



Námskeið um Efnisgæðarit Vegagerðarinnar, apríl 2023

Burðarlag

Eiginleikar steinefna- samanburður við kröfur

Pétur Pétursson
Sérfræðingur á stoðdeild Vg



Kaflí 5 Burðarlagsefni

- Burðarlag tekur við álagi af umferðinni og dreifir því niður á styrktarlag þannig að ekki komi fram formbreytingar á slitlaginu
- Gerð burðarlags m.a kornastærð er háð slitlagsgerð
- Efnisgerðir eru bæði set og berg
- Vaxandi notkun á möluðu bergi í burðarlag
- Efri hluti burðarlagsins er stundum bundinn með sementi eða biki eða með íblöndun malbikskurls
- Burðarlagsmalbik getur gegnt hlutverki burðarlags
- Oftast malað efni og lagið tvískipt til að tryggja að efri flokkunarstærð korna sé ekki minni en fjórðungur lagþykktar og ekki stærri en helmingur hennar.

Rannsóknir á burðarlagsefnum

- Burðarlag þarf að vera stíft, stöðugt, sterkt, lekt og frostþolið. Kröfur aukast með umferð ($\dot{A}DU_p$)
- Flæðirit fyrir rannsóknir gilda fyrir bæði efri og neðri hluta burðarlags
- Kröfur um kornadreifingu miðast við unnið efni í námu
- Mikilvægt er að tilraunavinnsla fari fram á efninu til að raunhæft mat fáist t.d. á kornadreifingu, brothlutfalli og kornalögun.
- Frostpolspróf, brothlutfall og kornalögun bætast við frá styrktarlagsrannsóknum

Stærðarflokkar burðarlags

Efri flokkunarstærð (D) ekki meiri en hálf lagþykkt og helst ekki minni en fjórðungur lagþykktar. D'_{98} mest $2/3$ lagþykktar í púkki.

Til að auðvelda fínjöfnun burðarlagsins undir klæðingu er æskilegt að efri flokkunarstærð efra lagsins sé 22 mm þannig að D'_{98} fari ekki yfir 32 mm.

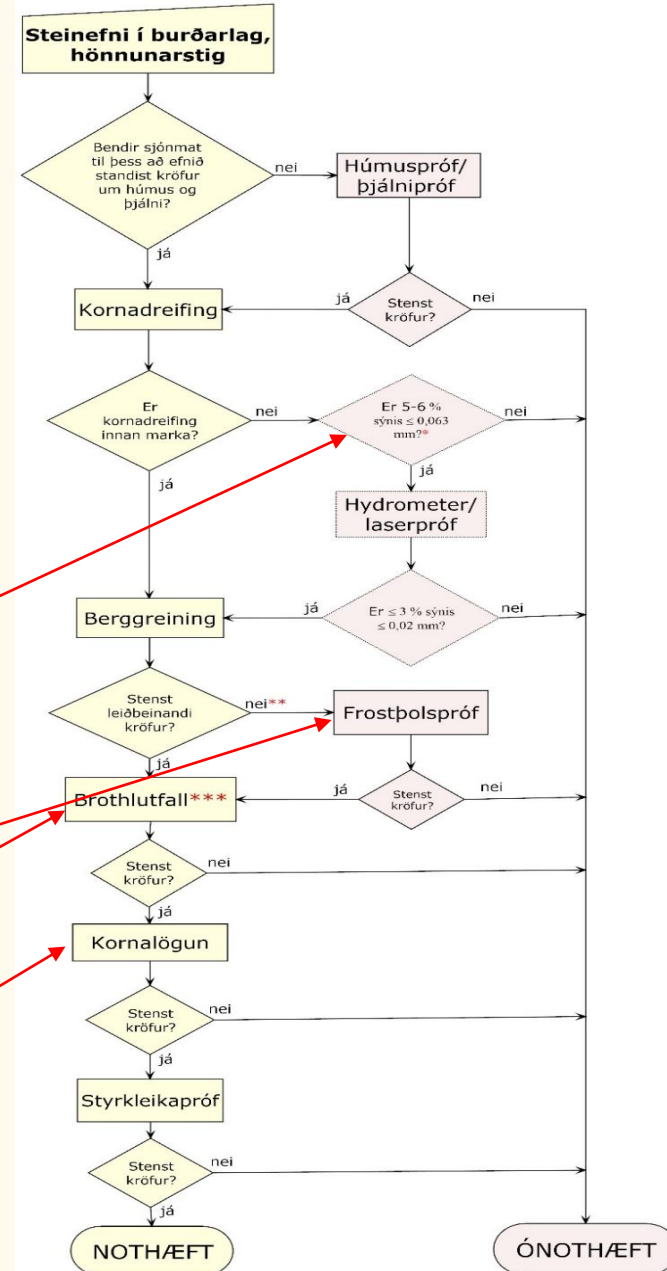
Algengir stærðaflokkar (d/D) efnis sem unnið er í burðarlag			
Óflokkað efni [mm]		Flokkað efni [mm]	
Efri hluti	Neðri hluti	Efri hluti Kílingarefni	Neðri hluti
0/22			
0/32			
	0/45	8/11	16/45
	0/63	8/16	22/63
	0/90	16/22	22/90

Lagþykktir burðarlags

- Algeng lagþykkt burðarlags er 200 mm, sem skiptist í 120 mm þykkt neðra lag og 80 mm þykkt efra lag.
- Æskilegt er að á vegum með mikinn umferðarpunga, sem byggðir eru úr möluðu bergi, sé heildarþykkt burðarlags 250 mm og skiptist í tvö lög neðri hluta 150 mm þykkun og efri hluta 100 mm þykkun en slík þykkt auðveldar djúphflun til að laga aðskilnað kornastærða.

Flæðirit fyrir mat á efni til notkunar í burðarlag

- Mikilvægt er að framkvæma ýtarlegar prófanir þegar fyrirhugað er efnistaka á nýjum efnistökuastað. Ef efnisnám er fyrirhugað á námusvæði sem er í stöðugri vinnslu skulu nýlegar niðurstöður efnisrannsókna liggja fyrir á hönnunarstigi
- Fyrir burðarlag undir malarslitlag gildir hvort 6-7% sé $\leq 0,063$ mm
- Ekki er þörf á frostpolsprófi ef 3. flokkur er ferskt basalt
- Ekki þarf að meta brothlutfall malaðs bergs
- Vinnsla efnis svipuð og fyrirhugað er á framkvæmdastigi fyrir brothlutfall og kornalögun.

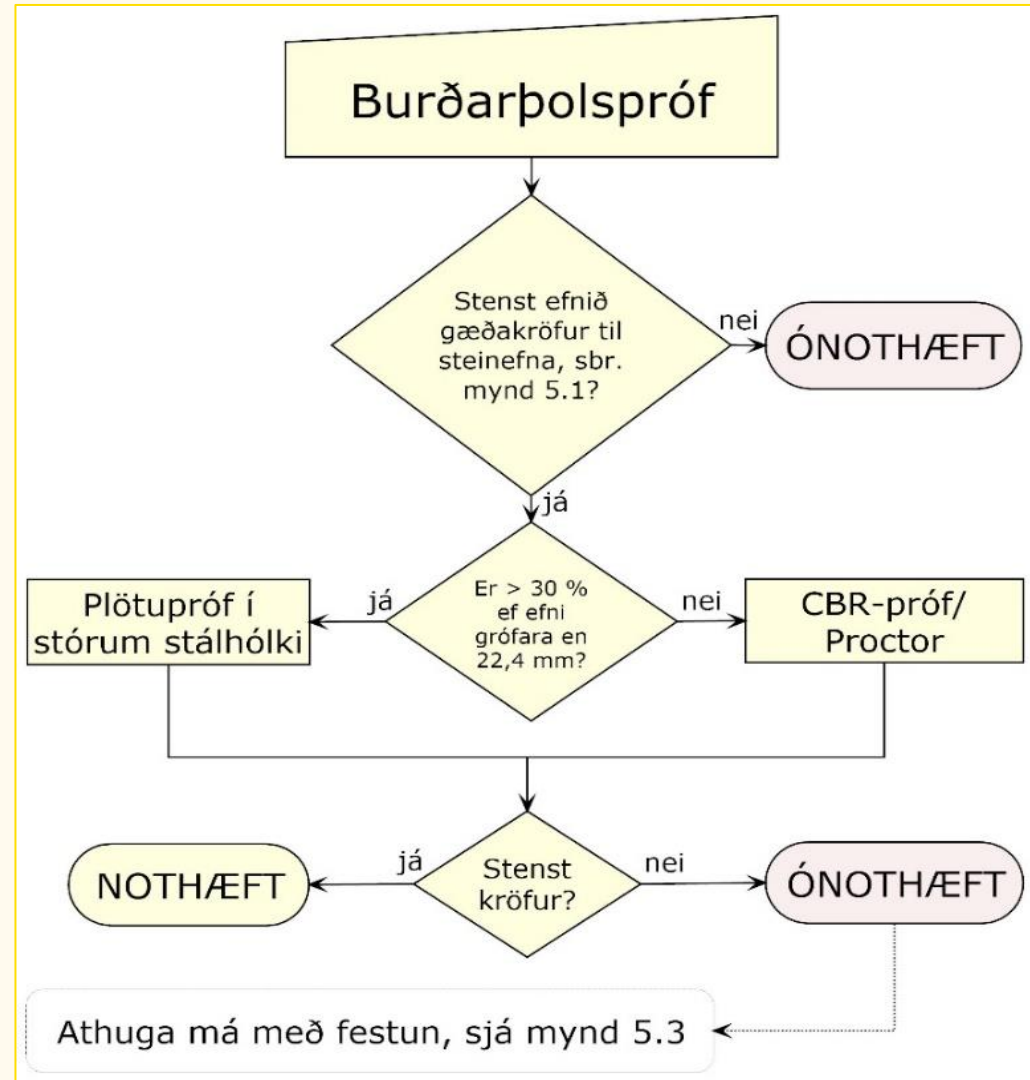


Ef efnið stenst allar kröfur, nema kröfur um kornastærðardreifingu, má athuga frekari prófanir, sjá mynd 5.2 eða 5.3

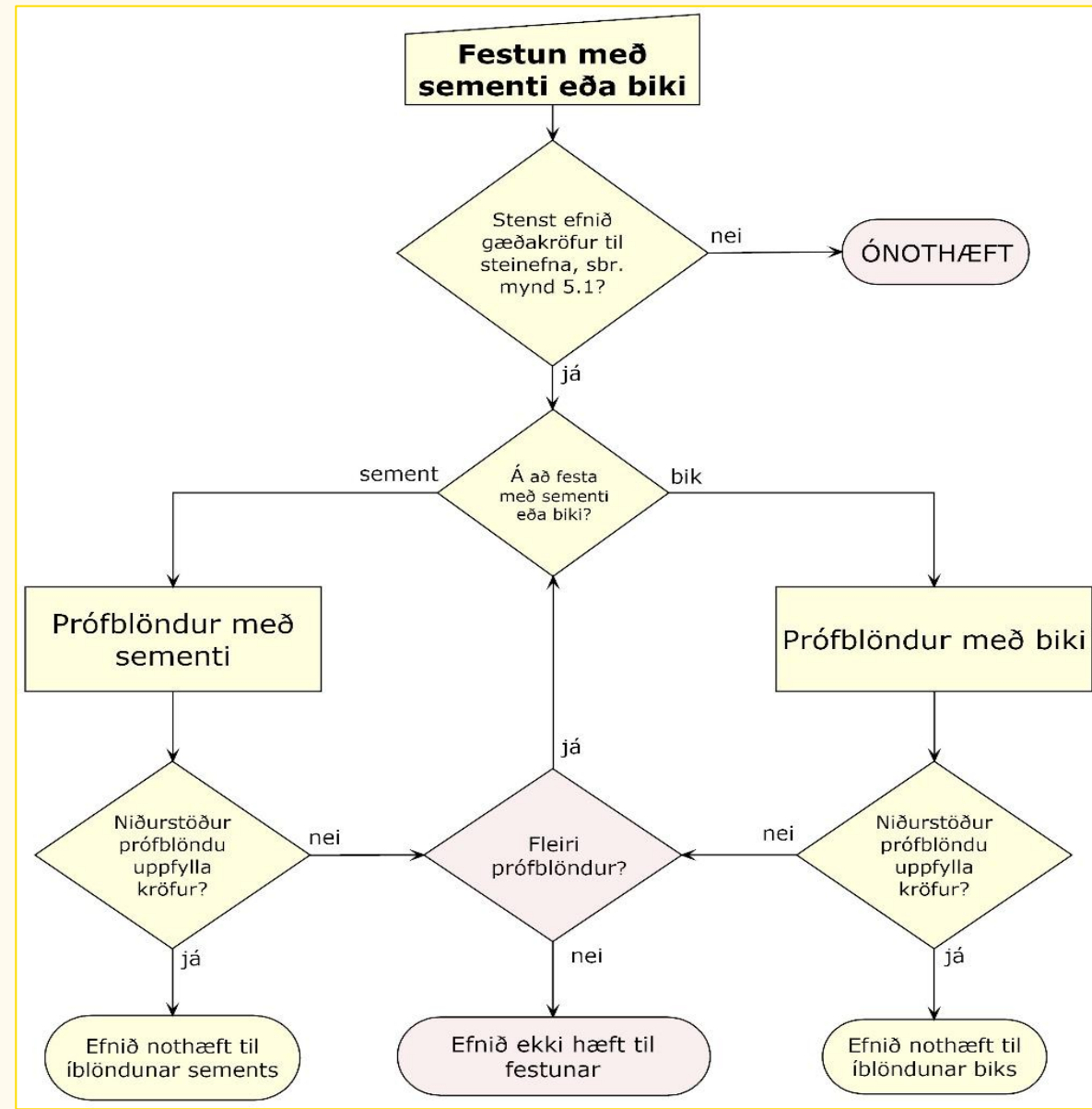
*Um burðarlag undir malarslitlag gildir að spurt er hvort 6-7 % sýnis sé $\leq 0,063$ mm.
 **Ekki þarf að framkvæma frostpolspróf nema 3. flokks efni samkvæmt berggreiningu sé að mestu mjög ummyndað basalt og standist ekki leiðbeinandi kröfur um leyfilegt magn. Ef 3. flokks efnið er hins vegar að mestu ferskt, er ekki talin ástæða til að kanna frostpól þess.
 ***Ekki þarf að mæla brothlutfall malaðs bergs

Flæðirit fyrir próf á burðarþoli efna sem nota á í burðarlag

Próf á efnismassa eru gerð til að fá upplýsingar um hvernig efnið hegðar sér sem heild við þjöppun og eftir að það hefur verið þjappað



Flæðirit fyrir próf ef festa á efni í burðarlag

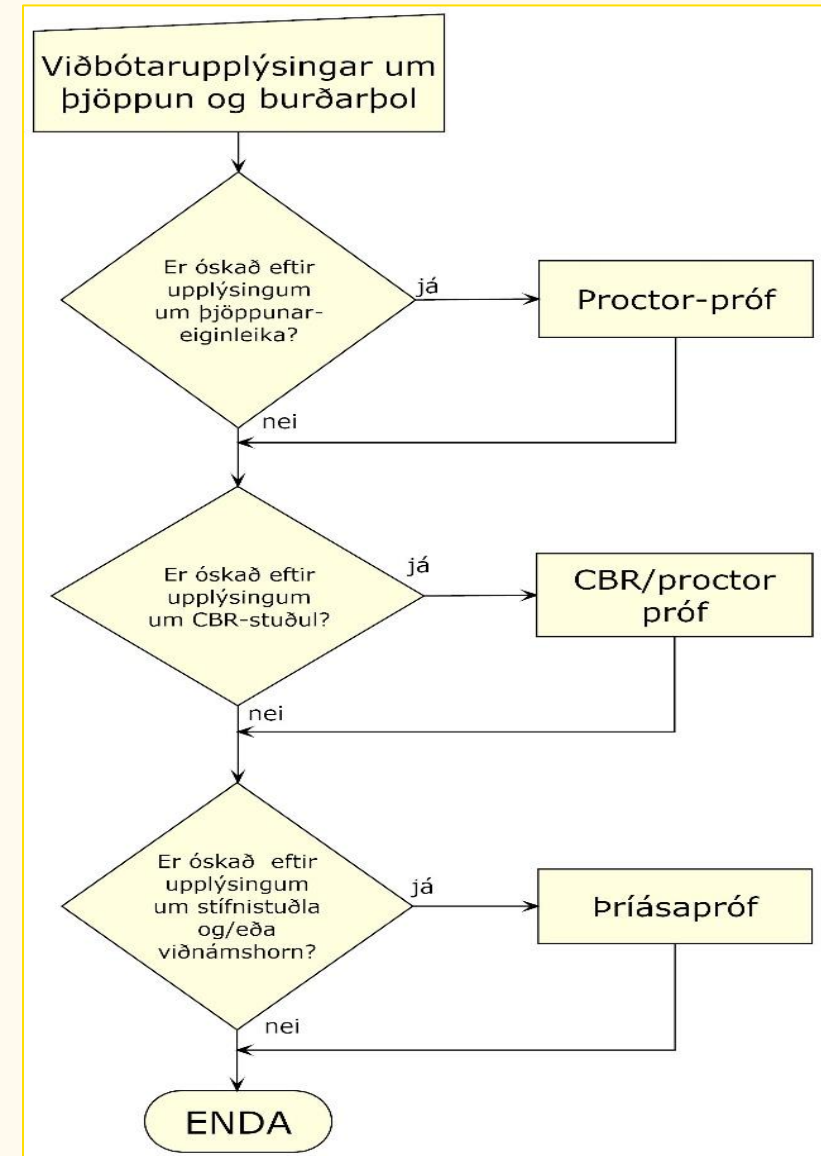


Flæðirit fyrir rannsóknir á þjöppun og burðarþoli burðarlagsefna

Proctor-próf: Gefur upplýsingar um þjöppunareiginleika efnisins við mismunandi rakastig

CBR próf: Þykkt hönnuð samkvæmt 2. þrepi í norsku handbókinni (Vegbygging N200)

Þríasapróf: Stífnistuðlar, sem notaðir eru ef fræðilegar aðferðir eru notaðar við þykktarhönnun (3. þrep samkvæmt norsku handbókinni)



Lágmarksfjöldi prófana á burðarlagsefni á hönnunarstigi

Við forrannsóknir, þegar valið er á milli náma, þarf að meta það sérstaklega hversu mörg próf þarf að framkvæma.

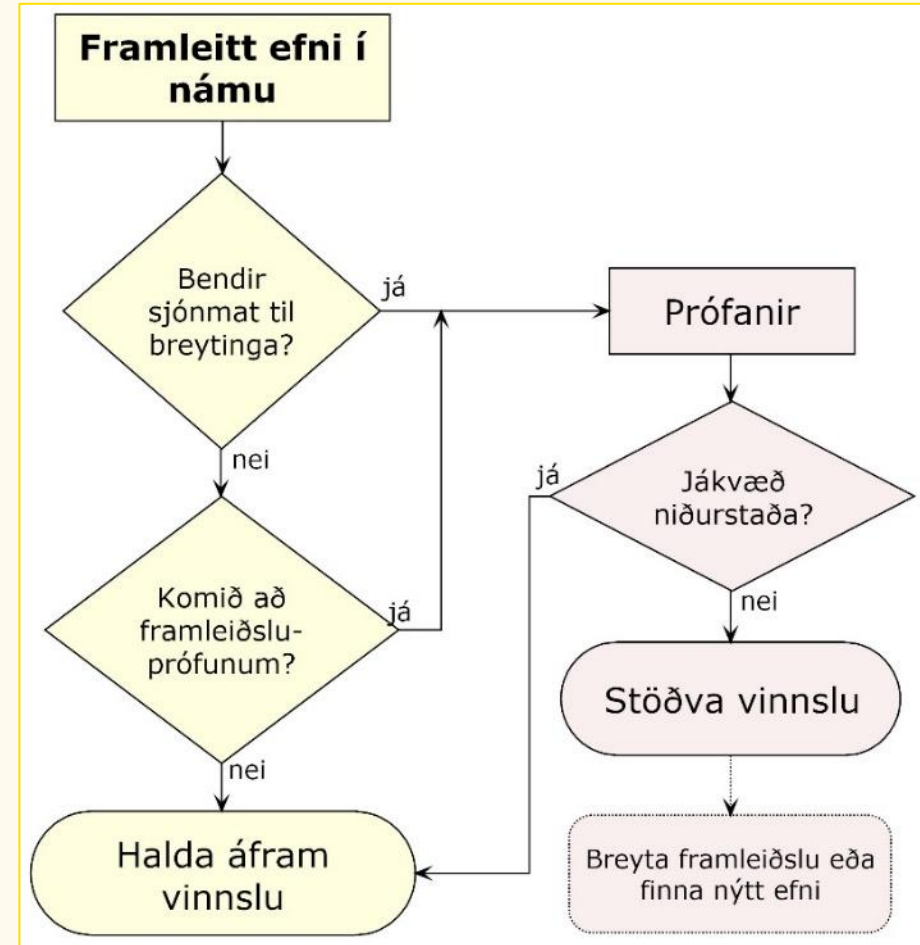
Efnis- magn, þús. m ³	Korna- dreifing	Þjálni/ húmus (sjónmat)**	Berg- greining	Brothlut- fall og kornalögun	Veðrunar- þol (frostþols- próf)*	Styrkur (LA/Bg)
0-10	4-5	4-5	1	1	(1)	1
10-20	5-7	5-7	1	1	(1)	1
20-30	7-8	7-8	1-2	1-2	(1-2)	1-2
30-40	8-10	8-10	2-3	2-3	(2-3)	1-2
40-60	10-12	10-12	3-4	3-4	(3-4)	2-3

* Frostþolspróf aðeins ef niðurstöður berggreiningar gefa tilefni til

** Rannsóknir um leið og kornastærðarmæling

Flæðirit fyrir framleiðslupróf

- Tilgangur með efnisprófum við framleiðslu, er að tryggja að efni sem framleitt er, hafi þá eiginleika, sem stefnt var að á hönnunarstigi.
- Þar sem kröfur miðast við efni á framleiðslustað er mjög mikilvægt að ekki verði aðskilnaður kornastærða í efnishaugum.
- Mikil hættu er á aðskilnaði í keilulaga haugum undan belti og því skal haugsetja efnið í láréttum lögum sem ekki eru meira en 2 m á þykkt. Slíkir haugar geta þó skapað ákveðin vandamál á framleiðslustað, þar sem þeir þurfa verulegt rými á haugsvæðinu.

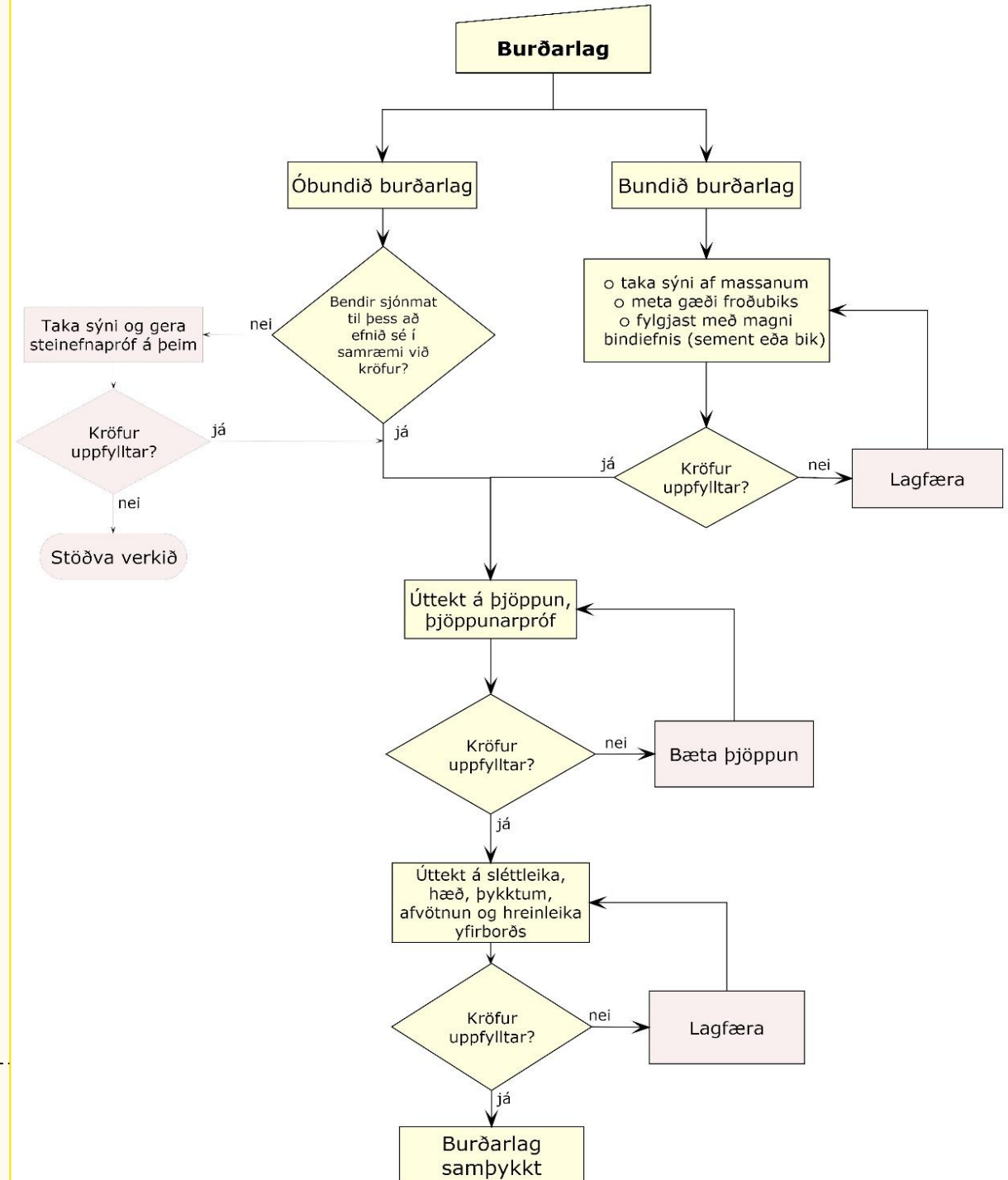


Próf (framleiddir m ³)	Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p		
	≥ 400	≥ 10	< 10
Kornadreifing	1000	1000	2000
Húmus (sjónmat)			
Þjálni (sjónmat)			
Berggreining	6000	9000	9000
Kornalögun			
Brothlutfall	1500	3000	3000
Frostpól*	-	-	-
Styrkleikapróf	6000	9000	9000

Gera skal eitt próf fyrir það magn sem tilgreint er í töflunni (m³). Auka þarf tíðni prófana ef prófanir á hönnunarstigi voru ekki gerðar í samræmi við leiðbeiningar. Ekkert af þessum prófunum skal gera sjaldnar en einu sinni í verkj, einu sinni á hverjum efnistökuastað eða tvisvar sinnum á ári.

** Ef steinefni stenst ekki leiðbeinandi kröfur um gerð og magn 3. flokks efnis samkvæmt berggreiningu, getur það kallað á að einnig sé gert frostpólspóf á framleiðslustigi.*

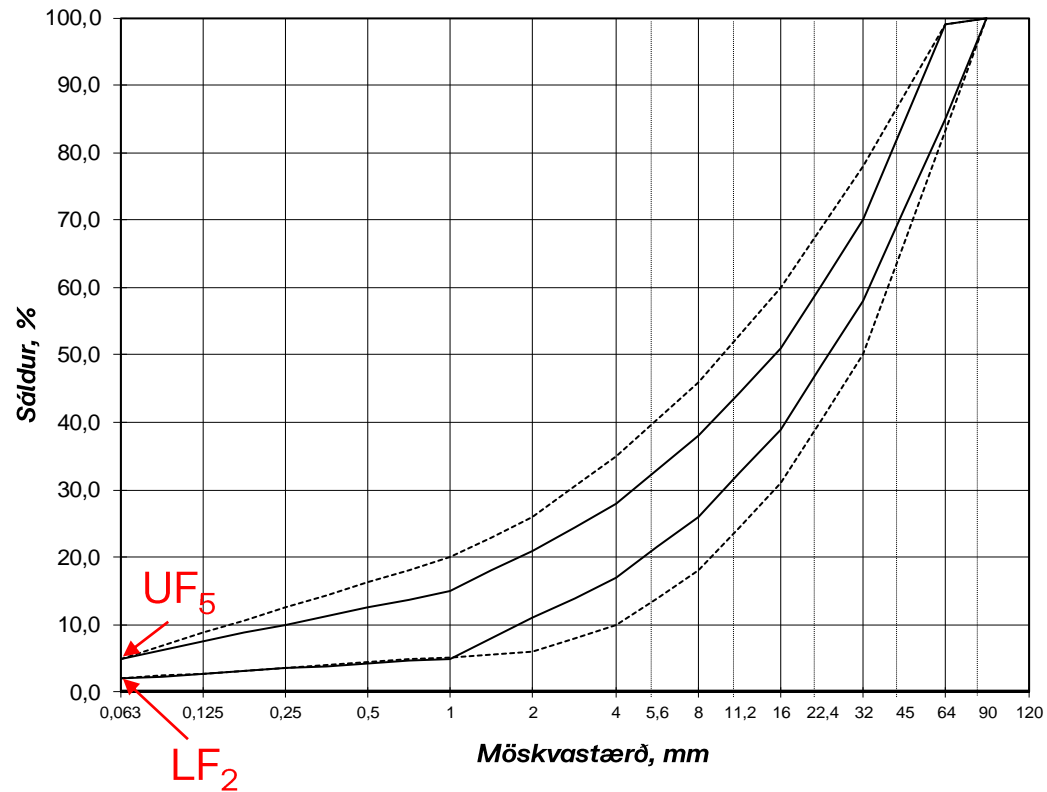
Flæðirit fyrir próf og mælingar við gerð burðarlags



Markalínur fyrir malað 32 mm set í burðarlag

- 0/32 er kornastærðarbilið d/D , UF₅ er fínefni að hámarki 5%, LF₂ er fínefni að lágmarki 2%
- OC₈₅ þýðir að 85 til 99 % efnisins skuli smjúga 31,5 mm sigtið
- GO lýsir kúrfunni í heild með kornastærðarbilum á viðkomandi sigtum (markalínur)
- Ytri markalínurnar sýna hvar allar kornagreiningar skulu liggja, en innri markalínur sýna hvar meðaltal allra kornagreininga skal liggja

Malað set Stærðarflokkur: 0/63
Kröfuflokkur: G₀ OC₈₅ LF₂ UF₅



ÍST_EN 13285, markalínur

Flokkunarstærð: 0/63
Kröfuflokkur G₀ OC₈₅ LF₂ UF₅

Sigti	Ytri mörk		Innri mörk		
0,063	2	5	2	5	
0,125	3	9	3	8	
0,25	4	13	4	10	
0,5	4	16	4	13	
G	1	5	20	5	15
F	2	6	26	11	21
E	4	10	35	17	28
	5,6	14	41	22	33
C	8	18	46	26	38
	11,2	25	53	33	45
B	16	31	60	39	51
	22,4	41	69	49	61
A	32	50	78	58	70
	45	67	89	72	85
	63	83	99	85	99
	90	100	100	100	100
	120				

Dæmi um kröfuflokka kornadreifingar fyrir efni í burðarlag samkvæmt ÍST EN 13242

- Í staðli ÍST EN13242 er einungis gefinn upp stærðarflokkur t.d. 22/63 og upplýsingar um undir- og yfirstærðir samkvæmt kröfuflokkum
- Í töflunni eru dæmi úr staðlinum þ.e. kröfuflokkar G_C 85/15 og G_A 85
- G_C 85/15 táknar að minnst 85% efnisins smjúgi grófara sigtið og mest 15% eiga að smjúga það finna. G_A 85 táknar að minnst 85% efnisins smjúgi sigti efri flokkunarstærðar en hér er engin neðri flokkunarstærð þ.e. d = 0 (dæmi 0/45)
- Hentar vel fyrir kröfur til undir- og yfirstærða malaðs flokkaðs bergs í burðarlag ($d \geq 1$ og $D > 2$) en einnig fyrir burðarlagsefni með $d=0$ t.d. 0/90 ef valið er að miða ekki við markalínur staðals ÍST EN 13285 t.d. þegar nota skal þúkk í burðarlag
- Einnig eru í staðlinum ákvæði fyrir flokkað efni $D/d > 2$ um millistærðir $D/1,4$ og $D/2$

Gerð steinefnis	Sáldur, % af þyngd					Kröfuflokkur G
	2xD	1,4xD	D	d	d/2	
Flokkað efni	100	98-100	85-99	0-15	0-5	G _C 85/15
Óflokkað efni	100	98-100	85-99	-	-	G _A 85

Ýmis ákvæði um kornastærðir

- Kröfur til kornadreifingar eru miðaðar við efni í námu, en gera má ráð fyrir að fínefnainnihald (efni minna en 0,063 mm) sé 1 til 2% hærra í frágengnu efni í vegi
- Heimilt er að nota efnið í burðarlag þó að fínefnið sé á bilinum 5-6% (7%) ef þyngdarhluti sýnis undir 0,02 mm er minni en 3% (í stærðarflokki 0-22 mm)
- Ekki eru gerðar kröfur um lágmark fínefna (LF) í þúkkmulningi undir malbiki eða steypu
- Fínefnakröfur fyrir burðarlög malarvega eru LF₄ og UF₇ til að rakapéttleiki gagnvart malar slitlaginu sé tryggður en efnið þó væntanlega frostfrítt
- Í efri hluta burðarlags undir klæðingu skal ekki vera grófara efni en í stærðarflokki 0/32 en hér er fremur mælt með stærðaflokki 0/22
- Ef slitlagsgerðin er malbik eða steypa er efni í efri hluta burðarlagsins oft í stærðarflokkum 0/45 eða 0/63 en undir malar slitlagi 0/32 eða 0/45
- Þúkkmulningur í burðarlagi er oft af stærðarflokkum 0/45 eða 0/63

Leiðbeinandi kröfur fyrir burðarlag um leyfilegt magn í gæðaflokkum við berggreiningu

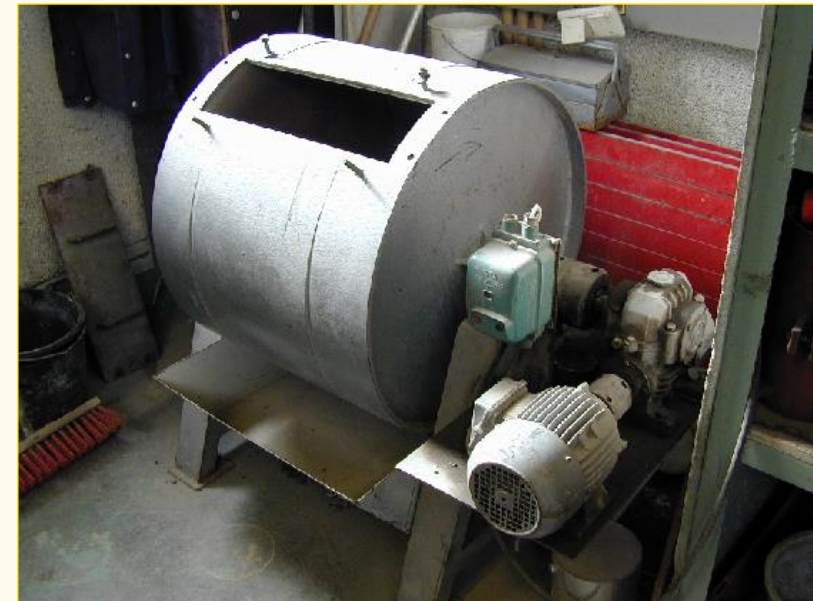


	Hluti sýnis (%) í 3. gæðaflokki samkvæmt berggreiningu	
Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	Mjög ummyndað efni*	Ferskt, finblöðrótt efni*
≥ 400	≤ 7	≤ 12
≥ 100	≤ 10	≤ 20
≥ 10	≤ 15	≤ 30
< 10	≤ 15	≤ 30

**Þar sem mjög ummynduð bergbrigði eru talin mun óæskilegri fyrir styrktarlag en ferskt, sérstaklega við niðurbrot, eru gerðar minni kröfur til ferskra efna en ummyndaðra*

Kröfur til styrkleika burðarlagsefna

	LA flokkun skv. ÍST EN 13242	
Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	Ef 3. flokks efni er mjög ummyndað	Ef 3. flokks efni er ferskt og fínblöðrótt
≥ 400	LA ₂₀	LA ₂₅
≥ 100	LA ₂₀	LA ₃₀
≥ 10	LA ₂₅	LA ₃₅
< 10	LA ₃₀	LA ₄₀



Los Angeles tromla

Kröfur til niðurstöðu frostþolsprófs fyrir burðarlagsefni

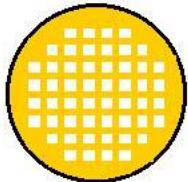


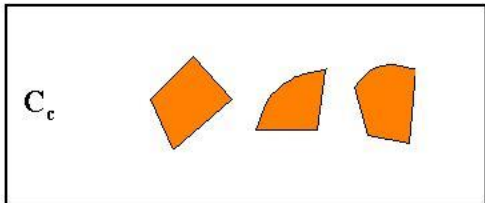
Frost/þíðu skápur með sýnadósum


Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU _p	Niðurbrot, %
≥ 400	F _{ec} 8
≥ 100	F _{ec} 14
≥ 10	F _{ec} 14
< 10	F _{ec} 25

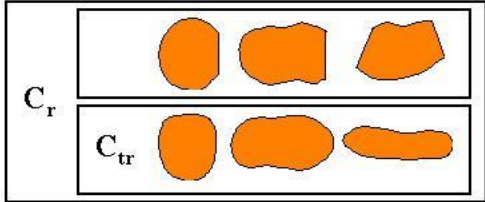
Kröfur til niðurstöðu mælinga á brothlutfalli burðarlagsefna


CEN prófunaraðferðir: Brothlutfall (EN 933-5).

1 

C_c 

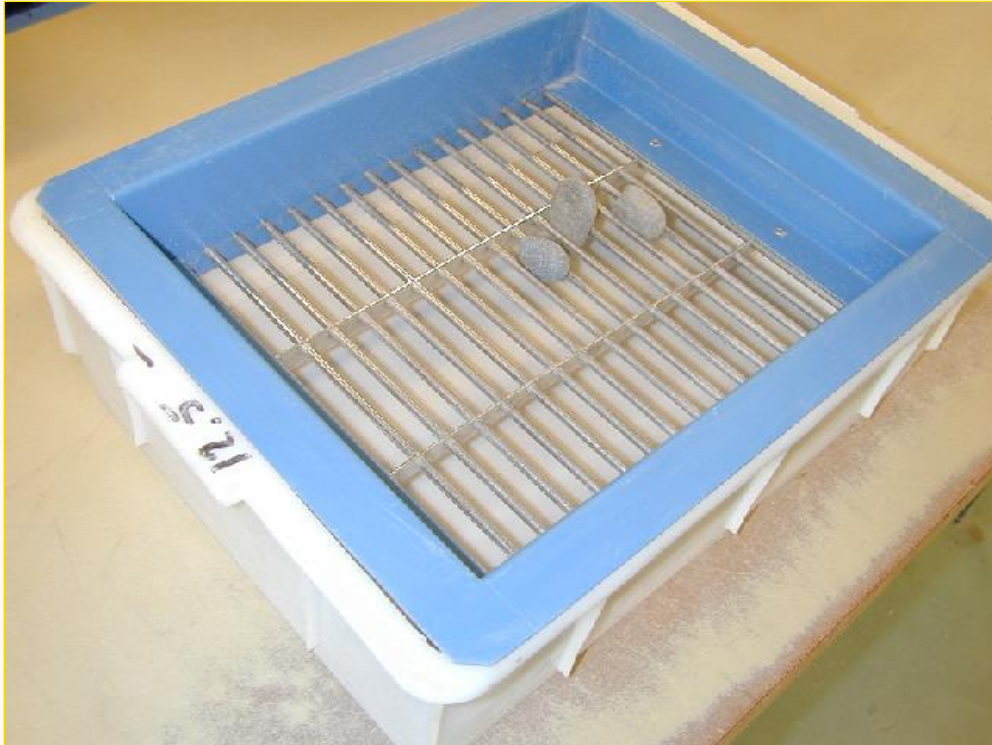
2 

C_r 

C_{tr} 

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU_p	Malað set
≥ 400	$C_{50/10}$
≥ 100	$C_{50/10}$
≥ 10	$C_{50/30}$
< 10	$C_{\text{Ekr}/50}$

Kröfur til kornalögunar steinefna í burðarlög

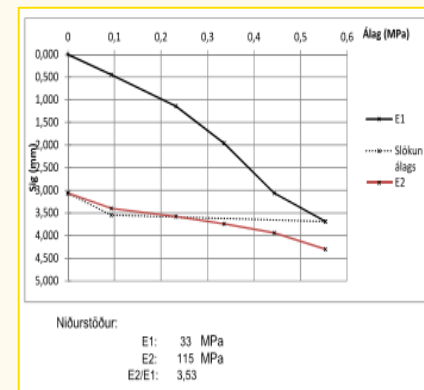


Stafsigti til mælingar á kleyfnistuðli.

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU_p	Kleyfnistuðull, %
≥ 400	FI_{20}
≥ 100	FI_{25}
≥ 10	FI_{30}
< 10	FI_{35}

Kröfur um þjöppun í vegi

- Talning umferða valta (helst GPS þakning)
- Þjöppumælir á valta
- Plötupróf, burðarþol E2 = 150, 140, 130 MPa
- Plötupróf, þjöppun $E2/E1 = 2,5, 2,7, 3,0$
- Sandkeilupróf
- Geisla­mæling/rafsegulmæling
- Hæðarmælingar



Kröfur um burðarþol burðarlags

Kröfur til CBR-gilda (byggðar á Standard Proctor þjöppun)

(Ekki ætlað fyrir grófara efni en 22,4 mm)

Fjöldi þungra ökutækja, ÁDU_p	CBR Standard Proctor	CBR Modified Proctor
≥ 400	> 80	$> 110^*$
≥ 100	> 75	$> 100^*$
≥ 10	> 70	$> 100^*$
< 10	> 65	$> 85^*$

**Tillögur að CBR kröfum eftir Modified Proctor þjöppun. Vegbygging N200 >100-110 ($\text{ÁDU} > 1500$) (Modified)*



CBR próf

Takk fyrir

