

# Leiðbeiningar um vinnslu og notkun sprengds bergs

Vinnsla, efniskröfur, útlögn

Ingvi Árnason og Hafdís Eygló Jónsdóttir



- **Sprengitækni**
- **Mölun grjóts:**
  - Mölunarsamstæður
  - Vinnsluaðferðir
  - Framleiðsluferlar
  - Efnisflokkar
  - Framleiðslueftirlit
- **Meðhöndlun:**
  - Haugsetning
  - Ámökstur
  - Flutningur
  - Útlögn
  - Frágangur yfirborðsburðarlags

# Almennt



- **Efnisgerðir, efnisnotkun**

- Í neðri lög vegarins er oft notað sprengt ómalað berg
- Í efri hluta vegarins, slitlag, burðarlag og efri hluta styrktarlags, þarf að mala.
- Vinnsla bergs hefst með losun þess með sprengingum eða öðrum aðferðum í hæfilegar stærðir.
- Mólun steinefna miðar að því að fá fram þær stærðir, kornadreifingu og kornalögun sem hæfa lögum vegarins.
- Vinnsla bergs breytir ekki grunneiginleikum bergsins,
  - en með viðeigandi vinnslu er hægt að hafa áhrif á samsetningu og gæði framleiðslunnar.

# Almennt



- **Efnisgerðir, efnisnotkun.**

- Eiginleikar hráefnisins sem hafa áhrif á vinnsluna eru:

- Hreinleiki/einsleitni
    - Samsetning (Kornadreifing)
    - Rakainnihald
    - Þéttleiki
    - Brotþol
    - Slitþol
    - Kristalgrind
    - Textúr
    - Kleyfni

# Sprengitækni



- Nokkur atriði við losun bergs:
  - Hvað ræður stærðum
    - Þéttleiki sprungna
    - Gerð og eiginleikar bergsins
    - Raða- og holubil
    - Hleðsla
      - (grömm sprengiefnis á rúmmetra bergs).
    - Aðstæður í námu
      - gott aðhald gefur smærra grjót

# Mölnarsamstæður



- **Yfirlit.**
  - Brjótar
    - Helstu gerðir og eiginleikar
      - Álagsbrjótar
      - Kastbrjótar
  - Vinnslusamstæður
    - Helstu gerðir og samsetning
      - Fastar og færánlegar
      - Brjótar, hörpur, færíbönd og e.t.v. þvottabúnaður

# Brjótar



- Við vinnslu á burðarlags- og klæðingarefnum hér á landi er tveggja þrepa vinnsla algengust, þ.e. tvö brotstig (forbrjótur og eftirbrjótur).
- Á fyrsta brotstigi er forbrjótur og er efnið malað í hæfilegar stærðir til frekari vinnslu. Langflestir eru með **kjaftbrjót** (kjálkabrjót) sem forbrjót.
- Á öðru brotstigi er **kónbrjótur** (keilubrjótur) algengasti eftirbrjóturinn.
- Kastbrjótar: **lárettir hverfibrjótar** og **lóðréttir hverfibrjótar** (*Horizontal-shaft-impactor* og *Vertical-shaft-impactor*) eru algengastir á þriðja brotstigi (fínbrjótur/lokabrjótur) og eru notaðir til þess að bæta kornalögun og/eða auka hlut sands og fínefna í framleiðslu malbiks og steinsteypu. Kónbrjót er einnig hægt að nota á þriðja brotstigi, en það er ekki algengt hér á landi.
- Mjög fáir eru í þriggja þrepa vinnslu, þ.e. hafa þrjú brotstig.

# Brjótar



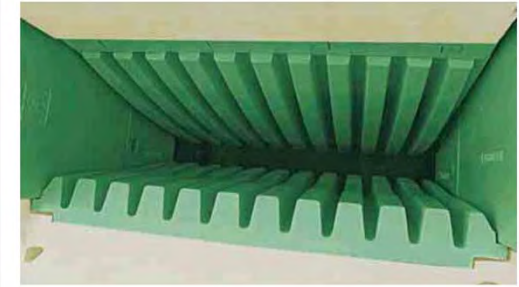
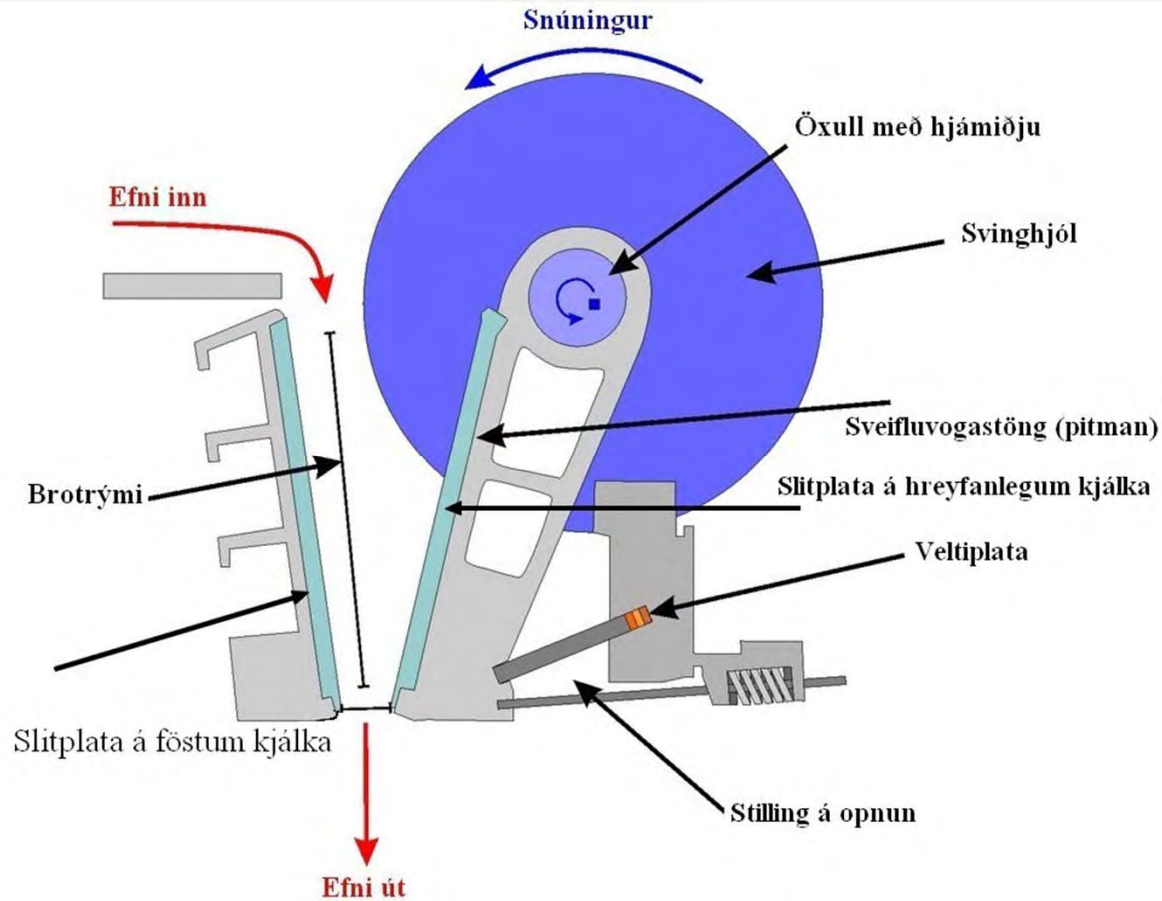
Yfirlit yfir helstu gerðir brjóta og eiginleika þeirra.

	Gerð brjóts	Algengt brotstig	Smækkunarhlutfall	Hlutfall fín-efna sem verða til	Teningslöggun
Álagsbrjótar	Hringbrjótur	1. stig	4:1-7:1	Lágt	
	Kjaftbrjótur	1. stig	3:1-5:1	Lágt	
	Kónbrjótur	2. stig	3:1-5:1	Meðal/Lágt	
	Kónbrjótur	3. stig	3:1-5:1	Meðal/hátt	Góð
Kastbrjótar	Láréttur hverfibrjótur (HSI)	1. & 2. stig	5:1-15:1	Meðal/hátt	Góð
	Lóðréttur hverfibrjótur (VSI)	3. stig	2:1-5:1	Hátt	Mjög góð

1. stigs brjótur= forbrjótur, 2. stigs brjótur= miðbrjótur, eftirbrjótur,  
3. stigs brjótur= kónbrjótur, kastbrjótur.

**Smækkunarhlutfall** er skilgreint sem hlutfall hráefnisstærðar og framleiðslustærðar.  
Dæmi (m.v. kjaftbrjót) : 500 mm inn og 100 mm út (þ.e. 5:1)

# Brjótur



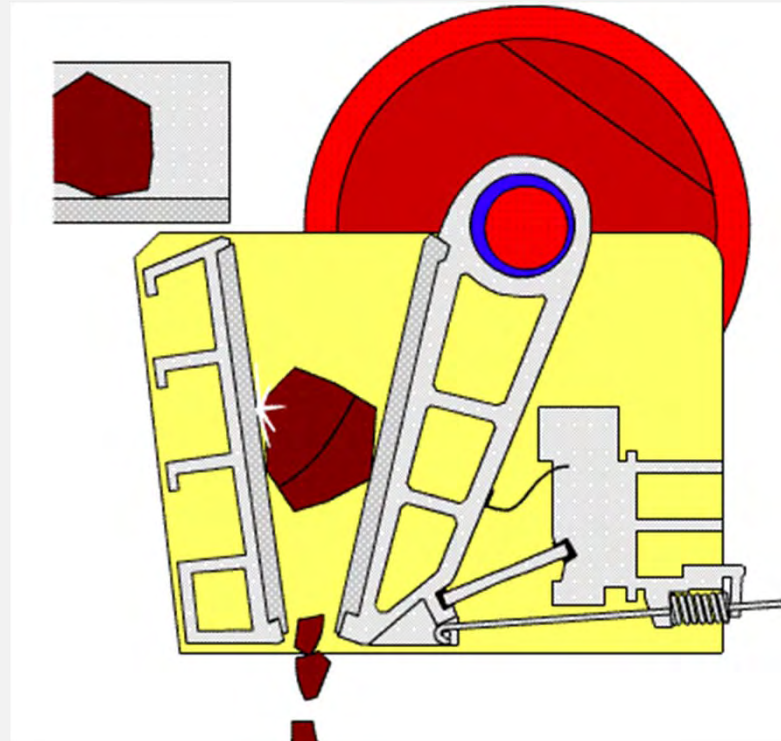
Slitplötur



Slitplötur

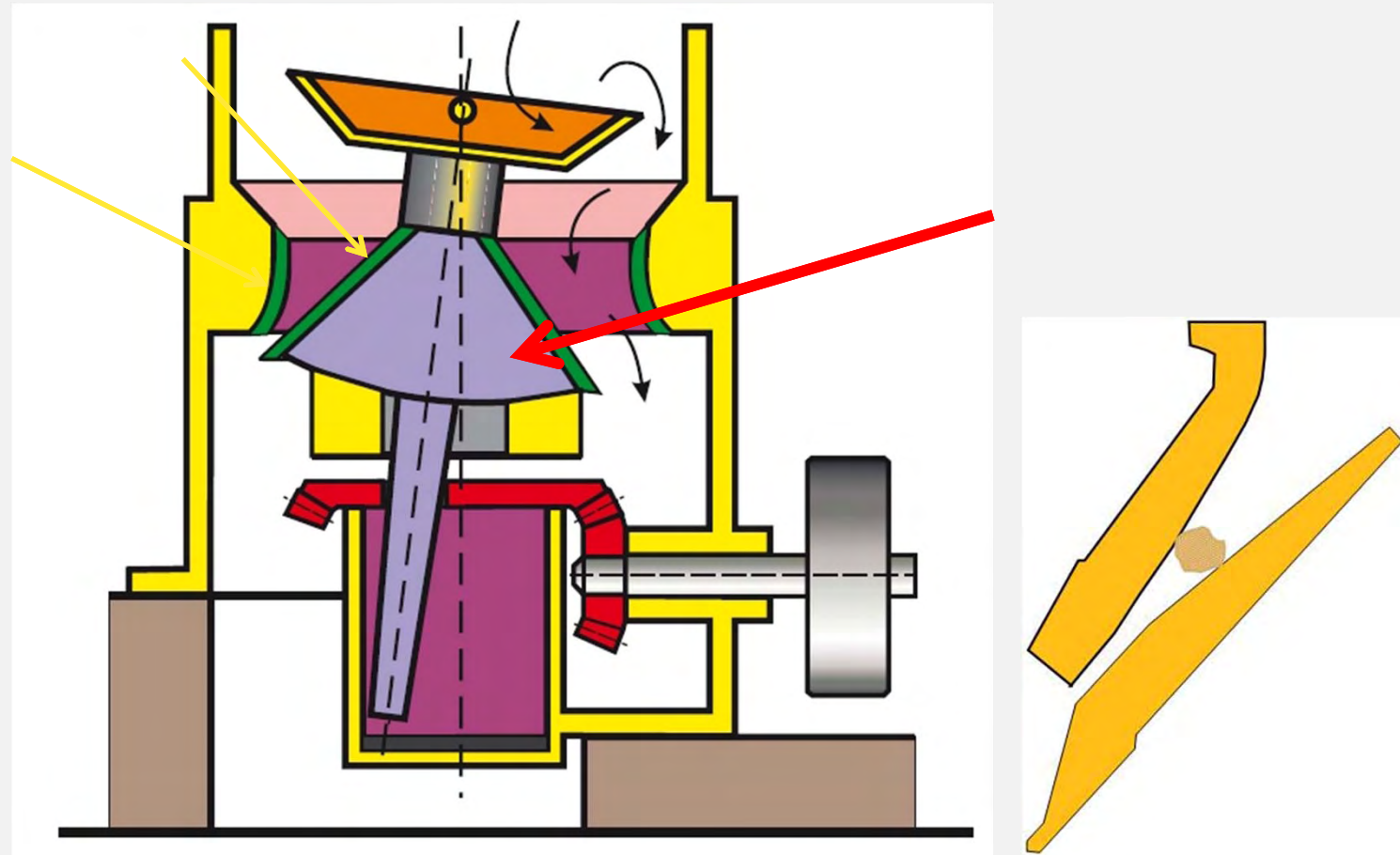
Kjaftbrjótur (kjálkabriótur). Algengasti forbrjóturinn hér á landi

# Brjótur



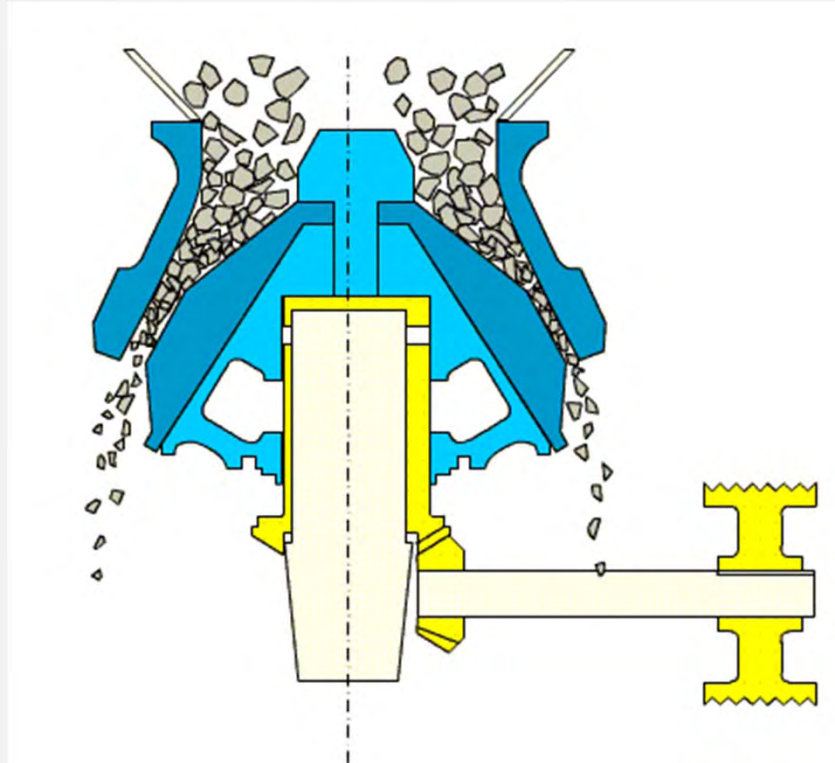
Kjaftbrjótur (kjálkabriótur).

# Brjótur



Kónbrjótur (keilubrjótur). Algengasti eftirbrjóturinn í vegagerð á Íslandi (með topplegu)

# Brjótur



Kónbrjótur (keilubrjótur). Án topplegu

# Brjótar



Kónbrjótur án topplegu

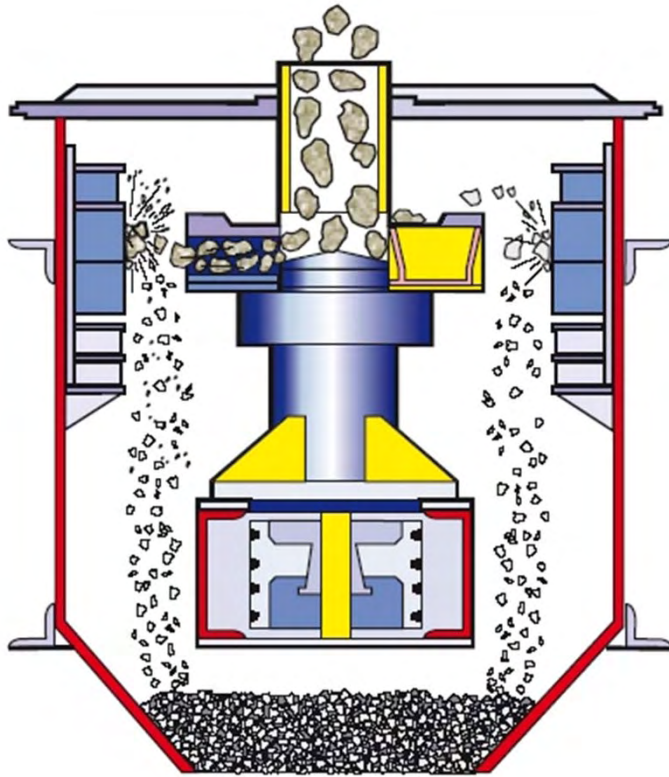
Kónbrjótur með topplegu



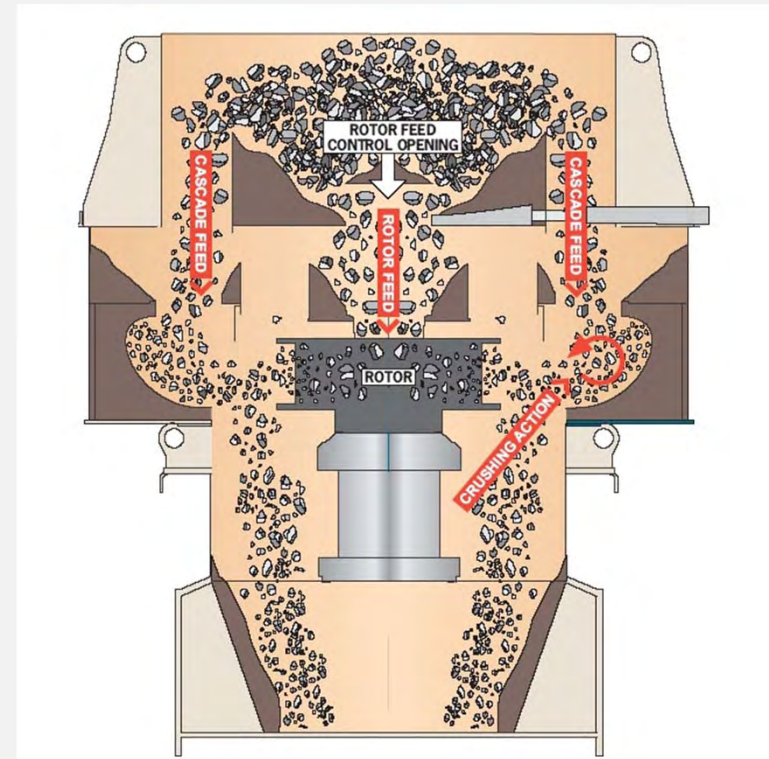
# Brjótar



## Lóðréttir hverfibrjótar (Vertical shaft impactor)



Steinn-á-málm

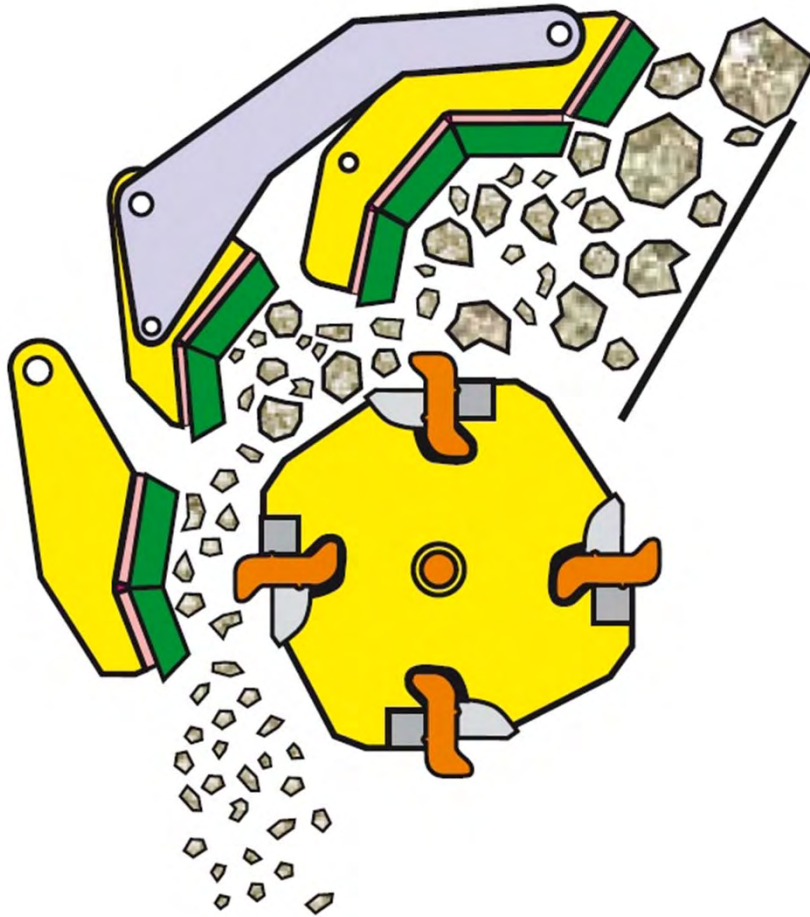


Steinn-á-stein

# Brjótar



Láréttir hverfibrjótar (Horizontal shaft impactor)



Slitþol HSI brjóta er minna en annarra brjóta.

Vinna vel á mjúku bergi en henta ekki eins vel fyrir sterkt berg. Þessir brjótar eru því frekar notaðir fyrir efni sem brotnar auðveldlega og slit verður því ekki óhóflegt.

Hér á landi eru HSI brjótar notaðir þar sem þarf að bæta kornalögun og/eða auka hlut fínefna í framleiðslunni, s.s. efnis í malarslitlag og malbik.

# Vinnslusamstæður

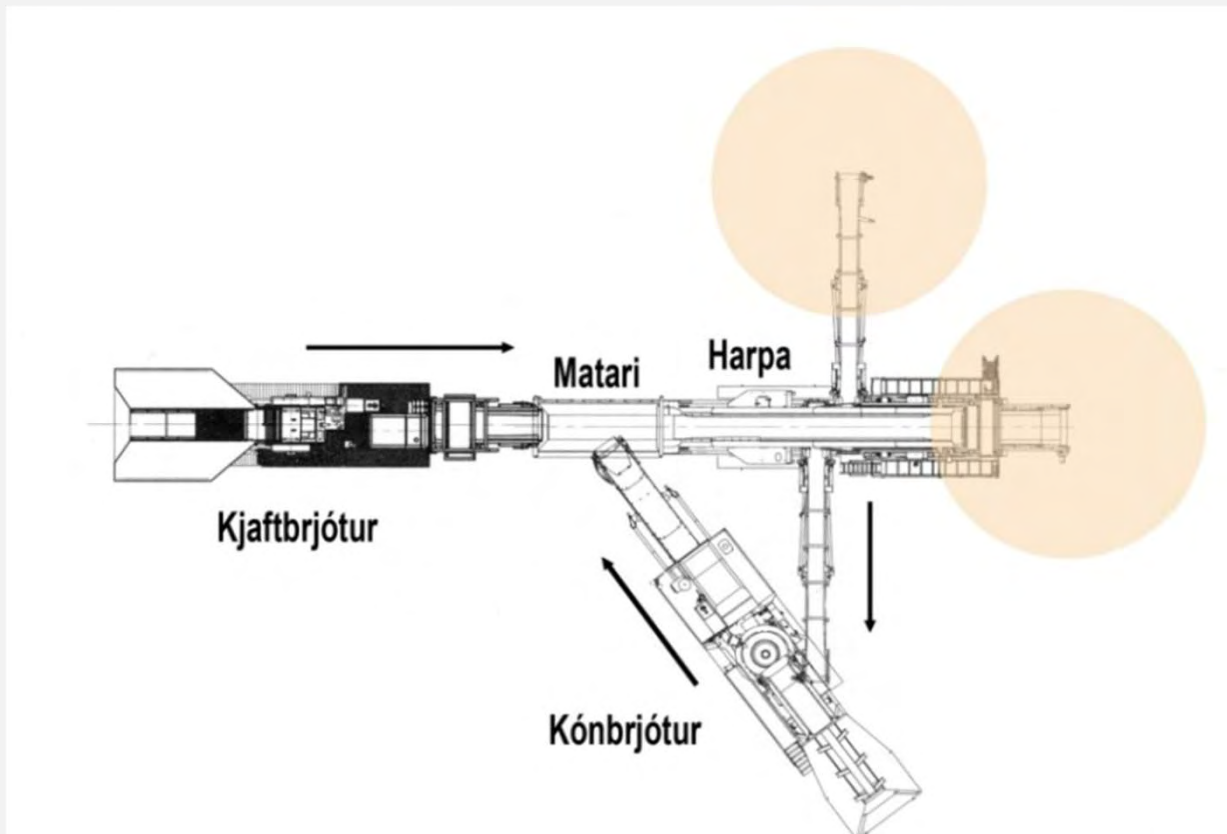


- **Ýmist fastar eða færarlegar**
  - Færarlegar
    - auðvelt að flytja á milli svæða
    - uppsetning fljótleg
    - auðvelt að flytja innan námu
    - samsetning breytileg
    - flestar á beltum (einingar)
    - samstæður á hjólum/vögnum (matari, brjótur, harpa)
  - Fastar
    - settar upp til lengri tíma
    - framleiða ákveðna staðlaða framleiðslulínu

# Vinnslusamstæður



Dæmi um uppsetningu á vinnslu með **hringrás** sem er miðuð við hámarks afköst Algengasta uppsetningin. Hluti efnisins einungis brotinn einu sinni

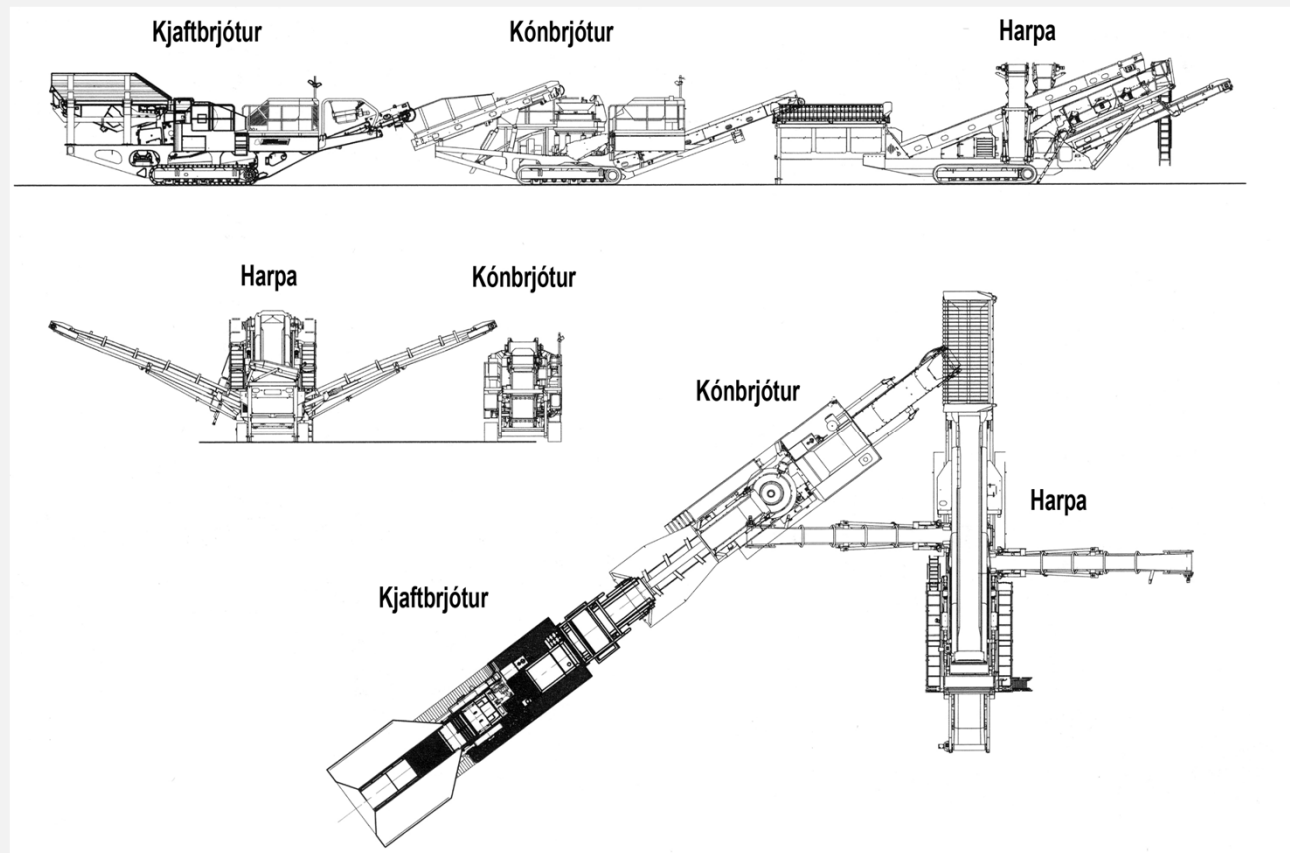


Markmiðið með hringrásarefninu er **1)** senda yfirstærðir tilbaka í brjót. **2)** að efnið fylli upp í holrúm á milli kornanna. Þá verður loftrými minna í brothúsinu og fyllingin meiri. Núningur milli steinefnakorna hjálpar til við brotið, þ.e.lélegri steinar brotna við þetta, og steinarnir brjóta brúnir utan af hvorum öðrum sem leiðir til meiri teningslögunar korna.

# Vinnslusamstæður



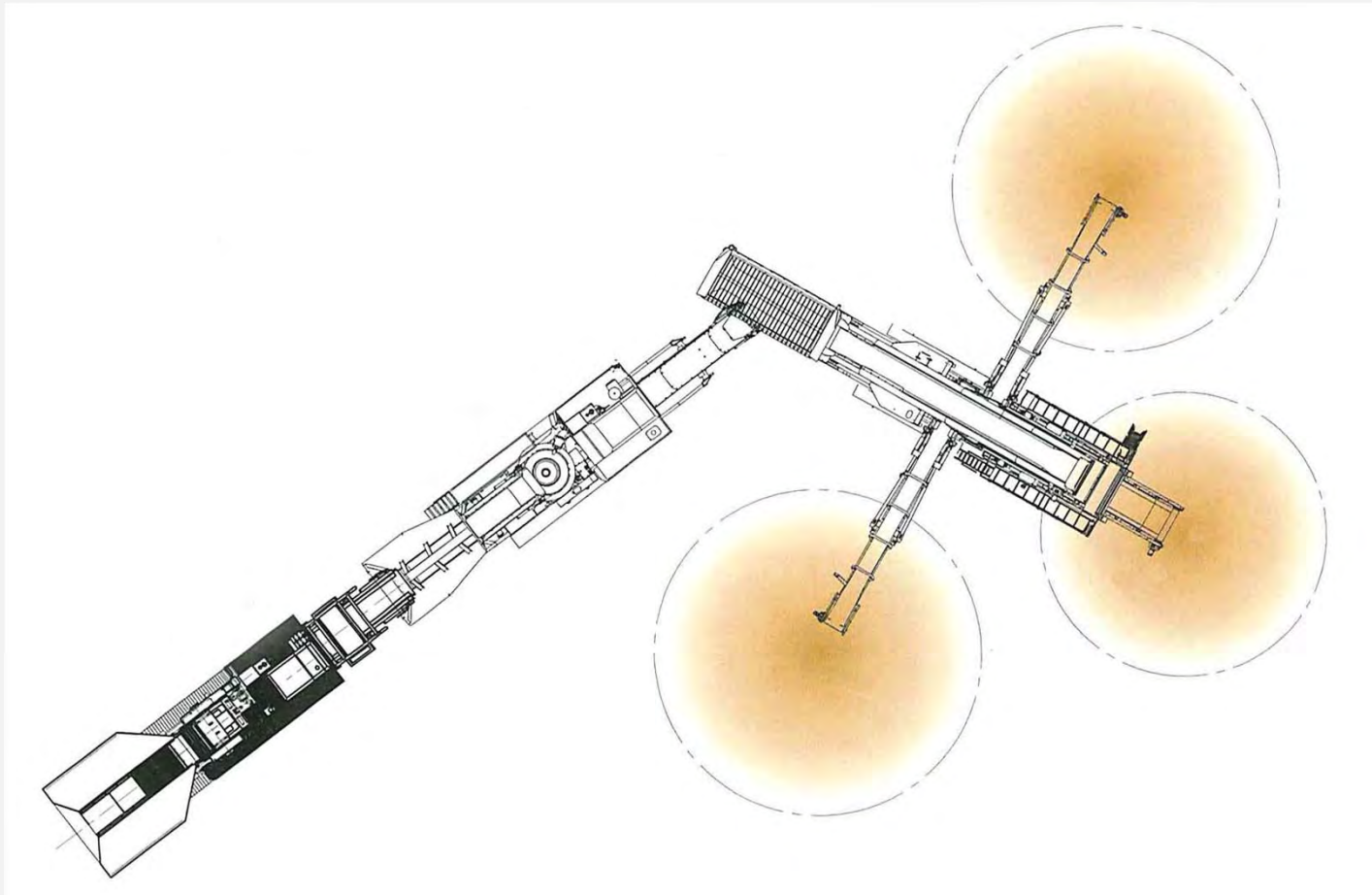
Dæmi á uppsetningu á vinnslu með hringrás þar sem allt efnið er brotið tvisvar, hringrásað efni brotið þrisvar. => Meiri gæði, betri kornalögun.



# Vinnslusamstæður



Myndin sýnir dæmi um uppsetningu á vinnslu með engri hringrás. Allt efnið brotið tvisvar



# Vinnslusamstæður



Myndin sýnir dæmi um uppsetningu á vinnslu með engri hringrás



# Vinnslusamstæður



Samstæða á hjólum



# Vinnslusamstæður



Samstæða á hjólum



# Vinnslusamstæður



# Vinnsluaðferðir



- Vinnsluaðferðir ráðast af hráefninu:
  - Eiginleikum þess og samsetningu
  - Þeim kröfum sem gerðar eru til framleiðslunnar
    - Kröfur eru mismunandi eftir því í hvað á að nota efnið
    - Kröfur eru strangari eftir því sem ofar dregur í veghlotinu
- Forvinna.
  - Flokka óæskilegt efni frá samhliða mokstri í samstæðuna
    - (draga efnið til og flokka, eða nota sérstakan skóflubúnað sem flokkar)
  - Taka fínasta hluta efnisins undan á matara forbrjóts
  - Taka fínasta hluta efnisins út á hörpu eftir forbrot

# Vinnsluaðferðir



- **Mölun**

- Vinnsluaðferðir þurfa að taka mið kröfum til eftirfarandi megin þátta:
- Kornalögun
- Kornadreifingu
- Fínefna

# Vinnsluaðferðir



- Nokkur atriði sem bæta kornalögun:
  - Víkka eftirbrjótinn (m.v. kón) = auka hringrás á efninu.
  - Fullmata (kokmata) eftirbrjótinn
  - Stilla slaglengd (minna slag = betri kornalögun)
    - Að stilla slag á eldri brjótum er töluverð aðgerð. Einungis hægt á topplegu brjótum
  - Uppröðun á netum í hörpu
  - Hraði innmötunar
  - Breyta um lögun á keilu
    - Er kominn tíma að skipta um keilu?
    - Endingartími fer eftir framleiðslumagni og efni
  - Önnur gerð af brjót
  - Fjölga brotstigum, bæta við kastbrjóti eða kónbrjóti

# Vinnsluaðferðir



- Nokkur atriði sem bæta kornadreifingu:
  - Þrengja eftirbrjótinn (m.v. kón) = minnka hringrás.
    - Þetta eykur hlutfall sands og fínmalar.
  - Fullmata (kokmata) eftirbrjótinn
  - Stöðug innmötun
  - Stilla slaglengd (auka slaglengd)
    - Einungis hægt á brjótum með topplegu
  - Uppröðun á netum í hörpu
    - Skipta yfirborði neta í hörpu upp í einingar með minnkandi möskvastærð
  - Breyta um lögun á keilu
    - Er kominn tíma að skipta um keilu?
    - Endingartími fer eftir framleiðslumagni og efni
  - Velja brjót sem getur brotið með meiri höggáraun
  - Fjölga brotstigum, bæta við kastbrjóti eða kónbrjóti

# Vinnsluaðferðir



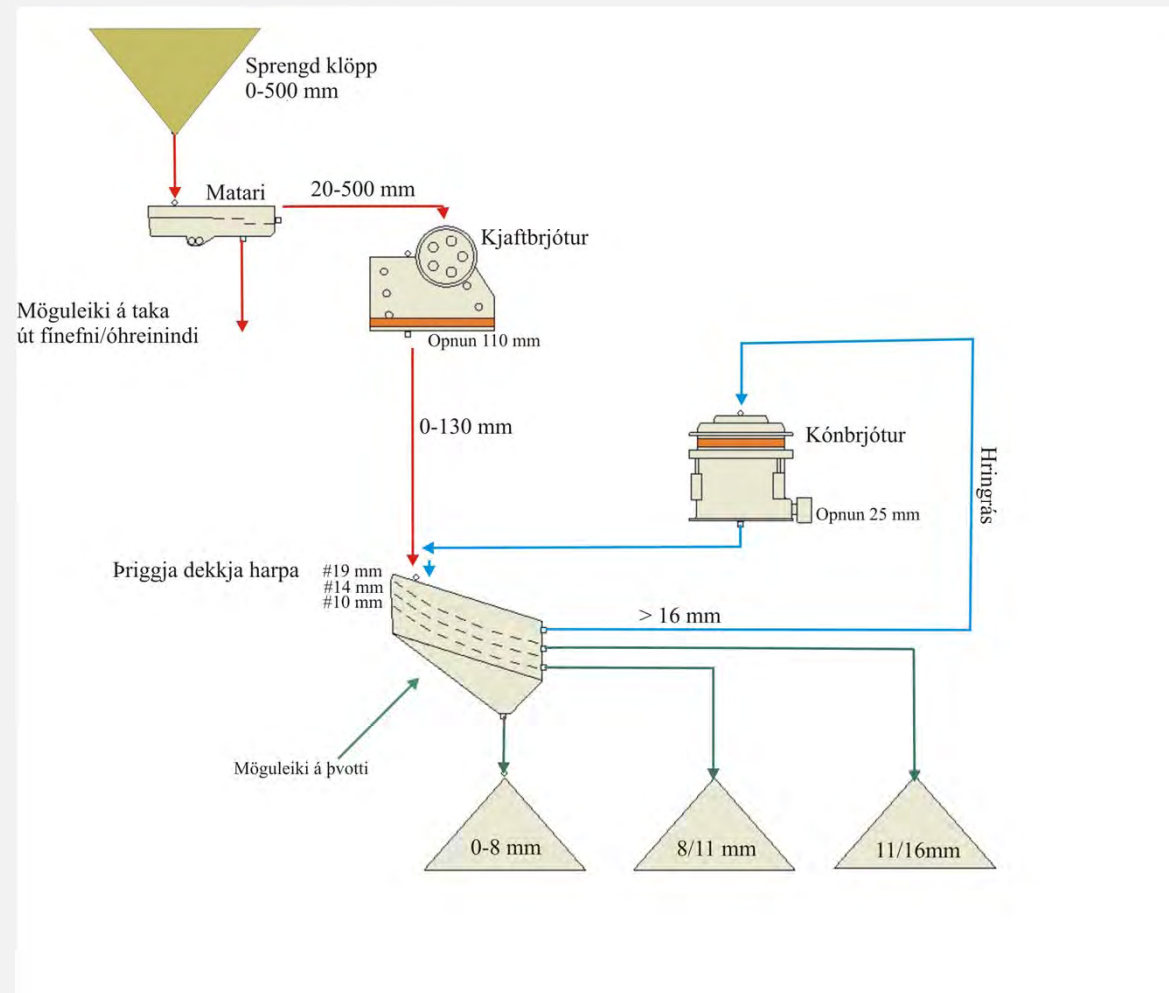
- Nokkur atriði sem lækka hlutfall fínefna:
  - Flokka óæskilegt efni frá samhliða mokstri.
  - Taka fínasta hluta efnisins undan á matara forbrjóts
  - Taka fínasta hluta efnisins út á hörpu eftir forbrot
  - Taka fínefni út eftir annað brotstig
  - Þvo efnið á hörpu með úðurum og/eða í þvottasnigli

# Framleiðsluferlar



- Mölunarsamstæður:
  - brjótar
  - matarar
  - hörpur
  - færibönd
  - þvottabúnaði (eftir atvikum)

# Framleiðsluferlar

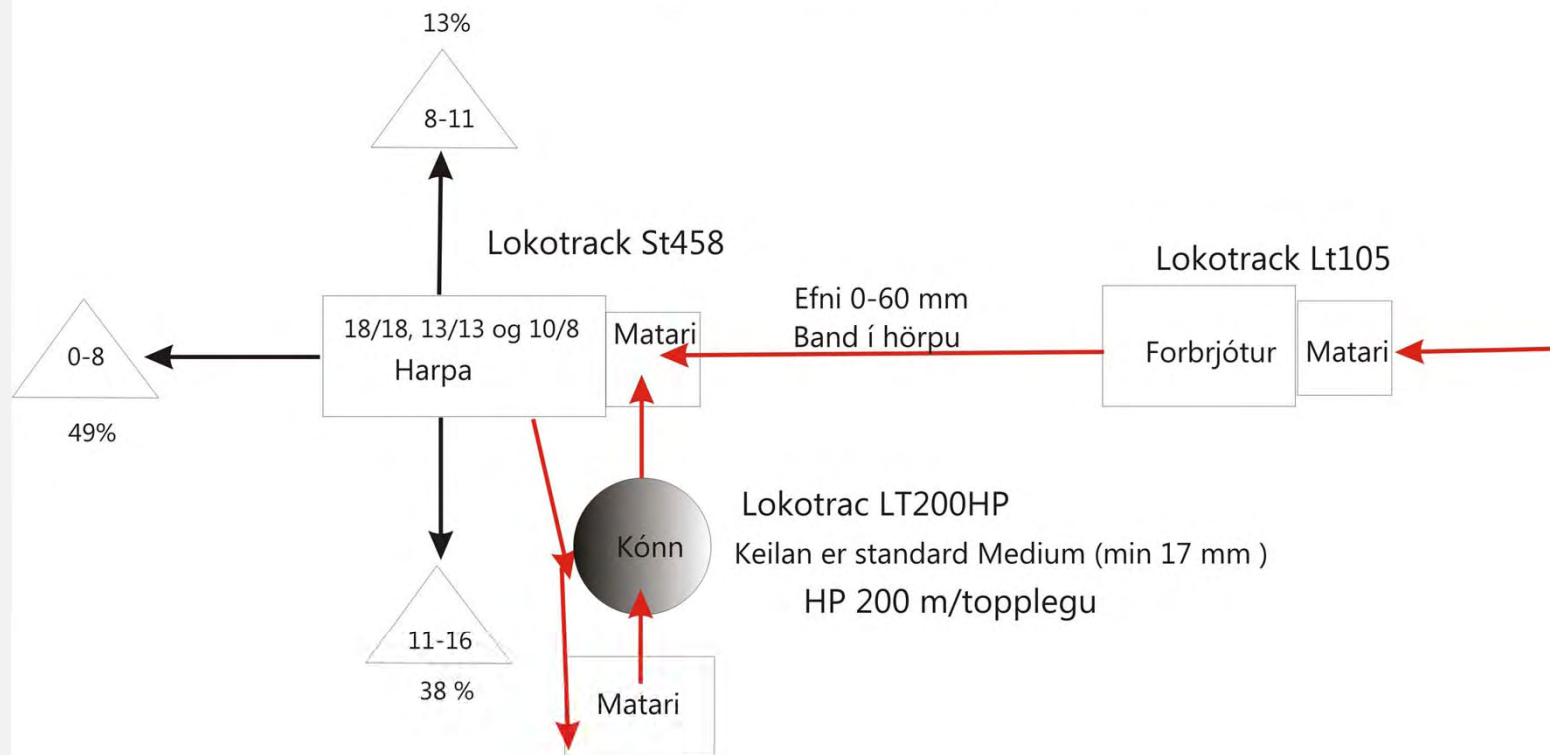


Dæmi um framleiðsluferli fyrir flokkað klæðingarefni

# Framleiðsluferlar



## Flokkað klæðingarefni



Closed side setting: 17 mm  
Open side setting: 34 mm  
Opnun uppi í CSS: 125 mm  
Slag: =OSS-CSS= slag

Dæmi um framleiðsluferli fyrir klæðingarefni

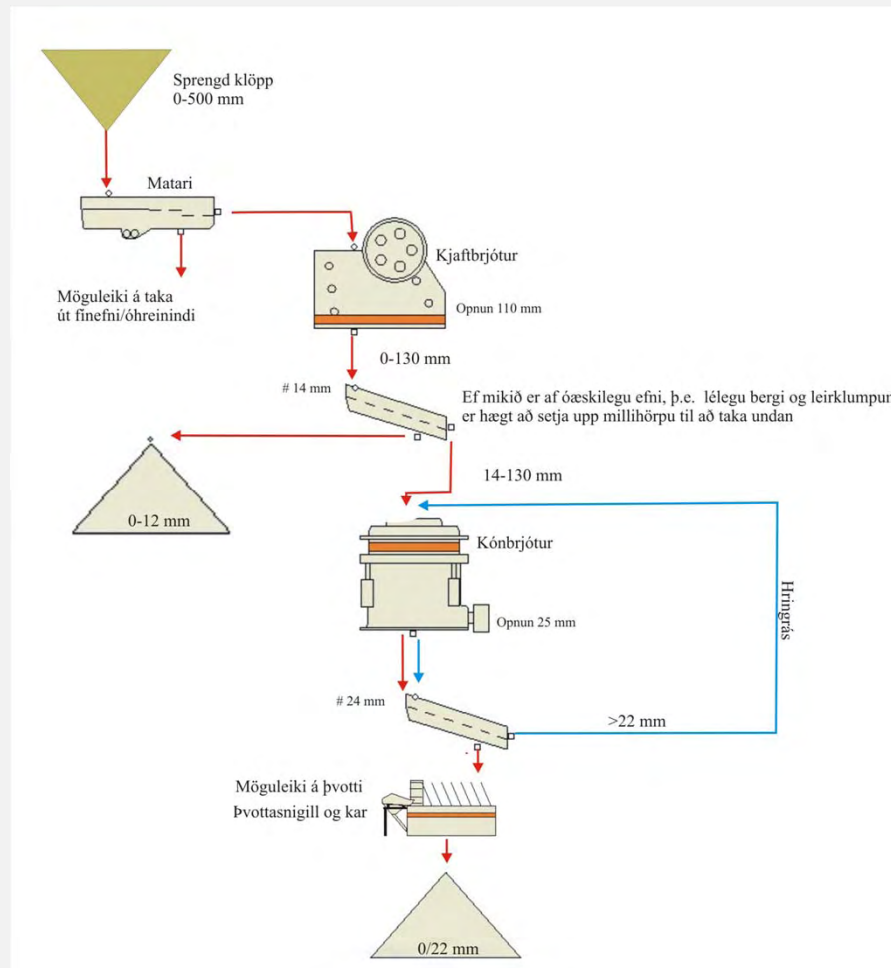
# Framleiðsluferlar



Myndin sýnir dæmi um uppsetningu fyrir klæðingarefni

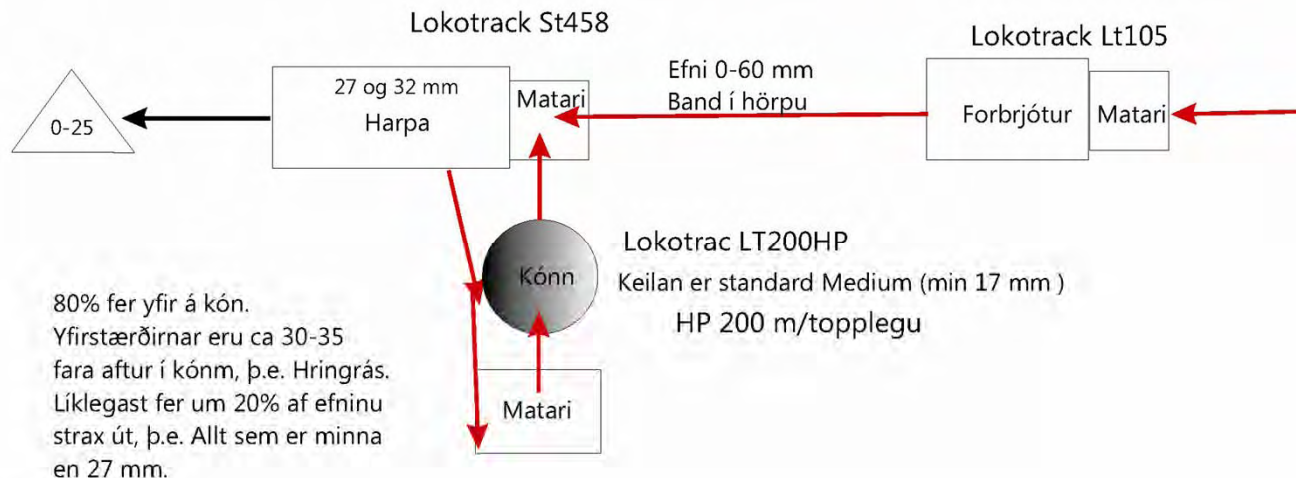


# Framleiðsluferlar



Dæmi um framleiðsluferli fyrir burðarlagsefni

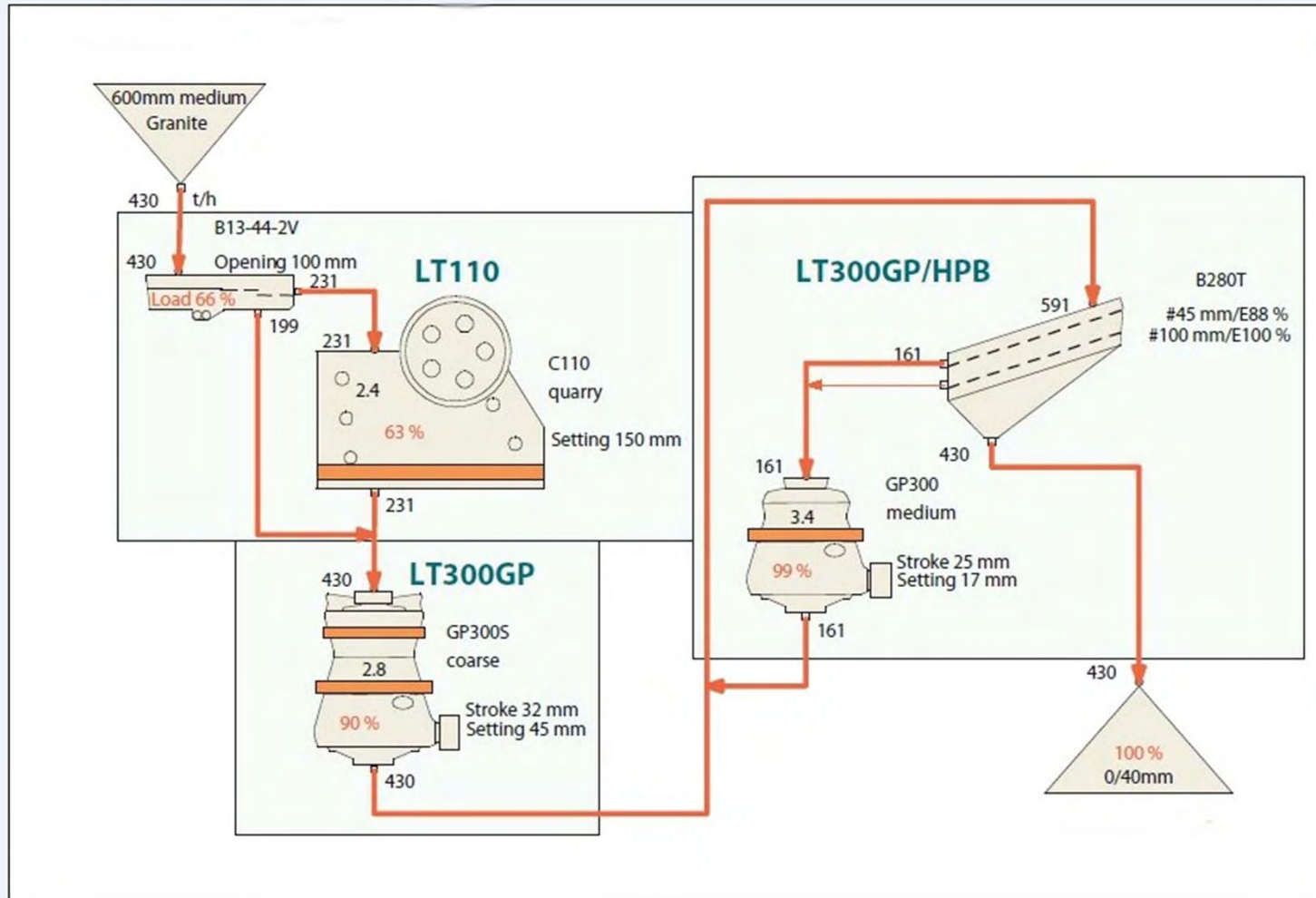
# Framleiðsluferlar



Closed side setting: 17 mm  
Open side setting: 34 mm  
Opnun uppi í CSS: 125 mm  
Slag: =OSS-CSS= slag

Dæmi um framleiðsluferli fyrir burðarlagsefni

# Främleðsluferlar



# Framleiðsla ólíkra efnisgerða



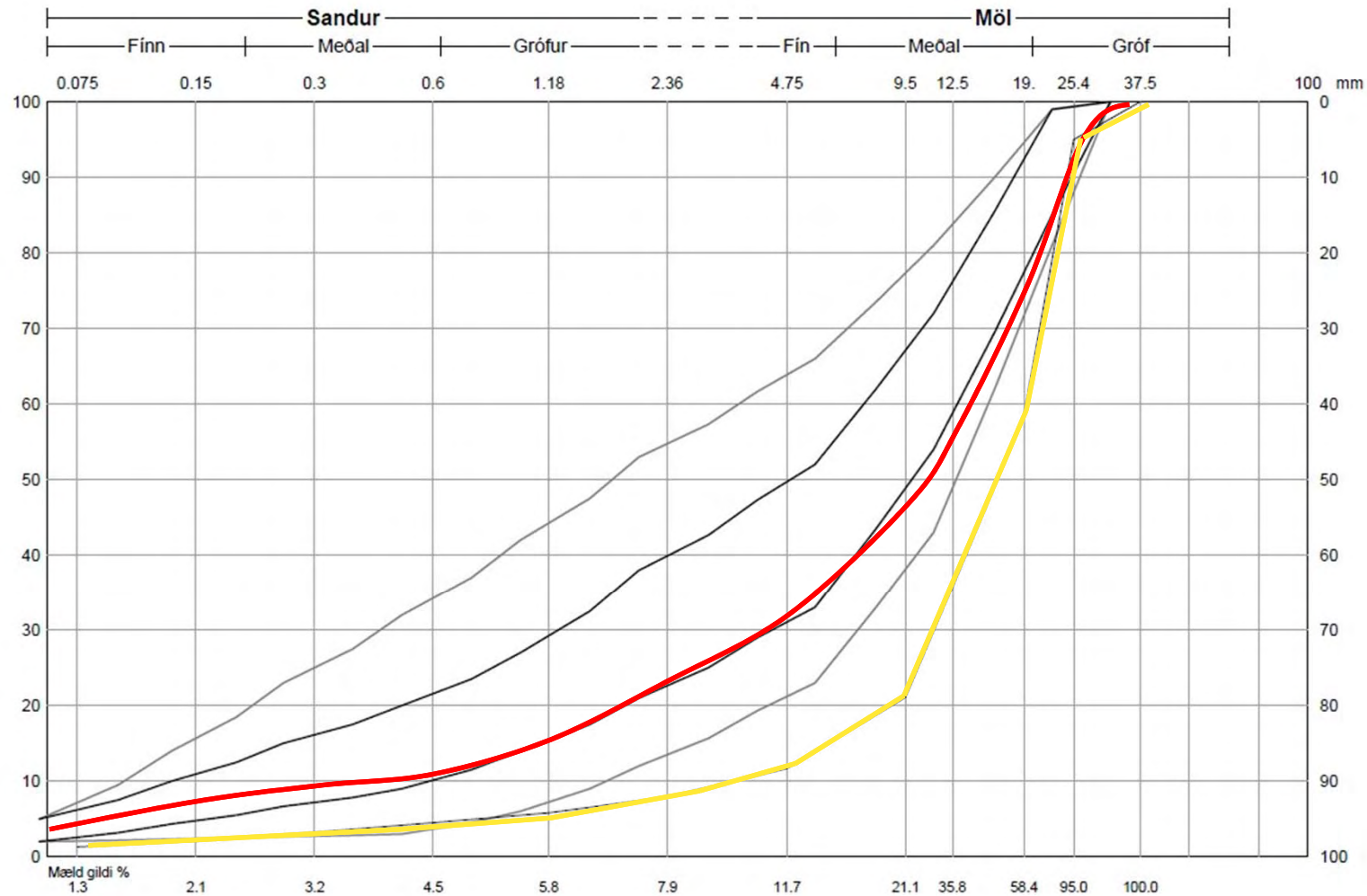
- Styrktarlag
  - Við framleiðslu á efni í styrktarlag úr bergi er oftast notaður kjaftbrjótur.
  - Möguleikar eru takmarkaðir á að hafa stjórn á kornadreifingu og ráðast hámarksstærðir af opi brjótsins.
  - Hámarksstærð steina getur orðið allt að tvöföld opnun brjótsins ef efnið brotnar í flögur.
  - Gerðar eru kröfur til kornadreifingar og berggæða styrktarlagsefna en ekki sérstakar kröfur um kornalögun.

# Framleiðsla ólíkra efnisgerða



- Burðarlag
  - Við framleiðslu á efni í burðarlag þarf að nota a.m.k. tvö brotstig og viðeigandi hörpur.
  - Eftir gæðum hráefnisins getur reynst nauðsynlegt að bæta inn viðbótarbúnaði, t.d. búnaði til að hreinsa, þvo eða flokka óæskileg efni úr framleiðslunni. Einnig getur þurft að bæta inn brjóti (þriðja brotstigi) til að bæta kornalögun eða kornadreifingu.
  - Bæta inn öðru efni.
  - Gerðar kröfur til **kornadreifingar**, kornalögunar, **fínefninnihalds** og berggæða.

# Framleiðsla ólíkra efnisgerða



# Framleiðsla ólíkra efnisgerða



- Klæðingarefni
  - Við framleiðslu á efni í klæðingu þarf að nota a.m.k. tvö brotstig og viðeigandi hörpur
  - Almennt hefur gengið vel að framleiða flokkað klæðingarefni með tveimur brotstigum
  - Mikilvægt er að klæðingarefni séu hrein, óhreinindi draga úr viðloðun
  - Flokkað klæðingarefni:
    - Algengir stærðarflokkar eru 8/11 mm, 11/16 mm og 0/8 mm
  - Óflokkað klæðingarefni er enn notað.
    - Ókostur: Ryk og fínefni draga alm. úr viðloðun og eru frek á bindiefni
  - Kröfur til klæðingarefna eru:
    - Kornadreifing, kornalögun , viðloðun (hreinleiki) og berggæði

# Framleiðsla ólíkra efnisgerða



- Malbik
  - Steinefni í malbik eru nær alltaf flokkuð í tvo eða fleiri flokka. Algengir flokkar eru 0/5 mm, 5/8 mm, 8/11 mm og 11/16 mm
    - Stærðarflokkum er blandað saman við malbiksframleiðslu eftir þörfum.
  - Við framleiðslu á steinefni í malbik eru gerðar auknar kröfur til kornalögunar.
  - Til að ná þessum kröfum þarf að hafa þrjú brotstig og hringrás.
  - Algengt er að vera með lóðréttan hverfibrjót (VSI brjót) sem 3. stigs brjót í vinnslulínu fyrir steinefni í malbik m.a. til að auka hlut sands og fínefna (filler).

# Framleiðslueftirlit



- Á vinnslustað **skal** vera aðstaða til að rannsaka kornadreifingu steinefnisins
  - votsigtun!
  - kornakúrfur (ISO(mm!))
  - dagbækur
    - stillingar á brjótum, sigti, undantekt etc
- Æskilegt er að einnig sé til staðar stafasigti til að fylgjast með kornalögun efnisins
- Í ritinu „Efnisrannsóknir og efniskröfur”
  - eru settar fram kröfur til steinefna og tíðni framleiðsluprófana

# Framleiðslueftirlit



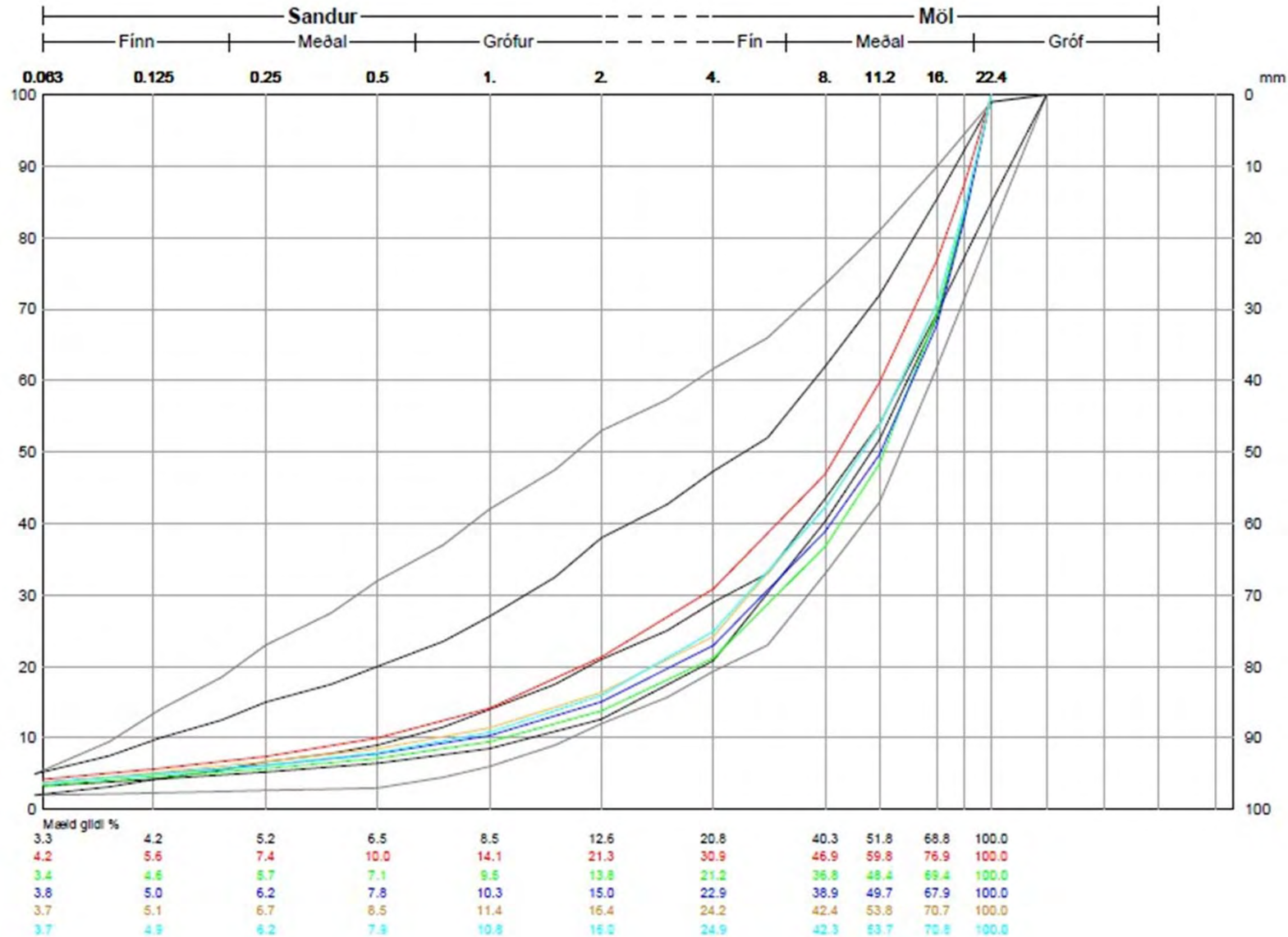
# Framleiðslueftirlit



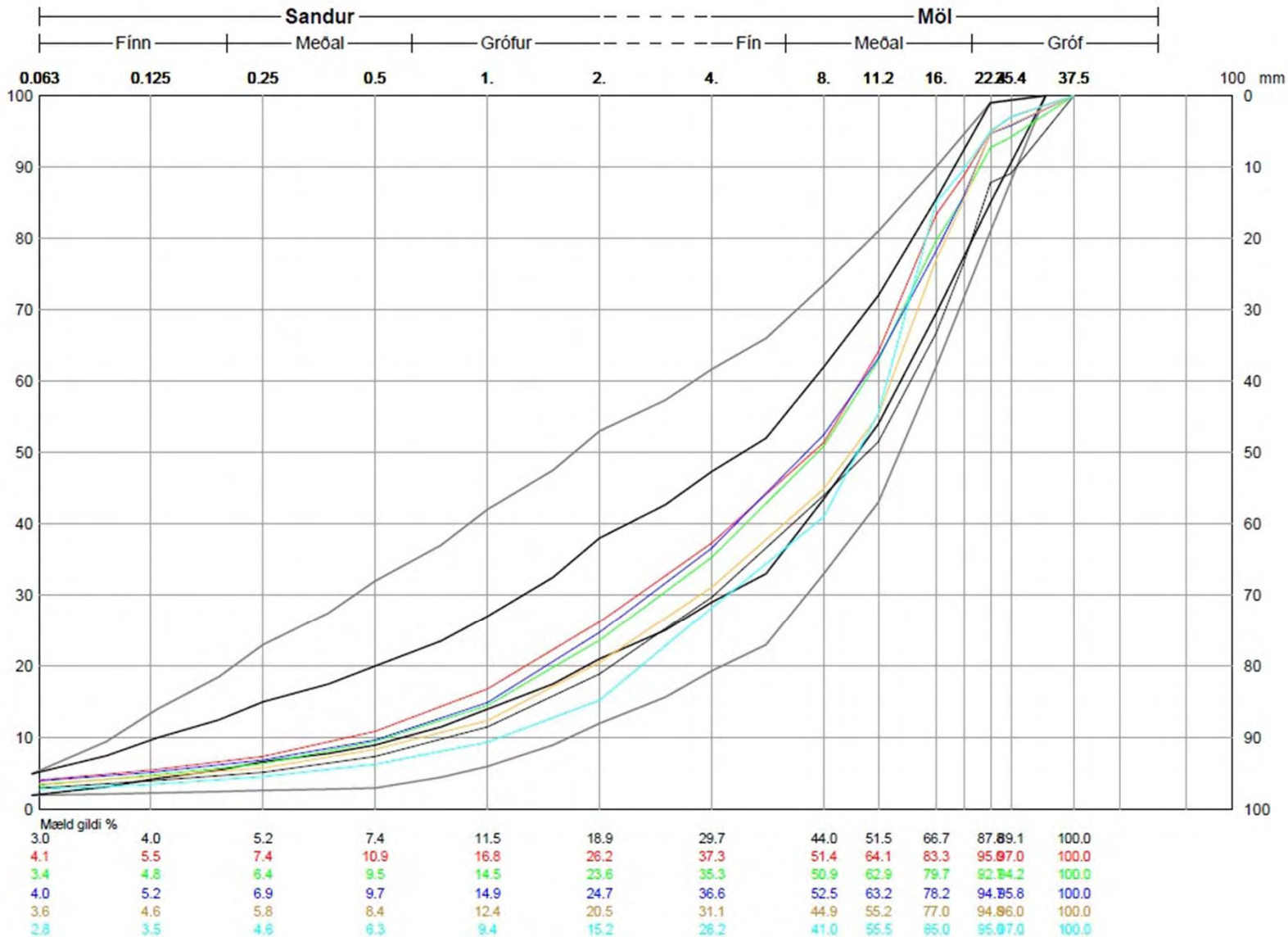




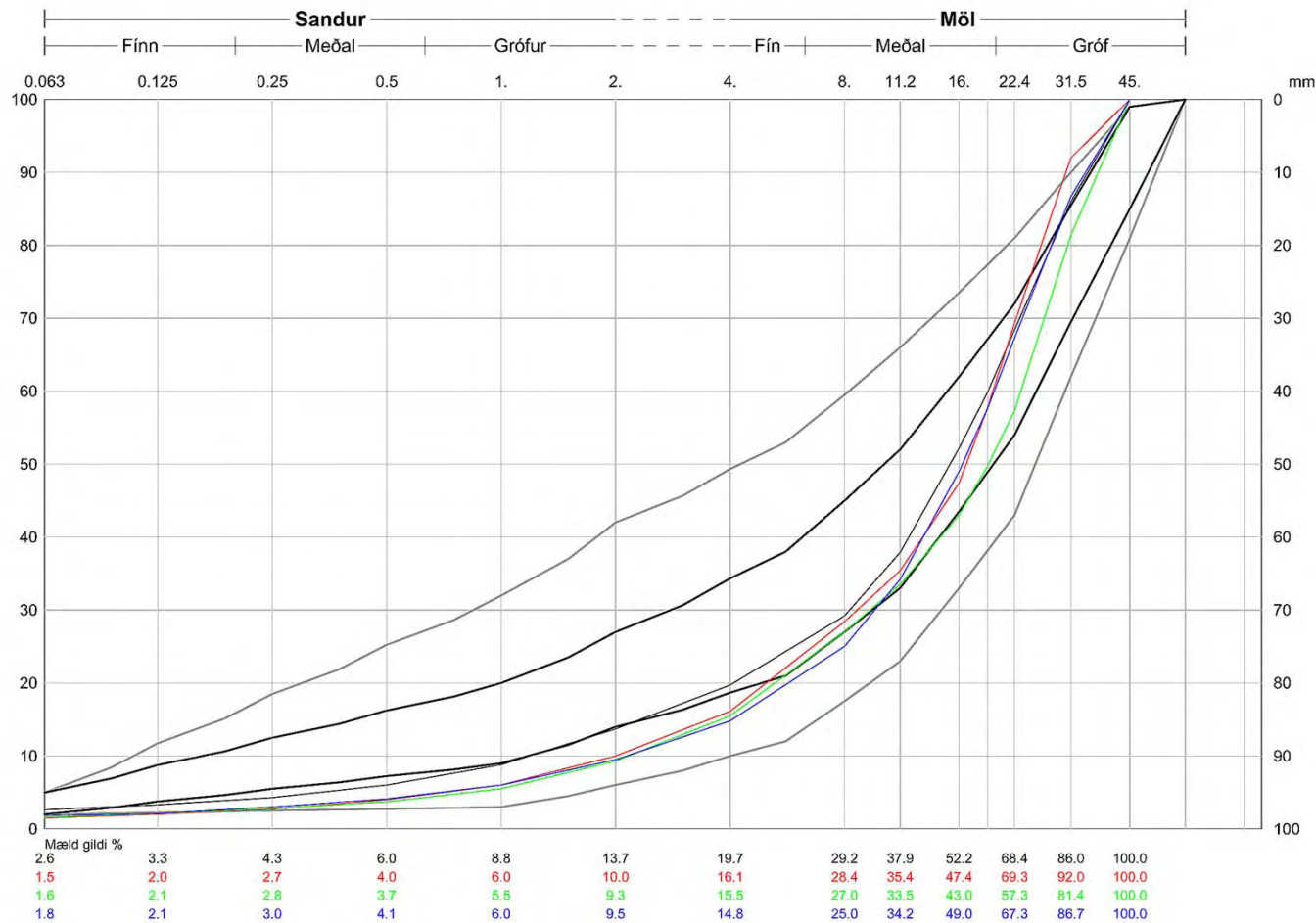
# Framleiðslueftirlit



# Framleiðslueftirlit

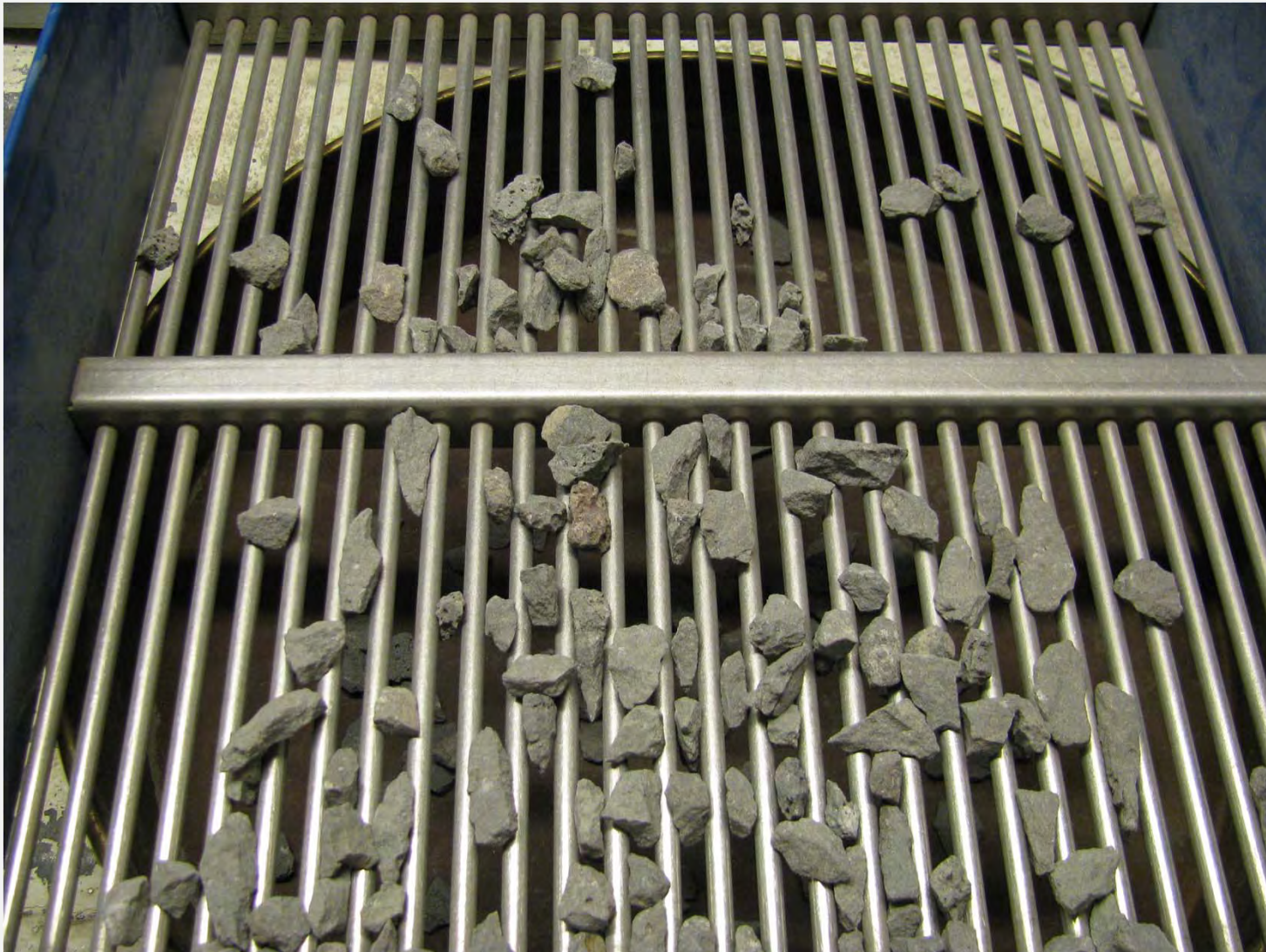


# Framleiðslueftirlit



Markalínur: Burðarlag: Malað berg, flokkunarstærð: 0/45 (ÍST\_EN 13285) Kröfuflokkur: GP OC85 LF2 UF5

# Framleiðslueftirlit



# Framleiðslueftirlit



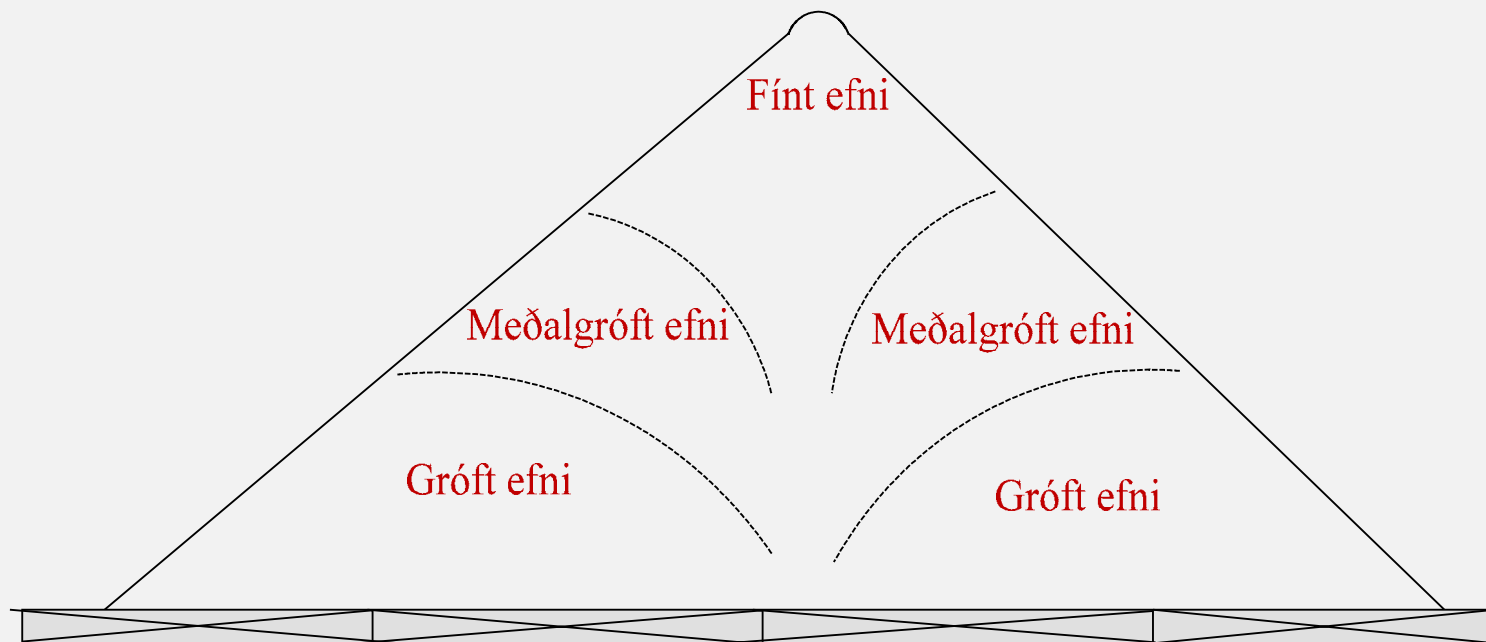
- **Í verklýsingum eru settar fram eftirfarandi kröfur um framleiðslueftirlit:**
  - Verktaki ber ábyrgð á að framleitt efni uppfylli kröfur sem settar eru fram í útboðsgögnum og að framleiðsluprófanir séu gerðar því til staðfestingar.
  - Leiði rannsóknir, á einhverjum tíma í ljós að efnið fullnægi ekki settum kröfum, skal verktaki þegar í stað vinna tvö ný sýni til frekari áréttingar og jafnframt aðgæta, að hann sé að vinna það efni í námunni, sem ákveðið hafði verið. Verði verktaki var við breytingu í námu, skal hann strax taka sýni til vinnslu, óháð almennum fyrirætlum um tíðni prófa.
  - Náist ekki fyrirhuguð gæði efnis, þrátt fyrir breyttar vinnsluaðferðir og frekari prófanir, skal það tilkynnt verkkaupa tafarlaust.
  - Ef verkkaupi og verktaki eru ósammála um efnisgæði skal senda sýni til viðurkenndrar rannsóknarstofu.

# Meðhöndlun



- Keilulaga haugur undir færiband.
- Hætta er á aðskilnaði í keilulaga haugum þar sem steinefni fellur af færibaldi.
  - Grófara efni kastast fram, en fínna efnið fellur beint niður.
  - Sterkur vindur getur feykt fínefnum úr efninu.
- Dæmi um lausn:
  - Setja stálplötu framan við færibaldið svo efnið falli beint niður.
  - Ef vindur er mikill, að byggja skjól fyrir efnið.
- Gott verklag við mokstur undan bandi:
  - að hafa hauginn sem jafnastan að stærð og moka alltaf úr sama skóflufarinu.

# Meðhöndlun

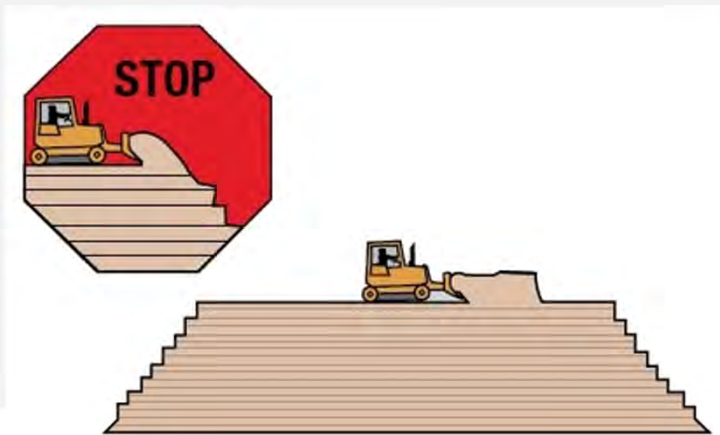


Skýringarmynd af aðskilnaði í keilulaga haug undir færíbandi.

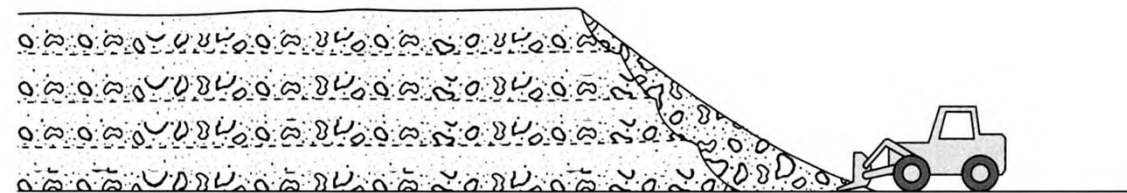
# Meðhöndlun



- Haugsetning



- Til að forðast aðskilnað í efninu er mikilvægt að haugsetja í lögum þannig að efni hrynni ekki niður hliðar haugsins og orsaki aðskilnað í efninu.



# Meðhöndlun



- **Ámokstur, flutningur og útlögn**
  - **Almennt**
- Við ákveðna áfanga er mikilvægt að fylgjast með gæðum verksins/efnisins.
- Þegar um er að ræða efni í efri hluta veghlotsins, eru áfangarnir eftirfarandi:
  - Námuvinnslu
  - Efnisvinnslu
  - Útlögn og frágang í vegi
- **Munið:** Röng meðhöndlun á öllu kornastærðardreifðu efni getur orsakað aðskilnað í efninu og raskað eiginleikum þess.

# Ámokstur, flutningur og útlögn



- **Ámokstur.**

- Við ámokstur á bíla er miklivægt að skóflumaðurinn hafi gott auga með efninu.
- Efnið á að vera einsleitt.
- Búast má við að jaðrar efnihaugsins séu grófari.
- Þegar merki eru um aðskilnað er nauðsynlegt að blanda efninu með skófunni nokkrum sinnum áður en það er sett á bílinn.
- Eins og oft áður þá er vélamaður með góða tilfinningu fyrir því sem hann er að gera betri en margar línur leiðbeininga á blaði.

# Ámokstur, flutningur og útlögn



- **Útlögn.**
- Við útlögn á óunnu styrktarlagi, er algengast að efninu sé tippað beint af bíl og því jafnað út með ýtu.
  - Góð aðferð til að tryggja yfirborðsáferð er að tippa hlassinu ofan á lagið og ýta „fram af“.
    - Þetta leggur stærri steina neðst og fínni hluta efnisins ofar.
- Við útlögn á möluðu styrktarlagi eru helstu aðferðir:
  - Þeirri sömu og er getið hér að ofan
  - Að bíllinn dragi úr hlassinu (nota gafl pallsins til að skammta þykktina) og jafna út með veghefli
  - Að nota sérstakan malardreifara (Jersey dreifari)

# Ámokstur, flutningur og útlögn



- **Útlögn.**
- Við útlöng á burðarlagi er almennt gerð krafa um útlögn með malardreifara.
  - Dreifari tryggir góða og jafna dreifingu í þykkt og breidd.
  - Aðferðin líklega hagkvæm (sparar tippvél)
- Eftir útlögn þarf að passa að efnið spillist ekki af umferð.
  - Efnið þarf að leggjast og liggja kyrrt.
- Nauðsynlegt getur reynst að halda efninu röku.
  - Annars er hættu á að fínefni tapist úr efninu og efnið brotni upp og aðskiljist.

# Ámokstur, flutningur og útlögn



- **Frágangur yfirborðs burðarlags**
- Frágangur yfirborðs kefst mikillar reynslu vélamanns.
- Vélum og búnað hefur fleygt fram á seinni árum.
  - sjálfvirk stýring á þverhalla kom fyrst
  - nú er notaður búnaður (GPS) sem stýrir staðsetningu í fleti og hæð.
- Þessi búnaður léttir mikið vinnuna,
  - en eins og oft er sagt „veldur hver á heldur“,
  - það þarf einnig hug og hönd til að nýta sé þessa tækni.
- Efni sem ekki er meðhöndlað rétt við frágang yfirborðs getur spillst og orðið ónothæft.

# Ámokstur, flutningur og útlögn



- **Frágangur yfirborðs burðarlags**

- Atriði sem hafa þarf í huga við frágang yfirborðs burðarlags:
- Lagþykktir þurfa eð vera það þykkar að hægt sé að „taka vel á „ við upprif ef þörf krefur.
- Til að forðast aðskilað þarf að vera vel af efni fyrir tönninni við upprif og afréttingu.
- Ekki er ráðlegt að „taka lítið á“
  - Því þá eykst hætta á aðskilnaði, þetta er háð eiginlekum efnisins, gróft efni er almennt vandmeðfarnara
- Þegar frágangur yfirborðs er að verða „réttur“ er ráðlegt að
  - fara síðustu ferðirnar án sjálfvirkrar stjórnunar (nema þverhalla).
  - Það gefur besta „fína“ sléttleika (ýfi) þar sem búnaðurinn er ekki að svara einhverjum smá skekkjum í hæð sem ekki skipta mál.

Takk fyrir

