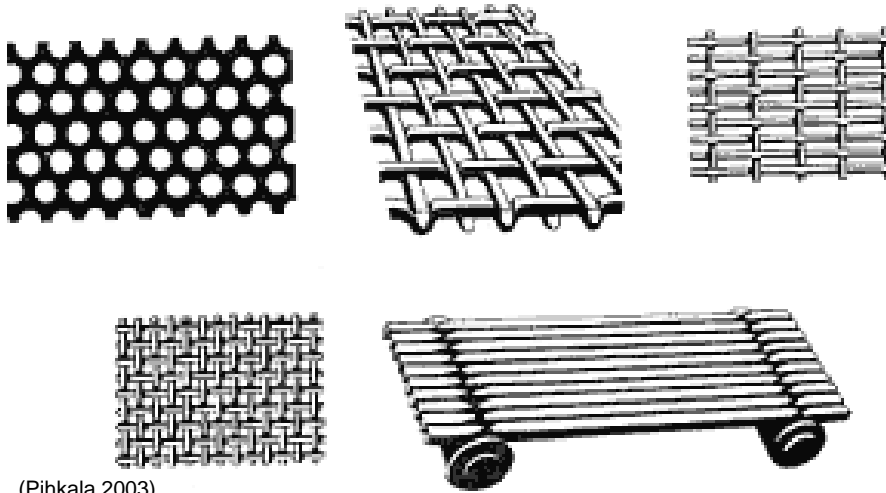
www.metsominerals.com

Märkäseulonta

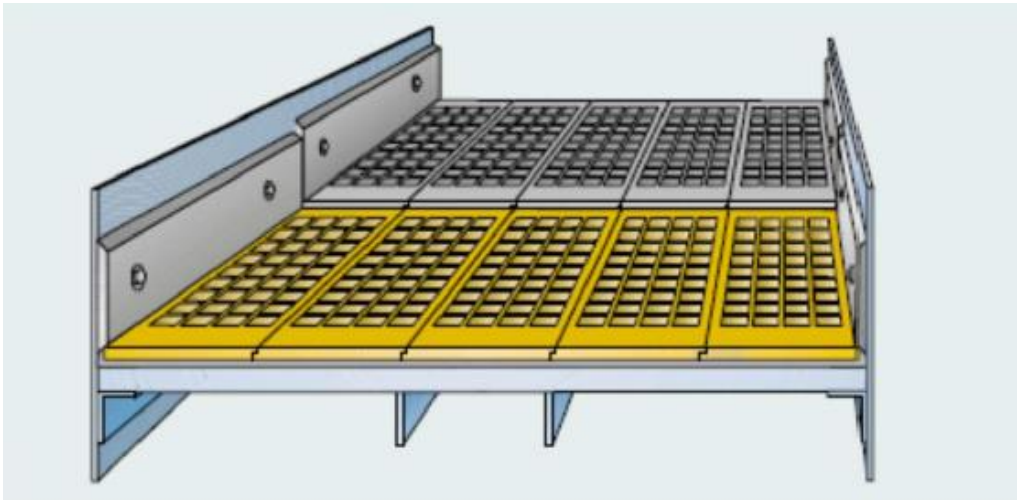
- Esim. Derrick-seula
- Sarjassa kaksi seulaa: ensimmäisen seulan karkea jae pestään, jolloin hienoaines saadaan eroteltua paremmin
- Korkeataajuinen täry tehostaa seulontaa



Erilaisia seulapintoja



(Pihkala 2003)



Metso minerals



Seulaverkot



Metso minerals



Märkäseulonta

- Märkäseulontaa käytetään:

- Poistamaan ei-toivottuja aineksia seulottavasta materiaalista (savi, juuret jne)
- Luokitukseen
- Laskeutukseen
- Pölyn hallinta

- Käytetään tyypillisesti hienoseulontaan



Water pressure 0.5 bar



Water pressure 2.5 bar



(Crushing and screening handbooks, Metso Minerals 2008)

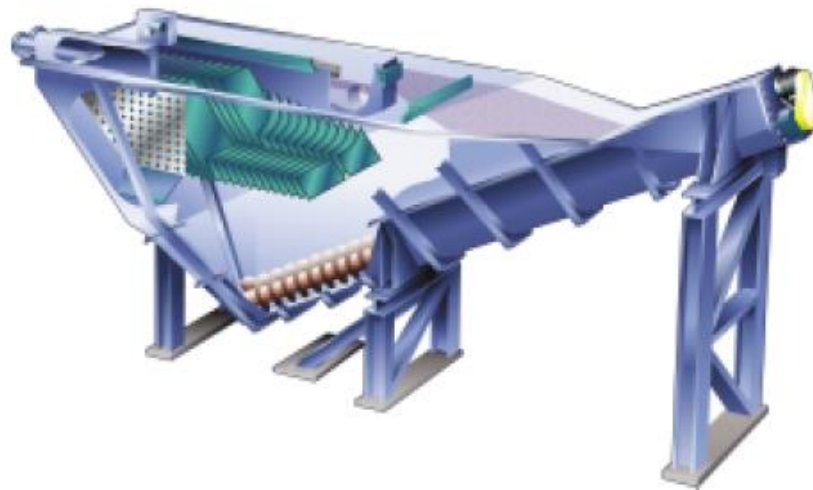
Luokitus

- Luokituksella tarkoitetaan hienojakoisen materiaalin lajittelua väliaineessa kahdeksi tai useammaksi tuotteeksi.
- Luokitus perustuu siihen, kuinka nopeasti aine (rakeet) vajoavat väliaineessa.
- Luokituksessa käytetään hienompaa materiaalia kuin seulonnassa.
 - Hydrauliset luokittimet
 - Pneumaattiset luokittimet
- Kiintoainehiukkasen laskeutumisenopeuteen vaikuttavat:
 - Kiintoaineen tiheys
 - Rakeiden läpimitta ja muoto
 - Väliaineen (vesi/ilma) tiheys ja viskositeetti

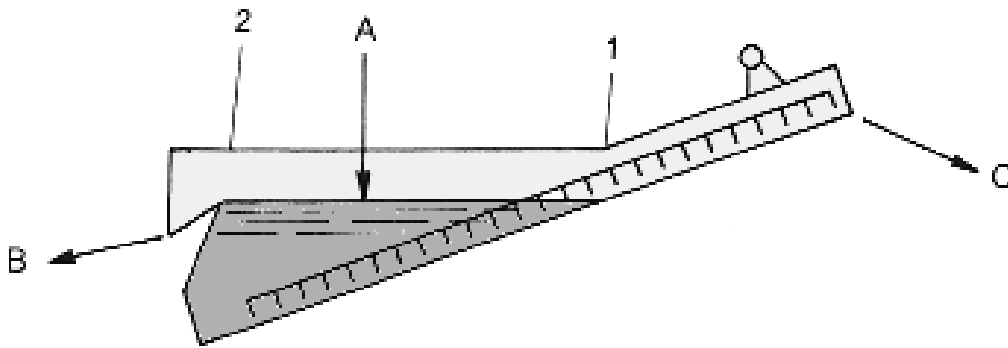


Hydrauliset luokittimet

- Väliaineena vesi
- hydraulisia luokittimia ovat raappaluokitin, spiraaliluokitin ja (hydro)sykloni (keskipakoluokitin)
- Luokitus perustuu painovoimaan ja/ tai keskipakovoimaan



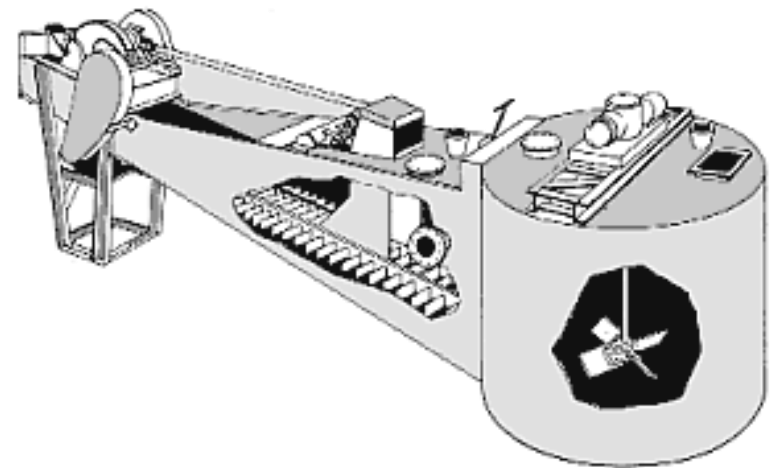
Raappaluokitin



(Pihkala 2003)

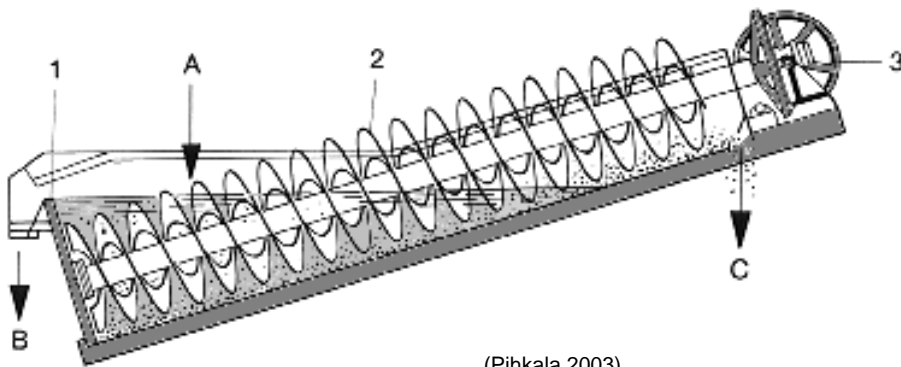
Raappaluokittimen toimintaperiaate

- A. Luokitettavan lietteen syöttö
- B. Ylite (hienoaines + vesi)
- C. Alite (karkealuokite)
- 1. Raappalaite
- 2. Ylitereuna



Kalkinsammuttaja
(Raappaluokitin).

Spiraaliluokitin



(Pihkala 2003)

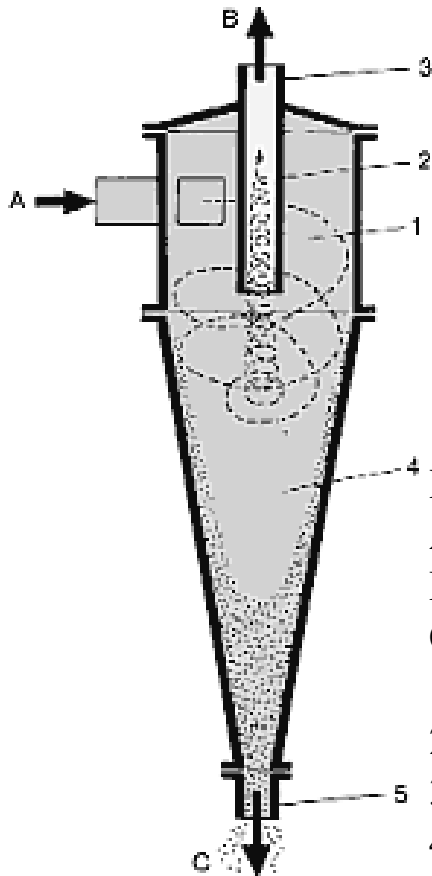
Spiraaliluokitin.

- A. Luokiteltavan lietteen syöttö
- B. Hienoluokite, ylite
- C. Karkealuokite, alite
- 1. Ylitereuna
- 2. Spiraali



- Hydraulinen luokitin
- 1-2 pyörivää spiraalia, joiden pyörimisnopeus on 2 – 10 kierrosta/min

Hydrosykloni



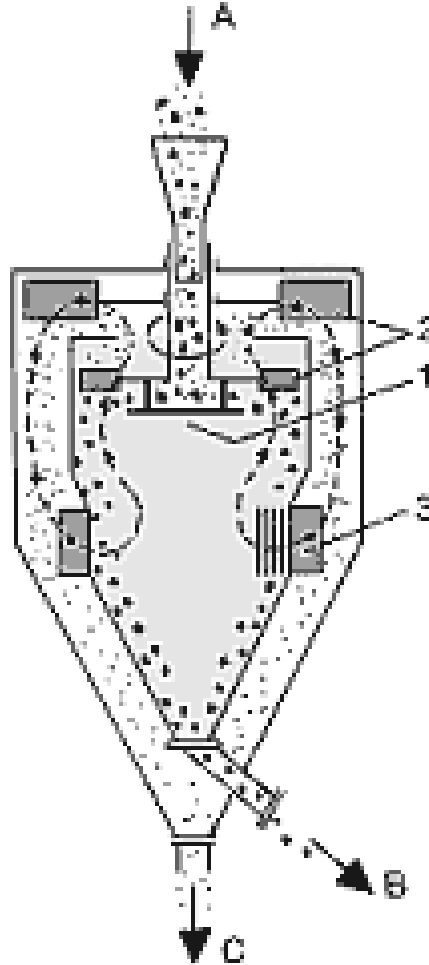
Hydrosykloni.

- A. Luokiteltavan lietteen syöttö
- B. Hienoluokite, ylite
- C. Karkealuokite, alite
- 1. Syöttökammio
- 2. Pyörreputki
- 3. Yliteputki
- 4. Kartio
- 5. Aliteputki

- PERIAATE: Erotus tapahtuu keskipakoisvoiman avulla, kun liete joutuu nopeaan pyörimisliikkeeseen ja muodostuu 2 spiraalia: uloin (raskas aines) ja sisin (kevyt aines)
- Hydrosyklonilla on korkea kapasiteetti
- Erotusraja on ...10 mm

Pneumaattiset luokittimet

- Väliaineena ilma
- Mekaaninen ilmaluokitin
- (aero)sykloni, vrt hydrosykloni
- Kaasu-kiintoaine-erotus keskipakoisvoiman avulla
- Luokittuminen perustuu hiukkasten erilaiseen laskeutumisnopeuteen ilmassa

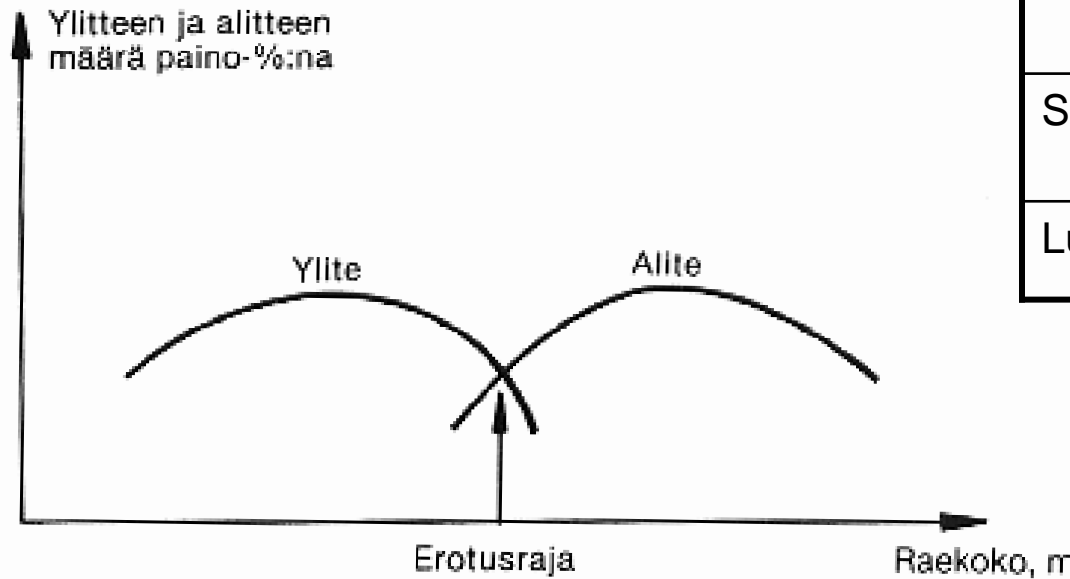


Mekaanisen ilmaluokittimen toimintaperiaate.

- A. Luokitettavan materiaalin syöttö
 - B. Karkealuokite
 - C. Hienoluokite
 - 1. Pyörivä jakolevy
 - 2. Siipipyörät ilmavirtauksen aikaansaamiseksi
 - 3. Ilmankiertosäleikkö
- (Pihkala 2003)

Luokituksen erotusraja

= ilmoittaa raekokorajan, jota pienemmät rakeet joutuvat ylitteeseen ja jota suuremmat rakeet alitteeseen



	YLITE	ALITE
Seulonta	Karkea	Hieno
Luokitus	Hieno	Karkea