

Viðauki 6 Vinnsluaðferðir

1. Inngangur

Markmiðið með steinefnaframleiðslu er að breyta setinu eða storkuberginu þannig að það sé hæft sem steinefni til ákveðinna nota, t.d. í vegagerð. Eiginleikar efnisins sem hægt er að breyta með mismunandi vinnsluaðferðum eru m.a. kornadreifing og lögun korna. Mikilvægur þáttur vinnslunnar er að framleiða efni með rétta kornadreifingu þ.e.a.s. með hæfilegt magn fínefna og kornadreifingu sem hæfir viðkomandi lagi vegarins, þar með talin hámarkskornastærð. Með réttum vinnsluaðferðum er einnig hægt að hafa áhrif á kornalögun. Margir þættir ráða því hversu mikið þarf að vinna efnið, en þeir helstu eru efnisgerð, lag í vegi sem nota á efnið í og umferðarþungi á veginum. Þannig eru gerðar meiri kröfur til kornadreifingar og lögunar efnis í efri lög vegar en neðar í veghlotinu og þar sem þarf að vinna efnið meira í efri lögin eru þau dýrari í framleiðslu. Algengt er hér á landi að einungis slitlagsefnið og burðarlagsefnið fari í eiginlega efnisvinnslu (mölun og hörpun), en í vaxandi mæli er einnig farið að vinna efni í efra styrktarlag. Fyllingarefni er ávallt notað óunnið.



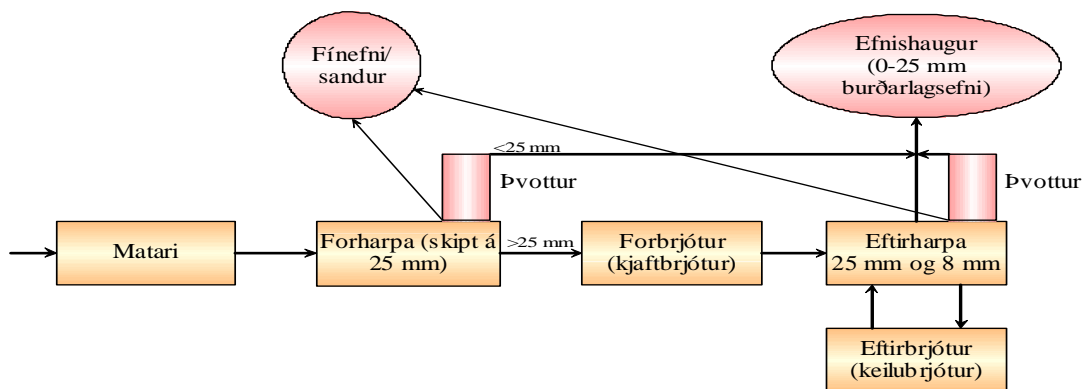
Mynd 1 Náma í stuðlabergi í Seljadal

2. Vinnslusamstæður

Mölnarsamstæður eru ýmist varanlegar eða færanlegar. Varanlegar samstæður eru settar upp í námum þar sem vinnsla fer fram í efnismiklum jarðmyndunum á löngum tíma. Færanlegar samstæður, sem eru mun algengari hér á landi, eru einfaldar í uppsetningu og oft eru þær á hjólum eða beltum þannig að auðvelt er að flytja þær. Öflugar varanlegar mölnarsamstæður ráða við eftirfarandi vinnslu:

- Mölun með forbrjótum og eftirbrjótum.
- Hörpun til stærðarskiptingar (sizing) og skiptingar (undantektar, scalping).
- Þvottur gerir mögulegt að hreinsa fínefni úr steinefninu og eru því dælur og tækjabúnaður til að meðhöndla fínefni, sem skolað er úr efninu, oft hluti af vinnslusamstæðu.
- Meðhöndlun og flutningur á efninu svo sem með færriböndum og möturum.
- Flokkun (batching) og endurblöndun efnisins með sílóum.
- Viktun efna á viktunarbrúm.

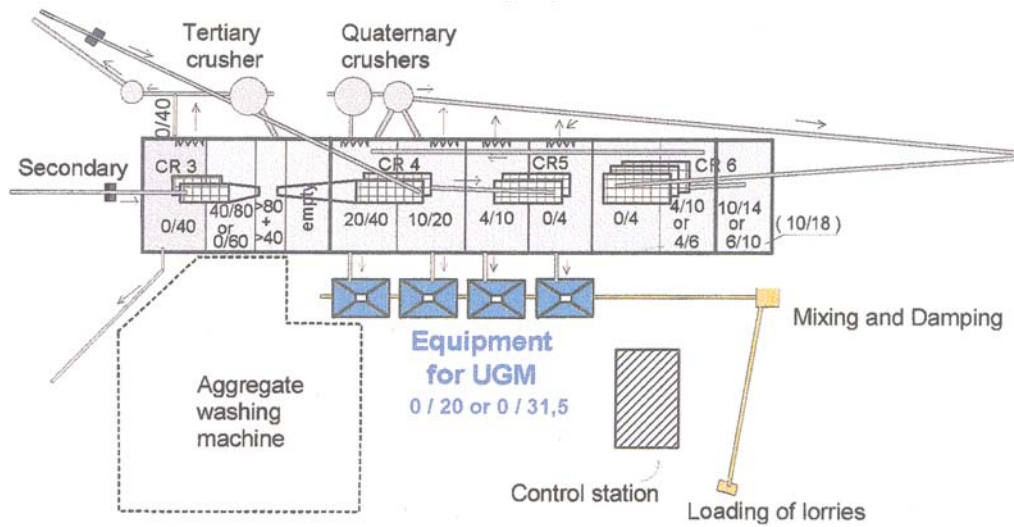
Með tveimur síðastnefndu aðferðunum er hægt að stjórna kornadreifingu efnisins mjög vel, en þær hafa lítið verið notaðar hér á landi. Flestar samstæður hér á landi eru með einhverja útfærslu á 4 fyrstu aðferðunum og er einföld afstöðumynd af slíkri samstæðu, sem algeng er hér á landi sýnd á mynd 2.



Mynd 2 Dæmi um færanlega mölnarsamstæðu

Einföld vinnsla sem oft er notuð fyrir efni í styrktarlag er mölun með forbrjóti t.d. í stærðina 0 – 100 mm, án sigtunar. Undantekt er önnur ódýr aðferð til að vinna styrktarlag en þá er einnar stærðar harpa notuð til að sigta frá fínni hluta efnisins. Báðar aðferðir eru fljótlegar og ódýrar en hins vegar bjóða þær upp á takmarkaða möguleika til að stjórna kornadreifingu og kornalögun efnisins.

Eftir því sem kröfur til efnisins eru meiri og meiri afkasta er krafist verða samstæðurnar flóknari. Mynd 3 er afstöðumynd af samstæðu sem er ætluð til að mala mikið magn af grjóti á mörgum brotstigum. Í slíkum samstæðum er hægt að stýra kornadreifingu efnisins mjög vel og rakastig efnisins er stillt af eftir óskum kaupenda.



Total production of aggregate : 550,000 t/year from eruptive rock

Mynd 3 Fullkomin mölunarsamstæða með mörgum brotstigum, þvotti og blöndun kornastærða.

Á mynd 4 er sýnd vinnsla steypuklumpa úr aflagðri byggingu með einfaldri gerð af færanlegri mölunarsamstæðu. Slíka samstæðu er auðvelt að flytja bæði innan vinnusvæðis og á milli vinnusvæða og henta þær því vel þar sem vinna á tiltölulega lítið magn með einföldum vinnsluáferðum.



Mynd 4 Einföld færanleg mölunarsamstæða á beltum

3. Mölun og hörpun steinefna

Val á tækjabúnaði til mölunar getur verið háð mörgum þáttum og eru þeir helstu taldir upp hér á eftir.

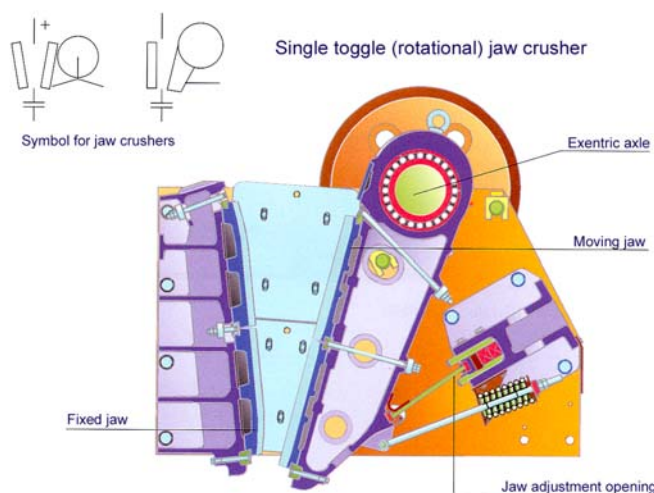
- Efnisgerð: bergerðir eru misjafnar hvað varðar t.d. styrk, slitþol og kleyfni. Í grjótnámum ræður þéttleiki sprungna miklu um það í hvaða grjótstærðir bergið springur. Í setnámum er stærð stærstu steina og magn fínefna mikilvægir þættir, sem þarf að taka tillit til við val á tækjabúnaði.
- Afurðin þ.e.a.s. efnið sem á að framleiða: Hverjar eru kröfur til kornadreifingar og kornalögunar? Hvert er smækkunarhlutfallið (skilgreint sem hlutfall steinastærðar fyrir og eftir mölun)? Með “stærð” er hér átt við það sigti sem 80% af efninu smýgur. Algennt smækkunarhlutfall er á bilinu 4:1 – 10:1. Stærstu steinar sem fara í stærstu forbrjóta geta verið allt að 1,5 m í þvermál en hér á landi taka stærstu forbrjótar steina á bilinu 0,8 – 1 m í þvermál.

Eftir því sem afurðin er ólíkari efnisgerðinni, sem verið er að vinna er þörf á flóknari tækjabúnaði við mölun, hörpun og flutning efnisins. Eins og áður var vikið að getur einföld vinnsla verið einungis mölun með forbrjót eða hörpun. Algennt er hins vegar að efnið sé malað á einum eða fleiri eftirbrjótum og harpað eftir brot á hverju brotstigi.

Í stórum samstæðum þar sem unnið er stórt grjót geta brotstigin verið eftirfarandi:

- Fyrsta brotstig (primary): Stórgrýti smækkað niður í 300 – 400 mm þvermál.
- Annað brotstig (secondary): Smækkun niður í 50 – 60 mm
- Þriðja brotstig (tertiary): Framleiðsla á lokaafurð oft < 20 mm í þvermál.

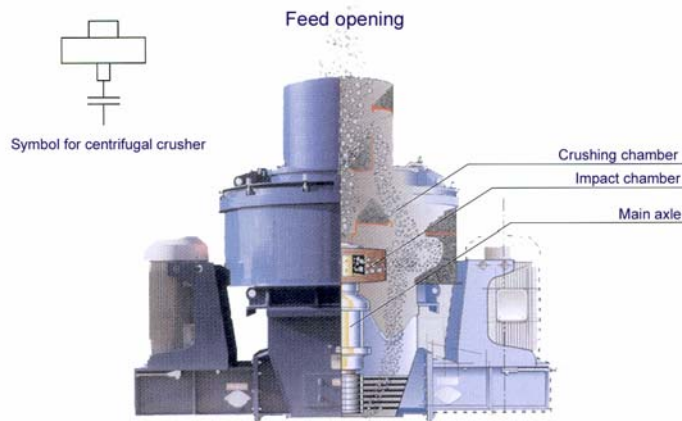
Hér á landi eru tvö brotstig oft látin duga til að framleiða efni í efri lög vegarins. Helstu tegundir brjóta eru eftirfarandi:



afköst eru ekki mikil.

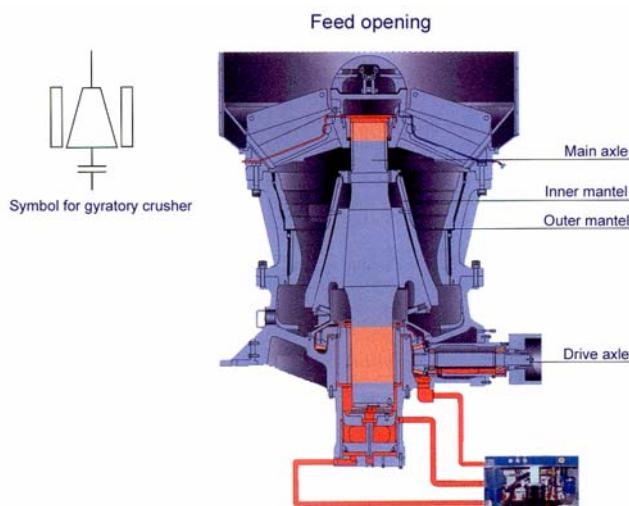
- **Kjálkabryótur** (jaw crushers): Fastur kjálki á móti færánlegum kjálka sem gefur álagið. Oft notaður sem forbrjótur.
 - Henta vel fyrir hart berg
 - Henta illa fyrir blautt samloðandi efni
 - Hafa lágt smækkunar-hlutfall þ.e.a.s. á bilinu 4:1 – 8:1
 - Notaðir með matara en með mötun má ekki fylla brjótinn.
 - Nota litla orku og

Mynd 5 Kjálkabryótur



Mynd 6 Kastbrjótur

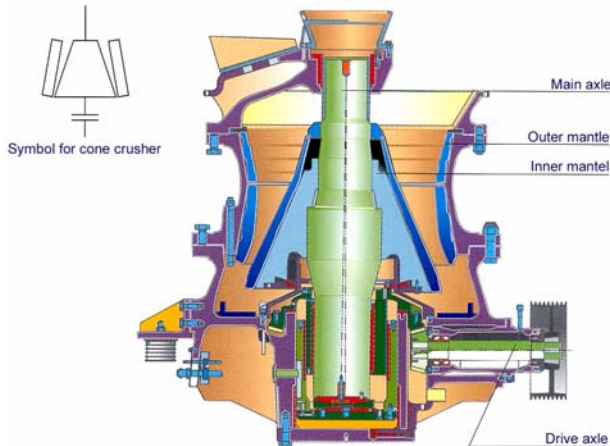
- **Kastbrjótur** (impact crushers): Kastar grjótinu á brotplötur. Notaðir á öllum brotstigum. Dæmi um kastbrjóta eru hverfibrjótur (Rotopactor, Duopactor).
 - Henta vel fyrir berg með lágan styrk
 - Framleiða góða kornalögun þ.e. kúbískt efni.
 - Hafa hátt smækkunarhlutfall, þ.e. um 20:1
 - Nýta orkuna vel. Eru hagkvæmir við innkaup og notkun en dýrir í viðhaldi.



Mynd 7 Diskbrjótur

- **Diskbrjótur** (gyratory crushers): Sívalningur innan í skafti sem snýst. Notaðir á öðru og þriðja brotstigi.
 - Henta fyrir hart berg
 - Hafa lágt smækkunarhlutfall á bilinu 4:1 – 6:1
 - Hægt að mata þá fulla
 - Þarfnast mikillar orku
 - Eru mun afkastameiri en sambærilegir kjálkabryjótur

Valsar (roll crusher): Eru taldir lakastir þessara brjóta en geta hentað fyrir veikt berg.



- **Kónbrjótur** (cone crusher)
Eru þróaðir út frá diskbrjótum en snúast mun hraðar. Notaðir á öðru og þriðja brotstigi.
 - Henta fyrir hart berg
 - Hafa lágt smækkunarhlutfall á bilinu 4:1 – 8:1
 - Nýta orkuna vel
 - Veita bæði þrýstíalag og höggálag. Góð kornalögun getur náðst ef þess er gætt að mata þá stöðugt fulla en ef mötun er of hæg verða kornin oft flögótt.

Mynd 8 Kónbrjótur

Hér á landi er algengast að nota kjálkabrjót sem forbrjót en kónbrjótur og kastbrjótur eru algengastir sem eftirbrjótur og samkvæmt (1/) eru kónbrjótur notaðir sem eftirbrjótur í 60% tilvika en kastbrjótur í 30% tilvika.

Eftir hvert brotstig er efnið harpað og er það oft gert með titrandi og hallandi hörpum. Efni sem hefur náð fyrirhugaðri stærð fer í gegnum hörpuna en stærri steinar eru fluttir með færifandi að næsta brjót. Fyrsta hörpunin er oft gerð til að losna við skaðleg efni svo sem leir úr efninu og er þetta oft framkvæmt með titrandi matara. Slíkur matari getur verið tveggja hæða harpa og er nothæft efni flutt aftur inn í vinnsluna um leið og óæskileg efni eru fjarlægð.

Meginmarkmið við efnisvinnslu er að framleiða steinefni með ákveðna kornastærðardreifingu. Kornalögun getur hins vegar verið mjög mikilvæg fyrir ýmis vegagerðarefni, sérstaklega slitlagsefni og burðarlagsefni. Steinefni með slæma kornalögun (flögótt, ílöng) auka hættu á aðskilnaði í efninu og hafa lægra viðnám á snertiflötum en kúbískt efni. Slíkt efni hefur því oft lítið burðarþol en einnig er hættu á að það brotni mikið niður undan álagi.

4. Þættir sem ráða kornalögun

Þeir þættir sem hafa mest áhrif á lögun korna eru smækkunarhlutfall, berggerð og gerð brjóta. Best lögun næst á korn sem eru nálægt opunarstærð brjótsins en korn, sem eru mun minni fá verri lögun. Það má því bæta kornalögun með því að fjölga brotstigum því þá eykst fjöldi korna sem verða fyrir álagi og brotna. Hægt er að bæta kornalögun verulega með því að hafa lágt smækkunarhlutfall á hverju brotstigi, sérstaklega við brot í álagsbrjótum (compression type crushers) þegar þess er gætt að mata þá stöðugt fulla (choke feed).

Bergerð hefur einnig mikil áhrif á kornalögun og hefur straumflgótt líparít slæma lögun og einnig stundum hart þóleiít, sem auk þess myndar oft hvassar brúnir við brot. Algennt er að stökkt berg verði flögulagaðra en veikt berg. Eiginleikar steinefna sem geta haft áhrif á kornalögun eru textúr, kleyfni og þéttleiki.

Hægt er með vali á tækjabúnaði og vinnsluaðferðum að bæta kornalögun og er talið að vinnslutækni hafi meiri áhrif á kornalögun en berggerð. Mikilvægt er að taka tillit til berggerðar þegar tækjabúnaður er valinn og stilltur. Tæknilegir eiginleikar sem hafa áhrif á kornalögun eru gerð brjóts, rakastig, högg tíðni (crusher stroke), hraði brjóts, brotstillingar (crusher settings), lögun brotrýmis, smækkunarhlutfall o.fl. Talið er að aukinn raki, lág högg tíðni og mikill hraði brjóta leiði til kúbískara efnis. Almennt má segja að lágt smækkunarhlutfall 3:1 eða 4:1 minnki líkur á því að malaða efnið verði flögótt. Talið er að kastbrjótur reynist best til framleiðslu á kúbísku efni. Nokkrir íslenskir framleiðendur hafa komið sér upp hverfibrjótum á undanförmum árum til að bæta kornalögun í lokabrotþrepum (/1/).

Hörpur sem sigta frá flögótt berg hafa ekki náð mikilli útbreiðslu í Evrópu.

5. Heimildalisti

/1/ Börge Johannes Wigum, Þorbjörg Hólmgeirsdóttir, Viktoría Gilsdóttir: Námur – efnisgæði og umhverfi 2. hluti: Endurskoðun vinnslu í steinefnanámum- Kornalögun. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins júlí 1999.

/2/ Börge Johannes Wigum, Jón Haukur Steingrímsson: Efnisvinnsla – verktækni og þekking BUSL skýrsla E-35, maí 1999.

/3/ Smith & Collis, eds. (1993): AGGREGATES. Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes. *The Geological Society, London, 2nd edition*, 1-000

/4/ Þorbjörg Hólmgeirsdóttir: Vinnsla malarslitlaga útgefndrög febrúar 2005.

/5/ Transport Research COST 337: Unbound Granular Materials for Road Pavements, Final Report June 2002.