

Kaiva.fi Rikastus



Malmi

- **Malmit** = luonnossa esiintyviä aineksia, joita voidaan hyödyntää taloudellisesti
- Taloudellisuuteen vaikuttavat
 - malmin metallisisältö
 - metallin irrottamisen helppous
 - esiintymän maantieteellinen sijainti
 - alueen poliittiset olot ym.
- Metallit irrotetaan mineraaleista, jotka ovat puolestaan luonnossa esiintyviä, kiinteitä, epäorgaanisia alkuaineita tai kemiallisia yhdisteitä, joilla on tietty koostumus tai koostumusalue ja tavallisesti säännöllinen, sisäinen kiderakenne.

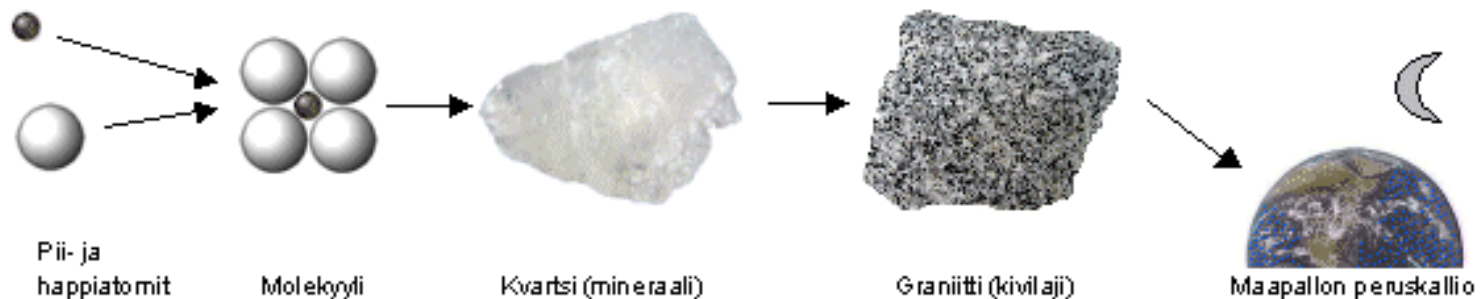


Rautamalmi, hematiitti

(www.gtk.fi/luonnonvarat/malmit)

Mineraalit

- **Mineraalit** ovat alkuaineista koostuvia tavallisesti kiteisessä olomuodossa olevia kemiallisia yhdisteitä
- **Kivet** (geologiassa käytetään ilmaisua kivilajit) koostuvat mineraaleista
- Mineraalit ovat siis kivilajien perusrakenneseosasia ja tavallisesti niitä on yhdessä kivilajissa 3-5 erilaista
- Mineraalit voidaan erottaa toisistaan eli tunnistaa niiden erilaisten ominaisuuksien perusteella



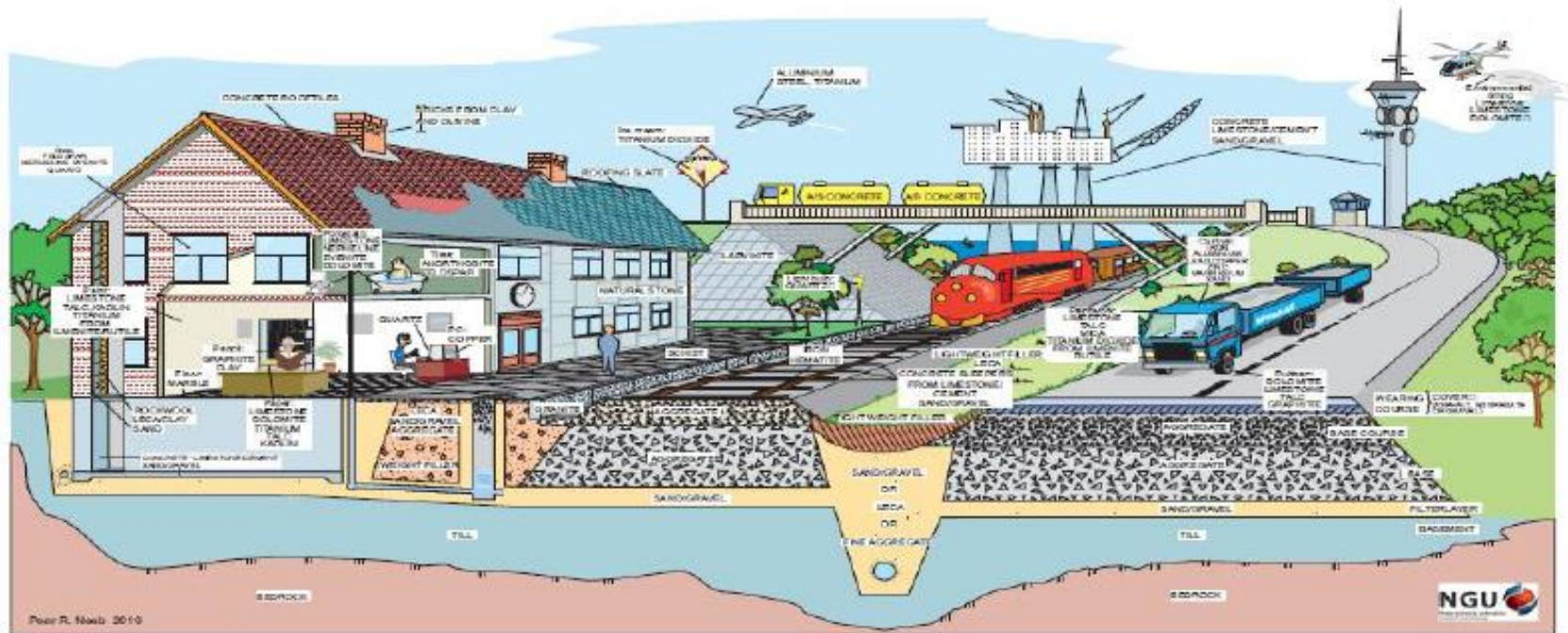
(Mikko Turunen, www.geologia.fi)

Mineraalit

- Käyttötarkoituksen mukainen mineraaliluokitus:
 - Kivimineraalit
 - Malmimineraalit
 - Sulfidimineraalit
 - Oksidimineraalit
 - Metallit
 - muut
 - Teollisuusmineraalit
 - Jalokivet



(Mikko Turunen, www.geologia.fi)



On tärkeää ymmärtää millainen elämämme ilman kaivosteollisuuden tuottamia raaka-aineita olisi; mistä asunnot, lämmitys, ruoka, vaatteet, työpaikat?

Kaivostoiminta näkyy, kuuluu ja synnyttää jätteitä - kuten muu teollisuus – mutta onko vaihtoehtoja?

(Krister Söderholm 13.12.2011)

Raaka-aineiden saannin turvaaminen

- Mineraalien/ metallien nykyinen kapasiteetti ei riitä tyydyttämään odotettavissa olevaa kysynnän kasvua
 - Tarvitaan uutta kapasiteettia → uusia kaivoksia
 - malminetsintä lisääntynyt
- Raaka-aineiden saatavuuteen liittyen kaivostoiminnasta on tullut talouden kasvun suhteen strateginen toimiala
- Raaka-ainetoimittajien markkinat → hintojen nousu
- Kasvavat taloudet, mm. Kiina, Argentiina, Etelä-Afrikka ja Intia rajoittaneet kriittisten raaka-aineiden käyttöä ja kauppaa




Taulukko 4: Suomen metallimalmikaivokset 2012. Lähde: Tukes.

Kaivos, kunta	Yrityksen nimi	Emoyhtiön nimi	Tärkeimmät arvoaineet
Kittilä (Suurikuusikko), Kittilä	Agnico-Eagle Finland Oy	Agnico-Eagle Mining Ltd. (CA)	kulta
Hitura, Nivala	Belvedere Mining Oy	Belvedere Resources Ltd. (CA)	nikkeli, kupari
Pahtavaara, Sodankylä	Lapland Goldminers Oy	Lapland Goldminers AB (publ) (SE)	kulta
Kemi, Keminmaa	Outokumpu Chrome Oy	Outokumpu Oyj	kromi
Jokisivu, Huittinen (rikastamo Sastamala)	Dragon Mining Oy	Dragon Mining Ltd. (AU)	kulta
Orivesi, Orivesi (rikastamo Sastamala)	Dragon Mining Oy	Dragon Mining Ltd. (AU)	kulta
Pyhäsalmi, Pyhäjärvi	Pyhäsalmi Mine Oy	Inmet Mining Corporation (CA) → First Quantum Minerals Ltd. (CA, UK) 2013	kupari, sinkki, rikki, rauta
Talvivaara, Sotkamo	Talvivaara Sotkamo Oy	Talvivaara Kaivososakeyhtiö Oyj	sinkki, kupari, nikkeli
Pampalo, Ilomantsi	Endomines Oy	Endomines AB (publ) (SE)	kulta
Laiva (Laivakangas), Raahe	Nordic Mines Oy	Nordic Mines AB (SE)	kulta
Kylylahti, Polvijärvi (rikastamo Kaavi)	Kylylahti Copper Oy	Altona Mining Ltd. (AU)	kupari, koboltti, nikkeli, sinkki
Kevitsa, Sodankylä	Kevitsa Mining Oy	First Quantum Minerals Ltd. (CA, UK)	kupari, nikkeli, PGM, platina






Taulukko 5: Teollisuusmineraalikaivokset ja -louhokset Suomessa. Lähde: Tukes.

Yrityksen nimi	Emoyhtiön nimi	Tärkeimmät arvoaineet	Kunta (kaivos/louhos)
Juuan Dolomiittikalkki Oy		dolomiitti	Paltamo (Reetinniemi), Juuka (Matara)
Nordkalk Oy Ab	Rettig Group	kalsiitti, dolomiitti, wollastoniitti	Huittinen (Matkusjoki, Putkinotko, Siivikkala), Lappeenranta (Ihalainen), Savonlinna (Ruokojärvi), Lohja (Tytyri), Parainen (Limberg-Skräbböle), Raasepori (Mustio), Sipoo, Vimpeli (Ryytimaa, Vesterbacka), Siikainen
SMA Mineral Oy	SMA Mineral AB (SE)	dolomiitti, kvartsi	Tomio (Kalkkimaa, Rantamaa, Ristimaa), Pieksämäki (Ankele)
Salon Mineraali Oy	Omya Oy	kalsiitti	Salo (Hyypiänmäki)
Sibelco Nordic Oy Ab	Sibelco Group	maasälpä, kvartsi	Kemiönsaari (Sälpä), Siilinjärvi/Kuopio (Kinahmi)
Yara Suomi Oy	Yara International ASA (NO)	apatiitti	Siilinjärvi
Mondo Minerals B.V. Suomen sivuliike	Mondo Minerals B.V. (NL)	talkki, nikkeli	Sotkamo (Uutela, Punasuo), Polvijärvi (Pehmytkivi, Horsmanaho)
Paroc Oy Ab	Paroc Group Holding -konserni	teollisuuskivet	Lapinlahti (Joutsenenlampi), Mäntyharju (Lehlampi), Savitaipale (Vanhasuo)



Kaivokset ja kaivosprojektit 2012

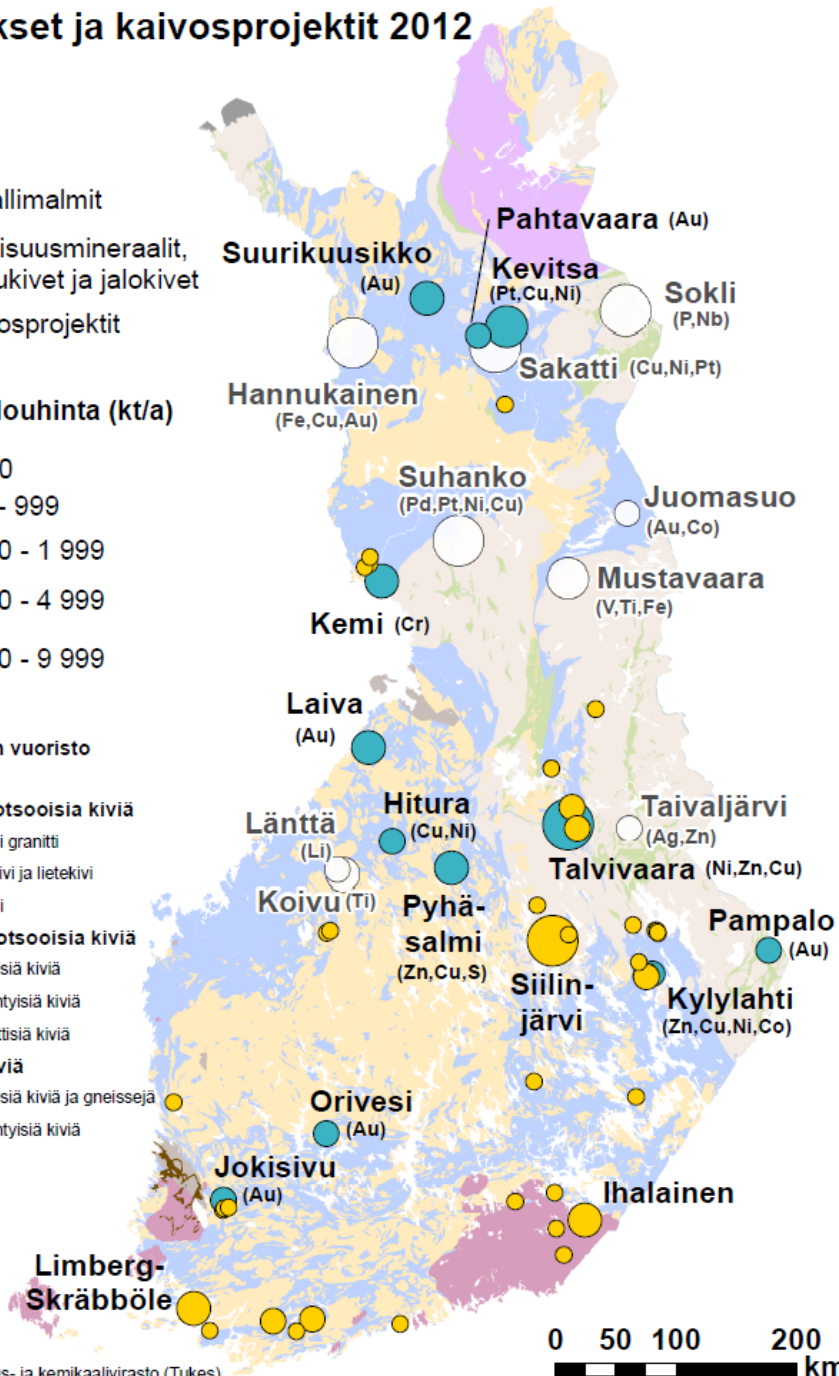
-  Metallimalmit
-  Teollisuusmineraalit, vuolukivet ja jalokivet
-  Kaivosprojektit

Malmin louhinta (kt/a)

-  < 100
-  100 - 999
-  1 000 - 1 999
-  2 000 - 4 999
-  5 000 - 9 999

Kaledoninen vuoristo

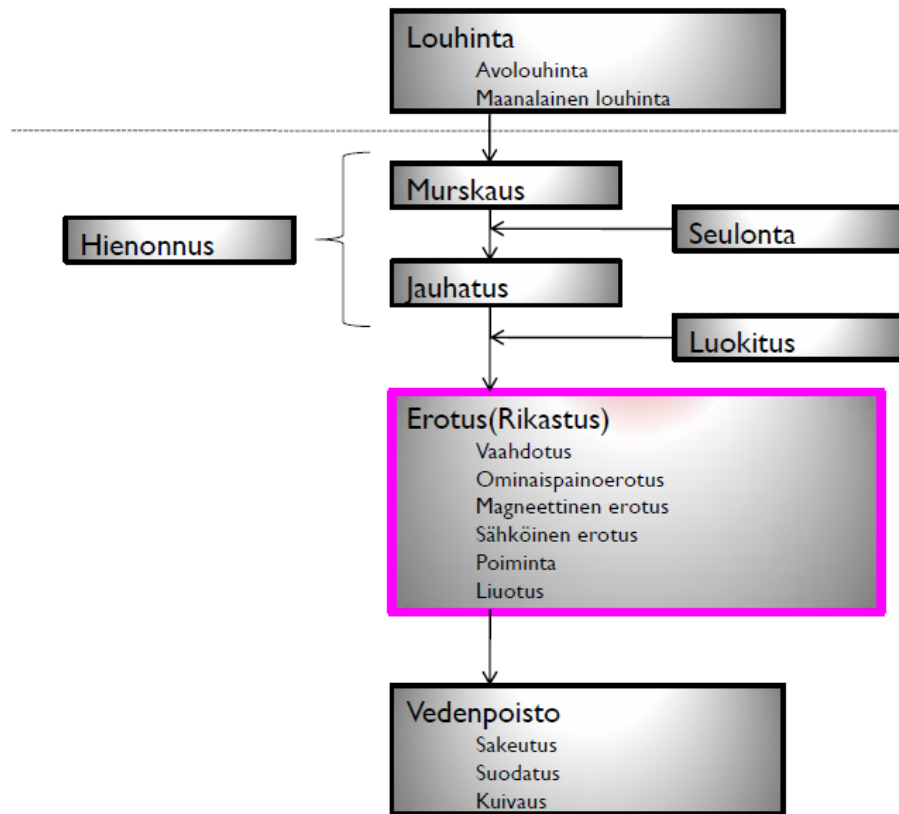
-  Mesoproterotsooisia kiviä
 -  Rapakivi granitti
 -  Hiekkakivi ja lietekivi
 -  Diabaasi
-  Paleoproterotsooisia kiviä
 -  Intrusiivisiä kiviä
 -  Pintasyntyisiä kiviä
 -  Granuliittisiä kiviä
-  Arkeisia kiviä
 -  Intrusiivisiä kiviä ja gneissejä
 -  Pintasyntyisiä kiviä



Rikastusprosessit

- Kaivoksen tuotantoprosessi koostuu louhinta-, hienonnus-, rikastus- ja vedenpoistovaiheista
- Oleellinen osa prosessia on toimiva ennakoiva kunnossapito ja rikastusautomaatio

Louhinta- ja rikastusprosessi



Rikastuksen edellytykset

- Malmin laatu
 - Köyhästä malmista on vaikea saada hyvää taloudellista tulosta, mutta suotuisissa tapauksissa voi sellaisenkin saada kannattavaksi
- Maailmanmarkkinoiden hintataso
- Tyypilliset pitoisuudet syötettävässä malmissa
 - Rauta 30 – 50 %
 - Kupari, sinkki, nikkeli 0,2 – 5 %
 - Kulta 1 – 10 g/t
- Rikastamoilla seurataan yleensä arvomineraalin saantia rikasteeseen, rikasteen arvomineraalipitoisuutta ja rikasteen määrää
- Tyypilliset saannit 70 – 90 %

Mineraalien rikastus

- Rikastuksen päämenetelmät:

- 1) Rikastus vaahdottamalla

- 2) Magneettinen rikastus

- 3) Tiheyseroihin perustuvat menetelmät

- 4) Sähköstaattinen rikastus

- 5) Poiminta

- 6) Hydrometallurgiset menetelmät, liuotus & saostus



Rikastus vaahdottamalla

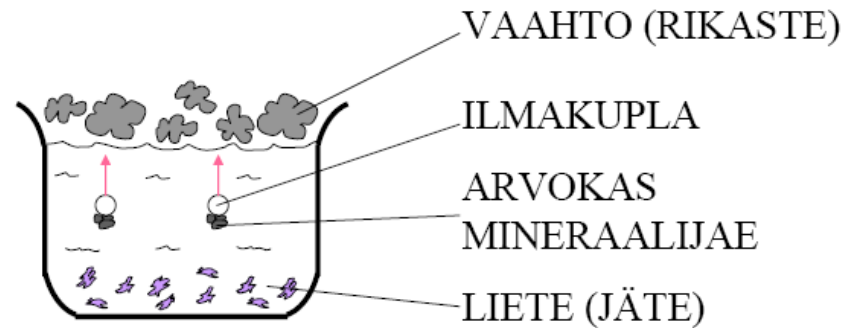
Vaahdotuksen tavoite

- **Vaahdotus eli flotaatio** on malmin louhinnan ja hienonnuksen jälkeinen menetelmä arvomineraalien erottamiseksi muista mineraaleista
- Prosessin tavoitteena on tuottaa rikastetta, jonka puhtaus on riittävä jatkoprosesseihin
- Vaahdotuksen tarkoituksena on saada rikasteen ei-toivottujen alkuaineiden ja mineraalien pitoisuus riittävän alhaiseksi ja samalla arvomineraalien pitoisuus mahdollisimman korkeaksi ja taloudellisesti merkittäväksi jatkoprosesseja ajatellen.
- Vaahdotusta käytetään myös mm. uusiomassan siistauksessa ja vesien käsittelyssä

Yhdistelmä
mineralogialla, pintakemialla,
hydrodynamiaa ja
kinetiikkaa sekä
rakeiden-kuoppien
välisiä fysikaalisia
vuorovaikutuksia
sekä kaikkien näiden
yhteisvaikutuksia

Rikastus vaahdottamalla

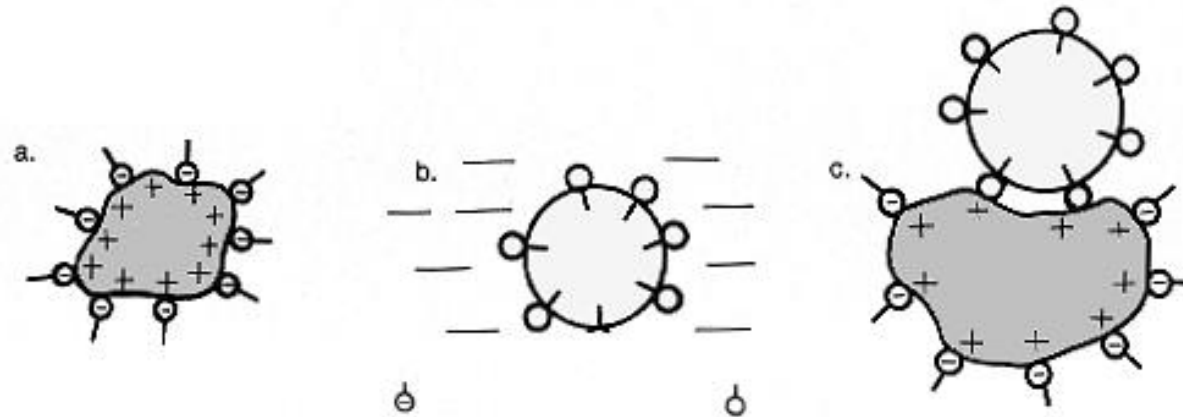
- Tietyt mineraalit kiinnittyvät lietteeseen synnytettyihin ilmakupliin ja nousevat pintaan (rikaste), toiset eivät (jätekiivi)
- Rikastevaahto poistetaan vaahdotuskoneessa lietteen pinnasta
- Vaahdottamalla voidaan erottaa kaikki ne mineraalit, joiden pinta on luonnostaan tai voidaan tehdä vettä hylkiväksi eli hydrofobiseksi
- Vastaavasti muiden (ei-haluttujen) mineraalien pinnat tulee olla vesihakuisia eli hydrofiilisiä



Vaahdotuksen päämekanismit

- Vaahdotuksessa materiaali voi päätyä rikasteeseen kolmella päämekanismissa:
 1. Selektiivinen tarttuminen ilmakuplan pintaan
 2. Veden mukana tapahtuva kulkeutuminen
 3. Fysikaalinen sulkeutuminen partikkelien väliin ilmakuplan pinnalla
- Arvokkaiden mineraalien tarttuminen kuplien pinnalle on yleisin ja tärkein mekanismi ja se perustuu eri materiaalien pintaominaisuuksien eroihin. Vaahdotus voidaan suorittaa joko suorana tai käänteisenä, jolloin haluttu jae jää lietteeseen. Jonkin verran arvoainetta saadaan talteen myös kahdella jälkimmäisellä mekanismilla, mutta varjopuolena on, ettei nämä mekanismit ole selektiivisiä. Veden mukana tapahtuvaa kulkeutumista hillitsee vaahtopatja, koska se suotaa osan vedestä. Teollisissa prosesseissa syntyy kuitenkin aina saantitappioita näiden mekanismien vuoksi.

Vaahdotustapahtuma



(Pihkala)

Mineraalien rikastusmekanismi vaahdottamalla

- Halutun mineraalirakeen on peityttävä orgaaniseen kokoojareagenssiin
- Lietteeseen synnytetään ilmakuplia, jonka pintaa suojaa vaahdotemolekyylikerros
- Ilmakupla tarttuu kokoojapeitteiseen mineraalirakeeseen ja kuljettaa sen pintaan rikastevaahtona

Vaahdotuksessa käytettävät kemikaalit

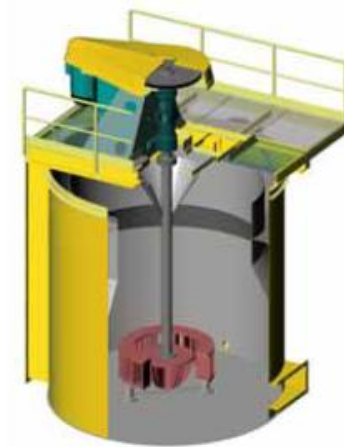
- Vaahdotuskemikaalit vaikuttavat joko mineraalipintoihin tai edistävät vaahdon muodostumista
 - (1) Kokoojareagenssit
 - Liittää arvomineraalit ilmakuplaan kiinni
 - (2) Säännöstelyreagenssit
 - Rajoittaa kokoojien vaikutuksen haluttuun tai haluttuihin mineraalipintoihin
 - (3) Vaahdotusreagenssit
 - Saa aikaan halutunlaisen vaahdon ja ilmakuplat, joihin mineraalit kykenevät tarttumaan kokoojan avulla

Aitikin kennoja

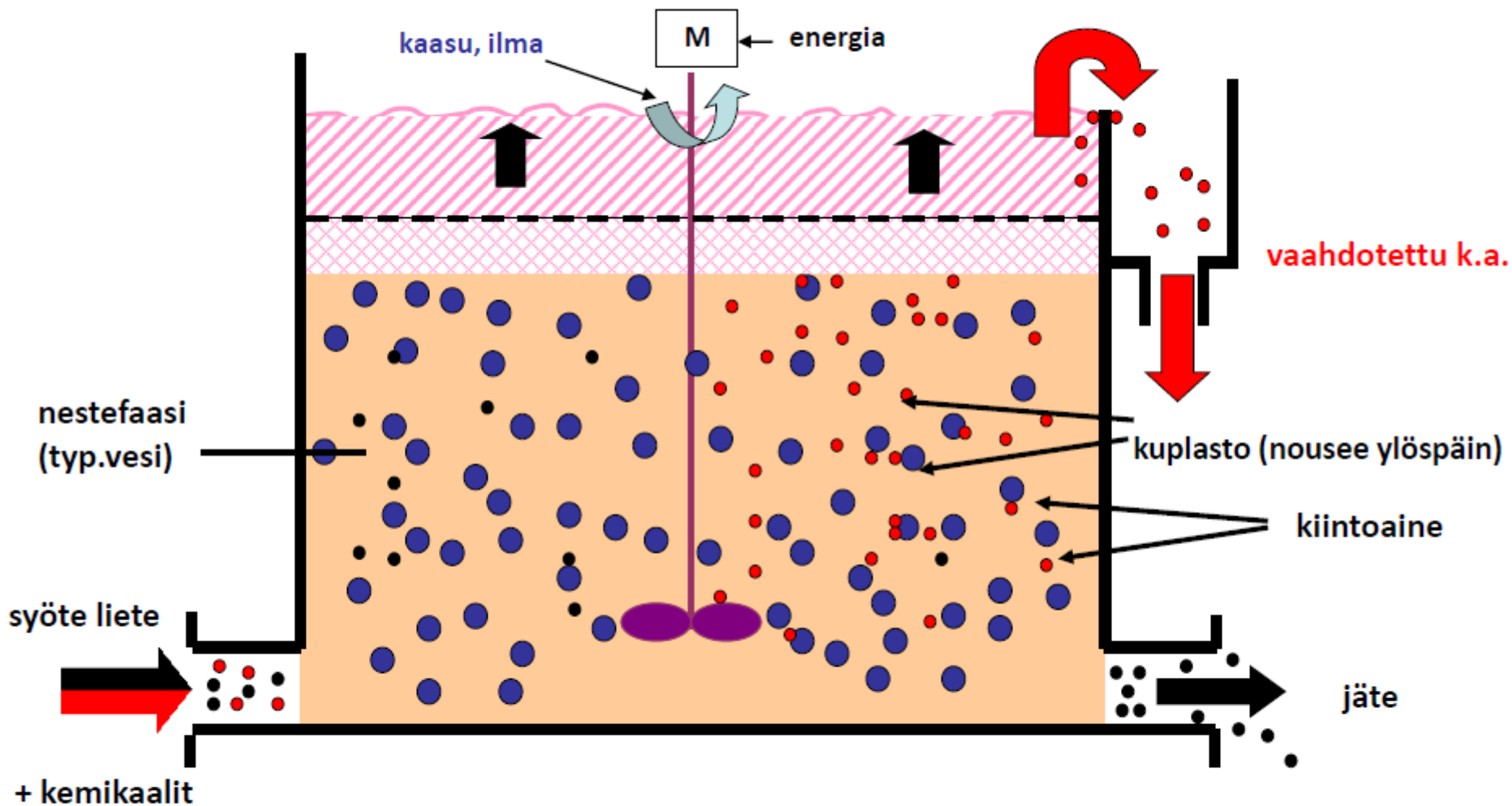


Vaahdotuksessa käytettävät laitteet

- Vaahdotuskennot ja vaahdotuskolonnit
- Päätehtävänä on
 1. Pitää mineraaliliete hyvin sekoittuneena
 2. Pakottaa lietteeseen ilmaa ja hajottaa se pieniksi kupliksi
 3. Ohjata rikaste ja jäte erilleen



Flotaation perusteet



-veden (nesteen) tarve= 1-3 m³ / 1 t kiintoainetta (mineraalit)

-kemikaalit, tarve 100-1000 g / t k.a.

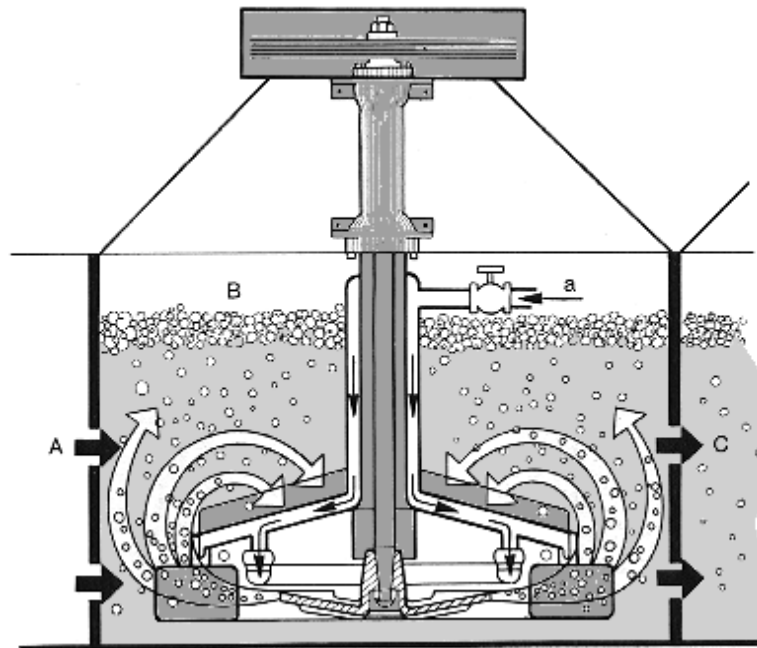
Mekaaninen vaahdotuskenno

- Dispergoi eli hajottaa ilmaa sopivan kokoisiksi kupliksi
- Sekoittaa kiintoaineen
- Sekoittaa kemikaalit
- Mahdollistaa partikkeleiden ja kemikaalien reaktiot
- Maksimoi rakeiden ja kuplien kohtaamiset
- Antaa riittävästi aikaa rakeiden ja kuplien kontaktille
- Kuljettaa muodostuneen partikkelipäälysteisen kuplan vaahtoon
- Kuljettaa arvokkaat partikkelit vaahdon mukana vaahdoreunan yli ränniin ja jättää arvottomat mineraalit lietteeseen

Denver-vaahdotuskenno

- A. Rikastettavan materiaalin syöttö (liete)
- B. Rikastevaaho
- C. Jäteliete
- a. Ilma

Valmennus =
mineraalilietteen mekaaninen
esikäsittely



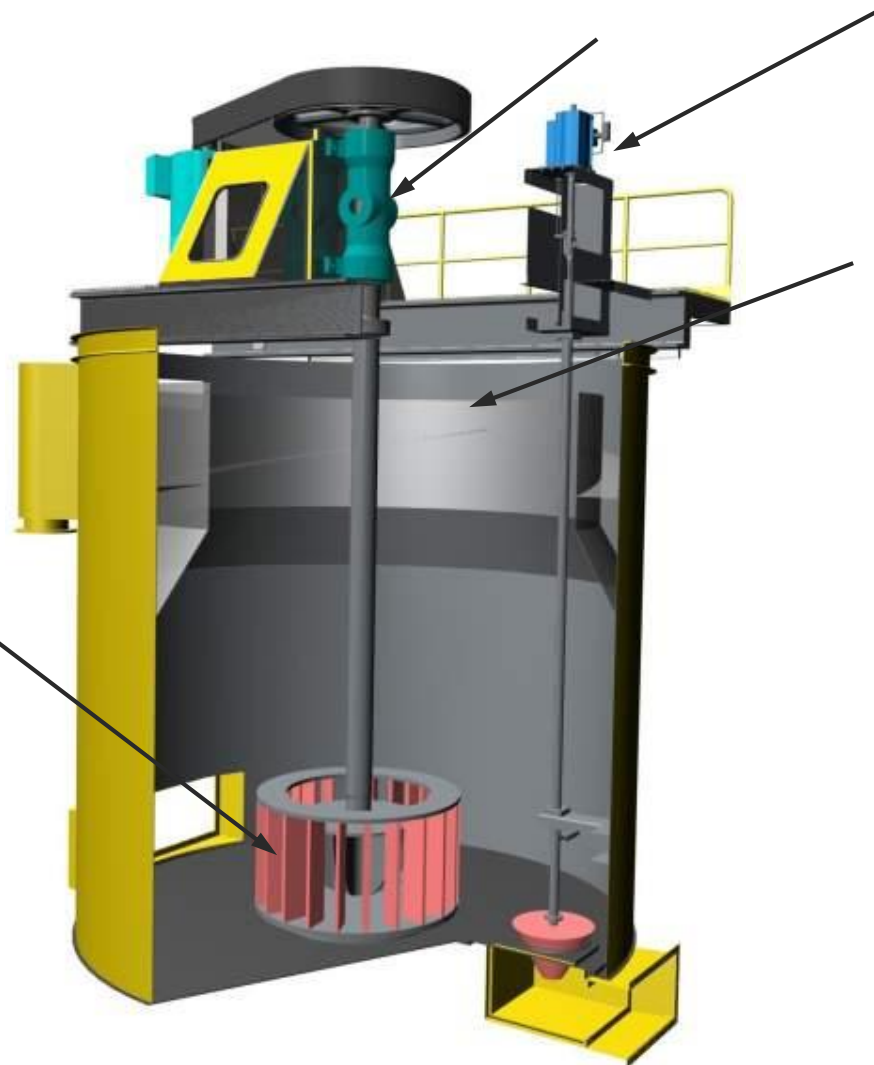
TankCell®

Ilmansyöttö
akselin kautta

Lietteen pinnanmittaus

Rikasteen poisto kennosta

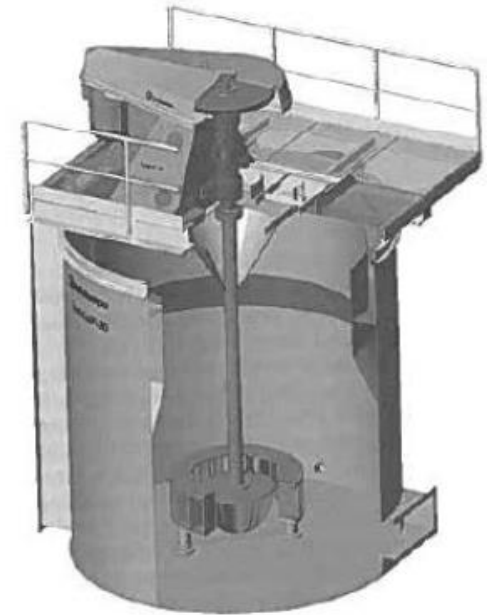
Sekoitin. Roottori ja
staattorikehä. Dispergoi ilman ja
sekoittaa lietteen



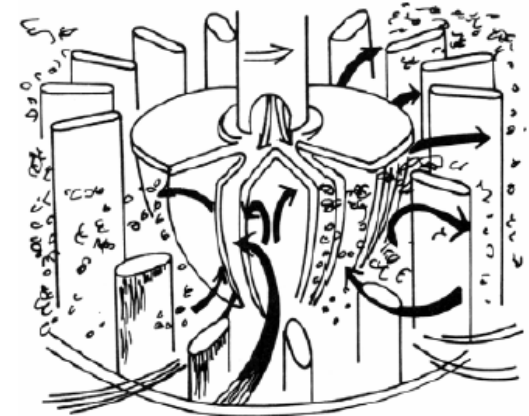
(Outotec 2012)

OK-kenno

OK-kennon roottorin muoto eroaa eniten muiden valmistajien roottoreista. Se koostuu useista horisontaalisista solista, jotka suippenevat alaspäin. Roottorin päällä on vaakatasossa levy. Ilma puhalletaan akselin läpi. Ilman puhalluksen ja pyörimisliikkeen seurauksena liete ja ilmapirrret joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa roottoristaattori yhdistelmässä (liete- ja ilmasolat roottorissa). Ilmastettu liete jatkaa eteenpäin kennoon. Lietteen virtaus on roottorista pohjan suuntaisesti. Uusi liete virtaa ylhäältä kohti mekanismia.



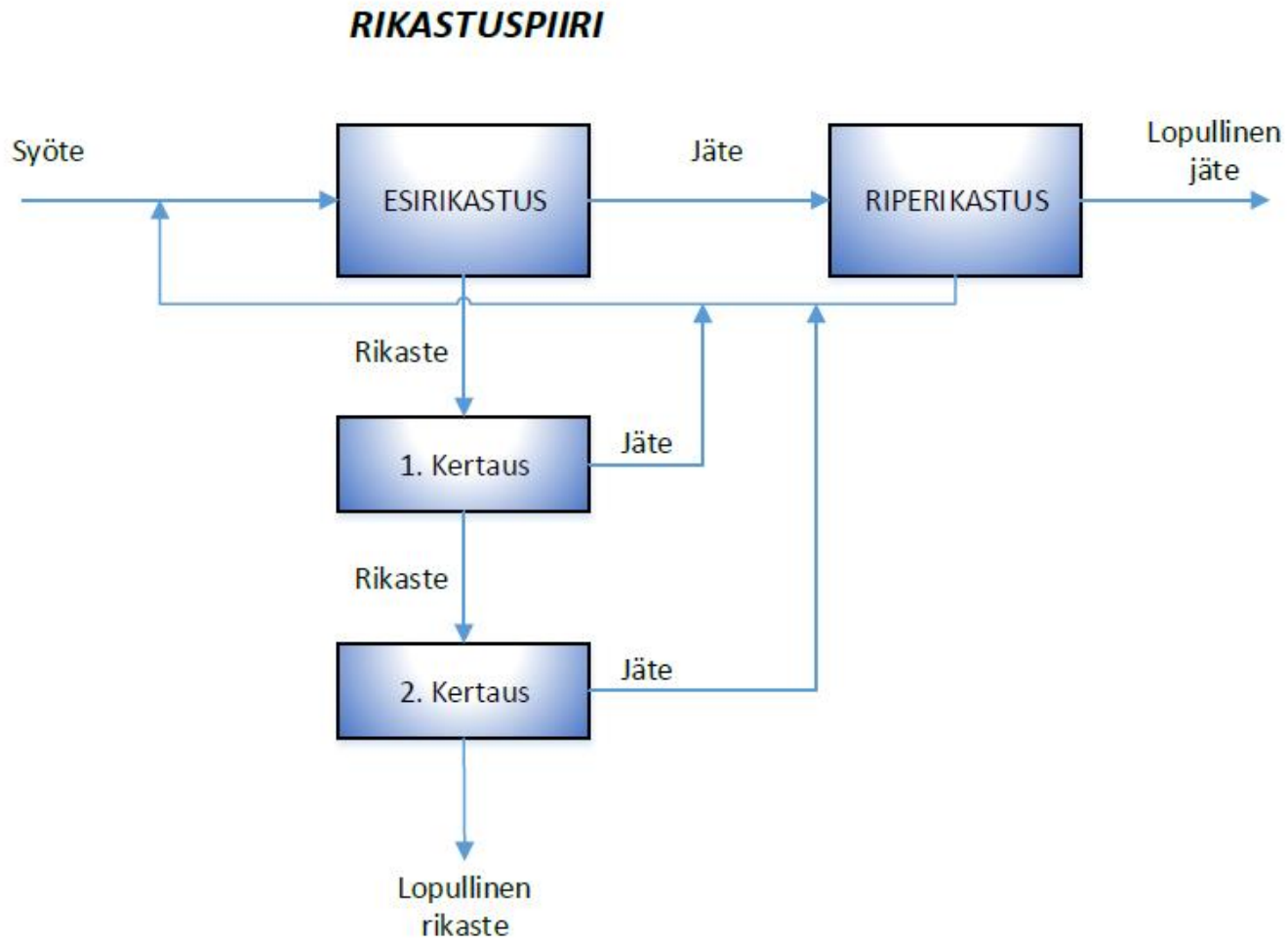
Ok-vaahdotuskoneen mekanismi



Vaahdotuspiirit

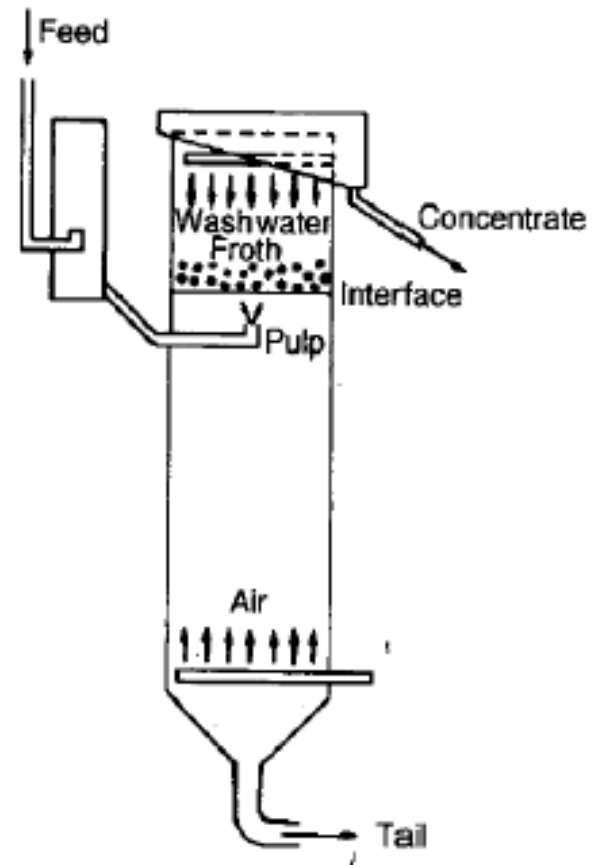
- Kaupallinen vaahdotus on jatkuvatoiminen prosessi
- Kennot on asennettu sarjaan ja ne muodostavat usein kennorivin
- Prosessissa liete syötetään ensimmäiseen kennoon, jossa hydrofobiset arvomineraalit nousevat rikasteena pintaan ja jäte ohjataan aina rivin seuraavaan kennoon rikastettavaksi
- Lietepinnan korkeus kasvaa riviä eteenpäin mentäessä ja vaahtopinnan korkeus pienenee, koska etummaisissa kennoissa on eniten hydrofobisia partikkeleita
- Rivin viimeisestä kennosta poistuu rikasteeseen enää vähän arvomineraaleja
- Lietepinnan korkeutta säädetään peräventtiilillä, joka on yleensä puristusventtiili
- Piirissä kertaukseen menevällä lietteellä on korkea pitoisuus ja samalla ripekennoja eli jätteen kertauskennoja voidaan ajaa ilmaylimäärällä saannin maksimoimiseksi

Vaahdotusrikastuslaitoksen virtauskaavio

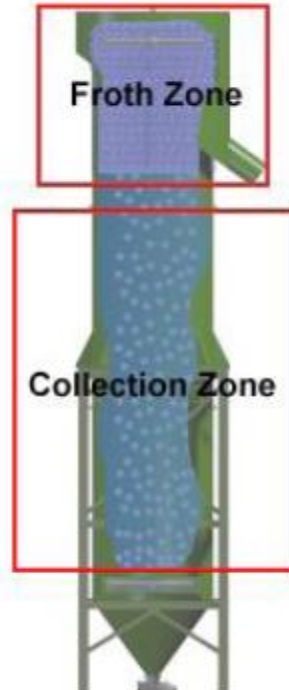


Vaahdotuskolonne

Vaahdotuskolonne muodostuu kahdesta erillisestä vyöhykkeestä. Syöttökohdan alapuolella talteenotto-osassa partikkelit sekoittuu laskeutuvaan vesifaasiin ja törmäävät alaosan ilmasuuttimien dispergoimiin kupliin. Kolonniosassa vaahdottavat partikkelit tarttuvat kupliin ja kulkeutuvat pesuvyöhykkeelle ja rikasteeseen. Jäte poistuu kolonnin pohjalta.

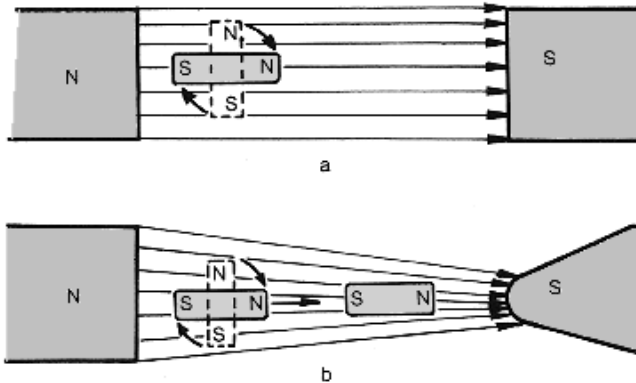


Kolonnivaahdotus



Magneettinen rikastus

- Perustuu mineraalien erilaisiin magneettisiin ominaisuuksiin

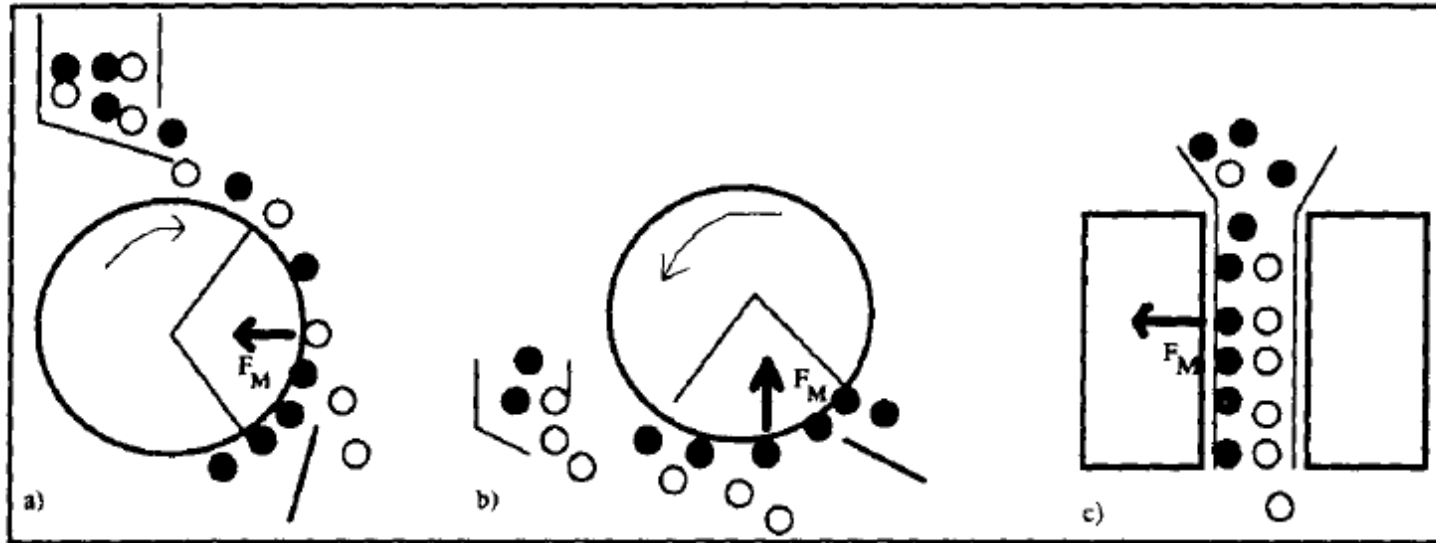


Magneettisen mineraalirakeen liike magneetikentässä.

- a) Homogeeninen magn.kenttä
- b) Epähomogeeninen magn.kenttä

- Heikkomagneettinen erotus:
 - Vahvasti magneettisille yhdisteille (Magneetiitti Fe_3O_4)
 - Kaikki Fe-pitoiset mineraalit voidaan pasuttaa keinotekoiseksi magneetiitiksi
 - Rautakappaleet, piirauta
 - Märkäerotus kun palakoko $< 0,5$ mm
- Vahvamagneettinen erotus:
 - Mineraalit, jotka heikosti magneettisia (ilmeniitti, magneetikiisu, rutiili, kromiitti, hematiitti, mangaanimineraalit)

Magneettisten erottimien perustoimintatavat



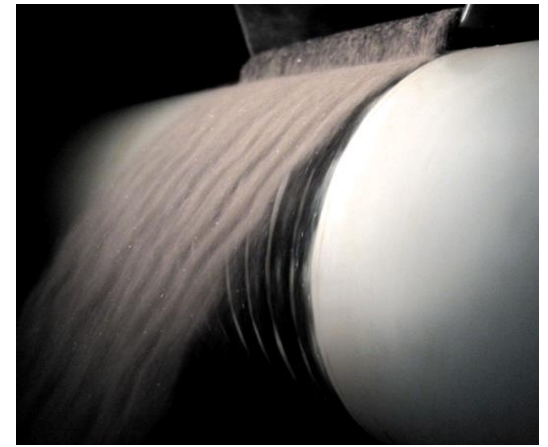
a poikkeutus

b nosto

c pidätys

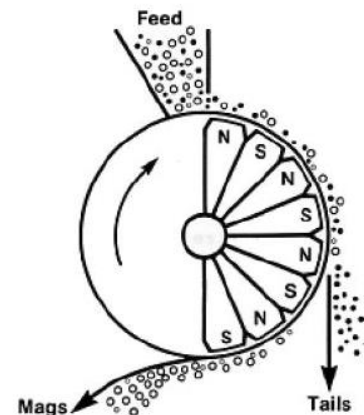
Heikkomagneettierottimet

- Rumpuerottimia käytetään yleisimmin raskasväliaine-erotuspiireissä puhdistamaan/ottamaan talteen väliaine (piirauta)
- Rumpuerottimissa magneetit on sijoitettu rummun sisäpuolelle ja niitä on rummussa 3 – 6
- Rumpuerottimet voivat toimia sähkömagneeteilla tai yleisimmin nykyään kestmagneeteilla (keraamisia ferriittimagneetteja)
- Rumpuerottimia voidaan asentaa useampia peräkkäin, jotta rikasteen pitoisuutta saadaan nostettua
- Rummun toimintaperiaate: Syötteessä oleva magneettinen materiaali tarttuu pyörivän magneettirummun pintaan ja pysyy rummun kehällä, kunnes se pestään pois vesisuihkuilla, jolloin rikastettu materiaali tippuu rikasteaukkoon
- Ei-magneettinen materiaali ei tartu rummun pintaan ja se poistetaan rummun ”laatikon” alaosasta

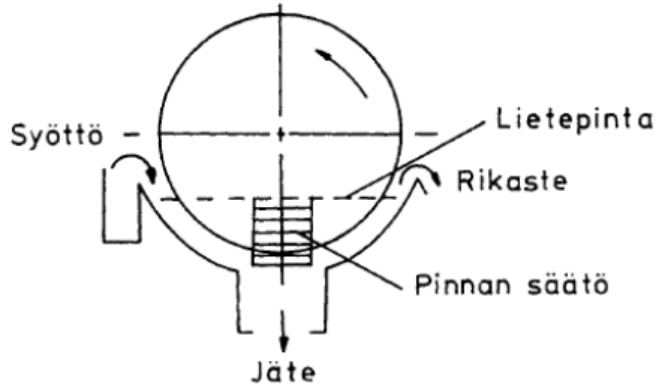


Heikkomagneettierottimet

- Rumpumagneetit voivat pyöriä myötä- tai vastavirtaan syötteen kanssa
- Myötävirtaerotusta käytetään, kun otetaan pieni määrä magneettista materiaalia talteen ja vastavirtaerottimia taas suuremmilla määrillä rikastetta
- Vastavirtaerottimessa jäte kulkee eri suuntaan kuin rumpu pyörii
- Vastavirtaerottimille syötteen raekoko on alle 250 μm
- Vastavirtarumpuerottimia käytetään yleensä prosessin loppupäässä
- Toisinaan vaahdotuksen jäte syötetään magneettierotusrummulle ja saadaan nostettua saantia
- Rumpuerottimia käytetään laajasti malmeilla, joilla rautapitoisuus on 40-50 % (magnetiitti, ja joissain tapauksissa myös hematiitti)

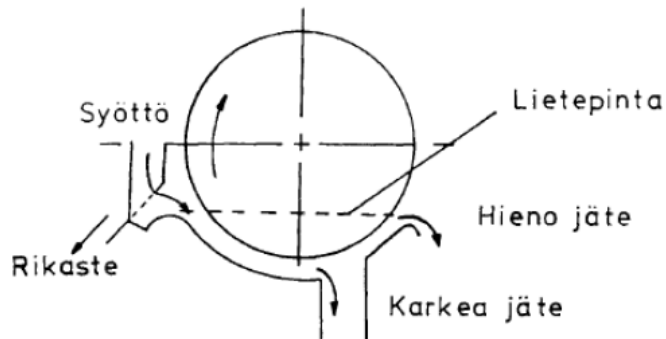


Myötä- ja vastavirtaerottimien toimintaperiaate



Myötävirtaerotin:

- Syötettävä materiaali kulkee laitteen pyörimissuuntaan
- Käytetään, kun talteen otettavan rikasteen määrä pieni



Vastavirtaerotin:

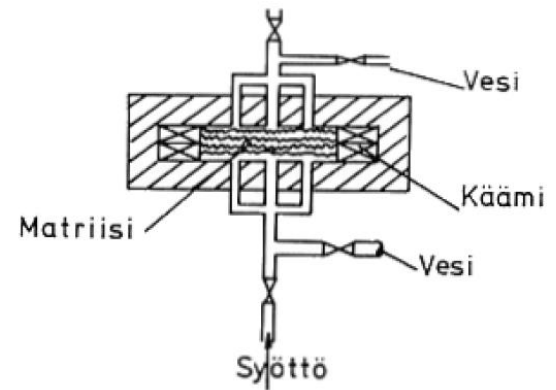
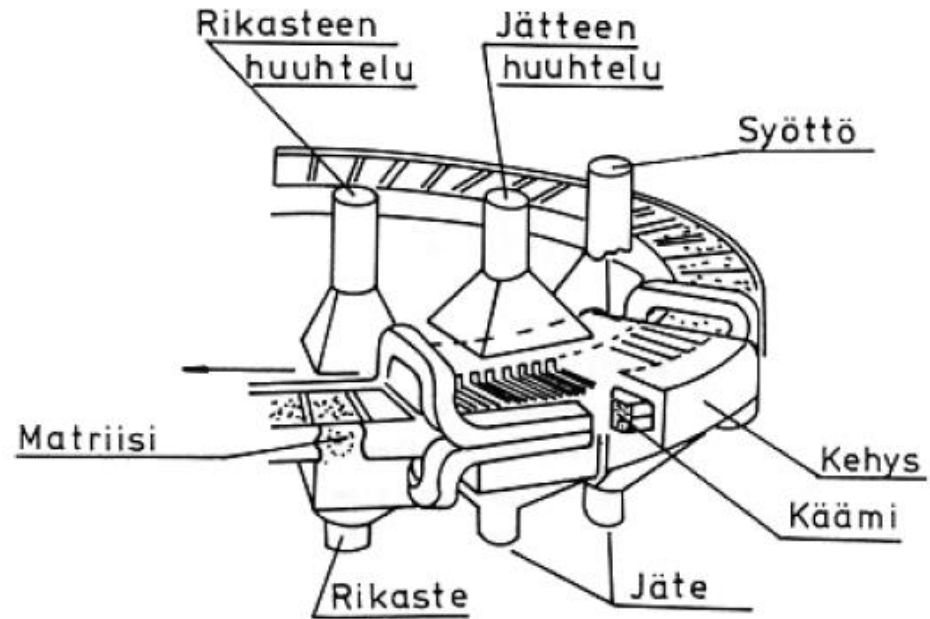
- Syötteen ja laitteen kulkusuunnat ainakin osittain vastakkaiset
- Käytetään suurille rikastemäärille

(Niinimäki: Mekaaninen prosessiteknikka I)

Magneettinen märkäerotin



Vahvamagneettinen erotus



Painovoimaerotus

- Historiaa
 - Erotusrännit tunnettu 2000 – 3000 eKr
 - Hytkytin Harz-vuoriston kaivoksilla 1400-1500-luvulla
 - Spiraali 1943, Reichertin kartio 1960-luvulla
 - Ensimmäinen sink-float-patentti 1858 (Bessemer)
- Menetelmiä
 - Sink-float
 - Jigit/hytkyttimet
 - Spiraalit, kartiot, rännit
 - Tärypöydät
 - Lukuisia laitteita jotka perustuvat keskipakovoimaan (esim. Knelson)

Painovoimarikastuksen edut

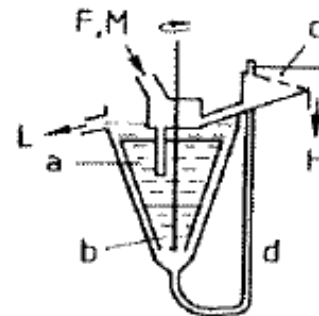
- Yksinkertaiset laitteet
Investointi- ja käyttökustannukset alhaiset
- Ei kemikaaleja
Kustannussäästöjä ja ympäristöystävällisyys
- Ei kemiallisia reaktiotuotteita
Ympäristönäkökohdat
- Toimii melko leveällä partikkelikokoalueella
- Toimii usein alhaisella vesimäärällä => vedenpoistotarpeet



Sink-float (upotus-kellutus)

- Raskas neste tai mineraaliliete (esim. piikiviliete tai piirauta)
 - Raskaat nesteet ongelmallisia teollisessa käytössä (turvallisuus ja hinta)
- Väliaineen tiheys erotettavien aineiden välissä
- Väliaineen regenerointi ja liejunerotus
- > 4 mm partikkeleille
- Esirikastusmenetelmä esim. sivukiven erottamiseen

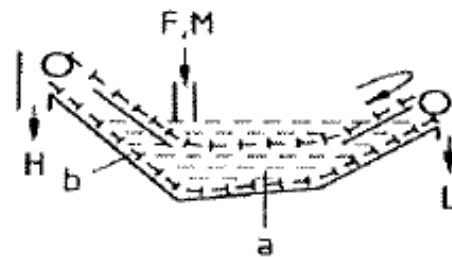
(A) Kartio, Cone



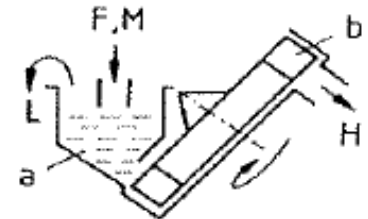
(B) Rumpu, Drum



(C) Allas/kouru



(D) Yhdistelmä



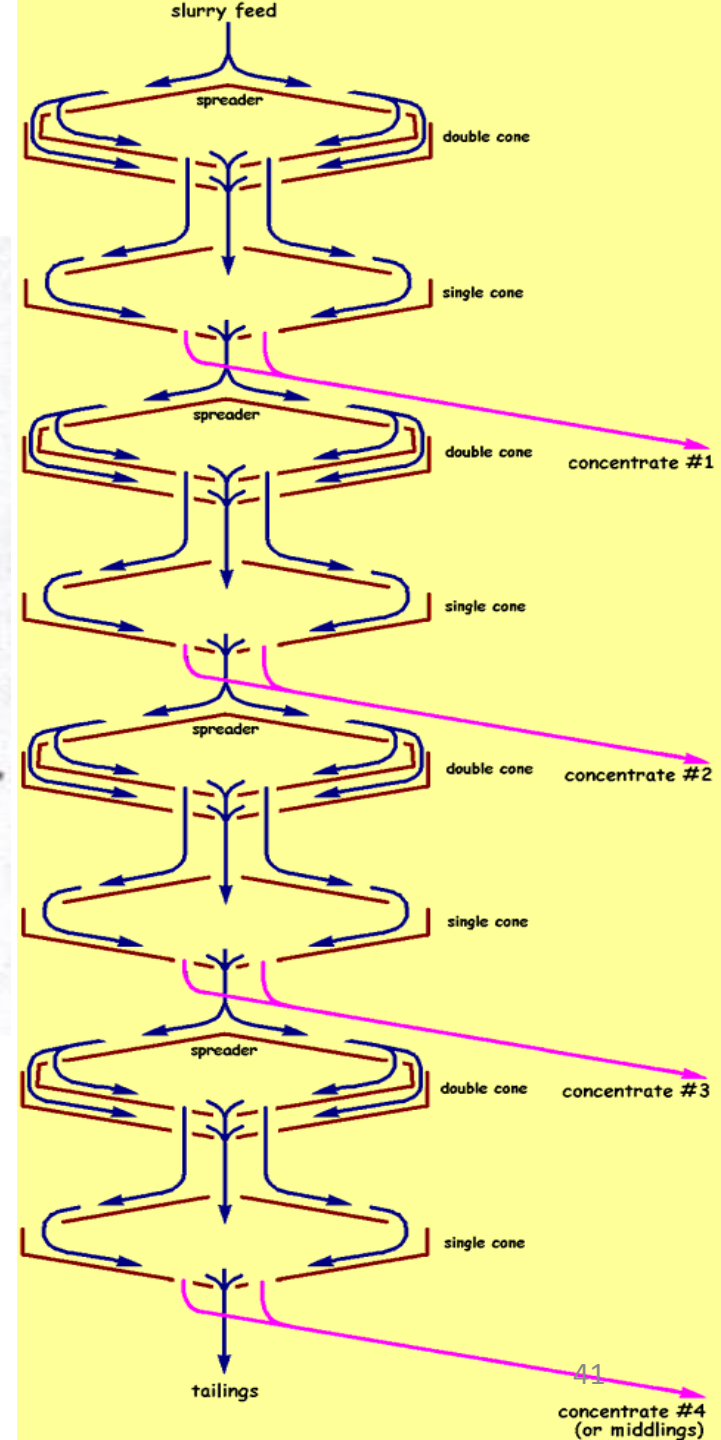
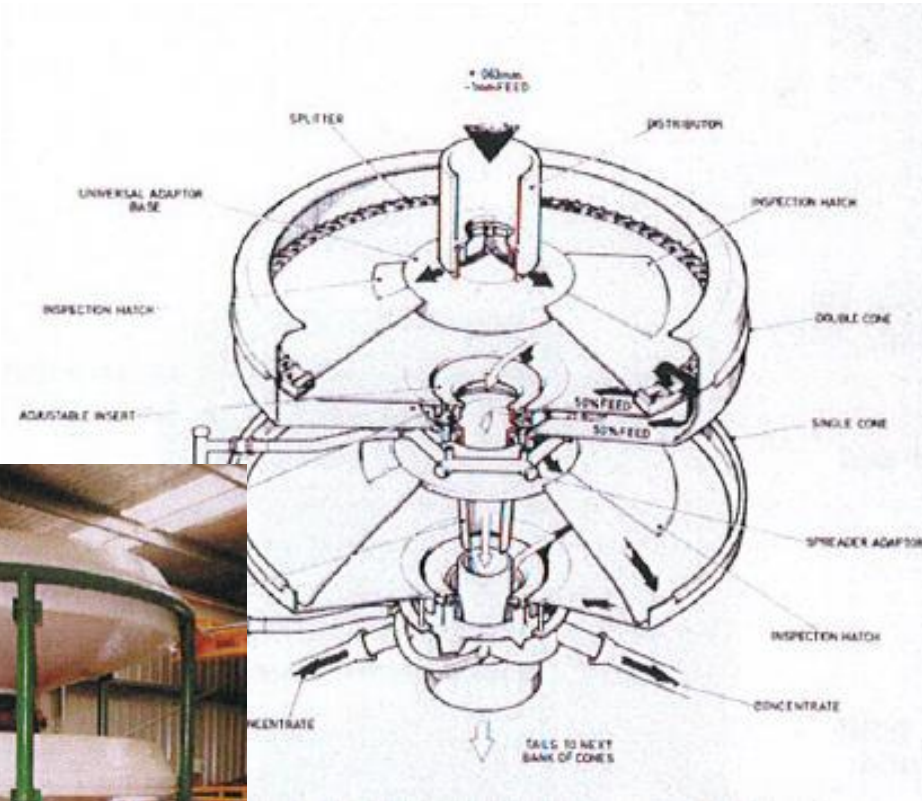
Reichert-kartio

- Reichert-kartioerotin on kehitetty rantahiekköjen käsittelyyn, ja sen toimintaperiaate on sama kuin kouruillakin
- Kapasiteetti 65-90 t/h
- Syötteen kiintoainepitoisuus 55-70 p-%
- Partikkelikokoalue 30 μm – 3 mm (tehokkaimmillaan kuitenkin 100 – 600 μm)
- Reichert-kartioyksikössä useampi päällekkäinen kartio-osa, jotka voivat olla 1- tai 2-osaisia
- Tyypillisessä kartioerottimessa on neljä tupla-single-kartiota sarjassa, joissa jokainen vaihe käsittelee edellisen vaiheen jätteen
- Kolmesta ylimmäisestä vaiheesta saadaan rikastetta ja alimmaisesta vaiheesta välituotetta

Reichert-kartio

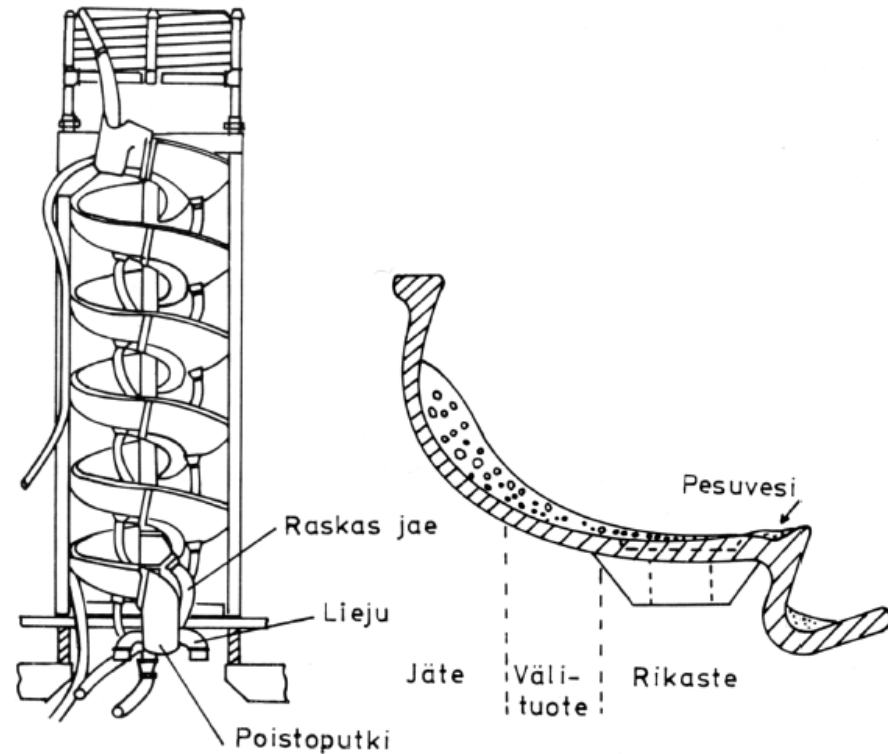
- Syöte jaetaan tasaisesti kartion pinnalle, josta se valuu ulkokehän kautta kartion sisäpinnalle
- Kun liete kulkee sisäpinnalla lähemmäksi kartion keskustaa, pinta-ala pienenee ja liete kerrostuu kerroksiksi – raskaimmat partikkelit alimmaiseksi ja kevyemmät partikkelit niiden päälle
- Rikaste poistetaan kartion keskeltä renkaanmuotoisella uralla – kevyiden partikkelien mennessä uran yli jätteeksi
- Tällaisen erotusprosessin tehokkuus on suhteellisen pieni, ja kunnollisen erotuksen saavuttamiseksi liete on kerrattava useaan kertaan

Reichert-kartio



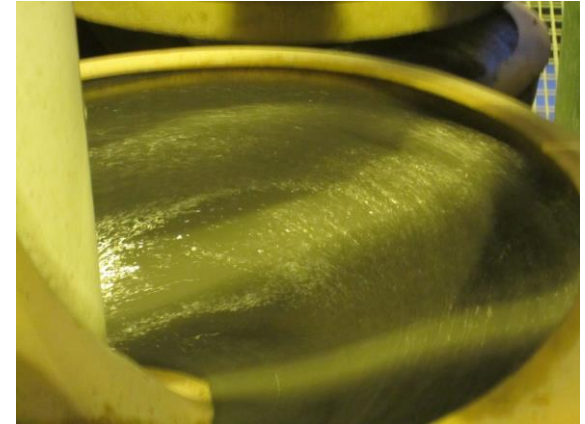
Spiraalierotuksen periaatteita

- Materiaali kulkee kierukassa alaspäin, siten että raskas jae kulkee kierukan sisäreunalla ja kevyt jae ulkoreunalla
- Partikkelikokoalue: 75 μm – 2,0 mm
- Syötön kiintoainepitoisuus: 25 – 45 %
- Kapasiteetti: 1 - +2 t/h (syöttö)
- Rikastuskerroin: 3:1

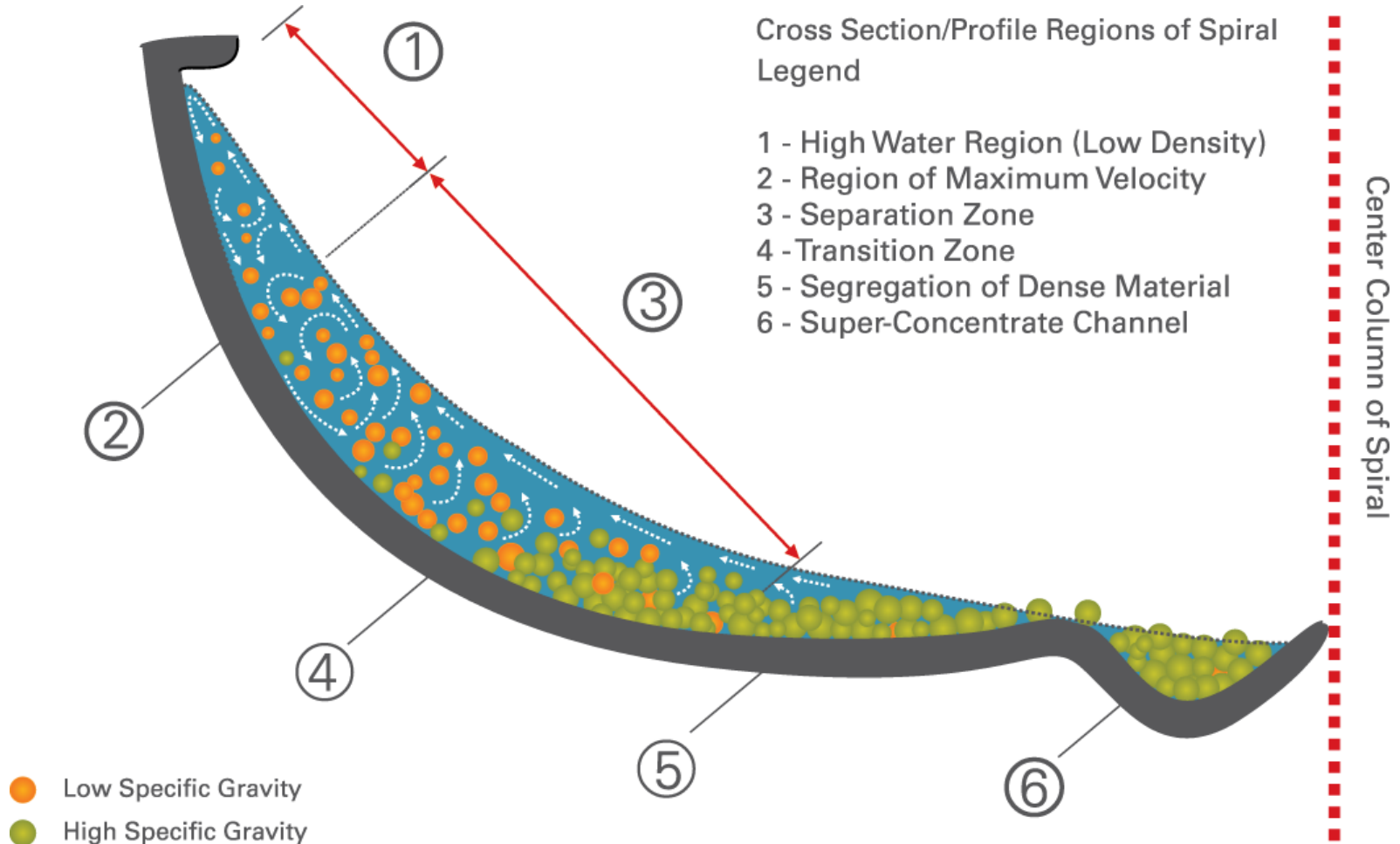


Spiraalirikastus

- Spiraalissa voi olla rikasteelle väliottoja (veitsiä tai aukkoja) tai vain spiraalin pohjassa veitset, joilla virta jaetaan rikasteeksi, välituotteeksi ja jätteeksi
- Viime aikoina on kehitetty räätälöityjä spiraaleja eri materiaaleille, käyttötarkoituksiin ja prosessivaiheisiin
- Spiraalin rakenne vaihtelee käsiteltävästä materiaalista riippuen, mm. lisävedellinen/lisävedetön, rikasteelle väliottoja/vain pohjassa rikasteveitset, spiraalin profiili, starttien määrä ja kierroksien lukumäärä
- Kulta, rautamalmit, kromiitti, kassiteriitti, ...

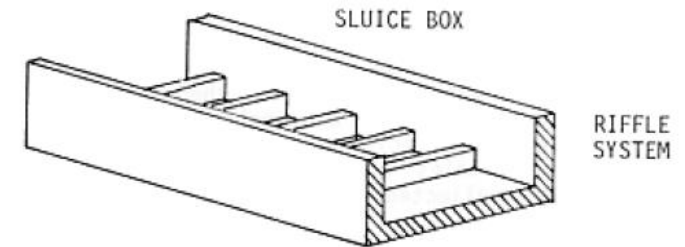


Spiraalirotuksen periaate

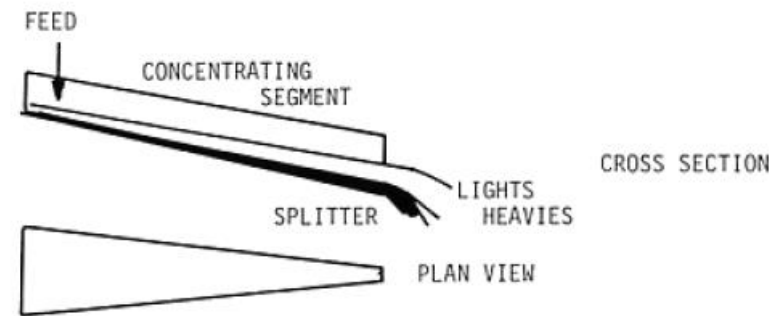


Rännit

- Huuhdontarännit ovat vanhoja rikastuslaitteita, joita on käytetty jo antiikin aikana
- Kun lietettä johdetaan kaltevaan ränniin, tai ränniin nostetun soran tai hiekan sekaan johdetaan vettä, kulkee raskas materiaali lähellä pohjaa, mutta kevyt aines virtaa ylempänä
- Jos liete virtaa lyhyehkössä, kaltevassa ja alaspäin suppenevassa rännissä, virtauskerros paksunee alaspäin tultaessa ja rakeet kerrostuvat niin, että raskaat rakeet virtaavat pohjan tuntumassa, mutta kevyt aines pinnalla. Vaakasuoralla leikkurilla voidaan jakeet erottaa toisistaan
- Kaltevuus 10-12°
- Kullanhuuhdontarännit



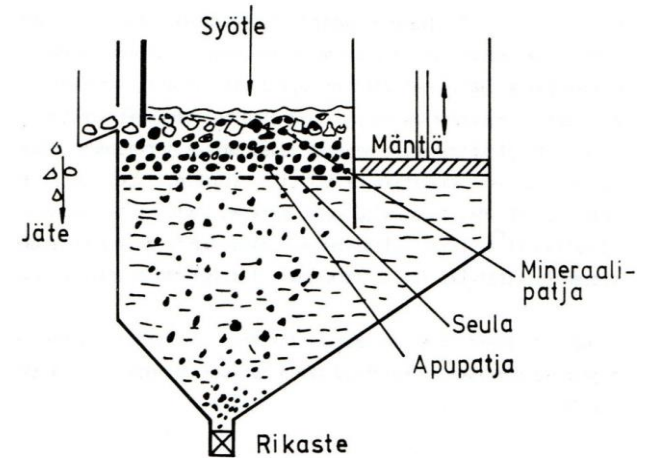
Cross Section of a Simple Sluice-Box



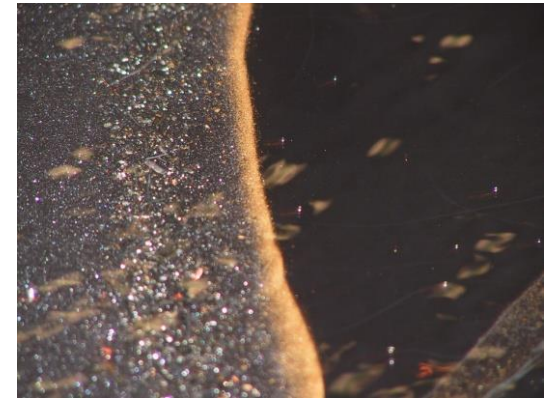
Principle of Operation of a Pinched Sluice

Hytkytinrikastus

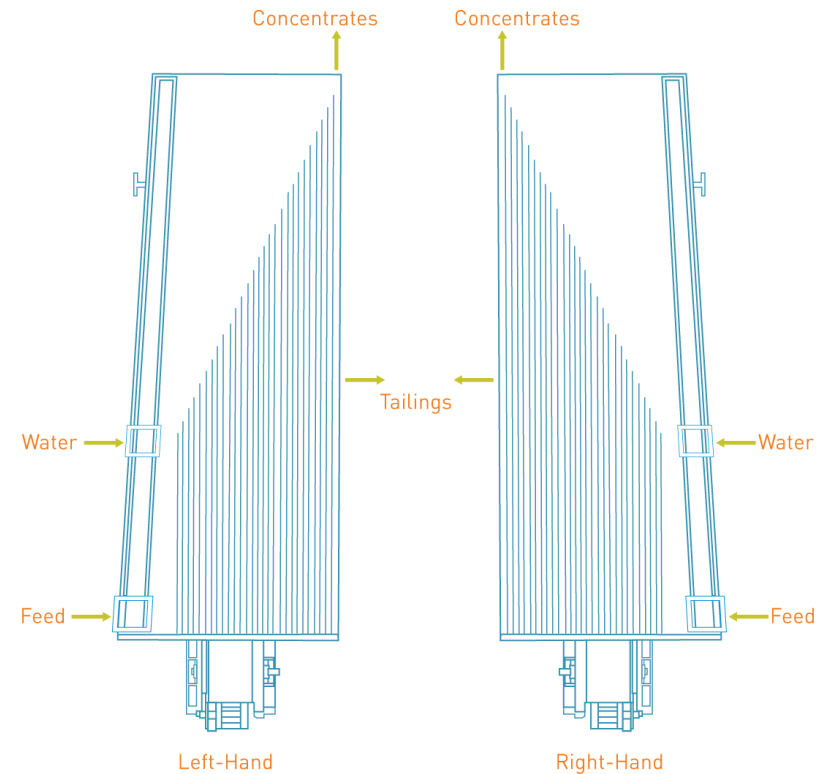
- Hytkytys (hytkytinrikastus) on raskaiden ja kevyiden rakeiden erottamista väliaineen avulla sykkivään liikkeeseen saatetussa malmipatjassa
- Sykkeen toistuessa rakeet kerrostuvat vähitellen tiheyksiensä mukaisiin kerroksiin
- Hytkytin eli jig jakautuu kahteen osaan, mäntäosaan ja seulaosaan. Männen liikkeessä alaspäin kohoaa seulalla oleva malmipatja ylöspäin veden välittömän liikevaikutuksen johdosta.
- Vastaavasti männen liikkeessä ylöspäin, laskeutuu malmipatja seulan pinnalle.
- Täten malmipatjan vuoroin avautuessa ja sulkeutuessa järjestyvät ominaispainoltaan raskaat rakeet patjan pohjalle ja ominaispainoltaan keveät rakeet patjan yläosaan



Tärypöydät

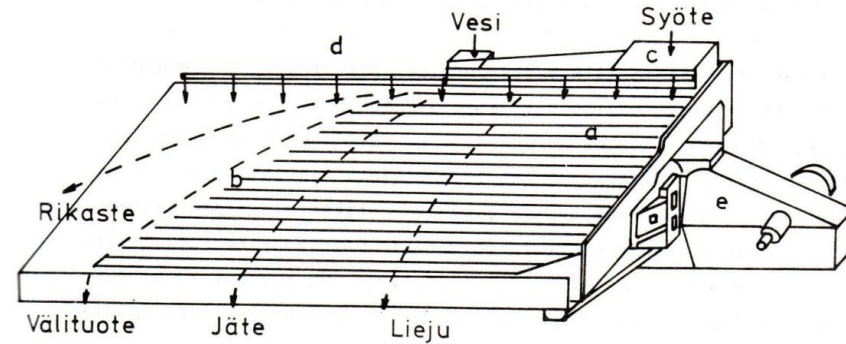


- Tärypöytärikastus on mineraalien ominaispainojen eroon perustuva rikastusmenetelmä, joka soveltuu lähinnä keskikarkeille rakeille
- Tärypöytä on kalteva, pituussuunnassa uritettu, pituussuuntaiseen iskuliikkeeseen saatettu pinta, jonka päällä ja urissa liikkuvat mineraalirakeet erotetaan (yleensä) veden avulla painon ja tiheyden mukaisiin jakeisiin
- Tärypöytä soveltuu erityisesti kullan rikastukseen
- Korkea saanti



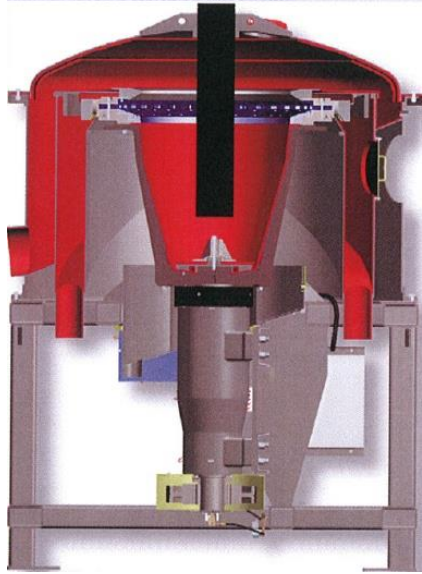
Tärypöytärikastus

- Mineraalien erottaminen eri vyöhykkeiksi tärypöydällä perustuu usean eri tekijän yhteisvaikutukseen
 - Mineraalien lajittuminen uurteissa hytkytinrikastuksen periaatteella
 - Mineraalien erilainen kulkeutuminen vesivirrassa pöydän poikkisuuntaan
 - Mineraalien erilainen kulkeutuminen uurteissa ja pöydän pinnalla pöydän edestakaisen liikkeen johdosta
- Tärypöytärikastusta voidaan säätää usealla eri tavalla, mm. muuttamalla pöydän liikkeen iskulukua ja iskunpituutta, syötetyn veden määrää tai pöydän kaltevuutta

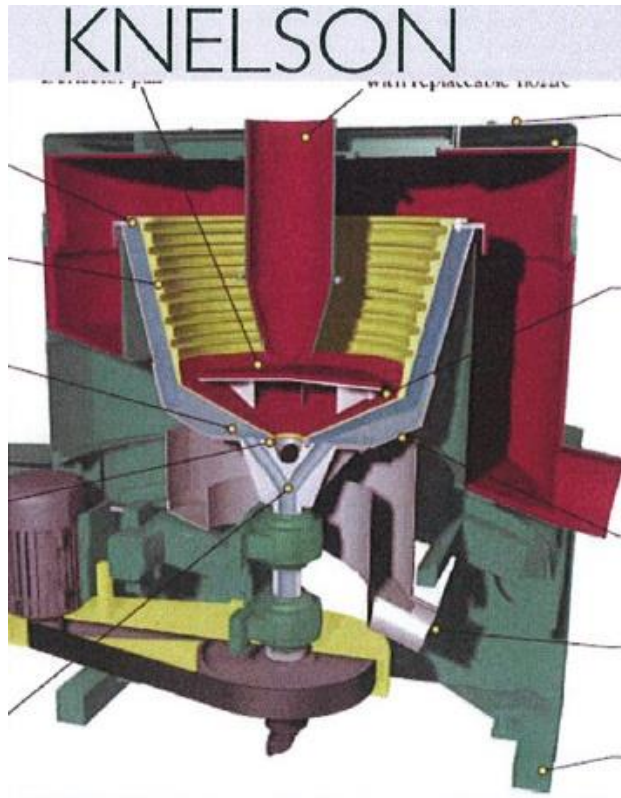


Muita menetelmiä: keskipakovoimaisia rikastuslaitteita

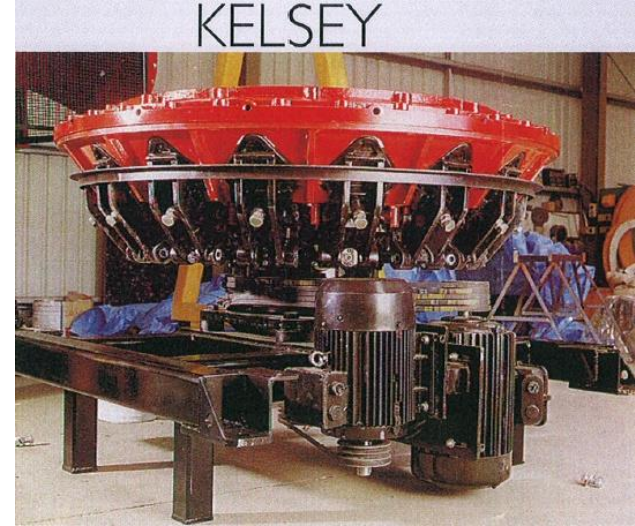
FALCON



KNELSON

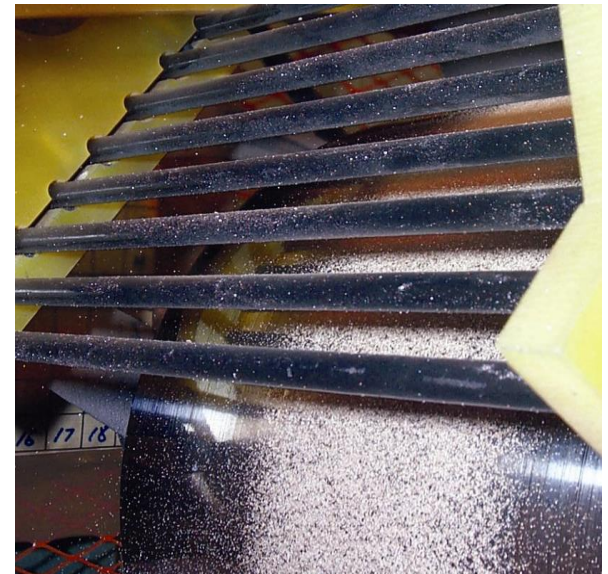


KELSEY



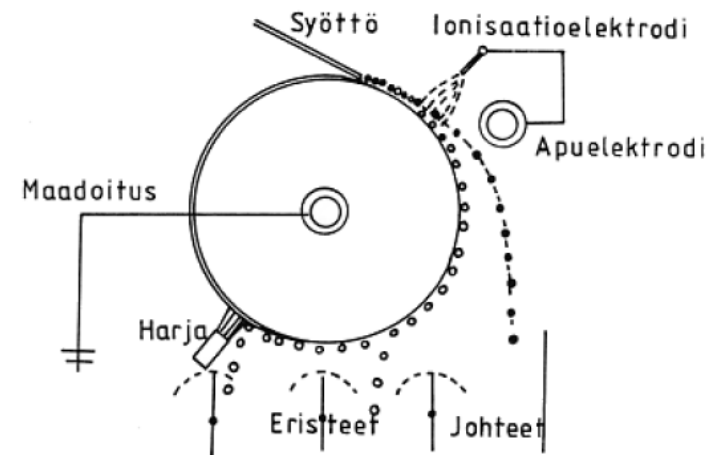
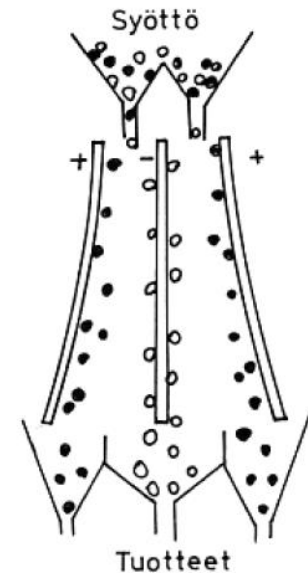
Sähköstaattinen rikastus

- Sähköstaattinen rikastus perustuu materiaalien erilaiseen sähkönjohtavuuteen, joskin sen onnistumiseen vaikuttavat myös partikkelin muut ominaisuudet
- Materiaalit voidaan jakaa sähköisten ominaisuuksien perusteella johteisiin, puolijohteisiin ja eristeisiin
- Toiminta ei tosin tapahdu partikkelien kesken vaan elektrodien ja partikkelien välillä
- Jos partikkeli joutuu kosketuksiin sähköisesti varatun elektrodin kanssa:
 - Johde menettää varauksensa ja irtoaa elektrodista
 - Eriste tarttuu elektrodin pintaan
- Erikoiserotukseen tai muiden menetelmien rinnalla, lähinnä teollisuusmateriaalien käsittelyssä
- Haitat:
 - Ei voida käyttää koko malmin rikastukseen, vain osaan siitä
 - Ei sovellu hienojakoisille materiaaleille, $> 60\mu\text{m}$
 - Alhainen kapasiteetti
 - Suurjännitteen vuoksi turvallisuustoimenpiteet korkeat
 - Vain kuivaerotukseen



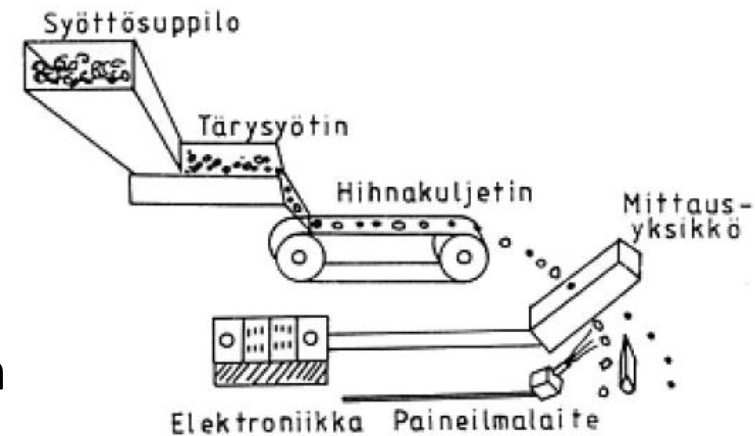
Sähköstaattinen rikastus

- Mineraalien konduktanssi eri aineilla:
 - Metallit > sulfidit > oksidit > karbonaatit > fosfaatit > silikaatit
 - Epäpuhtaudet voivat muuttaa
- Mineraalirakeet voivat saada varauksensa seuraavilla tavoilla:
 - Kontakti
 - Influenssi
 - Koronakentässä ionipommituksella
 - Kitkan avulla
 - Lämmön tai paineen aih., ns. pyro- ja pietsosähköisyys
 - Sähkömagneettisen säteilyn avulla



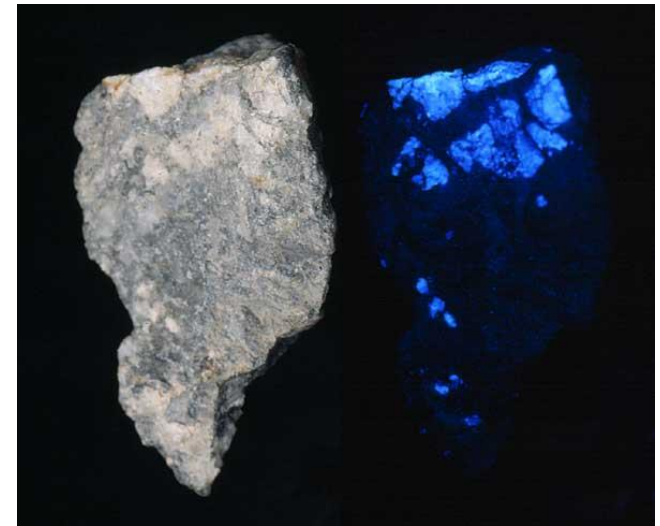
Poiminta

- Poiminta on yksinkertaisimmassa muodossa vanhin rikastuksen laji, sillä ihminen käytti sitä hyväkseen jo ensimmäisen kerran kivikaudella poimiessaan maasta sen parhaimman kiven!
- Käsinpoimintaa saatetaan käyttää vieläkin sellaisissa tilanteissa, joissa arvoja hylkymateriaalin välillä on selvä ulkonäköero ja maissa, joissa työvoima on halpaa
- Poiminta on esirikastusmenetelmä, jossa partikkelikoon on oltava suuri (min 5-10 mm)
- Poiminnalla saadaan myös jatkoprosessin kuluja, energiankulutus mukaan luettuna, vähennettyä



Poiminta

- Konepoiminta perustuu mm. seuraaviin mineraalien ominaisuuksiin
 - Radioaktiivisuus (luonnollinen tai keinotekoinen)
 - Pintojen väri- tai tummuusero
 - Raskasmetallipitoisuus
 - Sähkönjohtavuus
 - Pintojen fluoresenssi-ilmiöt
 - Luminesenssi (timantit)
- Radioaktiivisuuteen perustuvia menetelmiä käytetään lähinnä uraanimalmeille
- Värieroihin perustuvaa poimintaa käytetään hyvin monille malmeille ja teollisuusmineraaleille
- Fluoresenssiin perustuva erotus soveltuu erityisen hyvin esim. scheeliitille (CaWO_4 , volframimineraali)



Scheeliitti-mineraali
UV-valolla valaistaessa.
Puhdas scheeliitti fluoresoi
sinivalkeaa valoa.
Vasemmalla näyte päivän-
valossa ja oikealla
UV-valossa.