

Jukka Huotari

## **LIUSKEKIVEN LAJITTELU JA KÄSITTELYLINJA**

Insinööri  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
10.6.2010



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Jukka Huotari	
Työn nimi Liuskekiven lajittelu- ja käsittelylinja	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Kaivannaistekniikka	Ohjaaja(t) Niilo Härkönen
	Toimeksiantaja Martti Palviainen, Kainuun Etu Oy
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 56+1
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli suunnitella liuskekiven käsittelyä parantavia laitteistoja ja linjastoja Kainuun Edulle ja sitä kautta myös liuskekiviä louhiville ja hyödyntäville kainuulaisille ja myös muualla toimiville yrityksille. Työ rajattiin koskemaan liuskekiven esikäsittely- ja sahauslinjaa.</p> <p>Työssä pyrittiin suunnittelemaan ja kuvaamaan linjastot ja yksittäiset laitteet niin, että valmistajat pystyvät niiden perusteella tekemään tarjoukset ja hinnoittelemaan laitteet.</p> <p>Liuskekiven esikäsittelylinja sisältää kiven syöttölaitteet, kuljettimet, pesurin, kuivaimen ja alipainenos-timen, jolla lajittelu suoritetaan. Tämä linja on suunniteltu liikuteltavaksi, toisin sanoen rakennetaan pyörien päälle.</p> <p>Sahalinja sisältää reunasahat, joiden välissä on kääntölaite ja sahojen jälkeen on kiven paksuuden kalibroimiseksi joko jyrsinlinja tai vaakasahauslaite. Tämä linja sijaitsee tehtaassa sisätiloissa.</p> <p>Työssä perehdyttiin monipuolisesti erilaisiin kiviteollisuudessa käytettäviin koneisiin ja laitteisiin sekä suunniteltiin ja mitoitettiin myös sellaisia laitteita, joita ei suoraan löytynyt valmistajien vakiotuotteista.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Theseus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Jukka Huotari	
Title A Slate Stone Modular Production Line	
Optional Professional Studies Mining technology	Instructor(s) Mr Niilo Härkönen
	Commissioned by Mr Martti Palviainen, Kainuun Etu Oy
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 56+1
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to develop and design production lines and production machines for slate stones to Kainuun Etu Oy and also to other slate stone factories in Kainuu and its surroundings.</p> <p>The original intention was to plan the whole slate stone production line from the quarry to the end product, but it was too large an entity for a Bachelor's thesis and the study was defined to cover the slate stone pre-processing line and sawing line.</p> <p>The study aimed at designing and describing the lines and individual devices so that manufacturers are able to place their quotes and set their prices.</p> <p>The slate stone pre-processing line includes a feeder, the conveyors, a washer, a dryer and a vacuum lifter. This line is planned to be mobile.</p> <p>The saw line contains the edge saws, and between the saws there is a rotating table. To calibrate the thickness of the stone there is either a grinding machine or a horizontal cutting machine. This line is located inside the factory.</p> <p>In the thesis a wide variety of devices for stone industry were studied. The thesis also included the drawings and designing of the devices which are not directly found in manufacturers' standard products.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	
Deposited at	<input type="checkbox"/> Theseus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö tehtiin Kainuun Edulle, jossa olin harjoittelemassa viime syksynä.

Kainuun Edun innovatiivinen asenne ja halu kehitykseen auttoi minua paljon lopputyön tekemisessä.

Haluan myös kiittää Kainuun Edulta Martti Palviaista ja ammattikorkeakoululta Niilo Härköstä ja Eero Soinista, joilta sain apua työn loppuun saattamiseen.

Kuhmossa 10.6.2010

Jukka Huotari

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 RAKENNUSKIVET.....	2
2.1 Kovat rakennuskivet.....	3
2.1.1 Graniitit .....	3
2.1.2 Liuskekivet.....	4
2.1.3 Diabaasit.....	5
2.1.4 Gabrot .....	6
2.1.5 Dioriitit.....	7
2.1.6 Kvartsiitit .....	7
2.2 Keskikovat ja pehmeät rakennuskivet .....	8
2.2.1 Marmorit .....	8
2.2.2 Vuolukivet.....	10
2.2.3 Serpentiinit.....	11
3 TÄRYPÖYDÄT .....	12
4 PESURIT.....	18
4.1 Kylmävesipesurit.....	18
4.2 Kuumavesipesurit ja hörypesurit .....	18
4.3 Ultraäänipesurit .....	19
4.4 Painepesurin mitoitus.....	19
5 KULJETTIMET.....	22
5.1 Kuljettimien historiaa .....	22
5.2 Kuljettimien käyttö .....	22
5.2.1 Luisut ja liukumäet.....	22
5.2.2 Rullakuljettimet .....	23
5.2.3 Kiekkokuljettimet .....	23
5.2.4 Hihnakuljettimet .....	23
5.2.5 Lamellikuljettimet .....	24
5.2.6 Ketjukuljettimet .....	24
5.2.7 Riippukuljettimet.....	24
5.2.8 Lattialla kulkevat vaunut .....	25
5.2.9 Tärykuljettimet .....	25

5.3 Rullakuljettimen mitoitus.....	26
6 ALIPAINENOSTIMET.....	28
6.1 Alipainenostimien käyttö.....	28
6.1.1 Alipainepumput.....	28
6.1.2 Ejektorit .....	29
6.1.3 Imukupit.....	29
6.2 Alipainenostimen mitoitus.....	31
7 KIVISAHAT.....	32
7.1 Kivisahojen käyttö.....	32
7.1.1 Pyörösaat .....	32
7.1.2 Raamisahat.....	33
7.1.3 Vaijerisahat.....	34
7.1.4 Ketjusahat .....	34
8 LIUSKEKIVEN LAJITTELUJINJA.....	36
8.1 Lajittelulinjan pääpiirteet.....	36
8.2 Linjan kuvaus.....	38
8.2.1 Tärysyöttöpöytä .....	41
8.2.2 Kuljetin 1.....	43
8.2.3 Pesuri .....	44
8.2.4 Kuivain .....	45
8.2.5 Kuljetin 2.....	45
8.2.6 Alipainenostin .....	46
9 SAHALINJA.....	48
9.1 Sahalinjan periaatteet.....	48
9.2 Sahalinjan kuvaus.....	48
10 JYRSINLINJA.....	51
10.1 Jyrsinlinjan periaatteet .....	51
10.2 Jyrsinlinjan kuvaus .....	51
10.3 Pinnan tasaus sahaamalla.....	52
11 TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI.....	55
11.1 Liuskekiven käsittelylinja .....	55

11.2 Sahalinja .....	55
11.3 Jyrsin/sahalinja.....	55
12 YHTEENVETO.....	56
LÄHTEET.....	57
LIITTEIDEN LUETTELO.....	58

## 1 JOHDANTO

Työn aiheena on liuskekiven esikäsittelylinjan ja sahauslinjan suunnitteleminen Kainuun Edulle.

Kainuun Etu Oy on Kainuun kuntien omistama maakunnallinen elinkeinotoiminnan kehittämissyhtiö. Sen tehtävänä on tukea Kainuun elinkeinorakenteen kehitystä sekä auttaa maakuntamme elinkeinoelämän avaintoimialojen yrityksiä liiketoimintaosaamisen, kilpailukyvyyn, kansainvälistymisen, kasvun ja yhteistyön kehittämisessä sekä kehittää avainklustereita ja niiden toimintaedellytyksiä.[1.]

Kainuun Edun kivi- ja kaivannaistoimiala keskittyy Kainuun geologisten rikkauksien vaalimiseen. Tähtäimessä on raaka-aineiden jalostusasteen nostaminen, pitkälle erikoistunut tuotteistaminen sekä kiviutuoteollisuuden kaupankäynnin edistäminen.[1.]

Kainuun Etu Oy yhdessä alan asiantuntijoiden kanssa on valmistanut yritysten tarpeista lähtevän alueellisen kaivannaisteollisuuden kehittämissuunnitelman. Ohjelma on ensimmäinen koko Suomessa. Se on tarkoitettu toteutettavaksi aikavälillä 2009–2015.[1.]

Liuskekivituotannon kehittäminen liittyy olennaisena osana kaivannaisteollisuuden kehittämissuunnitelmaan. Aiheesta on tehty joitakin esiselvityksiä. Tämä työ on jatkoa Kainuun Edun tekemään Puolangan liuskekivien tuotantotekniikan kehittämisen hankesuunnitelmaan vuodelta 2009.



## 2 RAKENNUSKIVET

Ihmiskunta on käyttänyt kiveä koko historiansa ajan. Aluksi siitä valmistettiin työkaluja, kuten veitsiä tai kirveen teriä, kaapimia, vasaroita, nuolen- ja keihäänkärkiä. Vanhimmat kiviset rakennelmat olivat tulisijoja, hautaröykkiöitä tai asuinsijan rajaavia kivikehiä.[2.]

Jo ennen ajanlaskumme alkua järjestäytyneet yhteiskunnat alkoivat rakentamisessa hyödyntää kivimateriaaleja. Kuten tiedämme, Egyptissä faaraoiden aikaan rakennettiin mahtavia monumentteja kivistä. Pyramidit ovat säilyneet meidän aikoihimme asti. Myös Kreikassa ja Rooman valtakunnan ajalta on kivirakennelmia säilynyt enemmän tai vähemmän kunnossa jälkipolvien ihasteltaviksi. Myös Etelä-Amerikassa inkakulttuuri rakensi mahtavia kivipyramideja ja muitakin rakennuksia tuhansia vuosia sitten.

Maamme vanhimmat varsinaiset kivirakennukset, muutamat kirkot ja linnat, ovat peräisin 1200–1300-luvuilta. Vielä nytkin ne seisovat paikoillaan rapautumattomina ja käyttökelpoisina. Kovat silikaattimineraaleista koostuvat kivet, kuten graniitti tai dioriitti, kestävät hyvin happosateita ja vaihtelevaa ja raakaa ilmastoa. Niitä on kuitenkin vaikeampi työstää kuin marmorina ja muita karbonaattimineraaleista koostuvia kiviä.[3.]

Rakennuskivien käyttökohteita ovat rakennusten ulko- ja sisäverhoukset, lattiat ja portaikot sekä tulisijat. Kiven käyttö lisääntyy myös kotitalouksissa. Erityisesti kotien sisustuksen yksityiskohtina, takkoina, pöytälevyinä ja pienesineinä, kivi on saavuttanut suuren suosion. Tärkeimmät graniittisten rakennuskivien tuotantoalueet ovat Lounais- ja Kaakkois-Suomen rakkivialueilla sekä Keski-Suomessa.[3.]

Muualla maailmassa liuskekiviä on käytetty rakentamisessa jo vuosituhansia. Erilaiset uunit, takat ja jopa kokonaiset asumukset ovat nousseet luonnosta saatavien liuskekivien myötä, kuten myös aidat ja muut tilanjakajat. Varmasti muun käyttökelpoisen rakennusmateriaalin puute ja lähistöltä saatavan liuskekiven saatavuus on ollut merkittävä tekijä käytön yleisyydessä.

Suomessa liuskekiviä on aikoinaan käytetty tulisijojen tekemiseen paikallisesti, mutta viime aikoina liuskekivet ovat yleistyneet sekä sisä- että ulkokäytössä. Liuskekiviä voidaan käyttää sisällä seinissä ja lattioissa pinnoitteena ja ulkona esim. muureissa, porteissa ja pihalaattoina.

Varsinkin Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa on käytetty pitkään paikallisia kivilajeja hyvien uunien ja takkojen valmistukseen. Paras uunikivi on vuolukivi, joka on saanut nimensä pehmeystään. Vuolukivituotanto keskittyy Itä-Suomeen.[3.]

Rakennuskiviteollisuuden n. 200 miljoonan euron vuotuisesta liikevaihdosta 45 % tulee vuolukivituotannosta ja 55 % graniittituotteista. Liuskekivituotannon arvo on vielä vähäinen. Luonnonkivien viennin arvo on noin 80 miljoonaa euroa.[3.]

Rakennuskivien louhinta tapahtuu yleensä avolouhoksissa. Kovat kivet, kuten graniitti, irrotetaan poraamalla ja varovasti räjäyttämällä suurina blokkeina. Viime aikoina on myös kovan kiven irrottaminen sahaamalla lisääntynyt. Pehmeät kivet, kuten vuolukivi, irrotetaan sahaamalla. Liuskekivet irrotetaan yleensä poraamalla alareuna, räjäyttämällä ja kiilaamalla lohka-reet irti emäkalliosta.

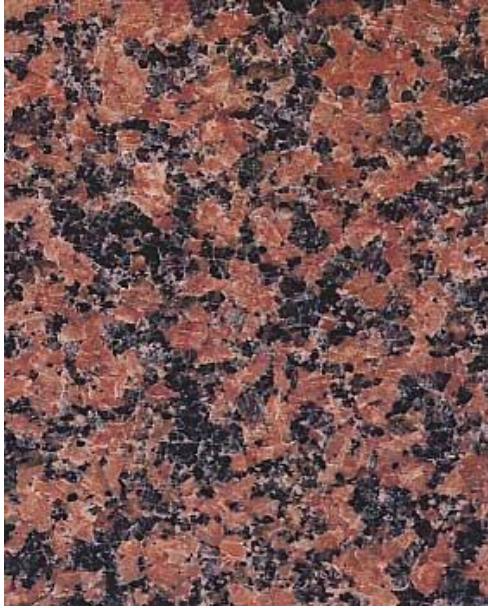
## 2.1 Kovat rakennuskivet

### 2.1.1 Graniitit

Graniitti on tunnetuin ja eräs yleisimmistä syväkivilajeista koko maapallolla. Graniitit koostuvat kalimaasälvästä (40–70 %), kvartsista (10–30 %), plagioklaasista (10–30 %) ja biotiitista (3–10 %). Näiden lisäksi graniiteissa saattaa olla muutama prosentti muitakin mineraaleja (mm.sarvivälkettä).[3.]

Graniitit ja granodioriitit ovat usein värikkäitä, sävyltään harmaita, punertavia, ruskeita tai vihertäviä. Kaupallisessa kielenkäytössä granodioriitteja, dioriitteja, gabroja, diabaaseja sekä voimakaskuvioisia migmatiitteja ja gneissejä kutsutaan usein graniiteiksi.[3.]

Graniittien tekniset ominaisuudet vaihtelevat lähinnä mineraalien raekoon, rakeiden sidostavan ja suuntautuneisuuden mukaan. Graniitti on lujaa ja ilmeikästä luonnonkiveä, jonka kestävyys rakennuskivenä on erinomainen. Seuraavana on kuva tyypillisestä graniitin pintakuviosta ja väristä.[3.]



Kuva 1. Taivassalon punainen graniitti, Balmoral Red.[3.]

### 2.1.2 Liuskekivet

Liuskeet kuuluvat metamorfisiin kivilajeihin, ja niiden mineraalikoostumukset ja rakenteet vaihtelevat runsaasti. Rakennuskivenä niistä käytetään tavallisimmin kiilleliuskeita, fyllyittejä ja kvartsiitteja.[3.]

Kiilleliuskeet ja fyllyitit koostuvat suomumaisista kiilteistä (biotiiitti ja serisiitti) sekä niiden välitiloissa olevista pienistä kvartsirakeista, ne ovat väriltään tummanharmaita. Kiilleliuskeiden ja fyllyittien mineraalit ovat läpimitaltaan alle 5 mm ja fyllyitti on näistä kahdesta hienorakeisempi. Seuraavana on kuva tyypillisestä kiilleliuskeesta[3.]



Kuva 2. Pihlputaan kiilleliuske.[3.]

### 2.1.3 Diabaasit

Diabaasi on juonikivilaji, jonka mineraalikoostumus on sama kuin gabrolla. Diabaasit ovat väriltään mustia ja rækooltaan hieman hienompia kuin dioriitit ja gabrot. Suuntautumattomissa diabaaseissa mineraalirakeet ovat voimakkaasti toisiinsa nähden lomittain, mikä tekee kivistä erityisen sitkeää ja lujaa. Seuraavana on kuva mustasta diabaasista.[3.]



Kuva 3. Varpaisjärven musta diabaasi, PG Black.[3.]

#### 2.1.4 Gabrot

Gabrot koostuvat plagioklaasista (40–70 %), sarvivälkkeestä, pyrokseeneista ja oliviinista (yhteensä 20–50 %). Gabrot muistuttavat ulkonäöltään dioriitteja ja ovat väriltään mustanharmaita tai mustia. Seuraavana on kuva mustasta gabrosta.[3.]



Kuva 4. Oulaisten musta gabro, Oulainen Black.[3.]

### 2.1.5 Dioriitit

Graniitin läheinen sukulainen granodioriitti eroaa graniitista siten, että siinä on hieman vähemmän kalimaasälpää ja enemmän plagioklaasia. Yleissävyltään granodioriitit ovat tummempia johtuen esimerkiksi mustasta sarvivälkkeestä. Seuraavana on kuva mustasta dioriitista.[3.]



Kuva 5. Korpilahden musta dioriitti, Korpilahti Black.[3.]

### 2.1.6 Kvartsiitit

Kvartsiitit ovat metamorfoituneita hiekkakiviä ja ovat usein muiden liuskeiden tapaan selvästi liuskettuneita. Kvartsiittien mineraalirakeet ovat läpimitaltaan myös alle 5 mm, ja väriltään kvartsiitit ovat vaaleita, vihertäviä, punertavia tai harmaita. Seuraavana on kuva kvartsiittiliuskeesta.[3.]



Kuva 6. Nilsian kvartsittiliuske.[3.]

## 2.2 Keskikovat ja pehmeät rakennuskivet

### 2.2.1 Marmorit

Marmori on maailman tunnetuin ja eräs kauimmin käytetyistä luonnonkivistä. Suurin osa maailmalla käytettävästä marmorista tuotetaan Italiassa, jossa suurin osa siitä myös käytetään. Marmori syntyy kalkkikiven metamorfoosin tuloksena ja koostuu näin ollen lähes pelkästään kalsiitista. Joskus marmorissa on kalsiitin lisäksi myös dolomiittia, jolloin kiveä kutsutaan dolomiittimarmoriksi. Seuraavana on kuva italialaisesta marmorista.[3.]



Kuva 7. Marmori, Bianco Carrara.[3.]

Suomalaiset rakennuskivimarmorit ovat dolomiittimarmoreja. Väriltään marmorit voivat olla valkoisia, harmaita, mustia, vihreitä, ruskehtavia ja vaaleanpunaisia. Marmorien kalsiitti reagoi herkästi kaupunkiympäristössä tyypillisiin happamiin sateisiin ja kivi kestää huonosti kaupunkiolosuhteita. Nykyisin marmoreita käytetäänkin pääasiassa rakennusten sisätilojen pintarakenteissa. Seuraavana on kuva suomalaisesta marmorista.[3.]





Kuva 8. Marmori, Tervola, Lappia Papu.[3.]

### 2.2.2 Vuolukivet

Vuolukivi kuuluu metamorfisiin kivilajeihin. Vuolukiveä syntyy tummien, oliviini -nimistä mineraalia sisältävien syväkivien tai laavakivien metamorfoosissa. Vuolukivi on väriltään harmaata tai vihertävän harmaata ja koostuu pääasiassa talkista, karbonaattimineraaleista ja kloriitista.[3.]

Vuolukivi on nimensä mukaisesti puukolla vuoltavan pehmeää, ja tämä johtuu vuolukivessä olevasta talkista, joka on hyvin pehmeä mineraali. Sekä hyvien lämpöteknisten ominaisuuksiensa että helpon työstettävyytensä takia vuolukivi on tullut suosituksi tulisijojen valmistusmateriaaliksi. 1800–1900-lukujen vaihteessa vuolukiveä käytettiin yleisesti julkisivujen rakennusmateriaalina. Rakennuskivikäytössä vuolukivi on alkanut viime aikoina jälleen yleistyä. Seuraavana on kuva suomussalmelaisesta vuolukivestä.[3.]



Kuva 9. Vuolukivi, Kianta Blue.[3.]

### 2.2.3 Serpentiinit

Serpentiini on pääasiallisesti serpentiiniä sisältävä metamorfinen kivilaji. Serpentiinikivet ovat lähinnä oliviinin muuttumistuloksia. Ne sisältävät usein lisäaineksena kromiittia tai nikkelpitoista magneettikiisua, ja niiden yhteydessä on usein merkittäviä kromi- ja nikkelimalmiaiheita.[3.]

### 3 TÄRYPÖYDÄT

Tärypöytiä ja tärysyöttölaitteita käytetään teollisuudessa yleisesti irtotavaran käsittelyyn. Kevyitä kappaleita, kuten esim. elektroniikkaa, voidaan järjestellä, kuljettaa tai muuten käsitellä erilaisilla tärysovelluksilla.

Prosessiteollisuudessa tärylaitteet ovat paljon käytettyjä, kuten esim. hakkeen, jauheiden ja lannoitteiden käsittelyssä ja kuljetuksessa. Myös raskaiden kappaleiden käsittelyyn tärylaitteet soveltuvat, kuten esim. täryt kivenmurskaamoilla ja kaivosteollisuudessa. Betonirakentamisessa ja yleensä kaikessa irtonaisen materiaalin tiivistämisessä tärytyslaitteet ovat käyttökelpoisia. Periaate näissä kaikissa laitteissa on samantyylinen, vain toteutuksen järeys vaihtelee. Täryvaikutuksen aiheuttaa komponentti, joka saatetaan värähtelemään yleensä jonkin ulkopuolisen energian avulla.

Voimanlähteenä on yleensä paineilma, hydraulioöljy tai sähkö. Sähköiset tärylaitteet voidaan vielä jakaa magneettisiin ja moottoritäryihin. Jatkossa käsitellään tarkemmin sähkökäyttöisiä moottoritäryjä, koska ne ovat yleisimpiä käytössä ja soveltuvat hyvin myös liuskekivilinjan syöttöön.[4.]

Seuraavana on värähtelijöiden teoriaa, joka on lainattu yhtiön nimeltä Italvibras julkaisemasta ”selection of electric vibrator” julkaisusta.[5.]

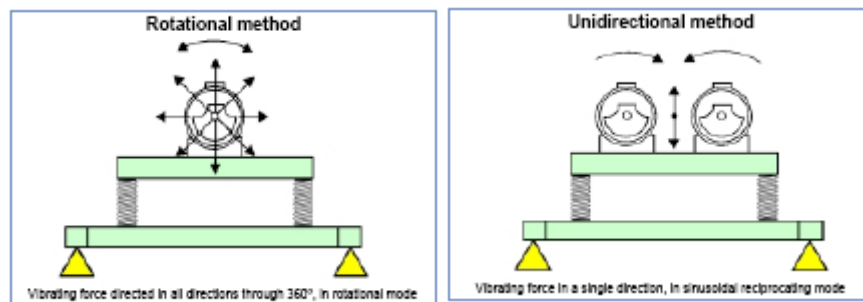
Järjestelmät, jotka käyttävät värähtelytekniikkaa, voidaan jakaa seuraaviin luokkiin.

- vapaasti värähtelevät järjestelmät (freely oscillating systems)[5.]
- resonanssiin perustuvat järjestelmät (oscillating systems bound to resonance)[5.]

Vapaasti värähtelevät järjestelmät voidaan vielä jakaa

- ympäriinsä värähteleviin (rotational method)[5.]
- yksisuuntaisesti värähteleviin (unidirectional method)[5.]

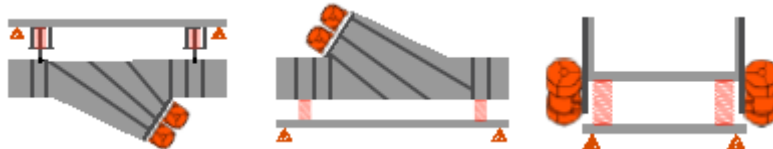
Alla on periaatekuvat ympäriinsä värähtelevästä ja yksisuuntaisesti värähtelevästä järjestelmästä.



Kuva 10. Ympäriinsä värähtelevä ja yksisuuntaisesti värähtelevä järjestelmä.[5.]

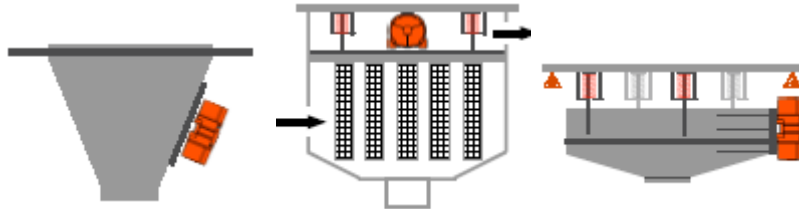
Esimerkkejä, miten sähköisiä värähtelijöitä voidaan käyttää erilaisissa prosesseissa.

Yksisuuntaisia värähtelijöitä (kaksi tai useampia) käytetään esim. kuljettimissa, erottimissa, seuloissa, syöttimissä, purkaimissa, järjestelylaitteissa ja nestepöydissä.[5.]



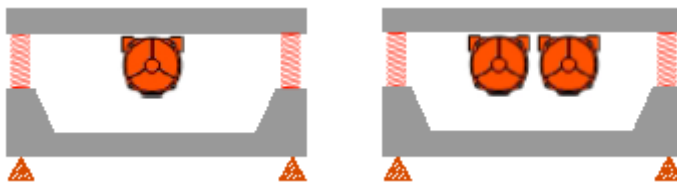
Kuva 11. Yksisuuntaisia värähtelijöitä.[5.]

Ympäriinsä värähteleviä laitteita käytetään esim. siloissa, suodattimissa ja tärypöydissä.[5.]



Kuva 12. Ympäriinsä värähteleviä värähtelijöitä.[5.]

Yksisuuntaisia ja/tai ympäriinsä värähteleviä laitteita käytetään esim. testaus- ja lajittelupöydissä.[5.]



Kuva 13. Tärypöytiä.[5.]

Värähtelymenetelmän ja värähtelynopeuden(värähtelytaajuuden)valinta.

Värähtelymenetelmän ja värähtelynopeuden valinnalla pyritään saavuttamaan suurin mahdollinen tehokkuus kyseisessä prosessissa ja valintaan vaikuttaa prosessissa käytetyn materiaalin paino ja kappalekoko.[5.]

Yksisuuntaisia värähtelijöitä käytettäessä, pitää ottaa huomioon värähtelyvoiman suunnan ja värähtelytason välinen kulma ”i” (mitataan asteina).[5.]

Kulman ”i” tyypillisiä arvoja on

8–12° mm. erottimet

25–30° kuljettimet, purkaus, syöttö, asettelu ja lajittelu

31–46° siirto, lajittelu ja erottelu

45–80° neste-erottelu pöydät

Värähtelyvoiman suunnan ja värähtelytason välinen kulma  $\gamma$  riippuu prosessin tyypistä ja pitää olla määritellyllä alueella.[5.]

Kuinka valitaan oikeantyyppinen värähtelijä prosessiin (materiaalin siirtoon).

Käytetään taulukkoa 1 värähtelytyypin ja sopivan värähtelytaajuuden valitsemiseen. Ne riippuvat käytetystä prosessista ja materiaalin rakeisuudesta (kappalekoosta). Sitten siirrytään kuvaan 14, josta valitaan oikea värähtelytaajuus (rpm). Kuvasta valitaan haluttu  $\gamma$  (värähtelyvoiman suunnan ja värähtelytason välinen kulma) käyrä. Kuvan avulla voidaan määrittää epäkeskisyysarvo  $e$  (mm), huipusta huippuun amplitudi  $A_{pp}$  (mm), teoreettinen tuotteen etenemisnopeus  $V_{teo}$  tai  $V_{TEOc}$  (korjattu etenemisnopeus, huomioitu kallistuskulma).  $V_{teo}$  määritetään virtaavalle materiaalille huomioiden vähennyskerroin  $K_r$ . Saadun epäkeskisyysarvo  $e$ :n avulla voidaan määrittää kokonaislepomomentti  $M_t$  (kg.mm) värähtelijälle tai värähtelijöille.[5.]

Arvo voidaan laskea kaavalla 1 seuraavasti.

$$M_t = e * P_v, \quad (1)$$

missä  $P_v = P_c + P_o$

$P_v$  = värähtelevän järjestelmän kokonaismassa (kg)

$P_c$  = joustavasti ripustetun järjestelmän massa (kg)

$P_o$  = värähtelijän (tai värähtelijöiden) massa (kg)

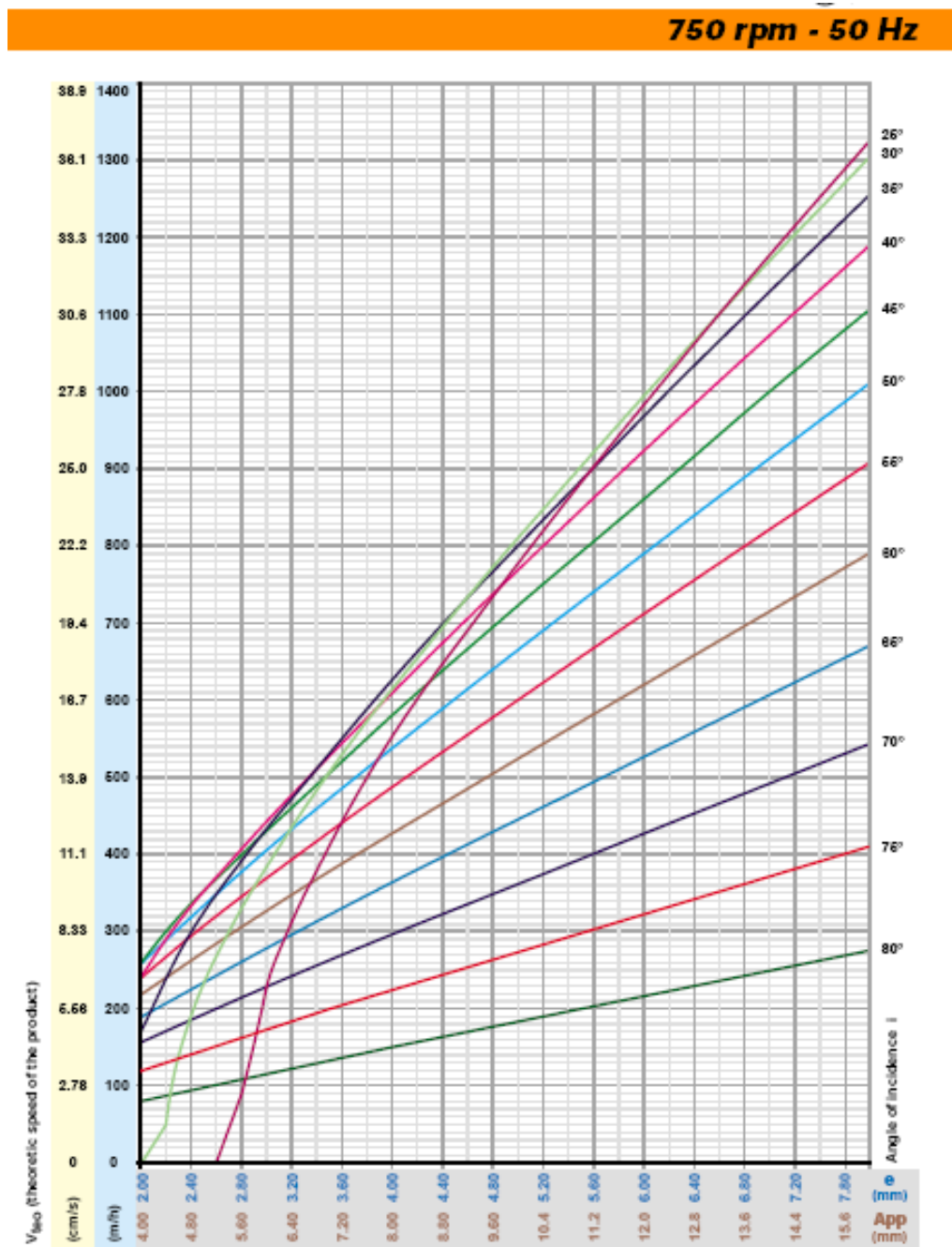
Laskettu momentti on kokonaismomentti värähtelijöille. Esimerkiksi, jos järjestelmä sisältää kaksi värähtelijää, laskettu momentti pitää jakaa kahdella, jotta saataisiin yhden värähtelijän momentti.

Kun kokonaislepomomentti värähtelijälle on laskettu, taulukoista 1 ja 2 voidaan valita sopiva värähtelijä.

Taulukko 1. Värähtelytyypin ja sopivan värähtelytaajuuden valinta.[5.]

Type of process	Specific weight	Size	Vibration di method		Vibrations per minute								Accelerat. on the line of force a	
			Rotat.	Unidirec.	60 Hz	800	760	1000	1600	3000	8000	8000		
					80 Hz	720	800	1200	1800	3600	-	-		mxg
Conveying		F		•					•	•				4 to 9
Separating	A	M		•				•	•					4 to 5
Sieving		G		•				•	•					3.5 to 4.5
Positioning														
Grading	B	F		•					•					5 to 7
Sizing		M		•				•						4 to 5.5
Extracting														
Feeding		G		•				•	•					3.5 to 5.5
Filter cleaning	A/B	F	•						•	•				2 to 3
Slackening and emptying material in silos, hoppers, etc.	A/B	F	•							•				Note (1)
	A/B	M	•							•				
	A/B	G	•							•	•			
Fluidized beds				•				•	•					2 to 4
Separators (eg. for mills),				•				•	•					2 to 4
Vibrating beds		F	•							•				0.7 to 2
		M	•							•	•			
		G	•							•				
		F	•							•				
		M	•							•				
		G	•							•				
Compacting		F	•	•						•	•	•		2 to 6
		M	•	•						•	•	•		
		G	•	•						•	•	•		
Compacting concrete	—	—	•	•						•	•	•	1 to 2	
Test benches (accelerated ageing)	—	—	•	•			•	•	•	•	•	•	•	0.5 to 24
Key	Specific weight	A = high B = low												
	Sizes	F = fine G = coarse M = medium												
Note (1): Centrifugal force of the electric vibrator = 0.1 to 0.25 x the weight of the material in the tapering part of the vibrating machine.														

Seuraavana kuvaajat, joista valitaan epäkeskisyyss ”e”, amplitudi ”App” ja nopeus”V”.



Kuva 14. epäkeskisyyss, amplitudi, nopeus.[5.]



## 4 PESURIT

Teollisuudessa pesulaitteita käytetään monenlaisissa sovellutuksissa, kuten esim. osien rasvanpoistoon, maalattavan pinnan esikäsitteilyyn, yleiseen puhdistamiseen yms. Yleensä pesu tapahtuu jonkin väliaineen avulla, tavallisimmin veden, mutta muitakin aineita voidaan käyttää, esim. alkoholit, liuottimet yms. Erittäin yleistä on käyttää veden ja jonkin liuottimen tai pesuaineen sekoitusta, joka tehostaa puhdistumista. Lisäksi yleensä tarvitaan vielä mekaaninen liike, joka toteutetaan joko itse pesuaineen tai pestävän kappaleen tai jopa molempien avulla. Myös ultraääntä voidaan käyttää mekaanisen liikkeen aikaansaamiseen.

### 4.1 Kylmävesipesurit

Pesu tapahtuu vedenpaineen ja pesuaineen avulla. Liikuteltavia osia voi olla pesusuutin tai suuttimet, pestävä kappale tai molemmat. Yleisin tyyppi on erillisellä käsiohjatulla suuttimella varustettu malli, ts. normaali painepesuri.

Teollisuudessa käytetään myös kiinteillä suutinpäillä toimivia pesureita, joissa pestävä kappale liikkuu kuljettimella pesupaikan läpi. Myös itse pestävää kappaletta voidaan käänellä pesutapahtuman aikana.

### 4.2 Kuumavesipesurit ja höyrypesurit

Kuumavesipesurit ja höyrypesurit ovat muuten samanlaisia kuin kylmävesipesurit, mutta laite lämmittää pesuveden, jolloin puhdistusvaikutus on tehokkaampi. Höyrypesurissa vesi kuumennetaan yli kiehumispisteen ja tehokkuus edelleen paranee.

### 4.3 Ultraäänipesurit

Ultraäänipesussa puhdistuminen perustuu ultraäänen aiheuttamaan voimakkaaseen kavitaatioon. Pestävän kappaleen pinnassa syntyvät mikroskooppisen pienet kavitaatiokuplat saavat aikaan voimakkaita paineiskuja, jotka irrottavat tehokkaasti kaikkia epäpuhtauksia vahingoittamatta itse kappaletta.

Puhdistettava kappale voi olla metallia, lasia, keramiikkaa, muovia, kumia ja jopa elektronisia komponentteja. Ultraääni irrottaa lian, rasvan ja epäpuhtaudet myös hankalista paikoista, kuten porauksista, onkaloista ja kanavista.

Paras pesutulos saadaan ultraäänelle tarkoitettulla pesuaineella. Pesunesteenä voi kuitenkin kokeilla myös pelkkää vettä ja tippaa astianpesuainetta. Pesunesteenä toimii oikeastaan mikä tahansa neste (helposti syttyviä lukuun ottamatta), kuten polttoöljy, hydraulineste, liotinpesuaine. Nesteen lämmitys tehostaa puhdistusprosessia.

### 4.4 Painepesurin mitoitus

Kiinteän ja kuljetinrataan liitettävän painepesurin mitoituksessa on otettava huomioon seuraavat seikat.

- Määritetään haluttu pesupaine

Pesupaine valitaan kappaleen kestävyuden ja lian tarttumismomentin perusteella. Mitä suurempaa painetta voidaan käyttää, sitä parempi pesutulos saavutetaan.

- Suurin pestävä kappalekoko

Määritetään suurin pesurin läpi menevä kappale ja sen asento. Näiden mittojen perusteella voidaan mitoittaa pesurin läpimenoaukko huomioiden suuttimien ja kappaleen minimi- ja maksimietäisyydet

- Suuttimien tyyppi ja lukumäärä

Edellisen kohdan perusteella voidaan mitoittaa tarvittava suutinmäärä, jossa huomioidaan myös suuttimien suihkun muodot ja suihkukulmat.

- Suuttimien virtaus ja paine

Kun suuttimet on valittu ja määrä tiedetään, voidaan laskea kokonaisvirtaus, kun paine tiedetään

- Tarvittava pumpun koko

Kun pesupaine ja yksittäisen suuttimen virtaus tiedetään, voidaan laskea pumppuyksikön koko.

Esimerkiksi jos pesupaine on 100 bar ja valitaan 8 kpl suuttimia, joiden koko on no.06(Taulukko 2.), niin kokonaisvesimäärä on  $8 \times 13,6 \text{ l/min} = 108,8 \text{ l/min}$ . (Taulukko 3.) Tarvitaan siis pumppu, joka tuottaa 100 bar paineella vähintään 110 l/min, ja kun huomioidaan hieman reserviä, valitaan pumppu, joka tuottaa 100 bar painetta ja tuotto on 150 l/min.

Seuraavana ovat erään pesurivalmistajan suutintaulukot.

Taulukko 2. Suuttimien koot ja merkinnät.[6.]



#### Viuhkasuutin

- suutinkulmat 0°, 15°, 25°, 40° ja 65°
- koot: katso suutintaulukko sivu 28

Suuttimen tilausnumero muodostuu seuraavasti: esim.

D 25 07  
1 2 3

- 1 = kierre ¼" ulkokierre
- 2 = viuhkan astekulma (25°)
- 3 = koko

esim. 100 bar paineella tuotto 15,8 l/min (Katso taulukko)



#### Muovisuutinkärki

Koko	Väri	Tilaus nr
Ø 0,9	keltainen	C2015001
Ø 1,1	sininen	C2015002
Ø 1,3	punainen	C2015003
Ø 1,4	ruskea	C2015004
Ø 1,6	harmaa	C2015005
Ø 1,8	valkoinen	C2015006

#### Suodatin

C2015101

Taulukko 3. Suutintaulukko.[6.]

Suutin koko	ø mm	30 l/min	40 l/min	50 l/min	60 l/min	70 l/min	80 l/min	90 l/min	100 l/min	110 l/min	120 l/min	130 l/min	140 l/min	150 l/min	160 l/min	175 l/min	200 l/min	225 l/min	250 l/min	300 l/min	400 l/min	500 l/min
02	1,00	2,5	2,8	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	5,0	5,3	5,4	5,6	5,9	6,3	6,7	7,0	7,7	8,9	9,9
025	1,10	3,1	3,5	4,0	4,3	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4	6,6	6,9	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,9	11,4	12,7
03	1,18	3,7	4,3	4,8	5,3	5,7	6,1	6,3	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	9,0	9,6	10,2	10,7	11,8	13,5	15,1
035	1,30	4,2	4,9	5,5	6,0	6,5	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,3	11,0	11,7	12,3	13,8	15,5	17,8
04	1,35	5,2	5,9	6,6	7,3	7,8	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,7	11,1	11,5	11,9	12,4	13,3	14,1	14,8	16,3	18,7	20,9
045	1,40	5,5	6,4	7,1	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,5	10,9	11,4	11,8	12,2	12,6	13,2	14,1	15,0	15,8	17,4	19,9	22,3
05	1,55	6,2	7,1	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	11,3	11,8	12,4	12,9	13,4	13,8	14,3	14,9	16,0	16,9	17,9	19,7	22,6	25,3
055	1,60	6,8	7,8	8,7	9,6	10,3	11,1	11,8	12,4	13,0	13,6	14,1	14,7	15,2	15,7	16,4	17,5	18,6	19,6	21,7	25,0	28,0
06	1,72	7,4	8,6	9,6	10,4	11,3	12,1	12,8	13,6	14,3	14,9	15,5	16,0	16,7	17,2	18,0	19,2	20,4	21,5	23,7	27,1	30,3
065	1,75	8,0	9,3	10,4	11,3	12,3	13,2	14,0	14,7	15,4	16,1	16,8	17,4	18,0	18,6	19,4	20,8	22,0	23,2	25,6	29,3	32,7
07	1,80	8,6	10,0	11,2	12,2	13,2	14,1	15,0	15,8	16,6	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,9	22,3	23,7	25,0	27,1	31,3	35,0
075	1,90	9,3	10,7	12,0	13,1	14,2	15,2	16,1	16,9	17,7	18,5	19,3	20,0	20,7	21,4	22,4	23,9	25,3	26,7	29,4	33,7	37,7
08	2,05	9,8	11,3	12,7	14,0	15,1	16,1	17,1	18,0	18,9	19,7	20,5	21,3	22,0	22,8	23,8	25,5	27,0	28,5	31,4	35,9	40,2
085	2,08	10,4	12,1	13,5	14,8	16,0	17,1	18,1	19,1	20,0	20,9	21,8	22,6	23,4	24,1	25,3	27,0	28,6	30,2	34,5	39,8	44,5
09	2,10	11,1	12,8	14,3	15,7	17,0	18,0	19,2	20,2	21,2	22,1	23,0	23,9	24,7	25,5	26,7	28,6	30,3	31,9	35,1	40,2	45,0
10	2,30	12,3	14,2	16,0	17,4	18,9	20,1	21,4	22,5	23,6	24,6	25,6	26,6	27,6	28,5	29,8	31,8	33,7	35,6	39,2	44,9	50,2
11	2,42	13,4	15,5	17,3	19,0	20,5	22,0	23,3	24,5	25,7	26,9	28,0	29,1	30,1	31,1	32,5	34,7	36,8	38,8	43,4	50,1	56,0
12	2,50	14,6	16,9	18,9	20,8	22,4	24,0	25,4	26,8	28,1	29,4	30,8	31,7	32,8	33,9	35,4	37,9	40,2	42,4	46,7	53,4	59,8
13	2,55	15,9	18,3	20,5	22,5	24,3	26,0	27,5	29,0	30,4	31,8	33,1	34,4	35,6	36,7	38,4	41,1	43,6	45,9	50,5	57,8	64,7
14	2,60	17,1	19,7	22,1	24,2	26,1	28,0	29,6	31,3	32,8	34,2	35,6	37,0	38,3	39,5	41,4	44,3	46,9	49,4	55,0	63,5	71,0
15	2,70	18,5	21,3	23,9	26,1	28,3	30,2	32,1	33,8	35,3	36,9	38,4	39,9	41,3	42,8	44,6	47,7	50,6	53,3	58,7	67,2	75,2
20	3,05	24,7	28,5	31,9	34,9	37,8	40,3	42,7	45,1	47,2	49,3	51,3	53,2	55,1	56,9	59,5	63,6	67,5	71,1	78,2	89,5	100,0
30	3,90	37,0	42,7	47,8	52,4	56,6	60,5	64,2	67,6	70,9	74,0	77,1	80,0	82,8	85,5	89,4	95,8	101,0	107,0	118,0	149,0	151,0
40	4,20	49,4	57,0	63,7	69,8	75,4	80,7	85,5	90,2	94,6	98,8	103,0	107,0	110,0	114,0	119,0	127,0	135,0	143,0	157,0	198,0	202,0

## 5 KULJETTIMET

### 5.1 Kuljettimien historiaa

Kuljettimien käyttö teollisuudessa, kaivostoiminnassa ja varastoissa on ollut sidoksissa sähkömoottorin käytön alkamiseen 1900 -luvun alussa. Sähkömoottori antaa heti riittävän vääntömomentin kuljettimen saamiseksi liikkeelle.

Vuonna 1901 Sandvik kehitti teräksistä nauhaa käyttävän kuljettimen ja aloitti sen valmistuksen. Kuljettimen ääreen organisoitua teollista valmistusmenetelmää kutsutaan liukuhihnatuotannoksi.

Jo hyvin varhain on käytetty joko ihmis- tai kotieläinvetoisia pumppuja peltojen kasteluun ja koska teknisesti joillakin näistä ratkaisuista on voinut siirtää myös hiekkaa ja viljaa, keksintönä kuljetinta voidaan pitää vanhana.

### 5.2 Kuljettimien käyttö

Kuljettimet ovat teollisuuden peruskomponentteja. Lähes kaikissa jatkuvissa linjamaisissa prosesseissa tarvitaan kuljettimia siirtämään kappaleita tai materiaalia työpisteestä toiseen. Myös muualla kuin teollisuudessa on käytössä erilaisia kuljettimia, esim. hissit, rullaportaat ja vaikkapa köysiradat ovat ihmisten ja tavaroiden kuljettimia. Seuraavana kuvaus erilaisista kuljettimista, joka on poimittu Eero Pikkaraisen kurssin opintomateriaalista.[7.]

#### 5.2.1 Luisut ja liukumäet

Luisut ja liukumäet voivat olla suorita tai kierteisiä. Voimanlähteenä on yleensä maan vetovoima (gravitaatio). Laitteet ovat usein itse valmistettuja, rakenteeltaan yksinkertaisia, varmatoimisia ja halpoja, eikä niissä yleensä ole liikkuvia osia. Kaltevuudet vaihtelevat 10–60 asteen välillä.[7.]

### 5.2.2 Rullakuljettimet

Rullakuljettimen rakenteena on kaksi runkopalkkia, joiden välissä on liuku- tai vierintälaakeroituja rullia. Vähintään kolmen rullan on oltava aina kannattamassa siirrettävää kappaletta. Kappale liikkuu työntämällä, painovoiman avulla tai rullat voi olla vetäviä. Rullan halkaisija on 20–100 mm välillä ja ratanopeudet vaihtelevat 0,1–0,6 m/s välillä. Kuljettimen leveys vaihtelee tyypillisesti 200–2400 mm välillä ja kantavuus 50–1500 kg/m. Rullakuljettimia voidaan valmistaa myös kaareviksi, jolloin voidaan tehdä kaarevia kuljetinratoja.

### 5.2.3 Kiekkokuljettimet

Kiekkokuljetin on muuten samanlainen kuin rullakuljetin, mutta rullien paikalla on kiekot ja se on halvempi, keveämpi ja tiheämpi. Rakenteessa tulee olla vähintään kolme kiekkoa pituussuunnassa ja kaksi poikittaissuunnassa kappaleen alla. Kiekkojen halkaisijat vaihtelevat 30–150 mm. Kiekkokuljettimen kaltevuus vaihtelee 1,5–7 %, leveys 200–600 mm ja kuormitus 2,5–50 kg/kiekkko.

### 5.2.4 Hihnakuljettimet

Hihnakuljettimen toimintaperiaatteena on päättymätön hihna, jonka päällä kappaleet tai materiaali lepää ja hihna liikkuu joko rullien tai liukujen päällä. Ne ovat moottorikäyttöisiä ja kaltevuuskulmat vaihtelevat 25–40 °. Kuljettimen leveys voi vaihdella paljon ja kuormitusta se voi kestää jopa 1000 kg/m saakka. Tukirullat voidaan asettaa myös kourun muotoon, jolloin irtotavaran tehokas siirto on mahdollista.

### 5.2.5 Lamellikuljettimet

Kaksiketjuisessa lamellikuljettimessa on kaksi ketjua, joihin on kiinnitetty tasoja, ns. lamelleja. Ketjut voivat olla liuku- tai rullalaakeroituja. Lamellit voivat olla terästä, muovia tai puuta ja siirrettävät kappaleet lepäävät lamellien päällä. Lamellikuljettimet voivat olla vaakasuoria tai nousevia ja ratanopeudet vaihtelevat 0,02–0,2 m/s. Rataleveys voi vaihdella 300–1250 mm, kuormitus 20–6000 kg/m ja kuljettimen pituudet 6–100 m.

Yksiketjuinen lamellikuljetin voi taipua kahdessa tasossa, ts. lamellit painuu kaarteissa toisensa päälle. Lamellikuljettimet ovat äänekkäitä, hitaita, energiaa kuluttavia ja sopivat lähinnä raskaille kappaleille.

### 5.2.6 Ketjukuljettimet

Ketjukuljettimessa päättymätön ketju kiertää ja kantaa kuljetettavan kappaleen tai vetää alustan tai muun tartuntalaitteen avulla kuljetettavia kappaleita. Tyypillisesti ketjukuljettimia käytetään siirtämään kappaleita rullakuljettimelta toiselle. Kaksiketjuisessa rullakuljettimessa ketjut ovat samalla akselilla ja liikkuvat johteissa tai rullilla. Kappale lepää ketjujen päällä, joissa on siirrettävään kappaleeseen sopivia ulokkeita. Ratanopeudet ovat pienempiä kuin 0,1 m/s ja kappalepainot 1000–5000 kg.

Ketjukuljettimien erikoissovellus yksiketjuinen nivelketju, jonka kaarevuussäde on suurempi kuin 130 mm, ratanopeus 0,01–0,06 m/s, ketjuleveys 50–120 mm ja kappalepainot jopa 1000 kg.

### 5.2.7 Riippukuljettimet

Riippukuljetin asennetaan kattoon, ja se koostuu ketjusta ja riipukkeesta tai kiskoradasta, riipukkeesta ja vetolaitteesta. Kuljettimen ratanopeus on 0,1–0,3 m/s ja kappalepainot

500–1500 kg. Riippukuljetin on aika yleinen teollisuudessa ja sen etuna voidaan pitää lattiapinta-alan säästöä

#### 5.2.8 Lattialla kulkevat vaunut

On nimensä mukaisesti lattialla kulkeva vaunu, joka kuljettaa haarukoissa tai päällään yleensä raskaita kappaleita. On olemassa käsin ohjattavia esim. trukkeja tai ilmatyynyvaunuja tai automaattisesti ohjautuvia esim. ohjaus lattiasta olevasta kiskosta tai sähkökaapelista. Ratanopeudet alle 1 m/s, kappaleen paino alle 1000 kg ja asematarkkuus  $\pm 5$  mm.

#### 5.2.9 Tärykuljettimet

Tärykuljettimet on yleensä tarkoitettu pienille ja keveille kappaleille. Ne voivat kuljettaa tassa tai jopa loivaa ylämäkeä. Värähtelytaajuus 0,8–3 Hz, amplitudi 25–60 mm, ratanopeus 0,1–0,3 m/s ja rataleveys yleensä alle 500 mm.



### 5.3 Rullakuljettimen mitoitus

Rullakuljettimen mitoituksessa on huomioitava seuraavia seikkoja

#### Kuljetettava materiaali

Laatu, ulkomitat, paino, tiheys, erityisvaatimukset, lämpötila-alue.

#### Kapasiteetti

Kapasiteetti kg/h, kuinka syöttö tapahtuu, onko vapaata pudotusta, maksimi kuormitus erikoistilanteessa, kuljettimen toiminta-aika.

#### Ulkoiset olosuhteet

Ulko- tai sisäkäyttö, kuumat tai kylmät olosuhteet, pesun tarve.

#### Kuljettimen tyyppi

Nouseva, laskeva, vaakasuora, mistä syöttö tapahtuu, mistä purkaus tapahtuu, kuljettimen pituus, kuljettimen leveys, ohjaimet.

#### Kuljettimen nopeus

Vakio(arvo), säädettävä(alue)

#### Hihnakuljetin

Hihnan leveys, hihnan tyyppi

#### Käyttövoima

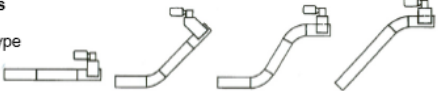
Jännite, vaihe, taajuus

#### Suojaus

Alapuoli, yläpuoli

#### Väri

Seuraavana on esimerkki erään kuljettimen valmistajan (Titan conveyors) tarjouspyyntötaulukosta, jossa kysellään em. asioita tarjousta varten.

<b>Safety:</b> List User Safety Requirements	<input type="text"/>
<b>Material Conveyed</b>	Provide sample or photo of material and its expected variation
Material Description	<input type="text"/>
Minimum piece size & Weight	<input type="text"/>
Maximum piece size & Weight	<input type="text"/>
Material Temperature (if not ambient)	<input type="text"/>
Material Density as conveyed (lbs/cu.ft.)	<input type="text"/>
If Liquid present, describe	<input type="text"/>
<b>Capacity</b>	
Maximum throughput in tons per hour	<input type="text"/>
How Loaded	<input type="text"/>
Any Free Fall?	<input type="text"/>
Describe Situations Titan should design for, that lead to the Maximum load on conveyor at any point of operation	<input type="text"/>
Describe the conveyor operating schedule	<input type="text"/>
<b>Environment</b>	Hottest? <input type="text"/> Coldest? <input type="text"/>
	Rain? <input type="text"/> Snow? <input type="text"/>
	Washdown requirements, if any <input type="text"/>
<b>Specifications</b>	
Conveyor Type	
	<input type="checkbox"/> Type 1 <input type="checkbox"/> Type 2 <input type="checkbox"/> Type 3 <input type="checkbox"/> Type 4
Infeed Location Description	<input type="text"/>
Discharge Location Description	<input type="text"/>
Conveyor Length	<input type="text"/>
Conveyor Width	<input type="text"/>
Belt Width	<input type="text"/>
Belt Type	<input type="text"/>
Drive Type	<input type="text"/>
HP	<input type="text"/>
Speed - Variable or Constant? If Variable, specify range	<input type="text"/>
Electrical Supply - Volt, Phase, Hertz	<input type="text"/>
List any bottom pan or top cover specs	<input type="text"/>
List any paint specs	<input type="text"/>

Kuva15. kuljettimen mitoitus.[8]

## 6 ALIPAINENOSTIMET

### 6.1 Alipainenostimien käyttö

Alipainetta käytetään erilaisissa kiinnitys-, pakkaus-, ja materiaalsiirtotehtävissä. Tyypillinen alipainekiinnitin on mm. robotin alipainetarttujina käytetty imukuppi. Kuten kohotettua painetta, niin myös paineen alentamista voidaan käyttää energiansiirtoon. Alipainetekniikassa paine alennetaan ympäristön ilmanpainetta pienemmäksi. Paine-ero saa aikaan voiman, jota hyödynnetään halutun tehtävän suorittamiseksi. Paine alennetaan poistamalla ilmaa suljetusta tilasta. Fysiikan lakien mukaisesti tilavuuden kasvusta seuraa paineen aleneminen. Näin on saatu aikaiseksi paine-ero suljetun tilan ja ympäristön välille. Paineen nollatasona pidetään ilmanpainetta, jonka alittavaa painetta kutsutaan alipaineeksi. Normaali olosuhteissa suurin mahdollinen alipaine on 1,013 bar. Tätä arvoa kutsutaan 100 % alipaineeksi (tyhjiöksi). 100 % alipaineen tuottaminen on epäkäytännöllistä ja kallista, niinpä yleensä toimitaan tätä pienemmillä alipaineen arvoilla. Esim. 50 % alipaine tarkoittaa n. 0,5 barin absoluuttista painetta. Teollisuudessa alipainetta voidaan tuottaa mekaanisilla alipainepumpuilla tai ejektoreilla paineilman avulla.[9.]

#### 6.1.1 Alipainepumput

Mekaaniset alipainepumput ovat toimintaperiaatteeltaan kompressorien kaltaisia. Alipainepumpuilla imetään ilmaa suljetusta tilasta ulkoilmaan. Alipainepumpun toimintaperiaate on juuri päinvastainen kuin kompressorin. Alipainepumput ovat yleensä toimintaperiaatteeltaan mäntä-, kalvo-, tai lamellipumppuja tai Rootin puhaltimia. Myös kineettistä puristusta käyttäviä ratkaisuja käytetään alipaineen tuottamiseen. Niillä voidaan tuottaa suuri ilmanvirtaus, mutta pieni alipaine.[9.]

### 6.1.2 Ejektorit

Alipainetta voi tuottaa ilman virtauksesta ejektorilla. Ejektorit ovat kooltaan pieniä, venturi-periaatteella toimivia alipaineenkehittäjiä. Ejektorissa ei ole mekaanisia osia. Suodatettu, mielellään öljytön paineilma ohjataan kuristimen kautta ulkoilmaan. Kuristimen jälkeen ilman nopeus kasvaa. Bernoullin yhtälön mukaan virtausnopeuden kasvaessa paine pienenee ja imuliittimeen syntyy alipaine. Muuttamalla ejektorin syöttöpainetta voidaan vaikuttaa alipaineen suuruuteen.[9.]

Bernoullin yhtälö venturiputkelle (kaava 2)

$$p_1 + 1/2\rho v_1^2 = p_2 + 1/2\rho v_2^2 \quad (2)$$

Ejektorissa voi olla yhden kuristimen asemasta useita kuristimia, jolloin niillä voidaan tuottaa alipainetta paremmalla hyötysuhteella, nopeammin ja hiljaisemmin kuin yksiasteisella ejektorilla. Moniasteinen ejektorit on luonnollisesti kalliimpi, mutta huomattavasti halvempi kuin alipainepumppu.[9.]

### 6.1.3 Imukupit

Imukupeilla voidaan nostaa, siirtää ja kiinnittää kappaleita muutamasta grammasta aina kymmeneen ja satoihin kiloihin saakka. Mikäli yhden imukupin nostovoima ei riitä tai materiaaliin tulee tarttua useammasta kohdasta, voidaan tarttujassa käyttää useita imukuppeja. Kiinnityksessä imukuppi viedään riittävän lähelle tartuttavaa kohdetta. Imukupissa oleva alipaine kiinnittää sen tartuttavaan kohteeseen.[9.]

Imukupin kiinnitysvoima lasketaan kaavalla 3

$$F = p_a * A , \quad (3)$$

missä  $F$  = imukupin kiinnitysvoima  
 $p_a$  = imukupin alipaine  
 $A$  = imukupin pinta-ala

Jos imukuppeja on useita, tulee voima jakaa niiden kesken. Laskennassa on syytä käyttää varmuuskerrointa (yleensä 2). Imukupin halkaisija  $d$  voidaan laskea kaavalla 4

$$d = \sqrt{\frac{4 * F * n}{\pi * p_a * s}}, \quad (4)$$

missä  $F$  = tarvittava kiinnitysvoima  
 $n$  = varmuuskerroin  
 $p_a$  = imukupin alipaine  
 $s$  = imukuppien määrä

Imukupin rakenne riippuu sen käyttökohteesta. Perusimukuppi on yksinkertainen. Se on toimiva tasaisten, tasomaisten kappaleiden käsittelyyn. Imukuppi voidaan varustaa myös palkeella. Tällöin imukuppi sallii kappaleelta korkeussuuntaisia vaihteluja ja tekee itse alipaineen alaisena nostoliikkeen palkeen mennessä kasaan. Samalla kuitenkin imukupin tilavuus kasvaa ja kiinnitysaika pitenee. Perusimukupit valmistetaan silikonikumista. Solukumista valmistetuilla imukupeilla voidaan käsitellä karkeita kappaleita kuten kiveä tai betonia. Imukupin liityntäpinnan ei tarvitse olla pyöreä vaan se voi olla esimerkiksi suorakaide tai soikea. Jos käsitellään helposti vioittuvia kappaleita, tulee imukuppien olla sisäpuolisesti tuettuja, jotta alipaine ja imukuppi eivät vahingoittaisi tuotetta. Imukuppien materiaali on valittava kohteen mukaisesti, esimerkiksi kestävämpään öljyä, kuumuutta tai kulumista.

Imukuppi kiinnityksen yhteydessä tulee ottaa huomioon sen käytön turvallisuus. Jos alipaine jostakin syystä katkeaa, esim. ejektorilla toteutettuna paineilma loppuu tai alipainepumpulta sähkö katkeaa, kappale irtoaa. Tämä voi aiheuttaa vaaratilanteen. Järjestelmässä on syytä käyttää ns. turvakytkentää, jossa imukupin alipaine saadaan pysymään yllä vastaventtiilillä. Painekeytkimellä seurataan, että alipaine on riittävä. Alipainetta voivat laskea imukupin ja kappaleen välissä olevat roskat, epätasainen pinta tai imukupin kuluminen. [9.]

Seuraavana on kuvia erilaisista imukuppirakenteista, joilla voidaan tarttua erilaisiin materiaaleihin ja pintoihin.



Kuva 16. Erilaisia imukuppeja[9.]

## 6.2 Alipainenostimen mitoitus

### Nostettava materiaali

#### Pinnanlaatu

Nostettavan materiaalin pinnanlaatu vaikuttaa valittavien imukuppien määrään ja materiaaliin. Mitä karkeampi pinta on, sitä enemmän imukuppeja (ts. tarttumispinta-alaa) tarvitaan riittävän kiinnitysvoiman saavuttamiseksi ja lisäksi sopivalla materiaalivalinnalla voidaan ilmavuotoa pienentää.

#### Koko

Nostettavan kappaleen koko vaikuttaa käytettävissä olevaan imukuppien tarttumispinta-alaan. Jos pinta-ala on pieni, joudutaan miettimään tarkasti imukuppien määrä, materiaali yms. seikat.

#### Paino

Nostettavan kappaleen paino vaikuttaa oleellisesti imukuppien määrään. Myös laitteen nostokyky täytyy mitoittaa maksimipainon mukaan.

## 7 KIVISAHAT

### 7.1 Kivisahojen käyttö

Historiassa kiven sahaus on ollut aikaa vievää puuhaa, koska ei ole ollut koneita, jotka liikuttavat terää, eikä myöskään sopivia terämateriaaleja. Nykyisin sähkömoottorit, hydraulikka, timanttiterät yms. helpottavat sahaustyötä. Kivilohkare sahataan levyiksi tai paksummiksi aihioiksi jatkojalostusta varten. Graniitin sahausessa vaihtoehtoiset menetelmät ovat teräshiekkaraamisahaus tai timanttipyörösahaus. Vuolukiven sahausessa käytetään timanttipyörösa hoja tai ketjusahoja. Lohkaresahat ovat tyypillisesti pitkälle automatisoituja koneita. Nykyisin myös vaijerisahaus on hiljalleen yleistynyt. Vaijerisahauksella on mahdollista sahata vaikeita kuvioita ja erikoiskohteita joissa pyöröteräsahan käyttö on ollut hankalaa tai suorastaan mahdotonta. Lisäksi vaijerisahaus on hiljaisempaa, pölytöntä, tärinätöntä ja vedentarve on siinä vähäisempi. Louhoksella kiven irrotus kalliosta tapahtuu usein suurikokoisella pyörösa halla tai vaijerisahalla. Pehmeitä kiviä, kuten vuolukiveä sahattaessa voidaan käyttää myös ketjusahoja. Blokkeja pienittäessä voidaan käyttää pyörösa hojen lisäksi myös moniteräisiä raamisahoja.

#### 7.1.1 Pyörösa hat

Pyörösa han terän halkaisija vaihtelee muutamasta kymmenestä senttimetristä jopa yli kolmeen metriin. Pyörösa halla voi sahata jonkin verran terän sädettä matalamman uran. Kiveä leikkaavina hampaina toimivat terän kehällä olevat segmentit, joissa pehmeässä metalliseoksessa on timantteja. Terä jäähdytetään vedellä. Iso pyörösa ha toimii aloituksen jälkeen automaattisesti ja vaatii vain valvontaa. Saha tuottaa runsaasti melua ja jonkin verran vesisumua.[10]

Seuraavana on kuva suuresta pyörösa hasta toiminnassa kiinalaisessa graniitinjalostuslaitoksessa maaliskuussa 2010.



Kuva 17. Timanttipyörösaha.[11.]

#### 7.1.2 Raamisahat

Raamisahassa on useita rinnakkaisia teriä. Terät liikkuvat edestakaisin ja koneisto painottaa niitä automaattisesti. Sahausrailoon syötetään vettä ja jotain kovaa materiaalia esim. teräshiekkaa, joka aiheuttaa varsinaisen sahauksen.

Itse sahaustapahtuma on hidas, mutta useiden terien ja koneen automaattisen toiminnan johdosta menetelmä on kuitenkin kokonaisuudessaan tehokas. Sitä käytetään suurien ja kovi-  
en kiviblokkien sahauksessa.[10.]

Seuraavana kuva suuresta Hongia industryyn valmistamasta raamisahasta.



Kuva 18. Raamisaha.[12.]



### 7.1.3 Vaijerisahat

Timanttivaijerisaha perustuu yhteen tai useampaan vaijerilenkkiin, joissa teräsvaijerin päälle on puristettu timanttipitoisia metallisegmenttejä. Laitte sahaa automaattisesti aloituksen jälkeen. Vaijeri jäähdytetään vedellä. Sahalla voi sahata sekä kaarevia että tasopintoja.[10.]

Seuraavana on kuva kiinalaisesta vaijerisahatehtaasta, jossa asiakkaille lähtövalmiina useita vaijerisahoja.



Kuva 19. Vaijerisaha.[11.]

### 7.1.4 Ketjusahat

Ketjusaha on kuin iso moottorisahan terä, joka leikkaa pehmeitä kivilajeja kuten vuolukivi. Seuraavana on pari kuvaa ketjusahasta täydessä toiminnassa vuolukivilouhoksella.



Kuva 20. Ketjusaha.[11.]

## 8 LIUSKEKIVEN LAJITTELULINJA

### 8.1 Lajittelulinjan pääpiirteet

Liuskekiviä louhitaan Kainuussa muutamissa paikoissa. Louhokset sijaitsevat pääasiassa Puolangalla, Ristijärvellä ja Hyrynsalmella. Louhokset ovat tyypillisesti pieniä ja monet vain osan vuotta käytössä. Tämän esikäsittelylinjan avulla on tarkoitus nostaa louhinnan tuottavuutta ja tehokkuutta, saada jatkokäsittelyyn enemmän ja paremmin valikoitua raaka-ainetta ja kuitenkin investointi yhtä louhosta kohden on kohtuullinen.

Selvitysten mukaan liuskekivet soveltuvat raaka-aineeksi hyvin monipuoliseen jalostustoimintaan. Tuotteina voivat olla muun muassa rakennusten julkisivu- ja sisustuslaatoitukset eri käyttökohteissa, kuten kosteissa tiloissa, portaikoissa ja terasseilla, sekä ympäristörakentamisessa. Ympäristörakentamisella tarkoitetaan esim. muureja, laatoituksia, istutusten ja käytävien reunoja.

Markkinatutkimusten ja koemarkkinointien yhteydessä on tullut esille, että jatkuvasti kysytään luonnonmuotoisten laattojen lisäksi määrämittaan sahattuja ja myös paksuudeltaan mitattarkkoja luonnonpintaisia taikka erilaisilla pintakäsittelytavoilla, kuten hionta, harjaus, hiekkapuhallus tai ristipäähakkaus käsiteltyjä tuotteita.

Linjan toteutustapaa miettiessä aluksi ajatuksissa oli automaattinen lajittelu, joka olisi toteutettu erilaisin mekaanisten ja optisten antureiden avulla. Myös kuvan tunnistus kävi mielessä kun antureilla riittävän kiven koon ja muodon selville saaminen tuntui vaikealta. Keskusteltuani asiantuntijoiden kanssa päädyin kuitenkin miesohjattuun lajitteluun sen huomattavasti helpomman ja edullisemmän toteutuksen johdosta ja koska kuitenkin linja vaatisi käyttäjän jatkuvaa valvontaa. Laattojen syötössä pesu- ja lajittelulinjalle oli kaksi vaihtoehtoa, joko alipainenostin tai kuormaus kaivinkoneella tai muulla kuormaajalla. Kuormaus on nopeampi ja tehokkaampi menetelmä kuin alipainenostin, mutta jos kuormaajaa käytetään, niin se vaatii lajittelijan, joka ohjaa laatat yksi kerrallaan linjalle. Päädyin kuormaajan ja tärypöydän käyttöön, koska linjan alkupään tehokkuus mahdollistaa koko linjan mahdollisimman tehokkaan käytön ja tässä tapauksessa lajittelun tehokkuus on koko linjan tehokkuuden määräävä tekijä. Laattojen katkeamattoman ja häiriöttömän syötön järjestely tärypöydällä selvisi aika nopeasti, kun tutkin murskausasemien kivenessyöttöjärjestelmiä ja myös aikaisemmassa elämässäni

elektroniikan komponenttien parissa olen törmännyt tärysyöttöön keveämpien kappaleiden kohdalla. Kuljettimet samoin kuin pesuri, kuivain ja alipainenostin ovat valmistajien vakiotavaraa, eikä niiden suunnitteleminen eikä valitseminen tuottanut päänvaivaa. Kuljetusalustan valitsemisessa oli vaihtoehtoina erikoislavetti tai sitten puutavaraperävaunu. Koska käytettyjä mutta edelleen käyttökelpoisia puutavaraperävaunuja on Suomessa hyvin ja edullisesti saatavissa, päädyin siihen.

Liuskekiven lajittelulinjan suunnittelussa lähtökohtana oli mahdollisimman yksinkertaisen ja varmatoimisen kokonaisuuden aikaansaaminen. Työvoiman tarve pyrittiin minimoimaan kuitenkin huomioiden, että itse lajittelutyötä olisi erittäin vaikeaa, jopa mahdotonta toteuttaa täysin automaattisesti. Niinpä päädyttiin toteutukseen, jossa yksi työntekijä suorittaa lajittelun ja samalla ohjaa koko linjaa. Käyttäjä voi säätää tärypöydässä täryn voimakkuutta, pöydän kallistusta ja syöttöaukon leveyttä ja korkeutta. Kuljettimissa on säädettävissä nopeus ja se säätyy molemmissa kuljetinlinjoissa samalla kertaa.

Kiven syöttö linjalle vaatii oman työntekijän ja koneen. Vaikka linja on suunniteltu siirrettäväksi, ei linjan käyttöönotto vie kauan aikaa, koska kaikki laitteet ovat kiinteillä paikoillaan myös siirron ajan. Alustaksi on ajateltu esim. käytetty puutavaraperävaunu, jonka vakiopituus 10,2 m ja leveys 2,5 m. Kärjissä on telipyörät molemmissa päissä. Pankot joudutaan poistamaan.

Alla on kuva Jykin valmistamasta puutavaraperävaunusta.

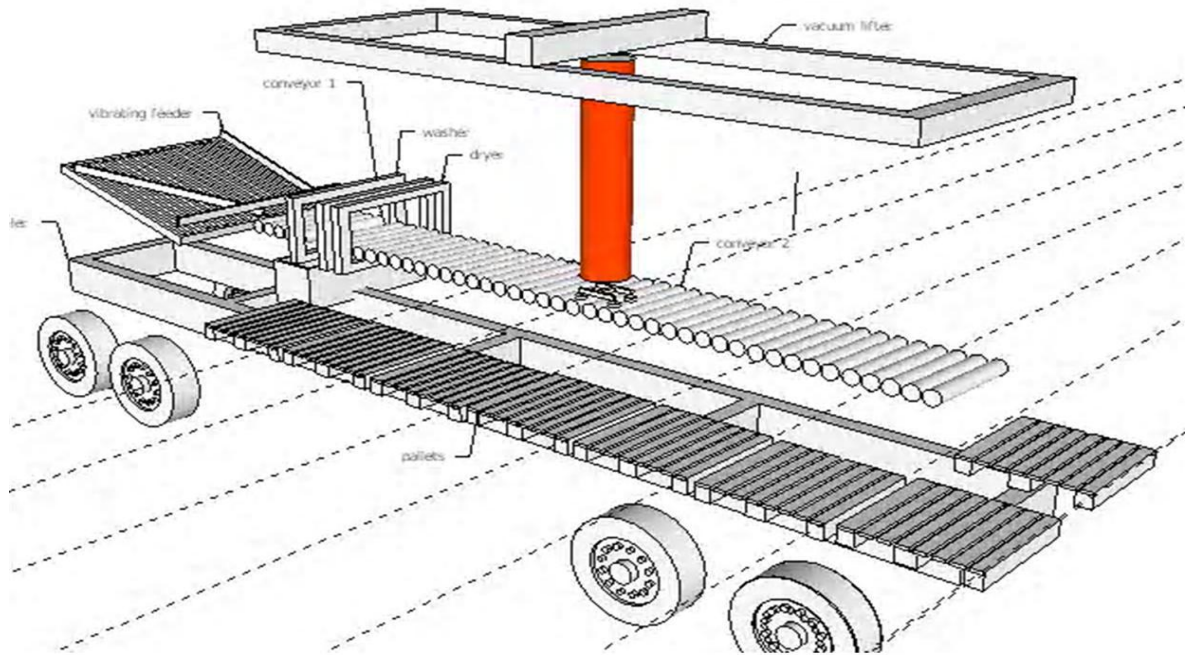


Kuva 21. Puutavaraperävaunu.[13.]

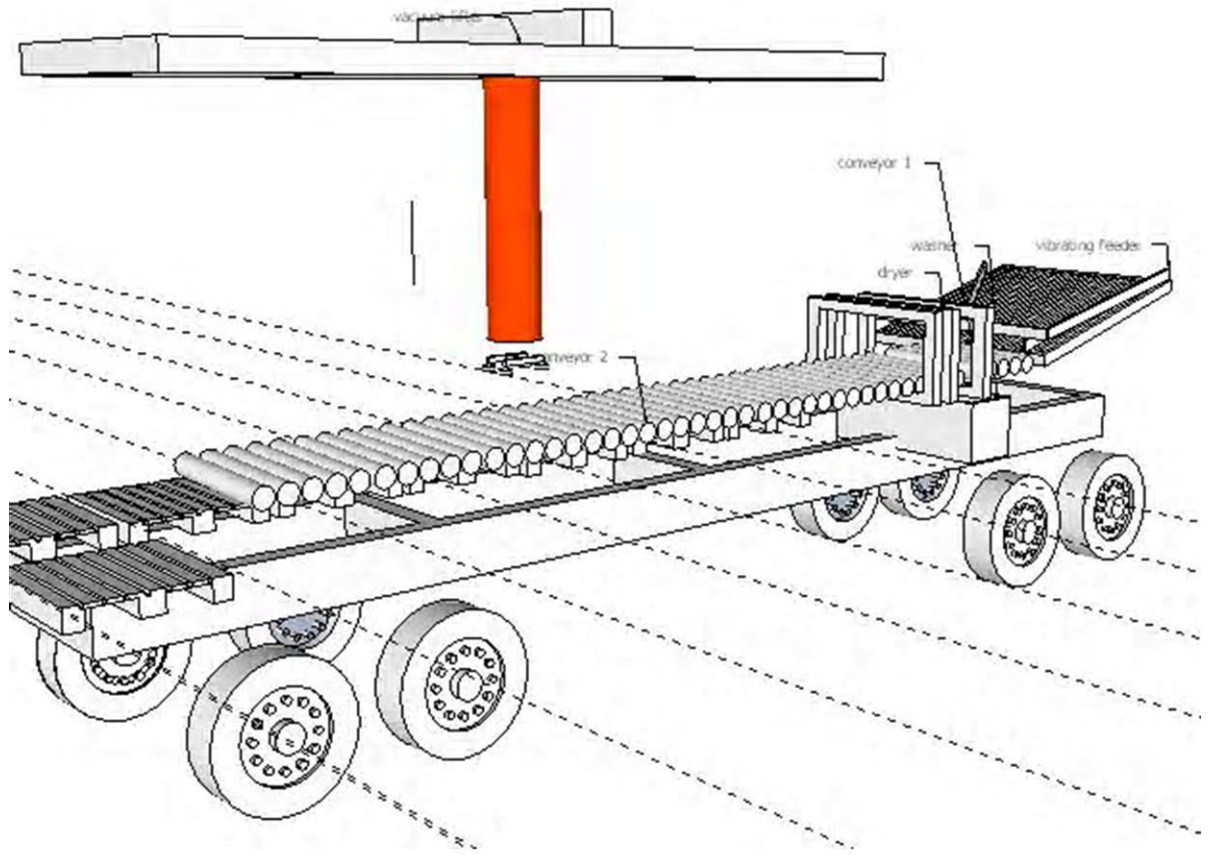
## 8.2 Linjan kuvaus

Linja koostuu tärysytöppöydästä, jolle louhitut liuskekivet lastataan pyöräkuormaajalla, kairinkoneella tai muulla vastaavalla laitteella. Lastausmäärä on 500 – 1000 kg kerrallaan. Syöttöpöytä syöttää kivilaatat kuljettimelle, joka vie ne pesuriin, jossa kivet pestään ympäriinsä irtomaan, saveen yms. epäpuhtauksien poistamiseksi. Pesun jälkeen kivet viedään kuivaimeen, jossa kivet kuivataan kuuman ilman avulla. Sen jälkeen kivet menevät pitkälle kuljettimelle, josta työntekijä lajittelee kivet koon, muodon, värin yms. mukaan ja nostaa ne eri kuormalavoille alipainenostimella. Linjan päässä on myös kuormalava, johon voi antaa mennä esim. ylisuuret laatat tai sitä voi käyttää yhtenä lajittelulavana. Linjan käyttövoimana on kolmivaihe sähkö. Jos louhoksella ei ole sähkövirtaa verkosta saatavana, linjaa voi käyttää erillisellä pyörillä olevalla generaattorilla tai sen voi myös sijoittaa linjalle esim. pesurin viereen suojattuna roiskeilta. Suunnitelmaan generaattoria en kuitenkaan sijoittanut, koska sitä ei läheskään kaikilla louhoksilla tarvita ja siksi erillinen energialähde voi olla paras ratkaisu.

Seuraavana on kaksi periaatekuvaa suunnittelemani lajittelulinjasta.



Kuva 22. Lajittelulinja



Kuva 23. Lajittelulinja

### 8.2.1 Täräsyöttöpöytä

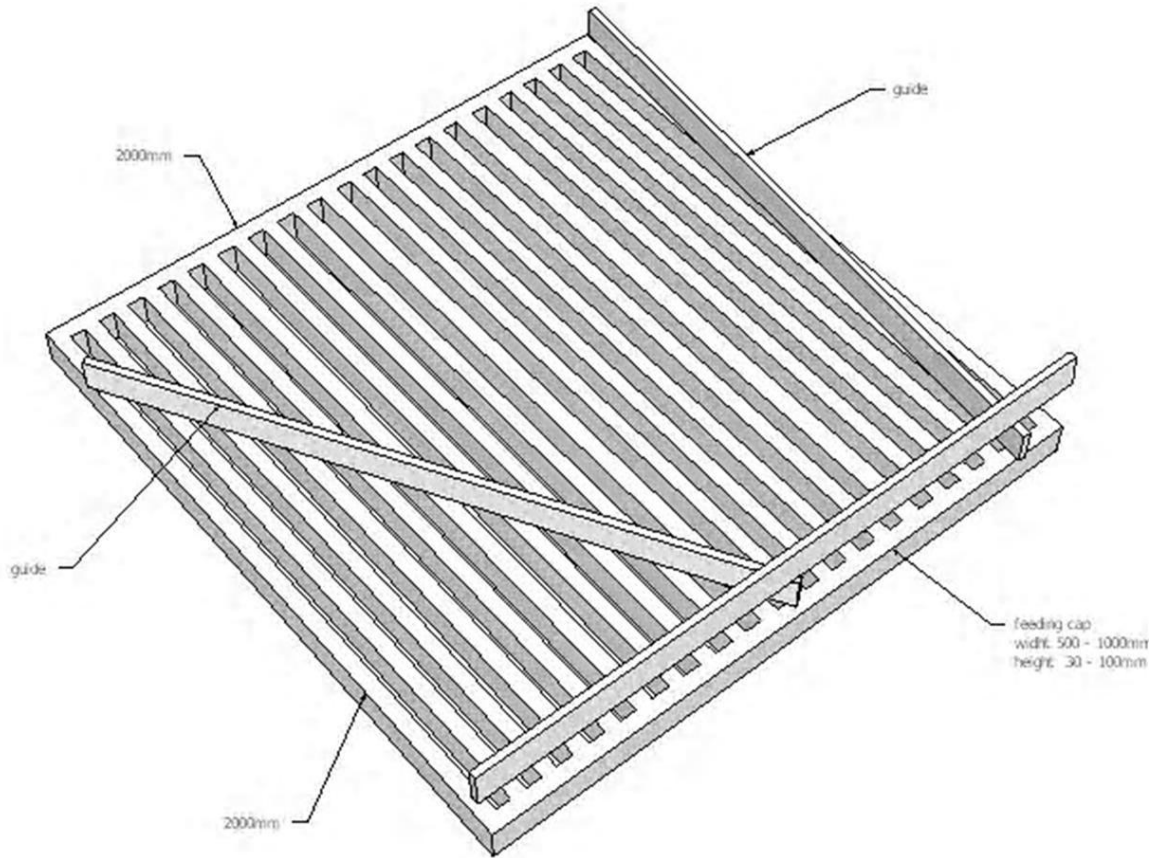
Täräsyöttöpöydän ulkomitat ovat 2000 x 2000 mm. Täräsyöttöpöytä on rakennettu vierek-  
käsistä teräslatoista, joiden väli on n.50 mm. Välien tarkoitus on erotella liian pienet lohka-  
reet ennen kuljetinta ja pesuria. Pöydän molemmilla sivuilla ja syöttöaukolla on säädettävät  
ohjaimet, joilla valitaan suurin linjalle menevä lohkar. Pöytää voidaan kallistaa ja täryn voi-  
makkuutta voidaan säätää. Lajittelija voi hoitaa näitä säätöjä työpisteestään käsin.

#### Täräsyöttöpöytä

Pituus	2000 mm
Leveys	2000 mm
Korkeus	900 mm (säädettävä)
Max.kuorma	1000 kg
Värähtelymenetelmä	ympärisäteilevä
Värähdystä/minuutti	600–1000
Värähtelyteho	säädettävä
Syöttökulma	säädettävä 0–45 °
Käyttövoima	400 V 50 z 3~
Syöttöaukko	
Leveys	säädettävä 500–1000 mm
Korkeus	säädettävä 30–100 mm

Seuraavana on periaatekuva suunnittelemani täräsyöttöpöydästä.





Kuva 24. Tärysyöttöpöytä

### 8.2.2 Kuljetin 1

Kuljetin 1 syöttää syöttöpöydältä tulevat lohkareet pesuriin. Se on n. metrin pituinen ja levyinen rullakuljetin ja rullaväli on sellainen, että liian pienet lohkareet tippuvat rullien välistä alas. Kuljettimen molemmilla sivuilla on ohjaimet. Rullina ovat teräsrullat ja kaikki rullat ovat vetäviä.

#### Kuljetin 1

Rakenne	rullakuljetin
Kuormitus	max. 200 kg/m
Pituus	1000 mm
Leveys	1000 mm
Korkeus	850 mm
Nopeus	säädettävä 0–1 m/s
Käyttövoima	400 V 50 Hz 3~

Seuraavana on kuva erään valmistajan rullakuljettimesta



Kuva 25. Rullakuljetin.[8.]

### 8.2.3 Pesuri

Pesurin toimintaperiaate on painevesi, joka suihkutetaan kaikilta sivuilta lohkareseen suuttimien kautta. Pesurin alla on allas, josta pesuvesi otetaan ja johon likainen pesuvesi kerätään. Allas pitää pystyä helposti tyhjentämään ja puhdistamaan. Altaassa on myös suodatinlaitteisto, joka estää likapartikkelien pääsyn paineveteen. Pesurin päällä on kansi, joka estää pesuveden roiskumisen ympäristöön.

#### Pesuri

Leveys	1000 mm
Korkeus	100 mm
Vedenpaine	100–150 bar
Yläsuuttimet	(4–8 pcs)
Alasuuttimet	(4–8 pcs)
Sivusuuttimet	(1–2 pcs)
Käyttövoima	400 V 50 Hz 3~
Allas	200–500 l

#### 8.2.4 Kuivain

Pestyt lohkareet on syytä kaivata ennen lajittelua mm. työskentelyolosuhteiden takia. Myös kivien lajittelu ja tunnistus onnistuu paremmin kuivasta kivistä. Kuivaukseen käytetään kuumennettua ilmaa jota puhalletaan lohkareeseen kaikilta sivuilta sen kulkiessa kuivaimen läpi.

#### Kuivain

Leveys	1000 mm
Korkeus	100 mm
Kuivaus tapahtuu	kuumalla ilmalla

#### 8.2.5 Kuljetin 2

Kuljetin 2 on metrin levyinen ja viisi metriä pitkä rullakuljetin. Kuljetin syöttää lohkareet kuivaimelta eteenpäin, mistä lajittelija poimii kivet eri kuormalavoille käyttäen alipainenostinta. Rullina ovat teräsrullat ja kaikki rullat ovat vetäviä. Kuljettimen molemmilla sivuilla on 30 mm korkeat ohjaimet.

## Kuljetin 2

Rakenne	rullakuljetin
Kuormitus	max. 200 kg/m
Pituus	5000 mm
Leveys	1000 mm
Korkeus	850 mm
Nopeus	säädettävä 0–1 m/s
Käyttövoima	400 V 50 Hz 3~

## 8.2.6 Alipainenostin

Alipainenostimella nostellaan kivet kuormalavoille. Nostimessa on sähkö tai alipaine toiminen hissilaite, joka suorittaa nostotyön ja alipainetoiminen tarrain neljällä imukupilla joka kiinnittyy kiveen. Laite on käsin käyttäjän ohjattavissa. Alipainenostimen työskentelyalue on 2000 x 5000 mm ja miniminosto 1500 mm. Pienin kiinnitysalue on 200 x 200 mm. Maksimikuorma on 200 kg.

## Alipainenostin

Suurin kuorma	200 kg
Ulottuma	2000 x 5000 mm
Pienin tartunta-ala	200 x 200 mm
Nosto	1500 mm
Käyttövoima	400 V 50 Hz 3~

Seuraavana on kuva alipainenostimesta



Kuva 26. Alipainenostin.[14.]

## 9 SAHALINJA

### 9.1 Sahalinjan periaatteet

Sahalinjan suunnittelussa lähdettiin siitä, että hyvin esilajitellut kivilaatat voidaan sahata mahdollisimman automaattisesti. Lopputuotteena liuskeesta halutaan tietyn levyisiä reunaliuskeita ja määrämittaan sahattuja kiviä, joita voidaan käyttää sitten jatkojalostuksessa. Sahana voidaan käyttää edullista pyörösahaa, eikä terän tarvitse olla valtavan suuri, koska sahattavan kivilaatan paksuus on tyypillisesti alle 50mm. Pyöröterällä varustettuja automaattisahoja on runsaasti markkinoilla, mutta tyypillisesti niissä ei ole jatkuvaa syöttöä, vaan sahattava kappale pitää nostaa ja poistaa sahapöydältä erikseen. Näissä sahoissa itse terän ohjaus voi olla hyvinkin automaattinen. Periaatteessa tällaisella terän automaattiohjauksella varustetulla sahalla voisi sahata kivilaatan kaikki sivut ja myös keskeltä halutun kokoisen kappaleen, mutta uuden laatan vaihto olisi järjestettävä joko manuaalisesti tai sitten pitäisi sahaan kuitenkin rakentaa jonkinlainen automaatti vaihtoa varten. Siksi päädyin linjatyyliiseen sahaan, mutta sitä ei ollut valmiina sahanvalmistajilla, vaan se joudutaan suunnittelemaan ja tekemään erikseen. Kääntöpöytä on vakiotavaraa tai sitten sahojen asentamisella 90 asteen kulmaan se voidaan jättää kokonaan pois.

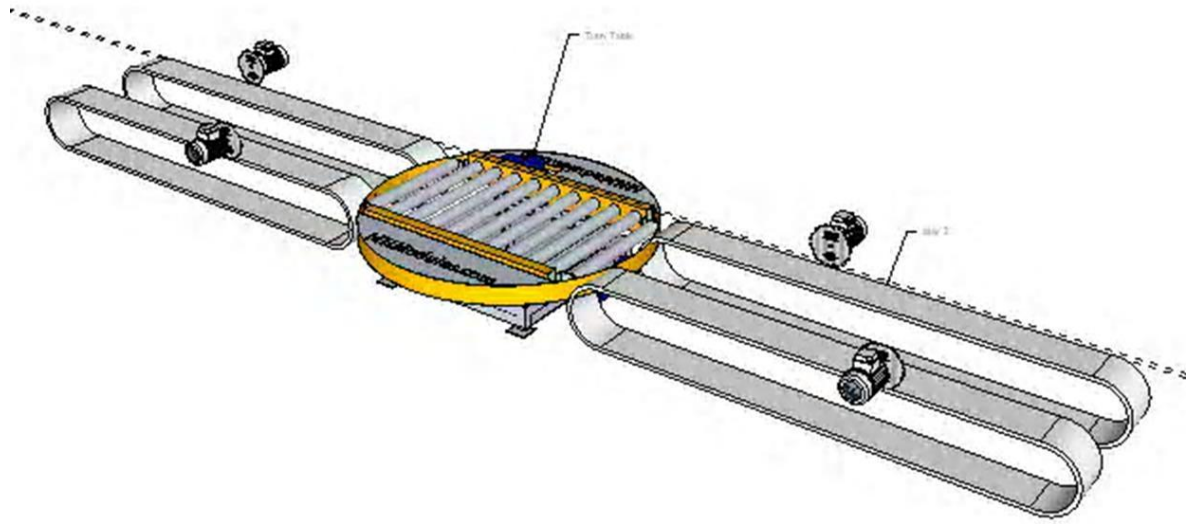
### 9.2 Sahalinjan kuvaus

Sahalinja muodostuu kahdesta peräkkäin sijoitetusta sahasta, joiden välissä on kääntöpöytä, joka kääntää sahattavan kiven 90°. Kääntöpöydän voi jättää myös pois, jos sahat asetetaan 90° kulmaan. Itse sahassa on kaksi pystyyn asennettua pyörösahan terää, joiden välimatkaa voidaan säätää välillä 200–1000 mm. Molemmilla pyörösahoilla on kuljetinhihnat, jotka säätyvät yhtä aikaa terien kanssa. Periaatteessa vain toisen reunan tarvitsee säätyä, toinen voi olla kiinteä. Kivi täytyy kiinnittää jotenkin sahauksen ajaksi. Kiinnitykseen voi käyttää yläpuolista paininrullaa, yläpuolista hihnaa, alipainetta, tai muuta vastaavaa rakennetta.

Esivalitut liuskekivet nostetaan linjalle alipainenostimella tai pienemmät lohkareet voidaan nostaa myös käsin. Sahatut reunaliuskat voidaan poistaa joko käsin tai sahaan voi rakentaa ohjaimet, jotka siirtää reunat pois automaattisesti hihnan pyöriessä. Sahalinjan loppupäästä kivet voidaan siirtää kuljettimella tai linjan loppuun voidaan sijoittaa kuormalava, johon kivet putoavat.

Seuraavana on kuva suunnittelemani sahalinjasta, jolla voidaan kiven reunat ja myös keski-laatta sahata automaattisesti.





Kuva 27. Sahalinja

## 10 JYRSINLINJA

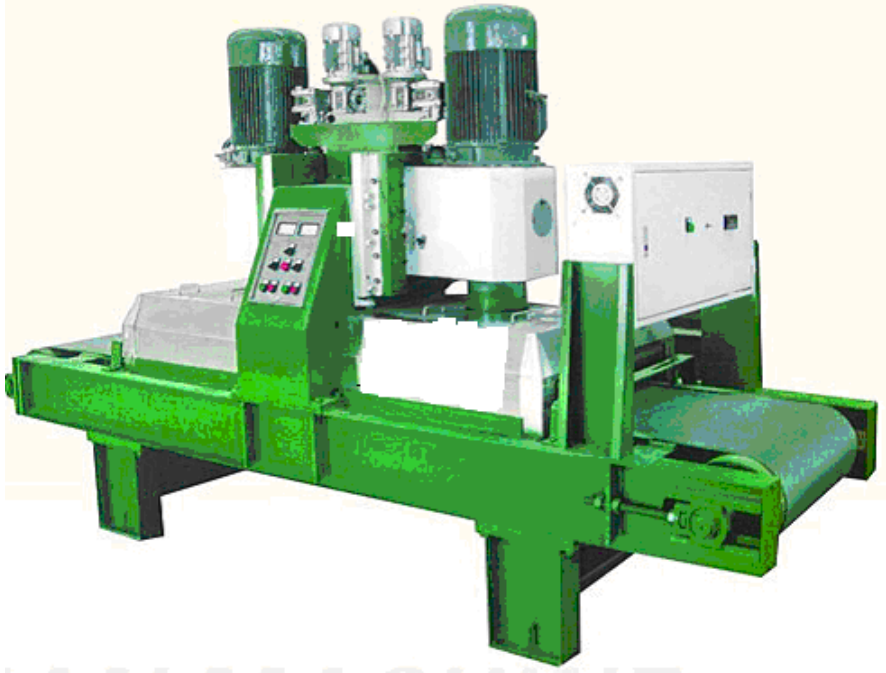
### 10.1 Jyrsinlinjan periaatteet

Koska liuskeet lohkotaan kivistä vapaasti tai ne ovat jo luonnostaan lohjenneet, niiden paksuus voi vaihdella ja pinta voi olla hieman epätasainen. Siitä syystä voi olla tarpeen tasoittaa toista pintaa esim. kiinnityksen varmistamiseksi jatkokäsittelyssä. Kivijyrsimellä voidaan pinta tasoittaa, jos pois työstettävä materiaalipaksuus on pieni, alle 3 mm. Liuskekiven yläpinnan jyrsintään voidaan käyttää valmista laitetta. Tällainen laite löytyy useilta valmistajilta. Määritetään vain jyrsittävän kappaleen koko ja materiaali.

### 10.2 Jyrsinlinjan kuvaus

Jyrsin koostuu alla olevasta kuljetinhihnasta ja yläpuolella on yksi tai useampia jyrsimiä, joihin voidaan asentaa erilaisia teriä riippuen jyrsittävästä materiaalista. Terien korkeutta voidaan säätää. Jyrsimen terä on lautasen muotoinen ja siihen on kiinnitetty rengas johon on juottamalla kiinnitetty timanttiteräpaloja. Kiveä jyrsittäessä sitä syötetään hihnan avulla eteenpäin ja samalla pyörivää terää painetaan alaspäin. Terän pyörimisnopeuden ja syöttönopeuden pitää olla oikeassa suhteessa hyvän pinnanlaadun ja maksimi läpimenon saavuttamiseksi.

Seuraavana on kuva kiinalaisen valmistajan jyrsimestä.

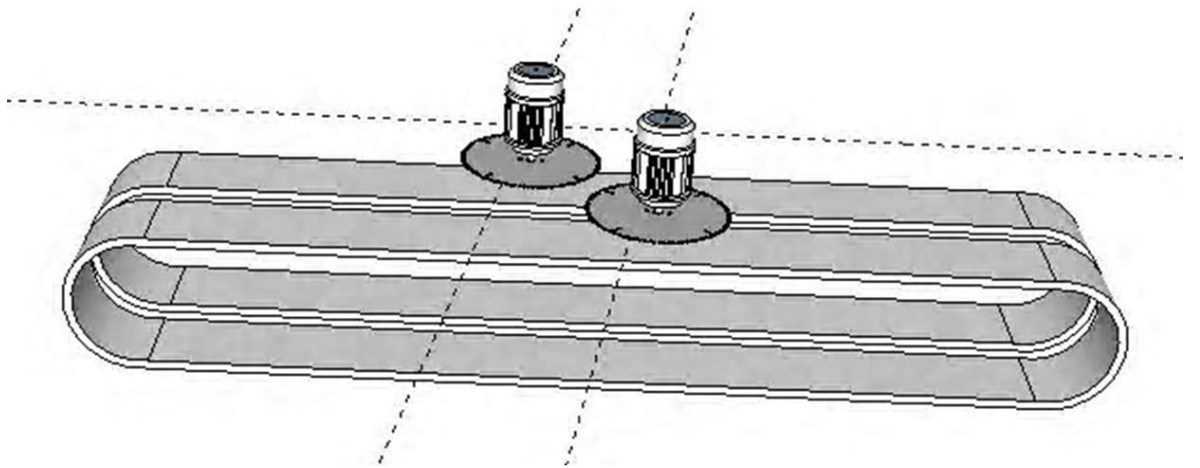


Kuva 28. Tasojyrsin.[15.]

### 10.3 Pinnan tasoitus sahaamalla

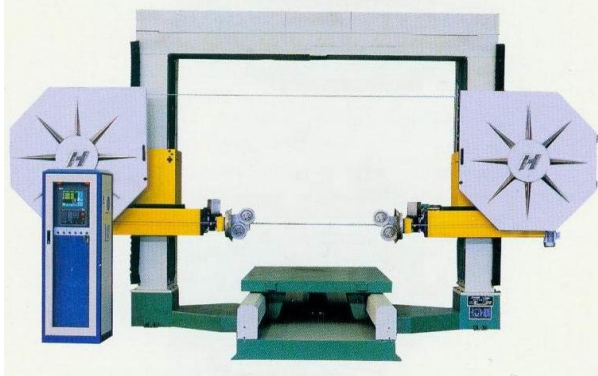
Jos pinnantasauksen tarve on suurempi, voidaan siihen käyttää jyrsimen sijasta sahaa, joka pystyy poistamaan paksumman materiaalisiivun kerralla. Laite on muuten samantyylinen kuin jyrsin, mutta jyrsimen terien tilalla on vaakatasossa olevat sahanterät, vannesaha tai vaijeri, jotka leikkaavat kivistä halutun paksuisen siivun. Myös tässä työvaiheessa kivi täytyy kiinnittää jotenkin sahauksen ajaksi. Kiinnitykseen voi käyttää yläpuolista paininrullaa, yläpuolista hihnaa, alipainetta, tai muuta vastaavaa rakennetta.

Seuraavana on kuva suunnittelemani laitteesta, jolla kiven yläpinta voidaan sahata tasaiseksi



Kuva 29. Pyörösaha yläpinnan tasaukseen

Sahana voidaan myös käyttää vaijerisahaa, jolla leikataan vaakasuuntainen siivu kiven pinnasta.



Kuva 30. Vaijerisaha.[16.]

## 11 TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI

### 11.1 Liuskekiven käsittelylinja

Liuskekiven käsittelylinja on tiukkaan pakattu kokonaisuus, koska kaikki laitteet haluttiin saada sopimaan yhdelle siirrettävälle alustalle ja myös linjan käytettävyyttä, lastausta ja purkua piti miettiä tarkoin, että siitä saatiin toimiva. Linjan siirrettävyys on tärkeä asia, koska Kainuun ja lähiseudun liuskekivilouhokset ja yritykset ovat pieniä, eikä louhinta monessakaan yrityksessä ole jatkuvaa. Kun nyt suunniteltu linja on pakattu perävaunuun, joka voidaan siirtää kuorma-autolla ja ehkä myös suurella traktorilla louhoksille, uskon linjan käyttöasteen kohoavan merkittävästi. Itse linja on mahdollisimman yksinkertainen ja pienellä työvoimamäärällä operoitavissa. Koska tehtävänasettelussa jo sovittiin, että kovin tarkkoja ja yksityiskohtaisia suunnitelmia ei tehdä, vaan annetaan laitevalmistajien ratkaista mitoitus yms. seikat, niin en ole laskenut tarkkoja teho- tms. tarpeita. Ne asiat selviävät kun laitetoimittajilta saamme tarjoukset.

### 11.2 Sahalinja

Sahalinjalle ei löytynyt aivan suoraan valmiita sahoja, vaan ne joudutaan modifoimaan olemassa olevista ratkaisuista. Varsinkin terien välinen säädettävyys näyttää vielä olevan monella valmistajalla uutta teknologiaa. Kuitenkin keskusteluissa laitetoimittajien kanssa ongelma ei tuntunut ylipääsemättömältä. Tälläkin linjalla automaattinen toiminta ja pieni työvoiman tarve on tärkeää. Tällä ratkaisulla yksi käyttäjä voi hoitaa koko linjan.

### 11.3 Jyrsin/sahalinja

Kiven paksuuden tasaukseen ja kalibrointiin löytyy valmiita laitteita, kuten jyrsinkone ja vaijerisaha. Valmista vaakamallista pyörösahaa ei kovin monia ole tarjolla, mutta kyvykäs saha-valmistaja pystyy sen kyllä rakentamaan hyödyntäen olemassa olevia ratkaisuja. Nämä laitteet ovat automaattisia ja ne on helppo sijoittaa osaksi linjaa ja niiden käyttöön ei tarvita paljoa valvontaa..

## 12 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä pyrittiin hahmottamaan ja suunnittelemaan liuskekiven käsittelyä helpottavia ratkaisuja. Tuotannon alkupäähän suunnittelin liikuteltavan pesu- ja erottelulinjan jota voidaan käyttää usealla louhoksella ja joka on nopeasti otettavissa käyttöön siirron jälkeen. Laitteen valmistaminen onnistuu suhteellisen helposti, koska kaikki komponentit pystytään valmistamaan teollisesti. Tarvittaessa linjan voi tilata jopa yhdeltä valmistajalta tai sitten sen voi tilata komponentteina ja koota itse. Linja itsessään on yksinkertainen rakenteeltaan, eikä se sisällä monimutkaista ja vikaherkkää elektroniikkaa, vaan ratkaisut on pyritty pitämään yksinkertaisina. Linjan toteutuksessa pitää muistaa, että ollaan tekemisissä järeiden ja raskaiden kivien kanssa, joten rakenteiden kestävyys pitää mitoittaa sen mukaan.

Saha- ja jyrsinlinja on suunniteltu mahdollisimman pitkälle valmiilla laitteilla, jolloin hintataso jää alemmaksi kuin erikoisratkaisuille. Suunnittelussa on otettu huomioon raaka-aineen vaihtelu, jotta linjaa pystyisi käyttämään eri louhoksilta tulevalle kivelle.

Uskon, että tässä työssä suunnitelluilla kivenkäsittelylinjoilla pystyy automatisoimaan ja parantamaan liuskekivituotantoa pienillä louhoksilla ja myös liuskekiven jatkokäsittelyn osalta linja auttaa automatisoimaan sahausta.

Kustannusarvio on tehty karkealla skaalalla, se tarkentuu sitten kun saadaan tarjoukset valmistajilta. Hinnat ovat euroja.

Kustannusarvio löytyy liitteestä 1

## LÄHTEET

1. Kainuun Etu Oy:n kotisivut, luettu 6.4.2010 <http://www.kainuunetu.fi/>
2. GTK:n kotisivut luettu 20.12.2009  
<http://www.gtk.fi/luonnonvarat2/luonnonkivet>
3. Finstone kotisivut luettu 20.12.2009  
<http://www.finstone.com/luonnonkivi.php>
4. Tärylaite Oy:n kotisivut luettu 22.12.2009 <http://www.tarylaite.fi/>
5. Italvibras kotisivut, selection of the electric vibrator luettu 23.12.2009  
[http://www.italvibras.it/user/upload\\_inc\\_scelta\\_motovibratore/ITV\\_scelta\\_EN.pdf](http://www.italvibras.it/user/upload_inc_scelta_motovibratore/ITV_scelta_EN.pdf)
6. Finfinet Oy:n kotisivut luettu 27.12.2009  
<http://www.finfinet.fi/tuoteluettelo>
7. Pikkarainen Eero, kuljettimet kurssin opintomateriaali kevät 2008
8. Titan industries inc. kotisivut luettu 3.1.2010  
<http://www.titanconveyors.com/>
9. Asko Ellman, Juha Hautanen, Kari Järvinen, Antti Simpura, Pneumatiikka, Edita Prima Oy, Helsinki 2002, ISBN 951-37-3736-5
10. Saarelainen Veijo, kivitekniikka kurssin opintomateriaali kevät 2010
11. Oma kuva-arkisto
12. Hongia industry Co, kotisivut luettu 30.3.2010 <http://www.hongia.com.tw>
13. Jyki Oy, kotisivut luettu 30.3.2010  
<http://www.jyki.fi/DowebEasyCMS/?Page=Puuperavaunu>
14. Finnlift Oy luettu 30.3.2010  
<http://www.finnlift.fi/vacucobra.htm>
15. Xiamen Ninesun Stone Machine Co. luettu 30.3.2010 <http://www.marble-machines.com/other-stone-machine/calibrating-machine.html>
16. Huaxing machinery luettu 30.3.2010 <http://enscjx.huaxinggroup.cn/>



## LIITTEIDEN LUETTELO

1. Kustannusarvio

**Kustannusarvio**

Kustannusarvio on tehty karkealla skaalalla, se tarkentuu sitten kun saadaan tarjoukset valmistajilta. Hinnat ovat euroja.

**Liuskekiven käsittelylinja**

tärysyöttöpöytä 10 000

pesu ja kuivaus 10 000

rullaradat 2kpl 3 000

alipainenostin 3 000

perävaunu(käytetty) 10 000

-----  
**Yhteensä** 36 000

**Sahalinja**

sahat terineen 2kpl 20 000

kääntöpöytä 2 000

-----  
**Yhteensä** 22 000

**Jyrsin/sahalinja**

jyrsin 20 000

halkaisusaha 20 000



